



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Материалы всероссийской конференции
ученых и специалистов,
посвященной 160-летию Н.М. Книповича**

(г. Мурманск, 27-28 октября 2022 г.)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»**

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича)



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Материалы всероссийской конференции
ученых и специалистов,
посвященной 160-летию Н.М. Книповича**

(г. Мурманск, 27-28 октября 2022 г.)

**Мурманск
2023**

УДК 639.2(47)
А 43

А 43 **Актуальные** проблемы освоения водных биологических ресурсов Российской Федерации : материалы всероссийской конференции ученых и специалистов, посвященной 160-летию Н.М. Книповича (г. Мурманск, 27-28 октября 2022 г.) / Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича) ; ответственный редактор К.М. Соколов. – Мурманск: ПИНРО им. Н. М. Книповича, 2023. – 707 с.

ISBN 978-5-86349-286-5

Сборник подготовлен по материалам Всероссийской конференции ученых и специалистов «Актуальные проблемы освоения водных биологических ресурсов Российской Федерации», посвященной 160-летию со дня рождения выдающегося ученого-мороведа, ихтиолога и океанолога Н.М. Книповича. Организатор конференции – Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО».

В книге представлены результаты исследований в области оценки состояния запасов и распределения водных биологических ресурсов, изучения среды обитания, воспроизводства гидробионтов и особенностей формирования их сообществ, обозначены основные аспекты современного состояния и перспективы развития промысла в морских и пресноводных акваториях Российской Федерации. Включены доклады, освещающие историю океанографических исследований, изменчивость гидрологических и гидрохимических режимов различных водных объектов. Уделено внимание вопросам мониторинга загрязнения водоемов, антропогенного влияния на биоту экосистем, современным методам защиты экосистем. Рассмотрены перспективы биохимических исследований и направлений развития технологии переработки биологических ресурсов, а также проблемы в области стандартизации и отраслевого технологического нормирования. Проанализированы вопросы генетического разнообразия промысловых гидробионтов, использования полученных результатов в регулировании рыболовства.

Сборник предназначен для специалистов, интересующихся различными аспектами решения проблем, присущих современному отечественному рыбному хозяйству.

Редакционная коллегия :

*М.Ю. Анциферов, С.В. Баканев, А.В. Долгов, А.Ю. Жилин, В.Б. Забавников,
А.В. Зубченко, В.А. Ившин, А.Б. Карасев, Ю.А. Ковалев, И.Н. Мухина,
М.А. Новиков, А.А. Павленко, К.М. Соколов (ответственный редактор),
А.В. Стесько, Л.А. Шаповалова*

ISBN 978-5-86349-286-5

© «ПИНРО» им. Н. М. Книповича, 2023

FEDERAL AGENCY FOR FISHERY

FEDERAL STATE BUDGET SCIENTIFIC INSTITUTION
«RUSSIAN FEDERAL RESEARCH INSTITUTE OF FISHERIES AND OCEANOGRAPHY»

Polar Branch of the FSBSI «VNIRO» («PINRO» named after N.M. Knipovich)



TOPICAL ISSUES OF THE DEVELOPMENT OF MARINE BIOLOGICAL RESOURCES IN THE RUSSIAN FEDERATION

Proceedings of the All-Russian conference of scientists and
specialists dedicated to the 160th anniversary of N.M. Knipovich

(Murmansk, October 27-28th, 2022)

Murmansk
2023

Topical issues of the development of marine biological resources in the Russian Federation: Proceedings of the All-Russian conference of scientists and specialists dedicated to the 160th anniversary of N.M. Knipovich (Murmansk, October 27-28, 2022) / Polar Branch of the FSBSI «VNIRO» («PINRO» named after N.M. Knipovich). Executive editor: K.M. Sokolov. – PINRO Press, Murmansk, 2023. – 707 p. (In Russian).

ISBN 978-5-86349-286-5

The collection of papers is based on the proceedings of the All-Russian conference of scientists and specialists «Topical issues of the development of marine biological resources in the Russian Federation» dedicated to the 160th anniversary of the birth of the outstanding marine scientist, ichthyologist and oceanologist N.M. Knipovich. The initiator of the conference is the Polar Branch of the FSBSI «VNIRO».

This book presents the findings of investigations aimed at the stock status assessments and distribution of marine biological resources, their habitats, reproduction and formation of their communities. It describes the key aspects of the current state and future development of fisheries in marine and freshwater areas of the Russian Federation. The book includes the reports covering the history of oceanographic research, the variability of the hydrological and hydrochemical regimes of various water bodies. Emphasis is placed on the issues of water pollution monitoring, anthropogenic impact on the biota of ecosystems, modern methods of ecosystems conservation. The book considers the prospects for biochemical research and directions for the development of processing technology for marine biological resources, as well as the issues in the field of standardization and industry-specific technological regulation. The issues of genetic diversity of commercial hydrobionts, the use of the obtained results in the regulation of fisheries are studied.

The collection of papers is intended for specialists interested in various aspects of solving problems inherent in modern Russian fisheries.

Editorial board:

*M. Yu. Antsiferov, S.V. Bakanev, A.V. Dolgov, A.Yu. Zhilin, V.B. Zabavnikov,
A.V. Zubchenko, V.A. Ivshin, A.B. Karasev, Yu.A. Kovalev, I.N. Mukhina, M.A. Novikov,
A.A. Pavlenko, K.M. Sokolov (Executive Editor), A.V. Stesko, L.A. Shapovalova*

**К 160-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
НИКОЛАЯ МИХАЙЛОВИЧА КНИПОВИЧА (1862-1939).
ЖИЗНЬ И ТВОРЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧЕНОГО
(краткий очерк)**

Т.Е. Пашкова, А.Н. Бензик

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

Николай Михайлович Книпович – основоположник рыбохозяйственных исследований на Севере России. Уже более ста лет рыбная промышленность Северного бассейна обеспечивается научными рекомендациями и прогнозами, в основе которых лежат исследования, проведенные Н.М. Книповичем на рубеже XIX-XX веков.

Детство и юность Н.М. Книповича прошли в Финляндии, входившей до 1917 г. в состав Российской империи. Родился он 6 апреля 1862 г. в семье военного врача. Среднее образование будущий ученый получил в Гельсингфорсе (ныне Хельсинки), где с золотой медалью окончил Александровскую русскую гимназию.

В 1881 г. Николай Михайлович поступил на естественное отделение физико-математического факультета Петербургского университета и с отличием окончил его в 1885 г. Незадолго до окончания вуза Н.М. Книпович вступил в социал-демократическую группу, созданную студентом университета (гражданином Болгарии) Димитром Благоевым. Это была одна из первых революционных групп в России и вскоре участие в ее работе отразилось на судьбе будущего ученого. Также следует отметить, что именно в 1885 г. началась педагогическая деятельность Николая Михайловича, которую он будет вести всю жизнь и о которой будут слагать легенды.

Молодого выпускника оставили на кафедре зоологии для подготовки к получению профессорского звания. Для подготовки отвели два года, но 1 марта 1887 г. случилось непредвиденное: народовольцы намеревались совершить покушение на императора Александра III. Заговор раскрыли, начались аресты и обыски. За участие в группе Благоева Николай Михайлович был исключен из университета и на пять лет (до 1893 г.) отдан под гласный надзор полиции, что исключало возможность занимать какую-



**Н.М. Книпович
1896 год**

либо должность на государственной или общественной службе. Кроме того, запрещалось вести преподавание.

Таким образом, перед молодым человеком, казалось бы, навсегда закрылась дверь в большую науку, но, к счастью, этого не случилось. Профессор Петербургского университета Н.П. Вагнер ценил и уважал своего талантливого ученика и, будучи организатором и руководителем Соловецкой биологической станции, устроил так, что Н.М. Книпович смог посещать станцию, собирать коллекции морских животных и заниматься со студентами.

В 1892 г. Николай Михайлович сдал экзамен и блестяще защитил диссертацию на степень магистра зоологии. В 1893 г., получив долгожданную свободу, вновь вернулся в Петербургский университет в качестве приват-доцента (внештатный преподаватель), однако через шесть лет, в связи со студенческими волнениями, его вновь исключили из университета по причине «политической неблагонадежности».

В плане изучения северных морей 1893 г. стал для молодого ученого знаковым, поскольку он впервые совершил экспедицию в Баренцево море, для него незнакомое и тогда еще малоизученное. Правительство России в мае посылало в Баренцево море для охраны русских промыслов военный крейсер «Наездник». Военному судну нужен был эксперт-биолог. Рейс длился три с половиной месяца, в течение которых впервые Николай Михайлович изучал температурный режим моря, течения и другие показатели. Во время патрулирования вдоль берегов Мурмана задержали шесть норвежских промысловых яхт, которые вели незаконную добычу гренландского тюленя.

Второй раз в Баренцево море молодой ученый попал по приглашению Министерства земледелия и имущественных отношений, которое организовало экспедицию на административном пароходе «Мурман» в целях изучения российских зверобойных промыслов. Так определилась судьба Н.М. Книповича как исследователя северных морей и его стали называть ученым-мореведом.

В сентябре 1894 г. по рекомендации академика Ф.Д. Плеске Николай Михайлович, как следует из его автобиографии, «поступил на службу в Зоологический музей Академии наук», где проработал 27 лет (до 1921 г.). Он оставил добрую память о себе и уникальные коллекции морских животных, а также открыл и описал четыре вида моллюсков и десять видов рыб.

Конец XIX века для Николая Михайловича оказался насыщенным чрезвычайно важными и ответственными делами. Начался новый этап его жизни, связанный с Мурманской научно-промысловой экспедицией: Н.М. Книпович получил приглашение в Комитет для помощи поморам

Русского Севера. Комитет был создан после трагических событий 1894 г., когда в Белом море во время жестоких осенних штормов погибло одновременно 25 поморских судов вместе с членами экипажей. Рыбаки возвращались домой с ярусного лова трески, который они вели в Баренцевом море.

Прежде всего, Комитет принял ряд неотложных мер, связанных с оказанием материальной помощи семьям погибших и страхованием судов. Комитет разработал долгосрочную программу, в которую вошло более пятидесяти пунктов социального, технического и культурного плана. Существовал Комитет на пожертвования, но получал также помощь от государства.

Особо следует сказать, что в рамках Комитета правительство Российской империи решило серьезно изучать Баренцево море. С этой целью создали экспедицию, которая вошла в историю под названием Мурманская научно-промысловая экспедиция. Более того, правительство полностью финансировало проект. В тот период существовала официальная точка зрения о том, что Баренцево море малопродуктивное, а воды его скудны. Эту точку зрения в 1960-х годах выработала экспедиция под руководством академика К.М. Бэра и профессора Н.Я. Данилевского.

Организацию Мурманской научно-промысловой экспедиции и руководство всеми работами возложили на Н.М. Книповича. В 1897 г. его командировали на три месяца в Западную Европу для ознакомления с организацией морских промыслов и научно-промысловых исследований. В программу входили также установление личных контактов с зарубежными учеными и заказ оборудования для предстоящей экспедиции. Николай Михайлович посетил Норвегию, Швецию, Данию, Германию и Шотландию. Успеху командировки во многом способствовало знание иностранных языков, которыми владел ученый: он знал скандинавские языки, а также немецкий и финский.

В 1897 г. для проведения экспедиции в Германии заказали судно и назвали его «Андрей Первозванный». Это было первое отечественное и первое в мире специально спроектированное для морских научно-исследовательских и научно-промысловых работ судно. Оно имело трал и другие орудия лова. По его образцу и подобию в 1900 г. норвежцы построили свое первое научно-исследовательское судно «Michael Sars».

Местом базирования «Андрея Первозванного» на Мурмане стал город Александровск (ныне Полярный), основанный в 1899 г. на берегу Екатерининской гавани Кольского залива Баренцева моря.



«Андрей Первозванный» в полярных льдах. 1901 год

В первый научный рейс «Андрей Первозванный» вышел 26 мая 1899 г. На следующий день в Варангер-фьорде (к северо-западу от Айновых островов) была выполнена гидрологическая станция, взяты пробы грунта и спущен промысловый трал на глубину около 300 метров. Так начала работу Мурманская научно-промысловая экспедиция и вот уже более ста лет траловый лов занимает ведущие позиции в Баренцевом море.

Экспедиция состояла из двух этапов. Первый этап (1899-1901 гг.), которым руководил Н.М. Книпович, стал научным. На втором этапе (1902-1908 гг.) под руководством известного полярного исследователя Л.Л. Брейтфуса решались вопросы социального плана.

За годы работы Мурманской научно-промысловой экспедиции в Баренцевом море собран огромный океанографический, геологический и биологический материал, открыты богатые промысловые банки, доказана эффективность тралового промысла, развеян миф о скудости баренцевоморских вод. Именно Н.М. Книпович составил первую схему постоянных поверхностных течений Баренцева моря, определил видовой состав рыб и некоторых групп беспозвоночных, создал новое направление в науке – промысловую океанографию. Результаты работ экспедиции стали фундаментом всей системы научно-промысловых морских исследований в нашей стране. Ученого по праву назвали основоположником рыбохозяйственных исследований на Севере России. Материалы экспедиции оперативно печатались как в России, так и за рубежом, что принесло Николаю Михайловичу мировую известность.



**Н.М. Книпович
на борту «Андрея
Первозванного»**

В 1902 г. в мире науки произошло большое событие – создан Международный совет по исследованию моря (ИКЕС).

ИКЕС – это межправительственная научная организация, созданная для координирования рыбохозяйственных, океанографических и биологических исследований в Северо-Восточной Атлантике. Созданию

Совета предшествовала большая и сложная организационная работа и одной из ключевых фигур в этом процессе был Н.М. Книпович. Россия входила в ИКЕС до начала Первой мировой войны.

Повторно в ИКЕС в 1955 г. вступил Советский Союз. С этого времени исследования ПИНРО, имевшие региональный характер, вышли на новый, высокий международный уровень.

Для Н.М. Книповича 1904 г. стал началом морских экспедиционных исследований на юге России. Важным этапом в его деятельности явились каспийские экспедиции в 1904, 1912, 1913, 1914-1915 гг. В 1922-1927 гг. Николай Михайлович возглавлял Азово-Черноморскую научно-промысловую экспедицию, материалы которой опубликованы в десяти томах. В этой экспедиции в разные годы участвовали будущие сотрудники ПИНРО – Ю.Ю. Марти, Н.А. Маслов, В.Н. Тихонов, В.А. Бородатов, М.И. Свиташев. Они гордились сопричастностью с великим ученым.

К началу 1920 г. на Кольском Севере установилась Советская власть. После ряда политических потрясений (Первая мировая война, Октябрьская революция, Гражданская война, интервенция, Белое движение) Кольский полуостров, по словам историков, представлял собой «мертвую зону». Особенно пострадало морское рыболовство.

У Советского правительства существовал план подъема и экономического развития северных регионов страны. С этой целью 4 марта 1920 г. была создана Северная научно-промысловая экспедиция (Севэкспедиция). Район работ устанавливался от границы с Норвегией на западе и далее на восток. Работала экспедиция с 1920 по 1925 г. Изучалось буквально все – недра, почвы, леса, морские и речные водоемы и многое другое.

Общее руководство осуществлял известный полярный исследователь Р.Л. Самойлович. Севэкспедиция обладала большими правами и полномочиями, а также имела государственную финансовую поддержку.

В 1921 г. после 20-летнего перерыва Н.М. Книпович прибыл на Кольский полуостров для проведения долгосрочных траловых работ в Баренцевом море, но намеченную программу осуществить не удалось.

В рамках Севэкспедиции произошло событие, открывшее новую эпоху в отечественной рыбохозяйственной науке – 10 марта 1921 г. по Декрету В.И. Ленина был создан Плавающий морской научный институт (ПЛАВМОРНИИ), ставший предшественником ПИНРО.

В рамках Севэкспедиции произошло еще одно важное научное событие – возобновление исследований на океанографическом разрезе «Кольский меридиан» (33°30' в.д.). Экспедиция в Баренцево море состоялась на военном корабле под руководством профессора К.М. Дерюгина.

Впервые разрез выполнил Н.М. Книпович в 1900 г. на судне «Андрей Первозванный», исследования проводились до 1907 г. Далее последовал значительный перерыв, но с 1921 г. (за исключением военных лет) «Кольский меридиан» выполняется до наших дней. Трудно переоценить значение наблюдений на этом уникальном разрезе и для рыбохозяйственной науки, и для познания климатических изменений во всей Северной Атлантике.

В 1926 г. Н.М. Книпович издает первый подробный определитель рыб Баренцева, Белого и Карского морей. Согласно Н.М. Книповичу, в Баренцевом море насчитывалось 114 видов рыб из 41 семейства. В 1954 г. член-корреспондент АН СССР А.П. Андрияшев расширил этот список до 149 видов. По данным сотрудника ПИНРО, доктора биологических наук А.В. Долгова, опубликованных в 2016 г., в Баренцевом море насчитывается 222 вида и подвида морских рыб из 70 семейств и 27 отрядов.

Так в начале XXI века наглядно проявилась преемственность поколений в науке и продолжились исследования, начатые великим ученым.

В 1935 г. отмечалось пятидесятилетие трудовой и научной деятельности Н.М. Книповича. Юбилейные торжества прошли во всех крупных научных учреждениях страны.

В связи с юбилеем ученого, Приказом Наркома пищевой промышленности А.И. Микояна от 18 января 1935 г., ПИНРО присвоили имя Н.М. Книповича.

На сессии Академии наук СССР 1 июня 1935 г. Н.М. Книповича избрали почетным академиком. Кроме того, в 1935 г. Президиум ВЦИК присвоил Н.М. Книповичу звание Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР.

Летом 1935 г. Николай Михайлович в последний раз приехал в Мурманск для участия в океанографической съемке южной части Баренцева моря. Судно «Николай Книпович», на котором ученый вышел в море, после выполнения нескольких станций вернулось в порт из-за поломки главного двигателя, и Николай Михайлович уехал в Ленинград.

В 1938 г., незадолго до кончины ученого (23 февраля 1939 г.), увидела свет монография «Гидрология морей и солоноватых вод (в применении к промысловому делу)», которую Николай Михайлович считал главной книгой всей своей жизни. По словам известного океанолога А.П. Алексеева, (директор ПИНРО в 1962-1974 гг.), это «труд, до сих пор не имеющий себе равных в мировой литературе».

Полный список публикаций Н.М. Книповича насчитывает около 900 наименований. Из этого количества 272 публикации входят в основной список и более 600 статей опубликованы в справочниках и энциклопедиях.



Общий вид и титульный лист монографии Н.М. Книповича
«Гидрология морей и солоноватых вод (в применении к промысловому делу)»
с дарственной надписью автора, 1938 год

Память о Н.М. Книповиче увековечена на географических картах Арктики и Антарктиды. В 1960 г. ученые ПИНРО открыли в Гренландском море подводный хребет и дали ему название – хребет Книповича.

Имя ученого увековечено в названии улицы, на которой располагается ПИНРО – улица Академика Книповича.

В память о великом ученом его имя носили суда Полярного института.

Николай Михайлович получил признание при жизни. Это всегда важно и необходимо, когда дело, которому ты служишь, является смыслом жизни.

В заключение, цитируя строки известного стихотворения В.В. Маяковского, мы можем сказать, что память о Н.М. Книповиче воплотилась в «пароходы, строчки и другие долгие дела».

Список использованной литературы

Алексеев, А.П. К 40-летию института / А.П. Алексеев // Человек и стихия. – 1972. – Вып. 11. – С. 76-77.

Николай Михайлович Книпович. (1862-1939): Библиографический указатель. – Л.: БАН СССР, 1974. – 170 с.

Пашкова, Т.Е. Николай Михайлович Книпович. Страницы жизни / Т.Е. Пашкова; отв. ред. Л.И. Пестрикова; ВНИРО, Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО») им. Н.М. Книповича). – 2-е изд., перераб. и доп. – Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2021. – 52 с.

ЗООПЛАНКТОН ОБСКОЙ ГУБЫ (КАРСКОЕ МОРЕ) В РАЙОНЕ АРКТИЧЕСКОГО ТЕРМИНАЛА

Г.Х. Абдуллина, М.С. Бондарь, Л.С. Шевчук
Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), г. Тюмень

Обская губа – залив Карского моря, расположенный между Ямальским и Гыданским полуостровами. В последние десятилетия идет разработка углеводородного сырья, которым богаты как берега губы, так и недра под ее акваторией. В районе пос. Мыс Каменный в начале 2016 г. был введен в эксплуатацию Арктический терминал по круглогодичной отгрузке нефти, увеличивший антропогенную нагрузку на уникальный водоем, который является ценнейшим и самым крупным в мире местообитанием сиговых рыб.

На состав пелагических беспозвоночных Обской губы большое влияние оказывает р. Обь, ее гидрологический и гидрохимический режимы, планктонный сток. Формирование нижнеобского планктона происходит как за счет биопродукционных процессов в самой магистрали реки, так и за счет выноса организмов из притоков, озерных и соровых систем.

Обская губа располагается за Полярным кругом. Период ледостава в среднем составляет около 9 мес., летом вода прогревается до 17 °С, наблюдается значительное осолонение средней части морскими водами. Зоопланктон Обской губы в районе м. Каменный весьма разнообразен, представлен распространенными видами планктонных беспозвоночных – главным образом представителями пресноводной фауны, но встречаются и солоноватоводные виды; многочисленна группа эврибионтов. Наряду с ними встречается представитель реликтовой фауны *Limnocalanus macrurus*.

Анализ материалов исследований в период с 1993-2021 гг. позволил выявить в Обской губе в районе м. Каменный 155 видов и разновидностей планктонных организмов, из них коловраток – 78, копепод – 45 и кладоцер – 32 вида; подробно таксономический состав представлен в табл. 1). До начала строительства терминала (1993-2010 гг.) было обнаружено 103 вида и разновидности зоопланктеров, в том числе коловраток – 44, копепод – 36 и кладоцер – 23. В период строительства (2013-2015 гг.) в зоопланктонном составе отмечается незначительное увеличение: коловраток до 65 видов и разновидностей, кладоцер – до 28 и копепод – до 37, всего – 130 таксонов. Возможно, это объясняется стимулирующим действием биогенов, которые вымываются из взмученного грунта при строительных работах. В период эксплуатации (2016-2020 гг.) определено 93 вида и разновидности

пелагических беспозвоночных: коловраток – 49, кладоцер – 23 и копепод – 21. Отмеченное незначительное снижение количества видов планктонных организмов в последние годы обусловлено, скорее всего, меньшим количеством отобранных проб. Полученные результаты анализа структуры сообществ зоопланктона свидетельствуют о близком фаунистическом сходстве по Серенсену планктоценозов между периодами исследований (0,71-0,76).

Таблица 1

Таксономический состав зоопланктона Обской губы в районе Арктического терминала в 1993-2021 гг.

Таксон	1993-2010 гг.	2013-2015 гг.	2016-2021 гг.
Rotifera			
<i>Asplanchna henrietta</i> Langhans	+	+	+
<i>A. herricki</i> Guerne	+	+	+
<i>A. priodonta priodonta</i> Goss	+	+	+
<i>A. p. helvetica</i> Imh.	+	+	+
<i>Bdelloida</i>	+	+	+
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Jmhof)	+	+	+
<i>Brachionus angularis angularis</i> Goss	+	+	+
<i>B. a. bidens</i> Plate	+	+	+
<i>B. calyciflorus calyciflorus</i> Pallas	+	+	
<i>B.c. amphicerus</i> Ehr.		+	
<i>B. c. anuraeiformis</i> Brehm	+	+	
<i>B. c. dorcas</i> Gosse		+	
<i>B. c. spinosus</i> Wierz.		+	
<i>B. diversicornis diversicornis</i> (Daday)		+	+
<i>B. leydigii rotundus</i> Rous.		+	
<i>B. nilsoni</i> Ahlstrom		+	
<i>B. quadridentatus quadridentatus</i> Hermann		+	
<i>B. q. cluniorbicularis</i> Skorikov	+	+	
<i>B. urceus urceus</i> (Linnaeus)		+	
<i>Cephalodella gibba gibba</i> (Ehrenbe.)		+	
<i>Collotheca</i> n.det.	+	+	+
<i>Conochilus hippocrepis</i> (Schränk)		+	
<i>C. unicornis</i> Rouss.	+	+	+
<i>Conochiloides dossuarius</i> (Huds)			+
<i>Euchlanis deflexa deflexa</i> Gosse		+	
<i>E. dilatata dilatata</i> Ehr.	+	+	+
<i>E. d. lucksiana</i> Hauer	+	+	+
<i>E. d. unisetata</i> Leydig	+		+
<i>E. lyra lyra</i> Hudson			+
<i>Filinia longiseta longiseta</i> (Ehr.)	+	+	+
<i>F. l. limnetica</i> (Zach.)			+
<i>F. major</i> (Colditz)	+	+	+
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson)		+	+
<i>Kellicottia longispina longispina</i> (Kell.)	+	+	+
<i>Keratella cochlearis cochlearis</i> (Gosse)	+	+	+
<i>K. c. macracantha</i> (Laut.)	+	+	+
<i>K. c. hixpida</i> (Laut)	+		+
<i>K. c. tecta</i> (Gosse)	+	+	+
<i>K. cruciformis wirketessi</i> Kut. et Nov.		+	
<i>K. quadrata dispersa</i> Carlin	+		

Таксон	1993-2010 гг.	2013-2015 гг.	2016-2021 гг.
<i>K. q. quadrata</i> (Muller)	+	+	+
<i>K. q. frenzeli</i> (Eckst.)	+	+	+
<i>K. serrulata curvicornis</i> Ryl			+
<i>K. testudo testudo</i> (Ehrenb.)		+	+
<i>K. valga valga</i> (Ehrenberg)		+	
<i>Lecane (M) lunaris</i> (Ehrb.)			+
<i>L. (M) cornuta cornuta</i> (Muller)			+
<i>Lepadella</i> n.det.			+
<i>Notholca acuminata acuminata</i> (Ehrb.)	+	+	+
<i>N. a. extensa</i> Olofsson	+	+	
<i>N. caudata</i> Carlin	+	+	+
<i>N. foliacea</i> (Ehrenberg)		+	
<i>N. intermedia</i> Voron.	+	+	+
<i>N. labis</i> (Gosse)	+	+	+
<i>N. squamula</i> (Muller)		+	
<i>N. verae</i> Kutikova		+	
<i>Ploesoma truncatum</i> (Levander)		+	+
<i>Polyarthra luminosa</i> Kutikova	+	+	+
<i>P. vulgaris</i> Carlin	+	+	
<i>P. dolichoptera dolichoptera</i> Idelson	+	+	+
<i>P. euryptera</i> Wierzejski	+	+	+
<i>P. longiremis</i> Carlin	+		
<i>P. major</i> Burckhardt	+	+	+
<i>P. minor</i> Voigt		+	
<i>Stephanoceros fimbriatus</i> (Goldf.)		+	
<i>Synchaeta grandis</i> Zacharias	+	+	+
<i>S. oblonga</i> Ehrenberg		+	
<i>S. pectinata</i> Ehrenberg	+	+	+
<i>S. tremula</i> (Muller)	+	+	+
<i>Synchaeta</i> n. det.	+	+	
<i>Trichocerca bidens</i> (Lucks)		+	
<i>T. parvula</i> Carlin		+	
<i>T. porcellus</i> (Gosse)	+	+	+
<i>T. (s.str) capucina</i> (Wierz.)	+	+	+
<i>T. (s.str) cylindrica</i> (Imhof)	+	+	+
<i>Trichotria curta</i> (Skorikov)			+
Cladocera			
<i>Acroperus harpae</i> (Baird.)		+	
<i>Alona rectangula</i> Sars		+	
<i>Alonopsis ambigua</i> Lilljeborg		+	
<i>Biapertura affinis</i> Leydig		+	+
<i>Bosmina coregoni</i> (Baird)	+	+	+
<i>B. kessleri</i> (Uljanin)	+	+	+
<i>B. longirostris</i> (O.F.Muller)	+	+	+
<i>B. longispina</i> Leydig	+	+	+
<i>B. o. var. arctica</i> Lilljeborg	+	+	+
<i>B. obtusirostris</i> Sars	+	+	+
<i>Bosminopsis deitersi</i> Richard		+	+
<i>Ceriodaphnia affinis</i> Lilljeborg	+	+	+
<i>C. pulchella</i> Sars	+		
<i>C. quadrangula</i> (O.F.Mul.)	+		+
<i>Chydorus gibbus</i> Lilljeborg		+	
<i>C. latus</i> Sars	+	+	+
<i>C. ovalis</i> Kurz	+	+	+
<i>C. sphaericus</i> (O.F.Muller)	+	+	+

Таксон	1993-2010 гг.	2013-2015 гг.	2016-2021 гг.
<i>D. cristata</i> Sars	+	+	+
<i>D. cucullata</i> Sars	+		+
<i>D. galeata</i> Sars	+	+	+
<i>D. hyalina</i> (Leydig)		+	
<i>D. longiremis</i> Sars	+	+	+
<i>D. longispina</i> O.F.Muller	+	+	+
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin)	+	+	+
<i>Holopedium gibberum</i> Zaddach	+	+	
<i>Ilyocryptus acutifrons</i> Sars		+	
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke)	+	+	+
<i>Limnosida frontosa</i> Sars	+	+	+
<i>Sida crystallina</i> (O.F.Muller)	+	+	+
<i>Moina macrocopa</i> (Straus)			+
Copepoda			
<i>Arctodiaptomus</i> (A.) <i>dudichi</i> Kiefer	+	+	
<i>A.</i> (A.) <i>dentifer</i> Smirnov		+	
<i>A.</i> (A.) <i>laticeps</i> Sars	+		
<i>A.</i> (Rh.) <i>acutilobatus</i> Sars	+	+	
<i>A.</i> (Rh.) <i>bacillifer</i> Koelbel	+	+	
<i>Gigantodiaptomus amblyodon</i> Marenz.		+	
<i>Diaptomus glacilis</i> Lilljeborg		+	
<i>Eudiaptomus arnoldi</i> Siewerth.			+
<i>E. gracilis</i> Sars	+	+	+
<i>E. graciloides</i> Lill	+	+	+
<i>E. vulgaris</i> (Schmeil)	+	+	
<i>Eurytemora affinis</i> (Pope.)	+	+	+
<i>E. gracilis</i> Sars	+	+	+
<i>E. lacustris</i> (Pope.)	+	+	
<i>E. velox</i> Lilljeborg		+	+
<i>Heterocope appendiculata</i> Sars	+	+	+
<i>H. borealis</i> Fischer		+	
<i>Leptodiaptomus angustilobus</i> (Sars)	+	+	
<i>Mixodiaptomus theeli</i> Lill	+	+	
<i>Neurodiaptomus incognuus</i> Poppe.	+		
<i>Limnocalanus macrurus</i> (Sars)	+	+	+
<i>Senecella calanoides</i> (Juday et Mut.)	+	+	+
<i>Acanthocyclops americanus</i> (Marsch.)	+	+	+
<i>A. venustus</i> (Norm.et S)	+	+	
<i>A. vernalis</i> (Fisch.)	+	+	
<i>Acanthocyclops</i> n. det.	+		
<i>Cyclops abyssorum</i> Sars	+		
<i>C. furcifer</i> Claus	+	+	
<i>C. insignis</i> Claus	+	+	
<i>C. kolensis</i> Lill.	+	+	+
<i>C. sibiricus</i> (Lindberg)		+	
<i>C. scutifer</i> Sars	+		
<i>C. strenuus</i> Fisch.	+	+	+
<i>C. vicinus</i> Uljan	+	+	+
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus)	+	+	+
<i>D. languidoides</i> (Lill)	+		+
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jur.)		+	+
<i>M. fuscus</i> (Jur.)	+		
<i>Megacyclus gigas</i> (Claus)		+	
<i>M. viridis</i> (Jur.)	+	+	+
<i>Mesocyclops</i> s.str <i>leuckarti</i> Claus	+	+	+

Таксон	1993-2010 гг.	2013-2015 гг.	2016-2021 гг.
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer)	+	+	
<i>T. oithonoides</i> Sars	+	+	+
Haracticoida n. det.	+	+	+
Всего	103	130	93

Обследованный участок Обской губы характеризуется высокими количественными показателями развития зоопланктона. Плотность и биомасса планктонных организмов варьируют в широких пределах как по акватории, так и по годам. До строительства терминала (1993-2010 гг.) средние за сезон вегетации значения численности и биомассы варьировали в пределах от 1,80 до 48,20 тыс. экз./м³ и от 29,89 до 514,43 мг/м³. Доминировали *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Notholca caudata*, *Polyarthra luminosa*, *Polyarthra major*, *Synchaeta tremula* и копеподы, представленные младшими возрастными стадиями. Величину общей биомассы зоопланктона, как правило, определяли последние; их доля в общей биомассе колебалась от 38 до 95 %, на большей части акватории – выше 50 %. Основу биомассы создавали копеподитные стадии Cyclopoidea и Calanoida, *Heteroscope appendiculata*, виды рода *Eudiaptomus*. Значительный вклад вносили реликтовые ракообразные – *Limnocalanus macrurus*. На долю кладоцер приходилось от 47 до 77 % от общей биомассы планктона, массовое развитие получили виды рода *Bosmina*. Коловратки на отдельных станциях составляли от 1 до 76 % от общей биомассы. На большей части акватории губы их доля была не более 30 %; заметную роль в образовании биомассы играли *Asplanchna priodonta* и *K. quadrata*.

В период строительства терминала средние показатели численности планктонных организмов по годам в вегетационный сезон изменялись незначительно (10,64-20,22 тыс. экз./м³), а средние значения биомассы (175,56-749,36 мг/м³) были максимальными за весь период исследований. Численность зоопланктона определялась обилием коловраток *Trichocerca porcellus*, *K. cochlearis*, видов родов *Notholca*, *Polyarthra* и копепод, в популяциях которых преобладали науплиальные и копеподитные стадии. Основу биомассы (48-97 %) создавали копеподы *L. macrurus* и *Eurytemora velox*. Зимой показатели количественного развития зоопланктона значительно снизились (см. табл. 2), что является вполне закономерным процессом в подледный период. Ведущую роль в формировании общей численности (70-100 %) и биомассы (77-100 %) играли копеподы. Основу численности составляли науплиальные стадии, биомассы – *L. macrurus* и *Senecella calanoides*.

Таблица 2

Количество таксонов (n), средние показатели численности (N) и биомассы (B) зоопланктона в Обской губе в районе Арктического терминала

Годы	n	N, тыс. экз./м ³	B, мг/м ³
Вегетационный сезон			
1993-2010	21-89	1,80-48,20	29,89-514,43
2013-2015	57-109	10,64-20,22	175,56-749,36
2016-2020	43-75	30,40-96,12	87,91-533,78
Подледный период			
2014-2015	17-29	1,65-2,14	24,17-99,05
2017, 2021	16-30	0,20-0,47	1,41-198,28

Летом в период эксплуатации Арктического терминала отмечалось увеличение численности зоопланктона с доминированием (52-87 %) коловраток. Количественно в 2016-2017 гг., как и до начала строительства терминала, преобладали *K. cochlearis*, *N. caudata*, *S. tremula* и *P. luminosa*, а в 2019-2020 гг. массово развивался *Conochilus unicornis*. Биомасса зоопланктона, в отличие от численности, снижалась. Величину биомассы планктонных беспозвоночных определяли копеподы *E. velox*, *H. appendiculata* и копеподитные стадии Cyclopoidea. Значительный вклад в общую биомассу вносили кладоцеры родов *Bosmina* и *Chydorus* и коловратки рода *Asplanchna*. Как отмечалось ранее, показатели численности и биомассы в подледный период были низкими (см. табл. 2). В марте 2017 г. основу численности (64 %) создавали коловратки, биомассы (72 %) – копеподы, а на одной станции преобладали кладоцеры за счет массового развития *Daphnia cristata*. В декабре 2021 г. ведущую роль в формировании численности (86 %) и биомассы (99 %) играли копеподы *L. macrurus*.

Сравнение многолетних материалов по видовому составу, соотношению основных групп планктонных беспозвоночных по биомассе и численности, а также количественных параметров не выявило существенных изменений в состоянии зоопланктона Обской губы в районе пос. Мыс Каменный. Лидером по биомассе остается реликтовый рачок *L. macrurus*. Качественные и количественные показатели стоят на уровне многолетней и сезонной динамики развития зоопланктона.

Учитывая особую роль Обской губы в формировании рыбных запасов, необходимо проведение постоянного экологического мониторинга.

ВЛИЯНИЕ ИЗ ТРОПИКОВ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ НА ПРИТОК АТЛАНТИЧЕСКОЙ ВОДЫ В СЕВЕРНЫЕ МОРЯ И АРКТИЧЕСКИЙ БАССЕЙН

Г.В. Алексеев, А.Е. Вязилова, Н.И. Глок
ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» (АНИИ), г. Санкт-Петербург

Введение

Приатлантическая Арктика, включающая в себя архипелаг Шпицберген, моря Баренцево, Карское и прилегающую часть Арктического бассейна, находится под тепляющим влиянием Северной Атлантики (Книпович, 1906; Визе, 1937; Захаров, 1981). Теплая соленая вода поступает через Фареро-Шетландский пролив в Норвежское и Гренландское моря, далее в Арктический бассейн и Баренцево море. Над этой водой распространяются потоки теплого и влажного воздуха, перемещающиеся на восток, северо-восток в арктические моря и Арктический бассейн. Вода с положительной температурой на поверхности Баренцева моря в холодную часть года является мощным «обогревателем» баренцевоморского региона. Однако мощность этого «обогревателя» колеблется вслед за изменениями циркуляции атмосферы и водных масс в Северной Атлантике, обеспечивающих перенос тепла из низких к высоким широтам.

Благодаря многолетним океанографическим наблюдениям, начатым в конце XIX в., изменения термохалинного состояния Баренцева моря задокументированы и определены их масштабы. Особенно ценные данные о колебаниях притока атлантической воды (АВ) мы получаем на разрезе вдоль «Кольского меридиана» (33°30' в.д.) с начала 1900-х годов по настоящее время (История океанографических исследований..., 2005). На основе регулярных океанографических наблюдений на разрезе вдоль «Кольского меридиана» сотрудниками ПИНРО созданы и поддерживаются уникальные ряды средней температуры и солености в различных слоях воды и на разных отрезках разреза (Бочков, 1982; Карсаков, 2009).

Усиление или ослабление притока теплой воды, отражаемое наблюдениями на разрезе, определяет ее распространение по акватории моря и влияет на положение максимальной южной границы льдов в Баренцевом море. Корреляция между изменениями среднемесячной площади морского льда в море и температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» составляет 0,86 после достижения площадью льда зимнего климатического максимума (Влияние Северной Атлантики..., 2016). В начале зимы лед в Ба-

ренцевом море начинает формироваться в северной части под значительным влиянием атмосферной циркуляции, что приводит к существенным межгодовым колебаниям площади льда в этот период. В то же время теплая вода, поступающая в южную часть моря, ограничивает распространение льда на юг, максимум которого приходится на апрель. Продолжительный приток более теплых и соленых атлантических вод в Баренцево море в 2000-х годах обусловил сдвиг границ ареалов трески и пикши в северо-восточном направлении (Эффекты современных изменений..., 2014; Влияние современных изменений..., 2019). Ареалы теплолюбивых рыб будут расширяться далее в северные и восточные районы, если тенденция к потеплению сохранится.

Поступление теплой и соленой воды из Северной Атлантики – важный процесс для формирования климата всей морской Арктики. Приток этой воды в Арктический бассейн является частью глобального океанического конвейера, связывающего океаны транспортом тепла, соли и пресной воды. Поступая из Северной Атлантики, АВ распространяются по акватории Норвежского, Гренландского и Баренцева морей и проникают в Арктический бассейн, где занимают промежуточный слой на глубинах от 100 до 800 м (Тимофеев, 1960; Трешников, Баранов, 1972). Атлантическая вода – важный источник тепла в приатлантическом секторе Арктики и соли для арктических вод, подвергающихся постоянному опреснению.

Данные и методы

Использованы данные: реанализов NCEP за 1948-2020 гг., ERA5 – за 1979-2020 гг.; наблюдений на арктических гидрометеорологических станциях за 1951-2020 гг.; о площади арктических морских льдов, представленные на сайтах ААНИИ и NSIDC (США); о температуре поверхности океана из реанализа HadISST за 1979-2020 гг. [<http://hadobs.metoffice.com.hadsst/>]. Для воды, поступающей из Атлантики в Баренцево море, были характерны изменения температуры в слое 50-200 м на разрезе «Кольский меридиан», по данным ПИНРО, размещенным на сайте pinro.ru/labs/hid/kolsec22.php. Температура воды здесь служила индикатором распространения сигнала потепления вдоль пути потока АВ в Арктический бассейн через Баренцево море и пролив Фрама. Использованы также данные океанографических наблюдений в Арктическом бассейне с 1950 по 2018 г., полученные на дрейфующих станциях «Северный полюс» в 1950-1980-е и 2000-е годы, в высокоширотных воздушных экспедициях в 1950-е и 1970-е годы, судовых экспедициях в 1990-2010-е годы, с помощью автономных дрейфующих буев ИТР (Ice Tethered Profilers) в 2000-2010-е годы.

На основе анализа распространения сигнала потепления из тропической Северной Атлантики в Северо-Европейский и далее в Арктический бассейны построена схема распространения и граф корреляционных связей между изменениями температуры воды в районах с учетом запаздываний.

Результаты и обсуждение

В табл. 1 приведены результаты корреляционного анализа между площадью льда в Баренцевом море и температурой воды на разрезе «Кольский меридиан». Наиболее тесная связь приходится на период с января по июнь, когда воздействие летнего прогрева воды солнечной радиацией минимально. Скользящее осреднение рядов по 3 года позволяет выделить климатические составляющие (Влияние Северной Атлантики..., 2016), для которых значения коэффициентов корреляции возрастают.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между среднемесячными значениями температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» в слое 50-200 м ($T_{км}$) и площади морского льда (ПМЛ) в Баренцевом море за 1979-2014 гг.

Параметр	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ПМЛ и $T_{км}$	-0,83	-0,82	-0,70	-0,78	-0,87	-0,83	-0,67	-0,48	-0,26	-0,28	-0,44	-0,70
ПМЛ и $T_{км}$ по 3 года	-0,93	-0,89	-0,79	-0,88	-0,95	-0,90	-0,79	-0,63	-0,52	-0,45	-0,63	-0,8

Высокие значения коэффициентов корреляции в первой половине года были использованы для построения модели сезонного прогноза площади льда в Баренцевом море (Глок, Алексеев, Вязилова, 2019). Статистический анализ связи средней за месяц температуры воды с января по июнь в слое 50-200 м на разрезе «Кольский меридиан» и температуры воды на поверхности (ТПО) Северной Атлантики выявил тропическую область Северной Атлантики ($5-25^{\circ}$ с.ш. и $60-10^{\circ}$ з.д.), оказывающую наибольшее влияние на температуру воды на разрезе «Кольский меридиан» с запаздыванием от 27 в январе до 32 в июне месяцев относительно ТПО в октябре (рис. 1).

Корреляция между ТПО в выделенной области Северной Атлантики и температурой воды в слое 50-200 м на разрезе «Кольский меридиан» ($T_{км}$) в декабре-феврале (спустя 27 мес.) составила 0,76 за 1977-2014 гг., а после сглаживания рядов скользящим осреднением по 3 года возросла до 0,90.

Анализ распространения тепла из тропической Северной Атлантики в Северо-Европейский бассейн и далее в Арктический позволил построить схему, показанную на рис. 2. Ряды температуры АВ в районах Арктическо-

го бассейна сформированы путем выборки из экспедиционных наблюдений за 1963-2015 гг. в квадратах менее 200×200 км, координаты центров которых указаны на схеме и в подписи к рис. 2. Выбиралась максимальная температура АВ на температурном профиле в точке, попадающей в квадрат, и ее значение относилось к центру квадрата. Полученные ряды ежегодных значений температуры АВ имели пропуски и для расчета корреляций формировались пары рядов с учетом пропусков.

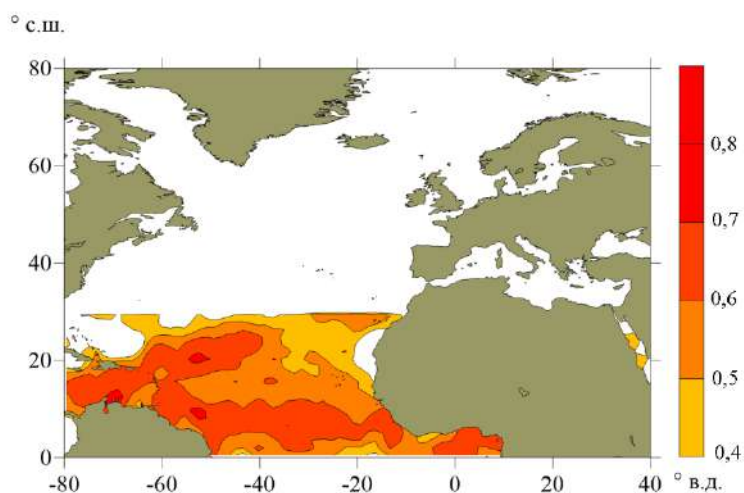


Рис. 1. Коэффициенты корреляции между ТПО в октябре и средней температурой воды в январе-июне в слое 50–200 м на разрезе «Кольский меридиан» через 2,5 года

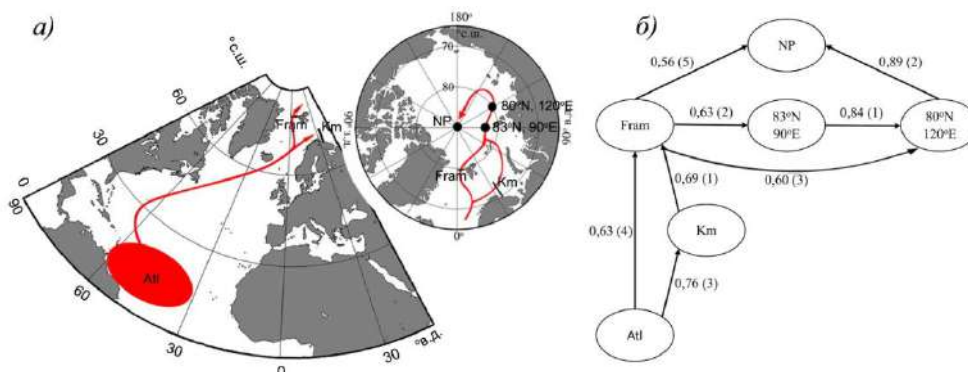


Рис. 2. Распространение сигнала потепления из тропической Северной Атлантики в Арктический бассейн: схема (а), где Atl – область в тропической Северной Атлантике; Km – разрез по Кольскому меридиану в Баренцевом море; Fram – пролив Фрама; 93°N 90°E – район с центром 83° с.ш. и 90° в.д.; 80°N 120°E – район 80° с.ш. и 120° в.д.; NP – район Северного полюса); граф (б) корреляционных связей между изменениями температуры воды в районах с учетом запаздываний (в скобках годы)

Аномалии ТПО в тропической Атлантике и проливе Фрама разделяют 4 года, за которые происходит ряд взаимодействий между циркуляцией

в океане и атмосфере. Далее аномалия распространяется в Арктическом бассейне в слое АВ, проявляясь последовательно у м. Арктический (архипелаг Северная Земля), в точке 80° с.ш., 120° в.д. и достигает через 5 лет района Северного полюса. Между районами Atl и Km на схеме время запаздывания 3 года, между Atl и Fram – 4 года при равном или несколько большем расстоянии от Atl до Km. Причина – в большей скорости прохождения сигнала через Норвежское и Баренцево моря из-за особенностей атмосферной циркуляции – циклоны перемещаются через Баренцево море и в их передней части юго-западные и западные ветры ускоряют перенос воды, а в тыловой – северо-восточные и северные ветры над Норвежским и Гренландским морями замедляют перенос в Западно-Шпицбергенское течение. Корреляции и запаздывания между аномалиями в проливе Фрама, районом Северного полюса и точкой 80° с.ш. и 120° в.д. не противоречат условию транзитивности по запаздываниям (2+1+2) и (2+1) и корреляциям (0,63×0,84×0,89≤0,56) и (0,63×0,84≤0,60). Значения коэффициентов корреляции (0,60 и 0,56) приводятся для проверки транзитивности корреляций и добеганий между пунктами на схеме. АВ от Fram к NP распространяется не прямо, а по траектории вдоль материкового склона и хребта Ломоносова (как на схеме). Сравнение средней температуры АВ в проливе Фрама в разные десятилетия показывает (табл. 2) быстрый рост в 1990-е годы в результате увеличения притока и роста температуры АВ.

Таблица 2

**Температура воды в проливе Фрама и Западно-Шпицбергенском течении
в десятилетия 1920-2010-х годов по данным экспедиционных наблюдений**

Параметр	Десятилетия, год									
	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Т _{Фр.} , °С	5,30	5,67	-	4,66	4,12	4,26	4,37	5,70	5,94	5,96
Т _{Зшт.} , °С	-	-	-	-	4,15	4,26	4,53	5,45*	5,62	5,44

*Значение 2,24 за 1998 г. при расчете среднего за десятилетие исключено.

Механизм влияния аномалий температуры поверхности океана в низких широтах Северной Атлантики на приток АВ в Северо-Европейский бассейн включает в себя взаимодействие циркуляции океана и атмосферы. Аномалии ТПО в низких широтах, достигающие максимума в сентябре-октябре, усиливают меридиональную составляющую атмосферной циркуляции, ослабляют североатлантическое колебание (САК) в атмосфере, что способствует уменьшению потерь тепла океаном (рис. 3).

Вместе с увеличением переноса тепла в системе Гольфстрим, Северо-Атлантическое, Западно-Шпицбергенское и Норвежское течения усиливаются океанический приток тепла в Норвежское и Баренцево моря и

атмосферные переносы тепла и влаги в Арктику, что приводит к ее потеплению в холодную половину года примерно через 2,25 года.

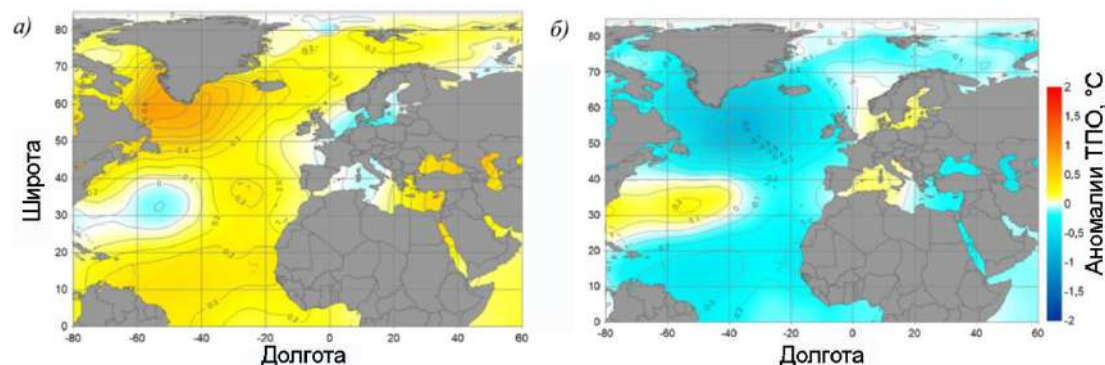


Рис. 3. Аномалии ТПО в Северной Атлантике при аномальных состояниях североатлантического колебания. Показаны композиты аномалий среднегодовой ТПО при аномальных ($>\sigma$) среднегодовых значениях индекса САК в 1950-2015 гг.: а – при отрицательных индексах САК; б – при положительных индексах САК

Заключение

Выделен район океана в низких широтах, где ТПО влияет на атмосферный и океанический перенос в Арктику и предложена схема передачи влияния аномалий ТПО с участием атмосферной и океанической циркуляции.

Влияние аномалий ТПО в тропиках Северной Атлантики на приток атлантических вод в северные моря впервые подтверждается высокой корреляцией между ТПО и температурой воды на разрезе «Кольский меридиан» Баренцева моря – репрезентативным индикатором изменения притока воды в Северо-Европейский бассейн.

Воздействие ТПО передается с участием североатлантического колебания, которое меняется под влиянием аномалий ТПО в Атлантическом, Индийском и Тихом океанах. Это подтверждается отрицательной корреляцией между аномалиями ТПО всех трех океанов и индексами САК. Обратная корреляция между САК и ТПО в Северной Атлантике наиболее заметна с наименьшими и наибольшими годовыми значениями САК.

Положительные аномалии ТПО в низких широтах Северной Атлантики влияют на отрицательную фазу САК, когда зональная составляющая ветра над Северной Атлантикой ослабевает и на всей ее акватории формируется положительная аномалия ТПО. При отрицательной аномалии ТПО в низких широтах и положительном индексе САК усиливается зональный ветер, что приводит к похолоданию океана и формированию отрицательных аномалий ТПО. Положительные аномалии ТПО в тропиках Северной Атлантики появляются в Норвежском и Баренцевом морях спустя три года.

Список использованной литературы

Бочков, Ю.А. Ретроспектива температуры воды в слое 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море (1900-1981 гг.) / Ю.А. Бочков // Экология и промысел донных рыб Северо-Европейского бассейна: сб. науч. тр. / ПИНРО. – Мурманск: ПИНРО, 1982. – С.113-122.

Визе В.Ю. Причина потепления Арктики // Советская Арктика. – 1937. – № 1. – С. 1-7.

Влияние Северной Атлантики на колебания климата в Баренцевом море и их предсказуемость / Г.В. Алексеев, Н.И. Глок, А.В. Смирнов, А.Е. Вязилова // Метеорология и гидрология. – 2016. – № 8. – С. 38-56.

Влияние современных изменений климата на сообщества морских рыб в североатлантическом регионе / А.С. Кровнин, С.П. Мельников, А.И. Никитенко, Г.П. Мурый // Ученые записки РГГМУ. – 2019. – № 56. – С. 110-125.

Глок, Н.И. Сезонный прогноз ледовитости Баренцева моря / Н.И. Глок, Г.В. Алексеев, А.Е. Вязилова // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2019. – № 65(1). – С. 5-14.

Захаров, В.Ф. Льды Арктики и современные природные процессы / В.Ф. Захаров; Под ред. А.Ф. Трешникова. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 136 с.

История океанографических исследований на разрезе «Кольский меридиан» / А.П. Алексеев, А.В. Семенов, В.А. Боровков [и др.] // 100 лет океанографических наблюдений на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море: сб. докл. Междунар. симп. / ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2005. – С. 4-14.

Карсаков, А.Л. Океанографические исследования на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море за период 1900-2008 гг. / А.Л. Карсаков; ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2009. – 139 с.

Книпович, Н.М. Основы гидрологии Европейского Ледовитого океана / Н.М. Книпович. – Санкт-Петербург, 1906. – 1510 с.

Тимофеев, В.Т. Водные массы Арктического бассейна / В.Т. Тимофеев. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 191 с.

Трешников, А.Ф. Структура и циркуляция вод Арктического бассейна / А.Ф. Трешников, Г.И. Баранов. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 158 с.

Эффекты современных изменений климата в распределении промысловых скоплений северо-восточной арктической трески в период нагула / В.А. Боровков, А.Л. Карсаков, Н.Ф. Ярагина [и др.] // Вопросы промысловой океанологии. – 2014. – № 11. – С. 61-76.

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ МЕТОДОВ В ИССЛЕДОВАНИЯХ МЕЗОПЛАНКТОНА *IN SITU*

**Л.А. Анисимова, Ю.Н. Кравченко, Д.Е. Левашов,
О.А. Мазникова, Д.В. Тырин**

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

Исследование водных экосистем в настоящее время не обходится без использования современных приборов, позволяющих получать непрерывную картину распределения характеристик среды от поверхности ко дну. В первую очередь это касается абиотических факторов среды, чаще всего при этом измеряют электропроводность, температуру и глубину. К таким датчикам могут добавлять датчики содержания растворенного в воде кислорода, ФАР, мутности, хлорофиллов. Что же касается исследований распределения в толще воды зоопланктона, его биомассы и видового состава, то до сих пор нет общепризнанного автоматизированного способа. На данный момент существует несколько приборов, которые используются при исследованиях зоопланктона, но по тем или иным причинам ни один из них не получил широкого распространения.

Для оценки качественного и количественного состава планктона *in situ* можно использовать акустический, кондуктометрический и оптический методы (Левашов, Ерофеев, 1983), однако всесторонний анализ этих методов показал, что наиболее оптимальным является оптический метод. Подобные приборы состоят из осветителя, измерительного объема с протекающим планктоном и фотоприемника, на который проецируется тень частиц планктона. В последнее время широкое распространение получил метод видеорегистрации частиц планктона (Задереев, Толмеев, 2013; Оленин, 2020; Видеосистема для мониторинга..., 2021; The Underwater Vision..., 2010; Imaging of plankton..., 2010; The vertical distribution..., 2010; The Underwater Vision..., 2022).

В ФГБНУ «ВНИРО» разработка зондирующей аппаратуры для исследований планктона начата в 1972 г. (Левашов, 2004). Была разработана серия гидробиологических зондов «ТРАП». В зондах «ТРАП-4» отцеженный сетью планктон проходил через проточный канал датчика для определения концентрации частиц в воде по пяти размерным группам (Левашов, 2004). В дальнейшем появился «ТРАП-7», который регистрировал частицы размером 0,5-10 мм, со скоростью 2-7 л/с, однако разделить регистрируемые частицы на таксономические группы с помощью подобного устройства невозможно.

В Бедфордском институте океанографии (Канада) разработан оптический счетчик планктона (ОПС) для получения непрерывной информации о размере и численности планктона в реальном времени (Herman, 1988). С тех пор прибор использовался во многих океанографических исследованиях и подвергся ряду изменений (Examination of a high..., 2018). В следующем поколении прибора это уже лазерно-оптический счетчик планктона (LOPC), который имеет тонкий лазерный луч и новую геометрию отбора проб, может работать с плотностью в 100 раз больше скорости своего предшественника, обрабатывает формы планктона размером >1,5 мм (Herman, Beanlands, Phillips, 2004).

Исследователи сравнили результаты, получаемые с лазерно-оптического счетчика планктона LOPC и видеорегистратора планктона VPR (Capturing quantitative zooplankton..., 2012). Приборы были установлены на одной раме, зондирование проводилось до глубины 100 м в местах с разными условиями цветения и структуры сообщества зоопланктона. При высокой численности планктона данные с двух приборов показали поразительное сходство, однако при низкой численности – значительно отличались (Capturing quantitative zooplankton..., 2012).

Сравнение также проведено для двух автоматических счетчиков частиц размером более 50 мкм между HR-LOPC и проточным цитометром с электронным микроскопом FlowCAM с традиционным способом подсчета концентрации, распределения и размера планктона (Examination of a high..., 2018). Автоматизированные инструменты, как правило, занижали концентрацию частиц планктона по сравнению со стандартной обработкой, но давали аналогичные результаты с точки зрения относительной численности отдельных таксонов (рис. 1, слева). При большом распространении одного таксона кривые распределения другого получались искаженными. При измерениях частиц с помощью FlowCAM использование «диаметра на основе площади» давало более близкие результаты, чем «эквивалентный сферический диаметр» (Examination of a high..., 2018).

Еще одна система для исследования планктона *in situ* – LOKI – может отображать мельчайшие объекты размером менее 100 мкм с высоким разрешением (рис. 1, в центре) (Lightframe on-sight key..., 2009). Разработчики решили, что расстояние между камерой и объектом должно быть маленьким, чтобы уменьшить размытие частиц при высокой плотности и сниженной прозрачности воды; а время затвора – коротким (Imaging of plankton..., 2010).

В лаборатории Томского университета используют метод цифровой голографии для регистрации частиц, получая информацию о каждой частице с высоким разрешением (Морские испытания цифрового..., 2018).

В результате испытаний прибора в акватории Карского моря получен ряд цифровых голограмм (см. рис. 1, справа) с привязкой к данным по глубине, температуре и электропроводности.

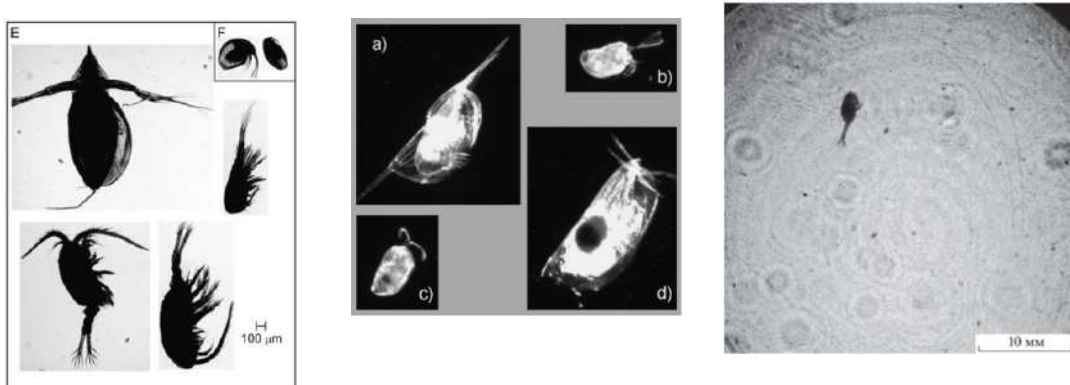


Рис. 1. Примеры изображений, полученных с помощью: FlowCAM (Examination of a high..., 2018) (слева); LOKI (Imaging of plankton..., 2010) (в центре); голографический кадр (Морские испытания цифрового..., 2018) (справа)

При работе в реальных условиях существует ряд факторов, которые создают помехи. Это взвешенные частицы, турбулентные потоки, а также аппаратные ограничения.

Работа с изображениями должна включать следующие этапы: поиск плоскости наилучшей фокусировки и оценка качества изображения частицы, алгоритм восстановления изображения, фильтрация шумов (Оленин, 2020). Одним из способов идентификации может быть сравнение изображения, полученного с камеры, с эталонным изображением, хранящимся в памяти (Оленин, 2010). При этом качество изображения должно быть достаточным для определения таксономической принадлежности зоопланктона, что сложно достигнуть в условиях съемки под водой столь мелких объектов (Imaging of plankton..., 2010). Кроме того, сами объекты движутся, что создает дополнительные предпосылки к размытию, снижению резкости изображения.

В автономном устройстве «Zooglider» используется камера с телецентрическим объективом и двухчастотный сонар (200 и 1000кГц) (Zooglider: an autonomous..., 2019). Постобработка позволяет получать изображения следующего вида (рис. 2).

Исследователи (Видеосистема для мониторинга..., 2021) используют видеосистему с увеличением от 0,1 до 0,05, что позволило им увеличить глубину резкости до 3-5 см. Они указывают на важность системы освещения объекта. В своей системе они используют камеру технического зрения VCXG-32C (матрица формата 1/1,8" разрешением 3,1 мегапикселей (2048×1536 пикселя). Для освещения применяют несколько прозрачных

стержневых светильников, создающих мало световых теней. Регистрируемый системой объем воды составляет 0,15 л, разрешающая способность внутри объема равна 0,04 мм, что позволяет хорошо регистрировать объекты от 0,5 мм и больше. Один из полученных в результате испытаний кадров представлен на рис. 3.



Рис. 2. Рабочий процесс обработки изображений Zooscan устройства «Zooglider»



Рис. 3. Снимок, полученный прибором для мониторинга зоопланктона и частиц взвеси (Видеосистема для мониторинга..., 2021)

Подводный аппарат Underwater Vision Profiler (UVP5) создан для того, чтобы подсчитывать вертикальное распределение макроскопических частиц и зоопланктона размером более 100µм (The Underwater Vision..., 2010). Область съемки планктонных особей освещается цилиндрическими целевыми осветителями с линейками из девяти красных светоизлучающих диодов с длиной волны 625 нм, создающих «световую плоскость» размером 22x18 см. Над этой плоскостью расположена видеокамера. Изображения частиц, попавших в «световую плоскость», записываются каждые 20 см, при скорости 1 м/с. Максимальная глубина работы – 3000 м. Рабочий объем на 1 изображение – 1,02 л. Камера имеет разрешение 1,3 мегапикселя. Для обработки изображений разработано специальное ПО Zooscan (www.zooscan.com). Оно позволяет получать метаданные и обрабатывать изображения (рис. 4, слева).

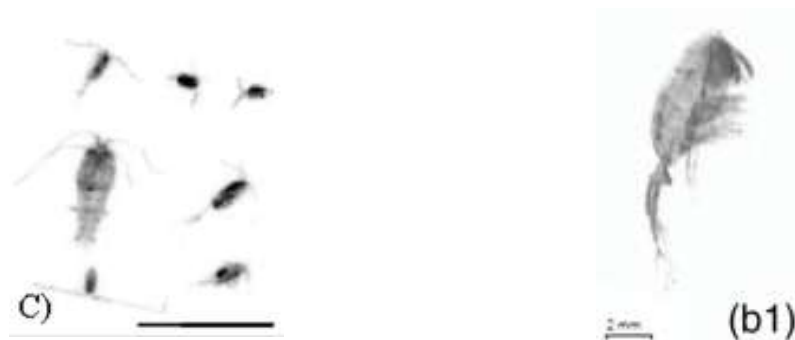


Рис. 4. Примеры изображения с UVP5 (слева), длина линии 5 мм (The Underwater Vision..., 2010) и с UVP6 (справа), длина линии 2 мм (The Underwater Vision..., 2022)

В 2013-2020 гг. во ВНИРО разработаны несколько вариантов измерителя планктона типа КЭП, КАРП (Левашов, Буланова, 2020; Новый лазерный планктономер..., 2021), в которых была реализована описанная выше оптическая схема, однако оригинальным и запатентованным решением (рис. 5, слева) было использование лазерного «генератора линии», который с помощью цилиндрической оптики формировал расходящуюся световую плоскость (Левашов, Буланова, 2014).

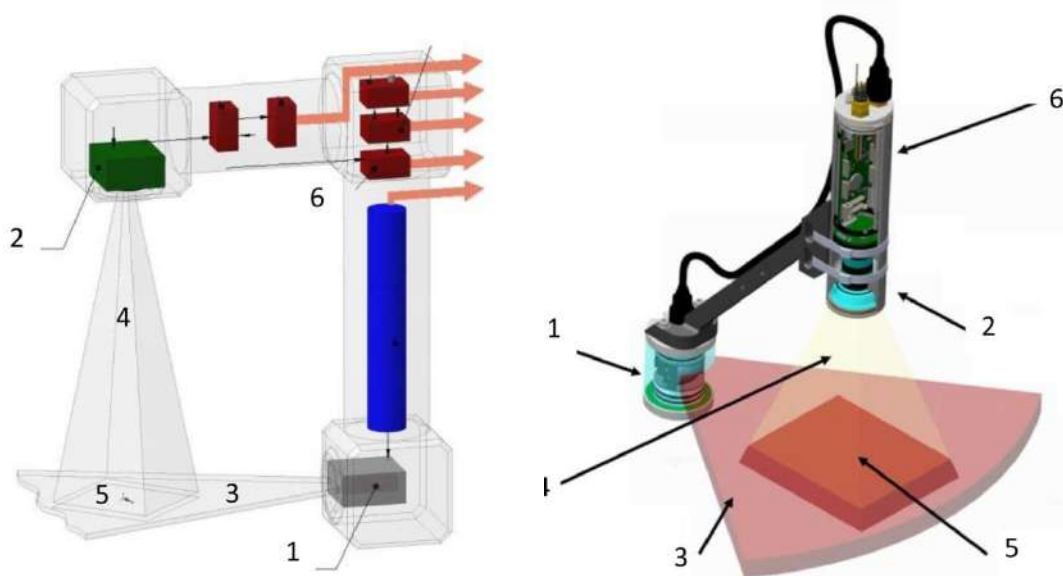


Рис. 5. Сравнение функциональных схем приборов «Карп» (Левашов, Буланова, 2014) (слева) и UVP6 (The Underwater Vision..., 2010) (справа): 1 – лазерный излучатель с цилиндрической оптикой; 2 – световая плоскость; 3 – видеокамера; 4 – конус зрения камеры; 5 – измерительный объем кадра; 6 – системы обработки и передачи данных

Прибор UVP6 – уменьшенная версия UVP5 (The Underwater Vision..., 2022), в которой (рис. 5, справа) используются как блок наблюдения, так и блок обработки с возможностями получения изображения. Основным отличием между двумя моделями является оптимизация камеры и

осветительного блока UVP6 в результате использования осветителей в виде модифицированного лазерного «генератора линии», формирующего световую плоскость. Программное обеспечение Processing Unit включает алгоритмы обработки изображений и данных из трех этапов: 1. Коррекция освещения с использованием коррекции усиления для конкретной зоны; 2. Сегментация изображения; 3. Подсчет и характеристика объектов участков изображения (см. рис. 4, справа).

Несмотря на разнообразие перечисленных приборов и высокую потребность в них, по ряду причин ни один из них не получил широкого распространения, в связи с чем в настоящее время во «ВНИРО» разрабатывается оптоэлектронный регистратор с принципиально иной оптической схемой. По принципу действия прибору дано название «Акваскоп», и подана заявка на получение патента.

Список использованной литературы

Видеосистема для мониторинга зоопланктона и частиц взвеси / А.Л. Оленин, И.Д. Бадюков, Н.М. Коровинский, Е.А. Аистов // Труды ВНИРО. – 2021. – Т. 184. – С. 149-158.

Задереев, Е.С. Способ определения вертикального распределения и размерной структуры зоопланктона в водоеме / Е.С. Задереев, А.П. Толмеев. – 2013. Патент.

Левашов, Д.Е. Зондирование мезо- и макропланктона // Д.Е. Левашов, П.Н. Ерофеев // Современные методы количественной оценки распределения морского планктона. – М.: Наука, 1983. – С. 28-41.

Левашов, Д.Е. Техника экспедиционных исследований среды в промышленном рыболовстве / Д.Е. Левашов. – 2004.

Левашов, Д.Е. Подводный видеорегистратор планктона / Д.Е. Левашов, Н.П. Буланова. – 2014. Патент РФ. № 148 827. Бюл. № 35.

Левашов, Д.Е. Разработка экспериментальных технологических платформ и исследования на их основе с целью создания нового лазерного планктономера / Д.Е. Левашов, Н.П. Буланова // Труды ВНИРО. – 2020. – Т. 182. – С.182-190.

Морские испытания цифрового голографического модуля с использованием измерительно-технологической платформы / В.В. Демин, А.Л. Оленин, И.Г. Половцев [и др.] // Океанология. – 2018. – № 58(5). – С. 817-828.

Новый лазерный планктономер КАРП – комплексный автономный регистратор планктона / Н.П. Буланова, Д.Е. Левашов, П.В. Гайский [и др.] // Труды ВНИРО. – 2021. – Т. 184. – С.140-148.

Оленин, А.Л. Схема измерительного канала идентификации частиц взвеси в морской воде / А.Л. Оленин // *Океанология*. – 2010. – Т. 50, № 2. – С. 306-311.

Оленин, А.Л. Использование подводной видеокамеры для оперативного нахождения границ горизонтов повышенной мутности *in situ* / А.Л. Оленин // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2020. – № 11. – С. 42-45.

Capturing quantitative zooplankton information in the sea: performance test of laser optical plankton counter and video plankton recorder in a *Calanus finmarchicus* dominated summer situation / S.L. Basedow, K.S. Tande, M.F. Norrbin, S.A. Kristiansen // *Progress in Oceanography*. – 2013. – Т. 108. – С. 72-80.

Examination of a high resolution laser optical plankton counter and FlowCAM for measuring plankton concentration and size / J. Kydd, H. Rajakaruna, E. Briski, S. Bailey // *Journal of Sea Research*. – 2018. – Т. 133. – С. 2-10.

Herman, A.W. Simultaneous measurement of zooplankton and light attenuation with a new optical plankton counter / A.W. Herman // *Continental Shelf Research*. – 1988. – Т. 8, № 2. – С. 205-221.

Herman, A.W. The next generation of optical plankton counter: the laser-OPC / A.W. Herman, B. Beanlands, E.F. Phillips // *Journal of Plankton Research*. – 2004. – Т. 26, № 10. – С. 1135-1145.

Imaging of plankton specimens with the lightframe on-sight keystone species investigation (LOKI) system / J. Schulz, K. Barz, P. Ayon [et al.] // *Journal of the European optical society-rapid publications*. – 2010. – Т. 5.

Lightframe on-sight key species investigation (LOKI) / J. Schulz, K. Barz, D. Mengedoh [et al.] // *OCEANS 2009-EUROPE*. IEEE, 2009. – С. 1-5.

The Underwater Vision Profiler 5: An advanced instrument for high spatial resolution studies of particle size spectra and zooplankton / M. Picheral [et al.] // *Limnology and Oceanography: Methods*. – 2010. – Т. 8, № 9. – С. 462-473.

The Underwater Vision Profiler 6: an imaging sensor of particle size spectra and plankton, for autonomous and cabled platforms / M. Picheral [et al.] // *Limnology and Oceanography: Methods*. – 2022. – Т. 20, № 2. – С. 115-129.

The vertical distribution and abundance of *Gammarus lacustris* in the pelagic zone of the meromictic lakes Shira and Shunet (Khakassia, Russia) / E.S. Zadereev [et al.] // *Aquatic ecology*. – 2010. – Т. 44, № 3. – С. 531-539.

Zooglider: an autonomous vehicle for optical and acoustic sensing of zooplankton / M.D. Ohman, R.E. Davis, J.T. Sherman [et al.] // *Limnology and Oceanography: Methods*. – 2019. – Т. 17, № 1. – С. 69-86.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ФИТОПЛАНКТОНА НИЖНЕЙ ВОЛГИ И КАСПИЙСКОГО МОРЯ

А.Г. Ардабьева, Т.Н. Зими́на

Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), г. Астрахань

Введение

Фитопланктон является неотъемлемой составной частью экосистемы водоема любого типа и служит не только основным источником его первичной продукции, за счет которого существуют все вышестоящие по трофической цепи организмы, но и одним из самых информативных показателей в оценке состояния водных объектов и определении тенденций их изменений.

Таксономический состав микроводорослей в водоемах Нижней Волги изучается с начала прошлого столетия (Лебедев, 1909), но работы выполнялись эпизодически. Наиболее полные исследования видового состава, численности и динамики развития растительных клеток Нижней Волги и некоторых протоков ее дельты стали осуществляться с 1964 г.

Первые работы по изучению фитопланктона Каспийского моря имели таксономический характер и касались отдельных районов и сезонов. Наиболее полные и всесторонние исследования развития микроводорослей в Северном Каспии были проведены П.И. Усачевым (1948), в Среднем – Л.И. Смирновой (1949), в Южном – Г.Б. Бабаевым (1967). В монографиях по Каспийскому морю (Прошкина-Лавренко, Макарова, 1968; Каспийское море. Фауна..., 1985) представлены результаты таксономических и гидробиологических исследований за 1900-1965 и 1960-70-е годы. Начиная с 1970-х годов и по настоящее время результаты регулярных наблюдений за состоянием фитопланктона Каспийского моря описаны в работах ряда авторов (Ардабьева, 2018; Терлецкая, 2006; Татаринцева, Терлецкая, 2018; Зими́на, Ардабьева, Котельников, 2021), где довольно подробно рассматриваются качественное и количественное развитие микроводорослей, их распределение, экология, сезонная и многолетняя динамика.

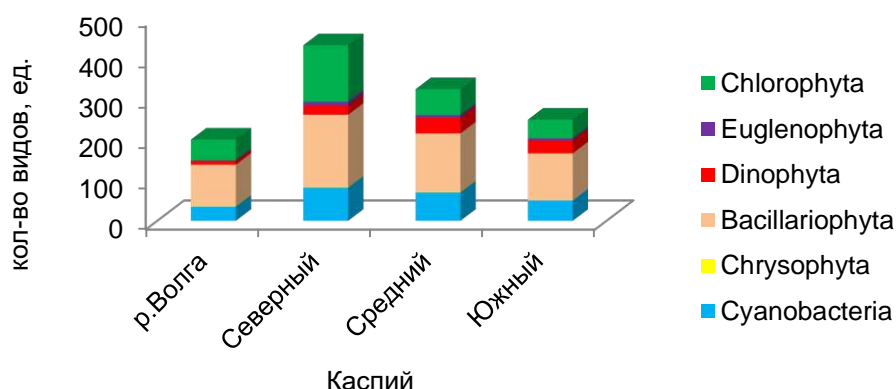
Материал и методика

Оценка связи между разнообразием фитопланктона осуществлялась по летним данным, полученным в 2018-2021 гг. в районе коренного русла р. Волги от с. Дубовка до тони 11-я Огневка (взморье). Используются мно-

голетние материалы по летнему фитопланктону Северного (1982-2021 гг.), Среднего (1974-2021 гг.) и Южного (1978-2015 гг.) Каспия.

Результаты и обсуждение

Летом при высокой температуре воды в реке (до 24 °С) наблюдается увеличение биоразнообразия фитопланктона. Так, за весь период исследования в коренном русле р. Волги было встречено 200 видов рангом ниже рода (см. рисунок). Основу флористического состава определяют диатомовые микроводоросли (51 % от общего состава фитоценоза), главным образом виды пресноводного происхождения. Необходимо отметить, что в реке стала появляться морская микроводоросль *Pseudosolenia calcar-avis*, которая вегетирует в больших количествах в более соленых районах Каспийского моря. Если в 2018-2020 гг. она встречалась единичными экземплярами в отдельных районах исследования, то в 2021 г. она отмечалась в больших количествах от села Дубовка до села Замьяны. Обнаружение этого вида в реке может быть рассмотрено как исключительно случайное. Среди диатомовых микроводорослей доминировали, как и в прошлые годы (Волошко, 1969; Егоров, Ивлиева, Мироненко, 2006), *Aulacoseira granulata*, *Diatoma elongatum*, *Skeletonema subsalsum*, виды рода *Stephanodiscus*.



Таксономическое разнообразие фитопланктона р. Волги и Каспийского моря

Затем по мере значимости располагаются зеленые (26 %) микроводоросли. Довольно часто встречаются такие виды, как *Binuclearia lauterbornii*, *Actinastrum hantzschii*, виды родов *Ankistrodesmus*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*.

Синезеленые микроводоросли, на долю которых приходится 18 %, интенсивно вегетируют в августе, в период наибольшего прогрева воды. Представлены они только видами пресноводного происхождения. В боль-

ших количествах встречаются виды родов *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon flos-aquae*.

Остальные группы микроводорослей (эвгленовые и золотистые) наблюдаются в малых количествах (2 и 1 вид).

Каспийское море обычно делят на три части: Северный, Средний и Южный Каспий, резко отличающихся между собой глубинами, соленостью, температурным режимом.

Бурное развитие фитопланктона в Каспийском море отмечается в летнее время, особенно в северной части моря. Здесь летний биологический сезон самый продолжительный. Температура воды достигает 26-27 °С, местами – 30 °С. Высокие температуры воды, наличие света при достаточном количестве биогенных элементов обуславливают интенсивную вегетацию летнего фитопланктона. Так, в летний период количество фитопланктона достигло 432 таксона.

Доминируют в структурном составе растительного планктона диатомовые микроводоросли (41 % от общего состава), которые представлены всеми экологическими группами, но основную часть (55 %) составляют пресноводные и солоноватоводно-пресноводные виды. На долю солоноватоводных приходится 23 %, на долю морских – 16 %. Среди диатомовых водорослей преобладают виды *A. granulata*, *Fragilaria construens*, *Cyclotella meneghiniana*, виды родов *Navicula*, *Nitzschia*.

Зеленые микроводоросли, занимающие второе место по качественному разнообразию (в основном пресноводные по происхождению виды, 98 % числа видов данной группы), приурочены к опресненным участкам моря. Среди них доминируют виды родов *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Mougeotia* sp., *Dictyosphaerium pulchellum*.

Синезеленые микроводоросли значительно уступают по числу видов диатомовым и отчасти зеленым водорослям. Представлены они всеми экологическими группами, кроме видов морского происхождения. Основная часть приходится на пресноводные (45 %) и солоноватоводно-пресноводные (35 %) формы. Самыми малочисленными являются солоноватоводные (9 %) виды. Формируют качественное разнообразие виды родов *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*.

Видовой состав динофитовых микроводорослей не отличается большим разнообразием видов по сравнению с предыдущими группами микроводорослей. На долю динофитовых микроводорослей приходится всего лишь 5 % от общего состава. Они представлены в основном морскими и солоноватоводными формами, населяющими глубинные участки моря.

В составе золотистых и эвгленовых микроводорослей идентифицировано соответственно 1 и 9 видов, которые встречаются редко, единич-

ными экземплярами. Роль их в формировании биологической продуктивности Северного Каспия ничтожна.

Летний биологический сезон в Среднем Каспии начинается в конце мая и длится до середины или конца сентября, когда температура воды держится на уровне 24-29 °С. Переход к нему происходит путем постепенного выпадения из него доминантов весеннего и появления видов летнего комплекса. Ведущую роль в фитопланктоне Среднего Каспия в летний период играют диатомовые микроводоросли, на долю которых приходится 45 % от общего состава. Представлены они всеми экологическими комплексами, с преобладанием видов морского происхождения. Начиная с 1990 г. в фитопланктоне западного района Среднего Каспия стали преобладать мелкоклеточные формы микроводорослей (виды родов *Stephanodiscus*, *Chaetoceros*, *Fragilaria*, *Nitzschia*). В восточном районе моря вегетируют преимущественно виды-вселенцы *P. calcar-avis*, *Cerataulina Bergonii*, *N. seriata*.

На втором месте по качественному разнообразию стоят синезеленые (пресноводные и солоноватоводно-пресноводные) микроводоросли. Наиболее часто встречающимися формами стали *A. flos-aquae*, виды родов *Anabaena*, *Oscillatoria*

Зеленые микроводоросли, в основном пресноводного происхождения, приурочены к прибрежным участкам северо-западного района Среднего Каспия, находящегося под постоянным влиянием волжского стока. Лишь солоноватоводно-пресноводный вид *B. lauterbornii* населяет всю акваторию средней части Каспийского моря.

Динофитовые, главным образом морские микроводоросли, распространяются по акватории Среднего Каспия более равномерно. Постоянное их присутствие в планктоне и та роль, которую они играют в питании беспозвоночных животных, говорят об их большой значимости в создании биологической продуктивности Каспийского моря. Представители этой группы – *Prorocentrum cordatum*, *P. scutellum*, виды родов *Goniaulax*, *Glenodinium* – входят в основную пищу зоопланктонных организмов.

Наибольшее разнообразие в фитопланктоне отмечается в августе, особенно в его северной части, подверженной влиянию фитопланктона Северного Каспия, многие виды из которого проникают в Средний Каспий (Прошкина-Лавренко, Макарова, 1968).

В альгофлоре Южного Каспия за все время наблюдений насчитывается 249 видов, разновидностей и форм микроводорослей. Ведущее положение по числу видов занимают диатомовые микроводоросли (47 % общего состава). Причина такого преобладания – их широкая эвритермность и эвригалинность. Они представлены всеми экологическими группами, но наиболее разнообразными были солоноватоводно-пресноводные и морские

формы. Во все годы исследования в фитопланктоне постоянно встречаются 16 видов микроводорослей. Это *P. calcar-avis*, виды родов *Chaetoceros*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Aulacoseira*, *Skeletonema*, а начиная с 2000 г. – виды-вселенцы *N. seriata*, *C. Bergonii*, *Chaetoceros pendulus*.

Достаточно большое видовое разнообразие установлено для синезеленых (20 %) микроводорослей. По экологической приуроченности наиболее многочисленны солоноватоводно-пресноводные виды. В рассматриваемом таксоне наиболее широко представлен род *Oscillatoria*. В начале текущего столетия заметно выросло число пресноводных форм родов *Anabaenopsis*, *Gloeocapsa*, *Merismopedia*, *Gomphosphaeria*.

На третьем месте по качественному разнообразию располагаются зеленые (18 %) водоросли. Практически все виды этой группы являются пресноводными формами, за исключением солоноватоводно-пресноводной *B. lauterbornii* и *B. lauterbornii* v. *crassa*. Наибольшее число видов отмечалось у рода *Pediastrum*.

Динофитовые микроводоросли составляют 13 % от общего состава фитопланктона. В основном виды данной группы формируют морскую экологическую группу микроводорослей.

Самые малочисленные по числу видов – эвгленовые микроводоросли (2 %).

Заключение

Качественный состав фитопланктона Нижней Волги значительно уступает таковому Каспийского моря, особенно состав фитопланктона его северной части. Видовое разнообразие фитопланктона Каспия в летний период уменьшается с севера на юг за счет выпадения пресноводных форм. Доля морских видов увеличивается от 8 % в северной до 16 и 27 % в средней и южной частях моря. Формируют качественное разнообразие на всей акватории исследования диатомовые микроводоросли. Доминирующий состав этой группы в районе Нижней Волги и северной части Каспийского моря практически одинаковый. С продвижением на юг преобладающий состав меняется. В современный период в формировании качественной структуры фитопланктона Северного и Среднего Каспия наметилась межгодовая стабильность видового разнообразия и соотношения экологических групп.

Список использованной литературы

Ардабьева, А.Г. Характеристика видового состава фитопланктона Северного Каспия в летний период / А.Г. Ардабьева // Материалы XX

Юбилейной Междунар. науч. конф. «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России», посвящ. памяти Г.М. Абдурахманова (г. Махачкала, 6-8 ноября 2018 г.). – Махачкала: Тип. ИПЭ РД, 2018. – С. 544-547.

Бабаев, Г.Б. Состав и распределение фитопланктона в Среднем и Южном Каспии / Г.Б. Бабаев // Биология Среднего и Южного Каспия. – М.: Наука, 1968. – С. 28-50.

Волошко, Л.Н. Фитопланктон реки Волги и некоторых основных рукавов ее дельты / Л.Н. Волошко // Гидробиологический журнал. – 1969. – Т.5, № 2. – С. 32-39.

Егоров, С.Н. Состояние планктонных сообществ основного русла р. Волги (от г. Волгограда до с. Замьяны) в весенне-летний период 2005 г. / С.Н. Егоров, Л.М. Ивлиева, О.Е. Мироненко // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. – Астрахань, 2006. – С. 39-44.

Зими́на, Т.Н. Особенности развития фитопланктона Среднего Каспия в летний период / Т.Н. Зими́на, А.Г. Ардабьева, В. Котельников // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. – 2021. – № 3. – С. 28-34 (электронный ресурс).

Каспийское море: Фауна и биологическая продуктивность; Отв. ред. Е.А. Яблонская. – М.: Наука, 1985. – 276 с.

Лебедев, Н.Н. Наблюдения над планктоном дельты р. Волги летом 1907 г. / Н.Н. Лебедев // Тр. Ихтиол. лаборатории. – Астрахань, 1909. – Т.1. – С. 45-49.

Прошкина-Лавренко, А.И. Водоросли планктона Каспийского моря / А.И. Прошкина-Лавренко, И.В. Макарова. – Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1968. – 291 с.

Смирнова, Л.И. О фитопланктоне Среднего Каспия / Л.И. Смирнова // Труды ин-та океанологии АН СССР. – 1949. – Т. 3. – С. 260-276.

Татаринцева, Т.А. Формирование фитопланктонных сообществ Среднего и Южного Каспия в летний период / Т.А. Татаринцева, О.В. Терлецкая // Сб. статей по материалам междунар. научно-практ. конф. «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018» (24-27 сентября 2018 г.) – Севастополь: СевГУ, 2018. – С. 1139-1143.

Терлецкая, О.В. Многолетние изменения фитопланктона Южного Каспия в период трансгрессии уровня моря: специальность 03.00.16 «Экология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / О.В. Терлецкая. – Махачкала, 2006. – 24 с.

Усачев, П.И. Количественная методика сбора и обработки фитопланктона / П.И. Усачев // Тр. ВГБО АН СССР. – 1961. – Т. 11. – С. 411-415.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОМЫСЛА В РАЗНЫХ РАЙОНАХ АТЛАНТИКИ

А.Г. Архипов

*Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»),
г. Калининград*

Атлантический филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («АтлантНИРО») – один из ведущих государственных бассейновых научных центров России по изучению водных биологических ресурсов (далее – ВБР). Важная область деятельности АтлантНИРО – комплексное изучение ВБР и среды их обитания, разработка мер по сохранению водных биоресурсов в районах действия международных и межгосударственных договоров Российской Федерации в области рыболовства и сохранения ВБР Атлантики. Основные океанические районы исследований института охватывают акваторию Атлантического океана южнее 50° с.ш., включая его антарктическую часть. Районы Северо-Западной и Северо-Восточной Атлантики исследуются нашим филиалом совместно с коллегами из Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича).

Цель настоящей работы – провести анализ современного состояния водных биологических ресурсов в океанических районах исследований «АтлантНИРО» в Атлантике и оценить перспективы добычи ВБР отечественным рыбопромысловым флотом в этих районах.

Для управления запасами основных промысловых рыб промысловые районы для всех океанов, в том числе – семь для Атлантического океана (рис. 1), были определены Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО ООН) Для сохранения живых морских ресурсов для большинства районов Атлантики подготовлены и подписаны международные правовые акты, созданы международные рыболовные организации: комиссии, научные советы, комитеты и др. Во всех принятых международных правовых актах в области рыболовства большое внимание уделялось морским научным исследованиям. Береговые и промышляющие в открытых океанических водах государства обязались принимать меры для устойчивой поддержки рыбных трансграничных запасов и запасов далеко мигрирующих рыб, поощрять их оптимальное использование. При этом должны использоваться достоверные научные данные (Саускан, Архипов, Осадчий, 2020а, б).

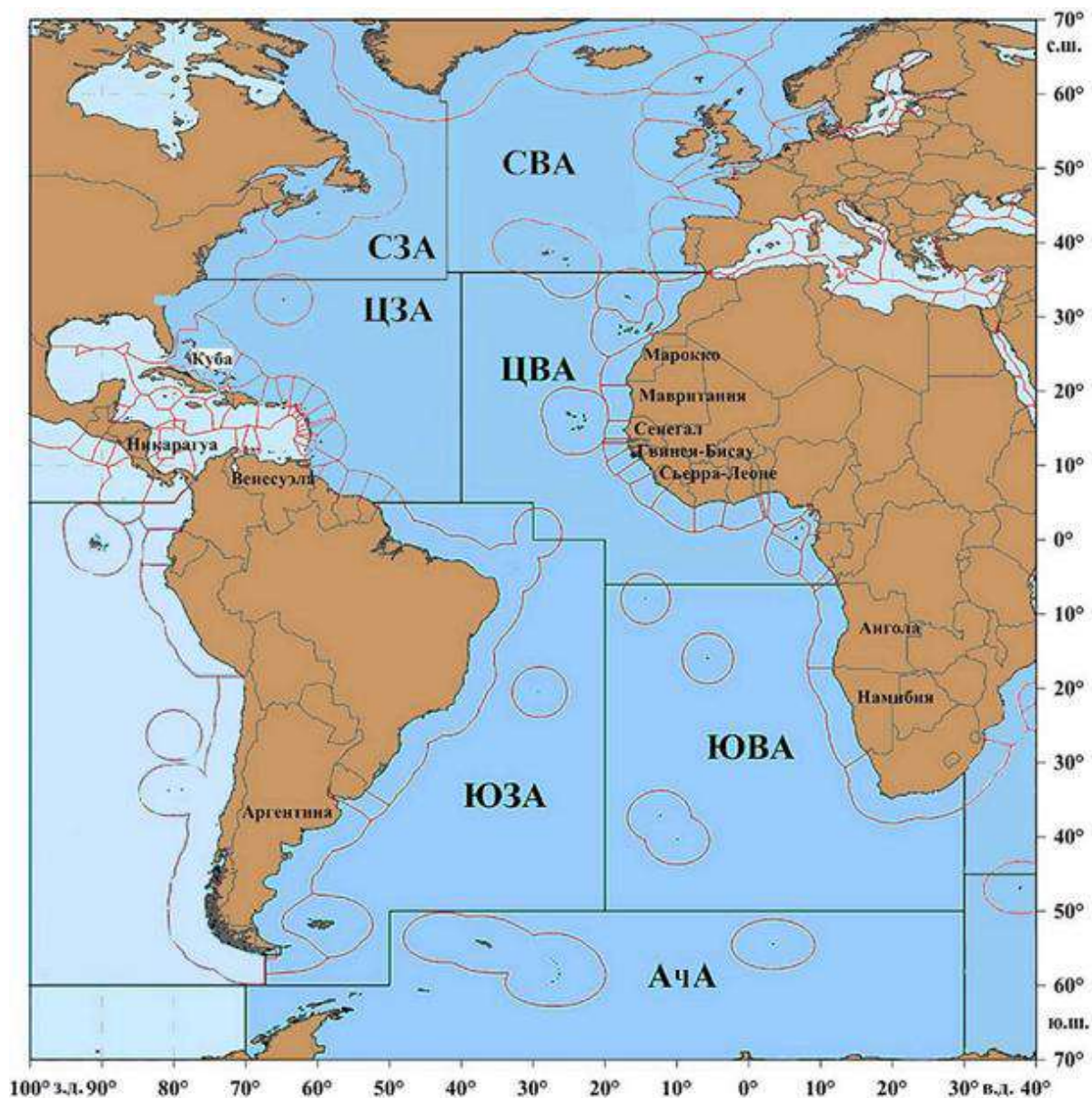


Рис. 1. Промысловые районы Атлантического океана: СЗА – Северо-Западная Атлантика; СВА – Северо-Восточная Атлантика; ЦЗА – Центрально-Западная Атлантика; ЦВА – Центрально-Восточная Атлантика; ЮЗА – Юго-Западная Атлантика; ЮВА – Юго-Восточная Атлантика, АЧА – Антарктическая часть Атлантики

На всех этапах создания международной правовой базы по сохранению живых ресурсов Мирового океана и изучения их состояния принимали и принимают активное участие советские/российские ученые и специалисты. Благодаря проведению нашей страной крупномасштабных научно-исследовательских работ, в первую очередь в Атлантическом океане, были разработаны и приняты меры, направленные на долгосрочное и устойчивое использование запасов наиболее ценных видов водных биоресурсов Атлантики. Деятельность международных комиссий по рыболовству в большинстве конвенционных районов Атлантики

практически до конца XX века основывалась на результатах экспедиционных исследований советского научного флота. Это позволило обеспечить рыбохозяйственные интересы нашей страны в этой части Мирового океана, создать надежные условия работы для рыбодобывающего флота. В настоящее время рыбохозяйственные исследования в Атлантике продолжаются, но в меньшем объеме. Колебания выловов водных биоресурсов всеми странами и России в Атлантическом океане (включая Норвежское и Баренцево моря) за последние годы имели близкие тенденции (рис. 2). Мировой вылов был довольно стабильным и изменялся в пределах 19,1-21,7 млн т, вылов России варьировал в пределах от 1,14 до 1,49 млн т (Статистические данные мирового..., 2016; 2021).

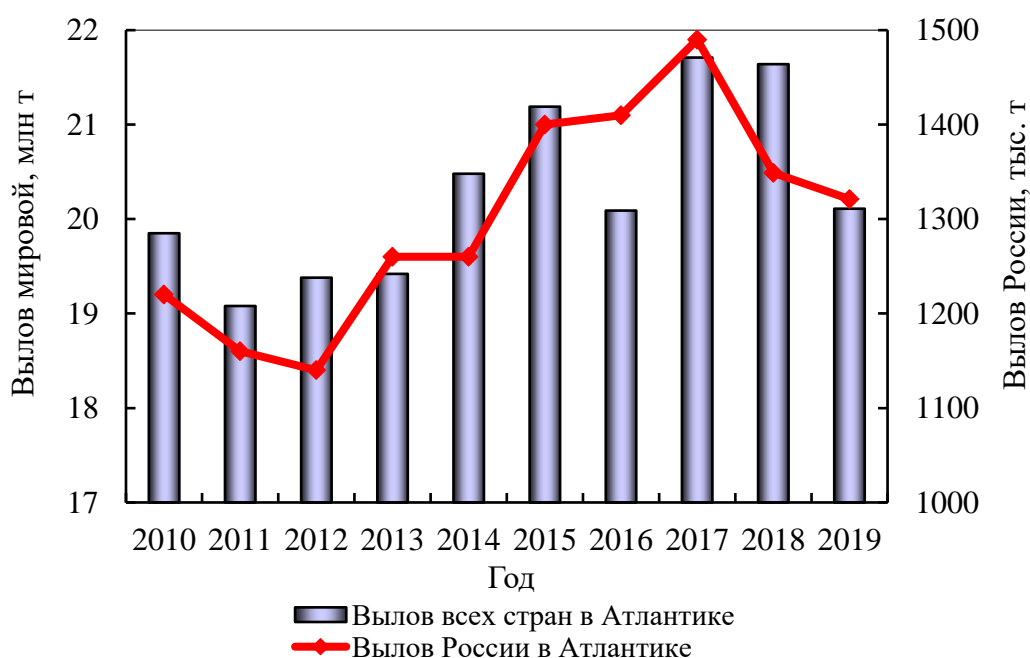


Рис. 2. Мировой вылов водных биоресурсов и вылов Россией в Атлантическом океане (2010-2019 гг.)

Рассмотрим направления отечественных исследований по оценке запасов и объемы вылова ВБР за последние годы.

Северо-Западная Атлантика (СЗА). Исследования и промысел биоресурсов координируется Организацией по рыболовству в Северо-Западной части Атлантического океана (НАФО). Российские специалисты ведут мониторинг отечественного промысла и периодически участвуют в съемках по оценке запасов морских окуней. Суммарный ежегодный вылов ВБР всеми странами, ведущими промысел в этом районе, колеблется в пределах 1,8-2,1 млн т. Вылов России составляет примерно 6-13 тыс. т. Для

российского промысла в СЗА наибольшее значение имеют морской окунь, гренландский палтус и берикс. Общий объем выделяемых России квот в последние годы составлял до 20 тыс. т (без квоты на вылов пелагического окуня, этот ресурс распределялся совместно для СЗА и СВА) (Саускан, Архипов, Осадчий, 2018; Бандурин, Архипов, 2019; Статистические данные мирового..., 2016; 2021).

Северо-Восточная Атлантика (СВА). В регионе осуществляются научные исследования и весьма действенный мониторинг промысла по межправительственным соглашениям для международных региональных организаций. Как и в СЗА, отечественные специалисты ведут мониторинг российского промысла и участвуют в международных съемках по оценке запасов морских окуней. Возможный вылов ВБР в открытых водах распределяется между странами-участницами Комиссии по рыболовству в Северо-Восточной Атлантике (НЕАФК). Ежегодные суммарные мировые уловы водных биоресурсов здесь в последние десять лет держались на уровне 8-9 млн т. Сырьевая база российского рыболовства в СВА представлена в основном пелагическими видами – путассу, пикшей и морскими окунями. Всего (без уловов в Баренцевом и Норвежском морях) в СВА Россия может добывать до 80-110 тыс. т (в 2019 г. было добыто 110,9 тыс. т) (Саускан, Архипов, Осадчий, 2018; Бандурин, Архипов, 2019; Статистические данные мирового..., 2016; 2021).

Центрально-Восточная Атлантика (ЦВА). Мониторинг промысла в ЦВА осуществляется Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО). Российские специалисты из «АтлантНИРО» ведут мониторинг отечественного промысла и выполняют практически ежегодные съемки по оценке пополнения массовых пелагических рыб. Суммарный вылов ВБР всеми странами, ведущими промысел в этом районе, в последние годы был довольно устойчивым и колебался в пределах 4,2-5,1 млн т. Основа сырьевой базы промысла в ЦВА – запасы европейской сардины, европейской и западноафриканской ставриды, каранкса, круглой и плоской сардинеллы, восточной скумбрии и некоторых других видов. Нарращивание вылова возможно за счет сардины, у которой численность популяций остается на стабильном уровне, и скумбрии. ЦВА является традиционным районом отечественного рыбного промысла. В настоящее время вылов России в ЦВА (в исключительных экономических зонах иностранных государств) находится на уровне 140-240 тыс. т/год; ежегодный вылов России (по межправительственным соглашениям, там же) возможен в объеме 250-260 тыс. т (Саускан, Архипов, Осадчий, 2018; Бандурин, Архипов, 2019; Статистические данные мирового..., 2016; 2021).

Центрально-Западная Атлантика (ЦЗА). Биологические ресурсы ЦЗА представлены пелагическими (ставрида, сельдь, сардинелла, тунцы, марлины, меч-рыбы, макрели, скумбрия, акулы) и демерсальными (мероу, лутьяны, спаровые, пристипомовые, кефали, морской налим, акулы, скаты и др.) рыбами, а также беспозвоночными (креветки, крабы, лангусты, кальмары, двустворчатые и брюхоногие моллюски). Ежегодный мировой улов в этом районе колеблется в пределах 1,2-1,5 млн т. После 1991 г. российский рыбодобывающий флот в ЦЗА не работал. Исследований запасов ВБР отечественными специалистами также не проводилось. Анализируется статистика промысла из доступных международных источников (Статистические данные мирового..., 2016; 2021).

Юго-Восточная Атлантика (ЮВА). В настоящее время страны региона самостоятельно регулируют эксплуатацию запасов, координируя усилия в рамках учрежденной ими Комиссии Бенгельского течения. Запасы основных промысловых объектов этого района – ставриды, сардинеллы и хеков – находятся в удовлетворительном состоянии. Суммарные уловы водных биоресурсов в ЮВА варьировали в пределах 1,3-1,7 млн т в последние годы. Исследований запасов ВБР российскими специалистами в последние десятилетия в этом районе не проводилось. Анализируется статистика промысла, взятая из доступных международных источников (Статистические данные мирового..., 2016; 2021); в последние годы в ЮВА Россия по согласованию с предприятиями Анголы и Намибии добывала максимально до 60 тыс. т рыбы (в 2017 г.) После 2018 г. суда под российским флагом промысел в ЮВА не ведут. Ежегодно в ЮВА Россия в совместных с прибрежными странами проектах может добывать 250-260 тыс. т рыбы (Саускан, Архипов, Осадчий, 2018; Бандурин, Архипов, 2019).

Юго-Западная Атлантика (ЮЗА) – один из важных районов мирового рыболовства. Ежегодные суммарные уловы морепродуктов в последнее десятилетие находились на уровне 1,6-2,4 млн т. Промысел биоресурсов в ЮЗА в настоящее время проходит стабильно, с выловом, близким к 2 млн т. Выловы выше этой величины, как правило, получают лишь в годы очень высоких уловов аргентинского кальмара. Во многом именно колебания запасов этого объекта вылова определяют изменчивость величины общих уловов водных биоресурсов в этом районе. Исследований запасов ВБР отечественными специалистами и российского промысла в последние годы в ЮЗА не проводилось. Анализируется статистика промысла из доступных международных источников (Статистические данные мирового..., 2016; 2021). Суммарный вылов России в этом районе, в основном – за счет добычи кальмара, может составить около 40 тыс. т (Саускан, Архипов, Осадчий, 2018; Бандурин, Архипов, 2019).

Антарктическая часть Атлантики (АЧА). Регулированием добычи и охраной водных биоресурсов АЧА занимается Комиссия стран участниц Конвенции по сохранению морских живых ресурсов Антарктики (АНТКОМ). Антарктический криль является главным промысловым ресурсом в водах так называемого Южного океана. По сочетанию потенциала вылова и потребительских свойств антарктический криль на сегодняшний день – крупнейший и самый перспективный ресурс Мирового океана. Кроме того, в АЧА ведется промысел клыкачей и ледяной рыбы. Динамика общего вылова промысловых гидробионтов АЧА (в первую очередь криля) изменялась в пределах 0,16-0,30 млн т. Весь современный промысел криля сосредоточен в Антарктической части Атлантики. Общая биомасса криля в АЧА оценивается значением 60,1 млн т, величина общего допустимого вылова установлена на уровне 5,61 млн т при временном ограничении на вылов в 620 тыс. т. Отечественные специалисты активно участвуют в международных съемках, оценивающих запас антарктического криля. Российские комплексные ресурсные исследования криля в АЧА после 20-летнего перерыва были возобновлены в рейсе СТМ «Атлантида», организованном «АтлантНИРО» и «ВНИРО», в декабре 2019 г. – марте 2020 г. В ходе экспедиции выполнена акустическая съемка, сопровождавшаяся комплексом экосистемных работ по изучению биологии антарктического криля и среды его обитания (океанологические, гидрометеорологические и гидрохимические работы, сбор и анализ данных о биопродуктивности вод – хлорофилл, первичная продукция, фито-, зоо- и ихтиопланктон). Регулярно анализируется оценка промысла, собранная и опубликованная в доступных международных источниках (Статистические данные мирового..., 2016; 2021). Ежегодно Россия может добывать в АЧА около 300 тыс. т криля (Саускан, Архипов, Осадчий, 2018; Бандурин, Архипов, 2019; Касаткина, Абрамов, Сысоев, 2021).

Океаническое рыболовство – одно из главных звеньев российского рыбного хозяйства, требующее комплексного и устойчивого научного обеспечения; важные слагаемые такового – прогнозы состояния сырьевой базы, особенностей распределения и поведения объектов промысла и мониторинг состояния океанических экосистем в реальном масштабе времени. «АтлантНИРО» – один из бассейновых рыбохозяйственных институтов нашей страны, ведущих такой мониторинг и разрабатывающих прогнозы состояния сырьевой базы ВБР различной заблаговременности.

Главная задача для нашей страны в исследованиях и добыче водных биоресурсов Атлантического океана в современных условиях состоит в защите интересов на международном уровне оптимального российского рыболовства. Это возможно путем оценки на строгой научной основе водных

биологических ресурсов и разработки рекомендаций по их рациональному использованию, соблюдения требований международных конвенций и двусторонних договоров.

Расширение сотрудничества в первую очередь со странами Западной Африки (район ЦВА) и организация промысла криля в АЧА позволят создать новые возможности для сохранения и увеличения объемов добычи живых ресурсов в Атлантическом океане.

Всего в океанических районах Атлантики, судя по имеющимся научным данным и статистике промысла, отечественным флотом ежегодно без ущерба океанической экосистеме может добываться около 1 млн т ВБР. Следует также иметь в виду, что существует перспективный резерв – возможный промысел антарктического криля до 5,6 млн т ежегодно.

Список использованной литературы

Бандурин, К.В. Современное состояние и перспективы развития российского промысла водных биоресурсов в океанических районах исследований АтлантНИРО / К.В. Бандурин, А.Г. Архипов // Труды АтлантНИРО. – 2019 – Т. 3, № 2 (8). – С. 5-14.

Касаткина, С.М. Биомасса и распределение антарктического криля в антарктической части атлантики в январе-феврале 2020 года / С.М. Касаткина, А.М. Абрамов, М.Ю. Соколов // Труды АтлантНИРО. – 2021. – Т. 5, № 2 (12). – С. 49-61.

Саускан, В.И. О современном состоянии и перспективах развития российского промысла водных биоресурсов в Атлантическом океане и южной части Тихого океана / В.И. Саускан, А.Г. Архипов, В.М. Осадчий // Рыбное хозяйство. – 2018. – № 5. – С. 7-11.

Саускан, В.И. О роли и задачах отечественной рыбохозяйственной науки в развитии океанического рыболовства / В.И. Саускан, А.Г. Архипов, В.М. Осадчий // Рыбное хозяйство. – 2020а. – № 2. – С. 18-23.

Саускан В.И. Современные проблемы устойчивого развития рыбохозяйственного сектора экономики России и пути их решения / В.И. Саускан, А.Г. Архипов, В.М. Осадчий // Рыбное хозяйство. – № 6, 2020б. – С. 67-72.

Статистические данные мирового рыболовства и аквакультуры. Годовой свод. – 2014. / ФАО. – Рим, 2020. – 77 с.

Статистические данные мирового рыболовства и аквакультуры. Годовой свод. – 2018 / ФАО. – Рим, 2021. – 82 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОТЕОМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОСМОТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ БЕЛКОВ ПЛАЗМЫ АТЛАНТИЧЕСКОЙ ТРЕСКИ *GADUS MORHUA*

**З.М. Базарова, И.Ю. Торопыгин, А.С. Васильев,
Д.В. Гарина, А.М. Андреева**
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
Ярославская обл, пос. Борок

Костистые рыбы (Teleostei) являются модельным таксоном, на примере которого можно наблюдать события появления, «расширения» и «сужения» состава многих мультигенных семейств, а также утраты генов под влиянием, предположительно, третьей полногеномной дупликации, из всех позвоночных коснувшейся только Teleostei. Примером утраты гена может служить потеря альбумина у карповых рыб. Среди костистых альбумином обладают только лососеобразные Salmoniformes (Andreeva, 2021). Для Teleostei масштабы потери данного белка не установлены. Остается невыясненным вопрос и о том, как обходятся рыбы без альбумина, обеспечивающего гомеостатические функции транспорта и создания коллоидно-осмотического давления у позвоночных.

Цель исследования – идентифицировать белки в составе осмотически активной белковой фракции плазмы крови у вида с секвенированным геномом – атлантической трески *Gadus morhua*, относящейся к отряду трескообразных (Gadiformes) из группы костистых рыб. Использовались методы протеомного анализа – электрофорез и масс-спектрометрия MALDI.

Для работы использовали плазму крови атлантической трески, собранной в летний период в районе мыса Картеш, Белое море.

Белки плазмы крови разделяли методом диск-электрофореза в 7,5 %-ном полиакриламидном геле (далее – PAG) (Gaal, Medgyesi, Vereczkey, 1980). Для приготовления разделяющего и концентрирующего PAG использовали трис-HCl буфер с pH 8,9 и 6,9 соответственно. В лунки концентрирующего PAG вносили 1,5-2 мкл исследуемой жидкости (6-8 мкг белка), разведенной тем же количеством 40%-ного раствора сахарозы. Осмотически активную фракцию на электрофореграмме выявляли в анодной области диск-Е относительно трансферрина, определяя таким образом ее границы в 2D-Е. Для двумерного электрофореза использовали диск-Е (первое направление) и в 12,5 % SDS-PAGE (восстанавливающие условия) (второе направление) (Laemmli, 1970). После электрофореза в неденатурирующих условиях гели фиксировали 10%-ной трихлоруксусной кислотой и после отмывания окрашивали 0,01%-ным раствором Coomassie

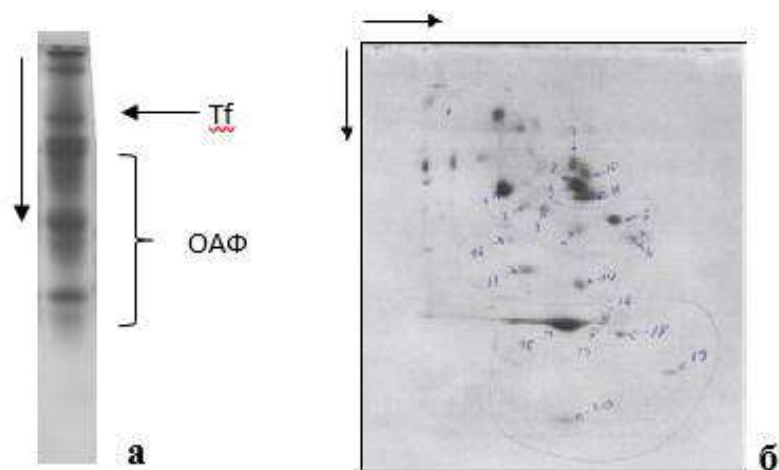
R-250, приготовленным на смеси этанола, уксусной кислоты и воды в соотношении 10:1:30. После Ds-Na-электрофореза гели фиксировали 70 %-ным изопропиловым спиртом и далее окрашивали 0,04 %-ным раствором Coomassie R-250 на смеси изопропанола, этанола, уксусной кислоты и воды в соотношении 2:1:1:6. В качестве маркеров молекулярной массы Mr использовали PageRuler™ Prestained Protein Ladder Plus (11, 17, 28, 36, 55, 72, 95, 130, 250 kDa) (Fermentas, USA). Величины Mr белков и их электрофоретической подвижности Rf в PAGE определяли с помощью программного пакета ONE-Dscan, Ver 1.31 (Scananalytic Inc.).

Пробоподготовку белков для MALDI проводили по нижеследующему протоколу.

Кусочек геля, содержащего белок, дважды промывали для удаления красителя путем инкубации в 100 мкл 40 %-ного раствора ацетонитрила в 0,1 М NH_4HCO_3 в течение 20 мин при 37 °С. После удаления раствора для дегидратации геля добавляли по 100 мкл ацетонитрила. Удалив ацетонитрил и высушив кусочек геля, прибавляли к нему 4 мкл раствора модифицированного трипсина (Promega) в 0,05 М NH_4HCO_3 в концентрации 15 мкг/мл. Гидролиз проводили в течение 4 ч при 40 °С, затем к раствору добавляли 7 мкл 0,5 % трифторуксусной кислоты в 10%-ном растворе водного ацетонитрила и тщательно перемешивали. Надгелевый раствор использовали для получения масс-спектров. Масс-спектры (ms) получали на тандемном MALDI- времяпролетном масс-спектрометре Ultraflex II BRUKER (Германия), оснащенном УФ лазером (Nd) в режиме положительных ионов в линейной моде, с использованием рефлектрона и в тандемном режиме; обрабатывали с помощью программного пакета FlexAnalysis 2.4 (Bruker Daltonics, Германия). В программе Mascot (опция «пептидный фингерпринт») проводили поиск в базе данных Национального центра биотехнологической информации среди белков всех организмов. При необходимости получали спектры фрагментации ms/ms отдельных пептидов в тандемном режиме. С помощью ПО Biotools 3.0 (Bruker Daltonics, Германия) проводили поиск по ms/ms. Точность измерения масс была не хуже 70 м. д. (ppm); допускался неполный гидролиз (вплоть до двух потенциальных участков гидролиза) трипсином.

Результаты разделения белков плазмы трески в электрофорезе показаны на рисунке.

В диск-электрофорезе в анодной (относительно трансферрина) зоне подвижности было выявлено девять осмотически активных белков (далее – ОАБ), на которые приходится более половины общего белка плазмы (около 54,5 %). Разделение белков в 2D-SDS-электрофорезе расширило количество ОАБ до 20. Среди них идентифицированы 16 белков, альбумина не обнаружено.



Диск-электрофорез (а) и рабочая протеомная карта 2D-SDS-электрофорез (б) белков плазмы крови трески; стрелки указывают направление электрофореза, Tf – навигатор на электрофореграмме

Идентификация трансферрина и белков в составе осмотически активной фракции плазмы крови трески

Кандидатный белок	Mascot Search Results	Mr calc, Da	Score	Coverage, %
serotransferrin [Gadus morhua]	XP_030218894.1	73516	280	49
alpha-2-HS-glycoprotein-like [Gadus morhua]	XP_030228808.1	32309	95	11
beta-Ala-His dipeptidase-like isoform X1 [Lepisosteus oculatus]	XP_015212653.1	54227	128	5
stonustoxin subunit beta-like [Gadus morhua]	XP_030206226.1	28266	102	3
alpha-1-antitrypsin homolog [Gadus morhua]	XP_030201052.1	47082	173	20
uncharacterized protein LOC115535473 isoform X1 [Gadus morhua]	XP_030202587.1	24923	64	1(1)
fetuin-B-like [Gadus morhua]	XP_030228824.1	53059	96	13
hemopexin-like [Gadus morhua]	XP_030199795.1	48611	194	26
hemopexin-like [Gadus morhua]	XP_030199795.1	48611	149	19
hemopexin-like [Gadus morhua]	XP_030210065.1	47494	140	15
myosin heavy chain, fast skeletal muscle-like [Anabas testudineus]	XP_026220654.1	222030	88	24
myosin heavy chain, fast skeletal muscle-like [Notolabrus celidotus]	XP_034540808.1	221203	81	20
apolipoprotein A-I-2-like [Gadus morhua]	XP_030236469.1	29769	260	28
apolipoprotein A-I-2-like [Gadus morhua]	XP_030236469.1	29769	232	20
apolipoprotein A-I-like [Gadus morhua]	XP_030216412.1	27807	129	11
apolipoprotein A-IV-like [Gadus morhua]	XP_030203246.1	28610	182	18
Coactosin-like protein [Channa argus]	KAF3689264.1	16060	75	8

Полученные результаты, приведенные в таблице, очевидно, указывают на множественность ОАБ плазмы трески и отсутствие среди них альбумина.

Среди идентифицированных ОАБ имеются как внеклеточные (гемопексин, аполипопротеины, ингибиторы протеиназ), так и внутриклеточные белки, например, тяжелая цепь миозина. Все они выполняют в организме разные функции, не имеющие отношения к осмотической. Например, в составе липопротеиновых частиц аполипопротеины выполняют функции кофактора лецитинхолестерин-ацилтрансферазы (LCAT, КФ 2.3.1.43), а также лиганда для связывания с клеточными рецепторами и структурной основы липопротеиновых частиц; гемопексины — функцию связывания железа; миозин является основным структурным элементом сократительной системы мышц и т. д. (Teramoto, 1994; Vaisar, 2012; Andreeva, 2019).

У млекопитающих около 80 % осмотической активности плазмы создает альбумин, относящийся к так называемым «истинным» белкам плазмы, то есть к белкам, выполняющим в системе кровообращения специфические функции. Для альбумина одной из таких функций является осмотическая. Между тем, у трески в создании осмотической активности плазмы участвуют и так называемые «транзитные» белки плазмы. К ним относят внутриклеточные белки, попавшие в кровоток при разрушении клеток. Представителем этой группы белков является тяжелая цепь миозина или коактозин-подобный белок, участвующий в стабилизации актинового цитоскелета (см. таблицу).

Полученные результаты подтверждают положения «безальбуминовой» гипотезы капиллярного обмена у рыб (Andreeva, 2020), которая предлагает рассматривать множественные (истинные и транзитные) осмотически активные белки плазмы как факторы поддержания коллоидно-осмотического давления в плазме рыб, лишенных альбумина.

Список использованной литературы

Andreeva, A.M. The Strategies of Organization of the Fish Plasma Proteome: with and without Albumin / A.M. Andreeva // *Russian Journal of Marine Biology*. – 2019. – Vol. 45(4). – P. 263-274.

Andreeva, A.M. Structural Organization of Plasma Proteins as a Factor of Capillary Filtration in Pisces / A.M. Andreeva // *Inland Water Biology*. – 2020. – Vol. 13, № 4. – P. 671-680.

Andreeva, A.M. Organization and Function of Osmotically Active Fraction of Fish (Pisces) Plasma Proteome / A.M. Andreeva // *Inland Water Biology*. – 2021. – Vol. 14(4). – P. 449–460.

Gaal, O. Electrophoresis in the Separation of Biological Macromolecules / O. Gaal, G. Medgyesi, L. Vereczkey. – Budapest : Akadémia Kiadó. – 1980. – 422 p.

Laemmli, U.K. Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4 / U.K. Laemmli // Nature. – 1970. – Vol. 227. – P. 680-685.

Teramoto, T. Structure and function of apolipoproteins / T. Teramoto // Nihon Rinsho. – 1994. – Vol. 52, №12. – P. 3100-3107.

Vaisar, T. Proteomics investigations of HDL: challenges and promise / T.Vaisar // Current Vascular Pharmacology. – 2012. – Vol. 10. – P. 410-421.

СОСТОЯНИЕ И РЕСУРСЫ РЫБОЛОВСТВА МОРЕЙ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ

П.А. Балыкин

ФГБУН «ФИЦ Южный научный центр РАН», г. Ростов-на-Дону

Моря, окружающие Россию, являются районами экспедиционного или местного рыболовства. В 2021 г. российскими рыбаками добыто 5,05 млн т рыбы и морепродуктов – несколько больше, чем в 2018-2020 гг. (4,92-5,04 млн т). Как и в предыдущие годы, определяющая часть добычи пришлась на Дальневосточный бассейн – 3,55 млн т, или более 70 % суммарного улова. На втором месте – Северный бассейн: 0,54 млн т, или свыше 10,5 % величины общегодового улова. Таким образом, большая часть водных отечественных биоресурсов сосредоточена в северных и дальневосточных морях. Роль арктических акваторий (Карское, Чукотское, Восточно-Сибирское моря, море Лаптевых) в российском рыболовстве может существенно увеличиться в ближайшие годы благодаря усилению климатических процессов глобального потепления. Рост температурного режима в Арктике происходит в 3,5 раза быстрее, чем в среднем на Земле; предполагается, что к середине текущего столетия Северный Ледовитый океан летом будет целиком очищен ото льда. В соответствии с прогнозом британских и американских исследователей, летний морской лед в морях Арктики может исчезнуть в 2030 годах (Bjornes, Prestrud, 2012). Россия должна быть готова к ожидаемому «оттаиванию» арктических акваторий и, как следствие, расширению рыбохозяйственной деятельности в морях Северного Ледовитого океана (Кондратов, 2014).

Цель настоящей работы – обобщение доступных автору данных о величине и составе уловов, а также о состоянии водных биоресурсов морей центральной и восточной Арктики для разработки предложений по мерам развития рыболовства и аквакультуры.

Арктическая зона РФ занимает около 7 млн км² водной площади, что превышает 50 % таковой Северного Ледовитого океана. К арктическим акваториям также относится часть российского сектора Берингова моря, являющегося частью Тихоокеанского. Она невелика по размерам и включает воды вдоль Чукотского побережья вплоть до границы между акваториями российской и американской юрисдикции. В отдельный промысловый район (зона Чукотская) эта акватория выделяется с 2008 г., прежде будучи частью зоны Западноберингоморская (Рыболовство в Дальневосточном..., 2016).

Рыбопромысел в российской Арктике проводится преимущественно в Баренцевом, Беринговом и Белом морях, тогда как Карское, Восточно-

Сибирское, Чукотское и Лаптевых нельзя назвать районами регулярного рыболовства. Число видов рыб, обитающих в Карском море, – 70 (из них 10 – пресноводных, эпизодически появляющихся в эстуариях рек), в море Лаптевых – не более 40. В бассейне Восточно-Сибирского моря известно 33, а с учетом пресноводных – 69 видов ихтиофауны (Аннотированный список рыбообразных..., 2016). Восточно-Сибирское море по данному показателю сильно уступает расположенному восточнее Чукотскому морю (112 видов), где высока доля арктическо-бореальных и бореальных видов, проникающих через Берингов пролив.

Согласно информации с официального сайта Росрыболовства, в 2009-2020 гг. в северной части Берингова моря уловы изменялись от 0,6 (2009 г.) до 12 (2017 г.) тыс. т. Вышеуказанный источник также сообщает и об уловах в Карском море в некоторые годы XXI в., составлявших от 0,6 (на 2010 г.) до 0,7 (на 2019) тыс. т, а в 2013 и 2016 гг. – 4 и 48 т соответственно. Для Чукотского моря отчеты Росрыболовства отмечают вылов от 1 (2012 г.) до 80 (2017 г.) т биоресурсов. Для моря Лаптевых на 2015 г. приводится величина улова в 10 т, в Восточно-Сибирском море рыбного промысла в указанные годы не было.

В документах Росрыболовства (форма 1-П «Рыба») приводится и видовой состав уловов. В зоне Чукотская в 2017-2020 гг. уловы более чем наполовину состояли из минтая и трески; добывалось до 7 т белокорого палтуса (2019-2020 гг.) и 2 т нерки (2018 г.). Для Чукотского моря в качестве промысловых объектов указываются налим, голец и морские млекопитающие. Основная часть улова изымается при промысле голецов в опресненных участках рек, впадающих в море (Датский, 2019). Более разнообразен видовой состав уловов в Карском море. Здесь вылавливаются преимущественно сиговые рыбы (сиг, муксун, омуль, пелядь, ряпушка, корюшка) – около 80 %, также – налим, ерш, щука, язь.

Известно, что промысловая отчетность не способна дать полного представления об объемах реального изъятия водных биоресурсов, так как не учитывает влияние незаконного промысла (Балыкин, 2011). Поэтому для оценки возможностей рыбопромысловой эксплуатации арктических морей России следует обратиться к результатам научных исследований.

Наиболее исследованным районом можно назвать море Лаптевых, где в разные годы проводилось множество экспедиций, в том числе и в рамках международных проектов. Исследования на полигоне в море Лаптевых в 2015 г. показали явное наличие скоплений сайки на внешней части шельфа и материковом склоне (Результаты комплексных биологических..., 2016).

Из перечисленных морей наиболее богато промысловыми водными биоресурсами Чукотское. Самым высокопродуктивным районом является

его юго-западная часть между о-вом Врангеля и Беринговым проливом. Из 42 встречающихся в траловых уловах видов рыб самая массовая – сайка. Она склонна к резким изменениям численности; тем не менее, этот рыбный объект способен к формированию промысловых скоплений.

Кроме сайки, в Чукотском море можно отметить также мойву, сельдь и несколько видов лососей (кета, нерка, чавыча). Численность этих рыб в пределах исследованных акваторий невысока, но они могут представлять промысловый интерес для местного населения.

Помимо рыб, промысловое значение в Чукотском море могут иметь ракообразные и моллюски. В ходе экспедиций там встречались плотные скопления краба-стригуна опилио. Кроме того, в прошлые годы отмечался высокий уровень численности других видов донных беспозвоночных – креветок, брюхоногих и двустворчатых моллюсков. Также исследователи неоднократно замечали, что в последние годы в Чукотском море стало гораздо больше рыб, проникающих в летний период из Берингова моря.

В 2019 г. была осуществлена самая масштабная на сегодняшний день трансантарктическая экспедиция на научно-исследовательском судне «Профессор Леванидов», в ходе которой были обследованы акватории арктических морей от г. Анадыря до г. Мурманска. Отмечен значительный рост численности промысловых рыб в Чукотском море.

По предварительным оценкам, количество минтая по сравнению со съемкой 2018 г. возросло более чем в 50 раз. Биомасса крупного минтая составила 890, сайки – 117, палтусовидной камбалы – 42 тыс. т (Рыбохозяйственные исследования в..., 2019). В траловых уловах имелось 17 донных и придонных видов рыб; самым массовым являлась сайка, не формирующая, впрочем, промысловых скоплений (Предварительные результаты рыбохозяйственных..., 2020а). Показано, что из числа всех арктических морей России данное – на сегодня наименее перспективно в рыбохозяйственном отношении. В море Лаптевых концентрации черного палтуса выявлены практически на протяжении всего материкового склона. Встречаемость обусловлена распространением атлантических вод на материковом склоне и наличием концентраций сайки – основного объекта его питания (Предварительные результаты рыбохозяйственных..., 2020б). В Карском море отмечено широкое расселение краба-стригуна опилио по всей акватории. Объемы сайки в Карском море, в сравнении с предшествующей съемкой 2013 г., существенно возросли, вероятнее всего, в силу оттока из Баренцева моря в ходе климатических перестроек. В большинстве уловов отмечена камбала-ерш, биомасса которой оценена в 190 тыс. т. В юго-восточной части моря встречалась тихоокеанская сельдь (214 тыс. т); у материкового побережья обнаружены концентрации наваги (Некоторые предварительные результаты..., 2020).

В ходе работ были обнаружены несколько видов рыб за пределами известных для них ареалов. Это минтай, синяя зубатка и окунь-клювач, которых прежде в море Лаптевых не ловили. По результатам предложено установить общий допустимый улов краба-стригуна опилио в Карском море и минтая – в Чукотском, значительно увеличены допустимые уловы минтая и трески в зоне Чукотская в 2021-2022 гг. (минтая – до 5 тыс. т, трески – до 10-15 тыс. т).

Таким образом, полученные в научных экспедициях результаты дают основание сделать вывод, что биологические ресурсы арктических морей позволяют не только обеспечить стабильный промысел для нужд местного населения, но и вести экспедиционный лов некоторых гидробионтов.

Регулирование и управление эксплуатацией водных биоресурсов осуществляются разделением акватории под юрисдикцией государства или международной организации на участки – промысловые районы. В России в 1975 г. Приказом МРХ СССР № 520 от 17.11.1975 г. была установлена классификация промысловых районов – «...в целях единого учета вылова рыбы <...> и морепродуктов рыболовным флотом, планирования и анализа его работы по отдельным районам и подрайонам промысла, т.е. по ареалу обитания биоресурсов» (Макоедов, 2015).

Для рационального использования водных биоресурсов следует разработать и схемы рыбохозяйственного районирования, основанные на современных научных знаниях о границах морских экосистем (Котенев, 2001) и популяционном составе потенциальных промысловых объектов (Рикер, 1979). Как показал опыт Норвегии (Зиланов, Борисов, Лука, 2017) и разработки российских ученых (Практическая аквакультура (разработки..., 2011), товарная аквакультура вполне успешна в условиях арктических морей. Объектами разведения могут быть лосось, форель, голец, треска, пикша, сайда, белокорый палтус, зубатки, муксун и другие сиговые рыбы, камчатский краб, омар, двустворчатые моллюски. Поэтому, кроме выделения зон промышленного рыболовства, схема районирования должна включать участки для развития аквакультурного производства.

Чтобы Российская Федерация была готова к началу хозяйственной деятельности в морях Арктики в случае освобождения их ото льда, следует уже сейчас проводить активную подготовку. В качестве первого этапа предлагается осуществить рыбохозяйственное районирование морских акваторий с учетом освоения нефтяных и газовых месторождений и интересов Севморпути (с установлением приоритета того или иного вида деятельности в некоторых регионах). Эта работа может быть выполнена институтами РАН в сотрудничестве с учреждениями Росрыболовства, Минприроды и другими региональными НИИ.

Список использованной литературы

Аннотированный список рыбообразных и рыб бассейна Восточно-Сибирского моря / А.Ф. Кириллов, О.Д. Апсолихова, Ф.Н. Жирков [и др.] // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – Петропавловск-Камчатский, 2016. – Вып. 42. – С. 78-87.

Балыкин, П.А. Насущные вопросы российского рыболовства / П.А. Балыкин // Известия ТИНРО. – Владивосток, 2011. – Т. 165. – С. 56-64.

Датский, А.В. Сырьевая база рыболовства и ее использование в российских водах Берингова моря. Суммарный прогнозируемый и фактический вылов водных биологических ресурсов за период 2000-2015 гг. / А.В. Датский // Труды ВНИРО. – 2019. – Т. 175. – С. 130-152.

Зиланов, В.К. Рыбное хозяйство Норвегии / В.К. Зиланов, В.М. Борисов, Г.И. Лука. – М.: Издательство ВНИРО, 2017. – 296 с.

Кондратов, Н.А. Влияние климатических изменений на освоение природных ресурсов российской Арктики / Н.А. Кондратов // Состояние арктических морей и территорий в условиях изменения климата: сб. тезисов Всероссийской конференции с международным участием. – Архангельск : ИД САФУ, 2014. – С.141-142.

Котенев, Б.Н. Экосистемная стратегия оценки биоресурсов Мирового Океана; мировой вылов и резервы сырьевой базы / Б.Н. Котенев // Мировой океан: использование биологических ресурсов. – М.: ВИНТИ. – 2001. – Вып. 2. – С. 69-87.

Макоедов А.Н. Научные основы рыболовства : учебное пособие / Макоедов А.Н. – М.: Медиа-М, 2015. – 464 с.

Некоторые предварительные результаты биологических исследований в Карском море на НИС «Профессор Леванидов» в сентябре 2019 г. / А.М. Орлов, А.Н. Бензик, М.О. Рыбаков [и др.] // Труды ВНИРО. – 2020. – Т. 182. – С. 201-215.

Практическая аквакультура (разработки ЮНЦ РАН и ММБИ) / Г.Г. Матишов, Е.Н. Пономарева, Н.Г. Журавлева [и др.] // Ростов-на-Дону: изд-во ЮНЦ РАН, 2011. – 284 с.

Предварительные результаты рыбохозяйственных исследований в Восточно-Сибирском море на НИС «Профессор Леванидов» в сентябре 2019 г. / А.М. Орлов, А.Н. Бензик, Е.В. Ведищева [и др.] // Труды ВНИРО. – 2020а. – Т. 179. – С. 187-205.

Предварительные результаты рыбохозяйственных исследований в море Лаптевых на НИС «Профессор Леванидов» в сентябре 2019 г. / А.М. Орлов, А.Н. Бензик, Е.В. Ведищева [и др.] // Труды ВНИРО. – 2020б. – Т. 179. – С. 206-225.

Результаты комплексных биологических исследований в море Лаптевых в августе-сентябре 2015 г. / И.И. Глебов, В.А. Надточий, А.Б. Савин [и др.] // Известия ТИНРО. – Владивосток, 2016. – Т.187. – С. 72-88.

Рикер, У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяции рыб / Пер. с англ. В.К. Бабаяна ; Под ред. к. ф.-м. н. Т.И. Булгаковой и Ю.Н. Ефимова. – М.: Пищевая пром-сть, 1979. – 408 с.

Рыболовство в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в 2013 г. / Н.П. Антонов, Н.В. Кловач, А.М. Орлов [и др.] // Труды ВНИРО. – 2016. – Т. 160. – С. 133-211.

Рыбохозяйственные исследования в Чукотском море на НИС «Профессор Леванидов» в августе 2019 г.: некоторые предварительные результаты / А.М. Орлов, А.Н. Бензик, Е.В. Ведищева [и др.] // Труды ВНИРО. – 2019. – Т. 178. – С. 206-220.

Vjornes C., Prestrud P. The state of the poles: climate lessons from the international polar year / C. Vjornes, P. Prestrud. – Oslo : Akademika Unipub, 2012. – P. 27.

К ВОПРОСУ ПРОПУСКА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ВОБЛЫ НА НЕРЕСТИЛИЩА ДЕЛЬТЫ р. ВОЛГИ

***В.В. Барабанов, Н.В. Левашина, Э.В. Никитин,
О.М. Васильченко, Е.Г. Лардыгина***

Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), г. Астрахань

Вобла – полупроходной вид, относится к группе рыб, характеризующихся коротким периодом жизни, скороспелостью. Продолжительность жизни воблы составляет 10-11 лет. Половой зрелости достигает обычно в возрасте 3-4 года. При благоприятных условиях может довольно быстро восстановить численность.

Является объектом интенсивного, исторически сложившегося промысла в Волжско-Каспийском бассейне (Барабанов, 2020). До недавнего времени была самым многочисленным видом, составлявшим до 40 % от улова полупроходных и речных рыб бассейна. В XXI в. создалось сложное положение с численностью воблы, популяция которой находится в депрессивном состоянии. В конце 1990-х годов ее промышленный вылов уже уменьшился и составлял 10,0 тыс. т, в 2021 г. улов снизился до очень низкой величины – 1,2 тыс. т. Запасы формируются поколениями очень низкой численности.

Более 90 % вылова воблы в Волжско-Каспийском рыбохозяйственном бассейне приходится на речной промысел в дельте р. Волги. Все рыболовные участки расположены на центральных рукавах дельты, которые служат основными миграционными путями воблы к местам нереста. Лов воблы осуществляется закидными мелкоячейными неводами. Практически вся квота осваивается в период весенней путины.

Причина сокращения численности популяции воблы связана с систематическим несоблюдением оптимальных рыбохозяйственных попусков воды в дельте реки в весенний период и нагрузкой ННН-промысла, существенно снижающих эффективность ее естественного воспроизводства и, соответственно, пополнение запасов.

Большую часть жизни вобла проводит в море. В речной системе живет примерно около 2 мес. во время нереста весной и приблизительно такой же период времени зимой, после подхода на зимовальные ямы. Нерестовый ход воблы в водотоки дельты р. Волги начинается в марте и достигает максимума во второй-третьей декадах апреля при 8,0-9,0 °С.

Производители воблы размножаются преимущественно во временно заливаемых нерестилищах, образующихся в период весеннего половодья в дельте р. Волги и Волго-Ахтубинской пойме, часть рыб размножается на

постоянно обводняемых участках, включая култучную зону дельты р. Волги, где состояние нерестилищ определяется уровнем Каспийского моря. Эффективность воспроизводства воблы на используемых ею нерестилищах в основном зависит от количества и качества производителей; величины водности реки и режима обводнения, определяющего период весеннего половодья, сопряженности начала половодья с наступлением нерестовых температур, продолжительности стояния максимальных уровней воды на нерестилищах.

Развитие половодья происходило в условиях аномального превышения температуры воды при низких отметках уровня в апреле. Обводнение нерестилищ полупроходных и речных рыб началось на 12 сут позже наступления нерестовых температур воды в дельте р. Волги (27 апреля). Пик половодья пришелся на 10 мая, что раньше на 12 сут относительно зарегулированного и на 1 мес. естественного периода водности реки. На пике половодья было залито около 87 % нерестового фонда. Половодье характеризовалось поздним началом обводнения нерестилищ полупроходных и речных рыб при раннем наступлении нерестовых температур.

Таким образом, 2021 гидрологический год в низовьях р. Волги можно отнести к разряду маловодных, условия для естественного воспроизводства воблы в низовьях р. Волги были неудовлетворительными.

Период нагула молоди воблы на нерестилищах дельты р. Волги составил 39 сут, что на 18 сут меньше, чем в 2020 г. К концу половодья в низовьях р. Волги 89,0 % всех личинок воблы перешло на жизнестойкие мальковые этапы развития (F и G), в 2020 г. – 99,9 %. Средняя масса молоди воблы была меньше таковой в 2020 г. почти в 2 раза. По результатам учета молоди в низовьях Волги в видовом составе доминировала вобла (43,0 %), данный показатель снизился относительно 2020 г. почти в 1,5 раза (64 %). Абсолютная численность молоди воблы была низкой и составила 81,7 млрд экз. (см. таблицу).

Результаты естественного воспроизводства воблы на нерестилищах полупроходных и туводных рыб в дельте р. Волги

Год	Сток р. Волги за II кв., км ³	Продолжительность, сут		Доля молоди от общей численности на жизнестойких этапах развития (F и G), %	Абсолютная численность молоди, млрд экз.	Численность молоди на жизнестойких этапах развития, млрд экз.
		половодья	нагула			
2020	133,5	74	57	99,9	68,8	68,8
2021	97,0	52	39	88,7	81,7	72,5

В 2020-2021 гг. отмечены минимальные уловы воблы на промысловое усилие за весь исторический период наблюдений.

В 2021 г. весной промысловые уловы воблы состояли из рыб длиной от 16 до 31 см. Преобладали производители длиной 19-22 см. Возрастная структура была представлена рыбами от 3 до 11 лет. В уловах доминировали 3-5-годовики поколения 2016-2018 гг., урожайность которых минимальна.

Как показали исследования, качественная структура нерестовой популяции воблы претерпевает изменения, у производителей, пришедших на нерест, длина тела колебалась от 9 до 23 см, в наибольшем количестве отмечались рыбы длиной 14-16 см. Это указывает на снижение размерно-массовых характеристик производителей воблы на нерестилищах.

Значительное влияние на размерные характеристики производителей воблы на полях оказывает любительское рыболовство. В весенний период вобла встречается во всех основных водных объектах дельты р. Волги и в уловах рыболовов-любителей традиционно является доминирующим видом. Длина воблы в уловах рыболовов-любителей колебалась от 9 до 26 см, в среднем составив 16 см. При этом доля рыб менее длины, разрешенной Правилами рыболовства (17 см), составила 72 %.

В последние годы ощущается острая нехватка на нерестилищах производителей, прежде всего старших возрастных групп. Это связано с высоким уровнем расхищения из промысловых уловов, из-за вылова браконьерами и рыболовами-любителями в период нерестовой миграции, что не позволяет популяции выйти из депрессивного состояния и восстановить прежнюю численность.

В современный период среди полупроходных и туводных рыб снижение эффективности естественного воспроизводства в наибольшей степени затронуло ценные промысловые виды, в первую очередь воблу. Целый ряд факторов продолжает ограничивать численность ее нерестовой популяции и значительная часть половозрелых рыб не доходит до обширных нерестовых массивов дельты р. Волги. В результате основные показатели естественного воспроизводства в дельте р. Волга можно оценить как низкие. Для их улучшения требуются строгое соблюдение Правил рыболовства, борьба с ННН-промыслом и коррупцией, соблюдение основных требований рыбного хозяйства к гидроэкологическому режиму Волжской ГЭС в период половодья (обеспечение рыбохозяйственной полки), качественные мелиоративные мероприятия на нерестилищах воблы всей устьевой области р. Волги.

Список использованной литературы

Барабанов, В.В. Вобла – 150 лет исследований: прошлое, настоящее и будущее / В.В. Барабанов – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2020. – 114 с.

ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ КОСАТОК И БЕЛУХ ПРИ КРУГЛОГОДИЧНОМ НАХОЖДЕНИИ В СЕТЕВЫХ МОРСКИХ ВОЛЬЕРАХ

И.Ф. Белокобыльский

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

Введение

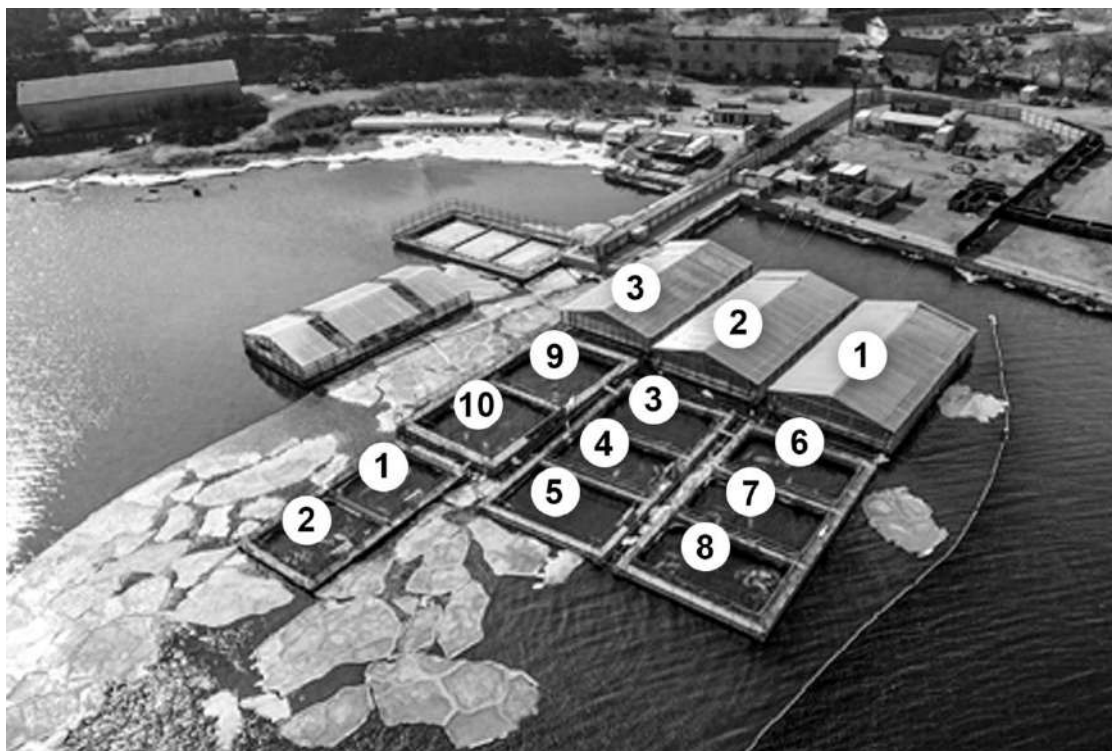
Косатка (*Orcinus orca*) и белуха (*Delphinapterus leucas*) являются важными биотическими компонентами Российской Арктики (Млекопитающие России: список..., 2019). Ареалы этих китообразных не ограничиваются арктическими границами и на востоке России включают в себя воды в районе Курильской гряды и Командорских о-вов (Павлинов, 2019). Эти животные не разрешены к промышленному отлову, но согласно ст. 28 ФЗ-166 в рамках общего допустимого улова их могут добывать в научно-исследовательских целях (Млекопитающие России: список..., 2019). Так, в 2018 г. 10 молодых косаток и 87 белух были отловлены в Охотском море в соответствии с разрешениями Федерального агентства РФ по рыболовству для последующего содержания в дельфинариях и океанариумах. В целях адаптации к условиям неволи китообразных разместили в специально сооруженных морских сетевых вольерах.

Материалы и методы

Вольеры располагались в бухте Средняя в заливе Восток Японского моря под открытым небом (см. рисунок). Распределение животных по вольерам отражено в таблице.

Распределение животных по вольерам

		Крытые вольеры для косаток									
№ вольера		1				2					3
Кол-во животных		4				4					2
		Открытые вольеры для белух									
№ вольера		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кол-во животных		9	10	7	9	4	9	8	9	15	7



Общий вид морских сетевых вольеров для круглогодичного содержания косаток и белух: 1-3 – крытые вольеры для косаток; 1-10 – открытые вольеры для белух

Средняя температура воды в бухте изменялась от 0,5 °С в январе до 19,5 °С в июле, по данным японского метеорологического агентства (Japan Meteorological Agency..., 2022).

Каждый вольер для косаток представлял собой инженерное сооружение понтонного типа шириной 15, длиной 27, глубиной 6 м, с объемом подводной части 2430 м³. Надводная часть вольера, высота которого составляла 4 м, была выполнена из стеклопластика в виде оранжерейного покрытия с двускатной крышей. Подводная часть вольера оборудована сетью с размером ячеи 90 мм, исключающей повреждение кожных покровов косаток при отлове для ветеринарных процедур и препятствующей попаданию крупного мусора внутрь. Такая сеть обеспечивала беспрепятственный взаимообмен водных масс и окружающей средой внутри вольера. Для его осушения под сетью через определенные промежутки продевались канаты, поднимая которые можно было поднять и сеть. Каждый вольер, который собирали из пластиковых понтонов размером 500×500 мм, устраивали одним или двумя помостами для кормления косаток и устанавливали на якоря. Это позволяло пользоваться вольером в любую погоду, исключая возможность отплытия или столкновения с соседним. Персонал перемещался между вольерами с помощью мостков, которые можно было опускать

и поднимать. Внутри вольера по периметру также обустроили мостки с перилами для выполнения различных работ персоналом.

Вольеры оборудовали системой аэрации воды в целях предотвращения образования льда. Эта система состояла из электрического воздушного компрессора и шланга, по которому воздух подавался у его дна. Шланг был закреплен с наружной части вольера, и у косаток не было к нему доступа. В холодное время года воздух внутри дополнительно подогревали двумя электрическими тепловыми пушками мощностью до 15 кВт, однако это не влияло на температуру воды. Обеззараживание воздуха в крытом вольере осуществляли ультрафиолетовыми бактерицидными настенными облучателями-рециркуляторами воздуха ОРУБн-3-3-«КРОНТ» (Дезар-3) производства ООО «Медприборы» в количестве, необходимом для данного объема воздуха. В теплое время года оранжерейное покрытие частично разбирали, и над вольером оставалась только крыша.

Белух также содержали в вольерах понтонного типа, но без надстроек. Открытых боксов было четыре, дополнительно поделенных перегородками, в результате получилось десять вольеров. Наименьший из них имел размеры 20,1 × 11,1 м и был разделен внутри трубой на два бокса размерами 8,7 × 9,1 м (см. рисунок), а наибольший – 26,8 × 14,8 м с двумя боксами размером 11,7 × 12,2 м (см. рисунок). Подводную часть оборудовали сетью с размером ячеей 60 мм. В холодное время года по краям вольера образовывался лед, который не оказывал влияния на содержание, здоровье и физиологическое состояние белух. Небольшие льдинки, отрывавшиеся от края вольера, удаляли сачком по мере необходимости.

Животных кормили цельной дефростированной рыбой в соответствии с индивидуально рассчитанными рационами (Сидоров, 2021; Белокобыльский, 2022).

Результаты

Косаток и белух содержали в сетевых морских вольерах на протяжении года (до августа 2019 г.). За их состоянием постоянно следили ветеринарные специалисты и тренеры. У животных регулярно брали образцы крови для клинического, биохимического и иных анализов, осматривали и проводили различные профилактические ветеринарные манипуляции, оценивали кондиции, аппетит, игровое поведение и прочее. В результате проделанной работы можно сделать вывод о том, что за все время содержания животных в вольерах состояние их здоровья не вызывало опасений, они были клинически здоровы. Более того, можно

говорить, что содержание косаток и белух в сетевых морских вольерах наиболее полно отвечает их физиологическим потребностям по сравнению с другими вариантами содержания, что обусловлено следующими обстоятельствами:

- сохраняется естественная продолжительность светового дня, животные не лишены естественного солнечного света;
- в течение года изменяется температура воды так же, как и в естественных местах обитания;
- сетевая оснастка не нарушает общение зверей из вольеров, расположенных рядом;
- в сетевые вольеры часто заплывает рыба, что обогащает окружающую среду;
- в сетевых вольерах животные встречаются с теми же микроорганизмами в воде, что и на воле.

Последнее из указанных обстоятельств зарубежными специалистами рассматривается, скорее, как негативное (Joseph, 2010), поскольку нет возможности контролировать качество воды. Но при благоприятной экологической ситуации в этом нет необходимости, что сводит к нулю внушительные (в условиях океанариума) затраты на водоподготовку (Guland, 2018) и потенциальный уровень шума от насосов и фильтров (Lott, 2017).

Заключение

Изложенный тип содержания косаток и белух хорошо себя зарекомендовал и может быть использован для круглогодичного обитания китообразных в данной местности. Полученный опыт положительно оценили специалисты и применили его при разработке требований к использованию животных в культурно-зрелищных целях и их содержанию, дополнивших ФЗ-498 «Об ответственном обращении с животными» (Российская Федерация. Законы..., 2019).

Список использованной литературы

Белокобыльский, И.Ф. Расчет ежедневного и годового потребления корма косатками при содержании в морских сетевых вольерах / И.Ф. Белокобыльский, Л.К. Сидоров // Млекопитающие в меняющемся мире: Актуальные проблемы териологии: сборник материалов конференции с международным участием / Териологическое общество при РАН. – М.: ИПЭЭ РАН, 2022. – С. 34.

Млекопитающие России: Список видов и прикладные аспекты / А.А. Лисовский, Б.И. Шефтель, А.П. Савельев [и др.]. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2019. – 191 с.

Павлинов, И.Я. Семейство Дельфиновые (Delphinidae Gray, 1821) / И.Я. Павлинов // Звери России: справочник-определитель. Ч. 2. Хищные, непарнокопытные, парнокопытные, китообразные, сирены / И.Я. Павлинов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2019. – С. 591-623.

Российская Федерация. Законы. Об утверждении требований к использованию животных в культурно-зрелищных целях и их содержанию: Постановление Правительства РФ N 1937: [утверждено 30 декабря 2019 г.].

Сидоров, Л.К. К вопросу о питании охотоморских косаток / Л.К. Сидоров, И.Ф. Белокобыльский // Труды ВНИРО. – 2021. – Т. 185. – С. 68-83.

Gulland, F.M.D. CRC Handbook of Marine Mammal Medicine / F.M.D. Gulland, L.A. Dierauf, K.L. Whitman. – 3rd edition. – Boca Raton – London – New York: CRC Press, 2018. – 1124 p.

Japan Meteorological Agency: официальный сайт. – 2022. – URL: https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/monthly/sst_HQ.html (дата обращения: 29.07.2022). – Текст: электронный.

Joseph, B. Special Considerations for the Maintenance of Marine Mammals in Captivity / B. Joseph, J. Antrim // Kleiman, D.G. Wild mammals in captivity: principles and techniques for zoo management / D.G. Kleiman, K.V. Thompson, C.K. Baer (ed.). – 2nd edition. – Chicago – London: University of Chicago Press, 2010. – 181-191 p.

Lott, R. Cetaceans in captivity / R. Lott, C. Williamson // Butterworth, A. Marine mammal welfare / A. Butterworth (ed.). – Cham: Springer, 2017. – 161-181 p.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АРЕАЛ ЧЕРНОГО ПАЛТУСА В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗМЕРНОГО СОСТАВА И СОСТОЯНИЯ ГОНАД

А.Н. Бензик¹, Л.К. Буданова¹, А.М. Орлов^{2, 3, 4, 5, 6}, Д.В. Прозоркевич¹

¹ Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск

² Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН), г. Москва

³ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
(ИПЭЭ РАН), г. Москва

⁴ Дагестанский государственный университет, г. Махачкала

⁵ Томский государственный университет, г. Томск

⁶ Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского
федерального исследовательского центра (РАН – ПИБР ДФИЦ РАН),
г. Махачкала

Черный палтус (*Reinhardtius hippoglossoides*) – важный промысловый объект в Атлантическом и Тихом океанах. Считается, что данный вид приспособлен к существованию во всем панарктическом регионе (Pan-Arctic suitable habitat..., 2021). Палтус распространен на обширной акватории Баренцева моря и сопредельных вод. Характерная особенность его распределения – разобщение в пространстве ареалов молодежи и взрослых рыб.

Научные исследования, выполненные во второй половине XX в., достаточно полно описали жизненный цикл и особенности размножения этого вида на акватории Баренцева моря и сопредельных вод (Низовцев, 1989; Рекомендации по рациональной..., 1989). Было установлено, что в Баренцевом море оплодотворенная икра и личинки черного палтуса с нерестилищ разносятся системой атлантических течений на большие расстояния на север в сторону о-ва Медвежий, архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа (далее – ЗФИ), на восток до новоземельских мелей. Пути дрейфа икры и личинок на север оставались малоизученными многие десятилетия, что в большей степени было обусловлено круглогодичным присутствием льда в районах обитания молодежи на севере и препятствовало проведению научных исследований в высоких широтах. В конце 1960-х годов считалось, что северная граница ареала находится в районе о-ва Надежды на 77° с. ш. (Сорокин, 1967). Исследования, выполненные к северу от архипелагов Шпицберген и ЗФИ, в желобе Франц-Виктория и районе континентального склона до 83°35' с. ш. (Боркин, 1983), показали присутствие в этих районах молодежи черного палтуса; позже она была также

обнаружена в глубоководных желобах на севере Карского моря (Сентябов, Смирнов, 2010). Первые поимки взрослого черного палтуса в море Лаптевых относятся к 1993 г. (Неелов, Чернова, 1994). Более поздние исследования подтвердили его присутствие на континентальном склоне моря Лаптевых (Chernova, 2017). В ходе траловой съемки 2015 г. были обнаружены скопления палтуса в западной части континентального склона моря Лаптевых (Результаты комплексных биологических..., 2015; Ведищева, Мазникова, Орлов, 2018), а несколькими годами позже он был уже зарегистрирован на протяжении всего свала глубин моря Лаптевых (Предварительные результаты рыбохозяйственных..., 2020). В рамках последних исследований был собран материал для гистологического анализа гонад крупных экземпляров черного палтуса.

Цель данной работы – охарактеризовать размерный состав черного палтуса в арктических морях, представить макроскопическое и микроскопическое описание его яичников и семенников на разных стадиях зрелости в море Лаптевых; на основании проделанного анализа предложить схему функционального ареала черного палтуса в российской Арктике.

В работе анализируются сведения по размерной структуре черного палтуса на всем ареале в Баренцевом и прилегающих морях. Материалом послужили данные исследований, выполненных в рамках совместных российско-норвежских экосистемных съемок в Баренцевом и Карском морях (From single species..., 2018) и траловой съемки моря Лаптевых (Биологические рыбохозяйственные исследования..., 2021). Использованы данные 74 рейсов, выполненных в августе-сентябре в 2004-2020 гг., в течение которых промерено 38470 экз. Орудием лова в Баренцевом и Карском морях служил трал Sampelen-1800, оборудованный по стандартной схеме. В море Лаптевых использовали трал ДТ-27.1/24. Материал по биологии и размерному составу черного палтуса, представленному в уловах, собран в соответствии с общепринятыми методиками (Инструкции и методические рекомендации..., 2001).

В работе по макроскопическому исследованию гонад использованы данные визуального исследования образцов черного палтуса, собранных в научно-исследовательских и научно-промысловых рейсах ПИНРО в период 2000-2020 гг. Стадии зрелости определяли в соответствии с разработанными для данного вида базовыми шкалами для самок и самцов (Федоров, 1968; Сорокин, Григорьев, 1968). При анализе полевых данных все особи были объединены в две группы: неполовозрелые и половозрелые.

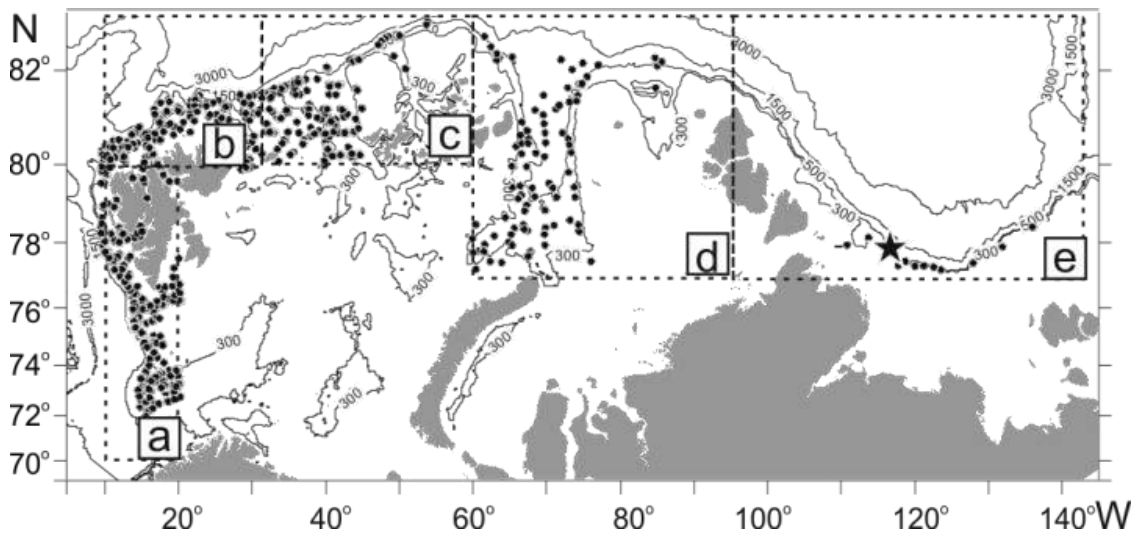


Рис. 1. Места отбора проб для исследования размерной структуры и гонад черного палтуса в различных районах морей Баренцева, Карского и Лаптевых:
 а – континентальный склон; б – северо-запад Баренцева моря;
 с – северо-центральный и северо-восточный районы Баренцева моря;
 д – север Карского моря; е – северная часть моря Лаптевых;
 • – места тралений; ★ – место отбора гонад для гистологических исследований

Гонады для микроскопических гистологических исследований были собраны в море Лаптевых в сентябре 2019 г. на НИС «Профессор Леванидов». В качестве фиксатора использовали 4 %-ный формалин. Особи, отобранные для гистологических исследований, имели самые крупные размерно-весовые показатели. Исследованы гонады трех самок и двух самцов. Техническая часть гистологических исследований производилась по стандартным методикам (Роскин, Левинсон, 1957; Инструкции и методические рекомендации..., 2001). При определении стадий зрелости яичников за основу принята шкала зрелости Федорова (1968) для микроскопического анализа при помощи гистологического метода, позднее дополненная другими исследователями (Филина, Буданова, 2015; Wallace, Selman, 1981; Gundersen, 2003).

В районах континентального склона Баренцева моря (район а), в морях Карском и Лаптевых (районы д и е) встречались как мелкие, так и крупные особи. На севере Баренцева моря (районы б и с) распределение особей было ближе к нормальному с одним пиком (см. рис. 2).

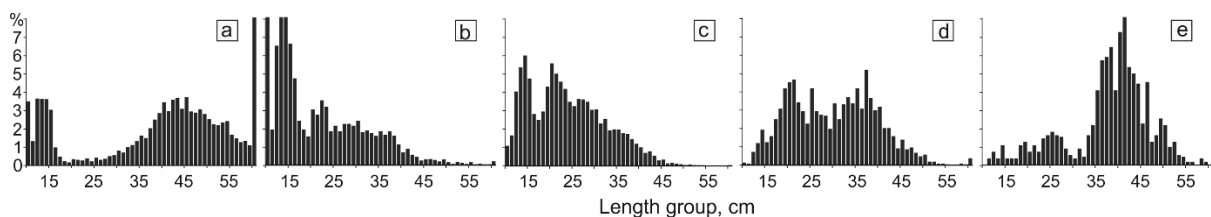


Рис. 2. Размерный состав черного палтуса в различных районах

В районе нерестилищ черного палтуса (район а) доля мелкоразмерных рыб (длина менее 35 см) составляла 31 %, в этой группе доминировали особи длиной менее 16 см (19,7 %). В то же время количество крупных особей длиной более 60 см достигало 9,5 %. Доля модальной группы 40-50 см составляла 34,6 % по численности. Минимальный размер особей в районе континентального склона – 5, максимальный – 97 см.

На северо-западе Баренцева моря (район б), на участке, наиболее близко расположенном к местам нереста черного палтуса, на долю мелкоразмерных рыб (менее 35 см) приходилось 88 % по численности. Доминировала модальная группа 12-16 см (34 %). В этом районе в придонных слоях встречались мальки длиной 3-5 см, не менее 8 % по численности приходилось на рыб длиной 7-9 см. Максимальный размер особей, встреченных в этом районе, составил 69 см. Однако доля крупных рыб (более 35 см) не превышала 12 %.

В северо-центральных и северо-восточных районах Баренцева моря (район с) отмечалась схожесть в распределении размерных групп черного палтуса с северо-западным районом (район б): доля мелкоразмерных рыб – 89 %, крупных – 11 %. На модальные группы 12-22 и 23-33 см приходилось 48 и 35 % общей численности соответственно. Минимальный и максимальный размер особей, встреченных в этом районе, – 6 и 73 см.

На севере Карского моря (район д) доля крупного палтуса (>35 см) была существенно выше, составляя 31%. Минимальный размер встреченных здесь особей – 10, максимальный – 70 см. На молодь палтуса длиной менее 20 см приходилось 17%. Доли модальных групп 20-30 и 30-40 см были практически равными, составляя 32-35%. За весь период наблюдений в Карском море было поймано всего десять экземпляров черного палтуса длиной от 58 до 63 и одна особь 70 см.

Максимальная длина особей, встреченных в море Лаптевых (районе), – 59, минимальная – 8 см. В этом районе отмечена чрезвычайно высокая доля крупных экземпляров черного палтуса (72%) и, соответственно, самая низкая – мелкоразмерных рыб. Доля модальной группы 35-45 см – 60%.

В свете макроскопической характеристики гонад рассмотрим темпы полового созревания и соотношение полов. В большинстве исследованных районов отмечался показатель диморфизма, близкий к 1:1, с преобладанием самок в районах б-с и самцов в районе нерестилищ, где доля ювенильных особей минимальна (максимальное количество обнаруживалось на северо-западе Баренцева моря (район б) и по направлению с запада на восток уменьшалось). За весь период наблюдений только в районе а отмечались особи на поздних стадиях развития гонад (IV-VI). По мере продвижения на

восток (районы b-e) зрелые рыбы из уловов исчезали – оставались только ювенильные и неполовозрелые.

Начало процесса полового созревания в районах нерестилищ отмечено в возрасте 6 и растягивается на 10 лет, вплоть до достижения шестнадцатилетия, что соответствует длине палтуса от 30 до 70 см. При этом 61 % половозрелых особей отмечен в размерной группе 40-49 см, а более 80 % оказались половозрелыми при длине 50-59 см. Некоторые экземпляры достигали половой зрелости уже при 30-39 см. В северных районах Баренцева моря (b и c) эпизодически встречались крупные половозрелые особи в размерной группе 60-69 см. Незначительное число крупных (60-99 см) индивидов черного палтуса, в полевых условиях визуально определенных как половозрелые, отловлено в Карском море. В море Лаптевых (район e) половозрелых особей палтуса обнаружено не было.

По результатам гистологического анализа гонад, в свете микроскопической характеристики, установлено, что наиболее крупные самки и самцы черного палтуса, представленные в уловах в море Лаптевых, ни разу не проходили нерест. Яичники исследованных особей (52 и 58 см) содержали ооциты ядерных превращений периода протоплазматического роста в фазе накопления рибонуклеидов и образования фолликула. У самцов длиной 48 и 49 см генеративная ткань была представлена сперматогониями различных порядков. Сперматоцитов и сперматит на гистологических срезах не обнаружено.

Результаты проведенного исследования показали, что в пределах обследованной акватории имеются различия размерного состава палтуса и увеличение размеров его особей с запада на восток по мере удаления от нерестилищ, расположенных в западной части Баренцева моря. Идентичные закономерности выявлялись и ранее (Chernova, 2017), что указывает на существенно различную роль разных частей ареала в жизненном цикле рассматриваемого вида. Полученные нами и ранее опубликованные данные позволяют представить гипотетическую схему функциональной структуры ареала черного палтуса в Северной Атлантике и прилегающей Арктике (рис. 3).

Континентальный склон Норвежского моря является основным местом нереста черного палтуса. Численно здесь доминируют крупные половозрелые рыбы. Созревать палтус в этом районе начинает уже при достижении длины 35 см. Данные, полученные ПИНРО, существенно уточняют результаты предыдущих исследований, указывающие, что 50 % особей достигают половой зрелости при длине 40-45 и 55-70 см, для самцов и самок соответственно (Albert, 2003; Nunez, Hallfredsson, Falk-Petersen, 2015).

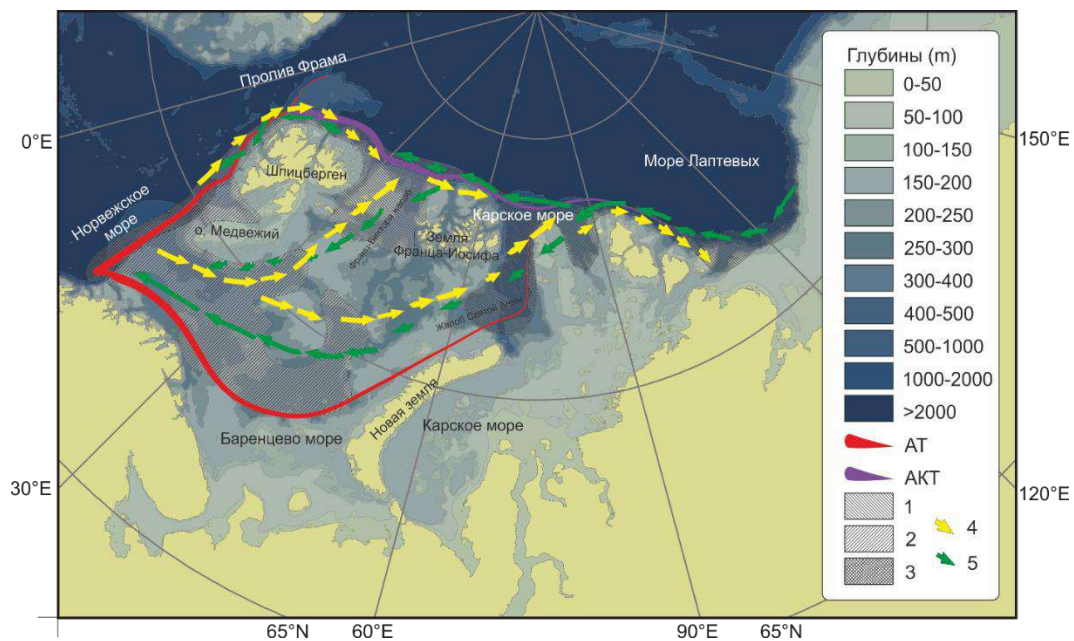


Рис. 3. Схема функциональной структуры ареала черного палтуса: АТ – Атлантическое течение; АКТ - Атлантическое краевое течение; 1 – нагульно-выростные участки неполовозрелой молодежи; 2 – нагульно-выростные участки созревающих особей; 3 – районы нереста; 4 – пути пассивного дрейфа икры и мальков; 5 – пути возвратной миграции созревающих особей

Основные нерестилища палтуса расположены на глубоководных (500-800 м) участках континентального склона в районах Копытова и Западного склона Медвежинской банки (между 71 и 76° с.ш.) в области влияния теплых атлантических течений, при температуре воды 2-4 °С и солености, близкой к 35 (Greenland halibut biology..., 2002). После оплодотворения, происходящего в мезопелагическом слое, икра начинает месячный дрейф с океаническими течениями (Domínguez-Petit, Ouellet, Lambert, 2013). За несколько дней перед выклевом икра изменяет плавучесть и поднимается в верхние слои для дальнейшего дрейфа, который продолжается до 4 мес. (Sohn, Ciannelli, Duffy-Anderson, 2010). По другим данным (Смирнов, 2006), пассивный дрейф молодежи палтуса может быть более продолжительным – от 8 до 10 мес.

Нерест палтуса сильно растянут во времени и проходит практически круглый год, но особенно активно во второй половине ноября и первой половине декабря, в сезон максимальной интенсивности Атлантического течения (Низовцев, 1989). Пассивный дрейф икры, а затем и личинок, во многом обусловлен интенсивностью течений в районах нереста. Приток вод из Атлантики происходит по двум ветвям: через Баренцево море и пролив Фрама (Structure and variability..., 2015). Баренцевоморская ветвь атлантических вод проходит между Новой Землей и ЗФИ, откуда она попадает в Карское море и далее, через желоб Святой Анны, в Арктический

бассейн. Встречаясь к северу от Карского моря, эти ветви взаимодействуют между собой и, постепенно перемешиваясь, образуют Атлантическое краевое течение (АКТ) (On the Intermediate..., 1994). Среднегодовая оценка скорости атлантических вод в струе АКТ составляет 0,1 м/с (The North Atlantic..., 2010). Выметанные и оплодотворенные икринки разносятся течениями, направленными в сторону о-ва Медвежий, архипелагов Шпицберген и ЗФИ, на восток до Новоземельских мелководий и на северо-восток в глубоководные желоба Карского моря, и далее, восточнее – в море Лаптевых. Расстояние, которое им нужно преодолеть до континентального склона моря Лаптевых, составляет 2000-2500 км. Расчеты показывают, что 8 мес. (максимальная продолжительность дрейфа личинок), при скорости 0,1 м/с, вполне достаточно для преодоления водными массами этого расстояния. Если учесть, что нерест происходит в моменты максимального развития Атлантического течения, возможно, что личинки способны достигать моря Лаптевых и в более короткие сроки.

Согласно данным о размерном составе, оседание пелагической молоди палтуса происходит в районах континентального склона северных частей Баренцева, Карского и Лаптевых морей, где имеются благоприятные условия для ее существования: стабильный гидрологический режим, отсутствие хищников, устойчивая кормовая база в виде доступных пищевых объектов – гипериид и сайки. Модельные расчеты показывают, что 46 % от общего количества пелагической икры и личинок черного палтуса выносятся на восток от ЗФИ (Modelling the advection..., 2004). Молодь проводит несколько лет вблизи мест оседания, после чего начинает совершать миграции в южном и юго-западном направлениях. Данные по размерному составу палтуса в северных районах показывают последовательное увеличение доли крупных экземпляров по мере удаления от мест нереста с запада на восток. Это свидетельствует о том, что чем дальше от нерестилищ, тем сложнее палтусу покинуть нагульно-выростные участки на севере. Общей закономерностью для всей северной части ареала черного палтуса является отсутствие экземпляров длиной более 70 см. Одна из возможных причин данного явления кроется в отсутствии подходящей кормовой базы для крупных особей. В ряде работ по питанию хищных рыб, включая черного палтуса, показано соответствие размеров хищника и потребляемых им жертв (Долгов, Бензик, 2017; Barents Sea cod..., 2019). Крупные особи палтуса переходят на питание более крупными объектами, которые встречаются в центральных и присклоновых районах Баренцева и Норвежского морей (мойва, молодь тресковых, северная креветка, собственная молодь), тогда как в рыбных сообществах северных участков ареала палтуса преобладают мелкоразмерные виды (Marine fishes of..., 2018).

Результаты гистологического исследования гонад позволяют сделать выводы о том, что крупные особи палтуса в море Лаптевых не созревают. Гонады самок и самцов находились на второй стадии зрелости (неполовозрелые). Аналогичные результаты гистоморфологического анализа отмечены ранее для палтуса Карского моря (Филина, Буданова, 2015), которые, в свою очередь, отличались от таковых особей из Баренцева моря (Федоров, 1968). Самый высокий показатель коэффициента зрелости (2 %) отмечен в Баренцевом море, в Карском он не превышал 1 %, а в море Лаптевых в среднем составил 0,3 %.

Наши данные свидетельствуют о том, что в северных районах отсутствуют созревающие особи палтуса. Несмотря на достаточно крупные размеры рыб, обитающих там, практически все проанализированные особи оказались неполовозрелыми. Гистологический анализ гонад крупных экземпляров черного палтуса из моря Лаптевых показал, что их половые клетки старшей генерации находились в фазе завершения протоплазматического роста, т.е. не прошли через качественные изменения в генеративной ткани; половая система находилась в состоянии торможения или паузы. В то же время, как показывают результаты исследований на костистых рыбах, качественный скачок и переход к созреванию (трофоплазматический рост клеток половой системы) может занимать короткий промежуток времени от нескольких дней до нескольких месяцев, что, в свою очередь, регулируется через гуморальную систему организма в соответствии с сигналами, поступающими из окружающей среды (Казанский, 1975). Таким образом, наиболее вероятной представляется схема, в соответствии с которой отдельные крупные особи черного палтуса при достижении длины 65-70 см вступают в активную фазу созревания и начинают мигрировать через глубоководные желоба Карского и центральной части Баренцева морей обратно в районы нерестилищ. Это предположение хорошо согласуется с гистологическими исследованиями гонад черного палтуса из Карского моря, где были обнаружены несколько созревающих особей (Филина, Буданова, 2015), вероятно, мигрирующие из моря Лаптевых.

Предварительные оценки средней плотности распределения молоди черного палтуса (длиной 10-60 см, в диапазоне глубин 300-800 м) на севере Баренцева (среднемноголетние – 359 экз./мор. милю) и Карского (среднемноголетние – 165 экз./мор. милю) морей, а также моря Лаптевых (176 экз./мор. милю) свидетельствуют о том, что плотности распределения сопоставимы между собой; значительная часть молоди распределяется за пределами Баренцева моря. Учитывая снижение численности молодняка палтуса в Баренцевом море в последние годы, изучение распределения, биологии и оценка численности в морях российской Арктики является

важным элементом при решении вопросов на международном уровне о совместной эксплуатации данного запаса и определении национальных квот. В связи с этим необходимо проведение дальнейших исследований, в том числе количественных оценок численности и массового мечения рыб.

Список использованной литературы

Биологические рыбохозяйственные исследования в морях Сибирской Арктики летом-осенью 2019 г. (рейс НИС «Профессор Леванидов» / А.М. Орлов, К. М. Горбатенко, А. Н. Бензик [и др.] // Океанология. – 2021. – Т. 61, № 2. – С. 334-335.

Боркин, И.В. Результаты исследований ихтиофауны в районе Земли Франца-Иосифа и к северу от Шпицбергена / И.В. Боркин // Исследования биологии, морфологии и физиологии гидробионтов: сб. / АН СССР, ММБИ. – Апатиты, 1983. – С. 34-42.

Ведищева, Е.В. Новые данные о возрасте и росте черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* (Pleuronectidae) моря Лаптевых / Е.В. Ведищева, О. А. Мазникова, А. М. Орлов // Вопросы ихтиологии. – 2018. – Т. 58, № 6. – С. 696.

Долгов, А.В. Питание черного палтуса *Reinhardtius Hippoglossoides* (Pleuronectidae) в Карском море / А.В. Долгов, А.Н. Бензик // Вопросы ихтиологии. – 2017. – Т. 57, № 3. – С. 300-307.

Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в районах исследований ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2001. – 291 с.

Казанский, Б.Н. Закономерности гаметогенеза и экологическая пластичность размножения рыб / Б.Н. Казанский // Экологическая пластичность рыб. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1975. – С. 3-32.

Неелов, А.В. Предварительные сведения о рыбах, собранных в море Лаптевых в период экспедиции на л/к «Polarstern» в 1993 г. / А.В. Неелов, Н.В. Чернова // Науч. результаты экспедиции LAPEX. – СПб.: Гидрометеоздат, 1994. – С. 272-276.

Низовцев, Г.П. Новые сведения о распространении черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* в Северной Атлантике / Г.П. Низовцев // Вопросы ихтиологии. – 1989. – Т. 29, № 5. – С. 856-860.

Предварительные результаты рыбохозяйственных исследований в море Лаптевых на НИС «Профессор Леванидов» в сентябре 2019 г. / А.М. Орлов, А. Н. Бензик, Е. В. Ведищева [и др.] // Труды ВНИРО. – 2020. – Т. 179. – С. 206-225.

Результаты комплексных биологических исследований в море Лаптевых в августе-сентябре 2015 г. / И.И. Глебов, В.А. Надточий, А.Б. Савин [и др.] // Известия ТИНРО. – 2015. – Т. 187. – С. 72-88.

Рекомендации по рациональной эксплуатации запасов черного палтуса норвежско-баренцевоморского стада / Сост. Г.П. Низовцев. – Мурманск: ПИНРО. – 1989. – 93 с.

Роскин, Г. И. Микроскопическая техника / Г.И. Роскин, Л.Б. Левинсон. – М., 1957. – 465 с.

Сентябов, Е. В. Распределение и условия обитания черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* в северо-западной части Карского моря / Е.В. Сентябов, О.В. Смирнов // Вопросы рыболовства. – 2010. – Т. 11, № 2 (42). – С. 300-312.

Смирнов, О.В. Черный палтус норвежско-баренцевоморской популяции / О.В. Смирнов. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2006. – 113 с.

Сорокин, В. П. Некоторые черты биологии гренландского, или черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum) в Баренцевом море / В. П. Сорокин // Материалы рыбохоз. исслед. Сев. бассейна. – 1967. – Вып. 8. – С. 44-66.

Сорокин, В.П. Сперматогенез и половой цикл у гренландского или черного палтуса баренцевоморской популяции / В.П. Сорокин, Г.В. Григорьев // Труды ПИНРО. – 1968. – Вып. 23. – С. 413-424.

Федоров, К. Е. Овогенез и половой цикл черного палтуса / К.Е. Федоров // Труды ПИНРО. – 1968. – Вып. 23. – С. 425-451.

Филина, Е. А. О нахождении половозрелых особей черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* (Pleuronectidae) в Карском море / Е. А. Филина, Л. К. Буданова // Вопросы ихтиологии. – 2015. – Т. 55. – № 1. – С. 114-118.

Albert, O. T. Migration from Nursery to Spawning Area in Relation to Growth and Maturation of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in the Northeast Arctic / O. T. Albert // Journal of Northwest Atlantic Fishery Science. – 2003. – Vol. 31. – P. 113-125.

Barents Sea cod (*Gadus morhua*) diet composition: long-term interannual, seasonal, and ontogenetic patterns / R. E. Holt, B. Bogstad, J. M. Durant [et al.] // ICES Journal of Marine Science. – 2019. – Vol. 76, № 6. – P. 1641-1652.

Chernova, N.V. Catching of Greenland halibut *Reinhardtius hippoglossoides* (Pleuronectidae) on the shelf edge of the Laptev and East Siberian Seas / N.V. Chernova // Journal of Ichthyology. – 2017. – Vol. 57, № 2. – P. 21-227).

Domínguez-Petit, R. Reproductive strategy, egg characteristics and embryonic development of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) / R. Domínguez-Petit, P. Ouellet, Y. Lambert // ICES Journal of Marine Science. – 2017. – Vol. 70, № 2. – P. 342-351.

From single species surveys towards monitoring of the Barents Sea ecosystem / E. Eriksen, H. Gjørseter, D. Prozorkevich [et al.] // Progress in Oceanography. – 2018. – Vol. 166. – P. 4-14.

Greenland halibut biology and population dynamics. State of the art and identification of research needs based on a Nordic workshop / Ed. Boje J. – Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 2002. – 167 p.

Gundersen, A. Sexual maturity, fecundity and nursery ground of Northeast Arctic Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum)) / A. Gundersen // PhD Thesis, Bergen, Norway: Univ. Bergen. – 2003. – 34 p.

Marine fishes of the Arctic region : in 2 vol. Vol. 1. / C.W. Mecklenburg, A. Lynghammer, E. Johannesen [et al.] – Akureyri, Iceland : CAFF (Conservation of Arctic Flora and Fauna), 2018. – 454 p.

Modelling the advection and diffusion of eggs and larvae of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in the North-East Arctic / B. Adlandsvik, A. C. Gundersen, K. H. Nedreas [et al.] // Fisheries Oceanography. – 2004. – Vol. 13, № 6. – P. 403-415.

The North Atlantic inflow to the Arctic Ocean: High-resolution model study / Y. Aksenov, S. Bacon, A. Coward, G. Nurser // Journal of Marine Systems. – 2010. – Vol. 79, № 1/2. – P. 1-22.

Núñez, L. A. Different maturity scales affect estimations of fecundity, TEP and spawning stock size of Greenland halibut, *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum, 1792) / L. A. Núñez, E. H. Hallfredsson, I. B. Falk-Petersen // Marine Biology Research. – 2015. – Vol. 11, № 8. – P. 824-833.

On the Intermediate Depth Waters of the Arctic Ocean. In The Polar Oceans and Their Role in Shaping the Global Environment / B. Rudels, E. P. Jones, L.G. Anderson, G. Kattner // American Geophysical Union. – 1994. – P. 33-46.

Pan-Arctic suitable habitat model for Greenland halibut / M. Vihtakari, R. Hordoir, M. Treble [et al.] // ICES Journal of Marine Science. 2021. – Vol. 78, № 4. – P. 1340-1356.

Sohn, D. Distribution and drift pathways of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) during early life stages in the eastern Bering Sea and Aleutian Islands / D. Sohn, L. Ciannelli, J. T. Duffy-Anderson // Fisheries Oceanography. – 2010. – Vol. 19, № 5. – P. 339-353.

Structure and variability of the boundary current in the Eurasian Basin of the Arctic Ocean / A. V. Pnyushkov, I. V. Polyakov, V. V. Ivanov [et al.] // Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers. – 2015. – Vol. 101. – P. 80-97.

Wallace, R. A. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleost / R.A. Wallace, K. Selman // American Zoologist. – 1981. – Vol. 21, № 2. – P. 325-343.

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ЗВЕЗДЧАТОГО СКАТА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

А.Н. Бензик, А.А. Четыркин

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск

Введение

Скаты являются древними хрящевыми рыбами и распространяются от мелководных прибрежных шельфов до глубин 3000 м (McEachran, Dunn, 1998). Многие из них – главные хищники в пищевых цепях и используют те же ресурсы, что и другие хищники верхнего трофического уровня, они могут играть важную роль в динамике пищевых сетей морских сообществ (Ebert, Bizzarre, 2007). Таким образом, скаты потенциально могут оказывать значительное влияние на морскую фауну. Однако трофическая экология и влияние, которое скаты могут оказывать на морские сообщества, до сих пор требуют изучения.

Звездчатый скат *Amblyraja radiata* (Donovan, 1808) – вид хрящевых рыб, обитающий во всей Северной Атлантике, многочисленный и самый распространенный в Баренцевом море, но добывают его в этом регионе как прилов при промысле донных рыб, специализированный промысел отсутствует. Питание ската изучали с начала XX в. Исследованы состав и интенсивность питания этой рыбы, проводили экспериментальные наблюдения за скоростью переваривания и расчеты потребления пищи (Зенкевич, Броцкая, 1931; Берестовский, 1989; Антипова, Никифорова, 1990; Долгов, 2016; Dolgov, 1997, 2005). Известные в литературе данные ограничены 2010 г., однако материал о биологии и питании объекта продолжают собирать в регулярных съемках Полярного филиала. В настоящее время накоплен значительный массив данных, который требует дальнейшего обобщения и документирования, в связи с чем возникла необходимость проанализировать состав пищи и оценить ее потребление звездчатым скатом в 2004-2021 гг.

Материал и методика

Материалы по питанию звездчатого ската были собраны в научно-исследовательских и научно-промысловых рейсах Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» в 2004-2021 гг. Обработку содержимого желудков проводили по стандартным методикам, принятым в институте (Изучение экосистем рыбохозяйственных..., 2004). Жертвы, обнаруженные в желудках,

идентифицировали по возможности до вида. Определяли их количество, массу и зоологическую длину. Проанализировано содержимое желудков 4319 звездчатых скатов. В качестве показателей питания использовали массовую долю пищевого организма (% по массе) и индекс наполнения желудков (СИНЖ), выраженный в продецимилле ($^0/_{000}$), полученный как масса содержимого желудка, деленная на массу рыбы и умноженная на 10000.

Потребление пищи звездчатым скатом рассчитано в каждой 5-сантиметровой группе в различные сезоны: январь-март, апрель-июнь, июль-сентябрь и октябрь-декабрь. Суточные рационы для всех размерных групп звездчатого ската были приняты как 0,8 % от массы тела (Берестовский, 1989). Индексы биомассы каждой размерной группы по годам, использованные в расчетах, взяты из работы А.В. Долгова и Д.В. Прозоркевича, предполагая, что численность между сезонами постоянна.

Встреченные в желудках ската ракообразные разделены на три категории: мелкие донные представлены различными амфиподами и небольшими видами изопод, крупные донные – главным образом десятиногими ракообразными – крабами, креветками, крупными видами изопод. К третьей категории отнесены неидентифицированные беспозвоночные.

Результаты и обсуждение

Питание ската характеризуется большим разнообразием. В нем доминируют придонные рыбы и ракообразные, гораздо реже встречаются пелагические гидробионты. Интенсивность питания умеренная (135-168 $^0/_{000}$).

Содержимое желудков звездчатого ската состояло из рыб и крупных донных ракообразных. Из 29 отмеченных видов рыб в желудках скатов в основном была мойва, она занимала до 8 % от массы пищевого комка, треска, пикша, путассу, камбала-ерш и люмпенусы – 2-4 %, сельдь и коттункулусы – более 1 %, остальные виды рыб – менее 1 %. Крупные донные ракообразные являлись второй группой по значимости в питании звездчатого ската, на их долю приходилось 23 % от массы пищевого комка: северная (8 %) и панцирная креветки (4 %), кроме того, отмечены краб-стригун опилио и камчатский краб. Существенную долю (до 9 % от массы пищевого комка) в рационе звездчатого ската занимали полихеты, 3,0-3,5 % приходилось на мелких донных ракообразных и головоногих моллюсков.

Информация о составе пищи и размерах пищевых объектов, обнаруженных в желудках звездчатого ската, полученная в ходе настоящего исследования, согласуется с таковой в предыдущих изучениях в Баренцевом море (Зенкевич, Броцкая, 1931; Берестовский, 1989; Антипова, Никифорова,

1990; Долгов, 2016; Dolgov, 2005). Молодь звездчатого ската считается типичными бентофагом, тогда как более крупные особи питаются различными десятиногими ракообразными и рыбами. Основу питания ската составляют рыбы, обитающие в придонных слоях, – треска, пикша, окунь-клевач, камбала-ерш – и даже пелагические – мойва, сельдь, сайка – доступные для ската в те периоды жизненного цикла, когда они опускаются в придонные слои.

У звездчатых скатов происходили изменения в рационе, связанные с ростом. У молоди до 25 см доминировали мелкие организмы, обитающие в придонных слоях и грунте, – гаммариды и полихеты. По мере роста ската в его питании встречались пелагические ракообразные – гиперииды и эвфазииды, которые также опускаются в придонные слои, и в незначительном количестве различные рыбы. В дальнейшем, когда длина ската достигала 25-45 см, доля пелагических ракообразных и полихет уменьшалась, а доля крупных донных ракообразных, головоногих моллюсков и рыб увеличивалась. Особи звездчатого ската с длиной тела более 45 см в основном питались крупными рыбами, ракообразными и в небольшом количестве полихетами. Кроме того, иногда отмечались в желудках отходы промысла, которые вошли в категорию «прочие», их доля возрастала с увеличением длины скатов (см. таблицу). Интенсивность питания скатов в среднем изменялась от 126 до 210 ‰ и была максимальной у мелкоразмерных особей, закономерно снижаясь с ростом длины скатов.

Размеры промысловых видов, обнаруженных в желудках звездчатого ската, колебались от 10 до 270 мм. Наименьшие размеры были у окуня, камбалы-ерша и северной креветки, максимальные – у пикши и сельди. Средние размеры сайки и мойвы, обнаруженных в желудках объекта, составили 123-130 мм, трески – 86 мм.

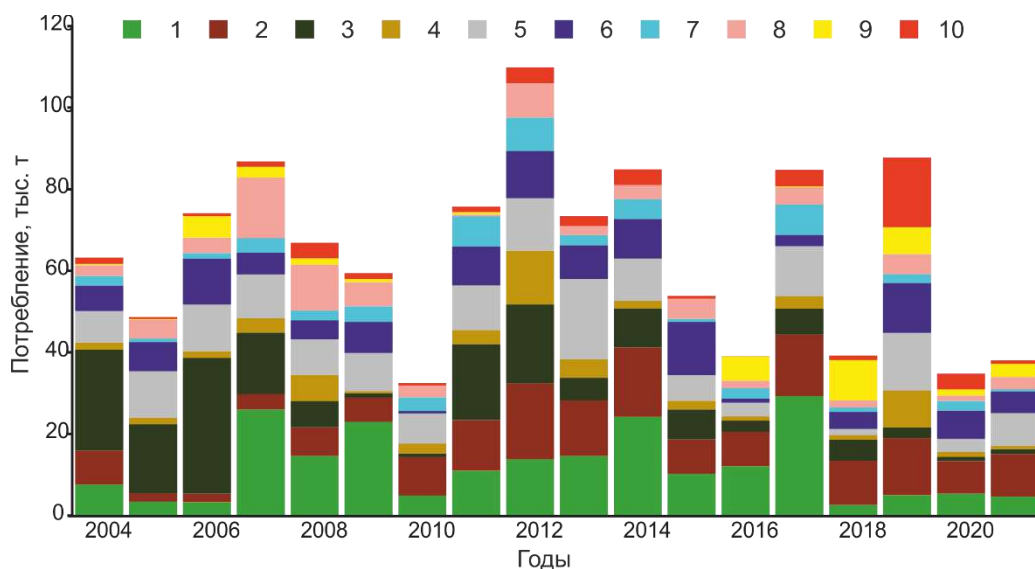
Вероятно, различия в питании скатов несходного размера обусловлены доступностью пищи и ограничены максимальным раскрытием рта и способностью заглотить ту или иную жертву. Это подтверждается данными о величине жертв, обнаруженных в желудках скатов. Существенно меньше размер у имеющих колючие выступы тела и шипы – окуни, северная креветка, а также камбала-ерш из-за плоской формой тела, которая препятствует заглатыванию.

Среднегодовая биомасса пищи, потребляемая звездчатым скатом за 2004-2021 гг., изменялась от 32,5 до 109,9 тыс. т, из которых от 3,1 до 27,8 тыс. т составляли промысловые рыбы (см. рисунок). В среднем ежегодное потребление промысловых рыб находилось на уровне 12,5 тыс. т. Выедание звездчатым скатом северной креветки составило от 0,4 до 14,8 тыс. т (в среднем – 4,5 тыс. т). Из промысловых рыб основной пресс хищничества звездчатого ската приходился на мойву, среднегодовое потребление которой равнялось 7 тыс. т, что значительно меньше среднего запаса мойвы

(2226 тыс. т) и ее вылова (103,1 тыс. т) за 2004-2021 гг. (Состояние сырьевых биологических..., 2022). Однако начиная с 2016 г. вылов мойвы практически отсутствовал (за исключением 2018 г.) из-за значительного снижения запаса. В то же время данные настоящего исследования показывают, что ежегодное потребление мойвы скатами не прекращалось, и пресс хищничества скатов на нерестовый запас мойвы сохранялся. Потребление трески, пикши, камбалы-ерша и сельди находилось на одном уровне – 0,8-2,0 тыс. т, окуня-клювача и сайки – до 0,2 тыс. т. Донные беспозвоночные и непромысловые рыбы потреблялись звездчатым скатом в размере 15,0 и 9,4 тыс. т соответственно.

**Состав пищи и интенсивность питания звездчатого ската
различных размерных групп в 2004-2021 гг.**

Таксон	Размерная группа, см		
	<25	25-45	>45
Эвфаузииды	6,56	4,65	1,64
Гиперииды	0,29	0,2	0,02
Краб-стригун опилио	0	2	3,61
Северная креветка	3,09	10,91	6,67
Крупные донные ракообразные	12,18	13,37	11,76
Мелкие донные ракообразные	18,89	6,69	1,94
Ракообразные не идентифицированы	1,2	0,32	0,13
Головоногие моллюски	0	1,97	3,77
Бычковые	0,26	0,32	0,47
Триглопсы	0	1,21	0,35
Окунь-клювач	0	0,19	0,06
Люмпенусы	0	1,33	2,87
Мойва	1,47	5,28	7,91
Сайка	1,22	0,58	0,23
Треска	0	1,49	2,36
Ликоды	0	0,3	0,93
Сельдь	0	0,36	1,38
Липарисы	0	0,12	0,01
Котгункулусы	1,91	1,14	0,43
Камбаловые рыбы	3,07	1,01	2,18
Прочие рыбы	7,95	5,79	11,11
Переваренная рыба	2,25	8,7	6,7
Полихеты	35,77	10,96	6,27
Медузы	0	0,02	0,04
Иглокожие	0	0,28	0,52
Моллюски	0,15	0,21	0,14
Прочие	0	19,6	25,68
Переваренная пища	3,76	1,03	0,81
Кол-во желудков:	390	1704	2225
пустых, %	40,51	23,65	26,83
СИНЖ, ‰	210,28	162,43	125,75



Потребление пищи звездчатым скатом в 2004-2020 гг.: 1 – крупные донные ракообразные; 2 – полихеты; 3 – прочая пища; 4 – рыбы промысловых видов; 5 – прочие рыбы; 6 – мойва; 7 – мелкие донные ракообразные; 8 – северная креветка; 9 – пикша; 10 – эвфаузииды

Сравнение полученных результатов потребления пищи звездчатым скатом с предыдущими за 1994-2000 гг. (Dolgov, 2005) выявило его увеличение в современный период. Поедание северной креветки уменьшилось в 2 раза, а мойвы, пикши и непромысловых рыб увеличилось в 2 раза, камбалы-ерша сохранилось на том же уровне, а эвфаузиид возросло в 3 раза.

Заключение

По итогам проведенного исследования было отмечено, что питание звездчатого ската Баренцева моря разнообразно и в основном в нем преобладают мелкие рыбы и крупные ракообразные. В ходе работы рассмотрены онтогенетические изменения в рационе ската и выделены три размерных группы, в которых заметно значительное различие в списке основных жертв. Отмечено, что так как скат поедает мелкоразмерную рыбу, то его хищничество может оказать некоторое влияние на пополнение промысловых запасов рыб и нерестовый запас мойвы. В целом полученные результаты представляются полезными для проведения мониторинга изменений в экосистеме Баренцева моря.

Список использованной литературы

Антипова, Т.В. Особенности питания колючего ската в Баренцевом море / Т.В. Антипова, Т.Б. Никифорова // Кормовые ресурсы и пищевые взаимоотношения рыб Северной Атлантики: сб. науч. тр. / ПИНРО, Ихтиол. комиссия МРХ СССР. – Мурманск: ПИНРО, 1990. – С. 167-172.

Берестовский, Е.Г. Питание скатов *Raja radiata* Donovan и *Raja fyllae* Lutken (Rajidae) в Баренцевом и Норвежском морях / Е.Г. Берестовский // Вопросы ихтиологии. – 1989. – Т. 29, вып. 6. – С. 994-1002.

Долгов А.В. Состав, формирование и трофическая структура ихтиоценов Баренцева моря / А.В. Долгов; отв. ред. К.М. Соколов; ПИНРО. – Мурманск: ПИНРО, 2016. – 336 с.

Зенкевич, Л.А. Материалы по питанию рыб Баренцева моря / Л.А. Зенкевич, В.А. Броцкая // Доклады I сессии ГОИН. – 1931. – № 4. – С. 1-35.

Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Вып. 1. Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в морях Европейского Севера и Северной Атлантики. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во ВНИРО, 2004. – 299 с.

Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева, Белого и Карского морей и Северной Атлантики в 2022 г. / А.С. Амелькина, М.Ю. Анциферов, Ю.И. Бакай [и др.]; отв. ред. К.М. Соколов; Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО») им. Н.М. Книповича). – Мурманск: ПИНРО, 2022. – 161 с.

Dolgov, A.V. Distribution, abundance, biomass and feeding of thorny skate, *Raja radiata*, in the Barents Sea / A.V. Dolgov // ICES CM 1997/GG:04. – 21 p.

Dolgov, A.V. Feeding and food consumption by the Barents Sea skates / A.V. Dolgov // J. Northw. Atl. Fish. Sci. – 2005. – Vol. 35. – P. 495-503.

Ebert, D.A. Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes, Rajiformes, Rajoidei) / D.A. Ebert, J.J. Bizzarro // Environmental Biology of Fishes 80. – 2007. – P. 221-237.

McEachran, J.D. Phylogenetic analysis of skates, a morphologically conservative clade of elasmobranchs (Chondrichthyes: Rajidae) / J.D. McEachran, K.A. Dunn // Copeia, 1998. – P. 271-290.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫМ РЫБОЛОВСТВОМ В МОРЯХ АРКТИКИ

О.И. Бетин

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

Цель настоящей статьи – обосновать направления научных исследований, обеспечивающих опережающее развитие морского промышленного рыболовства в морях Арктики, которое играет определяющую роль в устойчивом функционировании рыбохозяйственного комплекса. Под опережающим развитием понимается концепция, предусматривающая высокий темп экономического роста в среднесрочной и долгосрочной перспективах за счет качественных изменений институтов и структуры экономики России в целях сокращения отставания от стран-лидеров мировой экономики.

Основным руководящим документом для формирования направлений научно-технического развития отрасли и в частности морского промышленного рыболовства является Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (2016). Он направлен на повышение роли российской науки в обеспечении национальной, экономической и продовольственной безопасности страны. Этому поможет накопленный потенциал научных исследований в России. В Указе отмечается, что для обеспечения опережающего развития важно улучшить взаимодействие фундаментальных и прикладных исследований с реальным сектором экономики (пп. 11а;е).

Отсутствие этого взаимодействия создает риск роста отставания России от стран-мировых технологических лидеров и обесценивает внутренние инвестиции в сферу науки и технологий, снижает независимость и конкурентоспособность России в мире, ставит под угрозу национальную безопасность страны (п. 12).

В Указе Президента России названы наиболее значимые с точки зрения научно-технологического развития Российской Федерации вызовы (п. 15):

- а) исчерпание возможностей экономического роста России, основанного на экстенсивной форме эксплуатации сырьевых ресурсов;
- в) возрастание антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов и росту рисков для жизни и здоровья граждан;

ж) необходимость эффективного освоения и использования пространства, в том числе путем преодоления диспропорций в социально-экономическом развитии территории страны, а также укрепление позиций России в области экономического освоения морей Арктики.

В рассматриваемом документе обращено внимание на изменения в организации научно-технологической и инновационной деятельности в России, обусловленные следующими глобальными факторами (п.16):

а) сжатием инновационного цикла вследствие существенного сокращения времени между получением новых знаний и созданием технологий, продуктов и услуг и их выходом на рынок;

б) размыванием дисциплинарных и отраслевых границ в исследованиях и разработках;

д) возрастанием роли международных стандартов, выделением ограниченной группы стран, доминирующих в исследованиях и разработках, и формированием научно-технологической периферии, утрачивающей научную идентичность и являющейся кадровым «донором».

Для достижения цели научно-технологического развития Российской Федерации необходимо способствовать формированию модели международных сотрудничества и интеграции в области исследований и технологического развития, позволяющих защитить идентичность российской научной сферы и государственные интересы в условиях интернационализации науки и повысить эффективность российской науки за счет взаимовыгодного международного взаимодействия (п. 29д).

Указ Президента Российской Федерации № 642 от 01.12.2016 г. нашел отражение в отраслевых документах: в частности, в распоряжении Правительства Российской Федерации № 2798-р от 26 ноября 2019 г. «Об утверждении стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» (2019) и постановлении Правительства Российской Федерации № 394 от 31 марта 2020 г. «О внесении изменений в государственную программу «Развитие рыбохозяйственного комплекса» (2020).

В первом документе к приоритетным задачам проекта «Отраслевая наука и научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы» относятся:

– проведение исследовательских и экспедиционных мероприятий в целях формирования качественного обоснования объема ресурсной базы и разработка рекомендаций относительно методов и сроков освоения водных биологических ресурсов;

– проведение промысловой разведки перспективных видов водных биологических ресурсов;

– изучение перспектив промышленного рыболовства в Арктике – исследование особенностей климата и океанологической обстановки в российской части Арктики и подготовка технико-экономических обоснований (в соответствии с основополагающими принципами морской доктрины Российской Федерации);

– осуществление научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ применительно к комплексным проектам развития, включая создание специальных центров компетенций (исследований и развития) для поддержки проектов по освоению антарктического криля;

– разработка и внедрение элементов экономического анализа при определении объемов общедопустимого улова, учет влияния рыночной ситуации согласно рекомендациям отраслевых ассоциаций и экспертного совета при Федеральном агентстве по рыболовству.

В постановлении Правительства Российской Федерации № 394 от 31 марта 2020 г. «О внесении изменений в государственную программу «Развитие рыбохозяйственного комплекса» включена подпрограмма «Наука и инновации», целью которой является совершенствование механизмов внедрения научных разработок в рыбохозяйственном комплексе и создание научных основ повышения эффективности использования водных биологических ресурсов.

В стратегическом плане на 2021-2030 гг., принятом в мае 2021 г. на Арктическом совете (АС), при председательстве России обращается внимание правительства государств, входящих в состав АС, на необходимость генерирования сбора и анализа научных знаний и их распространения с учетом традиционных и местных особенностей для понимания зоны Арктики в целях оказания информационного содействия формированию политики и принятия решений в этом регионе (Стратегический план Арктического..., 2021).

В рамках международного научного сотрудничества АС в настоящее время разрабатывается 85 проектов по проблемам устойчивого развития. Проводимая АС инициатива «Корпоративная социальная ответственность и устойчивость бизнеса в Арктике» (Corporate social responsibility and sustainable business in the Arctic) направлена на поиск решения имеющихся проблем и обмен лучшими научными практиками, применяемыми в отдельных областях знаний, а в целом на разработку режимов ответственности бизнеса в Арктике (Никитина, 2013).

Для осуществления экологически безопасного морепользования необходимо фундаментальное понимание явлений и процессов, происходящих в морях и океанах (Матишов, Титова, 2020). Такого понимания нет, поскольку до сих пор не создана теория управления морскими экосистемами, на необходимость разработки которой впервые было обращено вни-

мание в 1998 г. Академики М.Е. Виноградов, Г.Г. Матишов и Д.С. Павлов в докладе на заседании президиума РАН указали на необходимость разработки теории управления морским природопользованием. Ученые назвали основные составляющие этой теории, в которой следовало бы ответить на вопросы:

- что является основным объектом управления в морепользовании;
- что представляет собой интегрированное (комплексное) управление морской экосистемой;
- в чем заключается суть экосистемного подхода в морепользовании;
- каков арсенал средств, входящих в экономическую составляющую экологически безопасного морепользования.

При формировании направлений опережающего развития промышленного рыболовства следует руководствоваться также и тенденциями развития рыбохозяйственной науки, изложенными в документах ФАО, в частности, обзоре состояния мирового рыболовства и аквакультуры в 2020 г. (Состояние мирового рыболовства..., 2020).

Для российской прикладной и фундаментальной науки в документе ФАО названы направления исследований, связанные с экологически безопасным рыболовством. К ним относятся:

- 1) проблемы обеспечения экологической устойчивости глобального и регионального рыболовства;
- 2) механизмы более тесной увязки задач в области сохранения биоразнообразия и обеспечения продовольственной безопасности;
- 3) вклад рыболовства в продовольственную безопасность и питание;
- 4) обеспечение надежных источников жизнеобеспечения, связанных с рыболовством;
- 5) экономическая устойчивость рыболовства;
- 6) воздействие климата на устойчивость рыболовства;
- 7) роль инноваций и новых информационных технологий;
- 8) перспективы в сфере политики в отношении рыболовства и водных экосистем в XXI в.

Обсуждая проблемы научного обеспечения экологически безопасного рыболовства в арктических морях, нельзя обойти вниманием такую важную область знаний, как формирование научных основ «синей экономики», которые стали формироваться с 2009 г. («Синяя экономика», 2020; The Ocean Finance..., 2020).

Чтобы «синяя экономика» как область научных знаний получала необходимый инвестиционный капитал в условиях Арктики, предприятия, предприниматели и частные лица, работающие в «синем» секторе, должны знать и понимать как вести бизнес и прогнозировать «синий» рост производства. Должны быть сформированы понятные всем заинтересованным в

продвижении «синей экономики» научные основы ее устойчивости, а также показатели и критерии.

Это вдвойне важно, когда предполагается направить инвестиции на новые проекты или концепции, которые не являются общепринятыми, следовательно, не знакомы большинству инвесторов (например, в области морского промышленного рыболовства или финансирования охраняемых акваторий в Арктике).

Развитие финансовой грамотности, опыта управления бизнесом и способности к бизнес-планированию для доведения отдельных «синих» проектов до уровня инвестиционной готовности являются жизненно важными предпосылками для перехода к «синей экономике».

В результате анализа литературных источников по проблеме «синей экономики» («Синяя экономика»..., 2022; The Ocean Finance..., 2020) можно сформулировать следующие ключевые идеи, касающиеся поддержки устойчивости «синей экономики», которые определяют задачи научного обеспечения ведения экологически безопасного рыболовства в морях Арктики:

1. Все участники процесса перехода к «синей экономике» (государственные органы, частные бизнес-предприятия, научные организации, благотворительные фонды в сфере охраны окружающей среды и др.) должны понимать язык «синей экономики». Поэтому создание справочников по «синим» понятиям и категориям следует считать приоритетной задачей научного обеспечения перехода к ней и привлечения инвесторов.

2. Готовность государства к инновациям в «синий рост» и выстраивание вертикали управления «синими инвестициями», а также финансовая грамотность и способность планировать рост «синего» бизнеса – залогом успешной реализации проектов перехода к «синей экономике».

3. Финансовой системе еще предстоит в полной мере приспособиться к условиям реализации возможностей устойчивой «синей экономики». Даже при существующей доступности инвестиционных моделей для «синего» роста масштабы инвестиций в устойчивое развитие «синей экономики» за рубежом пока невелики. Преобладают благотворительность (8,3 млрд долл.) и государственная помощь в целях развития (5 млрд долл.). Это позволяет России обеспечить опережающее развитие «синей идеи» и избежать роли постоянного догоняющего в формировании основ «синей экономики», что противоречит национальным интересам России в Арктике.

4. Существуют значительные возможности для частных инвестиций в развивающиеся секторы «синей экономики» в сфере импактного инвестирования и венчурного капитала. Масштаб и повышенный риск делают крупномасштабные инвестиции (к примеру, такие как «синие облигации»)

скорее исключением, чем правилом. Для обеспечения успеха «синего роста» необходимо перенаправление существующих потоков капитала на практику финансирования устоявшихся секторов «синей экономики».

5. Прозрачность существующих капиталовложений необходима для получения четкой картины «синей экономики» в ее настоящем виде. Потоки капитала, особенно частного, зачастую находятся в тени и добровольно не раскрываются, а если и раскрываются, то, как правило, не дезагрегируются по направлениям «синей экономики». Это является серьезным препятствием для выявления текущего состояния финансирования «синего роста», что столь важно для установления экономической отдачи в разные секторы «синей экономики».

Список использованной литературы

Матишов, Г.Г. Развитие научных основ рационального морского природопользования / Г.Г. Матишов, Г.Д. Титова // Наука Юга России. – 2020. – Т. 16, № 4. – С. 9-18.

Никитина, Е. Арктический совет: новые приоритеты устойчивого развития Севера. Актуальный комментарий. ИМЭМО РАН. – 15 ноября 2013 г. – URL: <http://pro-arctic.ru/11/12/2013/press/604> (дата обращения 20.07.2022).

Постановление Правительства Российской Федерации от 31 марта 2020 г. № 394 «О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса». – Текст электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – 2022. – URL: [http:// publication.pravo.gov.ru / Document / View / 0001202004070035?ysclid=15ce72iaqc383800229%2015cd188atm345030064](http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202004070035?ysclid=15ce72iaqc383800229%2015cd188atm345030064) (дата обращения 20.07.2022).

Распоряжение Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2019 г. № 2798-р «Об утверждении стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года и плана мероприятий по ее реализации». – Текст электронный // Консорциум Кодекс: электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/563879849?ysclid=15cdy0tpz881891578%2015cd188atm345030064> (дата обращения 20.07.2022).

«Синяя экономика» и проблемы развития Арктики / Под ред. С.М. Никонорова, К.В. Папенова, К.С. Ситкиной. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2022. – 296 с.

Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020. Меры по повышению устойчивости / ФАО. – Рим, 2020. – 223 с. – ISBN 978-92-5-132758-6.

Стратегический план Арктического совета на 2021-2030 годы (Рейкьявик, 20 мая 2021 г. – Рейкьявик, 2021. – 24 с.

Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). – Текст электронный // Гарант: информационно-правовой портал. – URL: <https://base.garant.ru/71551998/?ysclid=l5cdl88atm345030064> (дата обращения 20.07.2022).

The Ocean Finance Handbook. Increasing finance for a healthy ocean / Ocean Fox Advisory, Friends of Ocean Action. – [s. l.], 2020. – 111 p.

ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ КЛИМАТА НА ПОБЕРЕЖЬЕ НОРВЕЖСКОГО И БАРЕНЦЕВА МОРЕЙ В 1880-2021 гг.

В.Д. Бойцов

*Новгородский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«НовгородНИРО»), г. Великий Новгород*

Введение

Исследования изменчивости приземного климата на нашей планете показали, что существуют заметные пространственные различия этого процесса по ряду параметров (О пространственной неоднородности..., 2009). Это также отмечается и на региональном уровне под влиянием локальных факторов (Доклад об особенностях..., 2021). Поэтому анализ особенностей структуры колебаний основных индикаторов климата, выявление длительных фаз потепления и похолодания воздушных масс и факторов, их вызывающих, для отдельных районов суши является актуальной научной и важной практической задачей.

При изучении многолетней изменчивости климата наиболее часто используют данные инструментальных наблюдений за температурой воздуха как наиболее репрезентативного индикатора, характеризующего тепловой уровень атмосферы. Установлено, что чем продолжительнее выборки этого параметра, тем выше статистическая надежность оценок результатов анализа при остальных одинаковых условиях.

На западном побережье Скандинавии и севере Кольского п-ова, которые омывают воды Норвежского и Баренцева морей, инструментальные наблюдения за температурой воздуха на ряде метеорологических станций стали проводить в конце XIX в. Поэтому в настоящее время объем полученных характеризует динамику температуры более чем за 100 лет.

В работе представлены результаты анализа изменчивости годовой температуры воздуха метеорологических станций Берген, Тронхейм, Бодо, Тромсё (побережье Норвежского моря) и Вардё, Териберка (побережье Баренцева моря) с 1880 по 2021 г. (рис. 1). Ее ежемесячные значения находятся в свободном доступе на сайте <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/stdata/>.

При оценке изменчивости годовой температуры воздуха выделение линейного тренда и нелинейных компонент, расчеты коэффициентов корреляции и уравнений регрессии проводили с помощью опции «Анализ данных» MS Excel 2007. Для выявления спектрального состава ее колеба-

ний использовали программный комплекс «AutoSignal» (Users Guide, 2003).

Результаты и обсуждение

Гидрометеорологическая особенность рассматриваемых территорий суши и прилегающих к ним морских акваторий состоит в том, что значительное влияние на уровень обмена тепловой энергией и влагой между водной поверхностью и воздушными массами побережья оказывают воды системы Гольфстрим. Вдоль Скандинавии атлантические теплые водные массы переносит восточная ветвь Норвежского течения, а вдоль Кольского п-ова – Мурманское.

На первоначальном этапе исследования была рассчитана корреляционная матрица годовой температуры воздуха шести метеорологических станций. Результаты показали достаточно высокую сопряженность между данными ближайших по расстоянию пунктами наблюдений ($r = 0,90-0,95$) и наименьшую ($r = 0,67$) между самыми удаленными друг от друга метеостанциями Берген (юго-запад Норвегии) и Териберка (север Кольского п-ова).

В долгопериодной изменчивости температуры воздуха всех шести выборок присутствует нелинейный тренд, который может быть частью циклической составляющей со средним периодом, превышающим длину исходных данных. На рис. 1Б в качестве примера приведены графики температуры воздуха с выделенными нелинейными трендами только трех метеостанций. Все они были аппроксимированы полиномом второй степени и являются статистически значимыми при уровне доверительной вероятности $\gamma = 0,95$.

Сравнительная оценка вклада нелинейного тренда в дисперсию исходных данных годовой температуры воздуха за 142 года показала, что наблюдается его повышение от юго-западного побережья Скандинавского п-ова в северо-восточном направлении с максимальным (43 %) значением в районе Бодо. Тренд динамики температуры Тромсё изменился на 41 % (табл. 1). Следует отметить, что в районе расположения Бодо – на побережье Вест-фьорда – восточная ветвь Норвежского течения близко подходит к берегу, тогда как в районе Тромсё удаляется на север от берега на 100-120 миль перед поднятием дна с глубинами менее 200 м. На западном побережье Кольского п-ова, по данным метеостанции Вардё, вклад тренда в дисперсию температуры меньше на 7 %, чем в Тромсё, а в районе Териберки – она минимальна (23 %).

Большой вклад нелинейного тренда в изменчивость температуры воздуха на побережьях Скандинавского и Кольского п-овов в 1880-2021 гг. определяется тем, что в течение первых 50 лет наблюдалось умеренное по-

холодание воздушных масс, когда температура на 0,5-0,8 °С была ниже нормы, рассчитанной за 142 года. После 1988 г. здесь началось современное потепление климата. За 33 года на побережьях средняя температура превысила норму на 0,9-1,1 °С (табл. 2). В этот период величина вклада нелинейного тренда в изменчивость температуры воздуха в пункте наблюдений зависела от уровня ее дисперсии ($r = -0,97$). Так, в районах Бодо и Тромсё, где вклад тренда наибольший, она составила 0,33-0,34. Показатель изменчивости температуры в Териберке оказался максимальным (0,76), а вклад тренда в ее динамику – наименьшим (см. табл. 1). Это объясняется тем, что при повышенной изменчивости температуры большой вклад в ее динамику вносят циклические составляющие с меньшими периодами.

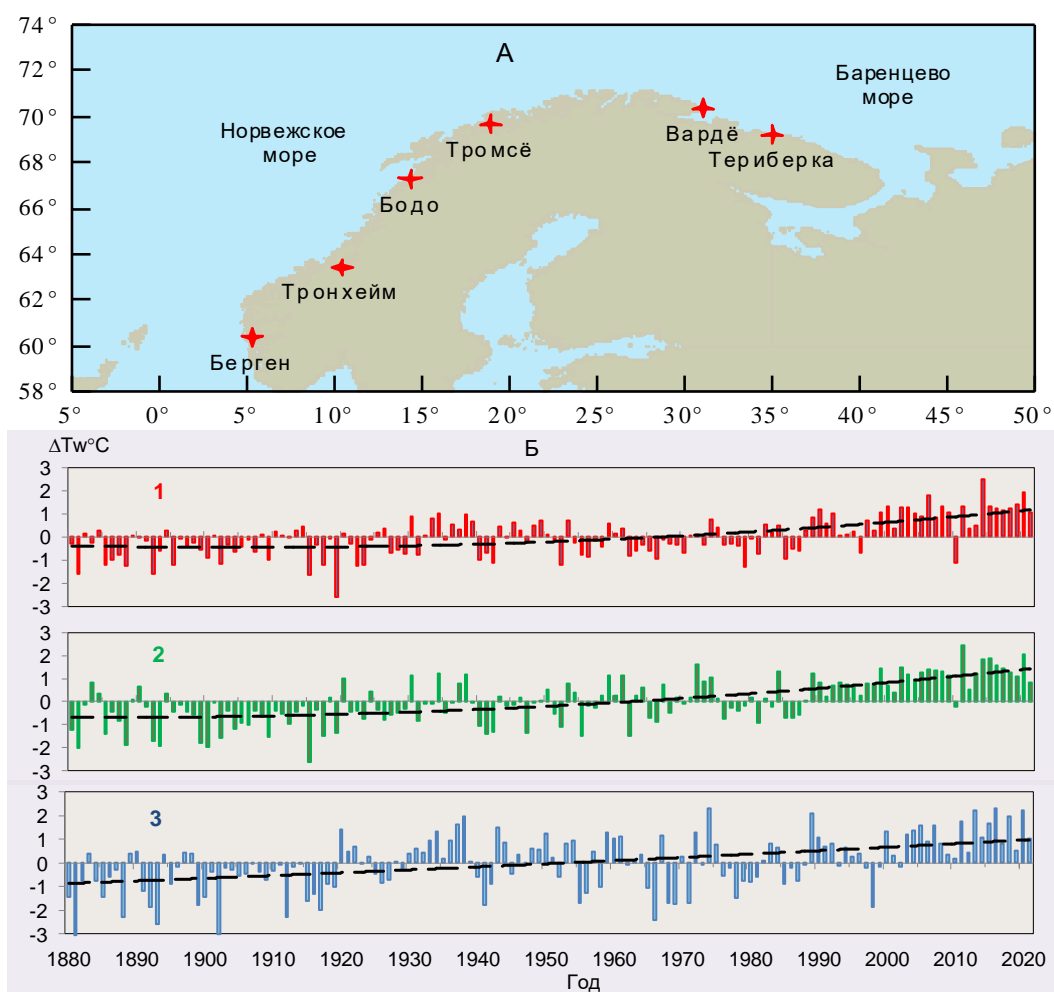


Рис. 1. Локация метеорологических станций, данные которых использовались, (А) и изменчивость аномалий годовой температуры воздуха в 1800-2021 гг. (Б) на метеостанциях Берген (1), Бодо (2) и Териберка (3)

В 1880-2021 гг. на рассматриваемой территории температура воздуха в течение каждого 10-летия увеличивалась за счет тренда в среднем на

0,14 °C/10 лет. В районе Бергена этот показатель был наименьший (0,11 °C/10 лет), в Тромсё – наибольший (0,16 °C/10 лет).

Таблица 1

Вклад линейного тренда, квазивекового цикла и их суммы в изменчивость годовой температуры воздуха в 1880-2021 гг. по данным метеостанций на побережьях Скандинавского и Кольского п-овов, %

Метеостанция	Тренд	Квазивековой цикл	Сумма тренда и цикла
Берген	35	6	41
Тронхейм	31	6	37
Бодо	43	5	48
Тромсё	41	8	49
Вардё	34	11	45
Териберка	23	7	30
Средняя	34	7	42

Таблица 2

Средние аномалии (°C) годовой температуры воздуха на метеостанциях Берген (1), Тронхейм (2), Бодо (3), Тромсё (4), Вардё (5) и Териберка (6) климатических фаз*

Период, год	Метеорологическая станция						Климатическая фаза
	1	2	3	4	5	6	
1880-1929	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,6	-0,7	Холодная
1930-1939	0,4	0,6	0,3	0,6	0,5	0,8	Умеренно-теплая
1943-1954	0,1	0,2	-0,1	0,3	0,2	0,5	Нормальная
1955-1971	-0,4	-0,4	-0,1	-0,3	-0,4	-0,4	Умеренно-холодная
1972-1988	-0,2	-0,1	0,0	0,0	-0,1	0,0	Нормальная
1989-2021	0,9	1,0	1,1	1,1	1,0	0,9	Теплая

*В таблицу не вошли данные за 1940-1942 гг., когда на всей территории произошло резкое кратковременное похолодание воздушных масс (аномалии составили -0,9 ÷ -1,4 °C).

В колебаниях годовой температуры воздуха Северного и Балтийского морей также присутствует нелинейный тренд, который имеется и в изменчивости индекса североатлантического колебания, характеризующего интенсивность зонального переноса воздушных масс с Северо-Восточной Атлантики в евро-азиатский регион (Бойцов, 2021). Этот же фактор может быть причиной наличия аналогичной составляющей в структуре колебаний температуры воздуха на побережье Скандинавского и Кольского п-овов.

После элиминации расчетных значений нелинейного тренда из исходных данных температуры воздуха шести метеостанций была выполнена проверка на присутствие во внутренней структуре ее колебаний долгопериодных циклических составляющих. Вычисления показали наличие в каждой выборке статистически значимого (при $\gamma = 0,95$) квазивекового ритма, аппроксимированного полиномами 5-й степени (рис. 2). Он являлся

результатом наличия умеренных фаз потепления воздушных масс в 1930-1940 гг. и похолодания в 1960-1975 гг., промежуточных между длительными (холодным в начале XXI в. и современным теплым) периодами. Средняя продолжительность квазивековой компоненты в колебаниях температуры на побережье Норвежского моря составляет около 80 лет, тогда как на побережье Баренцева, где воды более холодные, она на 5 лет длительнее. Наименьшая доля этого ритма в дисперсии исходных данных температуры была отмечена в районе Бодо, а наибольшая – в Вардё (см. табл. 1).

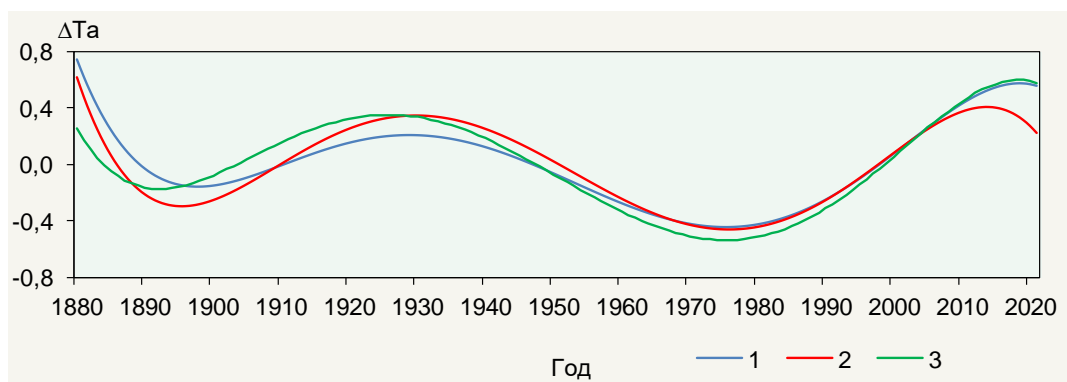


Рис. 2. Квазивековая циклическая компонента в структуре изменчивости годовой температуры воздуха в Тронхейме (1), Тромсё (2) и Вардё (3)

Вклад нелинейного тренда в дисперсию температуры воздуха в 1880-2021 гг., по данным шести метеостанций на побережье Норвежского и Баренцева морей, в среднем в 4 раза больше квазивекового ритма. Средний суммарный взнос этих долгопериодных компонент в ее изменчивость для Норвежского моря составляет 44 % и для Баренцева – 38 %. Совместно эти низкочастотные составляющие и определяют здесь долговременные особенности климата в течение 142 лет. Необходимо отметить, что в межгодовых колебаниях температуры воздуха прибрежных районов Балтийского моря также присутствуют тренд и квазивековой ритм (Бойцов, Педченко, 2018).

Кроме долгопериодных составляющих, в спектре колебаний температуры воздуха на побережье Скандинавского п-ова в 1880-2021 гг. присутствуют частоты, соответствующие периодичностям 12-13, 7-8, 5 лет и 2-3 года. Ее спектральный состав вдоль береговой линии Кольского п-ова отличается несколько большей длительностью самой низкочастотной из этих компонент (13-14 лет) и отсутствием 5-летнего цикла. В колебаниях температуры воздуха Балтийского моря также есть близкие по составу ритмические компоненты – 11-13, 7-8, 5-6 и около 2 лет, которые были выявлены по данным за 1900-2016 гг. (Бойцов, Педченко, 2018). Это указыва-

ет на устойчивость во времени спектрального состава температуры воздушных масс на побережье трех морей.

Список использованной литературы

Бойцов, В.Д. Долгопериодная изменчивость температуры поверхности Северного и Балтийского морей в 1900-2020 гг. / В.Д. Бойцов. – DOI 10.33933/2713-3001-2021-63-236-254 // Гидрометеорология и экология. – 2021. – № 63. – С. 236-254.

Бойцов, В.Д. Долгопериодная изменчивость температуры воздуха Балтийского моря в 1900-2016 гг. / В.Д. Бойцов, А. П. Педченко // XIX Международный экологический форум «День Балтийского моря» (г. Санкт-Петербург, 22-23 марта 2018 г.): сборник материалов. – СПб.: Свое Издательство, 2018. – С. 219-225.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год: офиц. изд. Росгидромета. – Москва, 2021. – 104 с.

О пространственной неоднородности некоторых параметров глобальной изменчивости современного климата / В.И. Бышев, В.Г. Нейман, Ю.А. Романов, И.В. Серых // Доклады РАН. – 2009. – Т. 426, № 4. – С. 543-548.

AutoSignal. Pioneering Automated Signal Analysis and Advanced Filtering. User's Manual / SeaSolve Software Inc. – Framingham, 2003. – 479 p.

К ВОПРОСУ О СНИЖЕНИИ ЗАРАСТАНИЯ МАКРОФИТАМИ ВОДОЕМОВ ВОСТОЧНО-АХТАРСКОГО НЕРЕСТОВО-ВЫРОСТНОГО ХОЗЯЙСТВА

*Л.Г. Бондаренко, С.Н. Кульба, В.И. Петрашов, С.С. Смирнов,
Е.И. Матвеева, Н.А. Рудакова
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону*

Введение

Водоёмы Восточно-Ахтарского нерестово-выростного хозяйства (ВАНВХ) служат местом нереста полупроходных судака и тарани.

Цель настоящей работы – на основании анализа материалов по гидрологическому режиму, биомассе и площади зарастания растительностью водоемов Восточно-Ахтарского нерестово-выростного хозяйства Ахтарско-Гривенской группы азовских лиманов разработать рекомендации по снижению зарастания макрофитами за счет интродукции биологического мелиоратора – белого амура.

Методика

Восточно-Ахтарское нерестово-выростное хозяйство основано в 1949 г., расположено в Ахтарско-Гривенской системе азовских лиманов юго-восточнее Ахтарского лимана. В состав хозяйства входят лиманы Чумяный, Солёный 1, Солёный 2, Черепановский, Скелеватый, Комковатый, Ахтарские солёные озера, общая площадь которых составляет 9370 га. Проектная мощность хозяйства – 600 млн экз. молоди тарани и 150 млн экз. молоди судака. Площадь водоемов, зависящая от обеспеченности водой, в многоводные годы достигает 11500 га, в маловодные составляет 4500 га (Цуникова, 2006). Основной поверхностный приток пресной воды в водоемы поступает по Магистральному сбросному каналу (Джерелиевский главный коллектор) Марьяно-Чебургольской оросительной системы и опреснительной системе из р. Протоки – рукава р. Кубани – через Кирпильский лиман (см. рисунок).

Для разработки рекомендаций по снижению зарастания водоемов использованы материалы экспедиционных исследований 2020-2021 гг. Сбор и обработку ботанических проб выполняли по общепринятым методикам (Шехов, 1971а; Катанская, 1981). Для работы с пространственными данными за картографическую основу были взяты карты ФГУП «Госгисцентр».

Карты использовались для определения береговой линии и площади исследуемых водоемов; площадь мокрых плавней, прилегающих к лиманам, не учитывалась. Площадь зарастания лиманов водной растительностью определяли по снимкам, полученным с помощью спутника Европейского космического агентства Sentinel-2. В работе было использовано 16 спутниковых снимков, сделанных в весенне-летний период в 2020-2021 гг. Для выделения водной поверхности использовали водный индекс (MNDWI – Normalized Difference Water Index – модифицированный нормализованный разностный водный индекс), в качестве индикатора растительности – радиометрический вегетационный индекс (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index — нормализованный относительный индекс растительности, показатель количества фотосинтетически активной биомассы). О точности дистанционного изучения зарастания лиманов судили по данным ботанических съемок и визуальным наблюдениям.



Схема водоемов Восточно-Ахтарского нерестово-выростного хозяйства:
 1 – лиман Ахтарский; 2 – лиман Комковатый; 3 – лиман Скелеватый;
 4 – Ахтарские соленые озера; 5 – лиман Соленый 2; 6 – лиман Черепановский;
 7 – лиман Соленый 1; 8 – лиман Чумяный

Результаты

Водоемы Восточно-Ахтарского нерестово-выростного хозяйства служат местом нереста и нагула молоди полупроходных судака и тарани. Известно, что чрезмерное зарастание водоемов водной растительностью затрудняет нерестовые миграции, приводит к сокращению площади нерестилищ и нагула полупроходных рыб. Оптимальная площадь зарастания нерестово-выростных водоемов воздушно-водной растительностью (гелофиты) не должна превышать 10 %, погруженной (гидрофиты) – 30 % от общей акватории. Фитомасса гидрофитов для судака не должна превышать 10-15 т/га в сырой массе, для тарани – 10-30 т/га (Цуникова, 2006). Судак предпочитает нереститься в малозаросших лиманах с небольшой прозрачностью, тарань – в заросших водоемах с доминированием рдестов, урути, в меньшей степени она использует харово-роголистниковые лиманы (Шехов, 1971б). Во всех водоемах ВАНВХ гелофиты представлены тростником южным, гидрофиты – рдестом гребенчатым – *Stuckenia pectinata* L., роголистником погруженным – *Ceratophyllum demersum* L., харой мелкошиповатой – *Chara aculeolata* Kütz., улотриksom поясным – *Ulothrix zonata* (Web.et Mohr.) Kütz. В лиманах Комковатый и Скелеватый встречаются также уруть колосистая *Myriophyllum spicatum* L., наяда морская *Najas marina* L. Водоемы ВАНВХ сильно зарастают гелофитами и гидрофитами. Зарастание водоемов зависит от обеспеченности водой. В маловодном 2020 г. практически вся акватория, не заросшая гелофитами, заросла гидрофитами. Их средняя сырая масса по лиманам Чумяный, Соленый 1 и Соленый 2 составила 91 т/га. В многоводном 2021 г. уровень воды в лиманах поднялся в среднем на 0,4 м, площадь зарастания гидрофитами в этих трех лиманах в целом снизилась до 64,2 %, фитомасса – до 38 т/га.

Несмотря на снижение зарастания водоемов в 2021 г., развитие макрофитов во всех водоемах превышало оптимальные значения для нагула молоди судака, а в лиманах Комковатый, Скелеватый, Соленый 1 – для нереста и нагула тарани. Общая площадь зарастания акватории всех водоемов водной растительностью в 2021 г. составила 77,7 %, в том числе гидрофитами – 43,6 % (табл. 1).

Согласно государственному заданию, хозяйство проводит мелиоративные работы только в сильно заросших лиманах Комковатый и Скелеватый (табл. 2).

Наши исследования показали, что проведенные в течение 2018-2020 гг. мелиоративные мероприятия привели к незначительному снижению зарастания этих водоемов в 2021 г. Вероятно, невысокая эффективность выкоса тростника связана со сроками и периодичностью его

выкоса. Известно, что тростник в лиманах лучше выкашивать дважды: в мае и июне, в этом случае он не растет в течение 4 лет, при выкосе в более поздние сроки тростник восстанавливается уже на следующий год (Шехов, 1974). Доминирующие виды гидрофитов водоемов могут размножаться вегетативно, поэтому на следующий год после выкоса они могут практически полностью восстановить биомассу.

Таблица 1

Характеристика зарастания водной растительностью водоемов ВАНВХ в 2021 г.

Водоем	Площадь, га*	Площадь зарастания растительностью, %			Сырая масса гидрофитов	
		тростник	гидрофиты	всего	тыс. т	т/га
Чумяный	802	19,6	67,4	87,0	15,7	29
Соленый 1	100	49,5	30	79,5	5,1	17
Соленый 2	228	27,4	67,9	95,3	11,6	75
Ахтарские соленые озера и Черепановский	784	44,4	17,6	62,0	-	-
Комковатый	1295	36,9	45,9	82,8	41,6	70
Скелеватый	1272	33,8	39,1	72,9	24,9	50
Все водоемы	4482	34,2	43,6	77,7	99	48

*Без прилегающих плавней.

Таблица 2

Мелиоративные работы в лиманах Комковатый и Скелеватый

Вид работы	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Выкос гелофитов, га	200	195,7	487
Выкос гидрофитов, га	525	547	537
Вселение белого амура, тыс. экз.	55,21	68,04	89,00

Ранее проведенными исследованиями доказана высокая эффективность использования белого амура для подавления водной растительности азовских лиманов (Цуникова, Тевяшова, 2008). В водоемах Восточно-Ахтарского нерестово-выростного хозяйства доминируют гидрофиты, которые являются излюбленным кормом для белого амура: рдест гребенчатый, нитчатые и харовые водоросли. Однако уровень зарыбления белого амура очень низкий. Например, в лиманы Комковатый и Скелеватый ежегодно выпускают от 55,21 до 89,00 тыс. экз. белого амура, что составляет 23-35 экз./га (см. табл. 2). При таких объемах зарыбления общий расчетный рацион амура трех поколений в 2021 и 2022 гг. составит 4,04 тыс. т для Комковатого и 2,63 тыс. т для Скелеватого, что намного

меньше продукции гидрофитов в этих лиманах даже в многоводный 2021 г. – 41,6 и 24,9 тыс. т.

Для снижения биомассы гидрофитов до оптимальных значений целесообразно единовременно зарыбить белым амуром водоемы с фитомассой более 30 т/га: Комковатый, Скелеватый, Солёный 2. Расчеты по зарыблению этих водоемов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Расчет эффективности вселения белого амура в водоемы ВАНВХ

Показатель	Возраст, год			
	1	1+	2+	3+
<i>Бионормативы выращивания белого амура в кубанских лиманах (Цуникова, Тевяшова, 2008)</i>				
Средняя масса амура, кг	0,025	0,52	2,14	4,4
Выживаемость от годовиков, %		40	20	15
Годовой рацион 1 экз., т		0,012	0,054	0,178
Лиман Комковатый (площадь 1295,6 га)				
<i>Расчет годового рациона и рыбопродуктивности при вселении 1000 тыс. экз. белого амура</i>				
Площадь зарастания гидрофитами, га	594,5			
Численность белого амура, тыс. экз.	1000	400	200	150,0
Масса белого амура, т	25	208	428	660
Средняя рыбопродуктивность в лимане, кг/га		141,2	169,8	179,1
Годовой рацион белого амура, т		4800	10800	26700
<i>Расчет остаточной биомассы гидрофитов</i>				
Р/В коэффициент гидрофитов (Папченков, 2003)		1,2	1,2	1,2
Остаточная продукция гидрофитов, т		45423	41548	17817
Биомасса гидрофитов, т/га	70,4	63,7	58,2	25,0
Лиман Скелеватый (площадь 1272,3 га)				
<i>Расчет годового рациона и рыбопродуктивности при вселении 500 тыс. экз. белого амура</i>				
Площадь зарастания гидрофитами, га	497,5			
Численность белого амура, тыс. экз.	500	200	100	75
Масса белого амура, т	12,5	104	214	330
Средняя рыбопродуктивность в лимане, кг/га		71,9	86,5	91,2
Годовой рацион белого амура, т		2400	5400	13350
<i>Расчет остаточной биомассы гидрофитов</i>				
Р/В коэффициент гидрофитов		1,2	1,2	1,2
Остаточная продукция гидрофитов, т		27268	26242	15470
Биомасса гидрофитов, т/га	50,5	45,7	44,0	25,9
Лиман Солёный 2 (площадь 227,96 га)				
<i>Расчет годового рациона и рыбопродуктивности при вселении 270 тыс. экз. белого амура</i>				
Площадь зарастания гидрофитами, га	154,8			
Численность белого амура, тыс. экз.	270	108	54	40,5

Показатель	Возраст, год			
	1	1+	2+	3+
Масса белого амура, т	6,8	56,2	115,6	178,2
Средняя рыбопродуктивность в лимане, кг/га		216,7	260,6	274,8
Годовой рацион белого амура, т		1296	2916	7209
<i>Расчет остаточной биомассы гидрофитов</i>				
Р/В коэффициент гидрофитов		1,2	1,2	1,2
Остаточная продукция гидрофитов, т		12636	11664	5346
Биомасса гидрофитов, т/га	75,0	68,0	62,8	28,8

В настоящее время осуществить такой масштабный выпуск – около 1770 тыс. экз. белого амура – невозможно из-за высокой стоимости данных мероприятий. Целесообразно провести биологическую мелиорацию в первую очередь в лимане Комковатый, который ближе всех расположен к Азовскому морю, через него проходят миграционные пути полупроходных рыб в другие водоемы ВАНВХ.

Список использованной литературы

Катанская, В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР: методы изучения / В.М. Катанская. – Л.: Наука, 1981. – 187 с.

Папченков, В.Г. Продукция макрофитов вод и методы ее изучения / Г.В. Папченков // Гидробиотаника: методология, методы: матер. школы по гидробиотанике (п. Борок, 8-12 апреля 2003 г.). – Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2003. – С.137-145.

Цуникова, Е.П. Водоемы Восточного Приазовья. Рыбохозяйственное значение и оптимизация их использования / Е.П. Цуникова // Ростов-на-Дону: Медиаполис, 2006. – 225 с.

Цуникова, Е.П. Биологическая мелиорация водоемов Азово-Кубанского района. Технологическая инструкция / Е.П. Цуникова, Л.Е. Тевяшова. – Ростов-на-Дону: Медиаполис, 2008. – 63 с.

Шехов, А.Г. Прибор для взятия проб водной растительности / А.Г. Шехов // Ботанический журнал. – 1971а. – Т. 56, № 2. – С. 254-257.

Шехов, А.Г. Растительность Кубанских лиманов: специальность 03.094 «Ботаника»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / А.Г. Шехов. – Ростов-на-Дону, 1971б. – 24 с.

Шехов, А.Г. Влияние сроков выкоса на возобновление зарослей тростника и рогоза / А.Г. Шехов // Гидробиологический журнал. – 1974. – Т. 10, № 3. – С. 61-65.

ИСТОРИЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФГБУ «МУРМАНСКОЕ УГМС» И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МОРЯХ СЕВЕРО-ЕВРОПЕЙСКОГО БАССЕЙНА

А.В. Боровков

ФГБУ «Мурманское УГМС», г. Мурманск

Мурманское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды выполняет государственные функции и оказывает услуги физическим и юридическим лицам, органам государственной власти в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, включающие в себя:

– определение метеорологических, климатических, аэрологических, гидрологических, океанологических, гелиогеофизических, агрометеорологических характеристик окружающей природной среды;

– определение уровня загрязнения (включая радиоактивное) окружающей природной среды (атмосферного воздуха, почв, поверхностных вод и морской среды, в том числе по гидробиологическим показателям);

– подготовку и предоставление потребителям прогностической, аналитической и расчетной информации о состоянии окружающей природной среды, ее загрязнении (включая радиоактивное);

– формирование и ведение банков данных в области гидрометеорологии и смежных с ней областях.

Начало океанографических исследований Мурманского управления гидрометслужбы относится к довоенному периоду, когда в 1936 г. в составе Мурманской геофизической обсерватории была создана группа морских экспедиционных исследований. С началом Великой Отечественной войны Мурманское управление было реорганизовано в Управление Гидрометслужбы Северного флота и принимало активное участие в обеспечении гидрометеорологической информацией театра военных действий. С 1942 г. экспедиционные наблюдения в Баренцевом море проводились на парусно-моторных ботах в Кольском и Мотовском заливах. Несмотря на опасность плавания в открытом море в военное время, океанографические наблюдения и экспедиции продолжались у Мурманского побережья, в юго-восточной части Баренцева моря, у западного побережья Новой Земли. За период Отечественной войны была проведена огромная работа по обобщению материалов наблюдений в море,

создано большое количество гидрометеорологических пособий, обзоров и очерков («Атлас суммарных течений Баренцева моря», «Гидрометеорологическая характеристика Баренцева моря» и др.).

В 1946 г. Мурманскому управлению были возвращены «гражданские» функции, что позволило проводить самостоятельную научно-исследовательскую работу на Баренцевом море. Постепенно район исследований значительно расширился. Он охватывал наблюдения в прибрежной зоне Мурмана, южной и юго-западной частях Баренцева моря, а с 1953 г. начались ежегодные экспедиции по изучению гидрометеорологического режима северных малоизученных районов моря.

В целях расширения гидрометеорологических исследований Баренцева моря, разработки методик морских гидрологических прогнозов и создания научно-прикладных пособий для рыбохозяйственных организаций, а также в связи с резко увеличившимися объемами рыбодобычи на северных морях в 1954 г. была утверждена схема стандартных гидрологических разрезов открытой части моря и прибрежных районов.

В 1976 г. приказом по Главному управлению гидрометслужбы утверждается список вековых разрезов (в Баренцевом море их было выделено пять), съемка которых должна была производиться не реже одного раза в квартал, а съемка разреза «Кольский меридиан» (33°30' в.д. от Кольского залива на север до 75° с.ш.) – ежемесячно. Этот разрез по сей день имеет самый длинный ряд регулярных стандартных океанографических наблюдений в Баренцевом море. А впервые он был выполнен в мае 1900 г. на пароходе «Андрей Первозванный» под руководством Н.М. Книповича.

В дальнейшем, с освоением новых промысловых районов перед Гидрометслужбой ставится задача детального изучения гидрометеорологического режима Норвежского и Гренландского морей. Важным, принципиально новым шагом в исследовании Баренцева моря явилось внедрение в практику экспедиционных работ постановки буйковых станций, как в открытом море, так и в прибрежных районах.

В 1970-е годы послевоенные научно-исследовательские суда Мурманского управления выработали свой ресурс. На смену им пришло НИС «Всеволод Березкин», которое участвовало в программах «ПИГАП», «ПОЛЭКС», «РАЗРЕЗЫ» и др., и представляло СССР на международной океанографической выставке в Великобритании.

Первый и единственный научно-исследовательский ледокол «Отто Шмидт» за время работы в Гренландском, Норвежском, Баренцевом и Карском морях проводил уникальные исследования в прикромочной зоне этих морей. По итогам этих работ были получены термодинамические,

физико-механические и гидрохимические характеристики дрейфующих льдов, изучена их загрязненность.

НИС «Виктор Буйницкий» с 1986 по 2014 г. участвовало в ряде уникальных международных экспедиций по изучению радиоактивного загрязнения морской среды Новоземельского желоба, губ и заливов Новой Земли и исследованиях гидрометеорологических условий по трассе Северного морского пути.

По итогам всех экспедиционных исследований в Мурманском управлении гидрометслужбы проделана большая работа по занесению результатов морских исследований с бумажных на электронные носители и созданию базы данных морских гидрометеорологических наблюдений.

На сегодняшний день морская зона обслуживания Мурманского УГМС включает Кольский и Кандалакшский заливы, Баренцево, Гренландское моря и побережье Норвегии. В наблюдательную сеть Мурманского управления входят 13 морских прибрежных гидрометеорологических станций и постов, а также гидрометеорологическая обсерватория Баренцбург на архипелаге Шпицберген.

ФГБУ «Мурманское УГМС» осуществляет специализированное гидрометеорологическое обслуживание (СГМО) по маршрутам переходов судов, морских работ, в том числе буксировок плавучих буровых установок, а также СГМО администраций портов и коммерческих структур, связанных с рыболовством, морскими грузопассажирскими перевозками и разработкой полезных ископаемых на континентальном шельфе.

Для планирования и обеспечения различных работ в море (погрузочно-разгрузочные операции в открытом море, выгрузка на острова, сроки выхода буровых судов на точки бурения, сроки навигации, рейсы судов по маршрутам и т.д.) Мурманское УГМС выпускает анализы, обзоры и консультации. Наиболее востребованной информацией являются специализированные прогнозы погоды и волнения на 1-5 суток, штормовые предупреждения, предупреждения о неблагоприятных явлениях и информация о ледовой обстановке. Основными потребителями морской гидрометеорологической информации являются предприятия и организации рыболовства, рыбоводства, морского транспорта и портовых служб.

Ежедневно в Мурманском Гидрометцентре составляется бюллетень прогноза погоды по всей зоне ответственности. Наиболее эффективным инструментом для его подготовки является комплексный метод, представляющий синтез синоптического анализа с привлечением расчетных данных.

На начальном этапе работы анализируются гидросиноптические карты: сводные карты прибрежных, судовых и наземных наблюдений. Анализ карт производится последовательно срок за сроком, с соблюдением принципа непрерывности. Анализируя последовательность развития процесса можно получить представление о характере изменений явления во времени и пространстве, что в конечном итоге позволит рассчитать его характеристики в будущем.

Прогнозирование волнения – это процесс оценки того, как будут изменяться параметры волнения под действием ветра на водную поверхность. При подготовке прогноза используются все доступные расчетные модели ветрового волнения как отечественных, так и зарубежных центров и оперативные данные, поступающие с судов в открытом море, которые проводят попутные гидрометеорологические наблюдения. Следует отметить, что данные оперативных наблюдений обладают недостаточной плотностью, так как гидрометеорологические станции расположены в прибрежной зоне, а суда, передающие информацию о текущих погодных условиях, находящиеся на промысле или переходах, стараются избегать зоны неблагоприятной погоды.

В северных и умеренных широтах в зимнее время при сильных ветрах и отрицательных температурах воздуха происходит обледенение судов. Опасности обледенения в той или иной степени подвергаются суда почти всех типов, независимо от их размеров, водоизмещения и конструкции. Наибольшую опасность обледенение представляет для малых судов с низким бортом, которые в штормовую погоду подвергаются сильному забрызгиванию и заливанию забортной водой, а это в первую очередь касается рыболовных судов. Таким образом, опасность обледенения вызывает необходимость ограничения районов плавания, приводит к сокращению сроков навигации, затрудняет планирование различных промысловых работ в море. Исходными элементами для составления прогноза обледенения судов являются прогнозы направления и скорости ветра, температуры воздуха, осадков. Наряду с этим следует учитывать температуру поверхностного слоя воды и волнение моря.

Международное сотрудничество в оперативном океанографическом обслуживании осуществляется под эгидой Всемирной метеорологической организации (ВМО). Для решения задачи по созданию надежных метеорологических прогнозов и предупреждений об опасных явлениях погоды разработана программа по морской метеорологии и океанографии. В рамках этой программы регулярные бюллетени о состоянии моря и прогнозы погоды передаются через Глобальную систему по обнаружению терпящих бедствие и безопасности мореплавания. Морская гидрометеорологическая информация передается с использованием

теленавигационной системы NAVTEX для прибрежных районов и спутниковой системы SafetyNET для открытых районов моря. Мурманский Гидрометцентр для системы NAVTEX два раза в сутки готовит прогнозы погоды, предупреждения о неблагоприятных и опасных явлениях по побережью Мурманска. Для системы SafetyNET также два раза в сутки составляются прогнозы, предупреждения о неблагоприятных и опасных явлениях как для побережья Мурманска, так для и восточных районов Баренцева моря.

Важнейшей задачей Росгидромета и его территориальных подразделений являются прогнозирование и фиксирование опасных явлений, предупреждение органов государственной власти, отраслей экономики и населения об этих явлениях в целях предотвращения гибели людей и снижения экономического ущерба. Решение этой задачи возложено на наблюдательную сеть и оперативно-прогностические подразделения, занимающиеся прогнозированием опасных явлений, подготовкой и выпуском штормовых предупреждений и штормовых оповещений.

К опасным природным явлениям относятся отдельные гидрометеорологические явления или их комплекс, воздействие которых может представлять угрозу жизни или здоровья граждан, а также может наносить материальный ущерб. Гидрометеорологические явления оцениваются как опасные при достижении ими определенных критериев. Для каждого территориального управления Росгидромета разработан региональный перечень и критерии Опасных Явлений (ОЯ) по обслуживаемой территории с учетом природно-климатических особенностей и хозяйственно-экономических условий. При разработке критериев учитывается, что климатическая повторяемость явлений должна составлять не более 10 % и эти явления представляют угрозу безопасности людей и могут нести значительный ущерб большинству отраслей экономики.

В Мурманском УГМС утвержден следующий перечень и критерии опасных морских гидрометеорологических явлений:

- ветер в порывах не менее 25 м/с на акваториях портов, со средней скоростью не менее 30 м/с на акваториях обслуживаемых морей, в порывах не менее 35 м/с на побережье Мурманска;
- сильное волнение, высота волн не менее 8,0 м на акватории обслуживаемых морей и высота волн не менее 6,0 м на побережье Мурманска и по району работ судов и буровых установок;
- быстрое обледенение судов.

Количество ежегодно зафиксированных опасных явлений и выпуск штормовых предупреждений в зоне обслуживания Мурманского УГМС за последнее десятилетие колеблется от 20 до 39 в год.

После детального анализа диагностической и прогностической информации о погоде и состоянии поверхности моря, оценки явления по критериям ОЯ и времени его наступления составляется штормовое предупреждение об опасном явлении. Телеграмма со штормовым предупреждением направляется открытым текстом в формате, исключающем неопределенность толкования. Штормовые предупреждения представляются с максимально возможной заблаговременностью, независимо от того, предусматривалось ли оно в ранее выпущенных прогнозах погоды. Штормовое предупреждение должно содержать порядковый номер, дату, время наступления, продолжительность явления, район возникновения, наименование, максимальную интенсивность. Содержание штормового предупреждения немедленно доводится до органов управления Государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, исполнительной власти и других потребителей.

После окончания действия опасного явления на акваториях морей совместно со Службой наблюдения за судами и диспетчерами мурманских флотов составляется донесение о прошедшем опасном явлении, с указанием количества судов, находившихся в штормовой зоне, их действий и возможных происшествиях во время шторма.

Метеорологические и океанографические наблюдения в морях и океанах организуются и производятся согласно Международной конвенции по охране человеческой жизни на море (СОЛАС), «Устава службы на судах», положениям о Всемирной метеорологической организации, членом которой является Российская Федерация.

Выполняя международные обязательства России по организации и поддержанию функционирования национальной схемы судовых гидрометеорологических наблюдений, Мурманское УГМС обеспечивает обучение, проведение вводных инструктажей и консультаций, снабжение бланковым материалом и гидрометеорологическими пособиями экипажей судов, проводящих метеорологические и океанографические наблюдения.

ФГБУ «Мурманское УГМС» регулярно обращается к судовладельцам с просьбой о проведении штурманским составом попутных гидрометеорологических наблюдений и дальнейшей передаче полученных данных по международному коду КН-01с. Согласно пункту 6.6.1 Руководства по морскому метеорологическому обслуживанию (ВМО № 471, 2002), передача гидрометеорологических сводок в системе INMARSAT осуществляется без финансовых затрат со стороны судна.

К сожалению, на сегодняшний день отсутствуют правовые механизмы, обязывающие штурманский состав судов проводить попутные гидрометеорологические наблюдения. Сотрудники Мурманского управления лишь предлагают штурманскому составу мурманских флотов осуществлять на добровольной основе регистрацию и передачу данных о текущей погоде в море, но окончательное решение о производстве этих работ полностью относится к компетенции руководства организаций, осуществляющих эксплуатацию каждого конкретного судна.

Организация проведения регулярных наблюдений за погодой в Баренцевом море и морях Северо-Европейского бассейна позволит способствовать выпуску более точных и качественных морских гидрометеорологических прогнозов и предупреждений, что приведет к увеличению экономической эффективности и безопасности осуществления морских операций в Российском секторе Арктики.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТОЛИТОВ ЕВРОПЕЙСКОГО АНЧОУСА *ENGRAULIS ENCRASICOLUS* ИЗ РАЗНЫХ РАЙОНОВ ЧЕРНОГО МОРЯ

Л.А. Бугаев^{1,3}, А.В. Войкина^{1,2}, Н.А. Небесихина¹, С.А. Негода¹

¹ Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),

г. Ростов-на-Дону

² Донской государственный технический университет,

г. Ростов-на-Дону

³ Кубанский государственный университет, г. Краснодар

Европейский анчоус, или хамса *Engraulis encrasicolus* L., благодаря многочисленности и высоким темпам воспроизводства является в настоящее время основным промысловым видом в Азово-Черноморском бассейне. Его доля в общем вылове рыб всеми причерноморскими государствами составляет более 60 %, достигая в отдельные годы 80 %.

Европейский анчоус имеет сложную внутривидовую структуру. В Азово-Черноморском регионе он представлен двумя подвидами (расами), отличающимися по ряду морфологических признаков: черноморский *Engraulis encrasicolus ponticus* Alexandrov и азовский *Engraulis encrasicolus maeoticus* Pusanov (Световидов, 1964).

Как правило, промысел анчоуса (как азовского, так и черноморского) ведется в местах его зимовальных скоплений. Учитывая пересекающиеся пути зимних миграций популяций азовского и черноморского анчоуса, можно предположить, что на акватории Азово-Черноморского бассейна существуют районы, где эти подвиды образуют смешанные скопления.

В настоящее время одним из эффективных и доступных методов популяционных исследований, получивших широкое развитие в мире, является отолитометрия (Campana, 1993; Орлов, Афанасьев, 2013; Zengin, Saygin, Polat, 2015).

Цель исследования – изучение морфометрических особенностей отолитов европейского анчоуса из разных районов Черного моря по комплексу показателей.

Материалом для исследования являлись особи европейского анчоуса, которые были отобраны в местах зимовки из траловых уловов промысловых судов в Черном море: район г. Анапа (далее – Кавказский район), Республика Абхазия (далее – Абхазский район) и Турция (далее – побережье Турции) в 2017-2018 гг. (рис. 1). Всего биологическому анализу было подвергнуто 477 экземпляров рыб.



Рис. 1. Карта-схема районов отбора проб: 1 – Кавказский район; 2 – Абхазский район; 3 – побережье Турции

С помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм проводилось измерение длины рыбы. У каждой особи извлекали отолиды, отмывали в нашатырном спирте и просветляли в глицерине. Возраст определяли по количеству годовых колец на отолидах согласно общепринятым методикам (Чугунова, 1959).

Для получения фотоизображения отолида использовали стереоскопический микроскоп МСП-2 вариант 2 с цифровой камерой МС-3 («ЛОМО», Россия). При помощи компьютерной программы ImageView измеряли длину (OL), ширину (OW), периметр (P), площадь (A) и угол центральной борозды (β) отолида, как показано на рис. 2.

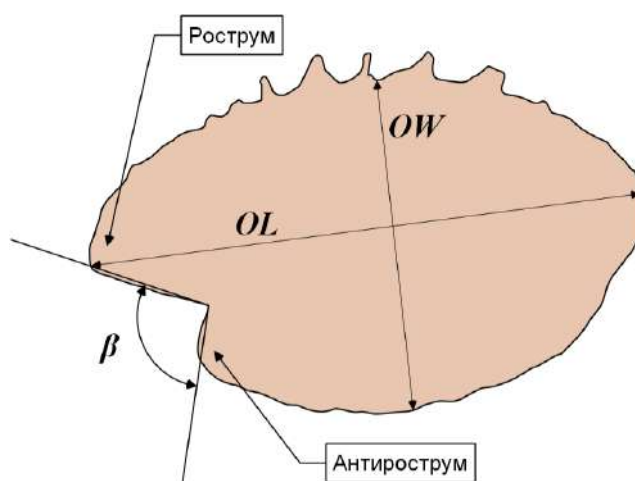


Рис. 2. Схема измерения морфометрических параметров отолида европейского анчоуса (Сказкина, 1965): OL – длина; OW – ширина; β – угол отолида, характеризующий открытие центральной борозды

В целях нивелирования влияния размера рыб на линейные характеристики отолитов были рассчитаны относительные индексы по отношению к промысловой длине рыб (l). Также на основании линейных измерений каждого отолита был рассчитан ряд индексов, характеризующих его форму: индекс отолита, циркулярность, прямоугольность, округлость, форм-фактор и эллиптичность (табл. 1).

Таблица 1

Морфометрические параметры отолитов и формулы расчета индексов их формы

Параметр отолита	Морфометрический показатель отолита	Формула расчета
Длина (Otolith Length, OL)	Индекс длины	OL/l
Ширина (Otolith Breath, OB)	Индекс ширины	OB/l
Периметр (Perimeter, P)	Индекс периметра	P/l
Площадь (Area, A)	Индекс площади	A/l^2
Угол (β)	Индекс отолита	OL/OB
	Циркулярность	P^2/A
	Прямоугольность	$A/(OL \times OB)$
	Округлость	$4 \times A/(\pi \times OL^2)$
	Форм-фактор	$4 \times \pi \times A/P^2$
	Эллиптичность	$(OL - OB)/(OL + OB)$

Статистический анализ данных проводили с помощью программы STATISTICA V.10. Межгрупповые различия оценивали с применением дисперсионного анализа Крускала-Уоллиса; достоверными считали те, для которых $p < 0,05$.

Хамса, выловленная в районе Кавказского побережья и вдоль побережья Турции, характеризовалась наибольшей представленностью особей с длиной в диапазоне 8-10 см. Рыбы, отловленные у побережья Абхазии, были представлены парой модальных групп: 6,5-7,5 и 8,5-9,5 см (рис. 3).

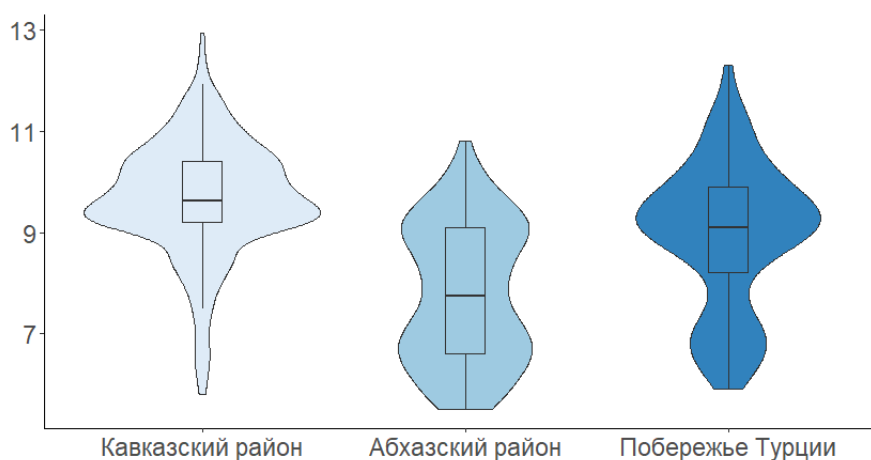


Рис. 3. Распределение рыб по длине (см) и медиана в исследуемых выборках

Размерно-массовые характеристики особей находятся в тесной зависимости от воздействия экологических факторов на организм. В особой степени это относится к ранним этапам онтогенеза, когда наблюдается максимальный линейный прирост тела рыб. В этой связи оценка динамики роста и абсолютные линейные характеристики могут косвенно отражать степень оптимальности среды обитания для рыб. Изучение особенностей прироста рыб в ходе онтогенеза отражены на рис. 4. Видно, что на первом году жизни хамса, выловленная в Кавказском и Абхазском районах, меньше по длине, чем рыбы того же возраста, отловленные у побережья Турции. В возрасте 1+ – 2+ длина рыб в Кавказском районе и на побережье Турции делается схожей; статистических различий между выборками не отмечено.

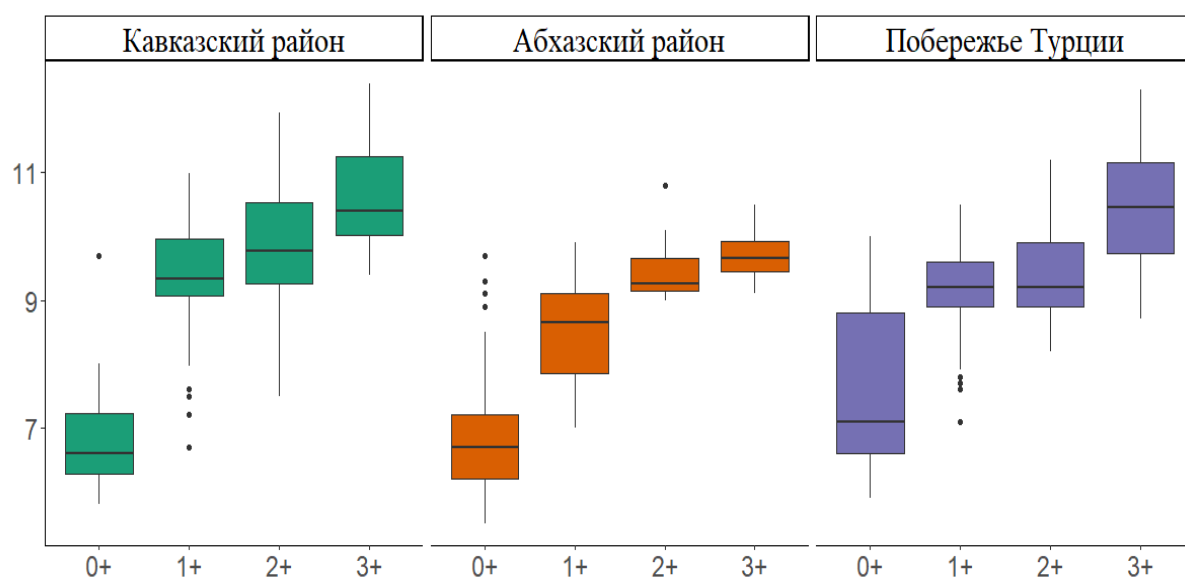


Рис. 4. Медианные значения длины тела рыб в зависимости от возраста и района вылова

Морфологические параметры отолитов хамсы имеют возрастные особенности: их длина, ширина, периметр и площадь увеличиваются закономерно с возрастом (табл. 2). Индексы указанных величин, напротив, по мере лет снижаются, что является отражением преобладания линейного роста рыб над увеличением размерных характеристик отолитов. Индекс отолита, эллиптичность и циркулярность выказывали *положительную*, округлость и форм-фактор – *отрицательную* аллометрическую изменчивость в возрастном периоде от 0+ до 2+. В отношении прямоугольности отолита выявить возрастную динамику показателя не представилось возможным. По полученным данным, угол отолита в исследованных выборках с возрастом увеличивается.

Таблица 2

**Параметры отолитов хамсы *Engraulis encrasicolus*,
выловленной в разных районах Черного моря**

Морфологический показатель отолита	Район	Возраст рыб, лет			
		0+	1+	2+	3+
Длина, мм	Кавказский	2,23±0,23	2,72±0,23	2,87±0,31	3,26±0,32
	Абхазский	2,23±0,26	2,44±0,18	2,57±0,25	2,61±0,20
	Побережье Турции	2,27±0,20	2,57±0,24	2,85±0,32	3,13±0,19
Ширина, мм	Кавказский	1,10±0,08	1,27±0,11	1,33±0,15	1,56±0,16
	Абхазский	1,07±0,11	1,15±0,07	1,24±0,23	1,20±0,09
	Побережье Турции	1,07±0,11	1,21±0,11	1,35±0,12	1,46±0,11
Площадь, мм ²	Кавказский	1,87±0,27	2,58±0,43	2,82±0,62	3,81±0,74
	Абхазский	1,79±0,38	2,08±0,26	2,43±0,67	2,35±0,36
	Побережье Турции	2,16±0,33	2,62±0,75	3,38±0,93	4,28±0,49
Периметр, мм	Кавказский	5,87±0,66	6,87±0,58	7,25±0,83	8,45±0,90
	Абхазский	5,80±0,68	6,10±0,50	6,67±0,75	6,54±0,48
	Побережье Турции	6,27±0,57	7,00±1,01	7,99±1,15	8,92±0,743
Индекс длины	Кавказский	0,32±0,02	0,29±0,03	0,29±0,03	0,30±0,04
	Абхазский	0,33±0,03	0,28±0,01	0,26±0,01	0,26±0,01
	Побережье Турции	0,31±0,03	0,28±0,03	0,30±0,02	0,30±0,02
Индекс ширины	Кавказский	0,16±0,01	0,13±0,01	0,13±0,01	0,14±0,021
	Абхазский	0,16±0,01	0,13±0,01	0,12±0,01	0,12±0,01
	Побережье Турции	0,14±0,01	0,13±0,01	0,14±0,01	0,14±0,01
Индекс площади	Кавказский	0,34±0,04	0,27±0,02	0,26±0,03	0,22±0,03
	Абхазский	0,36±0,03	0,28±0,01	0,26±0,01	0,26±0,01
	Побережье Турции	0,34±0,04	0,29±0,03	0,30±0,02	0,28±0,02
Индекс периметра	Кавказский	0,83±0,07	0,73±0,08	0,74±0,09	0,79±0,10
	Абхазский	0,86±0,09	0,71±0,04	0,69±0,02	0,67±0,03
	Побережье Турции	0,85±0,12	0,77±0,13	0,85±0,12	0,85±0,06
Индекс отолита	Кавказский	2,03±0,10	2,15±0,14	2,15±0,12	2,09±0,10
	Абхазский	2,08±0,15	2,12±0,09	2,09±0,17	2,17±0,11
	Побережье Турции	2,12±0,14	2,11±0,13	2,11±0,09	2,15±0,13
Угол отолита	Кавказский	87,4±20,3	93,7±20,5	98,8±14,5	112±18,0
	Абхазский	89,4±13,5	93,8±13,4	103±10,9	103±18,4
	Побережье Турции	91,1±16,9	92,2±18,4	99,0±20,3	115±21,4
Форм-фактор	Кавказский	0,68±0,06	0,68±0,06	0,66±0,04	0,66±0,05
	Абхазский	0,66±0,04	0,70±0,04	0,67±0,02	0,68±0,02
	Побережье Турции	0,69±0,05	0,66±0,05	0,66±0,09	0,68±0,07
Циркулярность	Кавказский	18,5±1,94	18,4±1,56	18,9±1,47	19,0±1,76
	Абхазский	18,9±1,37	17,9±1,18	18,5±0,78	18,3±0,73
	Побережье Турции	18,3±1,53	19,0±1,63	19,4±3,18	18,6±2,17
Округлость	Кавказский	0,46±0,04	0,44±0,03	0,43±0,03	0,45±0,02
	Абхазский	0,45±0,03	0,44±0,02	0,46±0,03	0,43±0,04
	Побережье Турции	0,53±0,07	0,49±0,07	0,52±0,07	0,55±0,04
Прямоугольность	Кавказский	0,72±0,03	0,74±0,03	0,73±0,03	0,73±0,03
	Абхазский	0,73±0,02	0,73±0,01	0,75±0,02	0,74±0,03
	Побережье Турции	0,88±0,11	0,82±0,11	0,85±0,10	0,93±0,04
Эллиптичность	Кавказский	0,34±0,02	0,36±0,02	0,36±0,02	0,35±0,02
	Абхазский	0,35±0,03	0,36±0,01	0,35±0,03	0,37±0,02
	Побережье Турции	0,35±0,02	0,35±0,02	0,35±0,02	0,36±0,02

Исходя из предположений о том, что на морфологию отолитов оказывают влияние как экзогенные факторы (температура воды, соленость, содержание растворенного в воде кислорода), так и эндогенные (возраст рыб, размеры, длина и пр.), произвели непараметрический дисперсионный анализ Крускала-Уоллиса в целях определения принадлежности всех исследованных выборок единой генеральной совокупности анчоуса Черного моря. Анализ осуществлялся в отношении каждого возраста в отдельности как существенного фактора, определяющего морфологические характеристики отолитов особи. Результаты исследования представлены в виде матрицы показателей в зависимости от возраста исследованных рыб (табл. 3). В качестве определяющего фактора выступал район вылова.

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа Крускала-Уоллиса

Морфологический показатель отолитов	Возраст рыб, лет			
	0+	1+	2+	3+
Длина		×		×
Ширина		×		×
Периметр	×	×	×	×
Площадь	×	×	×	
Угол				
Индекс отолита			×	
Индекс длины	×			×
Индекс ширины	×			×
Индекс периметра			×	×
Индекс площади		×	×	×
Циркулярность	×	×		
Прямоугольность	×	×	×	×
Округлость	×	×	×	×
Форм-фактор	×	×		
Эллиптичность				

Примечание. × — достоверные ($p < 0,05$) различия показателей между тремя выборками.

Каждая возрастная группа характеризовалась определенным набором морфологических показателей, статистически различавшихся между районами вылова. Данное обстоятельство может свидетельствовать о том, что возрастные изменения размеров рыб и морфологических характеристик отолитов не всегда скоррелированы.

Следует отметить, что по таким показателям, как эллиптичность и угол отолитов ни в одной возрастной группе межвыборочных различий отмечено не было. Это не согласуется с данными других авторов (Чугунова, 1959; Водясова, Солдатов, 2017), отмечавших, что угол отолита и его вытянутость являются важными признаками отнесения рыб к азовской или черноморской популяции хамсы. Достоверные различия между выборками

во всех возрастных группах были отмечены для таких показателей, как периметр, площадь, прямоугольность и округлость отолитов.

Таким образом, проведенные исследования показали, что у рыб, выловленных в различных районах Черного моря, имеются определенные морфологические особенности отолитов, характер которых может меняться с возрастом. Можно предположить, что изменчивость выборки характеристик морфологии отолитов отражает как возрастные трансформации формы отолитов под воздействием факторов среды, так и возможные миграции рыб из одной популяции в другую, из-за чего и происходят фенотипическое смешивание и возрастание дисперсии количественных характеристик морфологических признаков.

Список использованной литературы

Водясова, Е.А. Идентификация подвидов европейского анчоуса *Engraulis encrasicolus* (Engraulidae) в зимовальных скоплениях на основе морфологических параметров отолита / Е.А. Водясова, А.А. Солдатов // Вопросы ихтиологии. – 2017. – Т. 57, № 4. – С. 408-414.

Орлов, А.М. Отолитометрия как инструмент анализа популяционной структуры тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae, Teleostei) / А.М. Орлов, П.К. Афанасьев // Амурский зоол. журнал. – 2013. – Вып. 3. – С. 327-331.

Световидов, А.Н. Рыбы Черного моря / А.Н. Световидов. – М.: Наука, 1964. – 554 с.

Сказкина, Е.П. Различие азовской и черноморской хамсы (*Engraulis encrasicolus maeoticus* Puzanov, *Engraulis encrasicolus ponticus* Aleks.) по отолитам / Е.П. Сказкина // Вопросы ихтиологии. – 1965. – Т. 5, № 4. – С. 600-605

Чугунова, Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб (Метод. пособие по ихтиологии) / Н.И. Чугунова // АН СССР. Отд-ние биол. наук. Ихтиол. комис. Ин-т морфологии животных им. А. Н. Северцова. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 164 с.

Campana, S.E., Stock discrimination using otolith shape analysis / S.E. Campana // Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science. – 1993. – Vol. 50. – P. 1062-1083.

Zengin, M. Otolith shape analyses and dimensions of the Anchovy *Engraulis encrasicolus* L. in the Black and Marmara seas / M. Zengin, S. Saygin, N. Polat // SAINS Malaysiana. – 2015. – Vol. 44. – P. 657-662.

К ФАУНЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ЭСТУАРИЯ р. ТУЛОМА

С.А. Валькова

*Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН
(ИППЭС КНЦ РАН), г. Апатиты*

Вершина эстуария р. Тулома (Вересова губа Кольского залива) интересна тем, что на ее акватории наблюдаются правильные полусуточные приливы, доходящие до нижних бьефов Нижнетуломской ГЭС (Гагарина, Дженюк, 1997), при этом в вершине эстуария соленость воды не превышает 1 %, а вблизи плотины вода остается пресной. В отношении макрозообентоса этот участок практически не изучен. В 1991-1993 гг. были проведены фоновые исследования зообентоса в нижних горизонтах литорали эстуария р. Тулома от Вересовой губы (у Нижнетуломской ГЭС) до впадения р. Кола (Фролов, 1998). В 2000-х годах в вершине эстуария р. Тулома были выполнены подробные исследования двустворчатых и брюхоногих моллюсков, направленные на изучение их видового состава, распределения и биологии (Фролов, 2008, 2009; Нехаев, 2010).

Цель работы – анализ современного состояния макрозообентоса в вершине эстуария р. Тулома. Материал собирали в 2019-2021 гг. в литоральной зоне эстуария реки вблизи плотины Нижнетуломской ГЭС с мая по октябрь на глубине от 1 до 2 м. Грунты исследованного участка литоральной зоны преимущественно илистые, илисто-песчаные. Отбор проб проводили с помощью дночерпателя Экмана-Берджа с площадью захвата грунта 0,289 м². Анализ бентосных проб выполняли с использованием рекомендованных стандартных методик (Руководство по методам..., 1992). Беспозвоночных идентифицировали по «Определителю зоопланктона и...» (2016) и «Определителю пресноводных беспозвоночных...» (2000, 2001). Для фиксации проб использовали 4 %-ный формалин или 70-80 %-ный спирт.

Макрозообентос исследованного участка губы типично пресноводный. За период исследования зарегистрировано 23 таксона беспозвоночных видового и надвидового ранга (см. таблицу). Преобладающей по числу видов группой бентосной фауны в течение всего периода наблюдений были хирономиды, они составляли 61 % от общего таксономического разнообразия зообентоса (14 видов). Доминировали в составе хирономидных комплексов широко распространенные в водоемах региона холодноводные *Orthocladiinae sp.*, *Diamesa sp.*, *Micropsectra praecox gr.* Среди олигохет преобладали представители семейства

Tubificidae. Эти же группы характеризовались и наибольшей встречаемостью в пробах: для хирономид – 82 %, для олигохет – 64%. Средние значения индекса по Шеннону составляли 2,3 бит/экз.

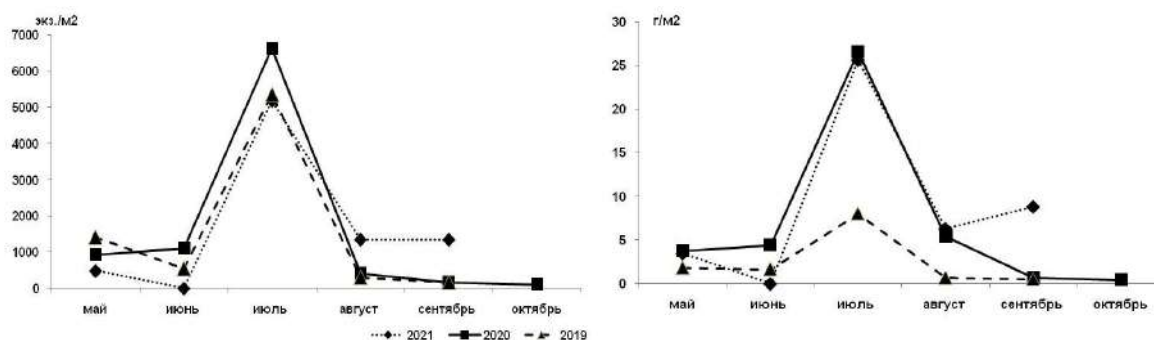
Таксономический состав и количественные показатели макрозообентоса исследованного участка р. Тулома (n – количество проб)

Таксон	2019 г. n = 14	2020 г. n = 16	2021 г. n = 14
Hydracarina	+		
Turbellaria	+		
Oligochaeta:			
<i>Tubificidae</i>	+	+	+
Gastropoda:			
<i>Anisus (Gyraulus) sp.</i>	+		+
<i>Lymnaea sp.</i>	+	+	+
<i>Valvata (Cinicina) sp.</i>	+	+	+
Bivalvia:			
<i>Pisidioidea</i>	+	+	+
Chironomidae:			
<i>Orthoclaadiinae sp.</i>	+	+	
<i>Orthocladus saxicola gr.</i>	+		
<i>Cricotopus sp.</i>	+		
<i>Psectrocladius sp.</i>	+	+	
<i>Micropsectra praecox gr.</i>	+	+	+
<i>Chironomus sp.</i>		+	+
<i>Microtendipes sp.</i>		+	
<i>Sergentia coracina gr.</i>		+	+
<i>Diamesa sp.</i>	+	+	
<i>Monodiamesa bathyphila (Kieffer, 1918)</i>		+	+
<i>Prodiamesa olivacea (Meigen, 1818)</i>	+	+	+
<i>Procladius choreus gr.</i>	+	+	+
<i>Macropelopia sp.</i>	+		+
<i>Protanipus morio gr.</i>			+
Ceratopogonidae		+	
<i>Diptera l.</i>		+	
Общее количество групп	16	16	13
Индекс Шеннона, бит/экз.	2,30	2,26	2,29
Средняя численность, экз./м ² (над чертой)	<u>1560</u>	<u>1570</u>	<u>1674</u>
min-max (под чертой)	173-5360	103-6643	490-5190
Средняя биомасса, г/м ² (над чертой)	<u>9,4</u>	<u>6,9</u>	<u>8,8</u>
min-max (под чертой)	1,0-32,2	0,4-26,6	3,4-25,6

Средняя за 2019-2021 гг. численность макрозообентоса исследованного участка акватории р. Тулома составляла 1600 экз./м², биомасса – 8,4 г/м² при незначительном варьировании обоих показателей по годам (см. таблицу). В целом уровни численности и биомассы

макрозообентоса сопоставимы со значениями, характерными для мезотрофных водоемов региона (Яковлев, 2005; Денисов, Валькова, Кашулин, 2016; Валькова, 2020).

Сезонная динамика обилия макрозообентоса соответствовала таковой, описанной для водоемов региона (Яковлев, 2005). Во все годы наблюдений максимальные значения разнообразия, численности и биомассы донной фауны наблюдались в июле, составляя в среднем 5700 экз./м² и 28,1 г/м², в осенний период общие численность и биомасса зообентоса снижались до 560 экз./м² и 3,6 г/м², состав донной макрофауны сокращался до 3-4 групп зообентоса (см. рисунок).



Сезонная динамика численности и биомассы макрозообентоса исследованного участка р. Тулома в 2019-2021 гг.

Сезонная динамика численности и биомассы зообентоса находилась в тесной связи с жизненным циклом хирономид, которые были доминирующей группой донной фауны на протяжении всего периода наблюдений. Относительная численность хирономид в 2019-2021 гг. варьировала от 20 до 90 % от общей численности макрозообентоса, относительная биомасса – от 40 до 89 % при порогах доминирования и субдоминирования, принятых за 10 и 5 % соответственно. Максимальное количество личинок хирономид (2300-6640 экз./м²) наблюдалось в конце июля, что связано с ростом численности организмов весенней генерации. С июля по сентябрь плотность хирономид снижалась в результате вылета имагинальных форм. В 2019 г. окукливание и вылет имаго наблюдались с начала июля, в 2020-2021 гг. – со второй декады июля.

Высокая доля хирономид в сообществах прибрежной зоны, в частности ортокладиин, – характерная черта литорального зообентоса водоемов региона. В составе хирономидных комплексов исследованного участка акватории преобладали личинки родов *Orthocladius*, *Diamesa* и *Micropsectra*, суммарная доля которых достигала до 90 % от общего количества личинок хирономид, остальные виды встречались единично. В 2021 г. отмечен рост плотности мезотрофных хирономид *Prodiamesa*

olivacea, доля которых в составе сообществ возросла до 32%, тогда как в 2019-2020 гг. этот показатель не превышал 5%.

Таким образом, макрозообентос исследованной акватории эстуария р. Тулома представлен группами, типичными и широко распространенными в пресноводных водоемах региона. Сезонная динамика плотности зообентоса определялась жизненным циклом хирономид, которые были доминирующей группой зообентоса. Максимальные средние численность и биомасса макрозообентоса наблюдались летом, минимальные – осенью.

Работа выполнена в рамках темы НИР FMEZ-2022.

Список использованной литературы

Валькова, С.А. Таксономический состав и структура макрозообентоса разнотипных водоемов Зеленого пояса Фенноскандии в пределах Мурманской области / С.А. Валькова // Труды КНЦ РАН. Серия Биогеография. – 2020. – № 1. – С. 56-70.

Гагарина, С.А. Речной сток и пресноводный баланс / С.А. Гагарина, С.Л. Дженюк // Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997. – С. 46-50.

Денисов, Д.Б. Экологические особенности перифитона и зообентоса водных экосистем Хибинского горного массива (Кольский полуостров) / Д.Б. Денисов, С.А. Валькова, Н.А. Кашулин // Вестник МГТУ. – 2016. – Т. 19, № 1/2. – С. 165-175.

Нехаев, И.О. Жизненные формы пресноводных брюхоногих моллюсков на севере Кольского полуострова / И.О. Нехаев // Вестник МГТУ. – 2010. – Т.13, № 4/1. – С.661-664.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4: Высшие насекомые. Двукрылые / ЗИН РАН ; Р.В. Андреева [и др.]. – СПб.: ЗИН РАН, 1999. – 998 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т.5: Высшие насекомые / ЗИН РАН; В.Д. Иванов [и др.]. – СПб.: ЗИН РАН, 2001. – 825 с.

Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т.2: Зообентос / ЗИН РАН; под ред. В.Р. Алексева и С.Я. Цаллолихина. – СПб.: ЗИН РАН, 2016. – 457 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В.А. Абакумов, Н.П. Бубнова, Н.И. Холикова [и др.]. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.

Фролов, А.А. Видовой состав и количественная представленность зообентоса на литорали эстуария реки Туломы / А.А. Фролов // Материалы

науч. сессии молодых ученых Мурманского морского биологического института КНЦ РАН (апрель 1998 г.). – Мурманск: ООО МИП-999, 1998. – С. 84-91.

Фролов, А.А. Миграции пресноводных двустворчатых моллюсков семейства Euglesidae и Pisidiidae (Bivalvia, Pisidioidea) на приливной литорали эстуария реки Тулома / А.А. Фролов // Вестник зоологии. – 2008. – Т. 42, № 3. – С. 369-372.

Фролов, А.А. Видовой состав и особенности распределения моллюсков надсемейства Pisidioidea (Mollusca, Bivalvia) в прибрежье Нижнетуломского водохранилища и эстуария р. Тулома (Кольский полуостров, Россия) / А.А. Фролов // Биология внутренних вод. – 2009. – № 4. – С. 73-80.

Яковлев, В.А. Пресноводный зообентос Северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика) / В.А. Яковлев. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. – Ч.1. – 161 с.

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МУКСУНА

**В.В. Вараксина¹, Н.Н. Романова^{1,2}, Н.А. Головина^{1,2},
П.П. Головин^{1,2}, Е.В. Ефремова³**

¹ Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), Московская область, пос. Рыбное

² Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»), Московская область, пос. Рыбное

³ Научно-производственное объединение «Собский рыбоводный завод», п.г.т. Харп, Ямало-Ненецкий автономный округ

Среди функциональных маркеров физиологического состояния рыб гематологические показатели изучались многими исследователями (Головина, 1977, 1996; Глаголева, 1981; Иванова, 1983; Головина, Тромбицкий, 1989; Сергеенко, 2007; Серпунин, Савина, 2005). Кровь, рассмотренная как внутренняя среда организма, является лабильной тканью, чьи показатели быстро реагируют на воздействие внешних факторов и внутренних изменений. При гематологическом анализе информативными параметрами (маркерами) у рыб служат концентрация гемоглобина, уровни эритроцитов и лейкоцитов, лейкоцитарная формула, абсолютное значение разных групп лейкоцитов в крови и уровень общего белка в сыворотке крови. Чем шире набор показателей, тем надежнее и объективнее оценка физиологического состояния организма (Методические указания по..., 2020).

Изучение комплекса физиолого-биохимических показателей крови позволяет оценить уровень иммуно-физиологического статуса рыб, расширяя возможности по рациональному управлению продуктивностью ремонтно-маточных стад (далее – РМС), воспроизводству молоди ценных видов и повышению эффективности товарного выращивания (Функциональные маркеры рыб..., 2016). С 2016 г. многие рыбные хозяйства занимаются воспроизводством и товарным выращиванием сиговых рыб, в частности – муксуна *Coregonus muksun* (Искусственное воспроизводство муксуна..., 2019).

Этот вид многочислен в Обь-Иртышском бассейне, но популяция муксуна, обитающая на п-ове Ямал, уже внесена в Красную книгу России. В связи с этим на Собском рыбоводном заводе актуальной задачей является формирование РМС. В дальнейшем собственные РМС позволят не зависеть от возможностей вылова производителей из естественных

водоемов. Для формирования стада необходимы физиологически полноценные особи жизнестойкого типа.

Мониторинг иммуно-физиологического статуса РМС по информации показателей крови (маркеров) с последующей коррекцией здоровья особей рыб направлен на получение жизнеспособного потомства.

Цель настоящего исследования – определение референсных значений показателей крови муксуна для оценки особей при формировании РМС; также в задачу входило определение значений гематологических маркеров к оценке физиологического состояния стада муксуна на ООО «Научно-производственное объединение «Собский рыбоводный завод» (ООО «НПО СРЗ») в Западно-Сибирском регионе.

На протяжении пяти лет велся мониторинг иммуно-физиологического статуса муксуна, по результатам которого определены референсные значения гематологических показателей для этого вида рыб в индустриальных условиях. Объем собранного материала составил 215 экз. Определяли уровень гемоглобина, его содержание в эритроците, количество и процент молодых эритроцитов и лейкоцитов, лейкоцитарную формулу в периферической крови. Забор анализа проводился из хвостовой вены рыб.

Статистическую обработку полученных материалов проводили с использованием программного пакета «Microsoft Excel».

При мониторинге оценки физиологического состояния муксуна ранее были определены средние значения некоторых показателей крови, позволяющие использовать их для оценки физиологического состояния РМС муксуна при индустриальном выращивании (Искусственное воспроизводство муксуна..., 2019). В данной работе представлен диапазон данных – от минимальных до максимальных значений изученного показателя, принятых за референсные.

В разные годы исследований у муксуна одного и того же возраста физиологические характеристики различались, но существенных отклонений в состоянии здоровья в эти периоды не выявлялось. В связи с этим разумно предположить, что индивидуальные черты связаны с адаптацией отдельно взятых особей к факторам среды. Диапазон показателей вполне укладывается в допуск отклонений, связанных с адаптационными возможностями рыб к конкретным условиям (температура воды, пищевая активность и др., см. таблицу). Наиболее высокие значения показателей красной крови (уровень гемоглобина от 74,5 до 98 г×л⁻¹, количество эритроцитов от 409 до 894 Т×л⁻¹) отмечены у рыб, выращиваемых в условиях стабильной температуры воды в пределах 14-16 °С. Эти два показателя являются важными маркерами для оценки физиологического статуса выращиваемых рыб.

Активность эритропоэза и содержание гемоглобина в эритроцитах у муксуна весьма высокие в сравнении с другими видами рыб. Возможно, эта биологическая особенность вида связана с его приуроченностью к водоемам с высоким содержанием кислорода.

Уровень лейкоцитов колеблется в больших пределах во всех возрастных группах: у сеголетков-двухлеток – от 5,4 до 22,8 Г×л⁻¹, двухгодовиков-трехлеток – от 4,8 до 10,5 Г×л⁻¹, трехгодовиков-четырёхлеток – от 8,2 до 21,14 Г×л⁻¹ и четырехгодовиков-пятилеток – от 7,53 до 19,2 Г×л⁻¹.

Референсные значения гематологических показателей муксуна в РМС Собского рыбоводного завода

Показатель	Возраст рыб, лет			
	0+...1	2...2+	3...3+	4...4+
Гемоглобин, г×л ⁻¹	79,2-93,7	74,5-95,9	82,9-98	75,4-96,4
Эритроциты, Т×л ⁻¹	584,4-828	409-722	574-894	626,1-681
Содержание гемоглобина в эритроците, пг	105-164,4	111,6-234,5	109-151,5	118-155,4
<i>Эритропоэз</i>				
Нормобласты	0-0,3	0	0-0,02	0-0,01
Базофильные эритроциты	0,3-4,1	0,3-0,6	0,03-1,2	0,1-0,8
Полихроматофильные эритроциты	5-13,4	2,1-7,3	1,35-7,8	3-6,52
Всего молодых эритроцитов, %	5,3-17,8	2,4-7,7	1,38-8,9	3,1-6,63
Лейкоциты, Г×л ⁻¹	5,4-22,8	4,8-10,5	8,2-21,14	7,53-19,2
<i>Лейкоцитарная формула</i>				
Бласты, %	0-0,6	0	0	0-0,22
Нейтрофилы, %	3,1-11,3	2,8-11,3	2,8-7,8	4-11,6
Моноциты, %	1,3-3	2,3-3	1,8-4,25	2,7-4,8
Лимфоциты, %	85,6-95,3	88,7-94,8	89-95,4	83,6-93,4
<i>Абсолютные значения лейкоцитов</i>				
Бласты, тыс./мкл	0-0,032	0	0	0-0,031
Нейтрофилы, тыс./мкл	0,707-1,13	0,135-0,403	0,744-1,16	0,768-1,052
Моноциты, тыс./мкл	0,130-0,365	0,116-0,263	0,353-0,899	0,361-0,581
Лимфоциты, тыс./мкл	8,56-21,73	4,579-9,692	17,5-19,1	6,3-17,93

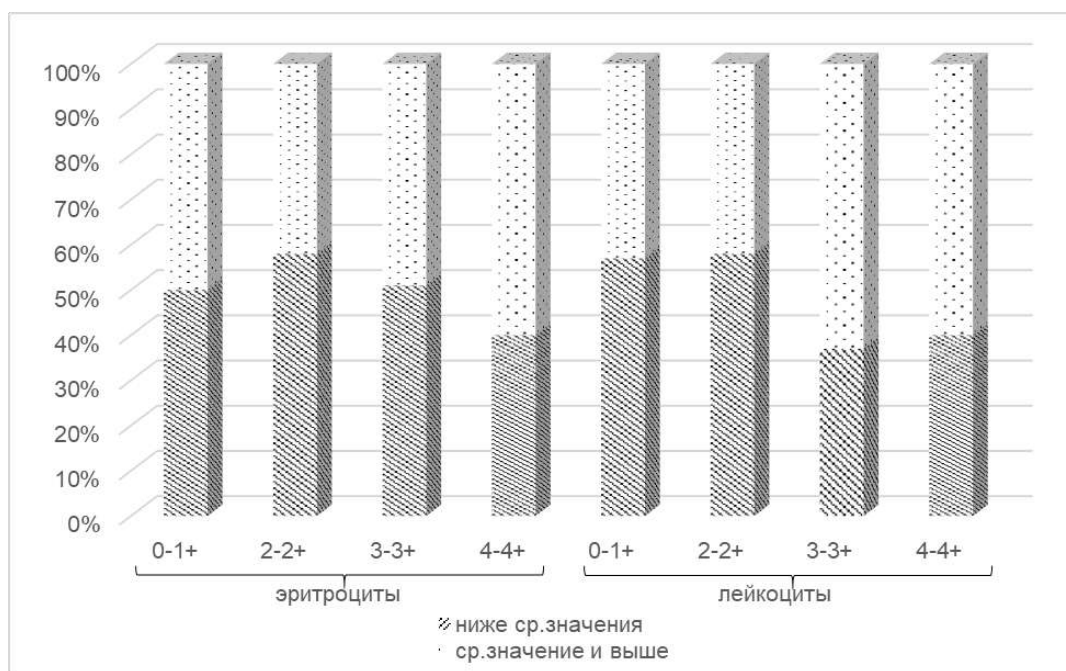
Лейкоциты выполняют важную функцию в обеспечении иммунной защиты. При этом каждый тип клеток ориентирован на собственные задачи – нейтрофилы уничтожают чужеродные бактерии и микроскопические грибки, моноциты разрушают патогенные микроорганизмы, способствуя выведению как их, так и собственных отмерших клеток организма, лимфоциты дают иммунный ответ со стороны гуморальной системы, распознавая чужеродные агенты и запуская специальные белки (антитела), уничтожающие их.

Наиболее низкое количество лейкоцитов выявлено у двухгодовиков-трехлеток муксуна, при этом отмечен спад всех лейкоцитарных клеток в

крови, что характеризует эту возрастную группу как наиболее чувствительную к негативным факторам и возбудителям заболеваний. У рыб в ней отмечено наиболее высокое содержание гемоглобина в эритроците, что может являться компенсаторной реакцией для поддержания иммуно-физиологического статуса организма.

Значения гематологических показателей видоспецифичны и имеют возрастную динамику; среднее любого показателя для гематологической нормы лежит в пределах колебания доверительных границ вариабельности. Смена предела оптимальных значений гематологических показателей под влиянием факторов, сопряженных с технологией выращивания, выражается для многих параметров крови технологической нормой, так как отвечает потребностям организма, обеспечивает его оптимальный прирост (Головина, 1996).

При оценке физиологического состояния разновозрастных групп муксуна достаточно часто отмечалась гетерогенность (разнокачественность) особей по гематологическим показателям (более высоким у одних рыб, более низким – у других), что указывает на различный уровень неспецифической резистентности и адаптивные возможности организма рыб в разном возрасте (см. рисунок).



Распределение муксуна различных возрастных групп с разным иммуно-физиологическим статусом по эритроцитам и лейкоцитам

За 4 года выращивания эритроциты колеблются в пределах от 41 % у младших возрастных групп до 8,7 % у пятилеток. Распределение в группах ниже среднего значения – всегда менее 44 %.

По лейкоцитам во всех возрастных группах у муксуна выявлен разброс в 3,2 раза – у сеголетков-годовиков, в 1,2 раза – двухгодовиков-трехлеток, в 1,5 раза – трехгодовиков-пятилеток. При этом доля рыб с показателями ниже среднего составляет около 60 % у сеголетков-годовиков. С возрастом иммунный статус повышается, и группа составляет уже 40 % у четырехлеток-пятилеток.

Аналогичная ситуация отслеживается и по другим гематологическим показателям. Наибольшая гетерогенность особей проявлялась в первый год выращивания.

Подобный разброс в гематологических маркерах указывает, что часть выращиваемой рыбы обладает пониженным иммунным статусом и требует соответствующих корректировок, например, дополнительного обогащения корма витаминами и иммунно-стимулирующими препаратами. Следует по возможности избегать хендлинг, таким образом сохраняя число выращиваемых рыб без значительных потерь. Для выращиваемого РМС муксуна необходим мониторинг физиологического состояния по гематологическим маркерам, объективно отражающим состояние здоровья популяции и характеризующим адаптивные возможности к условиям выращивания рыб.

Список использованной литературы

Глаголева, Т.П. Морфологическая характеристика крови рыб – объектов аквакультуры : дис. ... д-ра биол. наук / Т.П. Глаголева. – М., 1996. – 228 с.

Глаголева, Т.П. Инструкция по гематологическому контролю за искусственно выращиваемой молодью лососевых рыб / Т.П. Глаголева. – Рига : БалтНИИРХ, 1981. – 38 с.

Головина, Н.А. Морфологический анализ клеток крови карпа в норме и при заболеваниях : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.А. Головина. – М., 1977. – 24 с.

Головина, Н.А. Морфофункциональная характеристика крови рыб – объектов аквакультуры : дис. ... д-ра биол. наук / Н.А. Головина. – М., 1996. – 228 с.

Головина, Н.А. Гематология прудовых рыб / Н.А. Головина, И.Д. Тромбицкий; Отв. ред. В.А. Мусселиус; Молд. н.-и. рыбохоз. станция ПО «Молдрыба». – Кишинев : Штиинца, 1989. – 156 с.

Зайцев, В.Ф. Искусственное воспроизводство муксуна *Coregonus muksun* (*Coregonidae*) в бассейне реки Иртыш. Проблемы и перспективы / В.Ф. Зайцев, Е.В. Егоров, А.К. Матковский [и др.] // Вопросы рыболовства. – 2019. – Т. 20, № 4. – С. 482-496.

Иванова, Н.Т. Атлас клеток крови рыб : Сравнит. морфология и классификация формен. элементов крови рыб / Н. Т. Иванова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 80 с.

Мельченков, Е.А. Методические указания по определению физиологического состояния осетровых рыб на различных этапах индустриального выращивания / Е.А. Мельченков, В.А. Илясова, Е.Н. Бекина [и др.] // Под редакцией Е.А. Мельченкова. – М.: Перо, 2021. – 58 с.

Микодина, Е.В. Функциональные маркеры рыб : справочник / Е.В. Микодина, Т.И. Лаптева, М.А. Седова [и др.] // Под редакцией Е.В. Микодиной. – М.: Изд-во ВНИРО. – 2016. – 118 с.

Сергеенко, Т.М. Морфофизиологическая характеристика молоди кеты при ее воспроизводстве на лососевых рыбоводных заводах Сахалина : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Т.М. Сергеенко. – Южно-Сахалинск, 2007. – 25 с.

Серпунин, Г.Г. Методы гематологических исследований рыб / Г.Г. Серпунин, Л.В. Савина. – Калининград, 2005. – 53 с.

СРАВНИТЕЛЬНО-ВИДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ МЕЗОПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ МОРЯ ИРМИНГЕРА

В.П. Воронин¹, Д.В. Артеменков², А.М. Орлов^{3,4}, С.А. Мурзина¹

¹ *Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» (ИБ КарНЦ РАН), г. Петрозаводск*

² *ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва*

³ *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН), г. Москва*

⁴ *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН), г. Москва*

Известно, что в мезопелагической зоне Мирового океана (200-1000 м) сосредоточены огромные запасы различных биологических ресурсов. По последним оценкам, общая биомасса всех видов рыб в этом океаническом слое составляет от 2 до 19,5 Гт, что примерно эквивалентно стократному годовому вылову всех существующих промыслов в мире (Hidalgo, Browman, 2019). Однако исследования в области биологии, экологии, трофических взаимодействий организмов, адаптаций (в том числе биохимических) к экстремальным условиям обитания крайне фрагментарны; особо малоизученными остаются морские гидробионты северных широт (Fennell, Rose, 2015).

Жирные кислоты (далее – ЖК) – одни из важнейших метаболических компонентов, вносящих значительный вклад в развитие адаптаций водных организмов к экстремальным условиям обитания (Лапин, Шатуновский, 1981). Высокая лабильность и функциональность ЖК-молекул формируют широкий спектр механизмов компенсаторных реакций и избирательность организма к действию среды, что является предметом активных дискуссий в области физиологических и биохимических исследований. Так, например, для компенсации действия факторов высокого давления и низких температур, морские глубоководные виды арктических экосистем обладают сложным набором ЖК-элементов высокой степени ненасыщенности – например, $n-3$ полиненасыщенные жирные кислоты (далее – ПНЖК), поддерживающие физико-химические свойства биологической мембраны таким образом, чтобы сохранялась оптимальная степень жидкости липидного бислоя для работы множества мембранно-связанных ферментов и комплексов.

Высокая ненасыщенность липидных компонентов позволяет рассматривать глубоководные морские организмы как перспективные ресурсы и сырье для получения особо ценных для человека биологически активных продуктов, повышающих адаптивные возможности, особенно – в условиях жизни в полярных и приполярных регионах (Tiny but fatty..., 2020; Comparative analysis of..., 2022; Lipids and fatty..., 2022).

В рамках настоящего исследования было проведено сравнительно-видовое исследование жирнокислотного состава мышц некоторых массовых видов мезопелагических рыб (*Serrivomer beanii*, *Lampanyctus macdonaldi*, *Bathylagus euryops*, *Scopelogadus beanii*) моря Ирмингера (Северная Атлантика), населяющих предпочтительный диапазон глубин от 250 до 700 м и различающихся по местообитаниям, жизненным циклам, специфике развития и пищевой специализации. Результатами работы являются уникальные данные о качественном и количественном ЖК-составе и рассмотрение исследованных видов мезопелагических рыб как потенциальных источников биологически активных веществ липидной природы.

Жирнокислотный профиль мышечной ткани мезопелагических видов рыб был изучен при помощи метода газовой хроматографии (далее – ГХ), с использованием масс-селективного детектора (далее – МСД) для выявления качественного состава и пламенно-ионизационного детектора (далее – ПИД) для определения количественного состава компонентов. Итоговые данные оценены статистически, а также проанализированы с помощью алгоритмов машинного обучения.

Исследование проведено на оборудовании лаборатории экологической биохимии ИБ КарНЦ РАН и ЦКП ФИЦ КарНЦ РАН.

Установлены достоверные качественные и количественные различия ЖК профиля (согласно анализу ANOSIM: $R = 0,7483$, $p\text{-value} = 0,001$) мышечной ткани у четырех исследованных видов мезопелагических рыб (рис. 1), что демонстрирует видоспецифичность ЖК-состава.

Согласно данным литературы (Lea, Nichols, Wilson, 2002), высокое содержание мононенасыщенных ЖК (далее – МНЖК) – это характерная особенность рыб семейства миктофовых (Mystophidae), что обусловлено их питанием. В нашем исследовании установлено доминирование МНЖК как у вида *L. macdonaldi* (семейство Mystophidae; 51,2 % от суммы ЖК), так и у видов других исследованных семейств: *B. euryops* (Bathylagidae, 58,5 %), *Sc. beanii* (Melamphaidae, 51,2 %), *S. beanii* (Serrivomeridae, 41,3 %) (рис. 2). Существенную долю в данной группе ЖК составляют олеиновая кислота (18:1(n-9) – 12,5; 9,4; 11,9; 17,0 % от суммы ЖК соответственно), а также биомаркерные ЖК зоопланктона, в частности – веслоногих рачков рода *Calanus*: 20:1(n-9) ЖК (14,0; 12,8; 12,0; 6,7 %) и 22:1(n-11) ЖК (7,6;

12,9; 14,6; 5,5 %) – основу рациона планктофагов (Petursdottir, Gislason, Falk-Petersen, 2008; Lipids in the..., 2013). Активное питание зоопланктоном для *L. macdonaldi* выявлено за счет идентификации длинноцепочечного спирта 22:1(n-11)Alk, которым богаты также веслоногие рачки (Lipids and life..., 2009). Более того, установлено накопление этого спирта в мышцах данного вида. Проведенный кластерный анализ позволил выделить две группировки *Sc. beanii*, различающиеся горизонтами обитания: различия связаны с увеличением биомаркерных 20:1(n-9) и 22:1(n-11) ЖК, а также трофического индекса 22:1/20:1 (1,22-1,47) с глубиной. Данный результат может указывать на различия видового состава и доступности некоторых объектов питания, отдельных видов зоопланктона, на разных глубинах. Так, установленное значение трофического индекса (Species differences, origins..., 2002) указывает на превалирование глубоководного *Calanus hyperboreus* в рационе у данного вида на больших глубинах (700 м и более).

Показано, что по количественному содержанию ПНЖК у трех исследованных видов, после МНЖК, вторую группу формируют *L. macdonaldi*, *B. euryops* и *Sc. beanii* (28,8; 22,1 и 28,4 % от суммы ЖК соответственно), тогда как у *S. beanii* отмечено превалирование НЖК над ПНЖК (25,6 vs. 20,8 % от суммы ЖК соответственно). При этом для всех четырех видов отмечено высокое содержание незаменимых эссенциальных «омега-3» ПНЖК, за счет эйкозапентаеновой (далее – ЭПК; 2,5, 4,0, 4,5 и 7,4 % от суммы ЖК) и докозагексаеновой (далее – ДГК; 4,1, 8,6, 10,9 и 17,7 %) кислот. Известно, что изменение уровня ЭПК и ДГК в мышечной ткани направлено на регуляцию вязкости биомембраны, особенно у вертикально мигрирующих видов (Petursdottir, Gislason, Falk-Petersen, 2008; Into the deep..., 2020). В нашем исследовании была установлена разнонаправленная корреляция между ЭПК и ДГК у вертикально мигрирующих (прямая корреляция) и не мигрирующих (обратная корреляция) видов, что связано с активным участием этих ЖК в реакциях компенсации рыб на изменение глубины обитания. Интересно, что у вертикально мигрирующего *L. macdonaldi* отмечено самое низкое содержание ДГК и ЭПК, что, возможно, указывает на их активное расходование (по сравнению с остальными исследованными видами рыб).

Среди «омега-6» ПНЖК отмечено превалирование содержания линолевой кислоты, 18:2(n-6) (1,2 и 0,7 % от суммы ЖК) над арахидоновой кислотой, 20:4(n-6) (0,6 и 0,2 %) у вертикально мигрирующих видов *Sc. beanii* и *L. macdonaldi*. Кроме того, относительно низкое содержание 20:4(n-6) может косвенно указывать на отсутствие в пищевом рационе этих рыб бентосных организмов (Fatty acid composition..., 2002).

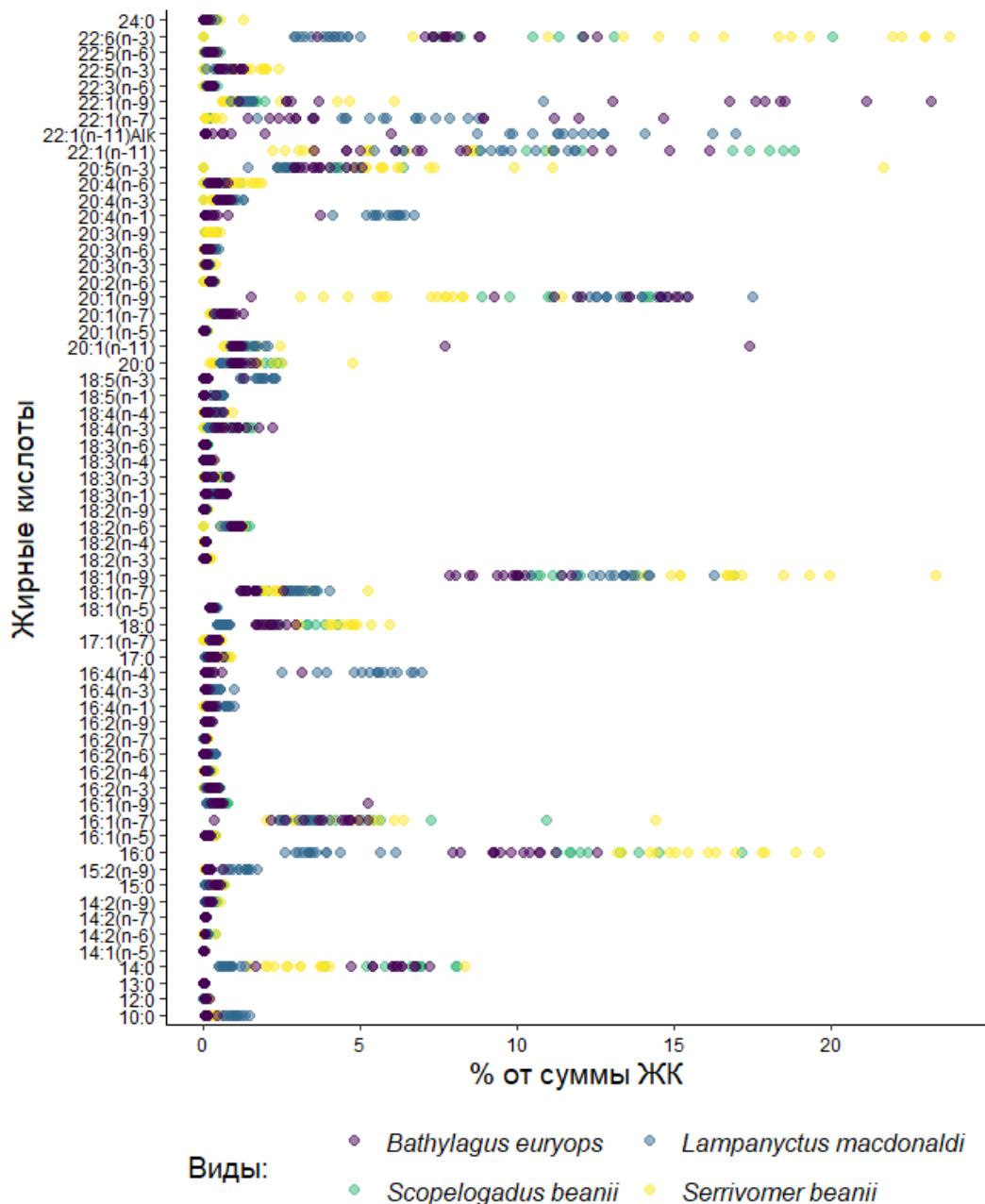


Рис. 1. Содержание индивидуальных жирных кислот (% от суммы ЖК) в мышечной ткани исследованных мезопелагических видов рыб, обитающих в градиенте глубин моря Ирмингера (Северная Атлантика)

Выявлено высокое содержание насыщенной пальмитиновой кислоты – 16:0 у *Sc. beanii* и *S. beanii* (13,1 и 16,0 % от суммы ЖК соответственно), что может указывать как на активный синтез ЖК в организме, так и на ее пополнение через питание эуфаузидами. Также отмечено доминирование НЖК над ПНЖК у не мигрирующего *S. beanii*, что, скорее всего, связано с его отличающейся кормовой базой от других исследованных видов рыб (Lipids of Antarctic..., 2000). Стоит отметить низкое содержание НЖК в мышцах *L. macdonaldi* (6,4 % от суммы ЖК) за

счет невысокого содержания отдельных НЖК, так их содержание составило менее 1 % от суммы ЖК, за исключением 16:0 ЖК (3,8 % от суммы ЖК).

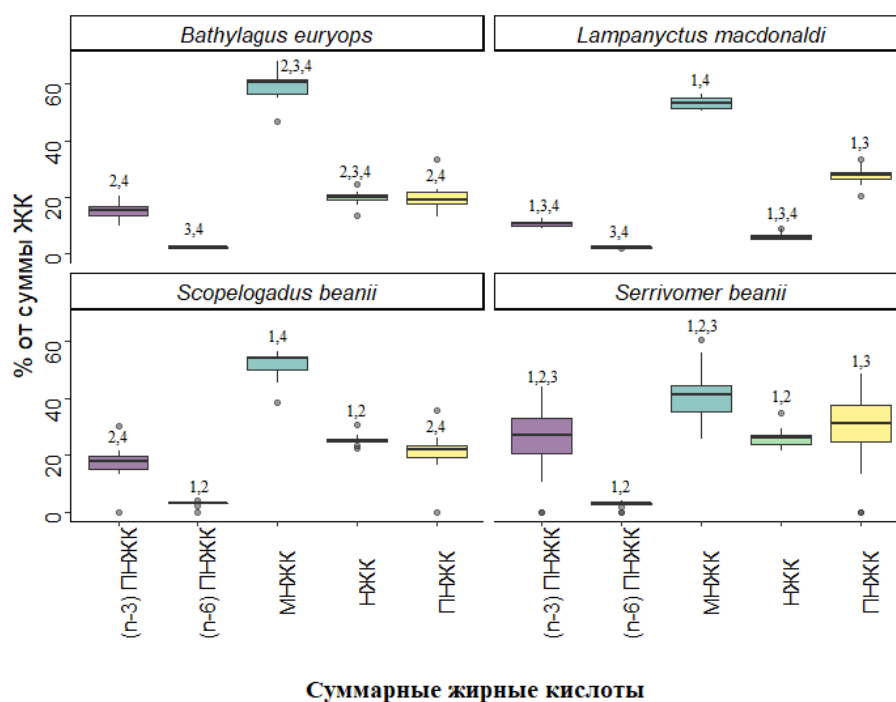


Рис. 2. Содержание суммарных жирных кислот (% от суммы ЖК) в мышечной ткани исследованных мезопелагических видов рыб, обитающих в градиенте глубин моря Ирмингера (Северная Атлантика)

Уникальный по сочетанию отдельных ЖК липидный профиль исследованных мезопелагических видов позволяет обсуждать их в качестве потенциальных объектов для морской биотехнологии, аквакультуры и пищевой промышленности. Низкая температура среды приводит к тому, что именно у глубоководных гидробионтов высоких широт содержание «омега-3» ПНЖК, наиболее ценных для человека, значимо доминирует над «омега-6» ПНЖК. Во многих исследованиях показано положительное влияние на здоровье человека совокупности ЭПК, ДГК, длинноцепочечных МНЖК, жирных спиртов, а также производных данных компонентов (Fatty acid status..., 2014; Yang, Emma-Onkon, Remaley, 2016). В последнее время липидные экстракты с определенным набором и соотношением ЖК-компонентов также рассматриваются как аналоги антимикробных агентов на пептидной основе (Desbois, Smith, 2010). Все это в совокупности определяет аппликабельность и значимость морских гидробионтов (в особенности высоких широт) в качестве источников уникальных и незаменимых липидных компонентов.

Исследование выполнено в рамках государственного задания КарНЦ РАН FMEN-2022-0006 и Гранта Президента для молодых докторов наук МД-5761.2021.1.4.

Список использованной литературы

Лапин, В.И. Особенности состава, физиологическое и экологическое значение липидов рыб / В.И. Лапин, М.И. Шатуновский // Успехи современной биологии. – 1981. – Т. 92, № 6. – С. 380-394.

Comparative analysis of lipids and fatty acids in beaked redfish *Sebastes mentella* Travin, 1951 collected in wild and in commercial products / S.A. Murzina, V.P. Voronin, T.R. Ruokolainen [et al.] // Journal of Marine Science and Engineering. – 2022. – Vol. 10, № 1. – P. 59.

Desbois, A.P. Antibacterial free fatty acids: activities, mechanisms of action and biotechnological potential / A.P. Desbois, V.J. Smith // Applied microbiology and biotechnology. – 2010. – Vol. 85, № 6. – P. 1629-1642.

Fatty acid composition of Arctic and Antarctic macroalgae: indicator of phylogenetic and trophic relationships / M. Graeve, G. Kattner, C. Wiencke [et al.] // Marine Ecology Progress Series. – 2002. – №231. – P. 67-74.

Fatty acid status and its relationship to cognitive decline and homocysteine levels in the elderly / M. Baierle, P.H. Vencato, L. Oldenburg [et al.] // Nutrients. – 2014. – Vol. 6, № 9. – P. 3624-3640.

Fennell, S. Oceanographic influences on deep scattering layers across the North Atlantic / S. Fennell, G. Rose // Deep Sea Research. Part I: Oceanographic Research Papers. – 2015. – № 105. – P. 132-141.

Hidalgo, M. Developing the knowledge base needed to sustainably manage mesopelagic resources / M. Hidalgo, H.I. Browman // ICES Journal of Marine Science. – 2019. – Vol. 76, № 3. – P. 609-615.

Into the Deep: New Data on the Lipid and Fatty Acid Profile of Redfish *Sebastes mentella* Inhabiting Different Depths in the Irminger Sea / V.P. Voronin, N.N. Nemova, T.R. Ruokolainen [et al.] // Biomolecules. – 2021. – Vol. 11, № 5. – P. 704.

Lea, M.A. Fatty acid composition of lipid-rich myctophids and mackerel icefish (*Champsocephalus gunnari*): Southern-Ocean food-web implications / M.A. Lea, P.D. Nichols, G. Wilson // Polar Biology. – 2002. – Vol. 25, № 11. – P. 843-854.

Lipids and fatty acids in some mesopelagic fish species: General characteristics and peculiarities of adaptive response to deep-water habitat / V.P. Voronin, D.V. Artemenkov, A.M. Orlov [et al.] // Journal of Marine Science and Engineering. – 2022. – Vol. 10, № 7. – P. 949.

Lipids and life strategy of Arctic Calanus / S. Falk-Petersen, P. Mayzaud, G. Kattner [et al.] // *Marine Biology Research*. – 2009. – Vol. 5, № 1. – P. 18-39.

Lipids in the daubed shanny (Teleostei: *Leptoclinus maculatus*) in Svalbard waters / S.A. Murzina, Z.A Nefedova, S. Falk-Petersen [et al.] // *Polar biology*. – 2013. – Vol. 36, № 11. – P. 1619-1631.

Lipids of Antarctic salps and their commensal hyperiid amphipods / C.F. Phleger, M.M. Nelson, B. Mooney [et al.] // *Polar Biology*. – 2000. – Vol. 23, № 5. – P. 329-337.

Petursdottir, H. Lipid classes and fatty acid composition of muscle, liver and skull oil in deep-sea redfish *Sebastes mentella* over the Reykjanes Ridge / H. Petursdottir, A. Gislason, S. Falk-Petersen // *Journal of Fish Biology*. – 2008. – № 73. – P. 2485-2496.

Species differences, origins and functions of fatty alcohols and fatty acids in the wax esters and phospholipids of *Calanus hyperboreus*, *C. glacialis* and *C. finmarchicus* from Arctic waters / C.L. Scott, S. Kwasniewski, S. Falk-Petersen [et al.] // *Marine Ecology Progress Series*. – 2002. – № 235. – P. 127-134.

Tiny but fatty: Lipids and fatty acids in daubed shanny (*Leptoclinus maculatus*), a small fish in Svalbard waters / S.A. Murzina, S.N. Pekkoeva, E.A. Kondakova [et al.] // *Biomolecules*. – 2020. – Vol. 10, № 3. – P. 368.

Yang, Z.H. Dietary marine-derived long-chain monounsaturated fatty acids and cardiovascular disease risk: a mini review / Z.H. Yang, B. Emma-Onkon, A.T. Remaley // *Lipids in health and disease*. – 2016. – Vol. 15, № 1. – P. 1-9.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ЯРУСНОГО ПРОМЫСЛА ДОННЫХ РЫБ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ВОДАХ

А.А. Греков

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

Многовековой традиционный для поморов промысел рыбы на Мурмане ярусами к 1950 г. прекратил свое существование, поскольку в Советском Союзе, в отличие от Норвегии, пошли по пути интенсивного развития тралового промысла. Первые попытки возрождения отечественного ярусного промысла в Баренцевом море были предприняты в 1975 г., но результаты показали, что его ведение слабыми средствами механизации нерентабельно. В 1982 г. в Норвегии была закуплена и впервые установлена на отечественном судне типа СРТМ автоматизированная ярусная линия «Autoline» фирмы «Mustad». Ее использование позволило возродить ярусный промысел на качественно новом уровне, поскольку эта линия до настоящего времени является наиболее технически совершенной и приемлемой для работы на ярусных судах. Она полностью механизует основные процессы работы с ярусами: наживление, выметку, выборку и обработку яруса. К 1990 г. такие линии уже были установлены на 14 отечественных судах типа СРТМ и СРТМк (бортового и кормового траления). Из них в Баренцевом море до 1990 г. работало не более трех, остальные были отвлечены на промысел клыкача в Атлантической части Антарктики. В 1991 г. количество ярусных судов, работающих в Баренцевом море, увеличилось до 6 ед., в 1999 г. – до 16 ед., а в 2002 г. достигло максимума – 22 ед. С 1999 г. ярусный флот, состоящий до этого только из переоборудованных под ярус траулеров, начал пополняться импортными специализированными судами-ярусоловами, число которых к 2007 г. увеличилось до 7 ед., но общая численность отечественного ярусного флота, работающего на Северном бассейне, при этом начала сокращаться, прежде всего из-за вывода из эксплуатации устаревших переоборудованных под ярус траулеров. Кроме того, одно специализированное судно ярусного лова было переведено на Дальневосточный бассейн, а в декабре 2020 г. в водах Баренцева моря трагически затонуло судно-ярусолов «Онега». Таким образом, к началу 2022 г. отечественный ярусный флот на Северном бассейне сократился до 13 ед. – 6 судов специализированной постройки, 4 переоборудованных СРТМ и 3 СТРА.

В середине 2022 г. на российской верфи было сдано в эксплуатацию новое судно-процессор ярусного лова «Гандвик-1», предназначенное для облова донных рыб в Баренцевом море и сопредельных водах. Особенностью этого наиболее современного на сегодняшний день ярусолова является впервые примененная на отечественных судах система Moon Pool, когда выборка ярусов ведется не с борта судна, а через тоннель в днищевой части корпуса. Это повышает безопасность работы экипажа и позволяет минимизировать потери улова из-за срыва рыбы с крючков при ее извлечении из воды. При выборке яруса с борта судна потери рыбы заметно больше, особенно при усилении волнения моря. Проектная мощность добычи рыбы у судна «Гандвик-1» оценивается в 25 т/сут.

Сейчас все российские суда на Северном бассейне работают с линиями «Autoline», при этом на борту в оснащенном состоянии обычно находится 20-40 тыс. крючков и достаточный для промысла запас замороженной наживки. На судне «Гандвик-1» количество оснащенных крючков увеличено до 60-70 тыс.

В качестве наживки используют преимущественно кусочки кальмара, поскольку кальмар служит наиболее эффективной наживкой при облове донных рыб в Баренцевом море. При наживлении крючков его часто сочетают со скумбрией, сайрой, сельдью или сайдой в различном соотношении. Также для наживления крючков могут использовать кусочки путассу, зубатки, макруруса или другой рыбы.

В последние пять лет (2017–2021 гг.) ярусоловы в среднем ежегодно находились на лову около 200 судов-суток, а суммарно в течение года суда вели промысел от 2577 до 3170 сут, добывая 28,2-37,9 тыс. т рыбы (см. таблицу).

**Результаты работы отечественных ярусных судов в Баренцевом море
и сопредельных водах в 2017-2021 гг.**

Год	Количество			Вылов			Средняя обработка крючков за судно-сутки лова, тыс. шт.
	судов	судно- суток лова	обработанных крючков, тыс. шт.	общий, т	на судно- сутки лова, т	на тыс. крючков, кг	
2017	15	3170	115120,9	37916,90	11,96	329,37	36,32
2018	15	2816	108535,5	31107,03	11,05	286,61	38,54
2019	14	2609	96763,2	28168,25	10,80	291,10	37,09
2020	14	2646	81297,6	30732,20	11,61	378,02	30,72
2021	13	2577	69316,4	29502,25	11,45	425,62	26,90

В настоящее время основными объектами донного ярусного промысла являются треска, синяя и пятнистая зубатки, пикша и черный палтус, добыча которых осуществляется как в рамках специализированного промысла, так и в качестве прилова.

Треска и синяя зубатка – наиболее доступные виды для организации спецпромысла донными ярусами. Специализированный промысел пикши, пятнистой зубатки и черного палтуса возможен лишь в определенные периоды и/или в отдельных районах моря. Такие виды, как полосатая зубатка, окуни золотистый и клювач, менек, северный макрурус, скаты, камбала-ерш, обычно являются приловом, их целенаправленного лова не ведут.

Начиная с 2003 г. треска, до этого уступающая по вылову синей зубатке, стала неизменно формировать основу ежегодного ярусного вылова, а объемы ее добычи увеличивались, достигнув максимума в 2016 г. – 21,5 тыс. т. С 2017 по 2019 г. вылов стал сокращаться с 19,5 до 12,8 тыс. т, а в 2020-2021 гг. увеличился до уровня 16,3-17,1 тыс. т. Уменьшение вылова после 2016 г. связано, с одной стороны, с ежегодным сокращением промысловых усилий ярусоловов (уменьшение судо-суток лова и количества обработанных крючков), а с другой – с снижением национальной квоты на вылов трески, поскольку в последние годы отмечалось неуклонное уменьшение ее промыслового и нерестового запасов.

Синяя зубатка была наиболее важным объектом лова до 1991 г. Тогда ее доля в общем ярусном вылове достигала 78 %. Позже, с освоением ярусоловами сырьевой базы трески и наращиванием усилий на ее промысле, доля синей зубатки снизилась. В 2017-2021 гг. ее добыча составляла 7,3-8,6 тыс. т, в общем вылове – 23-28 %, в то время как доля трески выросла до 46-58 %.

Третий по значимости объект ярусного промысла – пикша, вылов которой в 2017-2021 гг. составлял 1,7-6,0 тыс. т. Вылов пятнистой зубатки в этот период был на уровне 1,9-2,7 тыс. т, черного палтуса – 0,6-0,9 тыс. т. Стоит отметить, что в последние годы ярусные суда не имеют квот на вылов черного палтуса и добывают его исключительно в качестве прилова. Доля палтуса в общем вылове составляет 2-3 %, а решением последних сессий Смешанной российско-норвежской комиссии (СРНК) судам допускается его прилов до 4 % от массы выгружаемого улова. При наличии у отдельных ярусоловов квот на вылов этого объекта и возможности вести его специализированный промысел, вылов черного палтуса может быть значительно увеличен, как, например, в 2000 г. его ярусный вылов достигал 3,7 тыс. т.

В последние пять лет (2017-2021 гг.) среднегодовой суточный ярусный вылов в Баренцевом море составлял 11,4 т, изменяясь по месяцам в пределах 10,0-13,3 т/сут. По отдельным экономическим зонам моря этот показатель в течение года варьировал: в исключительной экономической зоне России (ИЭЗ России) – от 8,1 до 10,7, норвежской экономической зоне (НЭЗ) – от 8,0 до 14,0, районе архипелага Шпицберген (РШ) – от 10,2 до 15,9 т при среднегодовых величинах 10,7; 11,5 и 12,1 т/сут соответственно (рис. 1).

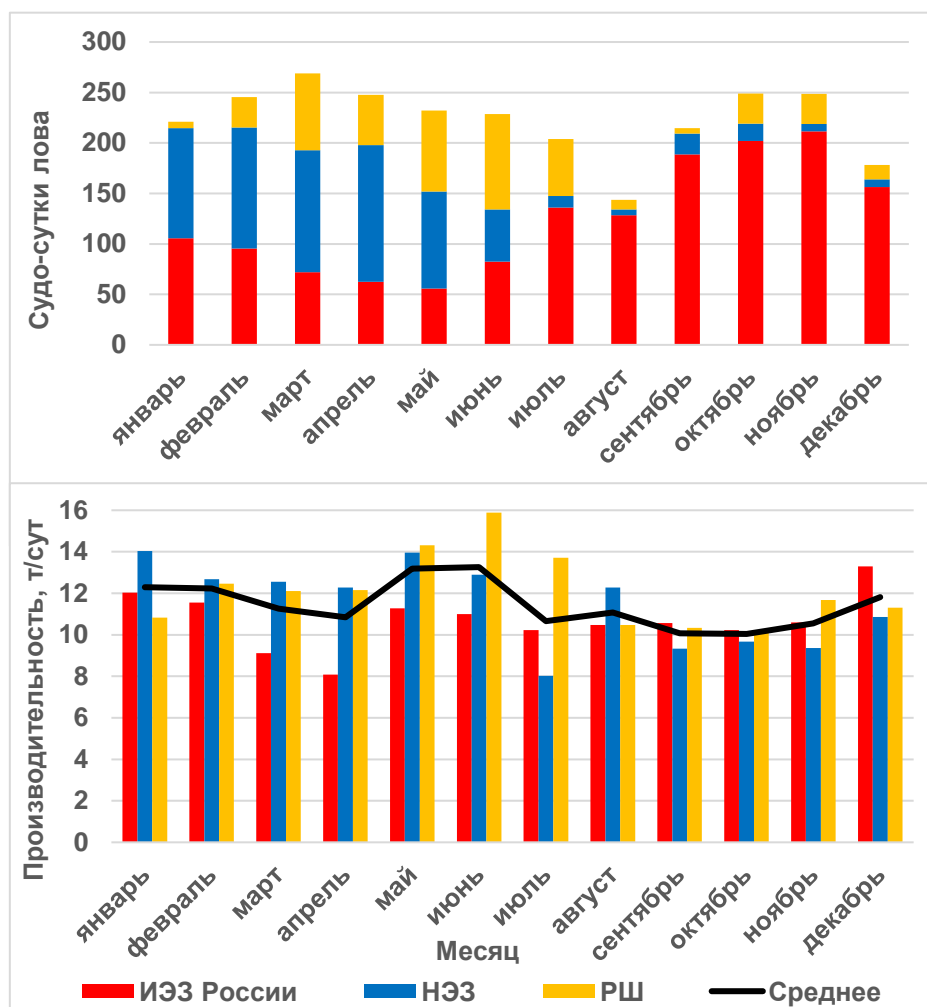


Рис. 1. Распределение промысловых усилий (судо-суток лова) судов ярусного флота (вверху) и производительности их промысла (внизу) по экономическим зонам Баренцева моря по осредненным данным за 2017-2021 гг.

Обращает на себя внимание и не находит объяснения тенденция значительного снижения у ярусных судов среднесуточной обработки крючков: с 38,5 тыс. шт. в 2018 г. до 26,9 тыс. шт. в 2021 г. (см. таблицу). При этом поддержанию относительно стабильного уровня суточного вылова в этот период способствовало значимое увеличение

производительности лова – с 286,6 до 425,6 кг/1000 крючков, что, в свою очередь, могло быть обеспечено рациональным перераспределением промысловых усилий (времени на лову) как на акватории Баренцева моря и сопредельных вод, так и в течение года (см. рис. 1).

Ниже приводится краткий обзор сезонной динамики хода ярусного промысла донных рыб в Баренцевом море и сопредельных водах по осредненным данным за последние пять лет (2017-2021 гг.).

В I квартале НЭЗ является основным районом промысла ярусного флота. Здесь суда находятся на лову 48 % времени и отмечается самая высокая производительность промысла в этот период. В январе увеличение суточного вылова до 14,0 т обеспечивается прежде всего за счет подхода половозрелой трески, мигрирующей с мест нагула на нерест. С февраля из-за отхода трески далее, к местам нереста, ее вылов в районах работы ярусоловов в пределах НЭЗ постепенно снижается, и суда переключаются на вылов синей и пятнистой зубаток (рис. 2). К концу марта, по мере формирования преднерестовых скоплений пикши, некоторые суда ведут ее целенаправленный лов на Нордкинской банке в районе Копытова.

В ИЭЗ России в I квартале суда затрачивают 37 % промыслового времени, облавливая смешанные скопления трески и пикши с приловом зубаток. В январе суточные уловы держатся на уровне 12,0 т, однако половозрелые треска и пикша продолжают покидать районы нагула на акватории ИЭЗ России, смещаясь в НЭЗ к местам предстоящего нереста, их уловы постепенно снижаются. Суточная производительность лова зубаток от января к марту, наоборот, возрастает с 2,5 до 4,5 т, но это не компенсирует сокращения вылова тресковых. Уловы к концу квартала снижаются до 9,1 т/сут, достигая минимума в апреле – 8,1 т/сут. Ярусоловы с февраля частично покидают пределы ИЭЗ России, перераспределяя промысловую нагрузку на НЭЗ и РШ.

Ярусные суда, не имеющие возможности работать в НЭЗ, со второй половины февраля частично передислоцируются из ИЭЗ России в РШ, где в феврале-марте средние суточные уловы на скоплениях трески и зубаток составляют около 12,3 т, против 10,3 т/сут в ИЭЗ России, однако в целом вылов в РШ в I квартале меньше, чем в других районах Баренцева моря из-за меньшего количества приложенных промысловых усилий.

Во II квартале НЭЗ остается основным районом ярусного промысла, на эту зону приходится 40 % времени работы судов. В апреле основу вылова составляют треска и зубатки, с некоторым преобладанием последних. Общая производительность лова с приловом черного палтуса и пикши обеспечивает вылов 12,3 т/сут, оставаясь максимальным показателем по всему Баренцеву морю. В мае, после выхода трески с мест нереста, ее вылов по отношению к апрелю увеличивается с 4,3 до 7,0 т/сут, а общая

производительность промысла у судов возрастает до 14,0 т/сут. К концу мая, по мере выхода трески из НЭЗ в районы нагула, прежде всего в РШ, производительность ее лова здесь сокращается и ярусные суда вслед за скоплениями трески выходят из этой зоны, преимущественно в РШ и в меньшей степени в ИЭЗ России.

В июне РШ становится наиболее производительным районом моря. Суточные уловы трески и зубаток здесь составляют по 7,0 т, а вместе с приловом пикши и черного палтуса обеспечивают в среднем 15,9 т/сут.

В ИЭЗ России к июню отмечается некоторое увеличение производительности лова до 11,0 т/сут, но в целом этот показатель остается минимальным по отношению к другим районам моря. Несмотря на это, с июня начинается постепенное наращивание промысловых усилий в этой зоне за счет выхода части судов из НЭЗ. Хотя в зоне Норвегии сохраняется относительно высокая производительность промысла (около 13,0 т/сут), в том числе трески, суда вынуждены покидать этот район в связи с выбором квоты зубаток, ежегодно выделяемой норвежцами российским судам в своей экономической зоне в рамках решений сессий СРНК (в последние годы квота зубаток в НЭЗ равна 5000 т, из которых на ярусный лов выделяется 4100 т).

С III квартала и до конца года ИЭЗ России становится основным районом ярусного промысла, флот проводит на лову в этой зоне 80 % от общего времени. В июле-сентябре суточные уловы здесь относительно стабильны – 10-11 т, из которых 55-65 % составляет треска и 24-35 % зубатки. С июля постепенно увеличиваются приловы пикши с 0,4 до 1,0 т/сут к концу квартала.

В РШ в июле продолжает сохраняться удовлетворительная промысловая обстановка, обеспечивающая суточные уловы на уровне 13,7 т. Основу вылова в этот месяц формируют зубатки (48 %) и треска (42 %). К ним примерно в равных объемах прилавливаются пикша и черный палтус – по 0,4 т/сут. В августе-сентябре производительность промысла в РШ неуклонно снижается до 10,3 т/сут. Это соответствует показателю суточного вылова в ИЭЗ РФ, поэтому от июля к сентябрю идет сокращение промысловых усилий ярусного флота в РШ и перемещение ярусных судов в российские воды.

С июля и до конца года НЭЗ утрачивает промысловое значение для ярусного флота. В этот период ярусные суда здесь ведут эпизодический промысел, в среднем суммарно около 12 судо-суток в отдельные месяцы. Суточная производительность в июле-сентябре в НЭЗ находится в пределах 8,0-12,3 т, но в целом она минимальна по отношению к остальной акватории моря, при этом доля трески в вылове по отдельным месяцам III квартала не превышает 37 % (2,1-3,5 т/сут). Основу уловов формируют синяя и

пятнистая зубатки (до 64 %), квота которых в НЭЗ, уже, как правило, ко второму полугодию реализована, что ограничивает работу ярусного флота в этой зоне.

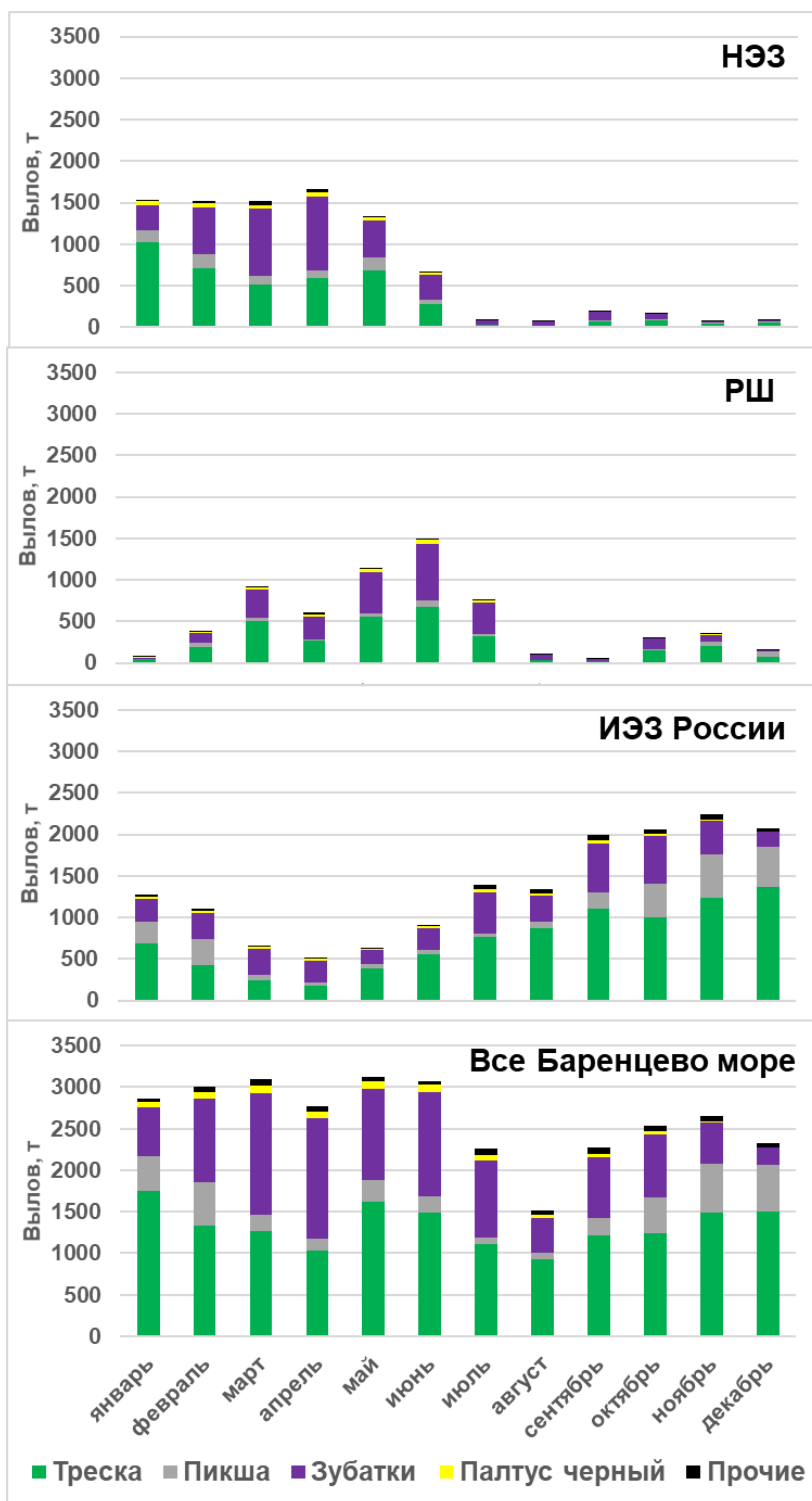


Рис. 2. Ярусный вылов донных рыб по экономическим зонам Баренцева моря и месяцам по осредненным данным за период 2017-2021 гг.

В IV квартале ИЭЗ России продолжает оставаться основным районом ярусного промысла и в этот период здесь сосредоточено 84 % промысловых усилий. За счет уплотнения скоплений половозрелой трески, готовящейся к возвратным миграциям к местам нереста, и по мере формирования зимовальных концентраций неполовозрелой рыбы, от сентября к декабрю происходит увеличение производительности промысла трески с 5,0 до 8,8 т/сут. Также возрастает вылов пикши с 1,0 до 3,0 т/сут. Уловы зубаток, наоборот, снижаются с 2,8 до 1,2 т/сут, но в совокупности суточный вылов в IV квартале в ИЭЗ России возрастает с 10,2 до 13,3 т.

В РШ в это время промысловая обстановка относительно стабильна, среднесуточные уловы находятся в пределах 10,2-11,3 т, доля трески в вылове по отдельным месяцам составляет 50-60 %.

В НЭЗ в IV квартале по мере подхода с мест нагула преднерестовой трески и пикши, производительность их лова к декабрю увеличивается с 4,4 до 7,2 т/сут и с 1,1 до 2,6 т/сут соответственно, а уловы зубаток, наоборот, сокращаются с 3,7 до 1,0 т/сут. В целом общий вылов возрастает с 9,7 до 10,9 т/сут, но суда здесь практически не работают по указанной выше причине.

В Открытой части Баренцева моря (Анклав) ярусные суда в течение года ведут только эпизодический промысел, лишь по несколько судов-суток в сентябре-октябре.

Следует отметить, что ярусный вылов донных рыб в Баренцевом море и сопредельных водах может быть увеличен как экстенсивным путем, за счет увеличения численности ярусного флота и количества обрабатываемых в сутки крючков (хотя бы до среднемноголетнего показателя – 33,0 тыс. крючков в сутки), так и интенсивным – более полным использованием приловов, поскольку некоторые из прилавливаемых видов рыб зачастую выбрасываются за борт.

В Баренцевом море из наиболее массовых и недоиспользуемых видов прилова можно выделить колючего ската, повсеместно вылавливаемого на крючки ярусов, в отдельных районах до 0,5 т и более за судно-сутки лова. Также широко распространенным, но значительно менее массовым приловом на яруса является камбала-ерш.

В НЭЗ и РШ ценный прилов представляют собой морские окуни, а в НЭЗ, особенно в районе Копытова, дополнительно – менек. Также массово в прилове в этих районах моря могут отмечаться северный макрурус и северный скат, особенно с увеличением глубины лова. Суммарный суточный прилов рыб этих видов у судна может достигать 1 т.

Полное использование всех видов прилова позволит более рационально эксплуатировать сырьевую базу ярусного промысла в Баренцевом море и сопредельных водах.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МЕРОМИКТИЧЕСКИХ ВОДОЕМОВ ГУБЫ КАНДА, ОТДЕЛЕННЫХ ОТ БЕЛОГО МОРЯ

Н.А. Демиденко¹, А.С. Саввичев²

¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва

² Институт микробиологии имени С.Н. Виноградского РАН, г. Москва

История отделения губы Канда от Белого моря. С началом Первой мировой войны резко активизировались работы по созданию железной дороги на Мурман. В ноябре 1914 г. были начаты изыскательские работы по всей трассе будущей дороги, завершившиеся к марту 1915 г. Участок от Сорокской губы до Кандалакши строился с сентября 1915 г. по ноябрь 1916 г. Процесс постройки существенно затрудняло обилие рек и ручьев. Особая проблема возникла в районе губы Канда; здесь было решено строить фильтрационную дамбу через морское мелководье. Подобное сооружение возводилось впервые в мире; в основу закладывались крупные валуны, и далее, по мере наращивания дамбы, использовались все более мелкие камни и фрагменты породы. В результате вода в приливы и отливы могла проходить сквозь тело дамбы. Для прохода мелких судов и рыбы была оставлена протока, через которую был построен однопролетный мост. Таким образом, в конце 1916 г. была нарушена свободная связь губы Канда с Белым морем.

Следующие изменения произошли во время Второй мировой войны – в 1942 г., когда протока, соединяющая губу с морем, была засыпана. В 1959 г. дамбу расширили, была протянута вторая ветвь железной дороги. Гидротехнические сооружения приобрели свои окончательные размеры – общая длина дамбы 2,1 км, ширина 12 м, высота насыпи от 3 до 8 м (Юрченко, Корякин, 2012).

В 1972 г. в теле дамбы был построен рыбоход – водопропускное сооружение. Сверху он был покрыт двумя металлическими мостовыми пролетами, боковые стенки и дно выполнены из скальной породы. Общая длина сооружения составила 20, ширина – 12, высота – 4 м. Водообмен Канда-губы с морем немного увеличился, и в губу снова смогли заходить морские и проходные рыбы.

При строительстве автодороги М18 «Кола» (Санкт-Петербург – Мурманск) через центральную часть губы Канда (ширина губы в этом месте 600 м) были построены еще одна фильтрующая дамба и мост (пролет 75 м). Строительство было закончено в 1968 г. Водообмен между кутовой частью и остальной губой был резко ограничен (Юрченко, Корякин, 2012).

После строительства второй дамбы водоемы губы Канда по существу превратились в каскад из двух низконапорных водохранилищ: верхнего, аккумулирующего поступающие из р. Канды пресные воды, и нижнего, из которого проходит сброс вод в море. Такие антропогенные преобразования губы, естественно, отразились на изменении ее гидрологического и гидрохимического режимов. По данным института СеврыбНИИпроект (Петрозаводск) (Иванов, Китаев, Чеченков, 1983), в 1981-1982 гг. в губе Канда существовала резко выраженная стратификация вод: пресноводный поверхностный слой и заполненные соленоватой водой застойные зоны на глубине, со значительной концентрацией растворенного сероводорода в них. Таким образом, в течение последних десятилетий гидрологический режим губы Канда неоднократно изменяли. Отметим, что в последние столетия не менее значимые изменения происходили и под влиянием естественных причин – наиболее очевидны последствия подъема земной коры в вершине залива (примерно на 1 м за 100 лет). В результате подъема суши пролив практически исчез, и южный рукав губы Канда превратился в пресноводное оз. Федосеевское. Непосредственная связь с этим бывшим морским проливом была закрыта дамбой, насыпанной при строительстве автодороги М18 в 1968 г. (рис. 1).

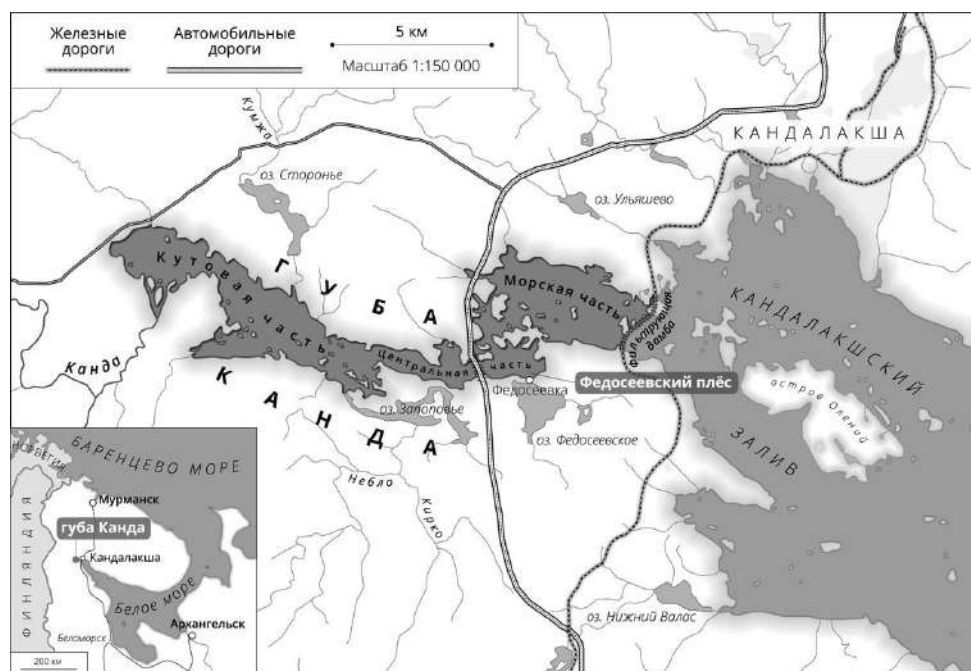


Рис. 1. Современная карта-схема губы Канда и прилегающей акватории Кандалакшского залива. Обозначены насыпь автомобильной и фильтрующей дамбы железной дороги (Микробные процессы в..., 2017)

История исследований гидрологического режима губы Канда.
Строительство фильтрующей железнодорожной дамбы неизбежно меняло

биоту губы Канда, что привлекало научный интерес гидробиологов. В конце мая-начале июня и в первой половине октября 1959 г. здесь работала экспедиция Мурманского морского биологического института АН СССР (Галкина, Цееб, Позднякова, 1963), в 1962-1963 гг. – две экспедиции Ленинградского государственного университета (Смирнова, 1965), в июле–августе и октябре 1978 г. и апреле–июне 1979 г. проводились экспедиционные исследования группой специалистов из Петрозаводского института СеврыбНИИпроект (Иванов, Китаев, Чеченков, 1983).

Поверхностные воды губы опресняет речной сток, поэтому соленость поверхностных вод нарастает от кута, куда впадает р. Канда, к устью губы. Под распресненным поверхностным слоем залегает слой соленых морских вод. Горизонтальная и вертикальная структура вод достаточно устойчива, что позволяет сосуществовать в пределах губы пресноводным и морским видам животных (Галкина, Цееб, Позднякова, 1963; Смирнова, 1965; Иванов, Китаев, Чеченков, 1983).

Строительство дамб многократно снизило водообмен внутри губы, ее сообщение с морем. Нарушение такого рода провоцирует рост застойных явлений. Так, при первом обследовании губы в 1959 г., на ряде станций зафиксирован сильный дефицит кислорода в придонных слоях; отмечались застойные явления, но сероводородное заражение прямо не упоминалось (Галкина, Цееб, Позднякова, 1963). При повторных обследованиях в 1962 и 1963 г. в кутовой и центральной частях сероводород появился в наиболее глубоких местах (Смирнова, 1965). По данным 1978-1979 гг. в кутовой и центральной частях соленые воды на глубинах более 8-10 м практически лишены кислорода, а придонные слои насыщены сероводородом (Иванов, Китаев, Чеченков, 1983).

В июле-августе 1984 г. Государственным океанографическим институтом (далее – ГОИН) было выполнено экспедиционное обследование губы Канда. Основное внимание обращалось тогда на выявление условий стратификации и перемешивания вод, а также на определение состояния застойных зон в этом водоеме (Гидрологические, гидрохимические особенности..., 1987).

В зимние периоды 2015-2021 гг. сотрудниками ГОИНа и Института микробиологии РАН проведены экспедиционные исследования акватории Кандалакшского залива и водоемов губы Канда для получения современных инструментальных гидролого-гидрохимических характеристик водных объектов и объективных количественных показателей интенсивности микробных процессов циклов углерода и серы в водной толще губы Канда. Ранее микробиологические и биогеохимические исследования на данных акваториях не проводились. Исследование уровней выполнялось с помощью

гидростатических датчиков-логгеров, зондирование и отбор водных проб – с поверхности льда.

Гидролого-гидрохимический режим губы Канда. Гидрологический режим губы Канда – сложный и сжатый во времени техногенный вариант процесса отчленения от моря системы крупных озер. Большинство малых и больших озерных систем вблизи побережья Кандалакшского залива по происхождению являются участками морских акваторий. Губа Канда – единственный масштабный водоем, где этот процесс можно наблюдать в промежуточной стадии, когда еще устойчиво сосуществуют пресноводные и морские водные массы. Этим губа Канда сходна с широко известным меромиктическим озером Могильным на о-ве Кильдин, что отмечают многие исследователи. Если существующие тенденции изменений сохранятся, то в будущем на месте губы Канда образуется комплекс меромиктических и пресноводных озер.

Исследования приливных колебаний уровня воды в акватории Кандалакшского залива и морской части губы Канда проводились с помощью автономных гидростатических логгеров с 1 по 9 марта 2016 г. Датчики лежали на дне в точках измерений и показывали глубину, уровень и температуру воды. На рис. 2 приведены совмещенные графики хода уровней и изменения глубин на станции 1 в Кандалакшском заливе и на станции 2 в морской части губы Канда за период квадратурно-сизигийных приливов с 1 по 9 марта 2016 г.

За период измерений в морской части акватории губы Канда, в 500 м юго-западнее от водовода фильтрующей дамбы, величина квадратурного прилива 4 марта 2016 г. составляла 0,061 м; сизигийного прилива 9 марта 2016 г. – 0,125 м. Размах колебаний уровня за период измерения от самой полной воды до самой малой составил 0,23 м. В сизигийные приливы продолжительность подъема уровня в активную фазу – 4 ч 35 мин, спада уровня в фазу отлива – 7 ч 50 мин (см. рис. 2).

За период измерений в акватории Кандалакшского залива величина сизигийного прилива 9 марта 2016 г. составляла 2,494 м. Характер прилива в вершине залива – полусуточный мелководный. Соленость воды губы Канда изменялась в широком диапазоне: от 0,2 до 22,2. В поверхностном опресненном горизонте сумма ионов постепенно увеличивалась от 0,2 до 0,4 мг/л в кутовой части губы; в придонном – соленость находилась в интервале от 13,8 до 21,9. Для всей губы отмечалось сильное опреснение поверхностных слоев: в центральной и кутовой частях в летний период поверхностная соленость обычно не превышала 1,8, и лишь в июле 1962 г., после очень жаркого и сухого периода, достигала 3,6 (Смирнова, 1965).

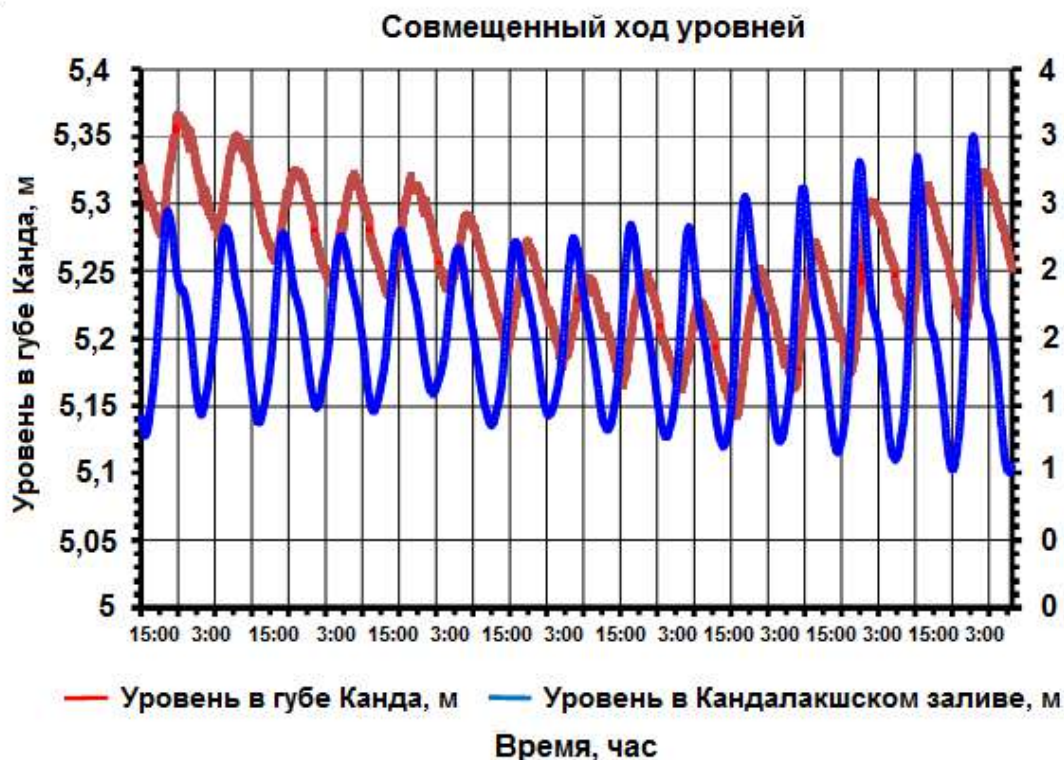


Рис. 2. Совмещенный график хода уровней на станции 1 в Кандалакшском заливе и станции 2 в губе Канда с 01 по 09.03.2016 г. (вертикальный масштаб различается)

Для вертикального распределения солености было весьма характерно наличие двух основных водных масс: пресноводно-солонатоводного миксолимниона и высокосоленого монимолимниона, разделенных между собою хемоклином. Толщина слоя опресненных вод изменялась в разных районах губы от 1 до 10 м. Эти воды обильно насыщены кислородом (80-100 %), хорошо прогреваются в летний период, богаты углекислотами и органическими веществами.

Ниже расположен слой мощностью 2-4 м с резким ростом солености (гало- или хемоклин), обычно совпадающий с термоклином. Хемоклин характеризуется высоким (иногда до 10 промилле на 1 м) градиентом солености. Глубже 8-10 м залегают высокосоленые воды, являющиеся в кутовой части и центральных плесах практически застойными. Последние почти полностью лишены кислорода (вплоть до его отсутствия), богаты углекислотой (57-350 мг/л) и растворенным сероводородом в нижних слоях. Температура в придонном горизонте оставалась низкой (3,2-4,5 °С) в течение года, а в самых глубоких участках опускалась до 2,7 °С. Соленость в морской части губы на глубине 4-6 м составляла 18, постепенно ко дну увеличиваясь до 23.

Гидрологические съемки, проведенные в морской части губы Канда в зимние периоды в конце января 2015 г. и начале марта 2016 г., показали,

что в западной части морского плеса температура воды в поверхностном горизонте, где вода почти пресная, была равной 0 °С; в центральной части с повышенной соленостью поверхностных вод – составляла –0,2 °С (Гидролого-гидрохимические условия..., 2015). С глубиной температура воды увеличивалась, в придонном горизонте достигая 2,8 °С у западной, более мелководной, части – по сравнению с 2,3-2,5 °С в центральной части с глубинами 13-17 м.

В кутовой части губы Канда верхний слой пресный до глубины 13 м, затем имеет место острый галоклин толщиной менее 1 м; далее – соленая морская вода, оставшаяся в котловинах с момента отделения губы дамбой. Соленость воды в донном горизонте возрастает до максимальных значений (порядка 17) при температуре воды 4,55 °С (рис. 3). Концентрация сероводорода в придонном горизонте достигает 93,4 мг/л.

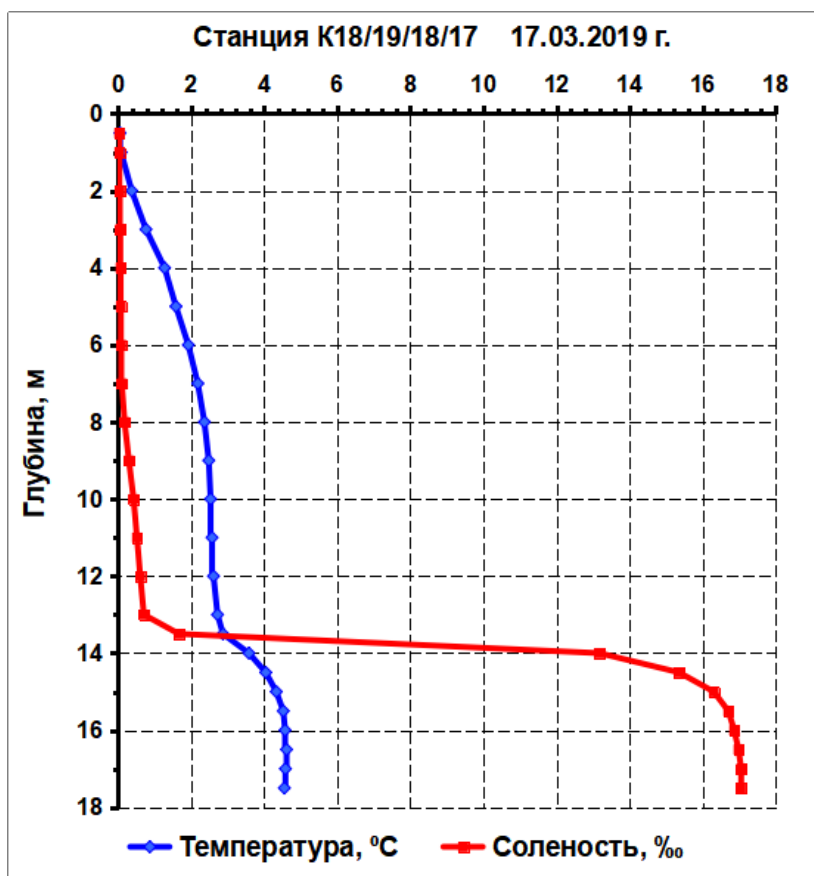


Рис. 3. График температуры и солености по вертикали в кутовой части губы Канда (станция 18), 17.03.2019 г.

Следует подробнее остановиться на специфических особенностях, обусловленных трансформацией водных масс губы Канда после ослабления и прекращения связи с морем. Главным образом это касается анионов (сульфатов, гидрокарбонатов и фторидов), тогда как для катионов

существенных аномалий не выявлено (Гидролого-гидрохимические условия..., 2015). Наиболее сильной трансформации подверглись придонные слои центрального плеса (12 м и глубже): в них протекает интенсивная сульфатредукция, на что указывает снижение концентрации сульфатов (см. табл.), сопровождающееся усиливающимся запахом H_2S , а также резкое увеличение щелочности (концентрации гидрокарбонатов).

Распределение температуры, солености и сероводорода в мнимомлимнионе Федосеевского плеса губы Канда, ст. 6, глубина 14,5 м, март 2016 г.

Горизонт, м	T, °C	S	H_2S , мг/л	Примечание
11,0	4,65	15,33	14,42	Слабый запах H_2S
12,0	5,08	15,85	34,35	Средний запах H_2S
13,0	5,04	16,18	63,04	То же
13,8	4,91	16,52	65,71	Сильный запах H_2S

Из соединений азота нитриты отмечались в малом количестве, главным образом – в весенний период. Содержание фосфатов в губе во время весеннего продуцирования фитомассы было ниже, чем осенью, когда наблюдалось накопление минерального фосфора у дна практически на всех станциях. Особенно много фосфатов концентрировалось в кутовой части. Для кремния характерно однородное распределение на всех станциях, за исключением центрального Федосеевского плеса, где в наибольшей степени проявляются признаки меромиксии.

В январе 2015 г. концентрация кремния в мнимомлимнионе (от поверхности до 8 м) была невысокой, составляла около 1,7 мг/л, возрастая до 3,0 мг/л у границы хемоклина на глубине 10 м. Придонные горизонты в силу диффузии из поровых растворов донных отложений демонстрировали рост содержания кремния на порядок и достижение максимума (17,8 мг/л) на глубине 13 м (Гидролого-гидрохимические условия..., 2015).

Микробные процессы в водоемах губы Канда. Среди озер морского происхождения, возникших из-за сепарации лагун и заливов, выделяются водоемы, получившие название меромиктических. Они характеризуются наличием анаэробной зоны в мнимомлимнионе. Анаэробные условия, как правило, создаются за счет протекания микробных процессов деструкции органического вещества, ведущих к исчерпанию растворенного кислорода. В присутствии сульфат-иона процессы микробной сульфатредукции и образования сероводорода в мнимомлимнионе таких водоемов заметно активизируются. В анаэробных условиях образование метана обеспечивают метаногенные археи, участвующие, наряду с сульфатредуцирующими бактериями, в разложении органического вещества. Сероводородное заражение характерно для искусственно отделенных морских акваторий, таких как губа Кислая на Западном Мурмане – в течение четырехлетнего

строительства Кислогубской ПЭС, когда ее бассейн был отделен от моря временной дамбой и остановкой работы ПЭС в 90-х годах (Семенов, 1988; Влияние приливных электростанций..., 1995).

Материалы для исследований получены в январе 2015 и февралемарте 2016 г. В кутовой и центральной части Федосеевского плеса (южная часть губы Канда) наблюдались все признаки меромиксии (Гидролого-гидрохимические условия..., 2015). Гало- и термоклин находятся на глубине 9-13 м; окислительно-восстановительный потенциал изменяется в пределах обозначенного горизонта. Общая численность микроорганизмов (далее – ОЧМ) в миксолимнионе Федосеевского плеса соответствовала значениям, обычным для зимнего сезона в олиго-мезотрофных водоемах. В слое хемоклина ОЧМ достигала локального максимума, что обыкновенно свойственно только меромиктическим водоемам (Распределение главных ионов..., 2015). Результаты экспериментов с добавкой $\text{Na}_2^{35}\text{SO}_4$ показали, что во всех пробах сероводородной воды происходит процесс микробной сульфатредукции, суточная скорость которого почти на 3 порядка величин ниже, чем содержание сероводорода. Из этого следует, что обнаруженные концентрации сероводорода могли образоваться не за один год – то есть, не только в текущий зимний сезон. Поскольку исследование пигментов в нативной воде показало отсутствие окрашенных (зеленых и пурпурных) аноксигенных фототрофных бактерий, уместно предположить связь роста ОЧМ с развитием тионовых бактерий, окисляющих восстановленные соединения серы в отсутствие света (Микробные процессы в..., 2017).

Концентрация растворенного метана в миксолимнионе несколько превышала его содержание в атмосфере. В слое хемоклина и придонном водном слое характер распределения содержания указывал на поступление метана из донных отложений. Изотопный состав углерода растворенного метана из придонного водного горизонта ($\delta^{13}\text{C}(\text{CH}_4) = -79,2$ промилле) свидетельствует о современном микробном генезисе. Содержание легкого изотопа углерода метана в слое хемоклина было меньше соответствующих величин в нижележащих горизонтах ($\delta^{13}\text{C}(\text{CH}_4) = -70,4$ промилле). Такое изменение изотопного состава углерода метана указывает на протекание эффекта фракционирования, возникающего при микробном потреблении преимущественно легкого изотопа углерода (Микробные процессы в..., 2017).

Губа Канда может служить хорошей моделью для исследования процессов водообмена в условиях резко выраженной плотностной стратификации вод, возникающей при отделении от моря и опреснении вод морского залива. Имеется некоторая аналогия между состояниями: современным – губы Канды и ранним, детально описанным в литературе

(Реликтовое озеро Могильное, 1975) – оз. Могильного (о-в Кильдин, Баренцево море).

Однако более значительные размеры и разнообразие гидрологических и гидробиологических условий усиливают научную значимость изучения губы Канда. Кроме того, здесь имеются благоприятные для исследований формирования структуры сероводородных зон в меромиктических водоемах условия. Изучение механизма образования сероводорода и его влияния на экосистемы таких водоемов представляет большой интерес и для рыбного хозяйства. Учет влияния возможного сероводородного заражения при антропогенном ограничении водообмена морских водоемов особенно важен при проектировании водохозяйственных мероприятий в северных районах нашей страны, где природа наиболее уязвима (Гидрологические, гидрохимические особенности..., 1987). Изучение изменений активности биогеохимических процессов, протекающих при участии микроорганизмов, позволит понять закономерности изменений в водных толщах Черного и Каспийского морей (Микробные процессы в..., 2017).

Список использованной литературы

Влияние приливных электростанций на окружающую среду / Н.Н. Марфенин, О.И. Малютин, А.Н. Пантюлин [и др.]. – М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 1995. – 125 с.

Галкина, Л.А. Губа Канда и ее обитатели / Л.А. Галкина, Т.Я. Цееб, Л.Е. Позднякова // Океанология. – 1963. – Т. 3, № 5. – С. 898-906.

Гидрологические, гидрохимические особенности губы Канда / Л.Б. Друмева, Ю.В. Лупачев, В.П. Лучков [и др.] // Химия и биология морей: сборник статей Государственного океанографического института под ред. А.И. Симонова. – М.: Гидрометеиздат, 1987. – С. 49-53.

Гидролого-гидрохимические условия меромиктических водоемов губы Канда, отделенных от Белого моря дамбой / Н.А. Демиденко, А.С. Саввичев, А.В. Савенко [и др.] // Геология морей и океанов: Материалы XXI Международной научной конференции по морской геологии. – Т. 3. – М.: ГЕОС, 2015. – С. 170-174.

Иванов, Н.О. Особенности гидрофауны Канда-губы Белого моря / Н.О. Иванов, В.П. Китаев, А.В. Чеченков // Итоги и перспективы изучения биологических ресурсов Белого моря. – Л.: ЗИН АН СССР, 1983. – С. 37-44.

Микробные процессы в губе Канда – меромиктическом водоеме, искусственно отделенном от Белого моря / А.С. Саввичев, Н.А. Демиденко, Е.Д. Краснова [и др.] // Доклады Академии наук. – 2017. – Т. 474, № 5. – С. 637-641.

Распределение главных ионов и растворенных микроэлементов в меромиктических водоемах Кандалакшского залива Белого моря / А.С. Саввичев, Н.А. Демиденко, А.В. Савенко [и др.] // Геология морей и океанов: Материалы XXI Международной научной конференции по морской геологии. – М.: ГЕОС, 2015. – Т. 3. – С. 271-275.

Реликтовое озеро Могильное / В.И. Гуревич, Е.А. Капутина, Р.Я. Цееб [и др.]. – Ленинград : Наука, Ленинградское отделение, 1975. – 298 с.

Семенов, В.Н. Систематика и экология морских бассейнов Севера на разных этапах изоляции / В.Н. Семенов. – Апатиты : Изд-во ММБИ КФ АН СССР. – 1988. – 46 с.

Смирнова, Т.С. Донная фауна губы Канда Белого моря / Т.С. Смирнова // Гидробиологический журнал. – 1965. – Т. 1, № 4. – С. 27-33.

Юрченко, С.В. Техногенные воздействия на губу Канда, Белое море / С.В. Юрченко, А.С. Корякин // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием. – Апатиты, 2012. – Т. 2. – С. 171-173.

ХАРАКТЕРИСТИКА РЫБОЛОВСТВА ПРИ ОСВОЕНИИ ЗАПАСОВ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ В 2010-2021 гг.

С.И. Долотов

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

Введение

В Мурманской области насчитывается 111 746 озер, 16 546 рек и ручьев (Каталог рек Мурманской..., 1962; Каталог озер Мурманской..., 1962), а также 24 водохранилища. Наличие большого числа водоемов создает благоприятные условия для развития рыболовства, базирующегося на запасах пресноводных рыб. Оно проводится по четырем направлениям, для которых предусмотрено обязательное декларирование уловов: промышленное, рыболовство в целях обеспечения традиционного образа жизни коренных малочисленных народов Севера (КМНС), научных и контрольных целях (НИК), а также любительское на закрепленных за пользователями рыболовных участках (РЛУ). Они могут существенно различаться по количеству участников и участков лова, величине выделяемых объемов добычи и уловов. Оценка тенденций показателей, характеризующих состав участников, сырьевую базу и результативность различных направлений лова, является необходимым условием для эффективного управления рыболовством и рационального использования запасов пресноводных рыб в Мурманской области.

Материал и методика

В статье приводится анализ структуры и количества участников, структуры и величины уловов, структуры, величины и освоения выделяемых объемов добычи по отдельным направлениям рыболовства, проводимого при освоении запасов пресноводных рыб в Мурманской области в 2010-2021 гг. В качестве источника данных использовалась статистика Североморского территориального управления Росрыболовства. Исследование касалось только тех направлений рыболовства, для которых законодательно предусмотрено обязательное декларирование уловов. В задачи работы не входило изучение любительского лова вне РЛУ, результаты которого не учитываются официальной статистикой.

Результаты и обсуждение

В 2010-2016 гг. в Мурманской области суммарное по всем направлениям рыболовства количество участников – учреждений, организаций, предпринимателей и физических лиц – изменялось от 5 до 44, в 2017-2021 гг. оно возросло с 94 до 172 (рис. 1а).

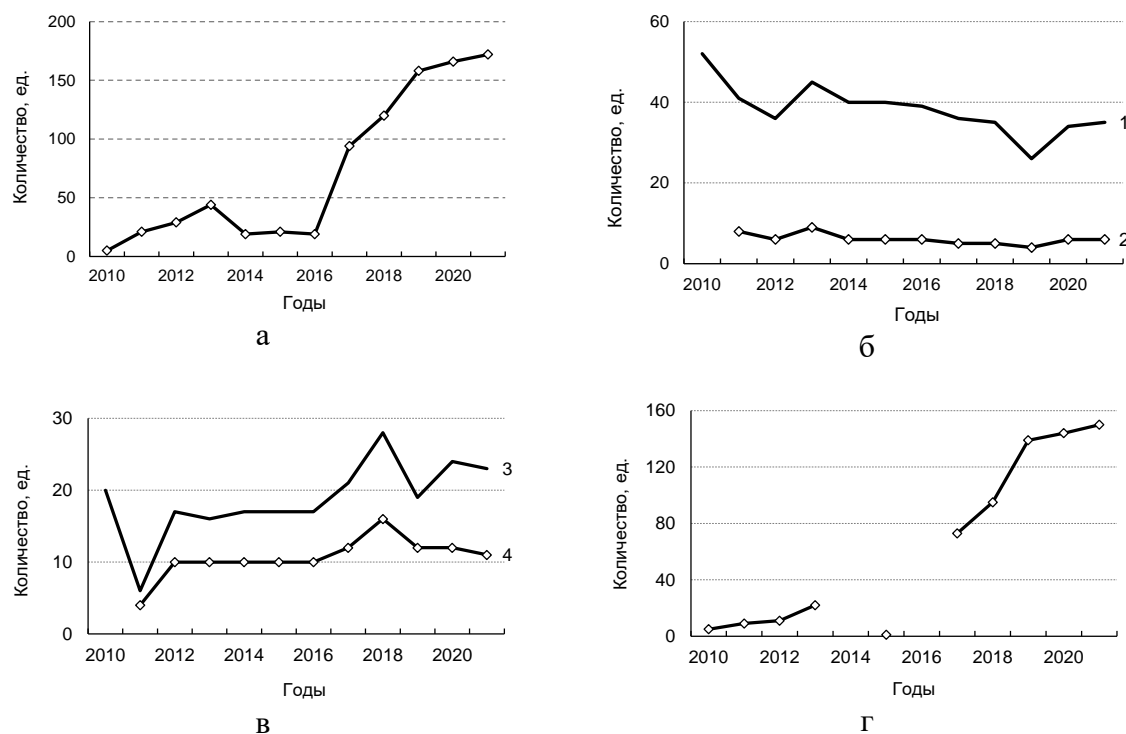


Рис. 1. Показатели организации рыболовства при освоении запасов пресноводных рыб в Мурманской области в 2010-2021 гг.: а – общее количество участников при всех направлениях рыболовства; б – количество РЛУ (1) и пользователей РЛУ (2) при любительском лове; в – количество РЛУ (3) и пользователей РЛУ (4) при промысле; г – количество участников от КМНС

Общий выделенный объем добычи в 2010 г. незначительно превышал 200 т. В 2011-2016 гг. он изменялся от 105 до 143 т. В 2017 г., когда начался выраженный рост числа участников рыболовства, общий выделенный объем составил 166 т, после чего продолжал увеличиваться, достигнув 284 т в 2021 г. Его среднее значение составило 134,8 т в 2010-2016 гг. и 245,7 т в 2017-2021 гг. (рис. 2а).

В структуре общего выделенного объема в 2010-2016 гг. преобладали доли любительского лова на РЛУ и промысла. С 2017 г. происходило их быстрое сокращение с одновременным увеличением доли КМНС, которая с 2019 г. составляла уже более 50 % (рис. 3а).

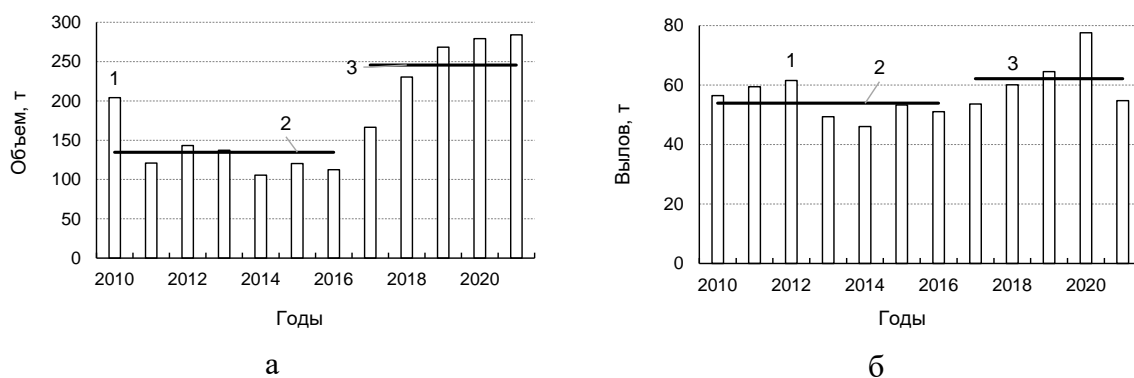


Рис. 2. Общий выделенный объем добычи (а) и общий вылов (б) пресноводных рыб в Мурманской области в 2010-2021 гг.: 1 – ежегодные значения; 2 – среднее за 2010-2016 гг.; 3 – среднее за 2017-2021 гг.

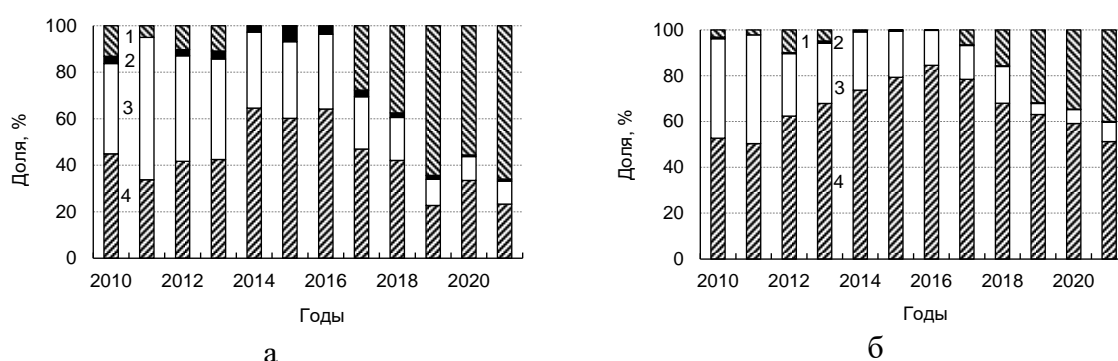


Рис. 3. Структура общего выделенного объема добычи (а) и общего вылова (б) пресноводных рыб в Мурманской области в 2010-2021 гг. по направлениям рыболовства: 1 – КМНС; 2 – НиК; 3 – любительское на РЛУ; 4 – промышленное

В среднем за период 2010-2021 гг. основу общего выделенного объема составляли доли промысла (41 %), лова КМНС (31,6 %) и любительского лова на РЛУ (25,2 %). Доля НиК лова незначительно превышала 2 %.

Общий вылов вплоть до 2016 г. изменялся от 46 до 61,5 т при среднем 53,9 т. С 2017 г., в котором начались выраженные изменения числа участников рыболовства, а также структуры и величины общего выделенного объема добычи, вылов находился в границах 53,6-77,5 т, составив в среднем 62,1 т (см. рис. 2б).

Для структуры общего вылова с 2010 по 2016 г. включительно было характерно увеличение доли промысла за счет сокращения частей любительского лова и лова КМНС и, с 2017 г., рост доли лова КМНС при уменьшении долей остальных направлений рыболовства. При этом наибольшая доля улова КМНС, приходящегося на 2021 г., составила только 40 % от общего вылова (см. рис. 3б).

В среднем за 2010-2021 гг. в формировании общего улова наименьшую роль играл НиК лов (0,4 %). 65,8 % давал промысел, 12,9 % – лов КМНС, 20,9 % – любительский лов на РЛУ.

Освоение общего выделенного объема в 2010-2016 гг. составило в среднем 41,3 % при вариациях от 27,7 до 49,2 %, в 2017-2021 гг. оно изменялось от 19 до 33,2 % при среднем 25,9 % (рис. 4а).

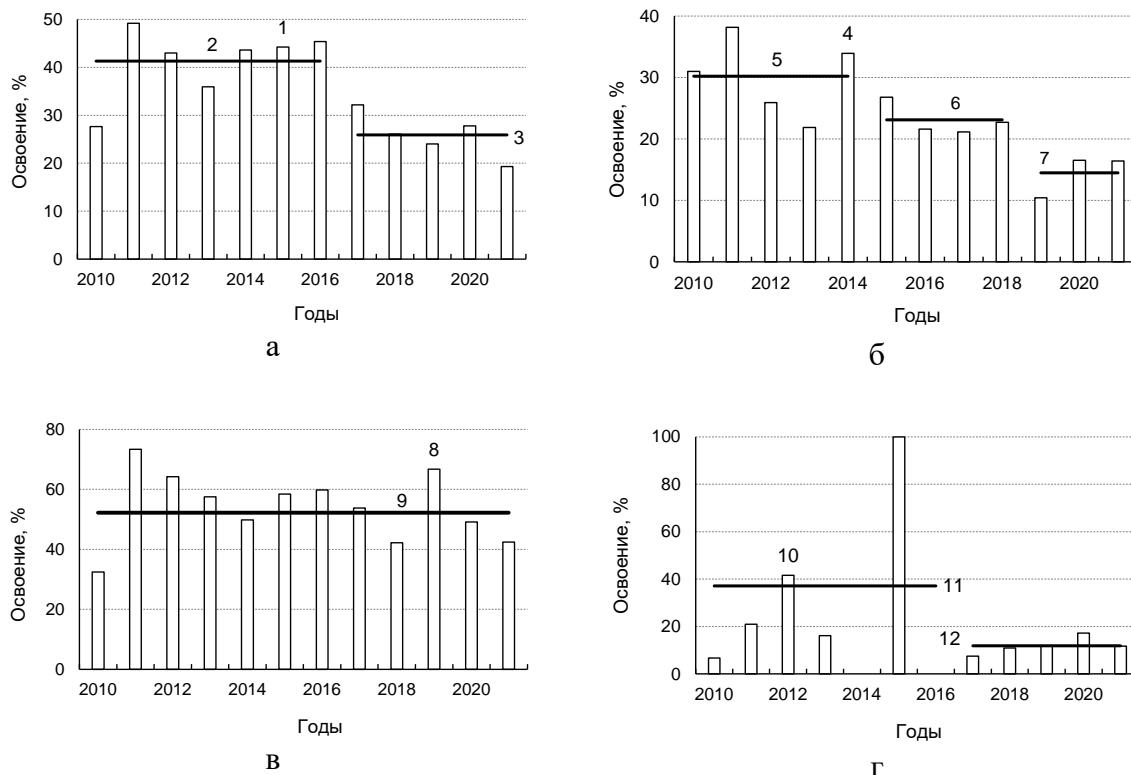


Рис. 4. Показатели освоения выделенного объема добычи пресноводных рыб в Мурманской области в 2010-2021 гг.: а – общего (1 – ежегодное; 2 – среднее за 2010-2016 гг.; 3 – среднее за 2017-2021 гг.); б – при любительском лове на РЛУ (4 – ежегодное; 5 – среднее за 2010-2014 гг.; 6 – среднее за 2015-2021 гг.; 7 – среднее за 2019-2021 гг.); в – при промысле (8 – ежегодное; 9 – среднее за 2010-2021 гг.); г – при лове КМНС (10 – ежегодное; 11 – среднее за 2010-2013, 2015 гг.; 12 – среднее за 2017-2021 гг.)

Освоение общего выделенного объема добычи определяется величиной вылова, которая, в свою очередь, в значительной степени зависит от количества участников, участков и результативности лова при отдельных направлениях рыболовства. Данные показатели будут рассмотрены для любительского лова на РЛУ, промышленного рыболовства и лова КМНС. Показатели НиК лова, не играющего заметной роли в формировании общего выделенного объема добычи и улова, не исследуются.

Любительский лов на РЛУ. В 2010-2021 гг. число пользователей РЛУ изменялось от 4 до 9, количество РЛУ – от 26 до 52. До 2015 г. в

большинстве случаев РЛУ было не меньше 40. В 2016-2021 гг. регистрировалось от 26 до 39 участков (см. рис. 1б).

Выделяемый объем добычи изменялся от 79,1 т в 2010 г. до 28,1 т в 2021 г. и имел выраженную тенденцию к снижению на всем протяжении рассматриваемого периода (рис. 5а).

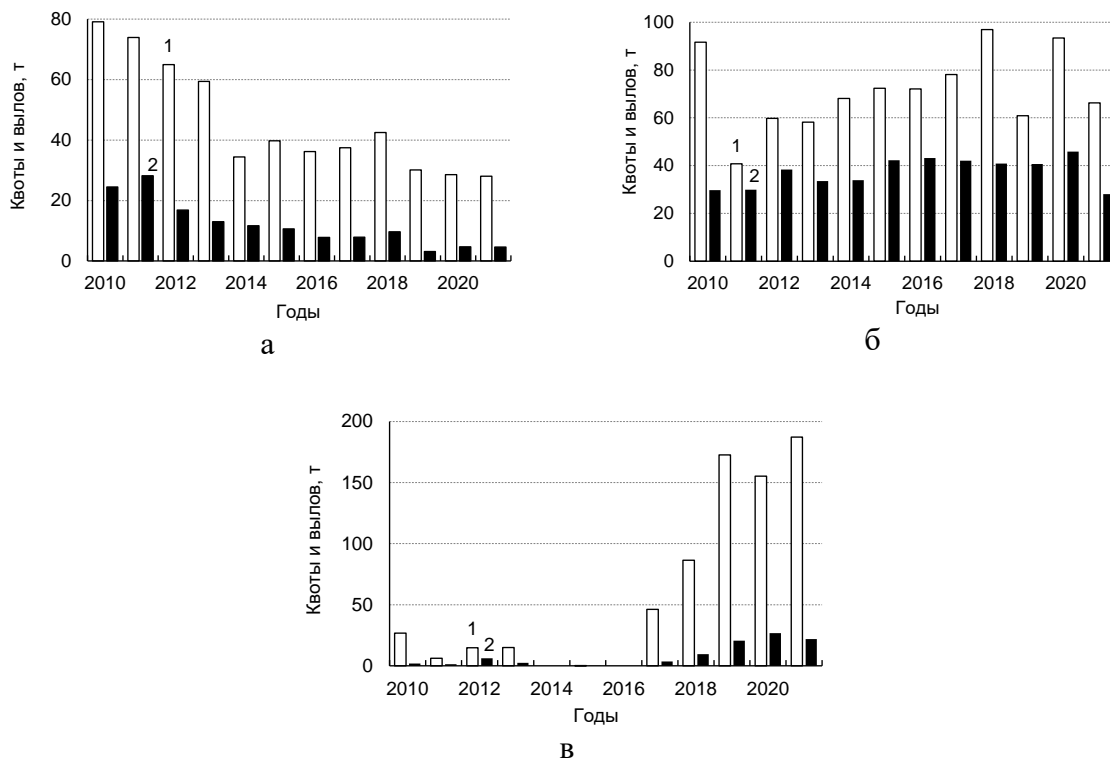


Рис. 5. Выделенный объем добычи (1) и декларированный вылов (2) пресноводных рыб в Мурманской области в 2010-2021 гг. по направлениям рыболовства: а – любительское на РЛУ; б – промышленное; в – КМНС

Если в 2010-2013 гг. его средняя величина составляла 69,3 т, то в 2014-2018 гг. и 2019-2021 гг. она была 37 и 32,3 т соответственно.

Похожим образом менялся и вылов (см. рис. 5а). За те же периоды его среднее значение составило 20,6; 9,5 и 5,5 т соответственно.

Сходные изменения наблюдались также и у показателей освоения. В 2010-2014 гг. они находились в границах 25,9-38,2 % при средней 30,2 %, в 2015-2018 гг. изменялись от 21,2 до 26,8 % (средняя 23,1 %), в 2019-2021 гг. не выходили за пределы интервала 10-20 % (средняя 14,5 %) (см. рис. 4б).

Промышленный лов. Данные о числе пользователей РЛУ в 2010 г. отсутствуют. В 2011-2021 гг. их было от 4 до 16. Количество РЛУ в 2010 и 2011 гг. составляло 20 и 6 соответственно. В 2012-2016 гг. в пользовании находилось 16-17 участков, в 2017-2021 гг. – от 19 до 28 (см. рис. 1в).

Величина выделяемого объема добычи изменялась разнонаправленно. В 2010 г. она составляла 91,6 т, в 2011 г. – 40,8 т, после чего поступательно

возрастала, достигнув в 2018 г. 96,6 т. В 2019-2021 гг. она изменялась от 60,9 до 93,4 т (см. рис. 5б).

Вылов в 2010-2011 гг. составил 29,7 и 29,9 т соответственно. В 2012-2014 гг. улов варьировал от 33,5 до 38,4 т, в 2015-2020 гг. – от 42 до 45,9 т. В 2021 г. он снизился до минимума за 2010-2021 гг., составив 28,1 т (см. рис. 5б).

Освоение выделенного объема добычи в 2010-2021 гг. находилось в интервале 32,4-73,4 % при среднемноголетнем уровне 52,2 %. Межгодовые изменения этого показателя не имели определенной тенденции (см. рис. 4в).

Лов в целях обеспечения традиционного образа жизни КМНС. В 2010-2013 и 2015 гг. (данные за 2014 и 2016 гг. отсутствуют) им занималось от 1 до 22 участников. В 2017 г. их число возросло до 73 и, продолжая увеличиваться, достигло 150 в 2021 г. (см. рис. 1г).

Выделяемый объем добычи в 2010-2013 и 2015 гг. изменялся от 0,13 до 26,7 т при средней величине 12,5 т. В 2017 г. он возрос до 46,1 т, после чего варьировал от 86,4 до 187,3 т (рис. 5в). Его среднее значение за 2017-2021 гг. составило 129,5 т, что превосходит уровень предшествующего периода на порядок.

Вылов в 2010-2013 и 2015 гг. изменялся от 0,13 до 6,1 т при среднем 2,3 т. В 2017 г., когда заметно возросло число участников и увеличился выделенный объем добычи, он составил только 3,5 т. Существенное, по сравнению с предыдущими годами, увеличение улова – до 9,4 т – произошло в 2018 г. В 2019-2021 гг. вылов изменялся от 20,5 до 26,8 т (рис. 5в). В 2017-2021 гг. его среднее значение составило 16,4 т, что превышало уровень уловов в 2010-2016 гг. в 7,1 раза.

Освоение выделяемого объема добычи в 2010-2013 и 2015 гг. изменялось от 6,7 до 100 % при среднем 37,1 %. Его 100 %-ная величина в 2015 г. была обусловлена только тем, что лов проводился 1 участником на 1 водоеме при выделенном объеме всего 0,13 т, который и был выбран полностью. В 2017-2021 гг. показатели освоения укладывались в интервал 7,5-17,2 % при средней величине 11,9 % (см. рис. 4г).

Представленные данные показывают, что в 2010-2021 гг. выделяемый объем добычи пресноводных рыб в Мурманской области значительно превышал декларируемый вылов по всем направлениям эксплуатации их запасов. Следовательно, ресурсное обеспечение не являлось фактором, сдерживающим развитие рыболовства. В это же время в его некоторых направлениях произошли значительные изменения. Так, при любительском лове на РЛУ при отсутствии выраженных изменений числа участников произошло сокращение количества РЛУ, снижение вылова, величин выделяемого объема добычи и его освоения. Рыболовство, проводимое КМНС, с 2017 г. характеризовалось значительным ростом количества

участников и величины выделяемых объемов добычи в сочетании с существенным снижением результативности: если средняя величина выделяемых объемов добычи в 2017-2021 гг. превышала уровень предыдущих лет в 10 раз, то средний показатель их освоения в 2017-2021 гг. был ниже среднего за прошлые годы в 3 раза.

Перечисленные события привели к перестройке структуры общего выделяемого объема добычи. До 2016 г. включительно в нем преобладали доли любительского лова на РЛУ и промысла. С 2017 г. они сокращались за счет увеличения доли КМНС, которая с 2019 г. уже превышала 50 %.

Похожие изменения происходили и в структуре общего вылова, для которого вплоть до 2016 г. было характерно постепенное увеличение доли промысла за счет сокращения долей любительского лова и лова КМНС, а с 2017 г. – снижение доли промысла вследствие поступательного роста доли улова КМНС, которая, впрочем, и в 2021 г. составляла менее половины общего улова.

Как следствие, среднемноголетняя величина общего выделенного объема между периодами 2010-2016 гг. и 2017-2021 гг. выросла в 1,8 раза – со 134,8 до 245,7 т, а средний общий вылов в эти же периоды увеличился только в 1,1 раза – с 53,9 до 62,1 т. Данное несоответствие отчасти объясняется снижением вылова и освоения объемов при любительском рыболовстве на РЛУ, но его основной причиной стало значительное преобладание в 2017-2021 гг. в общем выделенном объеме доли рыболовства, проводимого КМНС, уловы при котором в этот период были несоразмерно низкими относительно выделяемых объемов добычи.

Список использованной литературы

Каталог озер Мурманской области; отв. ред. Ф.И. Быдин. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – 143 с.

Каталог рек Мурманской области; отв. ред. Ф.И. Быдин. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – 210 с.

ВИДОВАЯ СТРУКТУРА УЛОВОВ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ В 2010-2021 гг.

С.И. Долотов, И.В. Самохвалов

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

Введение

Во внутренних водоемах Мурманской области обитает 12 видов пресноводных рыб, данные о вылове которых регулярно фигурируют в официальной рыболовной статистике. Два из них – кумжа (форель) и сиг – относятся к ценным видам водных биоресурсов (Об утверждении Перечня..., 2020). Эксплуатация запасов пресноводных рыб проводится по таким направлениям рыболовства, как промышленное, рыболовство в целях обеспечения традиционного образа жизни коренных малочисленных народов Севера (КМНС), научных и контрольных целях (НиК), любительское на закрепленных за пользователями рыболовных участках (РЛУ) и любительское на водоемах вне РЛУ. Понимание причин, влияющих на формирование видовой структуры уловов при различных направлениях лова, является необходимым условием для эффективного управления рыболовством и рационального использования запасов пресноводных рыб.

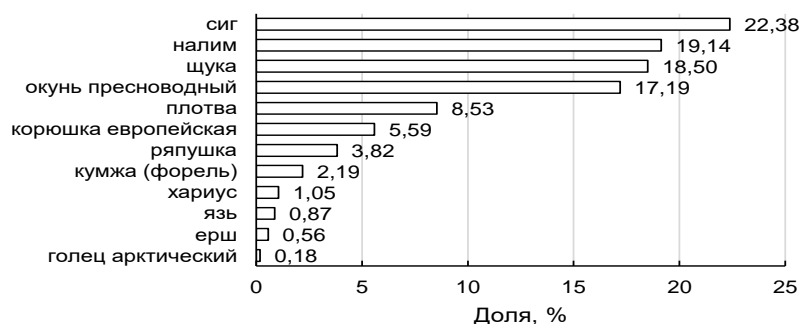
Материал и методика

В статье анализируются среднемноголетние показатели видового состава выделяемых объемов добычи и уловов по направлениям рыболовства, проводимого при освоении запасов пресноводных рыб в Мурманской области в 2010-2021 гг. Источник данных – статистика Североморского территориального управления Росрыболовства. Исследовались только те направления рыболовства, для которых законодательно предусмотрено обязательное декларирование уловов. Любительский лов вне РЛУ, результаты которого не учитываются официальной статистикой, не рассматривался.

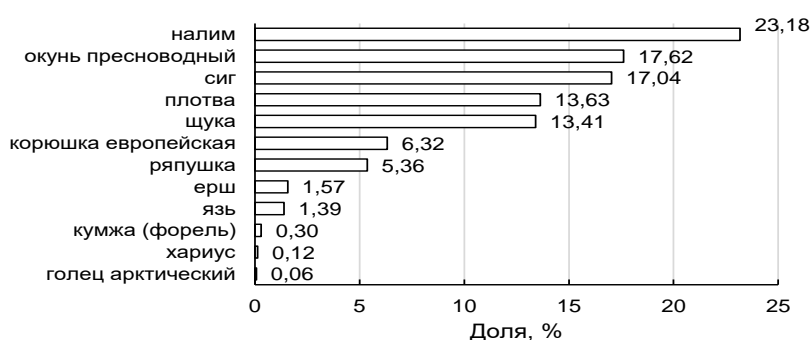
Для оценки роли в формировании общего выделяемого объема добычи или улова виды рыбы по величине их доли разбивались на условные группы. К группе I относились виды, составлявшие 10 % и более, группе II – составлявшие от 1 до 9,99 %, группе III – на которые приходилось менее 1 %. В группу IV включались виды, отсутствующие в выделенном объеме или улове.

Результаты

Промышленное рыболовство. Выделенный объем добычи был представлен квотами на лов 12 видов рыб. В группу I вошли сиг, налим, щука и окунь пресноводный. Их суммарная часть составила 77,21 %. На группу II, представленную плотвой, корюшкой европейской, ряпушкой, кумжей (форель) и хариусом, пришлось 21,18 %. К группе III относились язь, ерш и голец арктический. Их доля составила 1,61 % (рис. 1а).



а



б

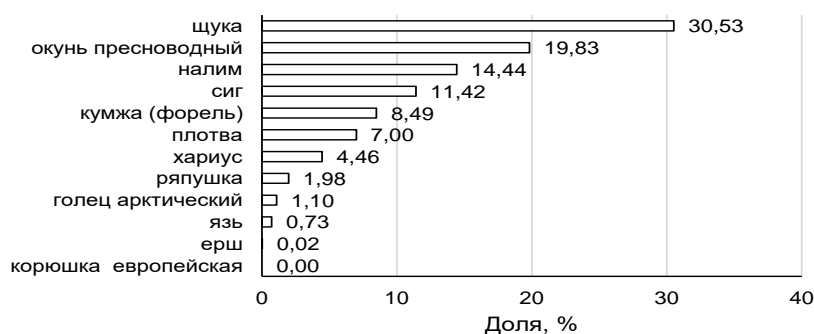
Рис. 1. Видовая структура выделенного объема добычи (а) и вылова (б) пресноводных рыб при промышленном рыболовстве в Мурманской области. Среднегодовые показатели за 2010-2021 гг.

В уловах присутствовали те же виды рыб, что и в выделенном объеме добычи. В группу улова I вошли налим, окунь пресноводный, сиг, плотва и щука, составившие в сумме 84,87 %. Максимальная доля принадлежала налиму. Рыбы группы II, к которым относились корюшка европейская, ряпушка, язь и ерш, составили 14,64 %. Наиболее значительные доли были у ряпушки и корюшки европейской. В группу III, обеспечившую 0,49 % улова, вошли кумжа (форель), хариус и голец арктический (см. рис. 1б).

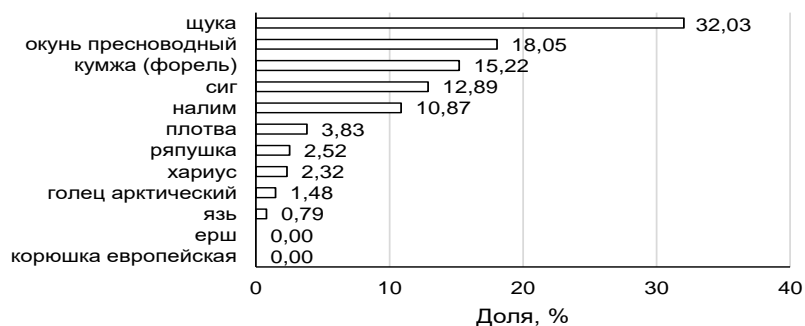
Видовой состав рыб одних и тех же групп в выделенном объеме добычи и улове был не совсем одинаков. Так, в группу улова I вошла плотва, в выделенном объеме находившаяся в группе II. В группе улова II оказались

язь и ерш, относившиеся к группе выделенного объема добычи III. Кумжа (форель) в улове находилась в группе II, в то время как в выделенном объеме она относилась к группе III (см. рис. 1).

Любительское рыболовство на РЛУ. Выделенный объем добычи состоял из квот на лов 11 видов рыб. Группа I – щука, окунь пресноводный, налим и сиг – составила 76,22 %. На группу II – кумжа (форель), плотва, хариус, ряпушка и голец арктический, пришлось 23,03 %. Группа III была представлена язем и ершом (0,75 %). В группу IV вошла корюшка европейская (рис. 2а).



а



б

Рис. 2. Видовая структура выделенного объема добычи (а) и вылова (б) пресноводных рыб при любительском рыболовстве на РЛУ в Мурманской области. Среднегодовыи показатели за 2010-2021 гг.

Улов был представлен 9 видами рыб. Группа I обеспечила 89,07 % и состояла из щуки, доля которой была наиболее высокой, окуня пресноводного, кумжи (форель), сига и налима. В группу II вошли плотва, ряпушка, хариус и голец арктический, на которых пришлось 10,14 % вылова. Максимальная доля была у плотвы. К группе III относился язь (0,79 %), IV – ерш и корюшка европейская (рис. 2б).

Состав группы I в улове отличался наличием кумжи (форель), которая в выделенном объеме входила в группу II. В группе улова III оказался

только язь. Ерш, относящийся к группе выделенного объема добычи III, в улове отсутствовал (см. рис. 2).

Рыболовство КМНС. Выделенный объем добычи состоял из квот на лов 10 видов рыб. Группа I, к которой относились сиг, щука, налим и окунь пресноводный, составила 90,55 %. В группу II, на которую пришлось 8,34 %, вошли кумжа (форель) и хариус. К группе III относились голец арктический, ряпушка, корюшка европейская и ерш (1,11 %). Группа IV была представлена язем и плотвой (рис. 3а).

В улове присутствовало 9 видов рыб. Группа I – сиг, щука, окунь пресноводный и налим – составила 92,00 %. Наиболее значительной была доля сига. Группа II – кумжа (форель) и хариус – обеспечила 7,00 %. Самой значительной была доля кумжи. Рыбы группы III – голец арктический, ряпушка и ерш – составили 1,00 %. К группе IV относились язь, плотва и корюшка европейская (см. рис. 3б).

В улове видовой состав рыб групп I и II соответствовал таковому в выделенном объеме добычи. Находившаяся в группе III корюшка европейская в улове отсутствовала (см. рис. 3).

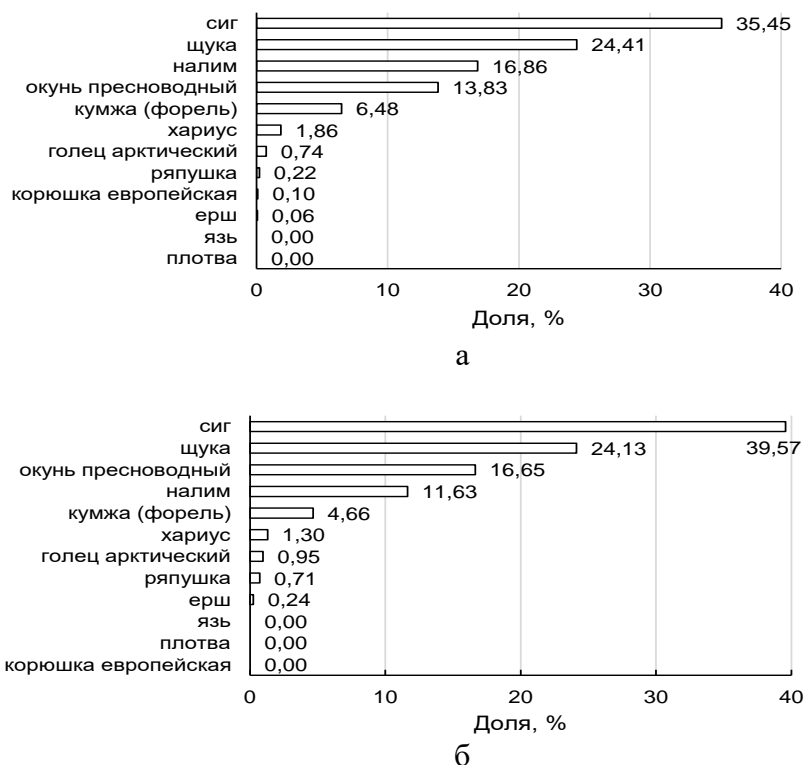
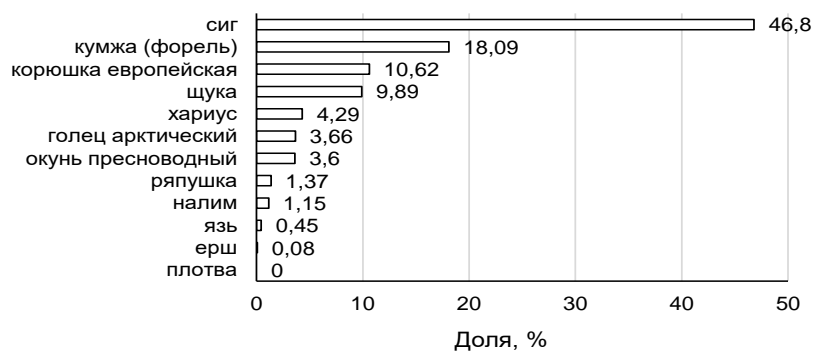


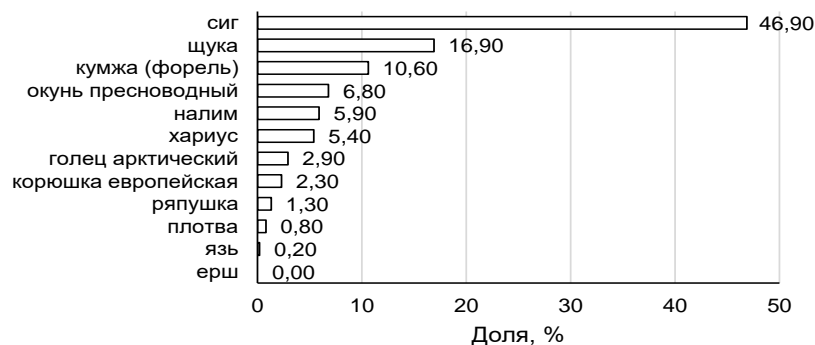
Рис. 3. Видовая структура выделенного объема добычи (а) и вылова (б) пресноводных рыб при рыболовстве КМНС в Мурманской области. Среднемноголетние показатели за 2010-2021 гг.

Научно-исследовательский и контрольный лов. Выделенный объем добычи был представлен квотами на лов 11 видов. 75,51 % приходилось на группу I – сиг, кумжа (форель) и корюшка европейская. Доля рыб группы II – щука, хариус, голец арктический, окунь пресноводный, ряпушка и налим – составила 23,96 %. Рыбы группы III – язь и ерш – определяли 0,53 % объема. Группа IV была представлена плотвой (рис. 4а).

В уловах насчитывалось 11 видов рыб. Они на 74,40 % были обеспечены видами группы I – сигом, щукой и кумжей (форель). Самая значительная доля была у сига. Группа II (24,60 %) была представлена окунем пресноводным, налимом, хариусом, гольцом арктическим, корюшкой европейской и ряпушкой. Наибольшие доли были у окуня пресноводного, налима и хариуса. Еще 1,00 % составили рыбы группы III – плотва и язь. В группу IV входил ерш (см. рис. 4б).



а



б

Рис. 4. Видовая структура выделенного объема добычи (а) и вылова (б) пресноводных рыб при НИК лове в Мурманской области. Среднегодовы́е показатели за 2010-2021 гг.

В группе I улова отсутствовала корюшка европейская, находившаяся в той же группе выделенного объема. Ее место заняла щука, входившая в выделенном объеме в состав группы II. Плотва, которая вообще отсутствовала в выделенном объеме добычи, отмечена в группе улова III.

Группа IV была представлена ершом, который в выделенном объеме добычи располагался в группе III (см. рис. 4).

Таким образом, в Мурманской области в 2010-2021 гг. наиболее полное освоение видового ряда пресноводных рыб происходило при промышленном рыболовстве.

В сумме по всем направлениям рыболовства основу выделенного объема добычи (75,51-90,55 %) и вылова (74,4-91,98 %) составляли квоты и уловы по 3-5 видам рыб. Так, большая часть выделенных объемов для промысла, лова КМНС и любительского рыболовства на РЛУ была представлена различными комбинации квот на лов сига, щуки, окуня пресноводного и налима, для НК лова – квотами на лов сига, кумжи (форель) и корюшки европейской. Наименьшая доля в выделенном объеме добычи при всех видах рыболовства принадлежала ершу. Также весьма незначительным был процент язя и гольца арктического при промысле, язя – при любительском и НК лове, гольца арктического, ряпушки, корюшки европейской – при рыболовстве КМНС.

Основу уловов при промысле составили сиг, налим, щука, окунь пресноводный и плотва, при этом максимальная доля принадлежала налиму. При любительском рыболовстве на РЛУ больше всего вылавливалось щуки, доля которой была самой значительной, а также кумжи (форель), окуня пресноводного, сига и налима. При лове КМНС в улове преобладали сиг, щука, окунь пресноводный и налим. Вылов при НК лове формировался главным образом за счет сига, щуки и кумжи (форель). При НК лове и рыболовстве КМНС наибольшая доля в улове была у сига.

Отличия в видовом составе уловов при разных направлениях рыболовства объясняются следующими причинами. Промысел всегда направлен на масштабную добычу рыбы, поэтому проводился на больших по площади водохранилищах и озерах, с чем и связано преобладание в промысловых уловах основных представителей ихтиофауны таких водоемов – сига, щуки, окуня пресноводного, плотвы и налима – при наиболее высокой доле последнего. Достаточно высокий процент вылова плотвы обусловлен освоением промысловиками больших озер юга Мурманской области, на которые приходится и основная часть запаса рыб этого вида. Лов коренных народов севера ориентирован в основном на регулярное личное потребление и осуществлялся преимущественно на Серебрянском водохранилище и небольших озерах востока области, расположенных в Ловозерском районе, где проживает большинство представителей КМНС. Соответственно, при этом виде рыболовства улов отличался отсутствием плотвы и корюшки европейской, высокой долей сига, заметной, хотя и гораздо меньшей по сравнению с промысловыми уловами, долей налима. РЛУ для любительского рыболовства расположены

главным образом на реках и небольших озерах севера, северо-востока, востока и юго-востока области. Как следствие, в любительских уловах первую позицию занимала щука, за которой следовали окунь пресноводный, кумжа (форель), сиг и налим. При этом доля кумжи оказалась заметно выше по сравнению с ее долей при лове по другим направлениям рыболовства, поскольку она является наиболее востребованным объектом любительского лова, а ее численность относительно высока именно в тех водоемах, на которых проводится любительский лов. Уловы при НК лове, который проводился на водоемах всех типов, в том числе в значительной мере на малых ручьях и озерах, практически не представляющих интереса для других направлений рыболовства, были представлены в основном широко распространенной щукой, а также видами, относящимися к категории ценных – сигом и кумжей (форель), исследованиям состояния запасов которых закономерно уделяется наиболее пристальное внимание.

Список использованной литературы

«Об утверждении Перечня особо ценных и ценных видов водных биологических ресурсов». Приказ Минсельхоза России от 23.10.2019 N 596 (ред. от 18.02.2020) (Зарегистрировано в Минюсте России 13.12.2019 № 56800).

ПОЛИМОРФИЗМ ФРАГМЕНТА ГЕНА *Cyt b* В САЙКИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ВОД

О.Р. Емельянова¹, И.В. Григоров¹, А.М. Орлов^{2,3,4}, С.Ю. Орлова^{1,2}

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН), г. Москва

³Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН), г. Москва

⁴Томский государственный университет (ТГУ), г. Томск

Введение

Сайка *Boreogadus saida* – вид тресковых рыб Gadidae с обширным панарктическим ареалом (Андрияшев, 1954). Она не является важным объектом промысла из-за крайне высокой численности и широкого ареала, считается ключевым компонентом пелагических экосистем шельфовых и центральных регионов Арктического бассейна (Клумов, 1937; Москаленко, 1964; Боркин, 2013; Сайка *Boreogadus saida*..., 2016; Нор, Gjørseter, 2013). Недостаточное понимание биологии, среды обитания и структуры популяции данной рыбы затрудняет прогнозирование ее реакции на климатические изменения и антропогенные факторы. Молекулярная генетика – эффективный способ восполнить некоторые из критических пробелов в этих знаниях. На данный момент можно сказать, что в пределах своего ареала сайка демонстрирует невысокую генетическую изменчивость. Существуют противоречивые сведения о ее популяционной структуре в Арктическом бассейне (High gene flow..., 2021; Distinct genetic clustering..., 2021). Цель настоящего исследования – с помощью фрагмента гена *Cyt b* мтДНК и дополнительных данных из открытых источников проанализировать генетическую изменчивость и дифференциацию выборок сайки, собранных в разные годы в шести морях Арктического бассейна (Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское и Бофорта), расширив географию популяционно-генетических исследований этого объекта и восполнив ее недостающие фрагменты.

Материалы и методы

В работе использованы образцы тканей сайки, собранные в различных морях Северного Ледовитого океана в 2012-2019 гг. (рис. 1). Для более полной картины дополнительно применяли последовательности гена

Cyt b, взятые из открытой базы NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). Выделение и очистку тотальной ДНК выполняли с помощью набора для выделения ДНК Wizard SV 96 Genomic DNA Purification System («Promega», США) согласно протоколу фирмы-изготовителя. Для амплификации фрагмента гена *Cyt b* сайки были задействованы праймеры SaiCytb-F 5' GCCATACASTACACCGCAGA, SaiCytb-R 5' GCGGAATGTTAAAC-CTCGCT. Реакцию амплификации совершали по следующей программе: денатурация ДНК – температура 95 °С, 3 мин; 35 циклов, состоящих из денатурации ДНК матрицы (30 с) при температуре 95 °С, отжига праймеров (30 с) при температуре 52 °С и синтеза элонгации (30 с) при температуре 72 °С. Затем следовала завершающая 10-минутная элонгация при температуре 72 °С. После осуществления ПЦР полученный продукт в объеме 3 мкл очищали от примесей методом этанол-преципитации (PCR template preparation..., 2001). Для реакции секвенирования брали 0,4 пмоль очищенного ПЦР-продукта и 3,2 пмоль соответствующего праймера. Реакцию секвенирования проводили с праймером SaiCytb-F и набором реактивов BigDye v1.1 (ABI). После реакции секвенирования полученный продукт объемом 0,5 мкл растворяли в 15 мкл формамида (PCR template preparation..., 2001), денатурировали при температуре 95 °С в течение 5 мин. Секвенирование образцов ДНК сайки выполняли на приборе ABI Prism 3130xl согласно протоколу фирмы-изготовителя (Applied Biosystems, USA).



Рис. 1. Карта сбора образцов сайки с основными течениями региона (стрелки):
◆ – собственные данные; ♦ – сведения базы данных NCBI

Обрабатывали полученные последовательности фрагмента гена *Cyt b* сайки с помощью пакета программ Geneious 8.1.8 (Geneious v5.4, 2011), используя выравнивание ClustalW. Затем нуклеотидные последовательности образцов сайки переводили в необходимый формат для построения гаплотипической сети в программе PopArt (Leigh, Bryant, 2015). Индекс генетической дифференциации (F_{ST}) и p-value рассчитывали посредством программы Arlequin 3.5.1.3 (Arlequin suite ver 3.5..., 2010). Доли мтДНК гаплотипов фрагмента гена *Cyt b* в популяции и каждой выборке сайки вычисляли в программе Microsoft Excel 2010.

Результаты и обсуждение

В результате исследования полиморфизма 1751 образца (45 выборок) сайки по фрагменту мтДНК гена *Cyt b* длиной 616 п.н. обнаружено 243 гаплотипов. На основании секвенированных последовательностей построена гаплотипическая сеть (рис. 2). Она имеет звездообразную структуру с семью центральными гаплотипами (Н1, Н2, Н3, Н5, Н6, Н8, Н10). На основании этих данных мы можем предположить существование как минимум семи всплесков численности за все время существования вида. У сайки основу гаплотипического разнообразия составили 5 массовых гаплотипов – Н1, Н2, Н3, Н6 и Н8, общая доля которых составила 71 %. Единственным гаплотипом, обнаруженным в каждой исследованной выборке, является Н3. Доля рыб с таким гаплотипом составляет 8-60 % от общего объема выборок, доля гаплотипа Н2 достигала 50 %, Н6 и Н8 – по 40 % каждая, Н1 и Н10 – по 17 % каждая, Н5 – 10 %.

Для более детального анализа на основании сети гаплотипов нами было выделено семь основных гаплогрупп (G1-G7) по принципу наличия наименьшего количества замен между крупными гаплотипами и произошедшими от них малых гаплотипов. Пять малых гаплотипов, равноудаленных от крупных, не были отнесены ни к одной группе. Мы предполагаем, что гаплогруппа G1 имеет более древнее происхождение по сравнению со всеми остальными гаплогруппами, так как взаимосвязь с наиболее близким родственником минтаем *Gadus chalcogrammus* (аутгруппа) формируется именно через вышеупомянутую гаплогруппу. Более того, она имеет связь только с гаплогруппой G6 и изолирована от остальных гаплогрупп.

Чтобы оценить географическую изменчивость полиморфизма *Cyt b*, на карту были нанесены круговые диаграммы, отражающие доли гаплогрупп в исследованных выборках (рис. 3). В целом можно сказать, что на всей исследованной территории соотношение гаплогрупп в выборках остается примерно одинаковым, их не удастся разделить на крупные группы. Самыми уникальными по соотношению гаплогрупп являются выборки из

северной части Баренцева моря (Var19-3, Var12-3) и центральной части Восточно-Сибирского моря (ESS19-3, ESS19-4), однако все они значительно малы по количеству образцов, из-за чего соотношение гаплотипов в них может быть нарушено.

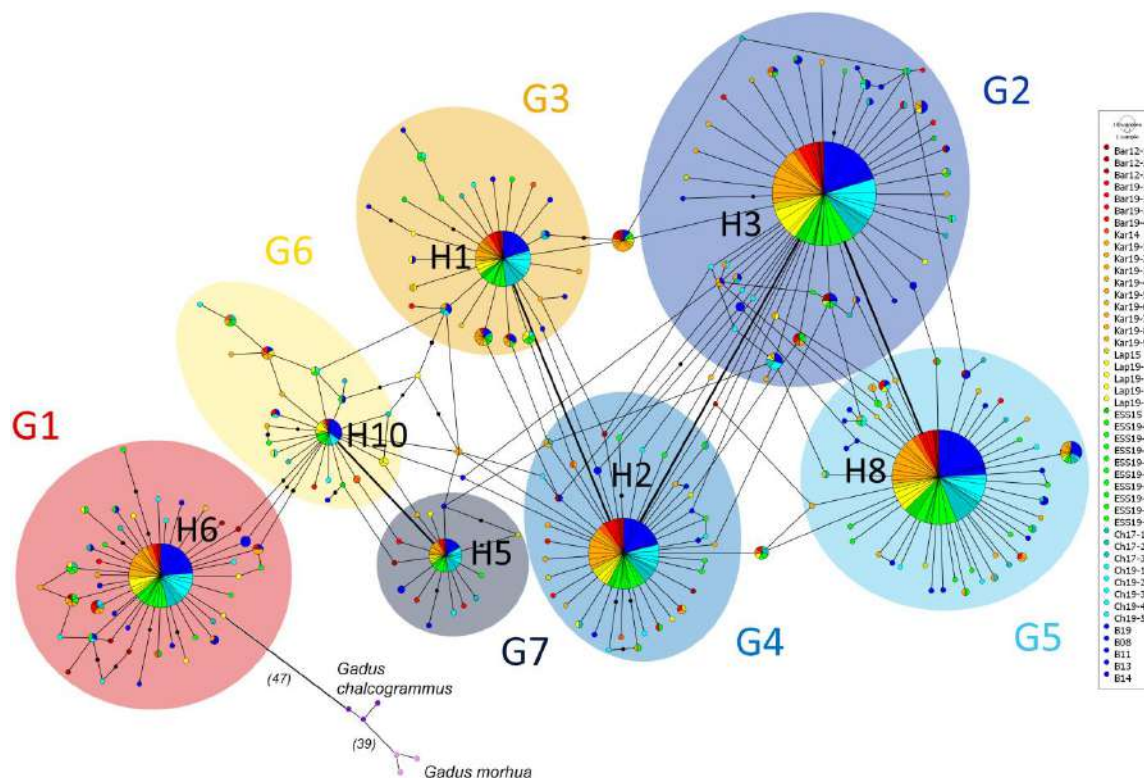


Рис. 2. Гаплотипическая сеть сайки, построенная на основании данных о полиморфизме фрагмента гена *Cyt b*: линиями соединены гаплотипы, различающиеся на одну нуклеотидную замену; более толстые линии – связи между крупными гаплотипами, содержащими только одну нуклеотидную замену; две замены – черные точки; при большом количестве замен их число указано в скобках; цветные овалы – гаплотипы объединены в гаплогруппы

На основании данных о полиморфизме мтДНК гена *Cyt b* построена матрица попарных значений индекса генетической дифференциации F_{ST} между всеми исследованными выборками сайки (рис. 4). Рассмотрим отдельно попарные сравнения внутри регионов:

- для Баренцева моря достоверные значения различий были получены лишь в двух парах: при сравнении Var12-1 с Var19-3 и Var19-4, однако само значение индексов не велико ($F_{ST} = 0,047$, $F_{ST} = 0,063$);

- между выборками из Карского моря выявлен ряд слабых достоверных различий ($F_{ST} = 0,018-0,050$) и значительных – между Kar19-9 и Kar19-3 ($F_{ST} = 0,056$). Выборка Kar19-9 оказалась достаточно уникальной, поскольку в ней отсутствуют гаплогруппы G4 и G6;

- для выборок моря Лаптевых достоверных значений F_{ST} не было;

- многие выборки из Восточно-Сибирского моря отличались друг от друга достоверно и со значительным индексом F_{ST} ;
- для Чукотского моря выявлено лишь 2 случая достоверных между выборками отличий: Ch19-1 и Ch19-2 от Ch19-3;
- между выборками из моря Бофорта достоверных различий не найдено.

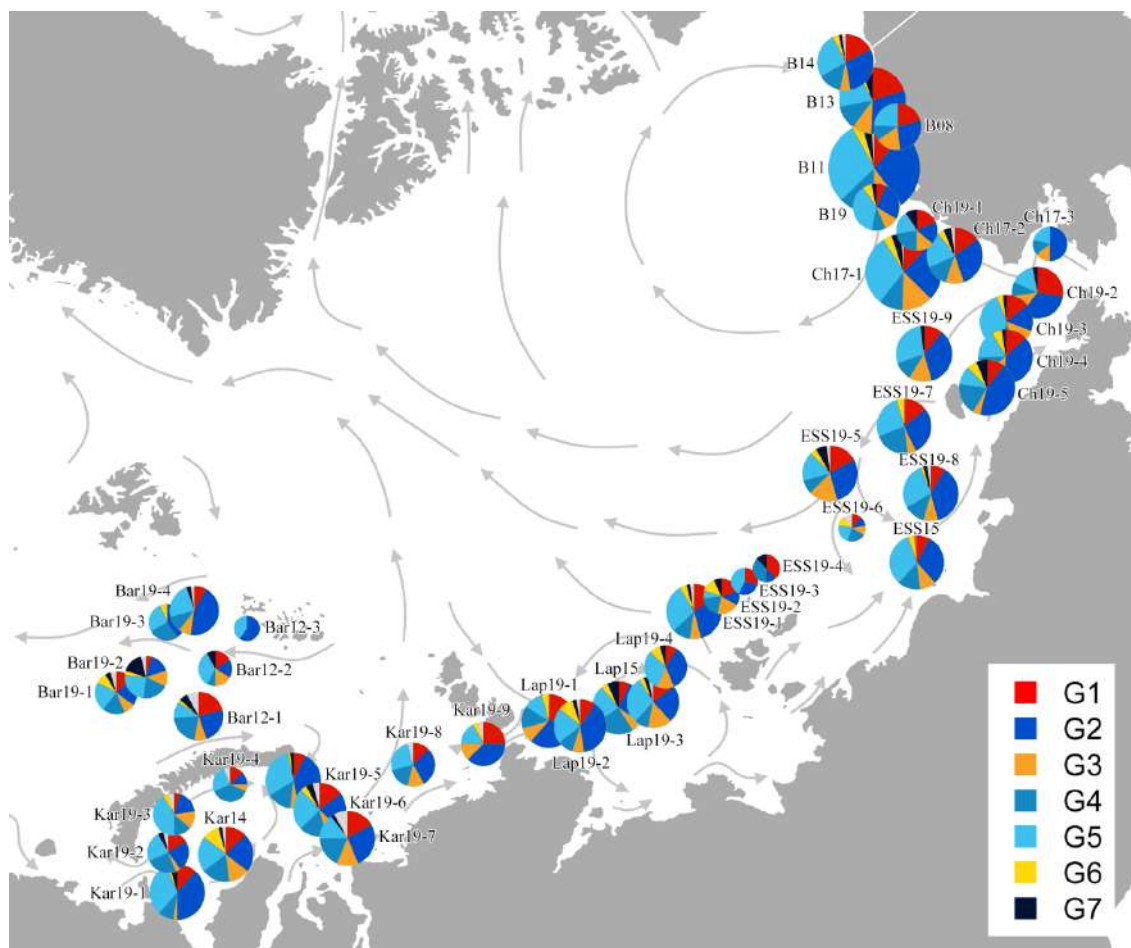


Рис. 3. Соотношение гаплогрупп в выборках сайки по гену *Cyt b* (серым цветом на круговых диаграммах показаны доли гаплотипов, не вошедших ни в одну гаплогруппу)

Самыми уникальными, отличающимися практически от всех других (в большинстве случаев достоверно), являются выборки ESS19-2 и ESS19-4. Стоит также отметить меньшую, но заметную уникальность таковых Kar19-3 и Kar19-5. Они достоверно отличаются от некоторых выборок из морей Бофорта, Чукотского, Восточно-Сибирского и Карского. Других значительных отличий между регионами не обнаружено.

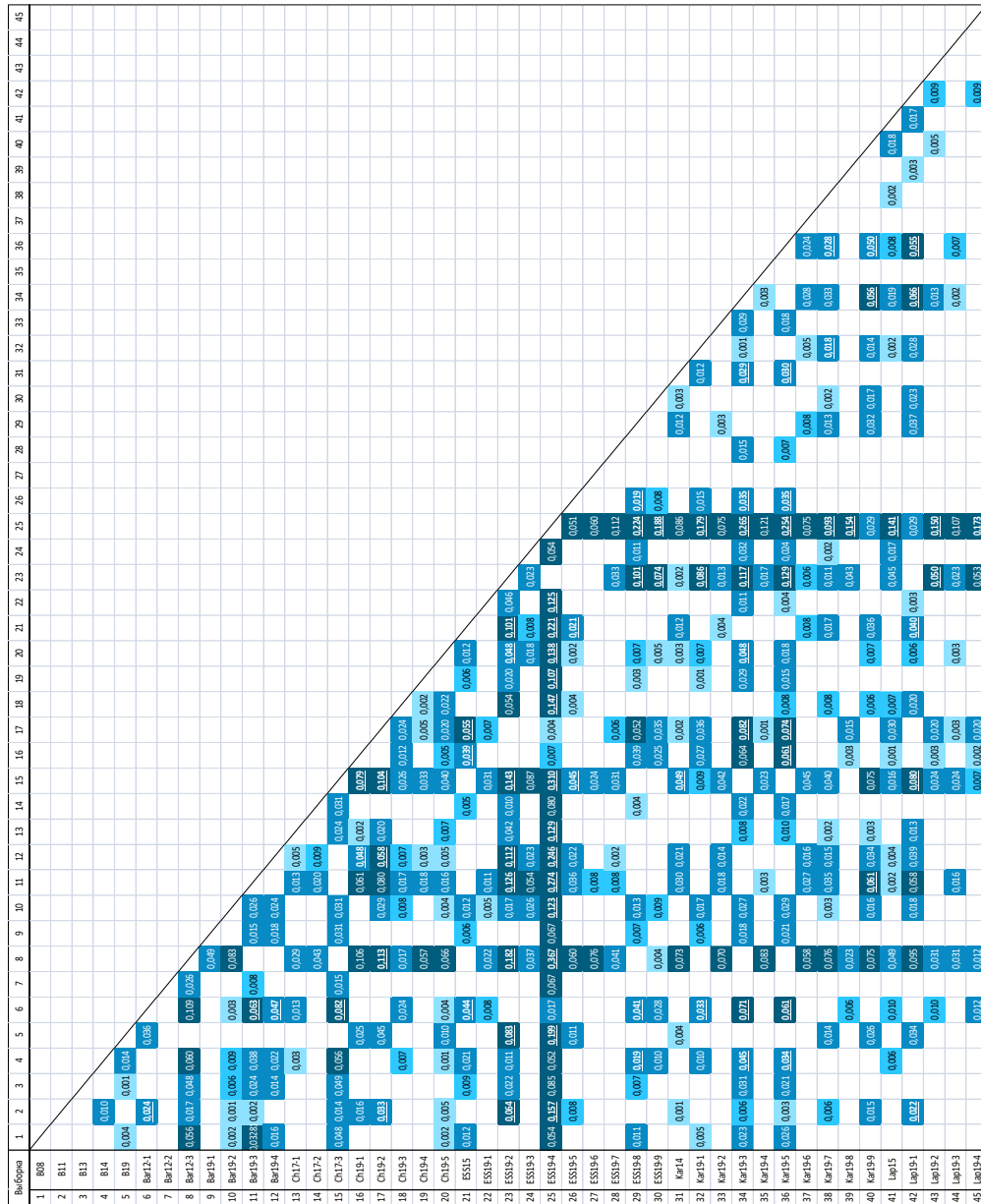


Рис. 4. Матрица попарных значений индекса генетической дифференциации F_{ST} между выборками сайки на основании полиморфизма гена *Cyt b*: в зависимости от величины значения, чем темнее окрашены ячейки, тем выше значение индекса. Достоверные значения ($p < 0,05$) выделены полужирным шрифтом и нижним подчеркиванием

Основная причина отсутствия генетической дифференциации сайки на существенной части ее видового ареала связана с особенностями ее экологии на ранних стадиях жизненного цикла. Для этого объекта характерно наличие пелагической икры (Ontogenetic changes in..., 2020), которая развивается в верхних слоях моря и дрейфует с течениями до начала вылупления личики 2-4 мес. (Graham, Нор, 1995). Согласно последним исследованиям (Modeling the dispersal..., 2021), личинки сайки Чукотского моря, скорее всего, происходят из нерестилиц Берингова и Чукотского (южная

часть) морей, а нерестилища Чукотского моря являются донором для моря Бофорта и Арктического бассейна. Таким образом, перенос икры, личинок и ранней молоди сайки течениями на большие расстояния обеспечивает обмен генетическим материалом на значительных частях ареала и определяет отсутствие генетических различий между ними.

Список использованной литературы

Андрияшев, А.П. Рыбы северных морей СССР / А.П. Андрияшев. – М.; Л.: Определитель по фауне СССР // Издательство Академии наук СССР, 1954. – 566 с.

Боркин, И.В. Сайка в питании черного палтуса в морях западной Арктики / И.В. Боркин // Вестник КамчатГТУ. – 2013. – № 26. – С. 43-48.

Клумов, С.К. Сайка *Boreogadus saida* (Lepechin, 1774) и ее значение для некоторых жизненных процессов Арктики / С.К. Клумов // Известия Академии наук СССР. Серия биологическая. – 1937. – № 1. – С. 175-195.

Москаленко, Б.К. О биологии полярной трески (сайки) (*Boreogadus saida*, Lepechin, 1774) / Б.К. Москаленко // Вопросы ихтиологии. – 1964. – Т. 4, № 3(32). – С. 433-443.

Сайка *Boreogadus saida* (Gadiformes, Gadidae) как ключевой вид и потенциальный объект рыбного промысла в Карском море / Н.П. Антонов, В.В. Кузнецов, Е.Н. Кузнецова [и др.] // Вопросы рыболовства. – 2016. – Т. 17, № 2. – С. 203-212.

Distinct genetic clustering in the weakly differentiated polar cod, *Boreogadus saida* Lepechin, 1774 from East Siberian Sea to Svalbard / M. Quintela, S. Bhat, K. Præbel [et al.] // Polar Biology. – 2021. – Vol. 44. – P. 1711-1724.

Excoffier, L. Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows / L. Excoffier, H.E.L. Lischer // Molecular Ecology Resources. – 2010. – Vol. 10. – P. 564-567.

Graham, M. Aspects of reproduction and larval biology of Arctic cod (*Boreogadus saida*) / M. Graham, H. Hop // Arctic. – 1995. – Vol. 48, № 2. – P. 130-135.

High gene flow in polar cod (*Boreogadus saida*) from West-Svalbard and the Eurasian Basin / S.M. Maes, H. Christiansen, F.C. Mark [et al.] // Journal of Fish Biology. – 2021. – P. 1-12.

Hop, H. Polar cod (*Boreogadus saida*) and capelin (*Mallotus villosus*) as key species in marine food webs of the Arctic and the Barents Sea / H. Hop, H. Gjørseter // Marine Biology Research. – 2013. – Vol. 9. – P. 878-894.

Leigh, J.W. Popart: full-feature software for haplotype network construction / J.W. Leigh, D. Bryant // Methods in Ecology and Evolution. – 2015. – Vol. 6. – P. 1110-1116.

Modeling the dispersal of polar cod (*Boreogadus saida*) and saffron cod (*Eleginus gracilis*) early life stages in the Pacific Arctic using a biophysical transport model / C.D. Vestfals, F.J. Mueter, K.S. Hedstrom [et al.] // Progress in Oceanography. – 2021. – Vol. 196. – Art. 102571.

Ontogenetic changes in the buoyancy and salinity tolerance of eggs and larvae of polar cod (*Boreogadus saida*) and other gadids / M.L. Spencer, C.D. Vestfals, F.J. Mueter [et al.] // Polar Biology. – 2020. – Vol. 43(8). – P. 1-18.

PCR template preparation for capillary DNA sequencing / W.A. Silva, M.C. Costa, V.Valente [et al.] // BioTechniques. – 2001. – Vol. 30.– P. 537-542.

Population genetic analysis of Euro-Arctic polar cod *Boreogadus saida* suggests fjord and oceanic structuring / M.L. Madsen, R.J. Nelson, S.E. Fevolden [et al.] // Polar Biology. – 2016. – Vol. 39, № 6. – P. 969-980.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ПОЛЕЙ АНФЕЛЬЦИИ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ) ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Л.В. Жильцова, М.Ю. Кузнецов, В.И. Шевцов, И.А. Убарчук
Тихоокеанский филиал ФБГНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток

В заливе Петра Великого анфельция тобучинская *Ahnfeltia tobuchiensis*, агароносная красная водоросль, формирует промысловые скопления (поля) в проливе Старка, бухтах Перевозная, Баклан и Троицы (Жильцова, Дзизюров, Галак, 2006). Основу промысла любого объекта составляют оценка его запаса и выделение доли изъятия без нанесения ущерба эксплуатируемому ресурсу. Исследования запасов анфельции и ее промысел в Приморье ведутся с 1930 г.; впервые оценку запасов в заливе Петра Великого провели тогда же с помощью зубчатого дночерпателя системы Гордеева, апробированного при оценке запасов зарывающихся моллюсков (Разин, 1934). Позднее стали применять водолазные методы; для макрофитов в частности – метод пробных площадок или «квадратов» (Гемп, 1963; Барашков, 1965). Для взятия пробы анфельции использовали специальную рамку площадью 0,25 м² со штырями длиной до 0,5 м, раскрашенными белой и черной краской через 5 см. Такая рамка позволяла водолазу более точно отбирать пробу водорослей и одновременно оценивать высоту пласта (рис. 1). Отмечено, что дночерпательные пробы практически всегда дают заниженные результаты в сравнении с пробами, взятыми водолазами (Сарочан, 1969). В 1987 г. на Белом море в целях изучения зарослей водорослей использовали комплексный метод оценки запасов, включающий гидроакустический (с использованием эхолота «Шкипер-607») и водолазный (Пронина, 1992).

В Приморье гидроакустический метод оценки запасов анфельции в первый раз был использован в 1993 г. (Дзизюров, Кулепанов, Жильцова, 2000). Изначально применялся рыбопоисковый эхолот «Echotec CV-1000» с излучателем 20 кГц, установленный на судне-носителе (см. рис. 1); процесс эхолотирования проходил при рабочей скорости судна 2,5–3,0 уз по галсам, чьи выбор и частота зависели от расположения поля и плотности пласта. Очертания пласта анфельции на экране монитора эхолота представляли собой «дорожки» над грунтом, пиковой конфигурации и разной высоты. Запись водорослей достоверно отличалась от записи рыбных объектов, отображаемых в виде «галочек» или отдельных штрихов. По степени плотности и высоте пиков определялись высота пласта анфельции, степень проективного покрытия дна водорослями.

Хорошо отображался на экране пласт толщиной 10-120 см; при этом его высота была сопоставима с данными, полученными водолазами (при коэффициенте корреляции 0,9258). Более точно (в сравнении с водолазным и дночерпательным методами) были выявлены границы полей анфельции. Гидроакустическую съемку, как и традиционную водолазную, проводили по сокращенной сетке; пробу на контрольных станциях отбирал водолаз. Основной недостаток данной модели эхолота заключался в том, что съемку можно было вести только с борта судна на глубинах от 6-7 м, вследствие чего нельзя было охватить мелководные участки исследуемых акваторий.

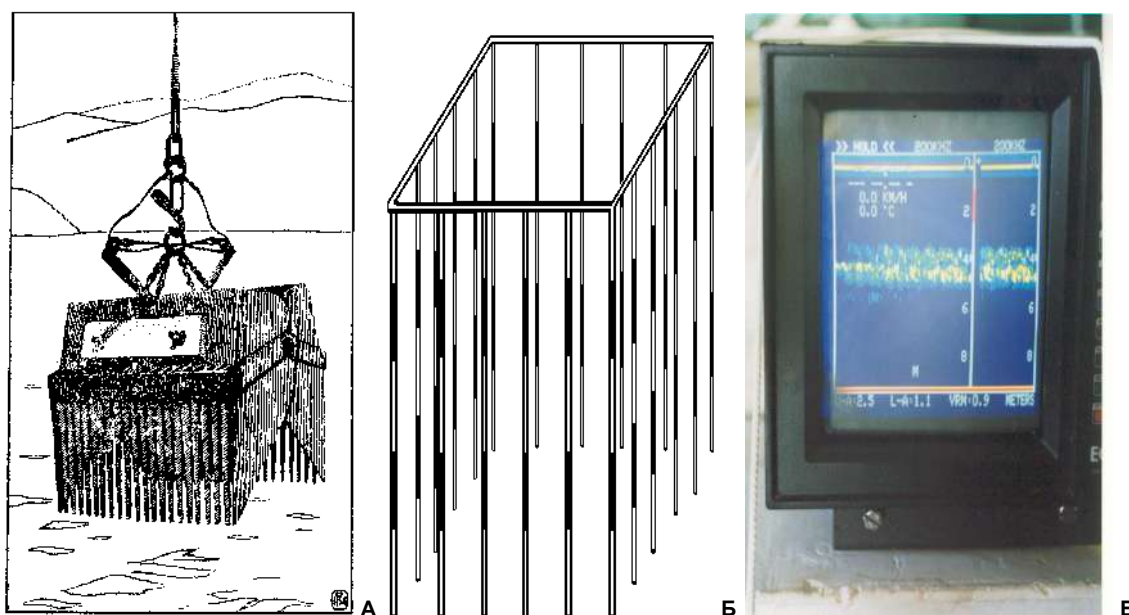


Рис. 1. Дночерпатель Гордеева (Разин, 1934) (А),
рамка для взятия пробы анфельции (Б) и эхолот «Echotec CV-1000» (В)

С 2009 г. в качестве инструментальной базы для гидроакустических исследований полей анфельции в заливе Петра Великого в ТИНРО стали применять мобильный акустический комплекс на основе малогабаритного научного эхолота ЕК(ЕУ)-60 (Симрад, Норвегия) с частотами 70 и 120 кГц и программные средства регистрации, сбора и обработки акустических данных – ER-60, FAMAS (Fishery Acoustic Monitoring Analyses System) и SALTSE (Scattering Area Coefficient, Length and Target Strength Estimation). Такой комплекс устанавливают на более маневренных, чем судно типа РС-300, плавсредствах – мотоботах, шхунах; при этом антенну эхолота крепят вертикально к плотику, спускаемому на тросе с мотобота и движущемуся в процессе съемки рядом с бортом, либо закрепляют на борту при помощи выдвигного устройства. Скорость буксировки антенны в подводном положении может достигать 5 уз; энергопитание комплекса проводится от аккумулятора через инвертор, преобразующий постоянное напряжение

12 вольт в переменное 220 вольт. Конструкция эхолота предусматривает связь с компьютером для записи данных, полученных в ходе непрерывной гидроакустической съемки, на жесткий диск компьютера.

Полученные данные (значения поверхностной плотности скоплений S_A) совместно с географической привязкой (координаты) сохранялись в виде файлов со структурой данных, доступных для последующей обработки в программе Excel. Пространственное распределение анфельции в исследуемых районах отображалось с использованием программных средств Surfer. К настоящему времени для оценки распределения и запасов анфельции в исследуемых районах (на базе стандартной сети водолазных станций и с учетом полученных предварительных данных о распределении водорослей в заданном районе по соответствующей методике планировки съемок) были разработаны схемы системных параллельных галсов с использованием системы «dKart Navigator» (Николаев, Кузнецов, 2010; Гидроакустические исследования запасов..., 2014). При прохождении галсов, помимо измерения коэффициента обратного поверхностного рассеяния S_A акустическим методом, оценивалась и высота слоя водорослей на каждом интервале интегрирования (рис. 2).

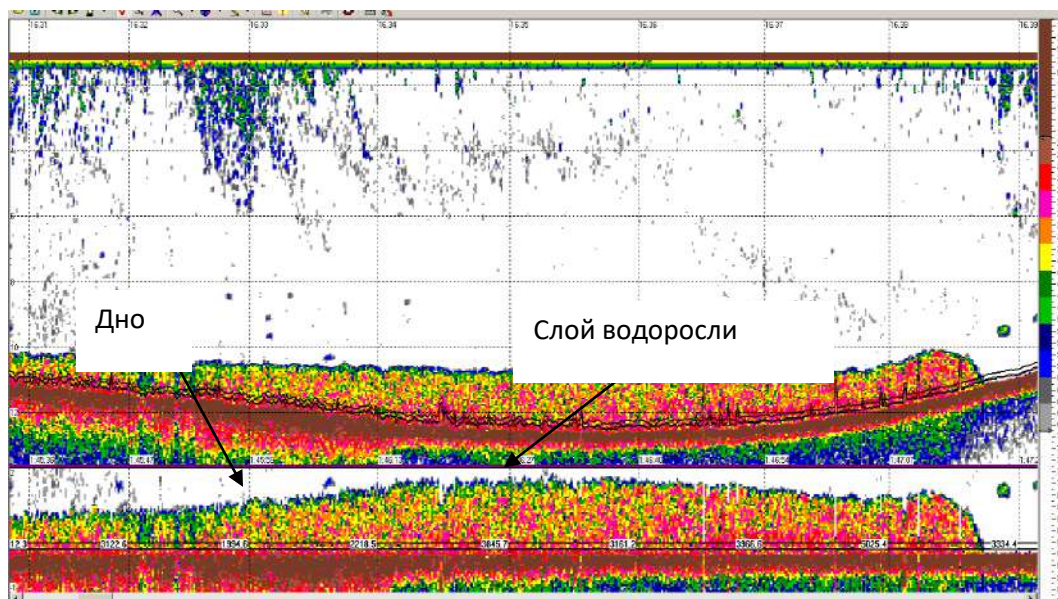


Рис. 2. Фрагмент эхограммы на галсах в проливе Старка в октябре 2020 г.

Экспериментально установлено, что для количественной оценки толщины и плотности пласта анфельции целесообразно использовать частоту эхолота 70 кГц. Для построения пространственного распределения промысловых полей анфельции брали данные измерения коэффициента поверхностного рассеяния S_A на галсах акустической съемки в придонном

слое 1-2 м, пересчитанные в плотность водорослей (т/га) по степенной регрессионной зависимости (зависимость коэффициента S_A ($\text{м}^2/\text{миля}^2$) от плотности анфельции ρ ($\text{кг}/\text{м}^2$) в месте падения зондирующего луча эхолота) (рис. 3).

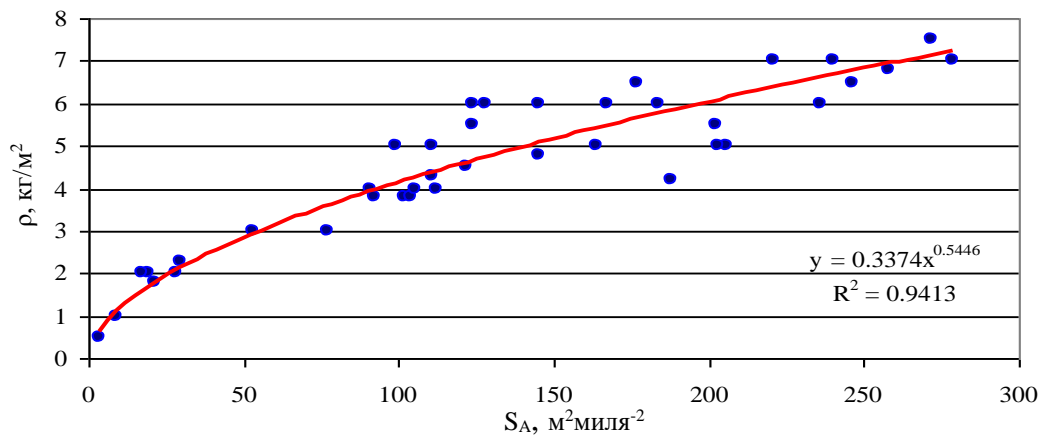


Рис. 3. Зависимости коэффициента поверхностного рассеивания s_A от плотности водорослей ρ на частоте 70 кГц

На рис. 4 показано распределение промысловых полей анфельции в изучаемых районах по плотности (т/га) и высоте слоя водорослей в 2021 г. В проливе Старка (А) при проективном покрытии (ПП) от 10 до 100 % биомасса изменялась от 1,8 до 19,4 $\text{кг}/\text{м}^2$, толщина пласта – от 0,1 до 1,3 м. В бухте Перевозная (Б) при проективном покрытии от 5 до 100 % параметры изменения биомассы и высоты слоя были ниже и составляли соответственно 0,9-6,0 $\text{кг}/\text{м}^2$ и 0,1-0,4 м. В бухте Баклан (В) при ПП от 10 до 100 % биомасса изменялась от 1,8 до 8,8 $\text{кг}/\text{м}^2$, а толщина слоя от 0,1 до 0,4 м. В бухте Троицы ПП изменялось от 5 до 100 %, биомасса – от 1 до 7,3 $\text{кг}/\text{м}^2$, толщина слоя – от 0,05 до 0,8 м. Промысловое поле анфельции в проливе Старка в настоящее время является самым большим по площади и ресурсу. Информацию по этим параметрам (кроме величины ПП) за каждый год гидроакустической съемки можно получить в любой точке на всей протяженности галсов из файла на жестком диске; это позволяет отслеживать межгодовые изменения в состоянии полей, быстро принимать решения по корректировке промысла. Биомасса водорослей оценивалась путем пересчета акустической плотности s_A ($\text{м}^2/\text{миля}^2$) на обследованной акватории в плотность водорослей ($\text{кг}/\text{м}^2$) по степенной регрессионной зависимости (рис. 4).

В результате постпроцессорной обработки эхограмм по измеренному значению s_A рассчитывали биомассу водорослей на каждом интервале интегрирования (0,01 мили) с учетом ширины галса съемки (межгалсового расстояния).

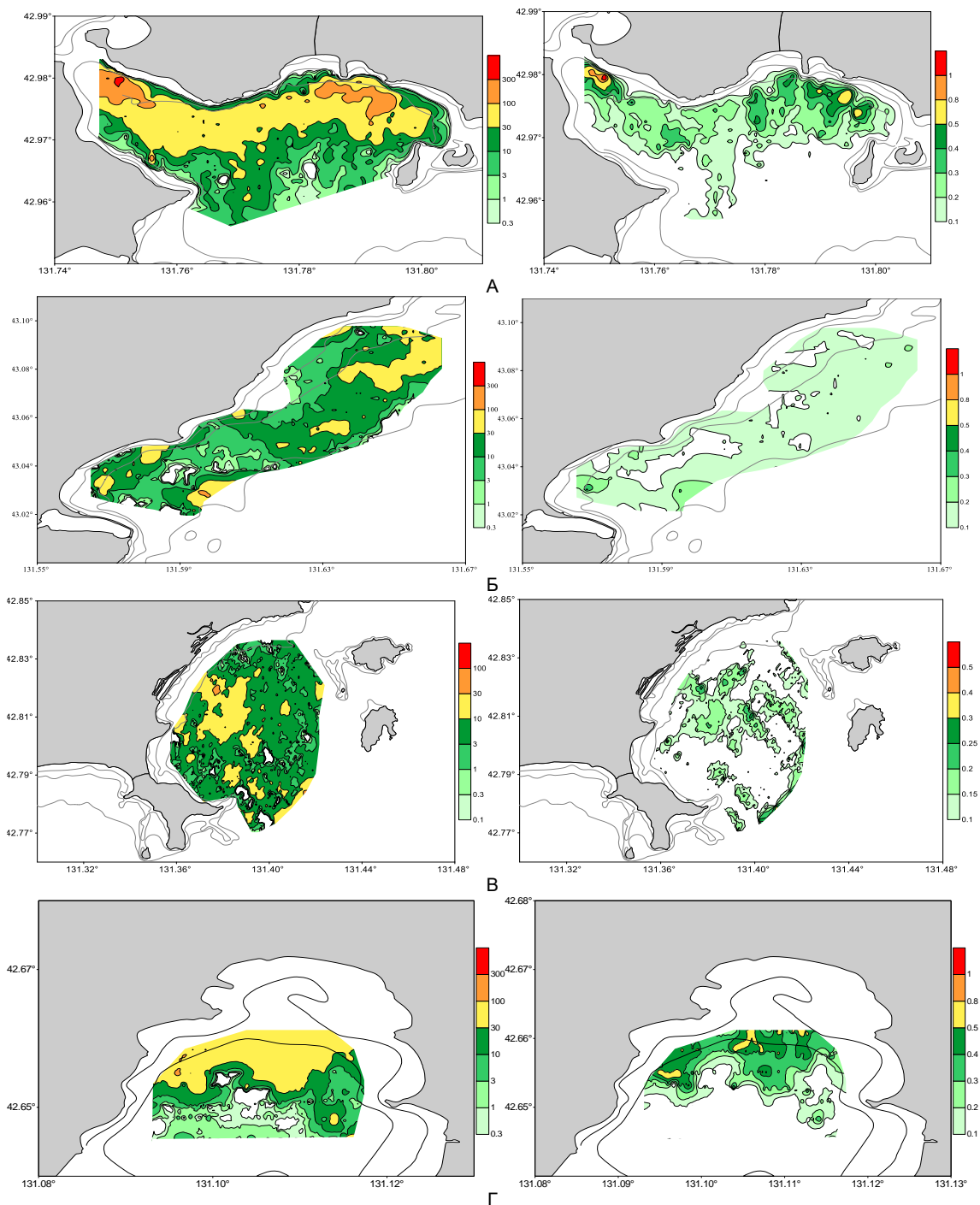


Рис. 4. Распределение анфельции по плотности (т/га) и высоте слоя (м) в проливе Старка (А) и бухтах Перевозная (Б), Баклан (В), Троицы (Г) в 2021 г.

Общая биомасса водорослей на исследованной акватории определялась суммированием биомасс, полученных на всех интервалах интегрирования:

$$B = \sum_{i=1}^n S_i \cdot \rho_i ,$$

где B – биомасса водорослей, кг;

$i = 1, \dots, n, n$ – число интервалов интегрирования;
 S_i – площадь i -го участка интегрирования, м²;
 ρ_i – плотность водорослей на интервале интегрирования под номером i (кг/м²), вычисляемая по формуле:

$$\rho_i = 0,3374 \cdot s_{Ai}^{0,5446},$$

где s_A – коэффициент поверхностного рассеивания на i -м интервале интегрирования, м²/миля² (Гидроакустические исследования запасов..., 2014).

Мониторинг анфельции предусматривает постоянные наблюдения за ее состоянием: сбор, хранение и обработку данных натуральных наблюдений, создание и ведение баз данных, оценку запасов и составления прогнозов промысла. Выбор гидроакустического метода в качестве инструментария эффективного изучения полей анфельции однозначно актуален в данном аспекте. Преимуществами отмеченного метода изучения состояния полей водоросли в сравнении с другими являются непрерывность регистрации скоплений и дистанционность обзора с высоким разрешением, что дает возможность за сравнительно краткий отрезок времени исследовать всю структуру скоплений и повысить точность оценки пространственного распределения, границ распространения и плотности водорослей.

Список использованной литературы

Барашков, Г.К. О методе количественного учета литоральных водорослей / Г.К. Барашков // Распределение и состав промысловых водорослей Баренцева моря; Труды Мурманского морского биологического института. – 1965. – Вып. 8(12). – С. 8-12.

Гемп, К.П. Новые методы исследования зарослей водорослей в Белом море / К.П. Гемп // Проблемы использования промысловых ресурсов Белого моря и внутренних водоемов Карелии. – 1963. – Вып.1. – С.140-142.

Гидроакустические исследования запасов и распределения морской водоросли анфельции *Ahnfeltia tobuchiensis* в заливе Петра Великого / М.Ю. Кузнецов, Л.В. Жильцова, И.А. Убарчук [et al.] // Вопросы рыболовства. – 2014. – Т.15, № 1. – С. 140-150.

Дзизюров, В.Д. Методы изучения распределения и запасов красной водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Мак. с помощью эхолота / В.Д. Дзизюров, В.Н. Кулепанов, Л.В. Жильцова // Известия ТИНРО. – 2000. – Т. 127. – С. 618-625.

Жильцова, Л.В. Современное состояние промысла анфельции тобучинской *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Мак. в Приморье /

Л.В. Жильцова, В.Д. Дзизюров, И.И. Галак // Вопросы рыболовства. – 2006. – Т. 7, № 1 (25). – С. 126-136.

Николаев, А.В. Некоторые аспекты и результаты гидроакустических исследований морских макрофитов в проливе Старка в июне 2009 г. / А.В. Николаев, М.Ю. Кузнецов // Материалы международной научно-технической конференции. Актуальные проблемы освоения биоресурсов Мирового океана. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – С. 241-243.

Пронина, О.А. Система рационального промысла макрофитов Белого моря / О.А. Пронина // Современные методы исследования запасов морских макрофитов: Препринт. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1992. – С. 62-70.

Разин, А.И. Морские промысловые моллюски южного Приморья. Предварительные результаты япономорской экспедиции ТИРХа по изучению промысловых моллюсков в 1931-32 гг. / А.И. Разин // Известия ТИРХ. – 1934. – Т.8. – 107 с.

Сарочан, В. Ф. Биология, экология, распределение и запасы ламинарии японской (*Laminaria japonica* Apes) и некоторых других видов ламинарий у берегов Южного Сахалина и Малой Курильской гряды [Текст]: автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата биологических наук / АН СССР. Сиб. отд-ние. Дальневост. филиал им. В. Л. Комарова. – Владивосток : [б. и.], 1969. – 26 с.

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
АВИАИСЪЕМКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПОЛНЕНИЯ
БЕЛОМОРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ ГРЕНЛАНДСКОГО ТЮЛЕНЯ
*RHOCA GROENLANDICA***

В.Б. Забавников

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича),
г. Мурманск*

Получение максимально достоверных данных об оценке численности пополнения (детеныши или щенки – животные в возрасте до одного года) беломорской популяции гренландского тюленя (далее – гренландский тюлень) является весьма актуальной задачей. Это обусловлено следующими обстоятельствами:

1) сведения занимают одно из особых мест в модельных расчетах по оценке состояния и численности запаса гренландского тюленя, важного для экосистем Баренцева и Белого морей, где, с одной стороны, он является хищником высшего трофического уровня по отношению к промысловым видам рыб и другим морским организмам, а с другой – подвержен влиянию современных изменений климата и антропогенному воздействию, в том числе – от рыболовства;

2) гренландский тюлень – традиционный объект промысла, чей запас уже около ста лет эксплуатируется Россией и Норвегией совместно; объемы его рационального изъятия без ущерба для популяции устанавливаются на ежегодных сессиях Смешанной российско-норвежской комиссии по рыболовству, по рекомендациям РГ ИКЕС/НАФО/НАММКО по гренландскому тюленю и хохлачу (WGHARP).

Для первого из вышеуказанных обстоятельств следует также отметить, что ежегодные объемы потребления гренландским тюленем промысловых видов рыб, по самым скромным модельным расчетам, соизмеримы с объемом изъятия рыбных ресурсов человеком. Этот факт, по нашему мнению, нельзя не учитывать при определении объемов добычи промысловых видов рыб при осуществлении рационального рыболовства.

Для получения максимально достоверной информации о состоянии и оценке численности гренландского тюленя используются модельные расчеты, которые основываются на данных о биологии животных, объемах их ежегодного изъятия и значениях величин ежегодного пополнения популяции. Получение сведений о последней характеристике многие годы основывается на результатах воздушных съемок, осуществляемых с борта

специально оборудованных самолетов (учетные авиасъемки), которые, начиная с 1998 г. в России, традиционно осуществляются с использованием мультиспектральной технологии, разработанной и успешно применяемой специалистами Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» (ранее – ПИПРО).

Мультиспектральная технология предполагает осуществление авиасъемки одного объекта (в данном случае – гренландского тюленя) аппаратурой, одновременно работающей в нескольких диапазонах длин электромагнитных волн. Для рассматриваемой ситуации это инфракрасный (ИК) и оптический (видимый) диапазоны, представленные соответственно как ИК-изображения и цифровые цветные фотографии (Черноок, Кузнецов, Яковенко, 1999).

Идея использования мультиспектральной технологии при авиасъемке пополнения гренландского тюленя основана на том, что у детенышей так же, как у и взрослых (старше одного года) особей, температура тела равна примерно 37 °С. Но в течение приблизительно трех первых недель с момента рождения они, исходя из биологических особенностей, находятся только среди льдов, не сходя в воду. Льды имеют существенно более низкую температуру поверхности по сравнению с температурой тела животных. Данное обстоятельство позволяет обнаружить всех тюленей, находящихся на поверхности льдов, на черно-белом ИК-снимке, по которому возможно отличить (по размеру отмечающей местонахождение животного светящейся точки) взрослую особь от щенка. Синхронно полученные цифровые снимки дают возможность исключить при обработке и анализе места, где имеются трещины и разводья, на ИК-изображениях представленные в виде ярко светящихся вытянутых полос или точек. Фотографии также позволяют более надежно, чем ИК-изображения, идентифицировать взрослого зверя по размеру и окраске. Взрослый гренландский тюлень в среднем имеет длину около 2 м, а щенок – до 1 м; соответственно окраска – серо-пятнистая или полукрылановая и крылановая, в зависимости от возраста (в первом случае это животные до 4-5 лет, а во втором – старше 5 лет) и главным образом белая (у детенышей). При этом относительно возможности использования фотографий следует отметить, что на них не всегда удастся обнаружить детеныша, особенно вблизи торосов и ледовых нагромождений, поскольку щенок и лед имеют близкую белую окраску.

Далее непосредственно рассмотрим мультиспектральную технологию авиасъемки пополнения популяции гренландского тюленя, формируемого преимущественно среди льдов на акватории Белого моря и существенно реже – на льду юго-восточной части Баренцева моря. Пополнение проходит ежегодно, с конца последней декады февраля до начала третьей в марте, в зависимости от условий зимы и текущей ледовой обстановки. Пик рождения щенков приходится чаще всего на середину марта. В указанный промежуток

времени, т.е. с первых чисел марта и по вторую декаду этого же месяца, и выполняются учетные авиасъемки ценных залежек гренландского тюленя. Они предусматривают в комплексе три уровня осуществления: наземный, на ледовых калибровочных площадках (по возможности), спутниковый и самолетный. Такой подход позволяет провести исследования на обширной акватории обитания животных. Использование специально оборудованного самолета, подготовленного на базе Ан-26 или Л-410 (Забавников, 2019), обеспечивает максимально краткий срок их осуществления, что уменьшает погрешности учета, связанные с дрейфом льдов (Забавников, Шафилов, 2011).

До начала проведения авиаисследований (самолетный уровень) в течение месяца осуществляется мониторинг ледовых условий на акватории Белого моря и примыкающей к ней юго-восточной части Баренцева моря. Для этой цели используются спутниковые изображения и обобщенные карты ледовой обстановки, свободно распространяемые в сети Internet (спутниковый уровень). Касательно карт обычно подразумеваются данные, представляемые Норвежским метеорологическим институтом (НМИ), а для спутниковых изображений – информация, полученная с американских ИСЗ «Terра» и «Аqua» Национального аэрокосмического агентства, а также – серии NOAA (последний из них – NOAA-20). В этом случае изображения представлены в оптическом диапазоне длин электромагнитных волн, что ограничивает их регулярное использование, так как зачастую акватория скрыта облачностью, видимость сильно ограничена, порой абсолютно отсутствует.

Для устранения этого недостатка параллельно применяются снимки со спутников «Radarsat-1,2» (Канадское космическое агентство) и «Sentinel-1» (Европейское космическое агентство), реализация которых не зависит от погодных условий, включая наличие плотной облачности. Это обусловлено использованием техники, работающей в сверхвысокочастотном диапазоне длин электромагнитных волн.

Полученные таким образом сведения позволяют с высокой долей вероятности определить места, пригодные для образования ценных залежек гренландского тюленя, так как они приурочены ко льдам с определенными характеристиками. Это преимущественно однолетний белый лед толщиной выше средней, слабой торосистости, сплоченностью не ниже 7-10 баллов (Исследования особенностей ледового..., 1998).

После этого осуществляются непосредственно учетные авиасъемки. Основным аэропортом базирования является г. Архангельск. Всего, начиная с 1998 г. до настоящего момента, по рассматриваемой технологии успешно были осуществлены 10 подобных исследовательских авиасъемок. Основная аппаратура, применявшаяся для названных целей: усовершенствованный

тепловизор «Малахит» (ИК-сканер) с углом обзора и полосой «захвата» соответственно 80-90° и 500 м при разрешении 2048 пикселей; два цифровых фотоаппарата NIKON D1X с фокусными расстояниями объективов 35 мм, что обеспечивает угол обзора и полосу захвата по горизонтали 38° и 172 м, по вертикали 25° и 111 м, при разрешении 3008 пикселей по горизонтали и 1960 – по вертикали; спутниковая навигационная система глобального позиционирования (GPS) Garmin II Plus, дающая точное самолетовождение и «привязку» ИК-снимков и фотографий по координатам.

Оптимальной высотой учетных авиасъемок по мультиспектральной технологии является 230-260, предпочтительно – 250 м. При этом съемка выполняется по регулярной сетке параллельных галсов, ориентированных вдоль меридиан, с шагом между ними от 7,5 до 15 км в зависимости от визуально определяемой частоты и плотности обнаруженных залежек. Чем они плотнее и чаще, тем меньше расстояние между галсами. Вся аппаратура авиасъемки включается синхронно техниками научной группы Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО», участвующей в полете, при первых замеченных особях гренландского тюленя независимо от возраста. Выключение идет за тем, как объект исследования перестает наблюдаться (или после выхода на чистую воду и береговую черту).

При проведении учетных авиасъемок немаловажное значение имеют погодные условия, от которых во многом зависят качество и надежность полученных результатов, так как исследования проводятся с применением авиасъемочной техники, не являющейся всепогодной. В связи с этим при подготовке и осуществлении каждого авиасъемочного полета регулярно проводится мониторинг синоптической ситуации. Для этого используется вся доступная информация, свободно распространяемая в сети Internet: в первую очередь – предоставляемая Росгидрометцентром (г. Москва), ААНИИ (г. Санкт-Петербург), СУГМС (г. Архангельск), ресурсом «Gismeteo.ru», Лабораторией исследования воздушных пространств NOAA и НМИ.

Авиасъемки могут выполняться только в светлое время суток при одновременном соблюдении следующих основных погодных условий на акватории исследований площадью более 75%: ветер скоростью не более 7 м/с, независимо от направления; нижняя граница облачности на высоте не менее 250 м; отсутствие интенсивных осадков в виде дождя и снега, а также туманов, что обеспечивает видимость более 10 км.

Наибольшая надежность, эффективность и качество учетных съемок с использованием мультиспектральной технологии могут быть достигнуты, если этот вид исследований будет проведен за как можно более короткий промежуток времени на акватории Белого и примыкающих к ней участках юго-восточной части Баренцева моря. Как показывает накопленный опыт

осуществления рассматриваемых исследований, оптимальная длительность – не более семи дней, при общем количестве летных часов не более 40.

Учетные авиасъемки целесообразно дополнять калибровочными работами наземного уровня на специально оборудованных ледовых площадках в дни выполнения учетных авиасъемок, где проводится сбор биологических сведений о тюленях – с целью построения так называемой кривой шенения, для введения поправки на учет еще не родившихся на день авиасъемки детенышей и определения других погрешностей авиадозора.

При осуществлении авиасъемок собирается значительный объем первичного материала (не менее 1600 цифровых цветных фотографий и 200 Gb ИК-изображений). В дальнейшем материалы проходят тщательную специализированную лабораторную обработку, анализ и интерпретацию, осуществляемую специалистами ПИНРО с использованием разработанного в институте программно-математического пакета (Автоматизированные методы подсчета..., 1999).

Использование мультиспектральной технологии при осуществлении учетных авиасъемок пополнения гренландского тюленя впервые было представлено на WGHARP в 1998 г. Метод получил высокую оценку, поддержку и одобрение, был рекомендован к использованию на других морских акваториях, где обитают тюлени ледовых форм.

В заключение следует остановиться на перспективах использования при проведении рассматриваемых авиасъемок беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) как альтернативы специально оборудованным самолетам типа Ан-26 и Л-410. По мнению специалистов ПИНРО, в настоящее время это представляется нецелесообразным по следующим основным причинам: слишком обширная для безопасного охвата посредством БПЛА площадь съемки; отсутствие приемлемой необходимой инфраструктуры на побережье Белого и Баренцева морей в период авиасъемки, приводящее к необходимости аренды судна ледового класса, значительно удорожающей исследования; отчеты о неудовлетворительных результатах использования БПЛА при проведении аналогичных работ как у нас в стране, так и за рубежом (Канада, Норвегия), о чем вкратце будет сказано ниже.

В России подобная попытка была предпринята в 2018 г. в рамках программы «Оценка запасов и основных биологических параметров малоизученных промысловых видов морских млекопитающих России в 2018 г.» и проекта «Авиаучет численности и пополнения гренландского тюленя в Белом море (с использованием БПЛА), обработка материалов авиаучета». Стоимость проекта составила 6,3 млн руб. Три БПЛА типа «Орлан-10» в течение 7 дней на акватории Белого моря была отснята площадь от побережья Кольского п-ова до 65,5° с.ш, между 36 и 39° в.д., что

составляет лишь около 10 % территории ценных залежек гренландского тюленя. При этом качество полученных материалов было существенно хуже (ввиду частого наличия «смаза» на фото- и ИК-снимках) по сравнению с аналогичными с борта пилотируемого летательного аппарата, что в первую очередь обусловлено сильными сносами БПЛА ветром (масса аппарата, очевидно, слишком мала в сравнении с массой пилотируемого самолета). Похожая ситуация касательно качества первичного материала авиасъемки и логистики имела место в Канаде (акватория у о-ва Ньюфаундленд и в заливе Святого Лаврентия) и Норвегии (акватория Гренландского моря).

Но при всех минусах использование БПЛА возможно на локальных, небольших по площади участках (например, узкая прибрежная полоса, реки, малые озера, губы, заливы) – и в перспективе, с учетом быстрых темпов совершенствования технических характеристик различных устройств, нет смысла прямо исключать применение БПЛА, равно как и устанавливаемой и эксплуатируемой на них аппаратуры, при авиасъемке ценных залежек гренландского тюленя беломорской популяции на обширных акваториях по типу Белого моря и примыкающих к нему участков Баренцева моря.

Список использованной литературы

Автоматизированные методы подсчета тюленей по материалам авиасъемки / В. И. Черноок, Н. В. Кузнецов, П. А. Кривущенко [и др.] // Развитие технических методов рыбохозяйственных исследований: Сб. науч. тр. ПИНРО – Мурманск: ПИНРО 1999. – С. 214-230.

Забавников, В.Б. Дистанционные методы авиаисследований беломорской популяции гренландского тюленя / В.Б. Забавников, И.Н. Шафиков // Материалы научной конференции «Дистанционные методы исследований в зоологии», Москва 28-29 ноября 2011 г. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – С. 27-28.

Забавников, В.Б. Об опыте использования авиаисследований при мониторинге морских млекопитающих / В. Б. Забавников // Материалы XVI международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований», Москва 15-17 мая 2019 г. – М.: Издательский дом Академии Жуковского, 2019. – С. 217-221.

Черноок, В.И. Исследования особенностей ледового покрова и гидрологического режимов Белого моря по данным ERS SAR съемки / В.И. Черноок, В.В. Мелентьев, А.В. Архипов, К.К. Клостер. – М.: Исследования Земли из космоса. – 1998. – № 4. – С.73-92.

Черноок, В.И. Мультиспектральная съемка гренландского тюленя / В.И. Черноок, Н.В. Кузнецов, М.Я. Яковенко. – Мурманск: ПИНРО, 1999. – 73 с.

ВИРУСЫ В ПЕЛАГИАЛИ СИБИРСКИХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ: ЧИСЛЕННОСТЬ ВИРИОПЛАНКТОНА, ВИРУСНАЯ ИНФЕКЦИЯ И СМЕРТНОСТЬ ГЕТЕРОТРОФНЫХ ПРОКАРИОТ

Е.А. Заботкина, А.И. Копылов, А.В. Романенко

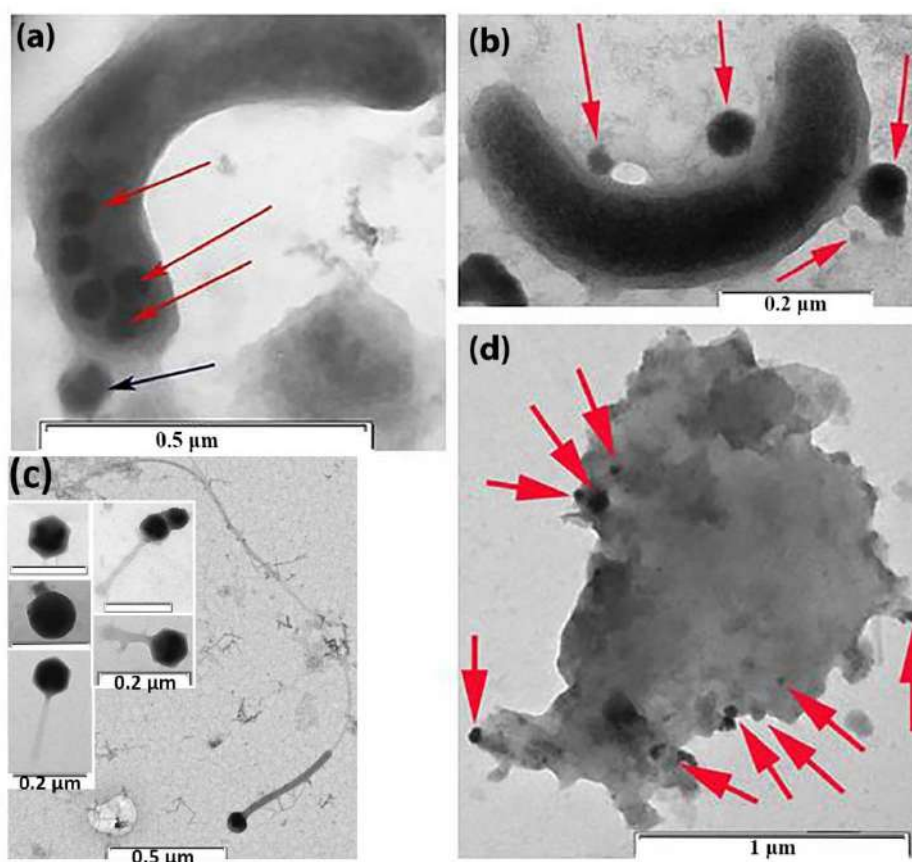
*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (ИБВВ РАН),
Ярославская обл., пос. Борок*

Вирусы – наиболее многочисленный и разнообразный биотический компонент морских экосистем. Это облигатные паразиты, инфицирующие в основном микроорганизмы, последние занимают более 90 % биомассы в Мировом океане и осуществляют круговороты углерода и других биогенных элементов (Suttle, 2007). Вирусный лизис является важной причиной смертности (до 60 % общей смертности) морских прокариотов (бактерий и архей) (Wommack, Colwell, 2000; Suttle, 2007). Настоящая работа представляет собой мини-обзор результатов исследований оценки численности вириопланктона и роли вирусов в смертности гетеротрофных прокариот в Сибирских Арктических морях (САМ).

Исследования выполнены в сентябре 2013 г. в ходе 125-го рейса НИС «Профессор Штокман» в Карском море от устья Обской губы до внешнего шельфа; в сентябре 2015 г. в ходе 63-го рейса НИС «Академик М. Келдыш» в море Лаптевых на разрезе от области, прилегающей к дельте р. Лены, до внешнего шельфа; в сентябре 2017 г. в ходе 69-го рейса НИС «Академик М. Келдыш» в Восточно-Сибирском море на разрезах от устья р. Колымы и устья р. Индигирки до внешнего шельфа. Методы исследования микроорганизмов и вирусов описаны ранее (Вирио- и бактериопланктон..., 2017; Viruses in the..., 2020; Распределение и взаимоотношения..., 2021; Viruses and viral..., 2021). Содержание органического углерода в сырой биомассе бактерий рассчитывали согласно уравнению, связывающему объем клетки (V , $\mu\text{м}^3$) и содержание углерода (C , фг $C/\text{кл}$): $C = 120 \times V^{0.72}$ (Norland, 1993). Содержание углерода в 1 вирусной частице принимали равным 0,2 фг C (Wilhelm, Smith, 2000).

Численность свободных вирусов в САМ в разных водах колебалась в широких пределах (табл. 1). Как правило, более высокие величины характерны для прибрежных вод. В планктоне, кроме свободных вирусов, в заметных количествах присутствуют вирусы, прикрепленные к клеткам прокариот и мельчайшим детритным частицам (размером от 0,3-3,0 $\mu\text{м}$) (см. рисунок, табл. 1). Вклад свободных вирусов, вирусов, прикрепленных к прокариотам и детритным частицам, в общую численность вириопланктона (N_{VT}) составил в среднем 79,4-88,1; 6,1-13,6 и 5,8-9,9 %

соответственно. В водной толще САМ обитают вирусы с диаметром капсид от 15 до 389 нм, в то же время их средние значения в исследованных морях были близкими (см. табл. 1).



Фотографии вирусов под трансмиссионным электронным микроскопом: а – клетка бактерии, инфицированная вирусами, черной стрелкой отмечены вирусы на поверхности клетки, красной – вирусы внутри клетки; б – бактерии с вирусами на поверхности, красные стрелки показывают вирусы, прикрепленные к клеточной поверхности; с – свободные вирусы; д – вирусы, прикрепленные к детритным частицам

Принимая во внимание, что, по нашим данным, в исследованных районах диаметр капсидов, прикрепленных к клеткам прокариот, не превышал 150 нм, то, по-видимому, более крупные вирусы являлись вирусами водорослей и эукариотных микроорганизмов и их доля в численности свободных вирусов (размерная группа 150-389 нм) в N_{VT} изменялась от 1,1 % в Восточно-Сибирском море до 5,9 % в Карском море.

Расчет биомассы вириопланктона показал, что последний представляет собой заметный компонент планктонных микробных трофических сетей САМ (см. табл. 1). Кроме функционирования в пределах «вирусной петли», крупные активные вирусы, а также неактивные, прикрепленные к бактериям и детритным частицам, могут потребляться простейшими и тонкими фильтраторами, т.е. углерод

вирусов в небольших количествах поступает на более высокие трофические уровни морских планктонных пищевых сетей.

Таблица 1

Структурные параметры планктонных вирусов в Сибирских Арктических морях

Параметр	Море		
	Карское	Лаптевых	Восточно-Сибирское
	X (min-max)	X (min-max)	X (min-max)
Глубина, м	18,5-30,1	10-90	11-54
Температура, °C	(-1,5)-8,1	(-1,1)-8,3	(-1,7)-6,2
Соленость, psu	3,7-32,7	3,0-34,5	15,0-33,2
N_{VF} , 10^3 вирусов/мл	1033 (214-2917)	1399 (127-4392)	5809 (2300-13821)
N_{VF}/N_{PR}	4,3 (0,6-21,9)	1,7 (0,8-6,1)	5,3 (1,5-21,3)
D_{VF} , нм	72 (18-389)	72 (16-297)	58 (15-283)
N_{VPR} , 10^3 вирусов/мл	165 (8-471)	179 (25-522)	350 (92-1350)
N_{VP} , 10^3 вирусов/мл	123 (28-368)	110 (7-789)	293 (14-1667)
N_{VT} , 10^3 вирусов/мл	1320 (273-3612)	1688 (162-5074)	6452 (3133-13821)
B_{TV} , мг C/м ³	0,26 (0,05-0,72)	0,34 (0,03-1,01)	1,26 (0,63-2,76)
B_{VT}/B_{PR} , %	6,7 (1,0-16,7)	2,3 (0,6-8,9)	5,5 (1,3-14,0)

Примечание. N_{VF} – численность свободных вирусов; D_{VF} – диаметр капсидов свободных вирусов; N_{VPR} – численность вирусов, прикрепленных к клеткам прокариот; N_{VP} – численность вирусов, прикрепленных к мельчайшим детритным частицам; N_{VT} – общая численность вириопланктона, B_{VT} – общая биомасса вириопланктона; N_{PR} и B_{PR} – численность и биомасса планктонных прокариот.

Частоты видимых инфицированных (FVIC) и всех инфицированных клеток прокариот (FIC) и вирус-индуцированная смертность (VMB) планктонного сообщества прокариот варьируют в очень широких пределах (табл. 2).

Максимальная гибель прокариот в результате вирусного лизиса обнаружена в Карском море, но в среднем для исследованных акваторий была выше в Восточно-Сибирском море. Значительные величины FVIC и VMB были обнаружены как в поверхностных горизонтах в зоне внутреннего шельфа с положительной температурой воды (7,1-7,5 °C), так и в придонных горизонтах в зоне внешнего шельфа Восточно-Сибирского моря с отрицательной температурой воды (-1,6 °C). Для всех САМ обнаружена сильная положительная корреляция между численностью инфицированных прокариот и численностью прокариот с прикрепленными вирусами ($R=0,92$, $p<0,005$). В Карском и Восточно-Сибирском морях наблюдались умеренные положительные корреляции между численностью инфицированных прокариот и продукцией прокариот ($R=0,58-0,60$, $p=0,05$). В то же время в Восточно-Сибирском море в зонах смешения морских и речных вод (рр. Индигирка, Колыма) обнаружена умеренная

отрицательная корреляция между численностью инфицированных прокариот и численностью мельчайших детритных частиц ($R=-0,45$, $p=0,05$).

Таблица 2

Частота видимых инфицированных клеток прокариот (FVIC, % N_{PR}), частота инфицированных клеток прокариот (FIC, % N_{PR}), вирус-индуцированная смертность прокариот (VMB, % продукции прокариот)

Море	FVIC	FIC	VMB	BS
	X (min-max)	X (min-max)	X (min-max)	X (min-max)
Восточно-Сибирское	1,1 (0,5-2,5)	7,5 (3,5-16,3)	8,6 (3,7-22,3)	8 (4-47)
Лаптевых	0,8 (0,3-1,5)	5,5 (2,1-10,1)	6,1 (2,2-12,3)	7 (3-110)
Карское	1,0 (0,3-5,6)	6,9 (2,1-32,7)	7,8 (2,2-64,4)	14 (4-101)

Примечание. FVIC – частота видимых инфицированных вирусами гетеротрофных бактерий; FIC – доля всех инфицированных клеток бактерий; VMB – доля бактерий, погибших в результате вирусного лизиса, в общей смертности бактериопланктона; BS – среднее количество зрелых фагов в инфицированных бактериях.

Количество фагов в инфицированных клетках прокариот (BS) на разных станциях и глубинах значительно различалось и в среднем для всех инфицированных бактерий в исследованных районах САМ было более высоким в Карском море (см. табл. 2).

Таким образом, вирусы представляют собой самые многочисленные компоненты пелагических пищевых сетей и вносят заметный вклад в формирование биомассы планктонного микробного сообщества Сибирских Арктических морей. В среднем для исследованных районов САМ «вирусы-бактериофаги» играют незначительную роль в контроле над численностью и продукцией гетеротрофных прокариотов, но на отдельных участках шельфа САМ смертность прокариот в результате вирусного лизиса превышала 50 % их продукции.

Поступление в прибрежные морские воды, со стоком речной воды, значительного количества растворенного и взвешенного органического вещества, по-видимому, следует считать одной из причин более высокой продукции прокариот и активности «вирусов-бактериофагов». В то же время наличие благодаря речному стоку значительных концентраций мелких детритных частиц в прибрежных водах является причиной потери активности большого количества вирусов в результате их адсорбции к этим частицам. По-видимому, высокое содержание в воде мелкодисперсной органической взвеси снижает потенциальные возможности сообщества вирусов к инфицированию гетеротрофных прокариот.

Список использованной литературы

Распределение и взаимоотношения гетеротрофных микроорганизмов и вирусов на шельфе Восточно-Сибирского моря / А.И. Копылов, Д.Б. Косолапов, Е.А. Заботкина [и др.] // Океанология. – 2021а. – Т. 61, № 2. – С. 220-232.

Вирио- и бактериопланктон в эстуарной зоне реки Обь и прилегающих районах шельфа Карского моря / А.И. Копылов, А.Ф. Сажин, Е.А. Заботкина [и др.] // Океанология. – 2017. – Т. 57, № 1. – С. 118-127.

Norland, S. The relationship between biomass and volume of bacteria / S. Norland // Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology / Eds. Kemp P., Sherr B., Sherr E. – Boca Raton: Lewis Publishers, 1993.

Suttle, C.A. Marine viruses – major players in the global ecosystem / C.A. Suttle // Nat. Rev. Microb. – 2007. – Vol. 5. – P. 801-812.

Viruses in the water column and the sediment of the eastern part of the Laptev Sea / A.I. Kopylov, E.A. Zobotkina, A.V. Romanenko [et al.] // Est. Coast Shelf Sci. – 2020. – Vol. 242. – Art. 106836.

Viruses and viral infection of heterotrophic prokaryotes in shelf waters of the western part of the East Siberian Sea / A.I. Kopylov, E.A. Zobotkina, D.B. Kosolapov [et al.] // J. Mar. Sys. – 2021b. – Vol. 218. – Art. 103544.

Wilhelm S.W. Bacterial carbon production in Lake Erie is influenced by viruses and solar radiation / S.W. Wilhelm, R.E.H. Smith // Can. J. Fish Aquat. Sc. – 2000. – Vol. 57. – P. 317-326.

Wommack K.E. Virioplankton: Viruses in aquatic ecosystems / K.E. Wommack, R.R. Colvell // Microb. Molec. Biol. Rev. – 2000. – Vol. 64. – P. 69-114.

РОСТ, ЭНЕРГЕТИКА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИЩИ МОЛОДЬЮ СТЕРЛЯДИ *ACIPENSER RUTHENUS* В ГЕТЕРОТЕРМАЛЬНОЙ СРЕДЕ

В.В. Зданович

Московский государственный университет (МГУ), г. Москва

Отряд осетрообразные (*Acipenseriformes*) включает в себя 32 вида и подвида рыб, из которых 24 – из семейства осетровых (*Acipenseridae*), при этом 12 из них – на грани исчезновения. В водоемах России наличествуют 11 видов осетровых, 7 из них относятся к категории редких (Редкие и исчезающие..., 1994; Billard, Lecointre, 2000). Из объектов рыбного промысла осетровые в наибольшей степени подверглись продолжительному сильному антропогенному воздействию. Чрезмерный промысел, деградация среды обитания, зарегулирование стока рек, сокращение естественных нерестилищ привели к катастрофическому снижению численности осетровых в конце 20-го века, особенно в Евразии (Ходоревская, Рубан, Павлов, 2007).

Стерлядь *Acipenser ruthenus* – типично пресноводный вид осетровых рыб, в прошлом широко распространенный в реках бассейнов Черного, Азовского, Каспийского морей, в бассейнах рек Северная Двина, Обь, Енисей. В настоящее время стерлядь занесена в Красный список МСОП-96 и относится к категории «уязвимых видов», отдельные популяции которого находятся под угрозой полного исчезновения (Hochleithner, Gessner, 2012). Катастрофическое положение, складывающееся в естественных популяциях осетровых, в том числе и стерляди, привело к необходимости интенсивных исследований в области их биологии, искусственного воспроизводства и аквакультуры. В настоящее время стерлядь является третьим из наиболее широко культивируемых видов осетровых, выращиваемых в 15 странах мира (Billard, Lecointre, 2000; Bronzi, Rosenthal, Gessner, 2011).

С середины 20 века активно ведут свою деятельность осетровые рыбодоводные заводы, чья основная задача заключается в получении молоди для выпуска в естественные водоемы и развития аквакультуры осетровых. На настоящий момент искусственное воспроизводство осетровых является основным источником пополнения их естественных популяций. В бассейне Азовского моря рыбы естественного происхождения составляют 20-25 %, а 75-80 % осетровых – искусственного воспроизводства (Макаров, Баландина, 2000). В Волго-Каспийском бассейне доля рыб заводского воспроизводства в промысловых уловах составляет: у белуг – 97,5 %, осетра – 55,8 %, севрюги – 36,0 % (Ходоревская, Рубан, Павлов, 2007).

Среди абиотических факторов температура среды является наиболее важной, поскольку влияет на все физиологические процессы и поведение эктотермных животных, в том числе рыб. В индустриальном выращивании молоди рыб, как правило, используется постоянный уровень температуры, прогнозируемый в качестве оптимального для роста молоди того или иного вида осетровых. Отклонения температуры в ту или иную сторону от оптимальной, а тем более – перепады температуры, рассматриваются как нежелательные, провоцирующие упадки темпа роста и физиологического состояния рыб. Однако температурные условия и в естественных водоемах далеки от постоянства, практически всегда отвечая как горизонтальной, так и вертикальной температурной стратификации. Рыбы, перемещаясь в водной среде, постоянно испытывают на себе влияние температурных перепадов. В гетерогенной температурной среде рыбы проявляют термопреферендное поведение: занимают такие экотопы, где температурный диапазон наиболее соответствует потребностям организма рыбы (Голованов, 2013).

В настоящей работе представлены результаты сравнительного исследования темпа роста, энергетики и эффективности использования пищи на рост для молоди стерляди в оптимальной постоянной температуре, в условиях термоградиентного поля.

Молодь стерляди (масса 0,5-0,7 г) завозили в лабораторию кафедры ихтиологии МГУ с Конаковского рыбзавода (Тверская обл.). До начала опытов в течение недели подопытных содержали в аквариальных условиях при температуре 18-20 °С и концентрации кислорода в воде, близкой к полному насыщению (принудительная аэрация). Кормление осуществляли «по поедаемости» живым мотылем. Для определения оптимальной для роста молоди стерляди постоянной температуры по 10 экз. рассаживали в аквариумы водоизмещением 20 л и в течение недели выращивали при температурах 20, 22, 24 и 26 °С. Рыб взвешивали индивидуально до и после опыта на электронных весах WA (точность 0,01 г) и рассчитывали удельную скорость роста как отношение разности натуральных логарифмов конечной и начальной массы рыб к длительности опыта (C_w , % г/сут).

После выяснения оптимальной для роста постоянной температуры молодь стерляди выращивали при выбранном температурном режиме в аквариумах и термоградиентных лотках (длина – 150, ширина – 20, высота – 20 см), где горизонтальный градиент температуры поддерживался от 20 до 28 °С при помощи нагрева и охлаждения воды на противоположных концах лотков, с использованием терморегуляторов. Устройство термоградиентных лотков описано ранее (Зданович, 1999). Ежедневно в каждом аквариуме заменяли треть объема воды на свежую. В конце каждого опыта считали скорость роста, суточный прирост массы тела, суточный Р/В и кормовой коэффициенты, определяли интенсивность дыхания рыб, расход кислорода

на прирост 1 г массы тела. Кормовой коэффициент рассчитывали как отношение сырой массы потребленной рыбами пищи к массе прироста. Оценка величины потребления корма (живой мотыль) велась ежедневно по разнице количества задаваемого и изымаемого не потребленного рыбами корма. Величина суточного P/V-коэффициента оценивалась как отношение прироста массы рыб к общей массе за одни сутки опыта. Интенсивность дыхания определяли методом прерванного потока (Кляшторин, Саликзянов, 1979) с электрометрическим определением концентрации кислорода (на оксиметре модели N5221). В респирометры (объем 2,75 л) сажали по 5-6 рыб и при температуре 24 °С устанавливали интенсивность их дыхания (порядка 6-10 измерений) в каждом варианте опыта. Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью программы «Statistica» по методу попарных сравнений, с использованием критерия Стьюдента.

В предварительной серии экспериментов исследовали скорость роста молоди стерляди (нач. средняя масса 0,6 г) при постоянных температурах в диапазоне 20-26 °С. С повышением температуры от 20 до 24 °С закономерно возрастала и скорость роста молоди стерляди, достигая максимума при 24 °С. Дальнейшее ее повышение до 26 °С привело к некоторому снижению скорости роста рыб. На основании этих данных в качестве оптимальной стационарной для роста молоди стерляди была принята температура 24 °С. Таковую же или близкую к ней оценку оптимальной постоянной температуры для роста молоди стерляди приводят и другие авторы (Гершанович, Пегасов, Шатуновский, 1987; Волосников, 2017; Чемагин, 2018). Как было показано ранее (Константинов, Зданович, 1993), в термоградиентных лотках рыбы наиболее часто и на большие сроки заплывали в отсеки, где температура приближалась к оптимальной стационарной. Амплитуда перемещений рыб относительно этой температуры обычно не превышала 3-4 °С. Поэтому в термоградиентных лотках, где подращивали молодь стерляди, градиент температуры составлял 22-26 или 20-28 °С. Близким к выбранному температурному градиенту оказался и диапазон избираемых температур молоди стерляди, выявленный в экспериментальных условиях (Смирнов, 2009; Термоизбирание и термоустойчивость..., 2014).

В табл. 1 приведены экспериментальные данные о скоростях роста и продукционных показателях молоди стерляди в постоянном оптимальном для роста температурном режиме (24 °С) и в термоградиентных лотках. Как видно из таблицы, во всех опытах конечная средняя масса стерляди в лотках была достоверно выше, чем при постоянной температуре. Скорость роста стерляди, рассчитанная для совокупности всех данных, в лотках и при 24 °С составляла в среднем соответственно 9,7 и 7,9 % г/сут ($p < 0,05$). Скорость роста молоди стерляди в лотках с градиентом температуры в диапазоне 22-26 и 20-28 °С превышала наблюдавшуюся при постоянной температуре в

среднем соответственно в 1,31 и 1,21 раза. Средняя величина суточного прироста массы тела в условиях оптимальной для роста молоди стерляди постоянной температуры и в гетеротермальной среде – 0,23 и 0,30 г/сут ($p < 0,05$). Достоверно различалась и величина суточного Р/В коэффициента стерляди в условиях термоградиентного поля по сравнению с таковой при 24 °С – 0,099 и 0,085 соответственно ($p < 0,05$).

Таблица 1

Скорость роста и продукционные показатели молоди стерляди в термоградиентном лотке и при оптимальной для роста постоянной температуре

Термо-режим, °С	п, экз.	Дли-тельность опыта, сут	Средняя масса, г		C _w , % г/сут	Суточный прирост, г/сут	Суточный Р/В коэффициент
			начальная (M ± m)	конечная (M ± m)			
22~26	8	8	4,05±0,02	6,82±0,08*	6,5	0,35	0,064
24	8	8	4,06±0,02	6,06±0,1	5,0	0,25	0,049
22~26	8	8	4,12±0,04	5,37±0,12*	3,3	0,16	0,034
24	8	8	4,0±0,02	4,9±0,1	2,5	0,11	0,025
22~26	6	9	4,95±0,02	7,73±0,13*	4,9	0,31	0,049
24	6	9	4,02±0,01	5,62±0,1	3,7	0,18	0,037
20~28	10	19	0,7±0,02	4,44±0,38*	9,7	0,19	0,074
24	10	19	0,7±0,02	3,68±0,21	8,7	0,15	0,068
20~28	10	6	0,8±0,03	1,40±0,08*	9,3	0,10	0,091
24	10	6	0,8±0,03	1,23±0,1	7,1	0,07	0,069
20~28	10	6	1,44±0,02	4,04±0,03**	7,2	0,43	0,157
24	10	6	1,40±0,02	3,61±0,02	5,8	0,37	0,147
20~28	10	6	1,41±0,02	4,08±0,03**	17,7	0,44	0,160
24	10	6	1,43±0,01	3,73±0,02	15,7	0,38	0,147
20~28	10	6	1,40±0,02	4,11±0,06*	17,9	0,45	0,163
24	10	6	1,43±0,04	3,63±0,08	15,6	0,37	0,146
20~28	10	5	1,88±0,16	3,18±0,23**	10,5	0,26	0,103
24	10	5	1,88±0,16	2,78±0,35	7,8	0,18	0,077

* $p < 0,05$.

** $p < 0,01$.

Табл. 2 содержит данные об интенсивности дыхания и эффективности использования пищи стерлядью на рост в испытанных терморегимежах. Видно, что в условиях термоградиентного поля у рыб достоверно ниже интенсивность дыхания, наблюдается заметное снижение расхода кислорода на прирост единицы массы и кормового коэффициента. Интенсивность дыхания молоди стерляди, рассчитанная для совокупности данных, приведенных в табл. 2, в термоградиентных лотках и при 24 °С составляла в среднем соответственно 0,837 и 0,937 мг O₂/г·ч ($p < 0,01$), в среднем расход кислорода на прирост единицы массы тела -0,258 и 0,364 г ($p < 0,05$). Значения среднего кормового коэффициента – 3,1 и 4,2 ($p < 0,01$). В условиях термоградиента рыбы потребили за время опытов корма в среднем в 1,02 раза ($p > 0,05$) больше, чем при 24 °С, тогда как суммарный

прирост массы их тела превышал наблюдаемый при оптимальной для роста постоянной температуре в среднем в 1,29 раза ($p < 0,01$).

Таблица 2

Некоторые показатели энергетики и эффективности использования пищи на рост молодью стерляди в термоградиентном лотке и при оптимальной для роста постоянной температуре

Термо-режим, °С	Интенсивность дыхания, мгО ₂ /г·ч (M ± m)	Потреблено О ₂ за время опыта, г	Расход О ₂ на прирост 1 г массы тела, г	Потреблено корма за опыт, г	Суммарный прирост, г	Кормовой коэффициент
<u>22-26</u>	<u>0,95±0,01*</u>	<u>7,930</u>	<u>0,357</u>	<u>104,0</u>	<u>22,2</u>	<u>4,7</u>
24	1,0±0,02	7,795	0,487	97,0	16,0	6,1
<u>22-26</u>	<u>0,73±0,02**</u>	<u>5,306</u>	<u>0,531</u>	<u>45,0</u>	<u>10,0</u>	<u>4,5</u>
24	0,91±0,04	6,220	0,864	43,0	7,2	6,0
<u>22-26</u>	<u>0,95±0,02*</u>	<u>7,805</u>	<u>0,468</u>	<u>52,0</u>	<u>16,68</u>	<u>3,1</u>
24	1,0±0,03	6,078	0,633	52,0	9,6	5,4
<u>20-28</u>	<u>0,688±0,02**</u>	<u>8,063</u>	<u>0,215</u>	<u>112,0</u>	<u>37,4</u>	<u>3,0</u>
24	0,803±0,03	8,019	0,269	105,5	29,8	3,5
<u>20-28</u>	<u>0,635±0,01**</u>	<u>1,006</u>	<u>0,168</u>	<u>21,0</u>	<u>6,0</u>	<u>3,5</u>
24	0,808±0,05	1,181	0,275	22,5	4,3	5,2
<u>20-28</u>	<u>1,085±0,02*</u>	<u>4,281</u>	<u>0,164</u>	<u>55,9</u>	<u>26,0</u>	<u>2,1</u>
24	1,185± 0,01	4,274	0,193	63,8	22,1	2,9
<u>20-28</u>	<u>0,935± 0,03*</u>	<u>3,698</u>	<u>0,138</u>	<u>54,8</u>	<u>26,75</u>	<u>2,0</u>
24	0,996± 0,14	3,700	0,161	59,0	22,98	2,6
<u>20-28</u>	<u>0,924± 0,03</u>	<u>3,668</u>	<u>0,135</u>	<u>54,6</u>	<u>27,05</u>	<u>2,0</u>
24	0,931± 0,15	3,407	0,153	49,5	22,17	2,2
<u>20-28</u>	<u>0,636±0,03**</u>	<u>1,931</u>	<u>0,148</u>	<u>40,0</u>	<u>13,0</u>	<u>3,1</u>
24	0,798±0,15	2,231	0,248	35,0	9,0	3,9

* $p < 0,05$.

** $p < 0,01$.

Как было показано ранее (Константинов, Зданович, Шолохов, 1991), в условиях термоградиентного поля ускорение роста выращиваемой молоди рыб отмечено улучшением физиологического состояния. Например, молодь русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii*, выращенная в термоградиентном лотке (диапазон температур – 19-29 °С), имела большую скорость роста и лучшее физиологическое состояние в сравнении с молодью, взятой в любом постоянном терморегиме (19, 21, 23, 25, 27, 29 °С). В термоградиентных условиях скорость роста и среднесуточный прирост молоди осетра были выше соответственно в 1,30 и 2,59 раза ($p < 0,001$), чем при 25 °С, оптимальной для роста постоянной температуре. Молодь русского осетра, выращенная в термоградиентном лотке, оказалась устойчивее к такому набору факторов, как высокая температура, дефицит кислорода, повышенная соленость; она отличалась большей концентрацией

гемоглобина в крови и сниженной по сравнению с особями рыб, содержащимися при постоянных температурах, смертностью.

В настоящее время выращиванием посадочного материала осетровых в России занимается около 40 рыбоводных хозяйств. При этом отмечается низкая выживаемость, от икры до посадочного материала составляющая 0,5-15 %. Причинами высокой смертности выращиваемой и выпускаемой молоди осетровых часто называют плохое физиологическое состояние рыб, экологическую неадекватность условий заводского выращивания, низкий весовой стандарт (2-3 г) посадочного материала (Кривцов, 2002).

Наилучшие показатели темпа роста, энергетики, эффективности конвертирования пищи у молоди осетровых рыб в термоградиентном пространстве подтверждают, что ростовые потенции выращиваемой молоди наилучшим образом реализуются не при постоянных температурах, а в условиях температурного разнообразия, когда рыбы, перемещаясь в нем, сами создают себе наиболее благоприятный терморезим, способствующий оптимизации метаболизма и нормальному функционированию всех систем организма. Полученные в настоящем исследовании результаты показывают перспективность использования при выращивании молоди осетровых рыб в индустриальных условиях термоградиентных лотков. «Лоточный» подход позволит экологически разнообразить среду и существенно повысить темпы роста рыб и продукционные показатели.

Список использованной литературы

Волосников, Г.И. Обзор данных по биологии стерляди *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758 / Г.И. Волосников // Вестник АГТУ. – 2017. – №2. – С.67-70.

Гершанович, А.Д. Экология и физиология молоди осетровых / А.Д. Гершанович, В.А. Пегасов, М.И. Шатуновский. – М.: Агропромиздат, 1987. – 215 с.

Голованов, В.К. Температурные критерии жизнедеятельности пресноводных рыб / В.К. Голованов. – М.: Полиграф-плюс, 2013. – 300 с.

Зданович, В.В. Некоторые особенности роста молоди мозамбикской тилапии *Oreochromis mossambicus* при постоянных и переменных температурах / В.В. Зданович // Вопросы ихтиологии. – 1999. – Т.39, № 1. – С.105-110.

Кляшторин, Л.Б. Установка для автоматического измерения дыхания рыб и других гидробионтов при заданных температурных и кислородных условиях / Л.Б. Кляшторин, Р.Ф. Саликзянов // Вопросы ихтиологии. – 1979. – Т.19, №3. – С.558-561.

Константинов, А.С. Некоторые характеристики поведения молоди рыб в термоградиентном поле / А.С. Константинов, В.В. Зданович // Вестник МГУ, серия 16 : биология. – 1993. – №1. – С.32-38.

Константинов, А.С. Астатичность температурных условий как фактор оптимизации роста, энергетики и физиологического состояния рыб / А.С. Константинов, В.В. Зданович, А.М. Шолохов // Вестник МГУ. – 1991. – № 2. – С.38-44.

Кривцов, В.Ф. Повышение выживаемости молоди осетровых рыб на первых этапах онтогенеза / В.Ф. Кривцов // ВНИЭРХ: Пресноводная аквакультура. – 2002. – № 1. – С.3-20.

Макаров, Э.В.. Пути развития осетрового хозяйства в бассейне Азовского моря / Э.В. Макаров, Л.Г. Баландина // Воспроизводство рыбных запасов. – 2000. – С. 49-57.

Редкие и исчезающие животные. Рыбы / Д. С. Павлов, Л. И. Соколов, К. А. Савваитова [и др.]; под ред. В. Е. Соколова. – М.: Высшая школа, 1994. – 332 с.

Смирнов, А.К. Избираемая температура молоди стерляди *Acipenser ruthenus* L. / А.К. Смирнов // Биологические ресурсы Белого моря, водоемов Европейского Севера: материалы XXVIII Международной конференции. – Петрозаводск: КарНЦ РАН. – 2009. – С. 511-514.

Термоизбирание и термоустойчивость молоди стерляди *Acipenser ruthenus* L., выращенной в различных условиях / В.К. Голованов, Ю.В. Герасимов, Д.С. Капшай [и др.] // Вестник АГТУ, серия «Рыбное хозяйство». – 2014. – №1. – С.62-68.

Ходоревская, Р.П. Поведение, миграции, распределение и запасы осетровых рыб Волго-Каспийского бассейна / Р.П. Ходоревская, Г.И. Рубан, Д.С. Павлов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. – 242 с.

Чемагин, А.А. Обзор некоторых аспектов экологии стерляди (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) / А.А. Чемагин // Вестник АГТУ. – 2018. – № 2. – С.115-119.

Billard, R. Biology and conservation of sturgeon and paddlefish / R. Billard, G. Lecointre // Reviews in Fish Biology and Fisheries. – 2000. – Vol.10, № 4. – P.355-392.

Bronzi, P. Global sturgeon aquaculture production: an overview / P. Bronzi, H. Rosenthal, J. Gessner // Journal of Applied Ichthyology, 2011. – Vol. 27. – P. 169-175.

Hochleithner, M. The sturgeons and paddlefishes (Acipenseriformes) of the world: Biology and Aquaculture (3rd Edition) / M. Hochleithner, J. Gessner. – Kitzbühel: AquaTech Publications, 2012. – 248 p.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РОСТА ТРИПЛОИДОВ ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ *CRASSOSTREA GIGAS* (THUNBERG, 1792) ПРИ АККЛИМАТИЗАЦИИ В ЧЕРНОМ МОРЕ

А.П. Золотницкий, В.В. Михайлов

*Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),
г. Ростов-на-Дону*

В настоящее время одно из важнейших направлений исследований рыбохозяйственной науки Азово-Черноморского бассейна напрямую связано с марикультурой моллюсков (конхиокультурой), составной частью которой является акклиматизация этих гидробионтов. Из наиболее перспективных видов для интродукции в Черном море – тихоокеанская устрица (*Crassostrea gigas*, Thunberg), важнейший объект культивирования в различных странах мира (Орленко, 1994; Quayle, 1988).

На основе биологического обоснования, подготовленного в ТИНРО (Раков, 1978), в 1980-х годах началась трансплантация партий диплоидов этого вида в Черное море для разработки биологических основ его воспроизводства. В результате проведенных работ созданы методы получения личинок и спата в искусственных условиях и выращивания тихоокеанских устриц в различных районах Черного моря (Хребтова, Моница, 1985; Орленко, Золотницкий, Спекторова, 1990). В это же время на основе генетических исследований впервые были созданы триплоидные ($3n$) особи тихоокеанской устрицы (Allen, Downing, 1986), которые, в отличие от диплоидных ($2n$), характеризовались лучшими морфофизиологическими показателями среди используемых в марикультуре моллюсков (Nell, 2002; Allen, Downing, 1986).

В 2007-2008 гг. работы по культивированию триплоидных устриц были начаты у побережья Крыма в Черном море. Однако их результаты были неоднозначны: в одних опытах при выращивании триплоидов были получены более высокие размерно-массовые показатели устриц, чем у диплоидов этого вида (Вялова, 2009; 2019), в других исследованиях каких-либо существенных изменений между ними не отмечено (Vialova, 2020).

Цель данной работы – изучение некоторых морфологических нюансов относительного (аллометрического) роста триплоидных моллюсков (длины, высоты, выпуклости, связь высоты с общей массой моллюска) по сравнению с диплоидными особями тихоокеанской устрицы в северо-восточной части Черного моря. Материалом для исследования являлись триплоидные ($3n$) моллюски, полученные способом гибридизации между диплоидами ($2n$) и

тетраплоидами (4n) в устричном питомнике Франции (залив Марлен-Олерон). После оседания личинок на субстрат и достижения высоты 10 мм (Т₁₀) их трансплантировали в Черное море, где выращивали в садках с мая по октябрь 2019 г. у побережья Северного Кавказа (Краснодарский край, ООО «Южная цитадель»). Пробы, собранные в конце цикла выращивания, подвергали биологическому анализу. Основным показателем линейного роста устриц являлась высота (Н, мм) – расстояние от замка до конца брюшного края, варьирующее в пределах 12-90 мм. Кроме того, определяли длину (L, мм) и толщину (выпуклость или ширину – D, мм) раковины моллюсков, а также их общую индивидуальную массу (W, г), которая изменялась от 0,05 до 52,1 г. Для сравнительного морфологического анализа роста триплоидов использовались данные по аллометрическому росту диплоидных особей (2n) этого вида, полученные в этом же районе в 2017 и 2018 г. Анализ проведен на 67 экз. моллюсков высотой 12,6-102 мм, индивидуальной массой от 0,9 до 108,3 г. Изучались те же характеристики, что и на триплоидных особях.

Связь между измеряемыми показателями тела и высотой целого моллюска, а также между высотой и массой аппроксимировали степенной функцией (Зайка, 1985): $Y = a \cdot X^b$, где X и Y – соответственно независимая и зависимая переменная, a и b – параметры уравнения. Статистическую обработку данных (среднее арифметическое, стандартное отклонение и т.д.) осуществляли общепринятыми методами (Лакин, 1990), а также с помощью компьютерного пакета «Microsoft Origin-8.5» и электронных таблиц «Excel-2010». Полученные зависимости считались значимыми, если коэффициенты регрессии (b) сравниваемых уравнений достоверно ($P \geq 0,95$) различались между собой.

Исследование связи длины (L_T) с высотой (H) раковины у триплоидных устриц показало, что она описывалась степенной функцией:

$$L_T = 6,08 \cdot H^{0.42 \pm 0.039}, n = 81, R^2 = 0,782. \quad (1)$$

В то же время материалы, полученные на диплоидных особях, показали, что зависимость длины (L_D) от высоты (H) аппроксимируется уравнением, заметно отличающимся от триплоидов:

$$L_D = 3,92 \cdot H^{0.59 \pm 0.042}, n = 67, R^2 = 0,841. \quad (2)$$

Разделив уравнение (1) на (2) получаем следующую связь:

$$L_T/L_D = 1.55 \cdot H^{-0.17}, n = 67. \quad (3)$$

Поскольку коэффициент регрессии в этом уравнении имеет отрицательное значение (-0,17), то очевидно, что с увеличением высоты (H) моллюсков их относительная длина (L_T/L_D) снижается.

Кроме этого, была изучена зависимость выпуклости (толщины – D_T) от высоты раковины (H) триплоидов, которая описывалась аналогичным уравнением степенной функции:

$$D_T = 0,744 \cdot H^{0,79 \pm 0,032}, R^2 = 0,821. \quad (4)$$

В то же время у диплоидов это же уравнение имело иные значения коэффициентов:

$$D_D = 1,16 \cdot H^{0,65 \pm 0,050}, n = 67, R^2 = 0,733. \quad (5)$$

Из уравнений (4) и (5) видно, что коэффициент регрессии b у триплоидов был достоверно выше ($P \geq 0,95$), чем у диплоидных устриц. Анализ этих уравнений показывает, что удельная скорость роста толщины устриц хотя и незначительно (+0,14), но возрастала. Вероятно, этот процесс у триплоидов проходил из-за увеличения внутреннего объема раковин, связанного с развитием и ростом массы мягкой ткани (соматической и части генеративной) моллюсков; также это могло быть обусловлено возрастным утолщением створок моллюсков – как следствие индивидуального развития, которое и приводило к общему увеличению толщины устриц.

Одновременно с анализом линейных размеров были изучены размерно-массовые соотношения у тихоокеанских устриц. Статистическая обработка имеющихся данных показала, что связь высоты (H) с общей массой (W) в популяции этого вида описывалась уравнением параболы:

$$W = 3 \cdot 10^{-4} \cdot H^{2,80 \pm 0,066}, n = 81, R^2 = 0,927. \quad (6)$$

В то же время у диплоидов коэффициенты a и b соответственно составляли $1,2 \cdot 10^{-3}$ и $2,47 \pm 0,043$, $n = 67$, $R^2 = 0,941$. (7)

Сравнение значений коэффициентов b в уравнениях (5) и (6) указывает, что у триплоидов значение коэффициента регрессии было достоверно выше ($P \geq 0,95$), чем у диплоидных устриц. По-видимому, это обусловлено тем, что у триплоидов тихоокеанской устрицы происходило уменьшение длины (L_T), но заметно возрастала удельная скорость роста высоты (H) и выпуклости (D) раковины моллюска, что в конечном итоге может привести к увеличению общей массы моллюска (W).

Наши материалы довольно близки к данным, полученным другими исследователями (Nell, 2002; Wadsworth, Wilson, William, 2019); указывают на заметные изменения морфологии раковин триплоидных особей устрицы при ее выращивании в Черном море.

Список использованной литературы

Вялова, О.Ю. Первые результаты выращивания триплоидной тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* в Черном море (Южный берег Крыма) / О.Ю. Вялова // Экология моря. – 2009. – Вып. 79. – С. 37-43.

Вялова, О.Ю. Рост и сроки получения товарной триплоидной устрицы в лимане Донузлав (Черное море, Крым) / О.Ю. Вялова // Морской биологический журнал. – 2019. – Т. 4, № 1. – С. 24–32.

Заика, В.Е. Балансовая теория роста животных / В. Е. Заика. – Киев : Наукова думка, 1985. – 192 с.

Лакин, Г. Ф. Биометрия : [учебное пособие для биологических специальностей вузов] / Г. Ф. Лакин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1990. – 351 с.

Орленко, А.Н. Гигантская устрица *Crassostrea gigas* (Bivalvia, Mytiliformes, Grassostreidae) как объект акклиматизации и основные этапы ее трансплантации в Черное море / А.Н. Орленко // Зоологический журнал. – 1994. – Вып. 1. – С. 51-54.

Орленко, А. Н. Получение спата японской устрицы в Черном море / А.Н. Орленко, А.П. Золотницкий, Л.В. Спекторова // Рыбное хозяйство. – 1990. – № 3. – С. 60-62.

Раков, В. А. Биологическое обоснование акклиматизации устрицы тихоокеанской в Черном море / В.А. Раков // Владивосток: ТИНРО. – 1978. – 58 с.

Хребтова, Т.В. Культивирование черноморской и акклиматизация тихоокеанской устриц в Черном море / Т.В. Хребтова, О.Б. Моница // Биол. основы аквакультуры в морях Европейской части СССР. – М.: Наука, 1985. – С.180-188.

Allen, S. K. Performance of triploid Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg). I. Survival, growth, glycogen content and sexual maturation in yearlings / S.K. Allen, S.L. Downing // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. – 1986. – Vol. 102. – P. 197–208.

Nell, J. A. Farming triploid oysters / J.A. Nell // Aquaculture. – 2002. – Vol. 210. – P. 69-88.

Quayle, D. B. Pacific oyster culture in British Columbia / D. B. Quayle // Canadian bulletin of fisheries and aquatic science. – 1988. – Vol. 218. – 241 p.

Vialova, O. Y. Comparative morphological analysis of diploid and triploid oysters, *Crassostrea gigas*, farmed in the Black Sea / O. Y. Vialova // Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences (TÜBİTAK). – 2020. – Vol. 44. – P. 740-746.

Wadsworth, P., Wilson, A.E., William C.W. A meta-analysis of growth rate in diploid and triploid oysters // P. Wadsworth, A.E. Wilson, C.W. William // Aquaculture. – 2019. – Vol. 499. – P. 9-16.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АБСОЛЮТНОЙ ПЛОДОВИТОСТИ ЛЕЩА КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2019 И 2021 гг.

С.Н. Казаринов¹, П.Б. Михеев^{2,3}, И.Н. Мерзляков¹, Л.В. Комарова^{1,2}

¹Пермский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПермНИРО»), г. Пермь

²Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ), г. Пермь

³Хабаровский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ХабаровскВНИРО»), г. Хабаровск

Введение

Плодовитость – один из важнейших показателей, определяющих численность пополнения рыб. Лещ является первостепенным объектом промысла пресных вод, плодовитость которого описана для различных частей ареала (Левашина, Иванов, 2018; Adámek, Andreji, Henshaw, 2004), при этом для Камского водохранилища, где его следует считать ключевым объектом промысла, ретроспективные данные о плодовитости представлены в единичных работах (Пушкин, 1988, Костицын, 1994; Современное состояние ихтиофауны..., 2007). Результаты подробного опубликованного исследования относятся к периоду 1989-1990 гг. (Костицын, 1994), в прочих работах сведения о плодовитости леща Камского водохранилища ограничены незначительным размером выборки и представлены в виде максимальных и минимальных значений диапазона длины, массы, абсолютной и относительной плодовитости.

Актуальность настоящей работы обусловлена как значительным временным промежутком с момента последних исследований плодовитости леща Камского водохранилища, составляющим более 30 лет, так и наблюдающимися за последние десятилетия климатическими изменениями, которые могут влиять на условия нагула рыб в водоеме, и как следствие на плодовитость рыб.

Цель работы – определить возраст полового созревания, возрастную и половую структуру нерестового стада, показатели индивидуальной плодовитости леща Камского водохранилища на современном этапе развития его экосистемы, оценить возможное влияние факторов внешней среды (температурного и уровня режима) на плодовитость вида. Также впервые для бассейна Средней Камы нами была рассмотрена зависимость плодовитости вида от факторов внешней среды.

Материалы и методика исследования

Камское водохранилище – конечное в каскаде водохранилищ р. Камы. Протяженность главного Камского плеса по средней линии водохранилища составляет 394 км, Сылвенско-Чусовского краевого плеса – 239,9 км. Наибольшая ширина водоема – 14 км, средняя ширина – 2,6 км. Площадь водоема при нормальном подпорном уровне (НПУ) 108,5 м, средняя глубина – 6,6 м, максимальная – 28,9 м. Значительная протяженность Камского водохранилища, а также различия его районов по значениям основных морфометрических показателей и гидрографических особенностей морфологии ложа (Михалев Мацкевич, 2010) обуславливают разные условия нагула рыб. Спецификой Камского водохранилища является высокая сработка уровня воды в осенне-зимний период, достигающая 7-8 м. Снижение уровня водоема до 101 м. БСВ ведет к значительному осушению площади водоема – с 1754,1 до 603,1 км², при этом площадь акватории в верхнем районе (зона выклинивания подпора) уменьшается в 10 раз, в центральном и нижнем районах – в 3 раза (Михалев, Мацкевич, 2010). Глубокая сработка уровня в условиях Камского водохранилища приводит к значительным вынужденным перемещениям рыб в водоеме.

Сбор материала для анализа возрастного и полового состава нерестового стада леща осуществлялся в центральном районе Камского плеса Камского водохранилища в 2016-2019 и 2021 гг. Материал для исследования плодовитости был собран в преднерестовой период в мае 2019 и 2021 гг. также в центральном районе Камского плеса (рис. 1). Границы района сбора материала соответствуют принятой гидролого-морфометрической схеме (Михалев, Мацкевич, 2010).

Биологический анализ рыбы проводили по общепринятым методикам (Чугунова, 1959). В 2019 г. было обследовано 99 самок леща, в 2021 г. – 122 самки. Все рыбы находились на IV стадии зрелости гонад.

Определение абсолютной плодовитости (АП) проводили по количеству икринок в навеске, взвешенной с точностью до 0,01 г, с последующим пересчетом на всю массу яичников, взвешенную с точностью до 0,1 г (Никольский, 1974; Спановская, Григораш, 1976).

Статистическую обработку данных выполняли по стандартным методикам (Ивантер, Коросов, 2011) с использованием пакетов статистического анализа R (Core Team, 2021). Использовали стандартный уровень значимости $p=0,05$.

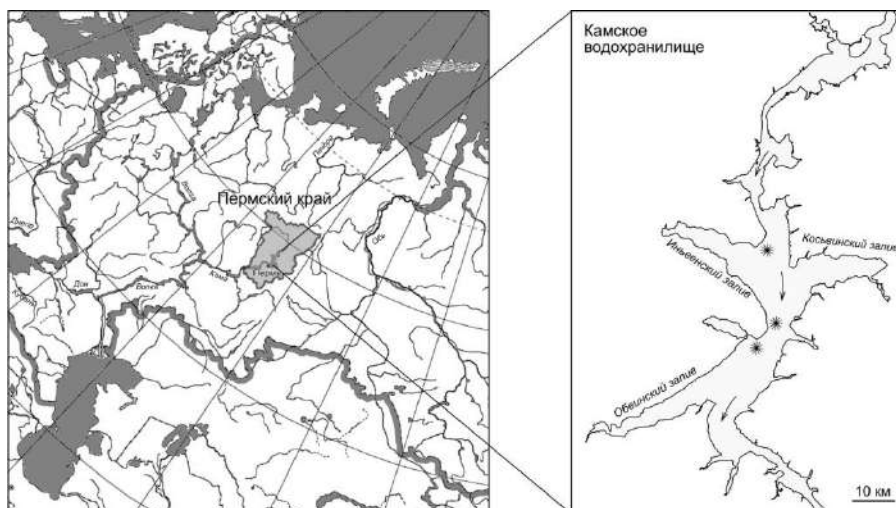


Рис. 1. Места сбора ихтиологического материала на Камском водохранилище в 2016-2021 гг. (обозначены точками)

Результаты исследования и обсуждение

Возрастная и половая структура нерестового стада леща Камского водохранилища за период 2016-2021 гг. представлена 7-22-годовалыми особями. Половое созревания самцов наступает в 7-летнем возрасте, минимальная длина половозрелого самца на нерестилищах составляла 245 мм, масса 300 г. Первые половозрелые самки появляются в 8-летнем возрасте. Массовое половое созревание самок леща приурочено к 11-12-летнему возрасту при длине рыб 310-330 мм. Рыбы этих размерных групп составляют основу нерестового стада. В нерестовых скоплениях леща самцы численно преобладают над самками. Соотношение самцов и самок в нерестовом стаде за годы наблюдений составляло в среднем 1,6:1. Преобладание самцов над самками в нерестовом стаде леща наблюдается и для популяций леща в других водоемах (Володин, 1982; Левашина, Иванова, 2018; Reproductive biology of..., 2017). Вне периода размножения соотношение полов в водоеме близко к теоретическому, составляющему 1:1 (Костицын, 1994; Reproductive biology of..., 2017). Указанная диспропорция в соотношении полов в нерестовый период может быть связана как с более ранними сроками полового созревания самцов, так и с неравномерным подходом производителей на нерест.

Плодовитость. Показатели АП леща Камского водохранилища в 2019 г. колеблются в интервале от 27533 до 181936 икринок, составляя в среднем 81964 шт. Минимальная АП отмечена у 8-годовалой самки леща длиной 274 мм и массой 470 г, максимальная – у 16-годовалой особи, имеющей длину 400 мм и массу 1408 г.

В 2021 г. АП варьировала от 22410 до 125732 икринок, составляя в среднем 61595 шт. Минимальная АП отмечена у 8-годовалой самки леща длиной 275 мм и массой 419 г, максимальная – у особи длиной 380 мм и массой 1082 г.

Значения АП в 2019 г. превышали таковые в 2021 г. (рис. 2). Значимая разница при сравнении непараметрическим критерием двух независимых выборок Манна-Уитни (при $p=0,05$) была выявлена для всех возрастов, за исключением 12- и 15-годовалых рыб.

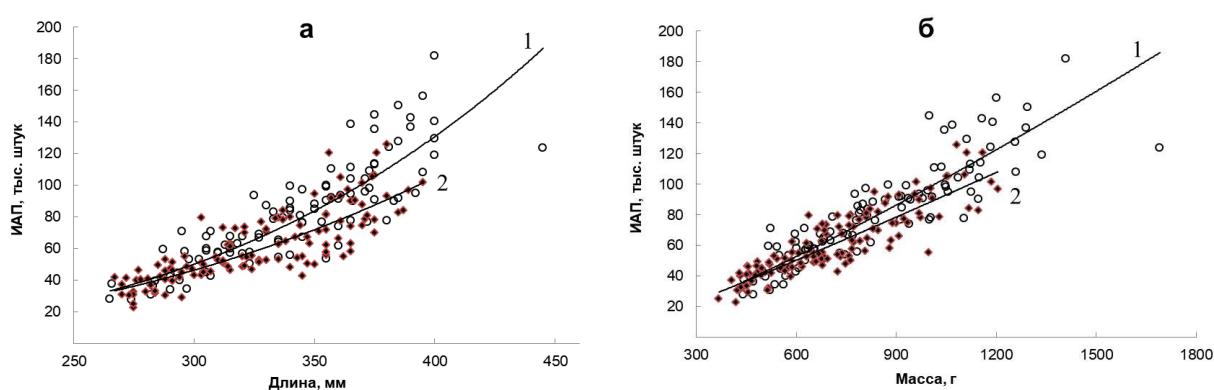


Рис. 2. Зависимость индивидуальной абсолютной плодовитости леща Камского водохранилища от длины (а) и массы (б) в 2019 г. (1) и 2021 г. (2)

Изменения показателей плодовитости леща, связанные в том числе с изменением условий обитания, выявлены и для других водоемов (Володин, 1982; Левашина, Иванов, 2018). Как известно, величина плодовитости рыб напрямую зависит от условий нагула в год, предшествующий нересту (Никольский, 1974). Основными абиотическими факторами, влияющими на условия нагула в условиях водохранилищ, являются температурный и уровень режим водоема. Рассматривая эти факторы, можно отметить, что среднемесячные температуры в летний период 2018 и 2020 гг. в целом не имели отличий (рис. 3).

Водный режим Камского водохранилища в летний период 2020 г. характеризовался значительной сработкой уровня водоема относительно 2018 г. (рис. 4), что, по-видимому, привело к массовым миграциям бентосоядных рыб в водоеме.

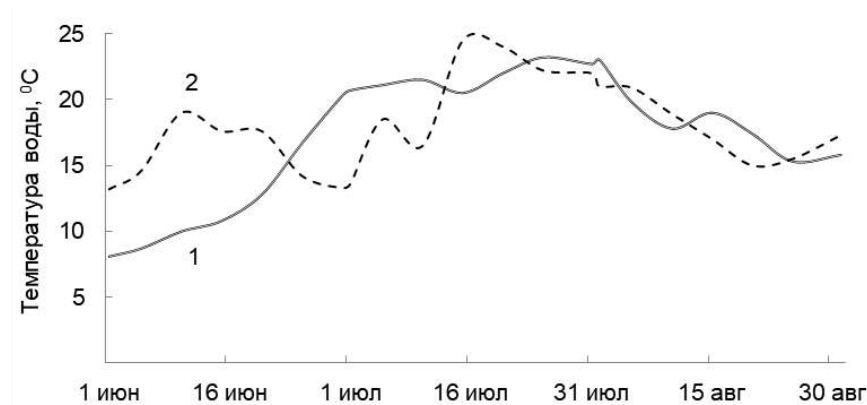


Рис. 3. Динамика температуры воды в летний период 2018 г. (1) и 2020 г. (2) на Камском водохранилище в районе г. Березники (по данным сводки Пермского ЦГМС)

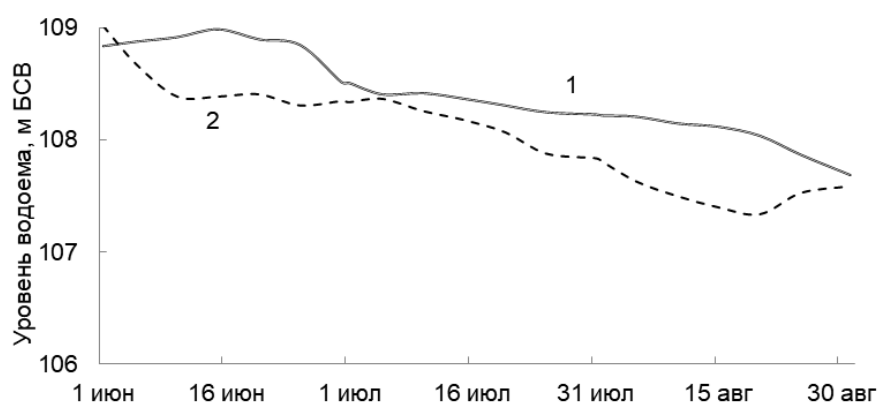


Рис. 4. Ход уровня воды в летний период в 2018 г. (1) и 2020 г. (2) в верхнем районе (гидропост г. Березники) Камского водохранилища (по данным сводки Пермского ЦГМС)

Мы предполагаем, что вынужденные миграции локальных стад леща из верхнего района водохранилища на нижележащие участки привели к обострению конкуренции за пищевые ресурсы и ухудшили условия нагула рыб. Следствием этого явилось снижение показателей индивидуальной плодовитости леща в 2021 г. Результаты, близкие к нашим, были получены для некоторых представителей ихтиофауны р. Оби, где было выявлено отрицательное влияние снижения уровня режима водоема на темп роста и плодовитость рыб (Москаленко, 1956).

Список использованной литературы

Володин, В.М. Плодовитость леща *Abramis brama* (L) (Cyprinidae) Рыбинского водохранилища / В.М. Володин // Вопросы Ихтиологии. – 1982. – Т. 2, вып. 2. – С. 246-252.

Ивантер, Э.В. Введение в количественную биологию / Э.В. Ивантер, А.В. Коросов. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011. – 302 с.

Костицын, В.Г. Динамика популяционных параметров леща (*Abramis brama*, L.) Камских водохранилищ: автореф. дис. канд. биол. наук: В.Г. Костицын. – СПб. – 1994. – 81 с.

Левашина, Н.В. Плодовитость леща *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) дельты Волги / Н.В. Левашина, В.П. Иванов // Вестник Астраханского государственного технического университета. – Серия: Рыбное хозяйство. – 2018. – № 2. – С. 49-61.

Михалев, В.В. Современная морфометрия Камского водохранилища / В.В. Михалев, И.К. Мацкевич. – Водное хозяйство России. – 2010. – № 3. – С.4-18.

Москаленко, Б. К. Влияние многолетних колебаний уровня реки Оби на рост, плодовитость и размножение некоторых рыб / Б.К. Москаленко. – Зоологический журнал. – 1956. – Т. 35, вып. 5. – С. 746-752.

Никольский, Г.В. Теория динамики стада рыб / Г.В. Никольский. – М.: Пищевая пром-сть, 1974.

Пушкин, Ю.А. Обзор исследований по плодовитости рыб бассейна р. Камы / Ю.А. Пушкин. – ГосНИОРХ, Пермь. – 1988. – Вып. 281. – С.18-35.

Современное состояние ихтиофауны Камского и Воткинского водохранилищ и особенности ее промысловой эксплуатации / А.Г. Мельникова, В.Г. Костицын, В.П. Коняев [и др.] // Современное состояние, проблемы охраны и рационального использования биоресурсов пресноводных водоемов. – СПб., 2007. – Т. 4. – С. 3-37.

Спановская, В.Д. К методике определения плодовитости единовременно и порционно икромечущих рыб // В.Д. Спановская, В.А. Григораш // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. – Вильнюс: Москлас, 1976. – Ч. 2. – С. 54-62.

Чугунова, Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб / Н.И. Чугунова. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 164 с.

Adámek, Z.A. Stripping Fecundity of Common Bream (*Abramis brama* L.) from the Rivers Trent and Sow (Nottinghamshire, UK) / Z. Adámek, J. Andreji, A. Henshaw. – DOI 10.1023/B:AQUI.0000017187.04566.99 // Aquaculture International 12. – 133-137 (2004).

Core Team. <https://www.r-project.org/>.

Reproductive biology of bream *Abramis brama* (L.) in the lower reaches of the Irtysh River / Zhang Zhiming, LIU Chengjie, DING Huiping, XIE Peng, MA Xufa, GUO Yan, XIE Congxin. – China. – Chinese Journal of Oceanology and Limnology. – 2017. – С. 1471-1481.

ПОЛУЧЕНИЕ ЛИЧИНОК ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ *CRASSOSTREA GIGAS* ЗАВОДСКИМ СПОСОБОМ В ЮЖНОМ ПРИМОРЬЕ

М.В. Калинина, А.С. Табельская

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток

Прибрежье южного Приморья является местом естественного обитания тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) – коммерчески ценного моллюска и объекта марикультуры во многих странах. Благодаря наличию природных скоплений, культивирование устрицы в Приморье преимущественно основывается на экстенсивных технологиях, когда получение посадочного материала (спата) осуществляется коллекторным способом в естественных условиях (Технологическая инструкция по..., 2018). Однако стабильный сбор спата устрицы в природе возможен лишь в ограниченных районах побережья западной части залива Петра Великого, что создает сложности при организации хозяйственной деятельности предприятий, занимающихся устрицеводством, и снижает их экономическую эффективность (Гаврилова, 2017). Наиболее перспективным путем решения этой проблемы является культивирование молоди устрицы заводским способом в контролируемых условиях, это позволяет избегать многих рисков, связанных с обитанием в природе.

Биотехнология заводского получения и выращивания личинок тихоокеанской устрицы, адаптированная к условиям южного Приморья, была разработана на базе обособленного подразделения марикультуры ТИНРО на о-ве Попова (залив Петра Великого, Японское море). Исследования, связанные с разработкой биотехнологической схемы получения молоди и научно обоснованных нормативов культивирования тихоокеанской устрицы для модельных питомников мощностью 1 млн посадочного материала в год, проводились с 2019 по 2022 г. При проведении этих работ нами учитывался отечественный и зарубежный опыт устрицеводства (Пиркова, Холодов, Ладыгина, 2013; Пиркова, Ладыгина, Холодов, 2020; Helm, Bourne, Lovatelli, 2004; Choi, 2008; Wallace, Waters, Rikard, 2008 и др.).

Биотехнология получения личинок устрицы в южном Приморье включает в себя следующие этапы:

- 1 – адаптация и кондиционирование производителей;
- 2 – стимуляция нереста и проведение оплодотворения;
- 3 – выращивание эмбрионов и личинок до стадии оседания.

Производителей и личинок содержат в поступающей на завод из подводного водозабора морской воде соленостью 32-34, которая проходит через ступенчатую систему очистки (различные фильтры и обработка ультрафиолетом). Непосредственно в выростные емкости вода поступает через тканевые фильтровальные мешки с диаметром пор 1 мкм. Для выращивания личинок и молоди используют стационарные непроточные прямоугольные емкости с рабочим объемом воды 3-7 м³, оборудованные нижним сливом. Регуляцию температуры воды в системе выращивания осуществляют с помощью нагревателей-охладителей, аэрирование воды – с помощью системы погружных диффузных аэраторов, освещенность и продолжительность светового периода – с помощью светодиодных ламп. Кормят личинок живыми культурами микроводорослей *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros muelleri* и *Phaeodactylum tricornutum*, производителей – живыми микроводорослями и свежими концентратами этих же видов.

В качестве производителей используют разноразмерных устриц из стабильных естественных скоплений в заливе Петра Великого, относящихся к основной репродуктивной группе (Соколенко, Калинина, 2018). Моллюсков в течение нескольких дней адаптируют к заводским условиям при температуре ниже нерестовых значений (14-15 °С). У части моллюсков (не менее 10 экз.) проводят полный биологический анализ с определением размерно-массовых характеристик, пола и стадии зрелости гонад. В зависимости от стадии зрелости половых желез принимается решение об условиях их содержания и сроках искусственного нереста. Если устриц доставляют на завод в преднерестовом состоянии с полностью созревшими гонадами, то этап кондиционирования не осуществляется.

Для нереста отбирают 30-50 моллюсков (необходимо, чтобы в нересте участвовало не менее 10 самок и 10 самцов), которых тщательно очищают от организмов-обрастателей. Стимуляция нереста у производителей проходит с помощью поэтапного повышения температуры выше нерестовых значений: моллюсков выдерживают в воде при температуре 17-18, затем 21-22 и 25-26 °С. Начавших нереститься моллюсков по одному рассаживают в емкости с фильтрованной морской водой. Выметанные яйцеклетки и спермии используют для оплодотворения через 90 мин после начала нереста самок путем смешивания концентрата яйцеклеток и суспензии сперматозоидов (слабо опалесцирующий раствор) в соотношении: 1 л яйцеклеток к 2-5 мл сперматозоидов. Через 15 мин после оплодотворения гамет яйцеклетки отмывают от избытка сперматозоидов.

В ходе выращивания контролируют развитие, рост эмбрионов и личинок, определяют плотность распределения и подсчитывают их количество в выростных емкостях. Эмбриональные и личиночные стадии развития устанавливают по морфологическим признакам и размерным

характеристикам (Малахов, Медведева, 1985; Куликова, Колотухина, 1989). Переход на каждую последующую стадию оценивают по доле личинок (> 50 %), находящихся на данной стадии. В заводских условиях выращивание эмбрионов и личинок осуществляется при температуре 20-22 °С, что соответствует естественной температуре воды в прибрежье южного Приморья в этот период (Ярославцева, Сергеева, Дашенко, 1990).

Кормить личинок начинают на стадии D-велигера путем дробного (3-4 раза в сутки) внесения суточного объема микроводорослей. Во время выращивания в качестве основного корма используют живые одноклеточные водоросли. Начиная со стадии позднего великонха допускается частичная замена живых микроводорослей свежими концентратами этих же водорослей, количество которых необходимо увеличивать в 2 раза в пересчете на живые корма при тех же концентрациях и составе. Оптимальный суточный объем и состав корма рассчитывают исходя из физиологических потребностей личинок на разных этапах развития (Табельская, Калинина, 2021; Gerdes, 1983), выедания корма и состояния личинок (активность, поведение, наполнение желудка) (табл. 1). В случае необходимости количество корма и режим его подачи оперативно корректируют.

Таблица 1

Плотность содержания, суточная доза и состав корма на разных стадиях развития личинок тихоокеанской устрицы

Стадия развития	Плотность, экз./мл	Суточная доза кормления, тыс. кл./мл	Соотношение микроводорослей <i>I. galbana</i> : <i>Ch. muelleri</i> : <i>Ph. tricornutum</i>
Велигер	20-40	5-10	(1)
Ранний великонх	20-30	10-15	(2:1)
Великонх	10-15	20-80	(2:1) - (2:1:1)
Поздний великонх*	7-10	80-100	(1:1:1)
Великонх «с глазком»*	5-7	100-150	(1:1:1)
Педивелигер*	3-5	150	(1:1:2)

*Стадии развития, когда в корм добавляли свежие концентраты микроводорослей.

При выращивании эмбрионов и личинок тихоокеанской устрицы при температуре 20-22 °С личинки на стадию D-велигера переходят через 36-48 ч с момента оплодотворения, на стадию раннего великонха (при средней длине > 100 мкм) – через 9-10 сут, на стадию великонха (при средней длине > 110 мкм) – через 12-14 сут, на стадию личинки с «глазком» (при длине > 250 и высоте > 310 мкм) – через 25-31 сут. Стадии педивелигера (при длине > 280 и высоте > 320 мкм) личинки достигают через 28-36 сут с момента оплодотворения. В табл. 2 приводятся усредненные показатели по продолжительности стадий развития, размерам и выживаемости личинок

устрицы при заводском выращивании в условиях южного Приморья. Величины выживаемости на разных стадиях развития отражают не только гибель личинок по естественным причинам, но и снижение их количества во время сортировок по размерам и отбраковки тугорослых особей, особенно на поздних стадиях. В среднем выживаемость от оплодотворенной яйцеклетки до D-велигера составляет 60 %, от D-велигера до педивелигера – 30 %.

Таблица 2

Продолжительность стадий развития, размеры и выживаемость на разных стадиях личинок тихоокеанской устрицы

Стадия развития	Продолжительность стадии, сут	Длина (min-max), мкм	Выживаемость на стадии, %
Велигер	7-8	75-90	71-87
Ранний великонх	3-4	84-110	78-83
Великонх	8-10	100-240	77-91
Поздний великонх	5-7	230-280	91-94
Великонх «с глазком»	2-3	250-330	78-85
Педивелигер	3-5	280-370	75-83

Для устричных хозяйств выживаемость от оплодотворенной яйцеклетки до D-велигера в пределах 30-85 % считается нормальной, от D-велигера до педивелигера значение этого показателя может варьировать от 15-30 до 50-70 % (Пиркова, Ладыгина, Холодов, 2020; Helm, Bourne, Lovatelli, 2004). В нашем случае достигнутые темпы роста и выживаемость личинок на разных стадиях развития свидетельствуют об эффективности применяемых технологических приемов и нормативов, являющихся основой биотехнологии получения личинок тихоокеанской устрицы заводским способом в условиях южного Приморья.

Список использованной литературы

Гаврилова, Г.С. Современное состояние и проблемы развития дальневосточной марикультуры / Г.С. Гаврилова // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию рыбохоз. образования на Камчатке: в 2 ч. / КамчатГТУ; отв. за вып. Н.Г. Клочкова. – Петропавловск-Камчатский, 2017. – С. 68-71.

Куликова, В.А. Пелагические личинки двустворчатых моллюсков Японского моря / В.А. Куликова, Н.К. Колотухина // Методы, морфология, идентификация (препринт) № 21. – Владивосток: ИБМ ДВО АН СССР, 1989. – 60 с.

Малахов, В.В. Эмбриональное развитие гигантской устрицы / В.В. Малахов, Л.А. Медведева // Биология моря. – 1985. – № 1. – С. 45-51.

Пиркова, А.В. Биотехника выращивания гигантской устрицы *Crassostrea gigas* Thunberg (*Bivalvia*) в Черном море / А.В. Пиркова, В.И. Холодов, Л.В. Ладыгина // Рыбное хозяйство Украины, 2013. – № 2. – С.36- 42.

Пиркова, А.В. Биологические и биотехнические аспекты организации и функционирования устричного питомника на Черном море / А.В. Пиркова, Л.В. Ладыгина, В.И. Холодов; Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН. – Севастополь: ФИЦ ИнБЮМ, 2020. – 120 с.

Соколенко, Д.А. Современное состояние и структура естественных поселений тихоокеанской устрицы в северной части Амурского залива (залив Петра Великого, Японское море) / Д.А. Соколенко, М.В. Калинина // Известия ТИНРО, 2018. – Т. 195. – С. 48-60.

Табельская, А.С. Рост и выживаемость заводских личинок тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) при различных концентрациях микроводорослей и солености в условиях южного Приморья / А.С. Табельская, М.В. Калинина // Известия ТИНРО, 2021. – Т. 201, вып. 3. – С. 723-734.

Технологическая инструкция по индустриальному выращиванию тихоокеанской устрицы в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне / сост. Г.И. Викторовская, И.Ю. Сухин, А.Ю. Баранов [и др.] – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2018. – 43 с.

Ярославцева, Л.М. Изменение чувствительности к опреснению в онтогенезе гигантской устрицы / Л.М. Ярославцева, Э.П. Сергеева, С.Д. Кашенко // Биология моря. – 1990. – Т. 16, № 6. – С. 36-45.

Choi, K.S. Oyster capture-based aquaculture in the Republic of Korea / K.S. Choi // Capture-based aquaculture: Global overview. FAO Fisheries Technical Paper. – Rome, FAO, 2008. – № 508. – P. 271-286.

Gerdes, D. The pacific oyster *Crassostrea gigas*. Part I. Feeding behavior of larve and adults / D. Gerdes // Aquaculture, 1983. – Vol. 31, Iss. 2-4. – P. 195-219.

Helm, M.M. Hatchery culture of bivalves / M.M. Helm, N. Bourne, A. Lovatelli (comp./ed.) // A practical manual: FAO Fisheries Technical Paper. – Rome, FAO, 2004. – № 471. – 177 p.

Wallace, R.K. Oyster Hatchery Techniques / R.K. Wallace, P. Waters, F.S. Rikard; SRAC Publication. – 2008. – № 4302. – 6 p.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЯЗВЕННОГО ДЕРМАЛЬНОГО НЕКРОЗА У АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ В РЕКАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Т.А. Карасева, Л.Н. Голикова

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

Язвенный дермальный некроз представляет собой болезнь атлантического лосося и кумжи в период нерестовой миграции и нереста. Этиология неизвестна (Bruno, Noguera, Poppe, 2013). Это новое заболевание для территории Российской Федерации, при котором у больных рыб поражается кожный покров. В зарубежной литературе используются такие названия болезни, как *ulcerative dermal necrosis*, *UDN*, *salmon disease* (Workshop on salmonid..., 2007). В связи с тем, что четких диагностических критериев язвенного дермального некроза или *UDN* нет, в 2019 г. на международном семинаре в г. Осло было предложено использовать новое название болезни – «*Red skin disease*» (болезнь красной кожи) (*Red skin disease...*, 2019).

Впервые описали болезнь в Великобритании во второй половине XIX в. (Roberts, 1993). В дальнейшем язвенный некроз не проявлялся до середины 60-х годов прошлого столетия, а затем был вновь обнаружен и постепенно распространился во всех реках Британских о-вов, в бассейне Балтийского моря, северо-запада Франции и юго-запада Ирландии, а позднее и Португалии (Munro, 1970; Lounatmaa, Janatuinen, 1978; Johansson, Svensson, Fridberg, 1982; Eiras, Saraiva, Cruz, 1988). В середине 1970-х годов болезнь уничтожила лосося в реках Шотландии, а в 2012 г. в этой части ареала снова произошла вспышка эпизоотии. Несмотря на то, что в реках погибли тысячи рыб, проводились всесторонние исследования болезни, результаты которых указывали на инфекционную этиологию, возбудитель не был выделен, а также не выявлены факторы, способствующие возникновению вспышек болезни, не найдены эффективные методы профилактики и лечения (Carbery, 1968; Workshop on salmonid..., 2007).

В 2015-2019 гг. вспышки язвенного дермального некроза произошли в лососевых реках Российской Федерации, Финляндии, Швеции, Дании, Норвегии, Шотландии, Ирландии.

На Кольском п-ове болезнь первоначально появилась в июле 2015 г. в рр. Кола и Тулома, которая существует до сих пор. Единичные особи с ее признаками наблюдались в рр. Печенга и Ура бассейна Баренцева моря, а также р. Умба, Варзуга и Чапома бассейна Белого моря. Вспышки

заболевания распространялись с запада на восток полуострова в 2015-2019 гг. и ассоциированы с гибелью больных лососей.

В связи с увеличением заболевания на Кольском п-ове и неблагополучной эпизоотической ситуацией в лососевых реках в 2015-2021 гг. был выполнен комплекс диагностических исследований, который включал в себя клинические, микробиологические и гистологические изучения, направленные на поиск возбудителя и изучение механизма возникновения и развития заболевания. В настоящей статье представлены основные результаты этой работы.

Сбор проб проводили в рр. Кола, Тулома и Умба. Исследовали анадромных мигрантов атлантического лосося *Salmo salar* L. В рр. Кола и Умба рыбу, подозрительную на заболевание, изымали из ловушки рыбоучетных заграждений, в р. Тулома – из ловушки рыбхода Нижнетуломской ГЭС. При выполнении работ использовали стандартные методы, принятые в ихтиопатологии, микробиологии, микологии и гистопатологии (Ромейс, 1953; Билай, 1980; Лабораторный практикум по болезням..., 1983; Лабинская, 1992).

В результате выполненных исследований установлено, что заболевание у анадромных мигрантов лосося развивалось стремительно. В пресной воде на каждом покрове и плавниках рыб образовывались геморрагические поражения в виде точечных капиллярных кровоизлияний, пятен и концентрических кругов красного цвета, преимущественно на брюшной стороне тела, голове и в основании плавников, серовато-розовые пятна без эпителия и с разрушенной чешуей. Участки кровотечений заселялись водными грибами, которые являлись основной причиной образования язв кожи. В воде некротические язвы и колонии грибов на рыбе выглядели как светлые пятна. Больные особи были апатичными, держались близко от поверхности воды и на прибрежном мелководье. Постепенно они прибывали течением к берегам, где в конечном итоге погибали. В июле-августе 2015-2020 гг. в р. Кола погибающие и мертвые рыбы встречались вдоль берегов, в основном в нижнем и среднем течении реки. В верховьях реки, а также бассейне Нижне-Тулومского водохранилища больные особи семги и кумжи были обнаружены в сентябре.

При вскрытии больных рыб патология внутренних органов, которую можно было бы соотнести с внешними симптомами рыб, не обнаружена. За весь период наблюдений отмечались только неспецифические сосудистые нарушения (венозное полнокровие, повышенная проницаемость сосудов), которые могут наблюдаться при многих болезнях.

У больных рыб не выявлено нарушения процесса созревания гонад. У исследованных самок атлантического лосося гонады находились в III (поздней) стадии. Резорбционные процессы выражены в умеренной степени

и соответствовали физиологической норме. Несмотря на это, больные производители, скорее всего, не могли отнереститься, поскольку были ослаблены, зачастую не могли преодолевать водопады и перекаты.

Результаты гистологического исследования показали, что патология кожного покрова отличается высокой вариабельностью в зависимости от степени развития болезни. В большинстве случаев некротические язвы по глубине ограничены эпидермисом и не затрагивают скелетную мускулатуру. В очагах геморрагий и некроза эпидермис находится в состоянии некробиоза, его структура нарушена. Эпителиальный слой, чешуя и слизистые клетки частично или полностью отсутствуют. Базальная мембрана эпителия выражена нечетко. Соединительная ткань дермы отечна и патологически изменена за счет набухания и фибриноидного некроза коллагеновых волокон, сосудистых стазов и кровотечений. Прилежащие к очагам некроза мышечные волокна скелетной мускулатуры отечны. Преобладающим типом воспаления является альтерация, которая характеризуется дистрофическими и некротическими процессами и отражает повышенную чувствительность организма к этиологическому агенту. Признаки регенерации поврежденных тканей отсутствуют.

Обнаружена контаминация больной рыбы микроорганизмами разных систематических групп. С кожного покрова, из очагов кровоизлияний и некроза выделены оомицеты *Saprolegnia parasitica*, *Saprolegnia* spp. и мицелиальные грибы – водные микромицеты: *Mucor circinelloides*, *Phoma herbarum*, *Sporotrix schenckii*, *Alternaria alternate*, *Acremonium* sp. Все перечисленные виды широко распространены в природе.

Следует отметить, что в 2015-2016 гг. кожный покров у больных лососей поражали в основном сапролегниевые грибы, которые вызывают глубокий некроз покровных тканей и мускулатуры. В 2017 г. произошла смена доминирующих видов. На рыбе и в посевах преимущественно встречался гриб *M. circinelloides* (порядок Mucorales), что необычно для данного заболевания и ранее в публикациях не упоминалось. В отличие от сапролегнии мукоровые грибы способны вызывать не только поверхностные повреждения, но и прорасти в кровеносные сосуды. В частности, гриб *M. circinelloides* является возбудителем инфекции у лягушек и других земноводных, вызывая у них дерматиты, поэтому, несмотря на отсутствие данных о рыбах, гриб оказывает негативное воздействие на выживаемость больных лососей.

Что касается бактерий, то ежегодно из кожных поражений и внутренних органов на питательных средах обнаруживали относительно стабильный комплекс микроорганизмов. Микрофлора рыб была представлена преимущественно бактериями *Aeromonas hydrophila*, а также *A. salmonicida achromogenes*, *Flavobacterium* spp., *Pseudomonas* spp. Эти

виды относятся к условно-патогенным бактериям, хотя в благоприятных для них условиях способны вызывать у рыб воспалительные реакции на кожных покровах и внутренних органах. Подвижные аэромонады *A. hydrophila*, выделенные от анадромных мигрантов атлантического лосося, характеризовались протеолитическими и гемолитическими свойствами, обладали ДНКазной активностью, вызывали полное разрушение эритроцитов *in vitro*. Эти факторы патогенности свидетельствуют о том, что бактерии принимают участие в инфекционном процессе и оказывают влияние на развитие болезни.

Из паразитов необходимо отметить протистов. К ним отнесены амёбы, которые локализовались в скелетной мускулатуре под очагами некроза, кровепаразиты в цитоплазме эритроцитов и внутриклеточные организмы *Protozoa incertae sedis*, обнаруженные в подкожной клетчатке. На сегодняшний день роль этих паразитов в возникновении и развитии болезни остается неясной.

Таким образом, анадромные мигранты атлантического лосося, пораженные язвенным дермальным некрозом, были инфицированы различными микроорганизмами из разных систематических групп. Патогенность многих из них для рыб выражена в разной степени или неизвестна. Обнаруженных в ходе исследований бактерий, грибов и простейших объединяет способность использовать кожный покров, кровь или некротический детрит, образующий вследствие лизиса тканей в качестве питательного субстрата. Наиболее значимыми видами в микробиоценозе больных рыб были бактерии рода *Aeromonas*, оомицеты рода *Saprolegnia* и гриб *M. circinelloides*. Эти микроорганизмы, являясь известными возбудителями оппортунистических (вторичных) инфекций, проникали в организм рыбы через первичные поражения кожных покровов и, соответственно, осложняли течение болезни. Но, по-видимому, ни один из этих видов не способен вызвать геморрагические поражения кожного покрова в той морфологической форме, которая наблюдается у анадромных мигрантов при язвенном дермальном некрозе.

С эпидемиологической точки зрения заболевание является заразным. По данным Мурманского филиала ФГБУ «Главрыбвод» и собственным наблюдениям, рыбы, подозрительные на язвенный дермальный некроз, встречались среди сигов, европейской корюшки и горбуши. Возможно, по аналогии с другими болезнями рыб, при которых в период миграций и нереста поражается кожный покров (Wolf, 1988), возбудителем язвенного дермального некроза у атлантического лосося также является неизвестный вирус. Однако данные, свидетельствующие в пользу вирусной этиологии, весьма противоречивы. Так, финские ученые с помощью электронной микроскопии во всех очагах поражения у больных рыб обнаружили

многочисленные компактные электронно-плотные вирусоподобные частицы в виде скоплений, окруженных мембраной или свободно расположенные в цитоплазме. Размер частиц варьировал от 30 до 33 нм в диаметре (Lounatmaa, Janatuinen, 1978). Вместе с тем вирусологические исследования, выполненные в последующие годы в разных странах, показали отрицательные результаты, а гипотеза о вирусной этиологии UDN до настоящего времени остается вероятной, но недоказанной (Pilcher, Fryer, 1980; Workshop on salmonid..., 2007).

Патогенез болезни еще недостаточно хорошо изучен. По-нашему мнению, основными факторами, провоцирующими возникновение язвенного дермального некроза и инфицирование атлантического лосося, являются физиологическая перестройка организма при переходе из морской в пресную воду и гормональный дисбаланс в период анадромной миграции. Вследствие этих обменных явлений и при отсутствии приобретенного иммунитета ослабляется врожденный иммунитет и увеличивается восприимчивость рыб к патогенам (Киселева, 2010). Об этом свидетельствуют длительное (с постоянным уровнем заболеваемости) течение эпизоотии (2015-2022 гг.), некробиоз эпителиальных и слизистых клеток кожного покрова, которые обладают бактерицидными свойствами, отсутствие признаков регенерации поврежденных тканей, смертность производителей лосося.

Кожа рыб играет важную роль в газообмене и осморегуляции, поэтому нарушение этих функций из-за некроза тканей также имеет большое значение как в механизме развития, так и в исходе заболевания.

Список использованной литературы

Билай, В.И. Основы общей микологии / В.И. Билай. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1980. – 360 с.

Киселева, Е.П. Новые представления о противоиномическом иммунитете и защите от грибов (лекция) / Е.П. Киселева // Ученое пособие. – СПб.: КОСТА, 2010. – 12 с.

Лабинская, А.С. Микробиология с техникой микробиологических исследований / А.С. Лабинская. – М.: Медицина, 1992. – 480 с.

Лабораторный практикум по болезням рыб: [Учеб. пособие для вузов по спец. 1013 «Ихтиология и рыбоводство» и сред. спец. учеб. заведений по спец. 1018 «Ихтиология и рыбоводство» / В.А. Мусселиус, В.Ф. Ванятинский, А.А. Вихман [и др.]. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 295 с.

Ромейс, Б. Микроскопическая техника / Б. Ромейс. – М.: Иностранная литература, 1953. – 718 с.

Bruno, D.W. A color atlas of salmonid diseases / D.W. Bruno, P.A. Noguera, T. Poppe // Springer Science+Business Media B.V. – 2013. – 220 p.

Carbery, J.T. Ulcerative dermal necrosis (UDN) of salmon: description, etiology and differential diagnosis / J.T. Carbery // Bull. off Int. Epizoot. – 1968. – Vol. 69. – P. 1401-1410.

Eiras, J.C. First reported of ulcerative dermal necrosis (UDN) in Portugal / J.C. Eiras, A. Saraiva, C. Cruz // Bull. Eur. Ass. Fish Pathol. – 1988. – Vol. 8. – Iss. 4. – P. 76-78.

Johansson, N. Studies on the pathology of ulcerative dermal necrosis (UDN) in Swedish salmon *Salmo salar* L. and sea trout *Salmo trutta* L. population/ N. Johansson, R.M. Svensson, G. Fridberg // J. Fish Dis. – 1982. – Vol. 5. – P. 293-308.

Lounatmaa, K. Electron microscopy of an ulcerative dermal necrosis (UDN)-like salmon disease in Finland / K. Lounatmaa, J. Janatuinen // J. Fish Diseases. – 1978. – Vol. 1. – P. 369-375.

Munro, A.L.S. Ulcerative dermal necrosis, a disease of migratory salmonid fishes in the in the rivers of the British Isles / A.L.S. Munro // Biological Conservation. – 1970. – Vol. 2. – Iss. 2. – P. 129-132.

Pilcher, K.S. The viral diseases of fish: a review through 1978. Part 2: Diseases in which a viral etiology is suspected but unproven / K.S. Pilcher, J.L. Fryer // CRC Critical reviews in Microbiology. – 1980. – Vol. 8. – Iss. 1. – P. 1-24.

Red skin disease in Atlantic salmon. Background and frequently asked questions // Workshop on Atlantic salmon disease. – Oslo, Norway. – 2019. URL: <https://fms.scot/wp-content/uploads/2020/10/201001-Atlantic-salmon-skin-issues-Q-A-FINAL.pdf>. Дата обращения 19.08.2020.

Roberts, R.J. Ulcerative dermal necrosis (UDN) in wild salmonids / R.J. Roberts // Fisheries Research. – 1993. – Vol. 17. – Iss. 1-2. – P. 3-14.

Wolf, K. Fish viruses and fish viral diseases / K. Wolf. – Cornell University Press, 1988. – 480 p.

Workshop on salmonid skin diseases: Book of Abstracts / D. Bruno, M. Crumlish, S. LaPatra [et al.] // Eur. Ass. Fish Pathol. 17-21 September 13th Internat. Conf. on Fish and Shellfish Diseases. – Grado, Italy. – 2007. – 328 p.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОДОЕМОВ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ ИНТЕНСИВНОСТИ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А.В. Каширин

*Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),
г. Ростов-на-Дону*

В настоящее время, в связи с повышенным потребительским спросом на рыбную продукцию, особую актуальность приобретают работы, связанные с изучением результативности мероприятий, направленных на увеличение объемов промысла во внутренних водах.

Для этого необходим сравнительный анализ основных продуктивных параметров сходных водных объектов с различной интенсивностью рыбохозяйственного использования. Так, в водохранилище Волчьих ворот проводятся работы по преобразованию ихтиофауны за счет вселения ценных промысловых видов, а в озере Лысый лиман развитие популяций происходит естественным путем.

Сбор и обработку гидробиологических проб проводили в соответствии с общепринятыми методиками (Абакумов, 1983; Методы рыбохозяйственных и..., 2005)

Расчеты численности и запасов промысловых видов рыб выполняли методом прямого количественного учета на единицу площади в модификации И.И. Лапицкого (1967).

Осредненные данные пересчитывали на общую площадь водоема с учетом ее годовой величины. Ихтиологический материал собирали и обрабатывали по стандартным методикам (Чугунова, 1959; Правдин, 1966; Никольский, 1971, 1974). Расчеты численности поколений и запасов рыб проведены в соответствии с общепризнанными рекомендациями (Тюрин, 1963, 1972; Лапицкий, 1970; Прогнозирование уловов рыб..., 1976; Сечин, 1990, 1992).

Сведения о фактическом вылове ВБР (водных биологических ресурсов) по запросу были предоставлены Азово-Черноморским и Волго-Каспийским территориальными управлениями Федерального агентства по рыболовству.

Водоохранилище Волчьих ворот построено в середине 1950-х годов на р. Томузловка в 150 км западнее г. Ставрополя. Его площадь при НПУ (нормальный подпорный уровень) равна 552 га. Водоохранилище питается паводковыми водами рек Томузловка и Журавка, с апреля по октябрь

подпитывается водой системы Большого Ставропольского канала через Александровский распределитель.

Озеро Лысый Лиман находится на границе Ставропольского края и Республики Калмыкия. Водоем имеет удлиненную форму и представляет собой расширение верховий пересыхающей реки Западный Маныч. Максимальная площадь озера – 1000 га. Источником водоснабжения озера служит река Калаус, сток в Пролетарское водохранилище.

Гидрохимический режим водоемов соответствует рыбоводным нормам (табл.1).

Таблица 1

Основные гидрохимические параметры воды

Показатель	Водоем	
	Вдхр. Волчьих ворот	Оз. Лысый лиман
Минерализация, г/л	0,2-1,1	3,4-5,6
Содержание кислорода, мг/л	6,5-11,3	7,6-10,2
Окисляемость, мг O ₂ /л	8,0-14,6	9,4-19,7
pH	7,0-7,8	7,4-8,1

Кормовые ресурсы в озере Лысый лиман развиваются интенсивнее, чем в водохранилище Волчьих ворот (табл. 2).

Таблица 2

Параметры биомассы основных ресурсов кормовой базы

Кормовой ресурс	Водоем	
	Вдхр. Волчьих ворот	Оз. Лысый лиман
Макрофиты, кг/м ³	0,4-4,3	3,2-5,8
Фитопланктон, г/м ³	0,01-3,80	0,14-7,6
Зоопланктон, г/м ³	0,2-0,9	2,5-4,3
Зообентос, г/м ²	2,1-4,8	3,5-6,7

Формирование промысловой ихтиофауны на указанных водных объектах произошло за счет видов, обитавших в питающих их водотоках: реках Томузловка и Журавка для водохранилища Волчьих ворот, Западный Маныч и Калаус для озера Лысый лиман.

В составе ихтиофауны обоих водоемов в настоящее время встречаются представители 15 видов из семи семейств: сазан (*Cyprinus carpio*), лещ (*Abramis brama*), красноперка (*Scardinius erythrophthalmus*), плотва (*Rutilus rutilus*), золотой карась (*Carassius carassius*), серебряный карась (*Carassius auratus*), укляя (*Alburnus alburnus*), окунь (*Perca fluviatilis*), судак (*Sander lucioperca*), ерш (*Gymnocephalus cernuus*), сом (*Silurus glanis*), щука (*Esox lucius*), бычок кавказский (*Knipowitschia caucasica*), колюшка

трехиглая (*Gasterosteus aculeatus*), щиповка обыкновенная (*Cobitis taenia*) (табл. 3). Количество аборигенных видов в озере Лысый лиман несколько выше, в водоеме встречаются также пескарь (*Gobio gobio*), густера (*Blicca bjoerkna*), линь (*Tinca tinca*) и бычок-кругляк (*Neogobius melanostomus*).

Таблица 3

Видовой состав рыб рассматриваемых водоемов

Вид рыбы	Водоем	
	Вдхр. Волчьи ворота	Оз. Лысый лиман
Сазан	+	+
Плотва	+	+
Краснопёрка	+	+
Пескарь	-	+
Уклея	+	+
Лещ	+	+
Густера	-	+
Карась золотой	+	+
Карась серебряный	+	+
Линь	-	+
Белый амур	+	-
Белый толстолобик	+	-
Пестрый толстолобик	+	-
Щиповка	+	+
Судак	+	+
Окунь обыкновенный	+	+
Ёрш обыкновенный	+	+
Щука	+	+
Сом обыкновенный	+	+
Бычок кавказский	+	+
Бычок-кругляк	-	+
Колюшка трехиглая	+	+
Всего	18	19

В водохранилище Волчьи ворота увеличение численности видов было достигнуто за счет интродукции рыб дальневосточного комплекса: белый (*Hypophthalmichthys molitrix*) и пестрый (*Hypophthalmichthys nobilis*) толстолобики, белый амур (*Stenopharyngodon idella*).

Наиболее массовыми представителями аборигенной ихтиофауны в водоемах являются уклея, плотва, краснопёрка, карась серебряный, окунь, на долю которых приходится от 55 до 70 % по численности. При этом в промысле присутствуют преимущественно представители 3-6 видов: сазан, серебряный карась, лещ, плотва, судак и окунь. Особи других видов, встречающихся в водоемах, в промысловых уловах наблюдаются достаточно редко вследствие малой численности их популяций и в силу селективности применяемых в промысле орудий.

Последнее зарыбление озера Лысый Лиман проводили лишь в 1998 г. В последующие годы выпуск в водоем растительноядных видов не производился, несмотря на регулярные рекомендации научных организаций. Представители видов дальневосточного комплекса в настоящее время в водоеме отсутствуют.

Формирование стада растительноядных рыб в водохранилище Волчьих ворота производилось за счет регулярной интродукции молоди толстолобиков и белого амура. Объемы зарыбления водохранилища посадочным материалом толстолобика (2011-2019 гг.) представлены в табл. 4. Ежегодный выпуск был начат в 2014 г.

Таблица 4

Объемы зарыбления толстолобика в водохранилище Волчьих ворота, тыс. экз.

Год								
2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
110	-	-	50	50	100+250*	500*	500*	22+771,5*

* Выпуск производился подрощенной молодью навеской 1,5 г.

Зарыбление водохранилища белым амуром проводилось впервые в 2016 г. Вселение белого амура в водоем для биологической мелиорации обусловлено высокой интенсивностью развития макрофитов. В 2016 г. в водоем было выпущено 18 тыс. экз. двухлеток средней массой 250 г и 500 тыс. экз. молоди средней массой 1,5 г. В 2019 г. произведен выпуск 116 тыс. экз. подрощенной личинки.

Для оценки эффективности преобразования ихтиофауны в водохранилище Волчьих ворота за счет интродукции растительноядных рыб был произведен сравнительный анализ промысловых запасов и фактического вылова в рассматриваемых водоемах, а также структуры промысловой части ихтиофауны за 4 года (2016-2019 гг.).

Анализ результатов работ по изменению структуры ихтиофауны в водохранилище Волчьих ворота был начат в 2016 г., при вступлении в промысел поколения толстолобиков зарыбления 2014 г. В дальнейшем (2015-2019 гг.) вселение в водоем растительноядных рыб осуществлялось ежегодно, в разных объемах, при этом недостаточных для максимально рационального использования кормовых ресурсов.

По мере формирования в водохранилище Волчьих ворота разновозрастного стада толстолобиков общий запас промысловых видов в водоеме увеличился за рассматриваемый период в 1,9 раза: с 94,9 до 179,7 т (табл. 5). При этом кардинально изменилась структура ихтиофауны. Если в 2016 г. доминировали представители аборигенных видов (карась, лещ, плотва, сазан), составляя более 82 % от биомассы промыслового запаса

водохранилища, то уже в 2019 г. доля интродуцированных видов превысила 41 %, увеличив общий запас на 74 т. Также снижение эвтрофикации водоема за счет биологической мелиорации посредством вселения растительных видов способствовало развитию популяций большинства местных видов, что отражается в увеличении их численности и биомассы.

В озере Лысый лиман в течение рассматриваемого периода также отмечается увеличение промыслового запаса на 19,2 т (14,6 %) за счет повышения численности аборигенных видов (плотва, окунь, сазан, красноперка).

Таблица 5

Объем промыслового запаса ВБР и общая рыбопродуктивность в водоемах (2016-2019 гг.), т

Вид рыбы	Вдхр. Волчьи ворота (552 га)				Оз. Лысый лиман (1000 га)			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Карась	32,6	34,2	35,2	36,7	48,9	49,6	44,7	46,7
Лещ	18,4	12,8	15,9	16,8	24,8	21,8	23,6	24,8
Судак	2,4	1,8	2,3	2,5	8,1	9,6	12,4	12,0
Плотва	16,8	18,4	18,8	18,6	6,1	6,4	9,7	10,7
Толстолобики	4,2	5,9	70,9	69,7	-	-	-	-
Белый амур	-	-	4,2	4,3	-	-	-	-
Окунь	5,8	6,2	9,6	10,8	8,1	9,6	12,8	14,0
Сазан	10,2	9,8	10,2	10,0	28,4	30,6	31,8	33,3
Краснопёрка	-	2,4	2,3	2,25	-	2,9	4,2	4,4
Щука	2,3	1,8	1,4	1,5	4,4	3,8	4,4	4,0
Прочие	2,2	2,4	6,5	6,55	2,9	0,1	0,8	1,0
Всего	94,9	95,7	177,3	179,7	131,7	134,4	144,4	150,9
Общая рыбопродуктивность, кг/га	171,9	173,4	321,2	325,5	131,7	134,4	144,4	150,9

Еще нагляднее повышение эффективности рыбохозяйственного использования водохранилища Волчьи ворота за счет вселения растительных рыб отражает динамика объемов промыслового лова (табл. 6). Если в 2016 г. общий годовой вылов в водоеме составлял 16,85 т, при этом доля толстолобиков порядка 16,6 %, то через 4 года при прежней интенсивности лова вылавливалось уже более 88 т, а виды дальневосточного комплекса заняли в составе уловов устойчивое доминирующее положение, образуя более 50 % объема.

За 4 года (2016-2019) за счет интродукции рыб дальневосточного комплекса общая рыбопродуктивность водохранилища Волчьи ворота увеличивалась в 1,9 раза: с 171,9 до 325,5 кг/га. В озере Лысый лиман, несмотря на значительно более интенсивное развитие всех компонентов кормовой базы по сравнению с водохранилищем Волчьи ворота (см. табл. 2), отсутствие непосредственных потребителей фитопланктона и

макрофитов в составе ихтиофауны не позволяет повысить общую рыбопродуктивность выше 151 кг/га.

Таблица 6

Объем фактического вылова ВБР и промысловая рыбопродуктивность в водоемах (2016-2019 гг.), т

Вид рыбы	Вдхр. Волчьи ворота (552 га)				Оз. Лысый лиман (1000 га)			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Карась	10,7	18,2	16,41	19,22	10,73	14,57	16,43	13,01
Лещ	0,54	1,97	3,30	4,10	2,77	2,67	5,01	2,84
Судак	0,45	0,15	-	0,45	0,71	0,64	1,70	1,20
Плотва	-	1,38	6,01	6,45	0,66	0,94	1,95	1,45
Толстолобики	2,80	4,00	34,15	43,25	-	-	-	-
Белый амур	-	-	1,83	2,92	-	-	-	-
Окунь	0,46	1,46	4,17	5,34	2,22	2,49	3,48	3,22
Сазан	1,87	1,80	0,92	2,45	3,35	4,51	6,30	4,33
Краснопёрка	-	-	-	-	-	-	1,03	1,08
Щука	0,03	0,01	-	-	0,44	0,48	0,68	0,40
Прочие	-	-	1,87	4,60	-	0,69	0,08	0,23
Всего	16,85	28,97	68,66	88,78	20,88	26,99	36,66	27,76
Промысл. рыбопродуктивность, кг/га	30,53	52,48	124,38	160,83	20,88	26,99	36,66	27,76

Промысловая рыбопродуктивность водохранилища Волчьи Ворота за счет регулярного зарыбления за то же время увеличилась в 5,3 раза: с 30,53 до 160,83 кг/га. При этом наблюдалось скачкообразное повышение как промыслового запаса, так и объемов вылова в 2018 г. за счет вступления в промысел поколения зарыбления 2015 г. и увеличения ихтиомассы более старших возрастных групп.

В озере Лысый лиман освоение промысловых запасов в этот же период сохранялось на одном уровне (20,88-36,66 т), а промысловая рыбопродуктивность варьировала в пределах 20,9-36,7 кг/га.

Таким образом, преобразование ихтиофауны водоемов путем вселения в водоемы растительноядных рыб позволяет в достаточно короткие сроки значительно увеличить рыбопродуктивность за счет рационального использования ресурсов кормовой базы.

Список использованной литературы

Абакумов, В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В.А. Абакумов. – Л., 1983.

Лапицкий, И.И. Метод учета численности рыб в Цимлянском водохранилище / И.И. Лапицкий // Труды Волгогр. отд. ГосНИОРХ. – 1967. – Т 3.

Лапицкий, И.И. Направленное формирование ихтиофауны и управление численности популяции рыб в Цимлянском водохранилище / И.И. Лапицкий // Труды Волгогр. отд. ГосНИОРХ. – 1970. – Т. 4.

Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне: сб. науч.-метод. работ. Под редакцией С.П. Воловика, И.Г. Корпаковой. – Краснодар, 2005.

Никольский, Г.В. Частная ихтиология / Г.В. Никольский. – М.: Высшая школа, 1971.

Никольский, Г.В. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов / Г.В. Никольский. – М.: Пищевая промышленность, 1974.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин. – М.: Пищевая промышленность, 1966.

Прогнозирование уловов рыб в водохранилищах с ложем, не подготовленным для активного рыболовства / В.С. Танасийчук, Л.И. Вятчина, Л.Г. Симонова, Л.Н. Танасийчук // Рыбное хозяйство. – 1976. – Вып. 22.

Сечин, Ю.Т. Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах / Ю.Т. Сечин. – М.: ВНИИПРХ, 1990.

Сечин, Ю.Т. Рациональное использование сырьевой базы внутренних водоемов и оптимизации промысла: автореф. дис. ... докт. биол. наук: Ю.Т. Сечин. – М., 1992.

Тюрин, П.В. Биологическое обоснование регулирования рыболовства на внутренних водоемах / П.В. Тюрин. – М.: Пищепромиздат, 1963.

Тюрин П.В. «Нормальные» кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как теоретическая основа регулирования рыболовства / П.В. Тюрин. – Л.: Изв. ГосНИОРХ, 1972. – Т. 71.

Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб / Н.И. Чугунова. – М.: АН СССР, 1959.

ОБ УНИКАЛЬНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСАХ СИГА НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

М.Н. Киселева, Д.К. Митрюшкина, Т.А. Филатова
Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга), г. Санкт-Петербург

Данные о внутривидовой генетической структуре сига *Coregonus lavaretus* при его искусственном воспроизводстве являются важным этапом оценки эффективности мер по сохранению биологического разнообразия, контролирующим механизмом которых служит генетический мониторинг. Сохранение уникальных ресурсов сига Кольского полуострова – задача, требующая особого контроля его воспроизводства, так как выпуск молоди с нетипичными для данной природной популяции генетическими характеристиками может вызвать изменение гаплотипического состава в сторону уменьшения доли уникальных гаплотипов. Целью исследования является получение генетических характеристик проб дезоксирибонуклеиновой кислоты (далее – ДНК) сига нескольких природных популяций европейской части России. Проанализирован состав исследованных выборок на наличие уникальных гаплотипов на Кольском п-ове.

Материалом для получения генетических характеристик ДНК-проб послужили 98 образцов ДНК из четырех природных популяций сига. Сбор и фиксация в 96 %-ном этаноле ДНК-содержащих тканей сига проводился силами сотрудников «ГосНИОРХ» в Финском заливе, в водоемах Кольского п-ова (бассейн р. Печенги у границы с Норвегией), Ладожского и Онежского озер. Места и сроки сбора материала представлены в табл. 1.

Таблица 1

Пробы сига *Coregonus lavaretus*, использованные в исследовании

Место сбора	Сроки сбора	Количество проб
Южная часть Финского залива	Август 2020 г.	29
Юго-западная часть Ладожского озера	Август 2020 г.	30
Южная часть Онежского озера	Сентябрь 2020 г.	22
Река Печенга, Кольский п-ов	Август-сентябрь 2020 г.	17

Выделение и очистка тотальной ДНК проведены солевым методом (Aljanabi, Martinez, 1997). Чистоту препаратов определяли по отношению поглощения ДНК при длине волны 260 нм к поглощению при длине волны 280 нм. Результаты измерений – в диапазоне от 1,8 до 2,1.

Участок мтДНК ND1/ND2, кодирующий первую и вторую субъединицы фермента NADH-дегидрогеназы, амплифицирован с использованием праймеров, сконструированных в лаборатории генетики ГосНИОРХ: ND1-2_IF 5'-GTTCAAACCCTCTCCTTAGC-3', ND1-2_IR 5'-GATAGCACTAAGACCAAGAACCT-3'. Для амплификации нуклеотидной последовательности ND1-2 мтДНК для сиговых видов рыб праймеров ранее разработано не было. Полимеразную цепную реакцию проводили в амплификаторе Biograd T100 MyCycler в 20 мкл реакционной смеси, содержащей 1 е.а Taq ДНК-полимеразы, 2,5 мкл 10 ×Taq-буфера (Диалат), 1 mM каждого dNTP, 0,25 мкМ каждого праймера и около 50 нг геномной ДНК. Программа полимеразной цепной реакции (далее – ПЦР) включала следующие этапы: предварительная денатурация при 94° С (5 мин); 35 циклов, включающих денатурацию цепей при 94 °С (30 с), отжиг праймеров при 50 °С (1 мин) и элонгацию при 72 °С (2,4 мин); заключительный цикл элонгации при 72 °С (5 мин).

Размер амплифицированного фрагмента – 2295 пар нуклеотидов.

Использованы 4 информативные рестриктазы (расщепляющие ДНК по месту локализации специфической последовательности ферменты): *AluI*, *ApaI*, аналог *AvaII* – *Bme18I*, аналог *MboI* – *Kzo9I*. Реакцию рестрикции проводили в объеме 10 мкл. В состав рестрикционной смеси входил ПЦР-продукт – 5 мкл, буфер – 1 мкл и 0,02 ед.акт./мкл фермента. Инкубацию проводили в течение 16 ч в условиях, рекомендованных производителем (Сибэнзим).

Продукты рестрикции разделяли в 2 %-ном агарозном геле. Фрагменты ДНК в геле окрашивали бромистым этидием и подвергали фотосъемке в проходящем ультрафиолетовом свете. В роли молекулярного маркера длины нуклеотидного фрагмента выступал маркер молекулярных длин (Сибэнзим, 100 п.о.).

Литературные данные свидетельствует о высоком уровне полиморфизма в последовательности гена ND1 (≈1000 пар нуклеотидов) сигов (Балдина, Гордон, Политов, 2008; Evolutionary history of..., 2005; Bochkarev, Zuykhova, Katokhin, 2011). Возможность проводить сравнительный анализ с описанными в литературных источниках данными обусловила выбор данного маркера для наших исследований.

На основе биоинформационного анализа последовательностей, через интернет-ресурс GenBank был проведен поиск нуклеотидных последовательностей участка ND1/ND2 мтДНК сигов. Затем, при помощи опции интернет-ресурса NEBcutter2, осуществлен подбор нескольких рестрицирующих эндонуклеаз на выявление различий в этом участке.

В качестве маркеров внутривидовой изменчивости сигов были выбраны полиморфные сайты рестрикции участка ND1/ND2 (ок. 2300 п.н.)

ферментами *AluI*, *ApaI*, *AvaII*(*Bme18I*), *MboI*(*Kzo9I*). Данный набор ферментов выявил 6 полиморфных сайтов.

Электрофоретические данные о продуктах рестрикции четырьмя различными рестриктазами показали наличие полиморфизма в структуре ND1/ND2 у сигов всех исследованных популяций. Электрофореграмма продуктов рестрикции представлена на рис. 1.

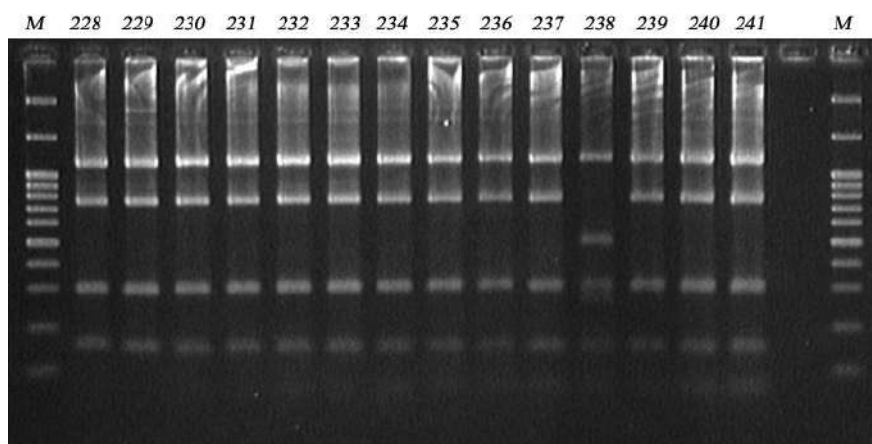


Рис. 1. Электрофореграмма продуктов рестрикции ферментом *ApaI* ND1/ND2 сигов Ладожского озера

Полученные электрофоретические спектры были сопоставлены со сформированными с помощью интернет-ресурса NEBcutter виртуальными гелями, как показано на рис. 2.

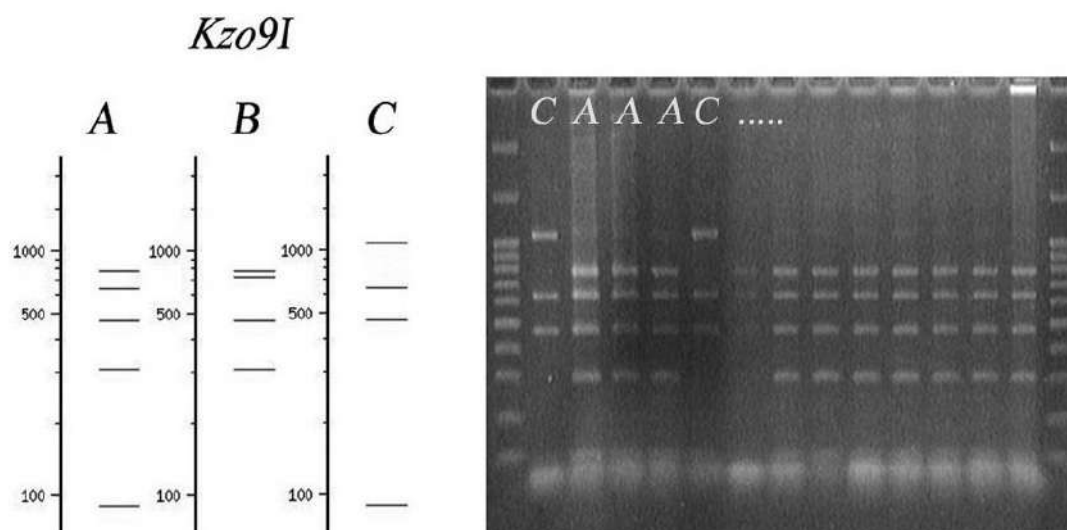


Рис. 2. Виртуальная (слева) и реальная (справа) фореграммы продуктов рестрикции ND1/ND2 сигов популяции южной части Финского залива ферментом *Kzo9I*

В четырех популяциях сига выявлены 11 митотипов (генетических вариаций митохондриального генома). Выборка сига Ладожского озера представлена 8 митотипами. Сиг выборок Финского залива и Онежского озера представлен четырьмя и пятью митотипами соответственно, с различной частотой встречаемости (см. табл. 2, рис. 3). В выборке сига Кольского п-ова обнаружены 4 митотипа, два из которых характерны только для этой выборки.

Таблица 2

Митотипы (комплексные гаплотипы мтДНК) сига из популяций: юг Финского залива, Ладожское озеро, Онежское озеро, Кольский п-ов

Переменная	Митотип	Частота митотипа в популяции, %			
		Юг Финского залива (n = 29)	Ладожское озеро (n = 30)	Онежское озеро (n = 22 из 26)	Кольский п-ов (n = 17)
<i>Clav1</i>	ВAAA	21	23	18	61
<i>Clav2</i>	ВААС	-	28	5	-
<i>Clav3</i>	СААС	24	23	67	6
<i>Clav4</i>	АAAA	41	7	5	-
<i>Clav5</i>	ВАСА	-	10	-	-
<i>Clav6</i>	ЕAAA	-	3 (1 экз.)	-	-
<i>Clav7</i>	ВАВА	14	-	5	-
<i>Clav8*</i>	<i>DAAA</i>	-	-	-	22
<i>Clav9</i>	<i>ВААВ</i>	-	-	-	11
<i>Clav10</i>	ВСВА	-	3 (1 экз.)	-	-
<i>Clav11</i>	ААВА	-	3 (1 экз.)	-	-

*Жирным шрифтом выделены гаплотипы сига, обнаруженные только на Кольском п-ове.

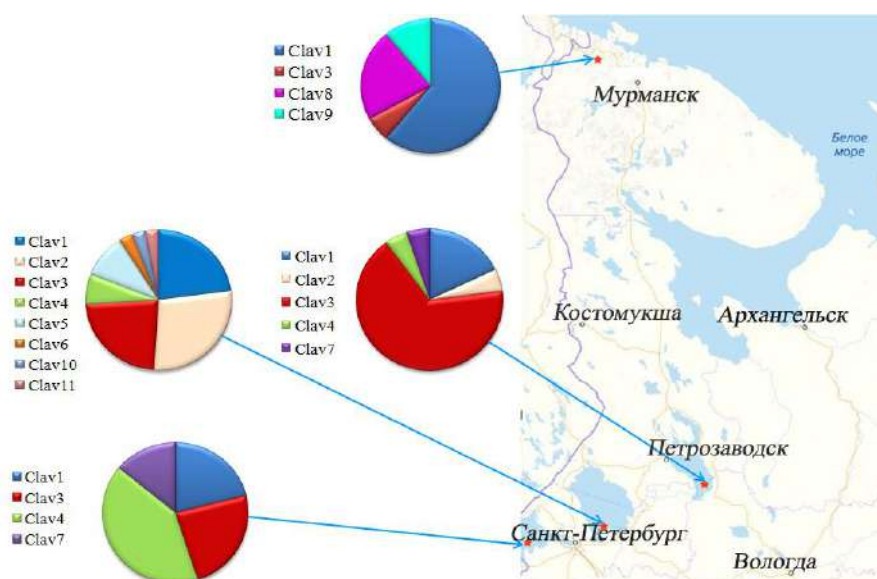


Рис. 4. Распределение частот митотипов в популяциях Кольского п-ова, Финского залива, Ладожского и Онежского озер

Полученные данные дополняют информацию о современном состоянии и распространении генетических ресурсов сига на территории крупных водных систем Северо-Западного региона России.

Присутствие в четырех географических локальностях региона по меньшей мере одиннадцати гаплотипов вида подтверждает высокое генетическое разнообразие сига на этой территории. Явление может быть обусловлено как особенностями эволюционной истории и биологии данного вида рыбы, так и вероятным отсутствием особой антропогенной нагрузки в местах его обитания в регионе в настоящее время, поскольку антропогенное воздействие, сопровождающееся снижением численности популяции, может привести также и к утрате некоторых гаплотипов.

По данным ПЦР-ПДРФ анализа изменчивости мтДНК, на северо-западе Кольского п-ова обитают сиви с уникальными для данного региона митотипами – что, в свою очередь, обуславливает необходимость особого контроля за воспроизводством сига на Кольском полуострове. Данные о внутривидовой генетической структуре популяций при искусственном воспроизводстве сига играют важную роль в оценке эффективности мер по сохранению биологического разнообразия; их использование способствует искусственному восполнению групп особями, близкими по генетическим характеристикам.

Список использованной литературы

Балдина, С.Н. Генетическая дифференциация муксуна *Coregonus muksun* (Pallas) и родственных видов сиговых рыб (Coregonidae, Salmoniformes) Сибири по мтДНК / С.Н. Балдина, Н.Ю. Гордон, Д.В. Политов // Генетика. – 2008. – т. 44. – № 7. – С. 896-905.

Aljanabi, S. M. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques / S.M. Aljanabi, I. Martinez // Nucleic Acids Research. – 1997. – Vol. 25. – №22. – P. 4692-4693.

Bochkarev, N.A.. Morphology and mitochondrial DNA variation of the Siberian whitefish *Coregonus lavaretus pidschian* (Gmelin) in the upstream water bodies of the Ob and Yenisei Rivers / N.A. Bochkarev, E.I. Zuykova, A.V. Katokhin // Ecology and Evolution. – 2011. – Vol. 25. – P. 557-572.

Evolutionary history of the European whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) species complex as inferred from mtDNA phylogeography and gill-raker numbers / K. Østbye, L. Bernatchez, T. F. Næsje [et al.] // Molecular Ecology. – 2005. – Vol. 14. – P. 4371-4387.

**КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ,
ВИДОВОГО СОСТАВА, ЧИСЛЕННОСТИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ
В РОССИЙСКОЙ ЗОНЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

Р.Н. Клепиковский

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича),
г. Мурманск*

К Российской зоне Баренцева моря относятся восточные акватории и прилегающие побережья архипелагов Земля Франца-Иосифа и Новая Земля, мурманский берег Кольского п-ова и прибрежные территории Ненецкого автономного округа.

В последние годы морские млекопитающие Российской зоны Баренцева моря изучаются достаточно активно. Периодические работы, связанные в первую очередь с исследованием моржей (*Odobenus rosmarus*) и белых медведей (*Ursus maritimus*) выполняют: Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук (ИПЭЭ РАН), Центр морских исследований Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (ЦМИ МГУ), Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова (САФУ), ООО «Арктический Научный Центр», Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ), Зоологический музей МГУ им. М.В. Ломоносова, Национальный парк «Русская Арктика», Международный экологический фонд «Чистые моря», Всемирный фонд дикой природы (WWF), Институт океанологии имени П.П. Ширшова Российской академии наук (ИО РАН). Проведен ряд судовых наблюдений в прибрежных водах на севере Баренцева моря такими организациями, как Ассоциация «Морское наследие: исследуем и сохраним», Всероссийский научно-исследовательский институт охраны окружающей среды (ФГБУ «ВНИИ Экология»). Периодические исследования морских млекопитающих также выполняются в рамках работ, финансируемых Публичными акционерными обществами «Нефтяная компания Роснефть» и «Газпромнефть».

Ежегодными судовыми исследованиями морских млекопитающих в открытых акваториях (за двенадцатимильной зоной) Российской зоны Баренцева моря занимаются как российские, так и норвежские ученые. Со стороны России они проводятся Полярным филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича) в ходе многовидовой тралово-акустиче-

ской съемки (МВ ТАС) по учету молодежи и оценке запасов донных рыб Баренцева моря в октябре-декабре, совместной российско-норвежской многовидовой тралово-акустической съемки донных рыб Баренцева моря в январе-марте, съемки в северных морях в апреле-июне. Наибольший объем материала собирают в августе-октябре во время ежегодной российско-норвежской экосистемной съемки в Баренцевом море и прилегающих водах Северного Ледовитого океана. Также филиал получает сведения о морских млекопитающих в процессе проведения комплекса судовых экосистемных исследований Мурманского побережья Баренцева моря в июне-июле. Кроме специалистов Полярного филиала, со стороны России ежегодные судовые исследования морских млекопитающих в российских водах Баренцева моря ведут ученые Мурманского морского биологического института Российской академии наук (ММБИ РАН). С 1996 г. ученые Норвегии выполняют 5-6-летние циклы учета китообразных в Северо-Восточной Атлантике, затрагивающие в том числе Российскую зону Баренцева моря («мозаичные съемки»). Эти исследования ориентированы в первую очередь на учет малых полосатиков (*Balaenoptera acutorostrata*), но в ходе работ собирают данные и о других видах китов. В последние годы проведено 4 полных цикла этой многолетней программы (1996-2001, 2002-2007, 2008-2013, 2014-2018); численность китообразных в Баренцевом море в них оценивалась в 2003, 2007, 2013 и 2017 гг. (Leonard, Øien, 2020a, b).

Кроме этого, российские ученые обобщили сведения о морских млекопитающих, затрагивающие Российскую зону Баренцева моря: «Морские млекопитающие Российской Арктики», «Морские млекопитающие России», «Морские млекопитающие Российской Арктики и Дальнего Востока» (Лукин, Огнетов, 2009; Бурдин, Филатова, Хойт, 2009; Морские млекопитающие..., 2017).

Благодаря современным исследованиям, в последние годы в Российской зоне Баренцева моря отмечается 15 видов морских млекопитающих. Среди них – китообразные: беломордый дельфин (*Lagenorhynchus albirostris*), малый полосатик, горбач (*Megaptera novaeangliae*), финвал (*Balaenoptera physalus*), морская свинья (*Phocoena phocoena*), белуха (*Delphinapterus leucas*), косатка (*Orcinus orca*), гренландский кит (*Balaena mysticetus*), нарвал (*Monodon monoceros*); ластоногие: гренландский тюлень (*Pagophilus groenlandicus*), кольчатая нерпа (*Pusa hispida*), морской заяц (*Erignathus barbatus*), морж, серый тюлень (*Halichoerus grypus*), обыкновенный тюлень (*Phoca vitulina*), а также белый медведь.

Беломордый дельфин. В Баренцевом море является самым многочисленным представителем зубатых китов. Его количество здесь определено от 60-70 до 144 тыс. особей (Øien, 1993; Marine mammal consumption..., 2022). В Российской зоне беломордый дельфин является массовым видом, где его

численность по оценкам в последние годы в среднем составляет 42,6 тыс. экз. (Leonard, Øien, 2020a, b). Распределяется и достаточно часто встречается практически по всей акватории, кроме Печорского моря, регистрируясь в районах севернее 81° с.ш.

Малый полосатик. По разным оценкам, его количество в Баренцевом море может находиться в пределах 47,0-62,6 тыс. особей (Marine mammals of..., 2011; Marine mammal consumption..., 2022). В Российской зоне численность определена в 28,6 тыс. экз. (Solvang, Skaug, Øien, 2015). Малый полосатик наблюдается во всех районах Баренцева моря, регистрируется севернее 81° с.ш., на юго-востоке распределение животных доходит до Карских ворот. Достаточно часто встречается практически по всему ареалу, в том числе в водах России.

Горбач. Количество заходящих в Баренцево море китов оценивалось от 1,4 до 8,6 тыс. экз. (Øien, 2009; Marine mammal consumption..., 2022). По данным норвежских исследований, численность горбача в Российской зоне в среднем составила 2,2 тыс. экз. (Leonard, Øien, 2020a, b). Горбач распространен в Баренцевом море, в том числе в российских водах, где отмечен в большем количестве в районах севернее 74° с.ш. Основные же места встреч горбача – акватории, прилегающие с востока к арх. Шпицберген.

Финвал. Численность в Баренцевом море составляет по разным оценкам от 1,8 до 4,5 тыс. экз. (Øien, 2009; Marine mammal consumption..., 2022). В Российской зоне количество финвалов в среднем определено в 944 экз. (Leonard, Øien, 2020a, b). Отмечается по всему Баренцеву морю, в том числе в водах России, кроме Печорского моря, заходя на север за 81° с.ш. Наиболее часто встречается в западных акваториях и районе арх. Шпицберген.

Морская свинья. Численность в Баренцевом море и прилегающих акваториях в разные годы оценивалась от 11 до 85,7 тыс. особей (Bjørge, Øien, 1995; Marine mammal consumption..., 2022). В Российской зоне количество морской свиньи в настоящее время определено приблизительно в 33,6 тыс. экз. (Leonard, Øien, 2020a, b). Животных отмечают в южных районах Баренцева моря (южнее 74° с.ш.), в том числе и в российских водах.

Косатка. Численность определена в 503 экз. (Marine mammal consumption..., 2022). Отмечается во всех районах Баренцева моря, с наибольшей встречаемостью в западных и центральных акваториях. В Российской зоне косаток чаще всего регистрируют в районах севернее 74° с.ш.

Белуха. Численность оценивается в 5 тыс. экз. (Marine mammal consumption..., 2022). Встречается вдоль почти всех берегов Баренцева моря. В Российской зоне выделяют несколько группировок белух. Часть из них отмечается у Мурманского побережья Баренцева моря, образуя в весенне-осенний период локальную группировку вдоль береговой линии – около

800 экз. Точный размер канино-колгуевской группировки белухи неизвестен, по экспертной оценке – до 1 тыс. особей. Северная баренцевоморская группировка зоны арх. Земли Франца-Иосифа, благодаря судовым наблюдениям ПИНРО, может составлять около 2 тыс. особей. Численность группировки у Новой Земли неизвестна. Белуха – промысловый вид, но в Баренцевом море в настоящее время не добывается. Перспективы возобновления промысла в ближайшие годы маловероятны, однако использование запаса в научных и культурно-просветительских целях (живоотлов) вполне возможно.

Гренландский кит. Численность в Баренцевом море определена в 173 экз. (Marine mammal consumption..., 2022). В Российской зоне встречаются киты шпицбергенской популяции, главным образом в районе арх. Земля Франца-Иосифа (Rice, 1998; Gavrilov, 2015).

Нарвал. Численность в Баренцевом море может составлять до 3,5 тыс. экз. (Marine mammal consumption..., 2022). Чаще всего нарвалы встречаются на севере Баренцева моря, а в Российской зоне – в районе арх. Земля Франца-Иосифа (Belikov, Boltunov, 2002).

Гренландский тюлень. Численность в Баренцевом море составляет около 1,5 млн экз. (Marine mammal consumption..., 2022). Регистрируется на всей акватории, в том числе и в Российской зоне. Северная граница распределения ограничена кромкой дрейфующих льдов; на юге гренландский тюлень (как правило, в период размножения и линьки) входит в воды Белого и Баренцева (юго-восточная часть) морей (Ластоногие и зубатые..., 1976). Является промысловым видом. Его добычу на юге Российской зоны у выхода из Белого моря ведет Норвегия. Так, например, в 2021 г. норвежскими зверобоями было добыто 5087 экз. гренландских тюленей.

Кольчатая нерпа. Численность в Баренцевом море определена около 100 тыс. экз. (Marine mammal consumption..., 2022). В Российской зоне обитает примерно 35-50 тыс. экз. нерп. Распространение животных тесно связано с наличием плотных ледовых полей, держащихся на протяжении большей части года (Морские млекопитающие..., 2017). Встречается практически вдоль всех побережий Баренцева моря, в том числе и в Российской зоне, на юго-востоке которой является промысловым видом. В настоящее время организованного промысла кольчатой нерпы здесь нет, официальные данные о добыче отсутствуют. По нашей экспертной оценке, в 2006-2021 гг. уровень ежегодного изъятия в Российской зоне не превышал 100 экз.

Морской заяц. Численность в Баренцевом море оценивается в 10 тыс. экз. (Marine mammal consumption..., 2022). Населяет мелководные прибрежные районы, в том числе и в Российской зоне (Ластоногие и зубатые..., 1976; Морские млекопитающие..., 2017). Является промысловым видом. В настоящее время организованного промысла морского зайца нет. По

нашей экспертной оценке, его добыча в Российской зоне, с учетом браконьерства и прилова при рыболовстве, составляет в среднем не более 20 экз. в год.

Морж. Прибрежный вид. Его численность в Баренцевом море определена в 15 тыс. экз. (Marine mammal consumption..., 2022). В Российской зоне встречается атлантический подвид. Основные районы концентрации моржа здесь – юго-восточная часть Баренцева моря, архипелаги Земля Франца-Иосифа и Новая Земля (The Distribution of..., 1998). В последние годы, скорее всего, идет восстановление его исторического ареала – морж замечен в Бассейне, Горле и Воронке Белого моря (Светочев, Светочева, 2008).

Серый тюлень. Численность в Баренцевом море около 6 тыс. экз. (Marine mammal consumption..., 2022). В Российской зоне регулярно встречается у побережья от границы с Норвегией до м. Святой Нос. Образует береговые залежки на островах. В летне-осенний период может заходить в северные районы Белого моря, придерживаясь островов вдоль западного побережья. Регулярно отмечается в Воронке Белого моря (Морские млекопитающие..., 2017). Численность в Российской зоне может составлять 3,5 тыс. экз. (Ziryayev, Mishin, 2007).

Обыкновенный тюлень. Численность в Баренцевом море оценивают от 2,5 до 6,4 тыс. экз. (Зырянов, 2000; Joint Norwegian-Russian..., 2013; Marine mammal consumption..., 2022). В Российской зоне вдоль всего Мурманского побережья до м. Канин Нос вид представлен достаточно широко (Ластоногие и зубатые..., 1976).

Белый медведь. В Баренцевом море, в том числе в Российской зоне, распределение животных ограничено кромкой дрейфующих льдов. Численность белых медведей в Баренцевом море (баренцевоморская субпопуляция) составляет в среднем 2,6 тыс. особей (Estimating the Barents..., 2009).

Кроме основных перечисленных животных, в 2018 г. отмечен заход в Кольский залив обыкновенного дельфина (*Delphinus delphis*), в 2013 г. – кашалота (*Physeter macrocephalus*) в воды России. Также возможны заходы хохлача (*Cystophora cristata*).

Таким образом, Российская зона Баренцева моря является местом обитания многочисленных китообразных и ластоногих, которых достаточно активно исследуют в последние годы. Самыми массовыми видами здесь являются: гренландский тюлень, кольчатая нерпа, беломордый дельфин, малый полосатик и морская свинья. Получаемая в Российской зоне Баренцева моря информация о морских млекопитающих используется для контроля состояния окружающей среды, в экологическом моделировании, при оценке воздействия на объекты питания животных, в первую очередь рыб, а также при

прогнозировании состояния запасов промысловых видов ластоногих (гренландский тюлень, нерпа, морской заяц) и белухи.

Список использованной литературы

Бурдин, А.М. Морские млекопитающие России: справочник-определитель / А.М. Бурдин, О.А. Филатова, Э. Хойт. – Киров: Кировская областная типография, 2009. – 208 с.

Зырянов, С.В. Обыкновенный тюлень (*Phoca vitulina*) Восточного побережья Баренцева моря: современный статус и состояние популяции / С.В. Зырянов // Материалы Международной конференции «Морские млекопитающие Голарктики», г. Архангельск. – 2000. – С. 135-139.

Ластоногие и зубатые киты. Млекопитающие Советского Союза. В 3 томах. Т. 2 / В.Г. Гептнер, К.К. Слайдер, В.А. Арсеньев [и др.]. – М.: Высшая школа, 1976. – 717 с.

Лукин, Л.Р. Морские млекопитающие Российской Арктики: эколого-фаунистический анализ / Л.Р. Лукин, Г.Н. Огнетов. – Екатеринбург: УО РАН, 2009. – 202 с.

Морские млекопитающие Российской Арктики и Дальнего Востока: атлас / С. Б. Беликов, В. Н. Бурканов, М. И. Варенцов [и др.] ; составление и общая ред. А. И. Исаченко ; Роснефть [и др.]. – Москва, 2017. – 311, [1] с. : ил. – (Атласы морей Российской Арктики). ISBN 978-5-9908796-7-6.

Светочев, В.Н. Распределение атлантического моржа (*Odobenus rosmarus rosmarus* L.) в Белом, Баренцевом и Карском морях в 2004-2007 гг. Морские млекопитающие Голарктики / В.Н. Светочев, О.Н. Светочева // Морские млекопитающие Голарктики : сб. науч. тр. по материалам Пятой Междунар. конф. (Одесса, Украина, 14-18 окт. 2008 г.) / Совет по морск. млекопитающим. – Одесса : Астропринт, 2008. – С. 543-544.

Belikov, S.E. Distribution of cetaceans in the Russian Arctic according to observations from aerial reconnaissance of sea ice. Belugas in the North Atlantic and the Russian Arctic / S.E. Belikov, A.N. Boltunov // NAMMCO Scientific Publications. – 2002. – Vol. 4. – P. 69-86.

Bjørge, A.J. Distribution and abundance of harbour porpoise, *Phocoena phocoena*, in Norwegian waters / A.J. Bjørge, N. Øien // Report of the International Whaling Commission. – 1995. – Iss. 16. – P. 89-98.

Estimating the Barents Sea polar bear subpopulation size / J. Aars, T.A. Marques, S.T. Buckland [et al.] // Marine Mammal Science. – 2009. – № 25 (1). – P. 35-52.

Gavrilo, M.V. Status of the bowhead whale *Balaena mysticetus* in the waters of Franz Josef Land Archipelago : Paper SC/66a/BRG20 presented to the

IWC Scientific Committee meeting, 19 May – 3 June 2015, San Diego, CA, USA/ M.V. Gavrilov. – San Diego, 2015. – 11 p.

Marine mammals of the Barents Sea / T. Haug, A. Bjorge, N. Oien [et al.]// The Barents Sea: ecosystem, resources, management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation / IMR, PINRO ; ed.: T. Jakobsen, V.K. Ozhigin. – Trondheim, 2011. – Chap. 7.1. – P. 395-430.

Joint Norwegian-Russian environmental status 2013. Report on the Barents Sea Ecosystem. Part II – Complete report / S. Aanes, J. Aars, G. Alekseev [et al.] ; ed.: M. M. McBride, J. R. Hansen, O. Korneev, O. Titov ; co-ed.: J. E. Stiansen, J. Tchernova, A. Filin, A. Ovsyannikov ; IMR, PINRO. – Bergen : IMR, 2016. – 351 p. – (IMR/PINRO Joint Report Series, ISSN 1502-8828 ; no. 2/2016).

Leonard, D., Øien N. Estimated Abundances of Cetacean Species in the Northeast Atlantic from Two Multiyear Surveys Conducted by Norwegian Vessels between 2002 and 2013 / D. Leonard, N. Øien // NAMMCO Scientific Publications 11. – 2020. – 25 p.

Leonard, D. Estimated Abundances of Cetacean Species in the Northeast Atlantic from Norwegian Shipboard Surveys Conducted in 2014-2018 / D. Leonard, N. Øien // NAMMCO Scientific Publications 11. – 2020. – 19 p.

Marine mammal consumption and fisheries removals in the Nordic and Barents Seas // M. Skern-Mauritzen, U. Lindstrøm, M. Biuw [et al.] // ICES Journal of Marine Science. – 2022. – Vol. 79. – 22 p.

Rice, D.W. Marine mammals of the world: systematics and distribution / D.W. Rice. – Yarmouth Port, Massachusetts : Society for Marine Mammalogy, 1998. – 231 p. – (Special publication ; Nu. 4 / the Society for Marine Mammalogy). – ISBN 1-891276-03-4.

Solvang, H.K. Abundance estimates of common minke whales in the Northeast Atlantic based on survey data collected over the period 2008-2013 : Paper SC/66a/RMP8 / H.K. Solvang, H.J. Skaug, N. Øien. – International Whaling Commission, 2015. – 10 p.

The Distribution of Marine Mammals in the Northern Sea Route Area / S. Belikov, A. N. Boltunov, T. P. Belikova [et al.] // INSROP Working Papers. – 1998. – № 118, Vol. II.4.3. – 49 p.

Ziryanov, S.V. Grey seals on the Murman coast, Russia: status and present knowledge / S.V. Ziryanov, V.L. Mishin // NAMMCO Scientific Publications. – 2007. – Vol. 6. – P. 13-21.

Øien N. A note on Lagenorhynchus species in Norwegian waters : Working paper (WP5) to the ICES Study Group on Seals and Small Cetaceans in European Seas (Cambridge, 31 March-2 April 1993). – London, 1993. – 9 p.

Øien, N. Distribution and abundance of large whales in Norwegian and adjacent waters based on ship surveys 1995-2001 / N. Øien // NAMMCO Scientific Publications. – 2009. – Vol. 7. – P. 31-47.

КОНЦЕНТРАЦИЯ КИСЛОРОДА В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ МОРСКИХ ПРИЛЕДНИКОВЫХ ОСАДКОВ ФЬОРДОВ ШПИЦБЕРГЕНА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРАМИНИФЕР

О.В. Князева^{1,2}, С.А. Корсун^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ),
г. Санкт-Петербург

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН),
г. Москва

Важными факторами, от которых зависит вертикальное распределение фораминифер в осадке, следует считать наличие кислорода и доступность органики, они оба тесно связаны между собой. Для объяснения их корреляции была предложена ТРОКС-модель, описывающая три типа местообитаний: олиготрофные, мезотрофные и эвтрофные (Jorissen, Stigter, Widmark, 1995). В олиготрофных станциях малое количество органики достигает дна и все доступное органическое вещество сосредоточено на поверхности осадка и в пределах его верхнего сантиметра. Кислород в таких местообитаниях может проникать на достаточную глубину в осадок, однако именно наличие органики является фактором, лимитирующим глубину, на которой может обитать фауна фораминифер, и здесь встречаются только таксоны, населяющие верхний сантиметр осадка и его поверхность. Таксоны, принадлежащие инфауне, в таких местообитаниях не отмечаются.

В мезотрофных водоемах доступное органическое вещество уже не ограничено верхним сантиметром осадка, а проникает и в более глубокие его слои, однако этого количества органики недостаточно для того, чтобы весь кислород, содержащийся в поровой воде, израсходовался на ее окисление. В данном случае среди фауны фораминифер можно выделить как таксоны, населяющие верхний интервал осадка, так и таксоны, обитающие в более глубоких слоях грунта.

В эвтрофных местообитаниях фактором, контролирующим распределение фораминифер, служит уже не количество органики, а концентрация кислорода, поскольку он почти весь расходуется на окисление органического вещества, присутствующего здесь в большом количестве. С увеличением количества органики, поступающей на дно, граница между аэрируемыми слоями осадка и бескислородными его слоями будет подниматься в верхние сантиметры грунта. Фораминиферы, в свою очередь, также будут населять только верхние интервалы осадка, причем таксоны, встречающиеся здесь, будут представлены типичной инфауной.

В фьордах не было изучено ни вертикальное распределение фораминифер, ни вертикальное распределение кислорода. Неизвестно, можно ли применять к приледниковому сообществу бентосных фораминифер данную модель и если это так, то какой из трех случаев лучше всего описывает структуру сообщества.

Материал для данного исследования представлял собой колонки донного грунта диаметром 6-7 см и высотой 10 см. Колонки были получены в ходе NP 10-15, НИС «Lance» в фьордовой системе Кунгсфьорден на севере острова в августе 2010 г. Также в наше распоряжение были предоставлены колонки, отобранные в Темпельфьорде в 2001 и 2004 гг. Донный грунт, отбирался с помощью мультикорера либо коробчатого дночерпателя.

В Кунгсфьорде было взято девять колонок с донным грунтом на четырех станциях (рис. 1). Таким образом, на каждой станции было получено две или три повторности. После поднятия на палубу трубка мультикорера отсоединялась от рамы и аккуратно переносилась в вертикальном положении в бортовую лабораторию. Там трубки помещали на вертикально стоящий поршень и с его помощью постепенно выдавливали колонку грунта. По мере выдавливания колонку разрезали при помощи металлических пластин на горизонтальные интервалы. Если донный осадок был поднят коробчатым дночерпателем, то в грунт вертикально вдавливали трубку от мультикорера, и затем для нее повторялась та же процедура, что и для трубок, поднятых мультикорером. Каждая колонка имела высоту 10 см и была поделена на интервалы следующим образом. Верхние два сантиметра (0-2 см) были разделены на четыре образца толщиной 0,5 см. Следующие четыре сантиметра (2-6 см) были разделены на четыре интервала толщиной 1 см. И наконец, нижняя часть колонки (6-10 см) была разрезана на два интервала толщиной 2 см. Периферический ободок (толщиной около 0,5 см) каждого среза выбрасывали для того, чтобы предотвратить загрязнение подповерхностных проб разжиженным поверхностным илом, который размазывается по внутренней поверхности трубки в процессе ее вдавливания в осадок. Каждый срез осадка был помещен в пластиковую банку объемом 250 мл со спиртовым раствором (96 %) красителя бенгальского розового, предназначенного для неспецифичного окрашивания цитоплазмы, содержащейся в раковинах (окрашенные экземпляры учитываются как живые на момент фиксации). Грунт тщательно перемешивался с фиксатором, и в таком виде пробы хранились в течение нескольких месяцев. Материал был доставлен в лабораторию геологического факультета г. Тромсё, Норвегия. Там пробы были промыты через сито с размером ячеей 0,125 мм и высушены на нагревательном столике при температуре 60 °С.

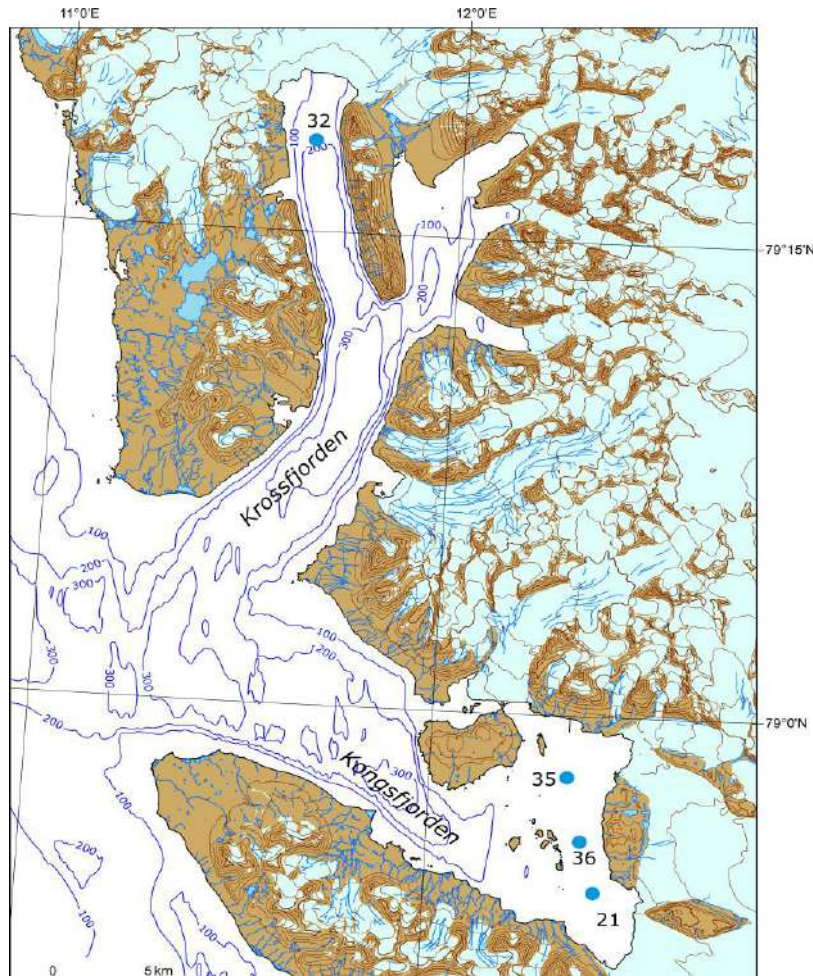


Рис. 1. Станции отбора проб во фьордовой системе Кроссфьорд-Кунгсфьорд

Процедуры, примененные к ранее полученным пробам из Темпельфьорда, несколько отличались. В 2001-2004 гг. в ходе рейсов НИС Jan Mayen в Темпельфьорде было отобрано десять колонок грунта с восьми станций (рис. 2). Трубки, содержащие донный грунт, были заморожены в вертикальном положении непосредственно на борту корабля, доставлены в лабораторию геологического факультета Арктического университета г. Тромсё и хранились там при температуре -18°C . В лаборатории верхние 8 см трубок, собранных в 2001 г., были разрезаны на горизонтальные интервалы в 1 см. Так же поступили и с одной трубкой, собранной в 2004 г. У остальных трубок, собранных в 2004 г. на исследование, были взяты верхние 10 см с шагом в 1 см. Дальнейшая пробообработка была аналогична описанной выше для Кунгсфьорда.

Разбор проб велся под бинокляром МБС-10. Фораминиферы определялись до вида, подсчитывалось количество живых и мертвых экземпляров.

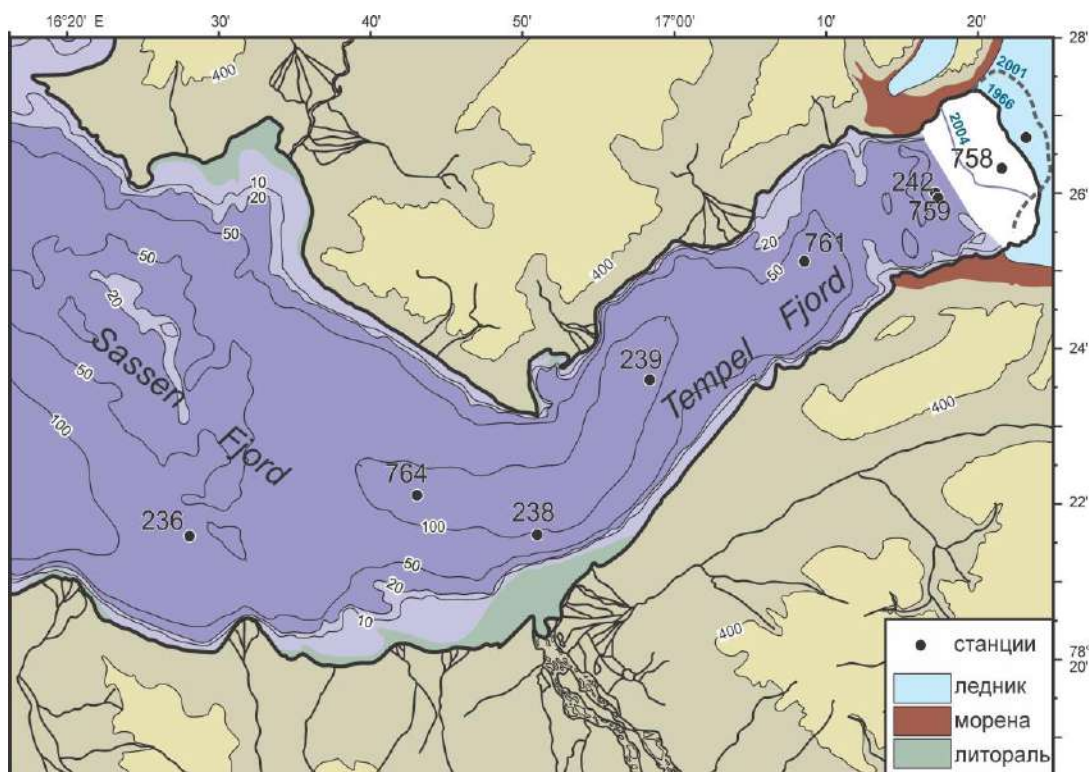


Рис. 2. Станции отбора проб в Темпельфьорде

В ходе рейса 2010 г. параллельно с отбором проб на фораминиферовый анализ были получены данные о концентрации кислорода в донном осадке. Кислород был измерен в пяти колонках с четырех станций. Сразу после поднятия колонок на борт или вырезания их из грунта, полученного коробчатым дночерпателем, их в вертикальном состоянии переносили в бортовую лабораторию, где колонка прочно закреплялась в вертикальном положении, и в грунт помещался оптический микросенсор «Retractable Needle-Type Oxygen Sensor» (производитель Pyro Science). Для калибровки сенсора использовалась вода, из которой с помощью продувки азотом был удален кислород – в качестве нуля значений, и хорошо аэрированная вода – в качестве максимального значения (100 %). Считывая профиль, микросенсор постепенно погружался в грунт с шагом 400 мкм. На каждой считываемой точке сенсор ждал 3-5 с. Обработка данных, полученных с микросенсора, велась с помощью программного обеспечения «Profix v4.23». Измерение концентрации кислорода в осадке было выполнено И. Б. Кузнецовым.

Ранее проведенные исследования площадного распределения бентосных фораминифер в Темпельфьорде, показали, что при удалении от ледника растет как численность протистов, так и видовое разнообразие (Korsun, Hald, 2000). По аналогии, станции, на которых велся пробоотбор, были подразделены на две группы: проксимальные к леднику и дистальные

от него. В Кунгсфьорде подобных исследований не проводилось, но так как общая численность фораминифер на станциях сильно варьировала, мы классифицировали их таким же образом.

На проксимальных станциях обнаружено от трех до десяти таксонов и от десяти до семнадцати таксонов – на дистальных. На дистальных станциях живые фораминиферы встречались вплоть до нижних 10 см осадка, хотя их общее число заметно уменьшалось с глубиной грунта. В некоторых проксимальных к леднику станциях живых фораминифер в нижних интервалах не встречено, и максимальная глубина их проникновения в осадок составляла 6-7 см. Наиболее массовыми видами (численность превышает 100 экз. на 10 см³) в обоих фьордах были *Elphidium excavatum* f. *clavata*, *Cassidulina reniforme*, *Nonionellina labradorica*, *Islandiella norcrossi* s.l. – из известковых фораминифер, а также *Labrospira crassimargo* – из агглютинирующих. Для Кунгсфьорда массовыми также оказались агглютинирующие *Reophax scopiurus* и *Adercotryma glomerata*.

Характер вертикального распределения каждого отдельного вида фораминифер не менялся от повторности к повторности. Небольшие отклонения, как например, подповерхностный пик у *Elphidium excavatum* f. *clavata* и *Cassidulina reniforme*, являются, скорее всего, артефактами, получившимися при отборе проб.

Для измерения концентрации кислорода в толще донного осадка на станции 21 было взято две колонки с грунтом, в каждой из которых сделано по две повторности, на станции 32 – одна колонка с двумя повторностями, на станциях 35 и 36 – по одной колонке с одной повторностью.

Во всех станциях верхние миллиметры осадка хорошо аэрировались, и его концентрация превышала 5 мл/л. Содержание кислорода в осадке падало экспоненциально. Подповерхностных пиков концентрации не наблюдалось ни на одной станции. Максимальная глубина осадка, на которой отмечены следовые количества кислорода (концентрация менее 0,1 мл/л), – от 0,32 до 1,4 см. Подповерхностных пиков концентрации кислорода не обнаружено.

Таким образом, вертикальное распределение кислорода здесь имеет такой же характер, как и в шельфовых донных осадках, где глубина его проникновения составляет около 5 мм (Ziebis, Huettel, Forster, 1996), и отличается от глубоководных стаций, где он может проникать на глубину в несколько сантиметров (Migratory responses of..., 2004).

В пробах были найдены таксоны с двумя типами вертикального распределения. Для *E. excavatum* f. *clavata*, *C. reniforme*, *L. crassimargo*, *I. norcrossi* s.l., а также для всех массовых агглютинирующих таксонов характерен первый тип распределения. Эти виды имеют поверхностный пик численности и относятся к поверхностной инфауне.

Для *N. labradorica* и видов, относящихся к полиморфинидам, характерен третий тип вертикального распределения с подповерхностным пиком численности. Таким образом, они являются представителями типичной глубокой инфауны.

В станциях, проксимальных к леднику, не был найден ни один таксон, для которого был бы характерен подповерхностный пик численности. Все массовые виды фораминифер, обитающие у ледника, имеют пик численности в пределах верхнего сантиметра осадка. Таким образом, в приледниковых местообитаниях основная масса фораминифер представлена исключительно неглубокой инфауной.

Не было встречено ни одного таксона, у которого менялась глубина нахождения пика его численности. По мере удаления от ледника численность фораминифер возрастает, но профиль их распределения остается неизменным.

Считается, что в фьордах на дне сосредоточено очень малое количество органики, однако при сравнении вертикального распределения кислорода с имеющейся моделью видно, что приледниковые фьорды сходны с мезотрофными водоемами, однако из-за стресса, создаваемого ледником, вся фауна фораминифер здесь сосредоточена в верхнем сантиметре осадка и представлена неглубокой инфауной, как и в случае олиготрофных местообитаний. Таким образом, структура приледникового сообщества фораминифер не вписывается ни в одну из ситуаций, описанных в ТРОКС-модели.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 21-17-00235.

Список использованной литературы

Jorissen, F.J. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats / F.J. Jorissen, H.C. de Stigter, J.G.V. Widmark // *Marine micropaleontology*. – 1995. – Т. 26, № 1-4. – С. 3-15.

Korsun S. Seasonal dynamics of benthic foraminifera in a glacially fed fjord of Svalbard, European Arctic / S. Korsun, M. Hald // *The Journal of Foraminiferal Research*. – 2000. – Т. 30, № 4. – С. 251-271.

Migratory responses of deep-sea benthic foraminifera to variable oxygen conditions: laboratory investigations / E. Geslin [et al.] // *Marine Micropaleontology*. – 2004. – Т. 53, № 3-4. – С. 227-243.

Ziebis W. Impact of biogenic sediment topography on oxygen fluxes in permeable seabeds / W. Ziebis, M. Huettel, S. Forster // *Marine Ecology Progress Series*. – 1996. – Т. 140. – С. 227-237.

О ПИТАНИИ КРЕВЕТКИ *SABINEA SEPTEMCARINATA* ИЗ КАРСКОГО МОРЯ

К.А. Кобяков

Калининградский технический университет (КГТУ), г. Калининград

Введение

Креветка *S. septemcarinata* (Sabine, 1824) – представитель семейства Crangonidae Haworth, 1825, все члены которого зарывающиеся (Буруковский, 2017), циркумарктические виды, обитающие во всех северных морях России. Кроме этого, объект известен у арктических берегов Канады и Аляски, в Северной Атлантике и прилегающей Арктике – от восточного и западного побережья Гренландии до Гудзонова залива и мыса Код у восточного побережья США. На востоке – от Исландии, Британских и Фарерских о-вов до Шпицбергена, в Баренцевом и Белом морях. В Северной Пацифике – на юге до штата Вашингтон вдоль американского побережья и Северного Приморья вдоль азиатского побережья. Встречается на глубинах от 20 до 700 м (Соколов, 2001; Марин, 2013).

Изучение Арктического бассейна в последние годы приобрело большое значение в связи с тем, что глобальное потепление сделало данный регион доступным для исследований. В том числе выяснилось, что креветку *Sabinea septemcarinata* в уловах бим-тралом можно считать одним из массовых видов данного региона (Гуков, 2013), но изученность ее биологии остается недостаточной.

Исходя из этого, целью данной работы является описание состава пищи этой креветки.

Материал и методика

Материал собрали научные сотрудники ИОРАН РФ В.Л. Семин и М.И. Симаков в Карском море в августе 2018 г. на глубинах от 64 до 148 м.

Орудие лова – бим-трал. Объекты зафиксировали в 4 %-ном растворе формальдегида, исследовали 59 экз., у 37 из них желудки были с пищей, а у 3 – полные. Это соответствует критерию необходимой достаточности: минимальному (30) количеству желудков, в которых встречено не менее 80 % пищи, у исследуемой креветки (Cartes, Sarda, 1989). Для изучения содержимого желудков использовали методику Буруковского (2022). Извлеченный из тела креветки желудок помещали в каплю воды в чашке

Петри, после его вскрытия препаровальными иглами определяли степень наполнения желудка пищей по 4-балльной шкале, где 0 – желудок пустой; 1 – пища занимает менее половины объема желудка; 2 – пища занимает примерно половину (от одной до двух третей) объема желудка; 3 – желудок полный. В неполных желудках (балл наполнения 1 и 2) устанавливали состав съеденного. В пищевых комках полных желудков, кроме этого, визуальным образом оценивали долю основных объектов с точностью до 10 %. Пищевые и непищевые объекты, составляющие менее 10 % объема пищевого комка, перечислялись. По результатам исследования содержимого всех желудков с пищей (полных и не полных) подсчитывали частоту встречаемости всех пищевых компонентов (процент встречаемости данного компонента пищи от общего количества желудков с пищей). По данным, полученным при анализе состава пищи полных желудков, определяли среднюю долю каждого компонента питания, занимающего 10 % и более объема пищевого комка. В результате получали реконструированный усредненный (виртуальный) пищевой комок. Все пищевые компоненты, поддающиеся подсчету и измерению, пересчитывали и измеряли. Под пищевыми компонентами мы подразумеваем и живые, и неживые остатки, встреченные в желудках, в отличие от пищевых объектов, т.е. тех компонентов пищевого комка, которые использует креветка в качестве пищи. Кроме этого, вычисляли среднее количество пищевых объектов в желудке (коэффициент Фроермана) как общую сумму процентов частоты встречаемости всех пищевых объектов, деленную на 100, а также индекс доминирования (или индекс Таривердиевой) – частоту встречаемости полных желудков, в которых один компонент пищевого комка составляет не менее 60 % от его объема (Буруковский, 2009).

Результаты

Интенсивность питания. У 2/3 креветок (62,7 %) в желудках была пища, но интенсивность питания оказалась относительно низкой, так как почти у половины особей (49,1 %) пищи в желудке оказалось очень мало: балл наполнения – 1, а полных желудков – 3 (5,1 %).

Характеристика объектов питания. Содержимое желудков креветки можно подразделить на четыре основные группы компонентов питания: неорганическая часть (в данном случае – песок), детрит, неопределенные остатки и пищевые объекты (см. таблицу). Песчинки имеют размеры около 0,1 мм, т.е. мелкие относятся к разряду мелкоалевритных илов (Петелин, 1967). Практически в каждом желудке креветки присутствует детрит в виде рыхлой массы от сероватого до

черного цвета. Встречены полихеты из семейства Nereidae (эррантные формы с размером щетинок от 0,35 до 1,3 мм). Можно предположить, что *S. septemcarinata* бентофаг, который в Карском море в августе 2018 г. питался преимущественно детритом, а также эррантными полихетами.

По **частоте встречаемости** все пищевые объекты можно разделить на две группы (см. таблицу). Первая – детрит, обнаруженный в каждом желудке, составляет 100 %. Вторая – полихеты – 16,2 %, песок – 5,4 % и неопределенные остатки – 2,7 %. Коэффициент Фроермана (K_f) равен 1,2, что характерно для хищников, у которых он примерно такой же (1) (Буруковский, 2022), т.е. у них в желудках обычно присутствует один объект питания. Отнести *S. septemcarinata* к нападающим хищникам вряд ли возможно, так как это зарывающиеся ракообразные, а они, как правило, ведут себя как хищники-собиратели (Буруковский, 2017). И относятся, скорее всего, к детритофагам, которые могут напасть на подвернувшуюся жертву.

Виртуальный пищевой комок. Более чем две трети объема пищевого комка составлял детрит – 70 %, полихеты – 30 %. Эти два пищевых объекта заполняют весь усредненный (виртуальный) пищевой комок и служат главной пищей креветки *S. septemcarinata*.

Суммарный индекс доминирования (индекс Тарвердиевой) равен 100 %. Это свидетельствует о том, что в каждом полном желудке преобладал какой-то один из компонентов пищевого комка: детрит – 66,7 % и полихеты – 33,3 %.

Состав пищи креветки *S. septemcarinata* из Карского моря, %

Объект питания	Частота встречаемости	Доля в виртуальном пищевом комке	Индекс доминирования
Детрит	100	70	66,7
Полихета	16,2	30	33,3
Неопределенные остатки	2,7	–	–
Песок	5,4	–	–
Объем материала (с пищей/полных)	37	3	–
Коэффициент Фроермана	1,2	–	–

Можно сделать вывод, что *S. septemcarinata* по составу пищи бентофаг и детритофаг с элементами поведения хищника. В Карском море в летний период 2018 г. креветка питалась преимущественно детритом и эррантными и полихетами.

Обсуждение

Изучаемая нами креветка – детритофаг с элементами поведения нападающего хищника (Буруковский, 2022). Это подтверждается коэффициентом Фроермана, близким к единице (1,2), что характерно именно для нападающих хищников (Буруковский, 2022). Об этом же свидетельствует небольшое количество доминирующих объектов питания: детрит и полихеты, а остальные, найденные в желудках, попадались лишь случайно. Такой узкий спектр питания не очень типичен для видов, относящихся к жизненной форме зарывающиеся креветки (Буруковский, 2017). Следовательно, можно предположить, что для креветки *S. septemcarinata* характерна некая избирательность в пище; это, видимо, ограничивает доступность к большей части потенциальных жертв, обычных для бентофагов. Или же это связано со временем сбора материалов. По сообщению А.А. Гусева, предоставившего нам эти материалы, сроки (август) сборов креветок пришлись на самое теплое время, когда величина экспозиции между поимкой и фиксацией привела к частичной переваренности пищи в желудках, и что могло повлиять на результат. Несмотря на то, что изучаемый нами вид ракообразных детритофаг, у него в пище важную часть занимает эррантная форма полихет (доля в виртуальном пищевом комке – 30 % и индекс доминирования – 33,3 %), и поскольку в пищевых объектах, кроме детрита, присутствуют только эррантные полихеты, креветку можно считать потребителем эпифауны.

Список использованной литературы

Буруковский, Р.Н. Питание и пищевые взаимоотношения креветок / Р.Н. Буруковский. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО КГТУ, 2009. – 408 с.

Буруковский, Р.Н. Креветки западноафриканских вод (географическое распространение, закономерности горизонтального и вертикального распределения, жизненные формы и экологическая структура таксоценов) / Р.Н. Буруковский. – СПб.: Проспект науки, 2017. – 512 с.

Буруковский, Р.Н. Состав пищи и пищевые взаимоотношения / Р.Н. Буруковский. – СПб.: Проспект науки, 2022. – 567 с.

Гуков, А.Ю. Экология донных биоценозов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского: специальность 03.02.08: диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / А.Ю. Гуков. – Якутск, 2013. – 417 с.

Марин, И.Н. Малый атлас десятиногих ракообразных России / И.Н. Марин; Российская акад. наук, Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.И. Северцева. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. – 145 с.

Петелин, В.П. Гранулометрический анализ морских донных осадков / В.П. Петелин; АН СССР. Ин-т океанологии. – М.: Наука, 1967. – С. 11.

Соколов, В.И. Десятиногие ракообразные (Crustacea Decapoda) евразийских морей полярного бассейна: специальность 03.00.08: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / В.И. Соколов. – М., 2001. – 248 с.

Cartes, J.E. Feeding ecology of the deep-water aristeid crustacean *Aristeus antennatus* / J.E. Cartes, F. Sarda // Marine Ecology Progress Series, 1989. – Vol. 54. – P. 229-238.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЧИВОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСА ТРЕСКИ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В ПЕРИОД 1980-2021 гг.

*Ю.А. Ковалев, В.А. Изшин, Н.А. Ярагина,
А.Г. Трофимов, Е.В. Сентябов, М.Ю. Анциферов
Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

Введение

Нагульные миграции северо-восточной арктической (СВА) трески в Баренцевом море и сопредельных водах начинаются в апреле-мае и проходят из районов нереста и зимовки в направлениях на север и восток. Окраин ареала треска достигает обычно в августе-октябре, рассредоточиваясь в поисках пищи на обширной акватории. Отечественный траловый промысел в это время ведется в южной части Баренцева моря и Медвежинско-Шпицбергенском районе. Местоположение промысла испытывает межгодовые вариации, связанные с изменениями распределения рыб в связи с колебаниями климата и состоянием запасов рыб, поэтому изучение закономерностей этих смещений весьма актуально. На основе данных о траловых промысловых уловах трески были определены ежегодные центры распределений вылова (центроиды) в трех районах нагула трески в Баренцевом море в августе-октябре 1980-2021 гг., которые наряду с долями вылова трески к северу и востоку от среднемноголетнего положения центроидов и площадями промысла послужили индексами распределения запасов трески в указанный период.

Материалы и методы

Динамика промыслового и нерестового запасов СВА трески и ее вылова в 1980-2021 гг. представлены по данным Рабочей группы ИКЕС по арктическому рыболовству (AFWG 2021) (Arctic Fisheries Working..., 2021; рис. 1).

В работе использовались данные о российском вылове трески за 1980-2021 гг. по промысловым операциям донным тралом на акватории Баренцева моря (широта/долгота/вылов в тоннах). Учитывались только траления, в которых треска составляла не менее 50 % улова, при этом были исключены данные научных съемок ПИНРО и уловы менее 0,2 т/траление, чтобы отсеять научно-исследовательские, незначительные или случайные уловы. Данные объединялись ежемесячно по четырем районам (рис. 2). Выделение

районов выполнено экспертно и связано с жизненным циклом и сезонными миграциями трески в Баренцевом море, которые приурочены к основным течениям. Целью данного районирования было разделение районов нагула трески (районы 1, 2 и 4), которые, вероятно, в первую очередь подвергаются воздействию изменений климата, от районов нереста и зимовки (район 3), которые, как мы полагаем, более консервативны/устойчивы в плане сдвигов местоположения скоплений трески. Эти четыре района разделены по 74,50° с.ш. и 37,00° в.д., по линии о-в Медвежий – м. Зюйдкап (южная оконечность о-ва Западный Шпицберген) и глубоководному желобу до середины линии между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа.

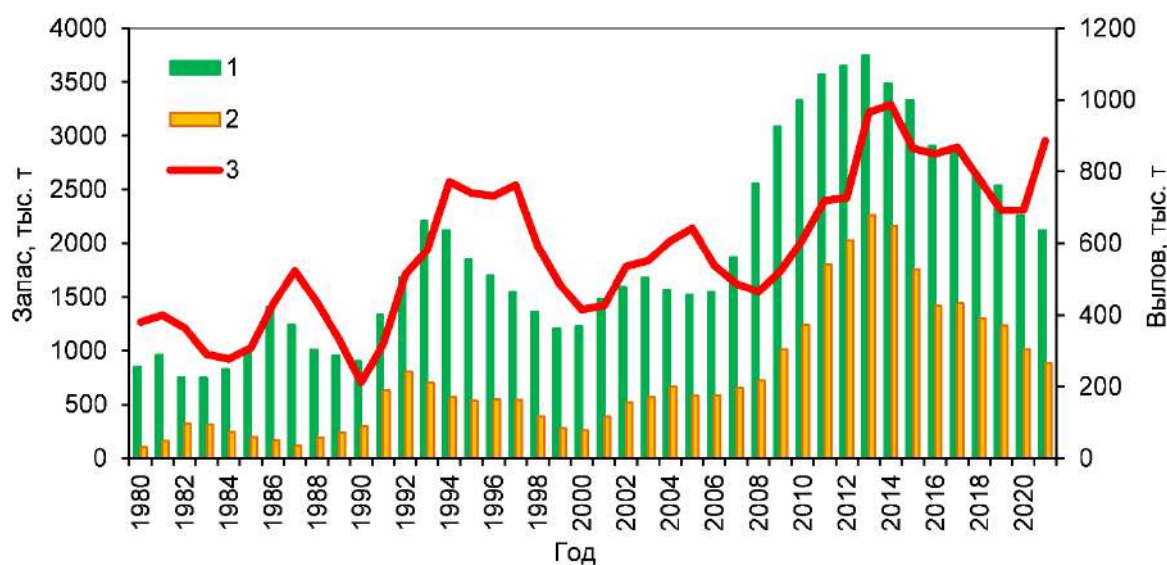


Рис. 1. Промысловый (1), нерестовый (2) запасы и общий вылов (3) СВА трески в 1980-2021 гг. (данные AFWG 2021)

В качестве индикатора распределения трески на акватории исследования приняты позиции результативных промысловых тралений. Вычислены годовые, среднемноголетние и пентадные центроиды распределения скоплений трески в августе-октябре (когда треска имеет наиболее широкое распределение) в районах 1, 2 и 4, которые характеризуют районы нагула СВА трески. Расчеты годовых центроидов (т.е. центроидов ежегодных выловов трески в нагульный период) проводились по формулам (Эффекты современных изменений..., 2014):

$$\varphi_{cj} = \frac{\sum \varphi_i \times C_{ij}}{\sum C_{ij}}, \lambda_{cj} = \frac{\sum \lambda_i \times C_{ij}}{\sum C_{ij}},$$

где φ_{cj} и λ_{cj} – соответственно широта и долгота центроида для j -го года;

φ_i и λ_i – широта и долгота левого нижнего угла i -го промышленного квадрата (трапеции со сторонами 10' широты и 30' долготы);
 C_{ij} – суммарный вылов трески в i -ом квадрате в j -ом году (в августе-октябре). Пентадные центроиды – это φ_{cj} и λ_{cj} , осредненные за пять лет, а среднемноголетние центроиды – это φ_{cj} и λ_{cj} , осредненные за весь период наблюдений.

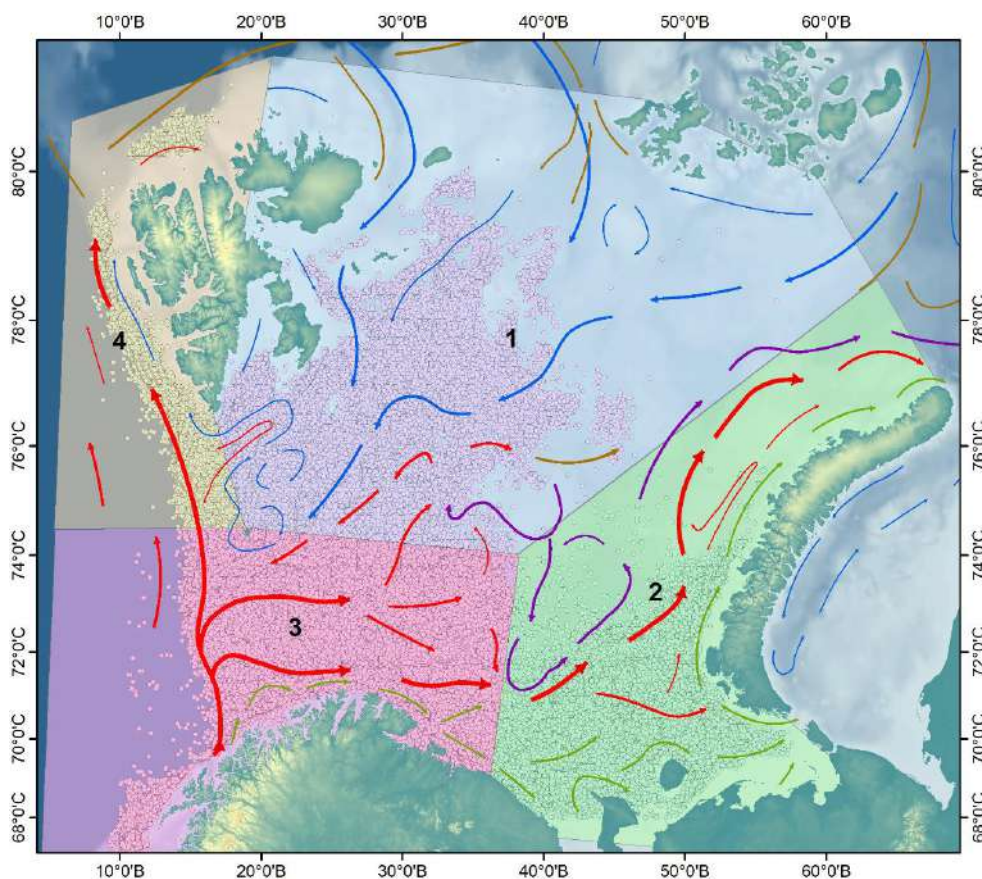


Рис. 2. Суммарное (1980-2021 гг.) распределение промысла СВА трески (кружки) в четырех районах Баренцева моря и сопредельных вод (пояснения в тексте) на фоне схемы течений (красные стрелки – воды атлантического происхождения, зеленые – прибрежные воды, синие – арктические воды, фиолетовые – холодные донные воды, коричневые – атлантические трансформированные воды (по: Воды Баренцева моря..., 2016))

Для районов 1, 2 и 4 по каждому году вычислены доли промысла трески в августе-октябре к северу и востоку от среднемноголетнего положения центроидов (район 1 – 76,35° с.ш. и 26,68° в.д.; район 2 – 70,67° с.ш. и 43,32° в.д.; район 4 – 76,63° с.ш. и 14,52° в.д.) и площади промысла (распределения) трески.

Статистическая обработка данных и построение графиков выполнялись в программе Microsoft Excel 2016 (надстройка «Анализ данных») и гео-статистической программе ArcGis 10.2.

Результаты

На фоне изменений климата в последние десятилетия происходили колебания запаса СВА трески, связанные с появлением поколений различной урожайности и изменением пресса промысла. В 1980-е годы как промысловый, так и нерестовый запасы находились на низком уровне (0,7-0,8 млн т в 1982-1984 гг., см. рис. 1). Появление одного богатого поколения 1983 г. на фоне высокой интенсивности промысла ($F = 0,8-0,9$) не привело к значительному улучшению ситуации. Отечественный вылов трески в 1983-1984 гг. упал до 22-23 тыс. т. В конце 1980-х – начале 1990-х годов, признав ситуацию критической, Смешанная российско-норвежская комиссия по рыболовству существенно снизила величину общего допустимого улова, а промысловая смертность (F) уменьшилась до 0,4-0,6. После чего, с появлением богатого поколения 1990 г., начался рост запаса, который достиг локального максимума в 1993-1994 гг. Однако промысловая смертность начиная с 1994 г. вновь превысила значения критического ориентира, определяемого в рамках предосторожного подхода – F_{lim} (0,74), и оставалась крайне высокой до начала 2000-х годов. В первой половине 2000-х годов состояние запаса оценивалось в пределах 1,2-1,6 млн т; с появлением двух богатых поколений 2004-2005 гг. и одновременным вступлением в действие Правила регулирования промысла (с 2003 г.), более строго и формализовано ограничивающего уровни эксплуатации (установлена целевая смертность $F = 0,4$), рост запаса заметно ускорился. Величина промыслового запаса к 2010 г. составила 3,3 млн т, что выше среднемноголетнего уровня (2,2 млн т за 1946-2020 гг.). Рост промыслового запаса трески достиг пика в 2012-2013 гг. (3,7 млн т), однако далее началось постепенное снижение биомассы трески, и в 2021 г. промысловый запас составил 2,1 млн т.

Максимально удаленными на север местами промысла трески в исследованные годы были в районе 1 – расположенные на $80,05^\circ$ с.ш., районе 2 – на $75,60^\circ$ с.ш. и районе 4 – на $81,02^\circ$ с.ш. Соответственно наиболее удаленными на восток местами промысла трески были в районе 1 – расположенные на $56,48^\circ$ в.д., районе 2 – на $51,32^\circ$ в.д. и районе 4 – на $18,68^\circ$ в.д. Сезонная динамика вылова была примерно сходной по всем районам нагула. Вылов здесь в среднем уменьшался в январе-мае и увеличивался в июне-ноябре (рис. 3). Увеличение вылова в районе 4 во второй половине года было не столь значительно по амплитуде, как в двух других районах нагула (1 и 2), что, по-видимому, связано с ограниченной здесь площадью шельфа, где ведется промысел. Динамика вылова в районе 3 (районы нереста и зимовки) была обратной таковой в районах нагула, что вполне согласуется с сезонным ходом миграций трески (Маслов, 1944; Треска Баренцева моря, 1996; Jakobsen, Ozhigin, 2011).

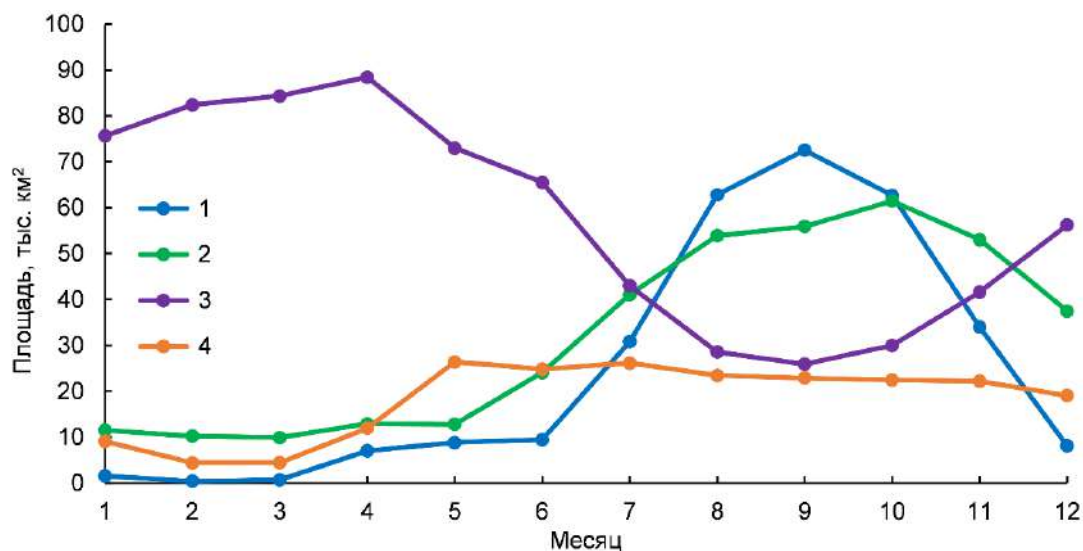


Рис. 3. Среднемноголетние (1980-2021 гг.) площади промысла СВА трески по месяцам в четырех районах Баренцева моря и сопредельных вод

Площади промысла, а следовательно площади распределения трески, во всех четырех районах демонстрируют значительные колебания по годам (рис. 4), однако в целом в исследованные годы происходило увеличение площади промысла: от 622,9 до 51880,5 км² в районе 1, от 15194,9 до 118946,7 км² в районе 2 и от 2707,8 до 49896,2 км² в районе 4. Наиболее значимый тренд на увеличение площади промысла отмечен для района 2 ($R^2 = 0,766$). В районе 3 отмечается слабый тренд на снижение площади промысла (с пиком в 1997-2001 гг., причины которого не вполне ясны).

Центроиды площадей промысла трески в районах 1 и 2 в исследованные годы постепенно смещались в северо-восточном направлении, а в районе 4 – в северном направлении (рис. 5). Максимальный размах между положениями центроидов в районе 1 составил 230 мор. миль (1981 и 2013 гг.), районе 2 – 186 мор. миль (1983 и 2013 гг.), районе 4 – 285 мор. миль (1996 и 2015 гг.). Пентадные центроиды еще более наглядно показывают смещение промысла: в районе 1 от самого южного и западного в 1981-1985 гг. к самому восточному в 2006-2010 гг. и самому северному в 2011-2015 гг. местоположению. В районе 2 пентадные центроиды сначала сдвигались в восточном направлении (от 1981-1985 к 1991-1995 гг.), тогда как сдвиг в северном направлении в эти годы практически отсутствовал (центроиды занимали положение между 70,02 и 70,24° с.ш.); к 2011-2015 гг. центроиды сдвинулись к самому северному местоположению (см. рис. 5).

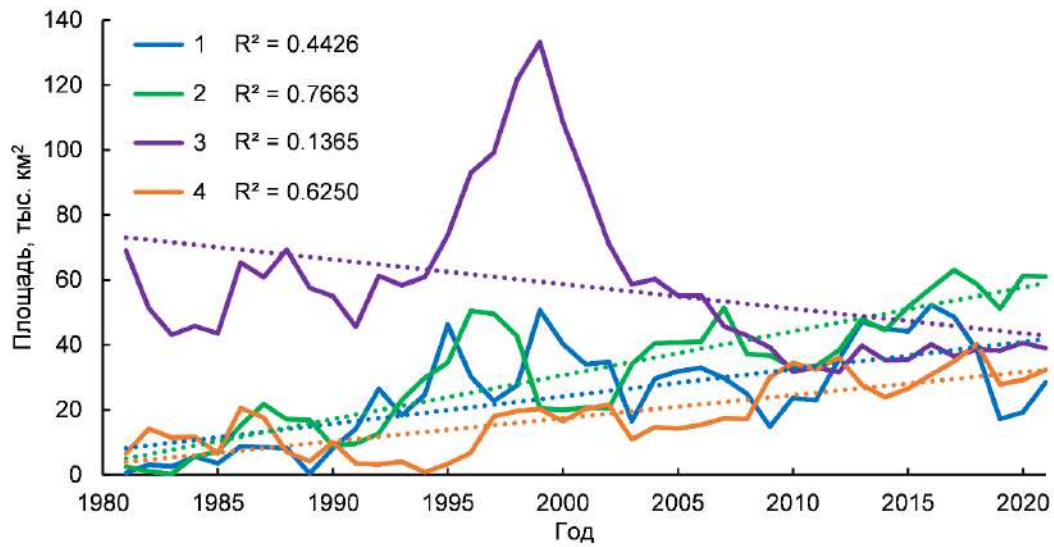


Рис. 4. Среднегодовые площади промысла СВА трески в четырех районах Баренцева моря и сопредельных вод в 1980-2021 гг. Пунктирной линией показаны линейные тренды. Все тренды статистически значимы с вероятностью 95 % (p -value = 0,05)

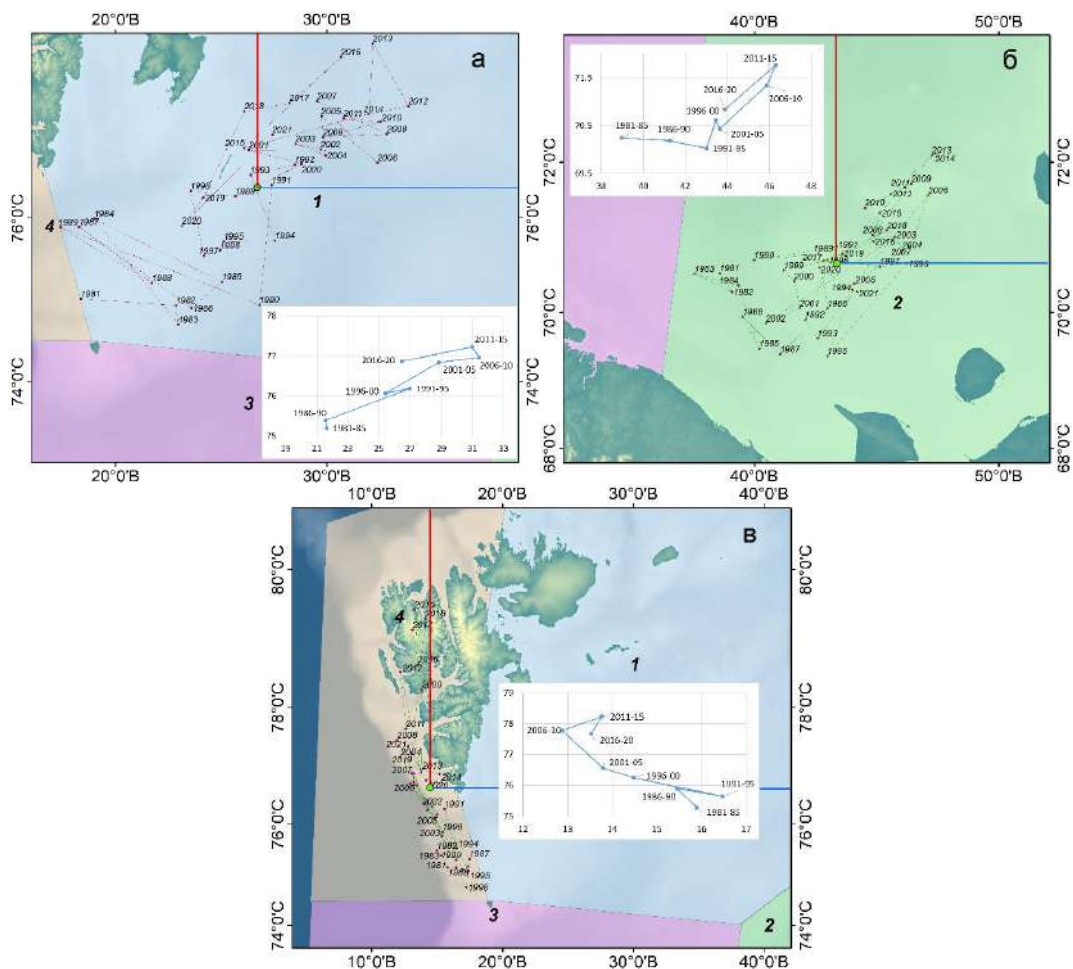


Рис. 5. Местоположение годовых (1980-2021 гг.), среднемноголетних и пентадных центровидов площадей промысла трески в районах 1 (а), 2 (б) и 4 (в)

Заключение

В последние десятилетия треска совершала все более протяженные миграции в северном и восточном направлениях, более широко распределяясь на акватории районов нагула. Сопоставление смещения положений центроидов и динамики промыслового запаса трески говорит о том, что эти показатели связаны. Увеличение запаса трески, который был наименьшим в начале 1980-х годов и достиг максимума в первой половине 2010-х годов, обусловило расширение площади промысла и, возможно, повлияло на смещение положения центроидов в северо-восточном направлении. Увеличение численности и биомассы запаса трески, вероятно, вынуждало рыб совершать все более протяженные миграции и распределяться на все более обширной акватории для поиска скоплений кормовых объектов, чему способствовало увеличение площади с благоприятной для их обитания температурой.

Результаты исследований могут быть использованы для анализа и прогноза влияния изменений климата и океанографических условий на распределение запасов тресковых рыб в Баренцевом море.

Список использованной литературы

Маслов, Н.А. Донные рыбы Баренцева моря и их промысел / Н.А. Маслов // Труды ПИНРО. – 1944. – Вып. 8. – С. 3-186.

Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость / В.К. Ожигин, В.А. Ившин, А.Г. Трофимов [и др.] // Мурманск: ПИНРО, 2016. – 260 с.

Треска Баренцева моря (биолого-промысловый очерк). – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1996. – 296 с.

Эффекты современных изменений климата в распределении промысловых скоплений северо-восточной арктической трески в период нагула / В.А. Боровков, А.Л. Карсаков, Н.А. Ярагина [и др.] // Вопросы промысловой океанологии. – 2014. – № 11. – С. 61-76.

Arctic Fisheries Working Group (AFWG). – DOI 10.17895/ices.pub.8196// ICES Scientific Reports. – 2021. – Vol. 3:58. – 817 p.

Jakobsen T. The Barents Sea: ecosystem, resources, management / T. Jakobsen, V.K. Ozhigin (Eds.) // Half a century of Russian-Norwegian cooperation. – Trondheim: Tapir Academic Press, 2011. – 825 p.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ РЫБОЛОВСТВОМ В АРКТИКЕ В УСЛОВИЯХ КОМПЛЕКСНОГО МОРЕПОЛЬЗОВАНИЯ

К.В. Колончин

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва*

Арктический регион, остававшийся большую часть XX века на обочине ключевых интересов ведущих государств мира, с началом XXI века все более превращается в глобально значимую зону экономического развития. Это вызвано быстрым потеплением климата, способствующим активизации морской деятельности. Установлено, что в среднем потепление климата в Арктике происходит в 2-3 раза быстрее по сравнению с другими районами Земли. За последние 50 лет температура в регионе повысилась на 3 °С, а площадь пакового льда¹ в Арктике сократилась на 15-20 % (Арктический Совет. Программа..., 1998). Кроме того, Арктика обладает огромным минерально-ресурсным и топливно-энергетическим потенциалом, разнообразными биологическими ресурсами, удобными транспортными путями, связывающими материки, широко распространенными малоизмененными природными ландшафтами.

На Россию приходится почти половина территории и акватории в Арктике, ограниченные Северным полярным кругом, вдвое превышающие крупнейший Канадский сектор. Российские моря занимают не менее 80 % площади шельфа, опоясывающего Арктический сектор (Аристов, 2010).

Интерес к освоению Арктики обусловлен также и тем, что, как отмечают исследователи (Порфирьев, 2008), Арктическая зона в целом остается одним из наименее загрязненных районов планеты и важнейшим фактором глобальной экологической стабильности.

В настоящее время здесь производится продукция, обеспечивающая получение около 11 % национального дохода России (при доле населения 1 %) и составляющая 22 % объема общероссийского экспорта, при том, что плотность населения Арктической зоны составляет 0,63 человека на 1 кв. км (по России — 8 человек на 1 кв. км): валовый продукт на душу населения в Арктике ~ 1,0 млрд руб. (0,350 млн руб. — по России), инвестиции в основной капитал Арктики ~ 1,0 трлн руб. (7,5 % инвестиций России) (Папенов, Никаноров, 2020).

¹ Паковый лед — морской лед толщиной не менее 3 м, просуществовавший более двух годовых циклов нарастания и таяния.

По оценке Минприроды России, совокупный объем инвестиций в Арктику составит 5,5 трлн руб. до 2024 г., к 2050 г. ~ 13,5 трлн руб.

В арктических морях России обитают крупнейшие популяции наиболее ценных водных биологических ресурсов: арктического гольца, хариуса, атлантической трески, сиговых, наваги и др., а также морские млекопитающие (финвалы, синие киты, горбатые киты, кашалоты и дельфины), запасы которых следует защитить от растущего антропогенного воздействия. В настоящее время в Северном рыбохозяйственном бассейне добывается 18 % всего российского улова (около 1 млн т в год) и 40 % улова в денежном выражении, что подтверждает ценность запасов гидробионтов в арктических морях.

Поскольку арктические экосистемы весьма чувствительны к антропогенным воздействиям, это обуславливает необходимость принятия мер к сохранению их в нынешнем состоянии для будущих поколений.

При создании экономических основ управления промышленным рыболовством в условиях комплексного морепользования в Арктике важно руководствоваться положениями «Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года» (утв. распоряжением Правительства РФ от 08 декабря 2010 г. № 2205-р) и «Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса РФ до 2030 г.» (утв. распоряжением Правительства РФ от 26 ноября 2019 г. № 2798-р, в которых предусмотрен переход к комплексному подходу в управлении морским природопользованием. Этот подход будет развиваться по пути:

- «введения и развития интегрального (межотраслевого) управления на всех уровнях, рассматривающего морепользование как целостный объект управления и направленного на преодоление конфликтности между видами пользования и сохранения морской среды;
- расширения морской составляющей программ комплексного развития приморских территорий и прибрежных акваторий до границ акваторий, находящихся под юрисдикцией РФ;
- использования и развития инструментария морского пространственного планирования».

Напомним, что морское пространственное планирование (МПП) представляет собой логическое продолжение развития концепции устойчивого развития промышленного рыболовства. МПП – практический инструмент определения путей наиболее эффективного распределения и использования морского пространства, а также установления механизма взаимодействия между пользователями этого пространства в целях достижения баланса между промышленным, социально-экономическим развитием и сохранением природы в рамках определенной акватории путем открытого обсуждения форм использования конкретной акватории всех заинтере-

сованных сторон, а также установления уровня антропогенного воздействия на состояние «здоровья» морских экосистем и запасов гидробионтов (Эйлер, 2014).

В контексте морепользования МПП – это процесс размежевания сегментов трехмерного морского пространства, направленный на обеспечение баланса экологических, экономических и социальных целей устойчивого развития морской деятельности. Баланс, как правило, обеспечивается при разработке долгосрочных стратегических планов с использованием приемов причинно-следственного анализа и программно-целевых подходов.

Основные регулируемые МПП виды деятельности в морях Арктики: рыболовство и марикультура; морские и смешанные перевозки, развитие портов; военно-морская деятельность; охрана границ; порты и портовые сооружения; природоохранная деятельность, морские заповедники; охрана историко-культурного наследия; туризм и рекреация; научные исследования; разведка и добыча полезных ископаемых; прокладка инженерных коммуникаций; строительство объектов энергетики и прочих искусственных сооружений.

На рис. 1 представлена природно-хозяйственная система Баренцева моря. Рисунок отражает виды морской деятельности, воздействующие на живые ресурсы морской экосистемы.

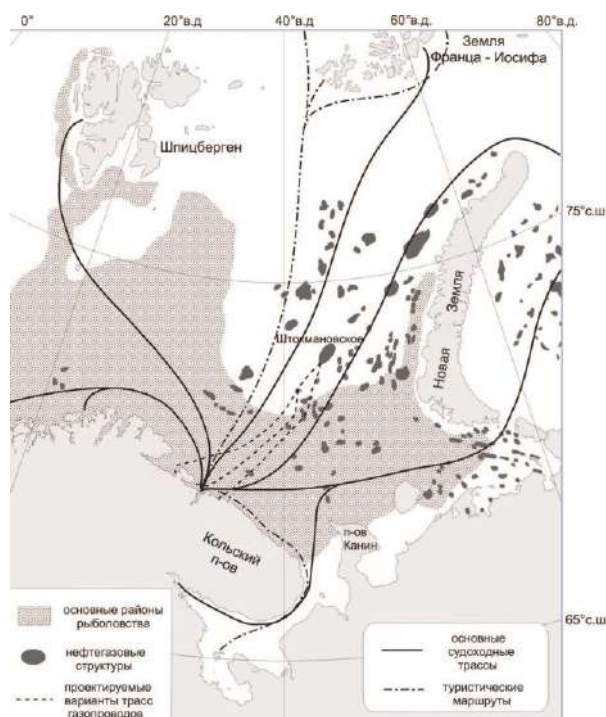


Рис. 1. Природно-хозяйственная система Баренцева моря

Большинство из видов морской деятельности оказывает негативное влияние на состояние запасов морских гидробионтов, т.е. является потен-

циально конфликтным для развития промышленного рыболовства и аквакультуры с другими формами морепользования (рис. 2).

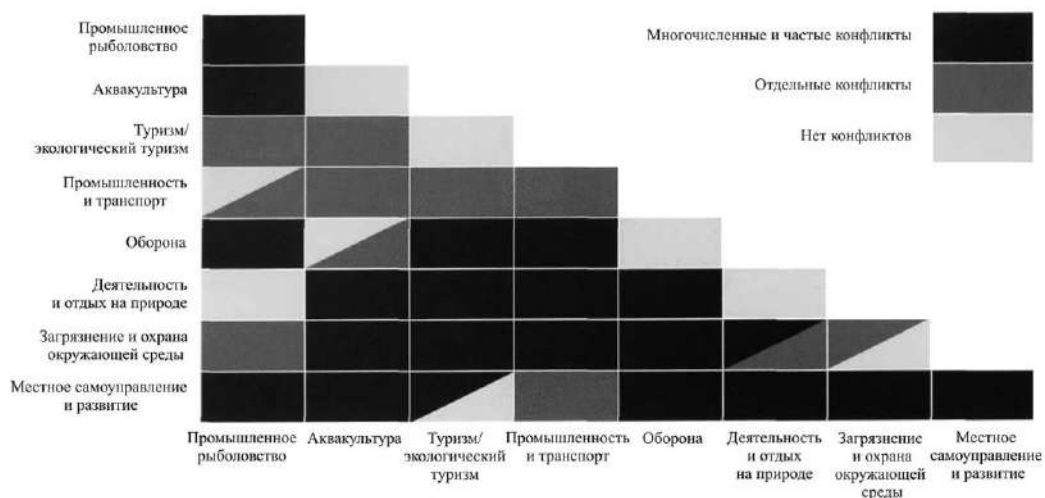


Рис. 2. Матрица совместимости и конфликтности разных видов морской деятельности в Баренцевом море (Васильев, Денисов, 2012)

Формируя экономические основы управления промышленным рыболовством в Арктике в условиях комплексного морепользования, следует учитывать решения Арктического Совета (АС), принятые под председательством в нем России. Приоритетом АС с момента его создания в 1996 г. являлось обеспечение ответственного управления устойчивым развитием морской деятельности в Арктике, поэтому, планируя размещение морской деятельности, следует руководствоваться также принятым АС в 2021 г. Стратегическим планом на 2021-2030 гг. (Стратегический План Арктического..., 2021). План был разработан в 2021-2022 гг. под председательством России в АС, который возглавлял член-корреспондент РАН, председатель Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр РАН» С. В. Кривовичев. К сожалению, с 3 марта 2022 г. председательство России в АС прервалось из-за недружественной политики стран-членов АС, тем не менее, безусловно, в практике морепользования в Арктике необходимо следовать принятым Планом обязательствам. Он содержит мероприятия, над которыми нужно работать в рассматриваемой перспективе и которые направлены на достижение предусмотренных целей. К мероприятиям плана относятся:

- противодействие негативным последствиям потепления климата;
- сохранение «здоровья» экосистем арктических морей;
- защита окружающей среды;
- устойчивое социальное развитие;
- устойчивое экономическое развитие;
- содействие распространению знаний и информационному обмену;

– укрепление АС как циркумполярного форума для эффективной координации и сотрудничества и повышение его потенциала в области эффективного реагирования на новые вызовы и возможности, возникающие в Арктике.

О воздействии потепления климата на морскую среду Арктики свидетельствует прогноз об океанической экономике до 2030 г. и за пределами 2030 г.: до 2050 и даже 2100 гг., разработанный в ФАО при поддержке Организации экономического сотрудничества и развития в 2016 г. (OECD. The Ocean..., 2016). В подготовке прогноза приняли участие более 200 экспертов разных областей знаний из многих стран мира. Ими проанализированы сотни документов и научных публикаций по воздействию на среду развития морской деятельности при условии изменения состояния среды Мирового океана вследствие потепления климата и подъема его уровня.

В таблице, следующей ниже, приведена характеристика некоторых из экологических угроз, имеющих отношение к морской среде Арктики, по данным OECD.

Характеристика некоторых экологических угроз для морской среды Арктики

Экологическая угроза	Характеристика воздействия, возможные экономические потери
Повышение уровня Мирового океана в результате потепления климата и таяния льдов	Затопление низменных районов побережий и водно-болотных угодий, рост наводнений, повышение солености рек, заливов и водоносных горизонтов Угроза причинения ущерба гаваням и портам из-за повышения уровня моря может привести к экономическим потерям в 111,6 млрд долларов США к 2050 г. и 367,2 млрд долларов США к концу столетия
Повышение температуры и опреснение поверхностных вод в морских арктических экосистемах от таяния льдов	Инициация значительных изменений в нижних/средних трофических цепях и изменение количества и качества питания на высших трофических уровнях
Увеличение первичной продуктивности морей Северной Атлантики и Арктики	Изменение состава биоразнообразия, скорее всего, не в пользу ценных промысловых видов, серьезная модификация технологий добычи водных биоресурсов
Вторжение чужеродных видов, по прогнозам, наиболее интенсивное в Арктике	

Как следует из таблицы, повышение уровня Мирового океана в результате потепления климата и таяния льдов вызовет опреснение поверх-

ностных вод в арктических морях и рост их первичной продуктивности. В дополнение к этому потепление арктических вод усилит вторжение чужеродных видов в полярные моря. В результате произойдет изменение состава биоразнообразия, например, треска уже проникла на север Баренцева моря, была обнаружена промысловая концентрация минтая в Чукотском море (Рыбохозяйственные исследования в..., 2019; Recent warming leads..., 2015).

Потепление климата в Арктике будет иметь последствия, выходящие далеко за пределы этого региона, включая глобальное повышение уровня моря и экстремальные погодные условия на большей части Северного полушария, которые создают угрозы для арктической флоры и фауны и ледяных ландшафтов. Реальные и ожидаемые изменения климата усугубляют опасения по поводу потенциально высоких рисков для экосистем и биоразнообразия, связанных с воздействием загрязнения, нефтеразливами, потерей среды обитания, интродукцией инвазивных видов и увеличением числа нарушений условий экологически безопасного морепользования со стороны людей, которые зарабатывают себе на жизнь в море. Потепление климата прямо или косвенно лежит в основе многих быстрых изменений, наблюдаемых в арктических экосистемах, и связано с текущими и прогнозируемыми переменами в развитии арктического бизнеса и арктической экономики.

В прогнозе OECD обосновываются и контрмеры для уменьшения экологических угроз на основе использования новых знаний по методам защиты «здоровья» морских экосистем от негативных последствий антропогенной деятельности. К ним относятся: переход на режим устойчивого развития в Арктике, разработка и использование для оценки состояния экосистем арктических морей методологии определения предоставляемых ими экологических услуг, совершенствование методов комплексного/интегрированного управления морской деятельностью, а также методологии управления морской деятельностью, включающей морское пространственное планирование.

Список использованной литературы

Аристов, И. Курс на Арктику. Морская коллегия обсудила поход за 30 триллионами долларов / И. Аристов // Российская газета. – 04.10. 2010.

Арктический Совет. Программа устойчивого развития. – Икалуит, Канада. – 1998. – 9 с.

Васильев, А.М. Проблемы и перспективы комплексного подхода к организации морской деятельности в прибрежно-морском пространстве

Мурманской области / А.М. Васильев, В.В. Денисов // Приоритеты России. – 2012. – № 24(165). – С. 1-10.

Васильев, А.М. Комплексный подход к организации морехозяйственной деятельности в Западной Арктике / А.М. Васильев // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2013. – № 1(25). – С. 57-65.

Интегрированное управление природопользованием в шельфовых морях // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2007. – № 3. – С. 27-40.

Папенов, К.В. Теоретические и практические проблемы освоения Арктики / К.В. Папенов, С.М. Никаноров // Арктика 2035: актуальные вопросы, проблемы, решения. – М.: Проектный офис развития Арктики. – 2020. – № 3. – С. 64-75.

Порфирьев, Б.Н. Экономика климатических изменений / Б.Н. Порфирьев. – М.: Анкил. – 2008. – 168 с.

Рыбохозяйственные исследования в Чукотском море на НИС «Профессор Леванидов» в августе 2019 г.: некоторые предварительные результаты / А.М. Орлов, А.Н. Бензик, Е.В. Ведищева [и др.]. – DOI 10.36038/2307-3497-2019-178-206-220//Труды ВНИРО. – 2019. – Т. 178. – С. 206-220.

Стратегический План Арктического Совета на 2021-2030 годы. – Рейкьявик. – 20 мая 2021 года. – 24 с.

Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2019 года N 2798-р. – Текст электронный // Консорциум Кодекс: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/563879849> (дата обращения: 20.07.2022).

Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2010 года N 2205-р. – Текст электронный // Консорциум Кодекс: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902250877> (дата обращения: 20.07.2022).

Эйлер, Ч.Н. Обзор мирового опыта в области морского пространственного планирования / Ч.Н. Эйлер. – 2014. URL: <https://www.academia.edu/> (дата обращения 20.07.2022).

OECD. The Ocean Economy in 2030, Paris: OECD Publishing. – 2016. URL: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264251724-en> (дата обращения 20.07.2022).

Recent warming leads to a rapid borealization of fish communities in the Arctic / M. Fossheim, R. Primicerio, E. Johannesen [et al.]. – Nature Clim Change 5, 673-677 (2015). <https://doi.org/10.1038/nclimate2647>.

ВЛИЯНИЕ КРИОКОНСЕРВАЦИИ НА УРОВЕНЬ ПЕРОКСИДАЦИИ ЛИПИДОВ СПЕРМЫ ОСЕТРОВЫХ РЫБ В УСЛОВИЯХ СПОНТАННОГО И ИНДУЦИРОВАННОГО ОКИСЛЕНИЯ

М.Н. Коляда¹, В.П. Осипова¹, Н.Т. Берберова², Ю.Т. Пименов²

¹Южный научный центр РАН (ЮНЦ РАН), г. Ростов-на-Дону

²Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань

В настоящее время одно из старейших существующих семейств рыб – осетровые – находится под угрозой исчезновения. В данных условиях все большую актуальность приобретает криоконсервация спермы этих реликтовых рыб как метод сохранения и восстановления их биоразнообразия (Chandra, Forp-Bayat, 2020). Несмотря на очевидные преимущества применения криотехнологий (Tsai, Lin, 2012), использование дефростированной спермы для сохранения генофонда и выращивания хозяйственно ценных рыб в товарной аквакультуре крайне недостаточно. Фертильность дефростированной спермы снижена по сравнению с нативной в результате повреждения спермиев при низкотемпературной консервации.

Важным фактором криоповреждения в условиях замораживания репродуктивных клеток является гиперпродукция активных форм кислорода (АФК), которые в физиологических концентрациях играют фундаментальную роль в гиперактивации, капацитации сперматозоидов, акросомной реакции (Causes and consequences..., 2016). Однако при повышении концентрации АФК до токсических уровней антиоксидантная система защиты спермиев, представленная такими ферментами, как супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионредуктаза и глутатионпероксидаза, а также низкомолекулярными антиоксидантами (α -токоферол, аскорбиновая кислота, восстановленный глутатион, мочевиная кислота, мелатонин, цистеин), недостаточна для предотвращения окислительного стресса и окислительной деструкции важнейших биомолекул (Content of cysteine..., 2008). Поэтому важно оценить окислительный статус спермиев при криоконсервации, в том числе уровень пероксидного окисления липидов (ПОЛ) спермиев, поскольку в данных клетках велико содержание легкоокисляемых ненасыщенных высших жирных кислот.

В качестве биологических объектов исследования в работе были выбраны белуга (*Huso huso*), русский осетр (*Acipenser guldenstadtii Brandt*) и севрюга (*A. stellatus*), что обусловлено существенным экономическим зна-

чением рыб этих видов, которые являются основными производителями икры среди осетровых рыб, встречающихся в бассейне Каспийского моря.

Исследовано влияние глубокого замораживания (-196 °С) в течение трех суток на исходный уровень ПОЛ спермы, а также уровень перекисидации липидов в условиях спонтанного и индуцированного окисления. Материалом для исследования служила сперма осетровых рыб, полученная на рыбоводных заводах Нижней Волги (Лебяжий, Бертюльский, Сергиевский) в период нерестовой миграции с конца марта до середины мая с 2017 по 2019 г. Проводился отбор зрелых рыб: 10 особей-самцов русского осетра, каждый из которых весил $17,0 \pm 0,9$ кг (возраст 10-12 лет), 10 особей-самцов белуги массой $65,0 \pm 1,1$ кг (возраст 18-25 лет) и 10 самцов севрюги массой $6,1 \pm 0,3$ кг (возраст 7-9 лет). Сперма была собрана с помощью катетера, помещена на лед и отправлена в лабораторию. Концентрацию сперматозоидов определяли в камере Горяева, для русского осетра она составила в среднем $2,01 \cdot 10^9$ спермиев/мм³, белуги – $2,51 \cdot 10^9$ спермиев/мм³, севрюги – $2,81 \cdot 10^9$ спермиев/мм³.

При криоконсервации спермы осетровых использовали модифицированную криосреду Штайна (130 мМ NaCl, 5 мМ KCl, 20 мМ NaHCO₃, 5,5 мМ глюкозы, 12,5 % яичного желтка, 12,5% ДМСО) (Оптимизация процесса криоконсервации..., 2009). Процесс замораживания сперматозоидов осуществляли в соответствии с методикой Л.И. Цветковой (1997). Разбавленную с криосредой сперму распределяли в пронумерованные пробирки (1,5 мл) Эппендорфа и помещали в холодильник на 40 мин для эквilibрации. После замораживание проводили в три этапа в программируемой морозильной камере с электронным термометром: от 5 до -15 °С со скоростью 2-5 °С/мин (время замораживания 2-5 мин); от -15 до -70 °С со скоростью 20-25 °С/мин (время замораживания около 3 мин); глубокое замораживание в жидком азоте при -196 °С. Образцы спермы размораживали на водяной бане при 38-40 °С в течение 30-40 с.

Интенсивность ПОЛ спермы осетровых рыб, разбавленной модифицированной криосредой Штайна (1:1), оценивали по традиционному методу, основанному на определении содержания карбонильных продуктов ПОЛ, которые при взаимодействии с тиобарбитуровой кислотой (ТБК) образуют окрашенный в розовый цвет триметиновый комплекс с максимумом поглощения при 530-532 нм. Определяли уровень ТБК-активных продуктов (ТБК-АП) при спонтанном (ферментативном) ПОЛ (Сп-ТБК-АП), индуцированном (неферментативном) ПОЛ в Fe²⁺-аскорбатной системе (Ас-ТБК-АП), а также исходный (базальный) уровень ПОЛ (Ис-ТБК-АП) (Строев, Макарова, Матвеев, 2012). Содержание ТБК-АП в сперме рыб выражается в нмоль /10⁹ клеток. Все эксперименты повторяли три раза.

Важный биохимический показатель развития окислительного стресса в сперме рыб при криоконсервации – увеличение в репродуктивных клетках уровня образования продуктов ПОЛ, что является естественным для жизнедеятельности любых клеток, в том числе репродуктивных клеток рыб, и вносит вклад в свободнорадикальные процессы *in vivo* (Halliwell, Gutteridge, 1999). Реакции ПОЛ обеспечивают в организме фаго- и пиноцитоз, синтез простагландинов, прогестерона, лейкотриенов, холестерина. Данный процесс лежит в основе обновления и перестройки биомембран, регуляции их состава, проницаемости, а также активности мембраносвязанных ферментов. В незначительных концентрациях продукты ПОЛ – это медиаторы окислительно-восстановительных сигнальных систем (Mechanisms of signal..., 2004). Однако при значительном возрастании уровня ПОЛ в результате вторичных реакций образуются высоко реакционноспособные и легко диффундирующие пероксильные радикалы и продукты их распада – карбонильные соединения, которые обуславливают развитие патологических процессов в спермиях, при этом наблюдается деструкция клеточных мембран. Повреждению мембранных структур спермиев осетровых способствует наличие в данных репродуктивных клетках нескольких митохондрий (Morphology, chemical contents..., 2008), где продуцируется значительная часть АФК, наличие акросомы (Dettlaff, Ginzburg, Schmalhausen, 1993).

В работе показано, что значения исследуемых показателей ТБК-АП как нативной, так и дефростированной спермы севаляги превышают таковые белуги и русского осетра, различия в уровне ПОЛ последних незначительны (см. таблицу).

Влияние криоконсервации на параметры пероксидации липидов спермы белуги, русского осетра и севаляги

Показатель пероксидации липидов спермы рыб	Уровень ТБК-АП, нмоль/10 ⁹ клеток					
	до замораживания			после замораживания		
	белуга	русский осетр	севаляги	белуга	русский осетр	севаляги
Исходный уровень ПОЛ (Ис-ТБК-АП)	1,96±0,16	1,98±0,16	2,48±0,21	2,22±0,18	2,40±0,20	2,88±0,24
Спонтанное ПОЛ (Сп-ТБК-АП)	11,76±0,96	10,60±0,79	14,91±1,23	13,34±1,10	14,91±1,24	17,26±1,43
Индукционное ПОЛ (Ас-ТБК-АП)	12,55±1,05	11,38±0,91	15,69±1,30	14,56±1,21	15,89±1,32	18,75±1,56

Данный результат может быть связан с различиями в жирнокислотном профиле липидов спермы севаляги по сравнению с

такowymi белуги и русского осетра. По литературным данным, липиды сеvрюги характеризуются преобладанием омега-3 над омега-6 кислотами (Харенко, 2004; Ghomi, Nikoo, Pourshamsian, 2012; Pourshamsian, Ghomi, Nikoo, 2012). Предположительно, различия в образовании вторичных продуктов ПОЛ в сперме исследуемых осетровых также могут быть обусловлены отсутствием сходства в активности природных антиоксидантных ферментов (Effect of shortterm..., 2013) и количестве митохондрий в половых клетках (DiLauro, Kaboord, Walsh, 2000; Morphology, chemical contents..., 2008), поскольку данные органеллы являются основным местом образования АФК.

Уровень Сп-ТБК-АП нативной спермы в 5,4 раза превышает уровень Ис-ТБК-АП для русского осетра и в 6 раз для белуги и сеvрюги. При ферментативном процессе реакции ПОЛ ускоряются такими ферментами, как липоксигеназы и циклооксигеназы, которые катализируют окисление не-предельных высших кислот с образованием эйкозаноидов, в том числе простагландинов, тромбоксана, оксипиринов. Причем омега-3 и омега-6 жирные кислоты – предшественники различных подсемейств эйкозаноидов, обладающих почти противоположной активностью (Pourshamsian, Ghomi, Nikoo, 2012). Представляется важным, что побочными продуктами действия липоксигеназ выступают АФК, например, первоначальная окисленная форма кислорода – супероксид анион-радикал ($O_2^{\cdot-}$), являющийся продуктом одноэлектронного восстановления кислорода и пероксид водорода.

В работе установлено, что уровень Ас-ТБК-АП для нативной спермы в 6 раз превышает уровень Ис-ТБК-АП для русского осетра, в 6,4 раза - для белуги и сеvрюги. Неферментативное ПОЛ в Fe^{2+} -аскорбатной системе моделирует криоиндуцированное свободнорадикальное окисление липидов, поскольку в данной системе образуются различные АФК (Liochev, Fridovich, 1994), в том числе $O_2^{\cdot-}$, а также агрессивный гидроксильный радикал, инициирующий реакции ПОЛ.

Сравнение уровней Ис-ТБК-АП, Сп-ТБК-АП и Ас-ТБК-АП нативной и дефростированной спермы осетровых после глубокого замораживания в течение трех суток показывает незначительное возрастание для белуги и сеvрюги. Наибольшее повышение уровня ПОЛ установлено для спермиев русского осетра при ферментативном и индуцированном ПОЛ – в 1,4 раза. Согласно литературным данным, в условиях глубокого замораживания обнаружено существенное изменение липидного состава спермиев осетровых (Hedayatifard, Moeini, 2007; Impact of cryopreservation..., 2018), что приводит к нарушению фосфолипидного бислоя мембран репродуктивных клеток, баланса основных компонентов биомембран (Blesbois, Ghomi, Nikoo, 2005).

Таким образом, в работе показано, что снижение качества дефростированной спермы белуги, русского осетра и севрюги по сравнению с нативной, отмеченное во многих работах по криоконсервации осетровых, может быть связано с развитием окислительного стресса и накоплением половыми клетками рыб токсичных продуктов перекисидации липидов. Установлена видоспецифичность повышения уровня как ферментативного, так и неферментативного ПОЛ спермы осетровых при низкотемпературной консервации в модифицированной среде Штайна. Наибольшее повышение уровня перекисидации липидов дефростированной спермы по сравнению с нативной у русского осетра.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ №22-16-00095.

Список использованной литературы

Оптимизация процесса криоконсервации спермы осетровых рыб при использовании различных сред / Е.Н. Пономарева, М.М. Богатырева, Н.А. Антонова, В.П. Осипова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2009. – Т. 11, №1(2). – С.132-134.

Строев, Е.А. Практикум по биологической химии: Учебное пособие / Е.А. Строев, В.Г. Макарова, И.В. Матвеева. – М.: Медицинское информационное агентство, 2012. – 351 с.

Харенко, Е.Н. Особенности фракционного и жирнокислотного состава липидов амурских осетровых рыб / Е.Н. Харенко, М.В. Сытова // Прикладная биохимия и технология гидробионтов: Труды ВНИРО. – М.: Изд-во ВНИРО, 2004. – Т. 143. – С. 103-109.

Цветкова, Л.И. Методическое пособие по криоконсервации спермы карпа, лососевых и осетровых видов рыб / Л.И. Цветкова; ВНИИПРХ. – М., 1997. – 10 с.

Blesbois, E. Membrane fluidity and the ability of domestic bird spermatozoa to survive cryopreservation / E. Blesbois, I. Grasseau, F. Seigneurin // Reproduction. – 2005. – № 129. – P. 371-378.

Causes and consequences of oxidative stress in spermatozoa / R.J. Aitken, Z. Gibb, M.A. Baker [et al.] // Reproduction, Fertility and Development. – 2016. – № 28. – P. 1-10.

Chandra, G. Trends in aquaculture and conservation of sturgeons: a review of molecular and cytogenetic tools / G. Chandra, D. Fopp-Bayat // Reviews in Aquaculture. – 2020. – № 13. – P. 119-137.

Content of cysteine, reduced and oxidized glutathione in spermatozoa of representatives of Acipenseriformes (*Acipenser baerii* and *A. ruthenus*) as well as teleosts (*Perca fluviatilis* and *Sander lucioperca*) / K. Stejskal, Z. Svobodova,

I. Fabrik [et al.] // Journal of Applied Ichthyology. – 2008. – № 24. – P. 519-521.

Dettlaff, T.A. Sturgeon Fishes: Developmental Biology and Aquaculture / T.A. Dettlaff, A.S. Ginzburg, O.I. Schmalhausen // Springer-Verlag. – Berlin; New York: Springer-Verlag, 1993. – 299 p.

DiLauro, M.N. Sperm-cell ultrastructure of North American sturgeons. III. The lake sturgeon (*Acipenser fulvescens* Rafinesque, 1817) / M.N. DiLauro, W.S. Kaboord, R.A. Walsh // Canadian Journal of Zoology. – 2000. – № 78. – P. 438-447.

Effect of shortterm storage on quality parameters, DNA integrity, and oxidative stress in Russian (*Acipenser gueldenstaedtii*) and Siberian (*Acipenser baerii*) sturgeon sperm / A. Shaliutina, M. Hulak, I. Gazo [et al.] // Animal Reproduction Science. – 2013. – № 139. – P. 127-135.

Ghomi, M.R. Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio in cultured beluga sturgeon / M.R. Ghomi, M. Nikoo, K. Pourshamsian // Comparative Clinical Pathology. – 2012. – № 21. – P. 479-483.

Halliwell, B. Free Radicals in Biology and Medicine / B. Halliwell, J.M.C. Gutteridge. – Oxford: Oxford University Press, 2015. – 905 p.

Hedayatifard, M. Loss of omega-3 fatty acids of sturgeon (*Acipenser stellatus*) during cold storage / M. Hedayatifard, S. Moeini // International Journal of Agriculture and Biology. – 2007. – № 9. – P. 598-601.

Impact of cryopreservation on lipid composition of sperm cells of male sterlets (*Acipenser ruthenus* L.) / L.P. Drahan, S.P. Veselsky, Yu.P. Rud, L.P. Buchatsky // Agricultural Science and Practice. – 2018. – № 5. – P.75-80.

Liochev, S.I. The role of O_2^- in the production of HO \cdot : in vitro and in vivo / S.I. Liochev, I. Fridovich // Free Radical Biology and Medicine. – 1994. – № 16. – P. 29-33.

Mechanisms of signal transduction mediated by oxidized lipids: the role of the electrophile-responsive proteome / E.K. Ceaser, D.R. Moellering, A. Shiva [et al.] // Biochemical Society Transactions. – 2004. – № 32. – P. 151-155.

Morphology, chemical contents and physiology of chondrosteian fish sperm: a comparative study between Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) and starlet (*Acipenser ruthenus*) / M. Psenicka, S.M. Hadi Alavi, M. Rodina [et al.] // Journal of Applied Ichthyology. – 2008. – № 24. – P. 371-377.

Pourshamsia, K. Fatty acid and proximate composition of farmed great sturgeon (*Huso huso*) affected by thawing methods, frying oils and chill storage/ K. Pourshamsian, M.R. Ghomi, M. Nikoo // Advanced studies in biology. – 2012. – № 4. – P. 67-76.

Tsai, S. Advantages and applications of cryopreservation in fisheries science / S. Tsai, C. Lin // Brazilian Archives of Biology and Technology. – 2012. – № 55. – P. 425-433.

МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА В ДОННЫХ ОСАДКАХ КАРСКОГО МОРЯ И МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

А.И. Копылов, Е.А. Заботкина, А.В. Романенко, Н.Г. Косолапова
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
Ярославская обл., пос. Борок

Донные осадки (далее – ДО) играют важную роль в морских циклах углерода; в прибрежных ареалах 25-50 % деградации органического углерода осуществляется посредством бентосных процессов (Wollast, 1991). Моря Карское и Лаптевых – мелководные шельфовые арктические бассейны, зависимые от речного стока; в их бентосной микробной трофической сети присутствуют, помимо прокариотов (бактерии, археи), гетеротрофные простейшие (инфузории, флагелляты, амебы), грибы и вирусы.

В последнее десятилетие микробиологические исследования ДО сибирских арктических морей (далее – САМ) были связаны с изучением интенсивности процессов метаногенеза, окисления метана, сульфат-редукции; исследованием изобилия микробных сообществ молекулярно-биологическими методами (Микробные процессы циклов..., 2010; Мамаева, 2016). Сведения об общей численности, биомассе и продукции бактерио-бентоса единичны (Теплинская, 1989), а данные о вирусах, гетеротрофных нанофлагеллятах (далее – ГНФ) и грибах в ДО в САМ до последних лет отсутствовали (Гетеротрофные нанофлагелляты в..., 2019).

Основная цель этой работы – получение достоверных количественных характеристик числа и биомассы бентосных гетеротрофных прокариотов и нанофлагеллятов, вириобентоса, инфицированных вирусами и погибших от этого бентосных прокариотов.

Исследования выполнены в сентябре 2015 г. в ходе 63-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» в море Лаптевых на разрезе по 130° в.д. (между 72°00' и 78°45' с.ш.), от области, прилегающей к дельте реки Лены, до области континентального склона и в Карском море в районе желоба Воронина (89°30' в.д. 75°53' с.ш. – 87°37' в.д. 79°16' с.ш.), заливах Ога (Новая Земля) и Седова (там же). Методы исследования микроорганизмов и вирусов подробно описаны ранее (Viruses in the..., 2020): содержание органического углерода в сырой биомассе бактерий рассчитывали по уравнению, связывающему объем клетки (V , $\mu\text{м}^3$) и содержание углерода (C , фг С/кл), $C = 120 \times V^{0,72}$; содержание органического углерода в сырой биомассе ГНФ принимали равным 22 %, углерода в одной вирусной частице – 0,2 фг С .

Результаты исследований представлены в таблице.

Гетеротрофные прокариоты, вирусы и гетеротрофные флагелляты в верхнем двухсантиметровом слое донных осадков в море Лаптевых и Карском море

Параметр	Море Лаптевых	Карское море
Температура, °С	-0,64-(-1,73)	-0,94-(-1,10)
Соленость, psu	31,56–34,47	33,86–34,81
Глубина, м	23–90	51–284
N_{PR} , 10^6 кл./см ³	3075 (1796-4451)	2409 (510-4391)
V_{PR} , мкм ³	0,100 (0,070–0,136)	0,148 (0,072–0,210)
B_{PR} , мг С/см ³	0,069 (0,038-0,098)	0,080 (0,011-0,194)
N_{VF} , 10^6 вир./см ³	1359 (756-2346)	2150 (539-4487)
N_{VF}/N_{PR}	0,4 (0,4-0,5)	0,9 (0,5-1,4)
B_{VF} , мг С/см ³	0,0007 (0,0004-0,014)	0,0004 (0,0001-0,0008)
B_{VF}/B_{PR} , %	1,0 (0,4-1,6)	0,5 (0,3-0,9)
N_{HNF} , 10^3 кл./мл	3069 (1256-5541)	2294 (614-3684)
N_{PR}/N_{HNF}	1258 (803-1822)	1187 (574-3018)
V_{HNF} , мкм ³	22 (20-28)	33 (25-39)
B_{HNF} , мг С/см ³	0,016 (0,006-0,034)	0,017 (0,005-0,031)
B_{HNF}/B_{PR} , %	21,6 (15,8-41,0)	21,2 (9,0-45,4)

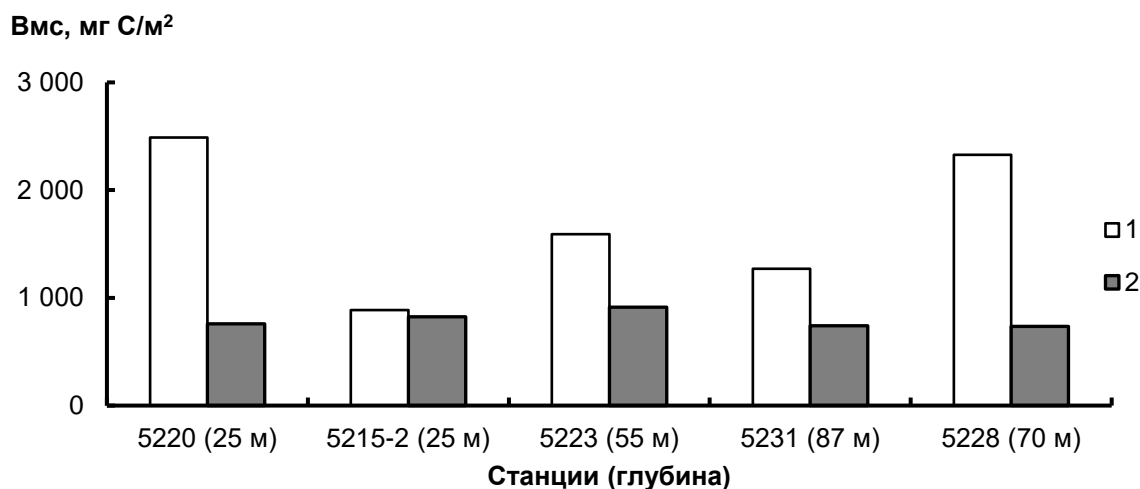
Примечание. N_B – численность бактерий, V_B – средний объем бактериальной клетки, B_B – биомасса бактерий, N_V – численность вирусов, B_V – биомасса вирусов, N_{HNF} – численность гетеротрофных нанофлагеллятов, V_{HNF} – средний объем клетки гетеротрофных нанофлагеллятов, B_{HNF} – биомасса гетеротрофных нанофлагеллятов.

Показатели численности прокариотов и свободных вирусов в поверхностном слое донных осадков на шельфе сибирских арктических морей оказались выше таковых в холодных седиментах для других районов Арктики. Объем бентосных прокариотов и вирусов превышал таковой для планктонных прокариотов (в 1400-10600 раз) и вирусов (в 500-2500 раз). В сообществе бентосных прокариотов выявлены высокие показатели частоты делящихся клеток прокариотов – 1,7-3,7 % от N_{PR} . Доля прокариотов с прикрепленными к их клеткам вирусами колебалась в пределах 13,9-20,6 % их общей численности, а вирусов, прикрепленных к клеткам прокариотов – 28,7-55,3 % от числа свободных вирусов.

В донных отложениях моря Лаптевых идентифицировано семь видов гетеротрофных жгутиконосцев: *Lagenoeca* sp., *Goniomonas amphinema*, *Goniomonas* sp., *Cafeteria roenbergensis*, *Actinomonas mirabilis*, *Colpodella* sp. и *Metromonas grandis*. Число гетеротрофных нанофлагеллятов для бентоса превышало таковое для планктона (среднее для столба воды) в 3000-16000 раз. Объем ГНФ в донных осадках сибирских арктических морей оказался существенно выше, чем в донных осадках Северного моря.

Посредством расчетов было установлено: на шельфе моря Лаптевых биомасса бентосного микробного сообщества (прокариоты, ГНФ, вирусы) в

слое 0-2 см под м² превышала биомассу планктонного микробного сообщества в столбе воды под м² в 1,1-3,3 раза, как отмечено на рисунке.



Распределение биомассы микробного сообщества (V_{mc} , мг С/м²) под м² в донных осадках в слое 0-2 см (1) и столбе воды под м² (2) на шельфе моря Лаптевых в сентябре 2015 г. (63-й рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш»)

Известно, что в водных экосистемах продукция гетеротрофных прокариотов регулируется в основном наличием питательных веществ («контроль снизу»), а также выеданием гидробионтами (простейшие и многоклеточные – тонкие фильтраторы) и вирусным лизисом («контроль сверху»). Основными потребителями прокариотов среди простейших чаще всего выступают гетеротрофные нанофлагелляты; при этом значительное количество бактериального углерода поступает на более высокие уровни трофических сетей, а углерод клеток, лизированных вирусами, остается в пределах микробной трофической сети.

В природных водах отмечены два доминирующих цикла вирусной репродукции: литический и лизогения. В море Лаптевых инфицированные вирусами бентосные прокариоты численно варьировали в пределах 1,4-6,9 % N_{PR} . Вирус-индуцированная смертность прокариотов в донных осадках, таким образом, оказалась невысокой – 1,4-7,2 % их суточной продукции, – и была ниже, чем смертность планктонных прокариотов, средних для столба воды. В цикле лизогении вирусный геном обычно интегрируется в геном хозяина как профаг, который остается неактивным до воздействия какого-либо внешнего фактора, запускающего литический цикл. Лизогения наблюдается, когда условия для роста и размножения хозяев неблагоприятны.

Умеренные вирусы, вызывающие лизогению, играют огромную роль при трансдукции – генетическом переносе информации. В исследованный период доля лизогенных бактерий в ДО моря Лаптевых составляла 1,2-12,2 % N_{PR} . Между долей лизогенных бактерий в общей численности и

числом инфицированных вирусами бентосных прокариотов наблюдалась отрицательная корреляция: $R = 0,61$, $p = 0,05$.

Так как исследований скорости потребления прокариотов бентосными ГНФ не проводилось, достоверно оценить роль их сообщества в выедании прокариотов в донных осадках в настоящее время невозможно. Однако, судя по высоким величинам отношений V_{HNF} и V_{PR} , между прокариотами и ГНФ есть напряженные трофические связи. Вероятно, эти простейшие играли значительную роль в контроле над численностью и продукцией бентосных прокариотов. В донных осадках моря Лаптевых между V_{PR} и V_{HNF} обнаружена высокая положительная корреляция: $R = 0,76$, $p = 0,05$.

Таким образом, на шельфе моря Лаптевых и Карского моря ранней осенью в поверхностном слое ДО обнаружены высокие относительно других районов Арктики концентрации прокариотов и гетеротрофных нанофлагеллятов. По-видимому, в бентосном микробном сообществе этих морей смертность прокариотов в результате выедания простейшими была существенно выше, чем вирусный лизис.

Список использованной литературы

Гетеротрофные нанофлагелляты в пелагиали и донных отложениях восточной части моря Лаптевых / Н. Г. Косолапова, Д. Б. Косолапов, А. И. Копылов [и др.] // *Океанология*. – 2019. – Т. 59, № 6. – С. 974-986.

Мамаева, Е.В. Исследование природных микробных сообществ донных осадков шельфа Карского моря, Енисейского залива и Гыданской губы : специальность 03.02.08 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Е.В. Мамаева. – Иркутск, 2016. – 20 с.

Микробные процессы циклов углерода и серы в Карском море / А.С. Савичев, Е.Е. Захарова, Е.Ф. Веслополова [и др.] // *Океанология*. – 2016. – Т. 50, № 6. – С. 893-908.

Теплинская, Н.Г. Бактериопланктон и бактериобентос Карского моря / Н. Г. Теплинская // *Экология и биоресурсы Карского моря*. – Апатиты : КПЦ АН СССР, 1989. – С. 29-37.

Viruses in the water column and the sediment of the eastern part of the Laptev Sea / A.I. Kopylov, E.A. Zabolotkina, A.V. Romanenko [et al.] // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. – 2020. – Vol. 242. – Art. 106836.

Wollast, R. The coastal organic carbon cycle, fluxes, sources and sinks / R. Wollast // *Ocean Margin Processes in Global Change*. – New York : Wiley and Sons, LTD, 1991. – P. 365-381.

ПРОМЫСЕЛ МИДИИ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

А.С. Кудряшова¹, И.Е. Манушин¹, А.М. Сенников¹, Д.Ю. Блинова^{1,2}

¹ Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск

² Мурманский государственный технический университет (МГТУ),
г. Мурманск

Введение

У берегов Мурманска в Баренцевом море мидия съедобная (*Mytilus edulis* L.) является одним из наиболее распространенных и многочисленных беспозвоночных литоральной и сублиторальной донной фауны. Исследования мидии подробно проводили в 1960-70-х годах (Романова, 1969; Голиков, Аверинцев, 1977; Агарова, 1979; Количественное распределение хозяйственно-ценных..., 1984). На протяжении последних десятилетий вылов моллюсков осуществляли местные жители для личного потребления и работники в области марикультуры для обеспечения посадочным материалом опытных мидиевых ферм (Федоров, 1987).

С 2019 г. предприниматели начали специализированную добычу мидии на некоторых прибрежных участках Мурманска. На протяжении трех лет их промысел в губах и заливах мурманского побережья увеличился вдвое, что указывает на необходимость мониторинга запасов мидии и совершенствования технических мер регулирования ее добычи, в частности определения минимального промыслового размера.

Цель работы – анализ состава поселений, запасов и промысла мидии съедобной в прибрежье Мурманска на примере отдельных губ.

Материал и методика

Для характеристики поселений мидии, обитающей в прибрежных водах Мурманска, использованы материалы мониторинга моллюсков в губах Ура и Кислая, бухте Девкина Заводь губы Печенга (табл. 1). В сублиторали губы Ура пробы моллюсков собирали водолазы, в бухте Девкина Заводь – с помощью дночерпателя ван Вина площадью пробоотбора 0,1 м². На литорали выполняли ручной сбор мидии мерной рамкой площадью 0,1 м². Полевой анализ мидии включал в себя измерение длины раковины с точностью до 0,1 мм, индивидуальное и групповое определение массы с точностью до

1 г. Из количества собранных моллюсков отбирали пробы с последующим определением возраста по сезонным кольцам роста.

Таблица 1

Количество проанализированной мидии в губах Ура, Кислая и бухте Девкина Заводь губы Печенга

Год	Зона сбора	Кол-во проб, шт.	Общий вылов, экз.	Анализ, экз.	
				полевой	возрастной
<i>Губа Ура</i>					
2008	Сублитораль	4	200	200	-
<i>Бухта Девкина Заводь</i>					
2013	Литораль	27	2966	2966	640
2013	Сублитораль	30	6	6	-
<i>Губа Кислая</i>					
2020	Литораль	3	341	341	-
2021	То же	7	1600	1600	168

Сравнительную оценку промыслового запаса проводили по материалам водолазной бентосной съемки, выполненной ФГБНУ «ВНИРО» в 2002-2005 гг. (Милютин, Соколов, 2006) и данным мониторинга в 2020-2021 гг. Дополнительно использованы сведения, полученные в ходе съемок мидии в 1960-1961 гг. (Романова, 1969) и 1971 г. (Количественное распределение хозяйственно-ценных..., 1984).

Результаты

В Баренцевом море из рода *Mytilus* доминирующим видом является мидия съедобная *Mytilus edulis*. Было выяснено, что у берегов Кольского п-ова обитает еще одна генетическая форма мидий – тихоокеанская *Mytilus trossulus* (Милютина, Петров, 1997). Поскольку численность второго вида невелика (Мидии р. *Mytilus* губы..., 2005), то в оценке запаса митилид Баренцева моря и промысловых рекомендациях учитывают только мидию съедобную.

У берегов Кольского полуострова мидия встречается на твердых грунтах повсеместно начиная от литорали до глубины 25 м (Милютин, Соколов, 2006). Наиболее многочисленны мидиевые поселения наблюдаются в защищенных от штормового воздействия губах, где нет загрязнения и сильного опреснения вод. На литорали и в верхней сублиторали она доминирует в поясе фукусовых и ламинариевых водорослей.

Нерест и возраст. Созревание половых продуктов у *M. edulis* в прибрежных водах Мурмана происходит в апреле-июне (Романова, 1969). Нерест растянут по времени и становится массовым при наибольшем прогреве воды в августе-сентябре. Сеголетки мидии, осевшие на субстрат в

летне-осенний период, имеют длину раковины 0,4-1,0 мм. К концу года в зависимости от времени оседания личинок и условий среды их размер колеблется от 3 до 5-9 мм.

На Западном Мурмане мидии становятся половозрелыми на 2-4 году жизни (Романова, 1969). У берегов Восточного Мурмана половое созревание моллюсков происходит позже – на 5 году (Матвеева, 1948). Наибольший возраст литоральной мидии составляет 12-14 лет при размере более 70 мм (Мидии р. *Mytilus* губы..., 2005).

В литоральных поселениях бухты Девкина Заводь распределялись преимущественно молодые особи в возрасте до 2-3 лет размером менее 10 мм, в губе Кислая преобладали моллюски в возрасте 5-8 лет с длиной раковины 30-39 мм (табл. 2). Крупная мидия старше 7 лет размером 50-79 мм составляла 12,1 % от всей численности выловленных особей.

Таблица 2

Возраст мидии в литоральных поселениях бухты Девкина Заводь губы Печенга в 2013 г. и губы Кислая в 2020-2021 гг.

Показатель	Размерный класс, мм							
	<9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79
Бухта Девкина Заводь								
Возраст, лет	0-2	2-3	4-5	5-8	7-10	8-11	10-12	>10
Численность, экз.	325	149	121	42	3	0	0	0
	%	50,8	23,3	18,9	6,6	0,5	0	0
Губа Кислая								
Возраст, лет	2	2-3	4-5	5-8	7-10	8-11	10-12	>10
Численность, экз.	1	126	521	576	482	199	31	6
	%	0,1	6,5	26,8	29,7	24,8	10,2	1,6

Промысловый размер. Исследования показали, что на участках скопления в губах Кислая и Ура размерная группа мидии съедобной с длиной раковины 50 мм и более на литорали составляет 33,7 %, а в сублиторали – 56,8 % от биомассы (табл. 3).

Таблица 3

Количественные показатели и доля мидий промыслового размера в литоральных поселениях губы Кислая и сублиторали губы Ура

Показатель		Губа			
		Кислая		Ура	
		Длина, мм			
		< 50	≥50	<50	≥50
Численность, экз.		1705	236	135	65
	%	87,8	12,2	67,5	32,5
Масса, кг		8,72	4,43	0,99	1,30
	%	66,3	33,7	43,2	56,8

В прибрежных водах Баренцева моря предприниматели добывают крупную мидию размером более 50 мм, сбор которой наиболее производителен, а выход мяса составляет в среднем 25 % от массы животных.

С учетом неоднократного участия в размножении и пополнении численности популяции, к промыслу рекомендована мидия размером 50 мм и более, а длина раковины 50 мм может быть принята в качестве минимального промыслового размера *M. edulis* в Баренцевом море.

Состав поселений. В губе Кислая, входящей в бассейн губы Ура, летом 2020-2021 гг. поселения в верхнем и среднем поясах литорали были представлены преимущественно молодью и непромысловой мидией, имеющей среднюю длину раковины от 28,1 до 36,8 мм (табл. 4). Наиболее плотные скопления распределялись в среднем поясе на ровных скальных площадках, где численность мелкой непромысловой мидии достигала 7,3 тыс. экз./м², а биомасса – 25,3 кг/м².

Таблица 4

Характеристики литоральных поселений мидии в губе Кислая

Участок литорали (горизонт)	Всего, экз.	Доля промысловой мидии, %		Средний размер мидий, мм	Численность, тыс. экз./м ²	Биомасса, кг/м ²
		кол-во	масса			
Верхний	357	3,1	5,4	36,8	1,5-2,1	8,6-12,3
Средний	834	4,4	13,2	28,1	1,1-7,3	8,1-25,3
Нижний	759	29,1	51,4	43,9	0,8-1,5	11,1-17,3

По материалам съемки в 2002-2005 гг. (Милютин, Соколов, 2006), на литорали губы Ура биомасса мидии достигала 14,5 кг/м² и в среднем составила 1,0±0,5 кг/м², в то время как средняя биомасса в 2020-2021 гг. возросла более чем в 13 раз и составила 13,8 кг/м². В районе губы Печенга средняя биомасса мидий на литорали, согласно исследованиям Д.М. Милютина и В.И. Соколова (2006), составляла 0,6±0,3 кг/м², а к 2013 г. возросла в 9 раз (до 5,4±1,7 кг/м²), максимальная биомасса в этом районе составила 30,5 кг/м². Следовательно, плотность поселений *M. edulis* в губах Западного Мурмана на протяжении последних полутора десятилетий значительно возросла.

Состояние запаса. Общий запас мидии на литорали мурманского побережья составил 34,2 тыс. т, в сублиторали (глубины от 0 до 5 м) – 1280,8 тыс. т (Милютин, Соколов, 2006), из них на Западном Мурмане – 7,8 и 292,2 тыс. т, а на Восточном – 26,4 и 988,6 тыс. т соответственно.

Средняя доля промысловой мидии на перспективных участках добычи в губах Западного Мурмана на литорали и сублиторали была не менее 40 % от общей биомассы (см. табл. 3). Следовательно, промысловый запас оценивается в 2,6 и 166,0 тыс. т (табл. 5).

На литорали и верхней сублиторали Восточного Мурмана от Терибери до Святоносского залива промысловые моллюски встречаются реже и, по экспертной оценке, составляют 5 % от общего запаса. Промысловый запас *M. edulis* у берегов Восточного Мурмана оценили в 1,3 и 49,4 тыс. т.

Таблица 5

Биомасса и запас мидии у берегов Мурмана по материалам съемок в 2002-2005 гг. и данным мониторинга в 2008, 2013 и 2020-2021 гг.

Место обитания	Западный Мурман			Восточный Мурман		
	Средняя биомасса, кг/м ²	Общий запас, тыс. т	Пром. запас, тыс. т	Средняя биомасса, кг/м ²	Общий запас, тыс. т	Пром. запас, тыс. т
Литораль	0,8	7,8	3,1	0,8	26,4	1,3
Сублитораль	0,9	292,2	116,9	0,7	988,6	49,4

Возможный вылов. Для расчета возможного вылова мидии использовали две величины допустимого изъятия:

– 2,5 % биомассы промыслового запаса, использовавшиеся в рекомендациях годового вылова на литорали Мурмана по результатам съемок в 1960-1961 гг. (Романова, 1969) и 1971 г. (Количественное распределение хозяйственно-ценных..., 1984);

– 0,5 % биомассы промыслового запаса, что соответствует предосторожному подходу к запасу и используется в отношении водолазной добычи митилид в российских водах северо-западной части Тихого океана.

Разная доля величины изъятия мидии на литорали и в сублиторали объясняется разными условиями существования поселений. На литорали, где условия среды нестабильны и высока естественная смертность моллюсков, промысловая смертность в размере 2,5 % практически не скажется на общей численности. А в сублиторали, где условия более стабильны и естественная смертность не так высока, следует применить более осторожный подход.

На литорали мурманского побережья при ручном сборе можно ежегодно добывать 2,5 % от промыслового запаса, что составляет 0,11 тыс. т, а в сублиторали водолазами – 0,5 %, или 0,83 тыс. т (табл. 6). Ежегодный общий вылов мидии в Баренцевом море у берегов Мурмана с изъятием моллюсков промысловым размером 50 мм и более возможен в объеме 0,94 тыс. т.

Промысел. Начиная с 2019 г. ручной сбор мидии осуществляли индивидуальные предприниматели преимущественно в губах Западного Мурмана и Кольском заливе. В течение трех сезонов промысел моллюсков увеличился более чем в два раза (табл. 7). В 2021 г. было добыто 23,8 т, что составило 58 % от общей квоты, выделенной по заявкам пользователям.

Таблица 6

**Возможный вылов мидии у берегов Мурмана
при различных уровнях эксплуатации запаса**

Доля изъятия промыслового запаса, %	Западный Мурман		Восточный Мурман		Все побережье	
	Пром. запас, тыс. т	Возмож- ный вы- лов, тыс. т	Пром. запас, тыс. т	Возможный вылов, тыс. т	Пром. запас, тыс. т	Возмож- ный вылов, тыс. т
2,5	2,6	0,08	1,3	0,03	3,9	0,11
0,5	166,0	0,58	49,4	0,25	166,3	0,83

Таблица 7

Добыча мидии на Мурмане в Баренцевом море в 2019-2021 гг.

Год	Кол-во заявок на добычу, шт.	Квота по заявкам, т	Фактический вылов, т	Доля фактического вылова от квоты, %
2019	11	52	9,7	18,6
2020	11	77	12,0	15,6
2021	4	41	23,8	58,0

Заключение

В Баренцевом море у берегов Мурмана начиная с 2019 г. осуществляется промысловое освоение запасов мидии. В настоящее время промысел ограничивается ручным сбором моллюсков на литорали губ и бухт побережья. В течение 2019-2021 гг. добыча *M. edulis* увеличилась с 9,7 до 23,8 т, что свидетельствует о привлекательности этого вида промысла для местных предпринимателей.

В губах и заливах Мурмана крупная мидия, представляющая промысловый интерес, распределяется преимущественно в нижнем поясе литоральных поселений и зоне верхней сублиторали на каменистых и валунно-галечных грунтах.

Баренцевоморская мидия в возрасте старше 7 лет и размером 50 мм и более неоднократно участвует в нересте, моллюски этой размерно-возрастной группы рекомендованы к добыче без ущерба для воспроизводства мурманской прибрежной популяции, а длина раковины 50 мм может быть принята в качестве минимального промыслового размера *M. edulis* в Баренцевом море.

Ежегодный вылов мидии у берегов Мурмана ручным способом на литорали и водолазами в зоне верхней сублиторали возможен в объеме 0,94 тыс. т.

Исходя из незначительных величин изъятия в 2019-2021 гг. (менее 2,5 % от ежегодного рекомендуемого вылова), популяцию мидии в прибрежных водах Мурмана целесообразно рассматривать как имеющую статус малоиспользуемой, запас которой остается достаточно стабильным.

Таким образом, мидия съедобная является перспективным объектом прибрежного мурманского промысла, вылов которой осуществляется экологически чистыми способами лова.

Список использованной литературы

Агарова, И.Я. Результаты многолетних наблюдений за популяцией *Mytilus edulis* L. на одной из литоральных отмелей Восточного Мурмана / И.Я. Агарова // Промысловые двустворчатые моллюски-мидии и их роль в экосистемах. – Л., 1979. – С. 8-10.

Голиков, А.Н. Особенности некоторых донных экосистем в южной части Баренцева моря и у мыса Желания (Новая Земля) / А.Н. Голиков, В.Г. Аверинцев // Биология моря. – 1977. – № 2. – С. 63-67.

Количественное распределение хозяйственно-ценных беспозвоночных у побережья Мурмана / Т.В. Антипова, О. В. Герасимова, Л.Д. Панасенко, А.М. Сенников // Бентос Баренцева моря – распределение, экология и структура популяций. – Апатиты, 1984. – С. 113-131.

Матвеева, Т.А. Биология *Mytilus edulis* / Т.А. Матвеева // Труды ММБС, 1948. – Т. 1. – С. 216-241.

Мидии р. *Mytilus* губы Тюва (Кольский залив, Баренцево море) / Е.Н. Буфалова, П.П. Стрелков, М.В. Католикова [и др.] // Вестник СПбГУ. – Сер. 3. – 2005. – Вып. 3 – С. 99-105.

Милютин, Д.М. Плотность распределения биомассы мидии *Mytilus edulis* в прибрежной зоне Кольского полуострова / Д.М. Милютин, В.И. Соколов // VII Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным (Мурманск, 9-13 окт. 2006 г.): тез. докл. – М.: Изд-во ВНИРО, 2006. – С. 241-242.

Милютина, И.А. Межпопуляционная дивергенция уникальных последовательностей ДНК у мидий *Mytilus edulis* / И.А. Милютина, Н.Б. Петров // Биология моря. – 1997. – № 23. – С. 319-324.

Романова, Н.Н. О промысловых моллюсках Баренцева моря / Н.Н. Романова // Труды ВНИРО. – 1969. – Т. 65. – С. 436-448.

Федоров, А.Ф. Продукционные возможности мидии (*Mytilus edulis* L.) в марикультуре Мурмана / А.Ф. Федоров. – Апатиты: КФ АН СССР, 1987. – 104 с.

ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБИЛИЯ САЙКИ *BOREOGADUS SAIDA* В МОРЕ ЛАПТЕВЫХ В АВГУСТЕ-СЕНТЯБРЕ 2015 г.

М.Ю. Кузнецов, Е.В. Сыроваткин, В.И. Поляничко
Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток

Введение

По географическому положению море Лаптевых – материковое окраинное море российской Арктики Северного Ледовитого океана. Больше половины его акватории занимает шельф с глубинами до 50 м. Северная часть моря значительно глубже и захватывает материковый склон и небольшую часть глубоководной котловины Нансена. В этом районе глубины постепенно увеличиваются от 50 до 100 м, а затем резко возрастают до 2000 м и более (Добровольский, Залогин, 1982).

Состояние водных биоресурсов в море Лаптевых изучено крайне слабо. Промышленный лов рыбы ведется лишь в прибрежных районах и эстуариях впадающих в море рек. В остальных районах моря Лаптевых организованного промысла нет из-за сложных метеорологических условий и короткого навигационного периода, а также в связи с отсутствием развитой инфраструктуры рыбообработки (Рыбные ресурсы и..., 2016).

Наступление периода потепления в Арктике сопровождается сокращением площади ледового покрова и увеличением продолжительности навигационного периода, что открывает возможности промыслового освоения обитающих в водах российского Севера биоресурсов. Потенциальную промысловую ценность в море Лаптевых могут иметь массовые виды морских рыб: сайка, сельдь, мойва, полярная камбала, треска, навага, палтус (Кириллов, Карпова, Сивцева, 2016). Среди них наибольший интерес для экспедиционного промысла представляет сайка, которая максимально доступна для изъятия (может образовывать значительные концентрации и обитает в толще воды над шельфом и материковым шельфом).

Вместе с тем, даже при наличии оснащенного флота и рыбоперерабатывающего оборудования, необходимым условием для организации промысла сайки на шельфе Арктики является наличие данных о местоположении, распределении и обилии (промысловой значимости) ее скоплений. Того же требует важная экосистемная роль этого вида, ареал которого распространяется на все шельфовые моря Северного Ледовитого океана и сайка служит одним из основных источников питания для птиц, ластоногих, белух и других животных (Большие морские экосистемы..., 2011). В

связи с этим актуальным становится проведение комплексных исследований, направленных на изучение условий обитания и ресурсов сайки и выявление экономической и экологической целесообразности их освоения.

Гидроакустический метод широко используется для океанологических исследований и мониторинга биоресурсов океана. Он имеет ряд преимуществ по сравнению с другими инструментальными методами оценки обилия рыб. В частности, частота акустических проб намного выше, чем траловых станций, что позволяет изучать тонкую структуру зарегистрированных агрегаций, а также дистанционно измерять с высоким разрешением не только горизонтальное, но и вертикальное распределение гидробионтов.

Цель данной работы – выявление особенностей пространственного распределения и обилия сайки на обследованной акватории моря Лаптевых по данным дистанционного гидроакустического зондирования.

Материалы и методы

Исследования выполнялись с 26 августа по 6 сентября 2015 г. на НИС «ТИНРО». Галсовый маршрут съемки формировался по схеме траловых станций, результаты которых использовались для видовой и размерной идентификации эхограмм (рис. 1). Площадь района съемки, где были зарегистрированы эхозаписи сайки и производилась обработка акустических данных, составила около 11 тыс. миль² (38 тыс. км²).

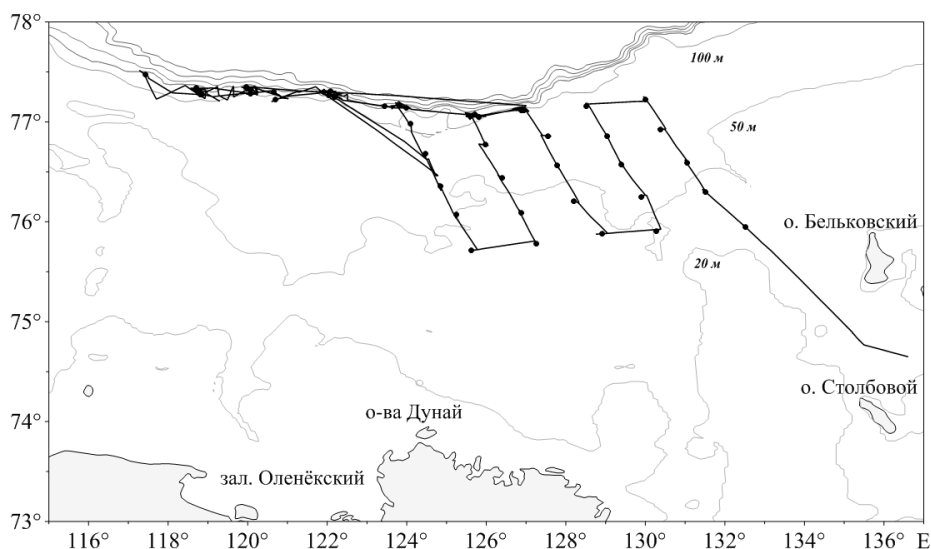


Рис. 1. Схема акустических галсов и траловых станций в море Лаптевых 26.08-06.09.2015 г.

В качестве гидроакустической измерительной системы использовался калиброванный научный эхолот SIMRAD EK-60 с рабочими частотами 38 и 120 кГц. Акустические измерения производились непрерывно, как в

светлое, так и в темное время суток. Для визуализации и постпроцессорной обработки акустических данных использовался программный комплекс, включающий интегрированную базу данных в среде Access и программу многовидовой обработки эхограмм SALTSE (Программный комплекс для..., 2021).

При интегрировании устанавливался порог по уровню объемного рассеяния -70 дБ, порог по TS -65 дБ. Для перехода к абсолютным оценкам использовались уравнения, связывающие силу цели сайки и ее зоологическую длину: $TS=12,8\log(L)-64,3$ ($L<15$ см), $TS=21,8\log(L)-74,9$ ($L\geq 15$ см) (Мамылов, 1999). В результате последовательной обработки эхограмм формировались оценки акустической плотности в виде коэффициента обратного поверхностного рассеяния s_A ($\text{м}^2/\text{миля}^2$) вдоль галсов съемки с шагом $0,5$ мили по дистанции и 1 м по глубине, а также плотности рыб по численности (тыс. экз./миля²) и биомассе (т/миля²).

Результаты и их обсуждение

Исследования охватывали часть внутреннего и внешнего шельфа моря Лаптевых с выходом на верхнюю часть материкового склона до 500 м (см. рис. 1). Сайка, являющаяся самым распространенным видом рыб арктических морей, абсолютно доминировала во всех траловых уловах, за исключением максимальных обследованных изобат (более 400 м), где во время съемки встречался еще и черный палтус (Результаты комплексных биологических..., 2016). По данным гидроакустического зондирования, сайка была распределена преимущественно вдоль внешней части шельфа и на материковом склоне (рис. 2). Наиболее плотные концентрации сайки – свыше 30 млн экз./миля² (на некоторых интервалах интегрирования более 200 млн экз./миля²) – были зарегистрированы в центральном и восточном секторах обследованного района. Здесь же была сосредоточена основная биомасса сайки с максимальными значениями 300 т/миля². На некоторых участках галсов между внешним шельфом и склоном эхоинтегрирование давало плотности по биомассе выше 1000 т/миля².

Картину пространственной дифференциации подтверждают данные батиметрического распределения сайки (рис. 3): 94 % ее численности было учтено за пределами шельфа на глубинах более 100 м. Из них над внешним шельфом в диапазоне изобат $100-200$ м зарегистрировано 32 % общей численности сайки. В верхней части материкового склона (глубины $200-400$ м) находилось 56 % особей сайки и оставшиеся 7 % – на глубинах более 400 м. В пределах шельфа обитала главным образом молодь сайки (<10 см) – менее 6 % общей численности. На изобатах свыше 150 м в скоплениях доминировали более крупные рыбы размером $10-15$ см (см. рис. 3).

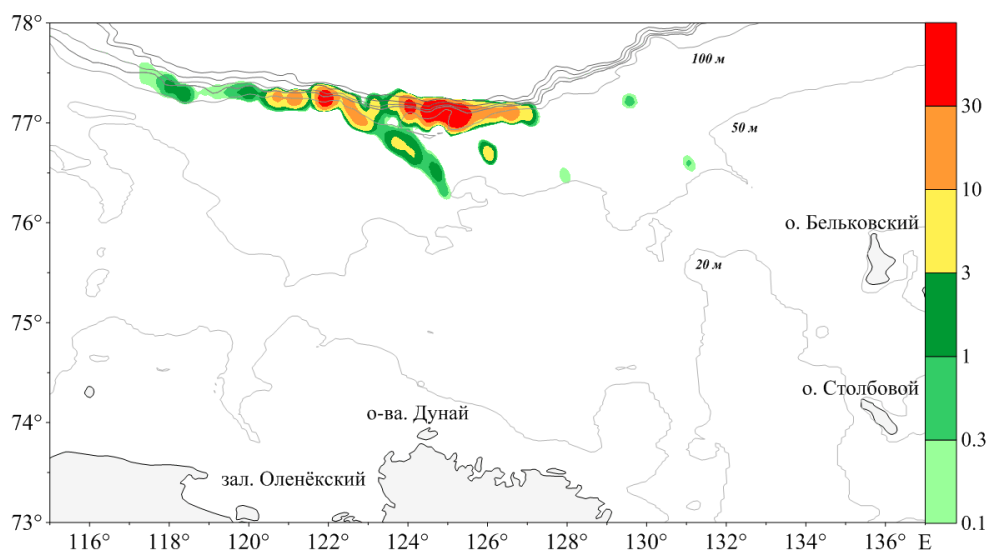


Рис. 2. Пространственное распределение плотности сайки (млн шт./миля²) в море Лаптевых 26.08-06.09.2015 г.

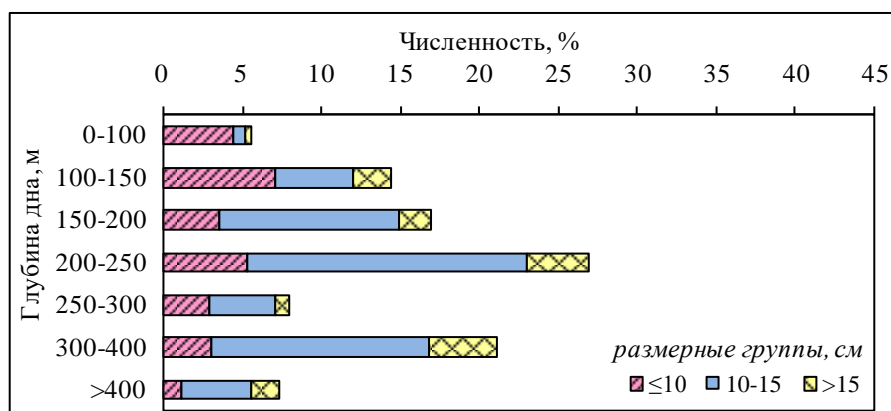


Рис. 3. Батиметрическое распределение сайки по размерным группам

При этом вертикальная структура скоплений была весьма неоднородной. Типичным для обследованного района между внешним шельфом и материковым склоном является двухслойное распределение скоплений в приповерхностном и придонном слоях с преобладанием молоди в верхнем слое. Это хорошо видно на картах, иллюстрирующих вертикальное распределение сайки вдоль акустических разрезов (рис. 4).

Характерные акустические изображения сайки в различных точках обследованной акватории представлены на рис. 5-7. Активных вертикальных перемещений сайки в зависимости от времени суток не наблюдалось. Как правило, скопления регистрировались эхолотом в виде протяженных агрегаций переменной плотности, расположенных в придонном слое и вблизи поверхности. Ночью структура агрегаций, как правило, более рых-

лая, однако встречались локальные скопления рыб, состоящие из плотных косяков, как в дневное, так и в ночное время.

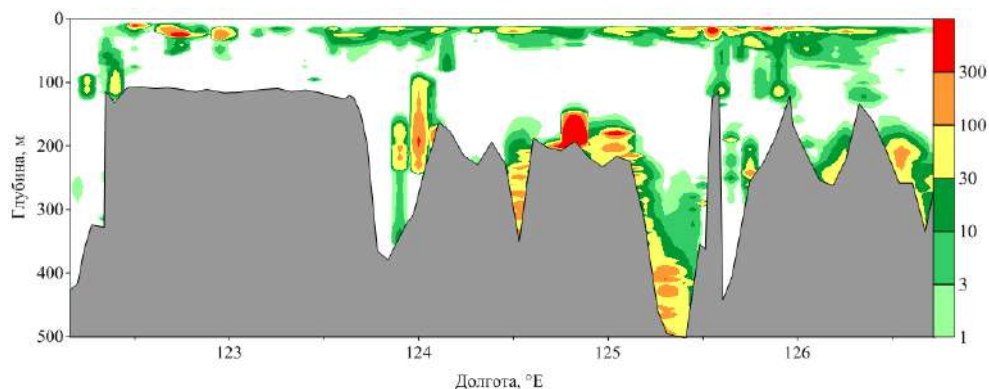


Рис. 4. Вертикальное распределение плотности скоплений сайки s_A (m^2/mi^2) вдоль галсов на внешнем шельфе и склоне моря Лаптевых в 2015 г.

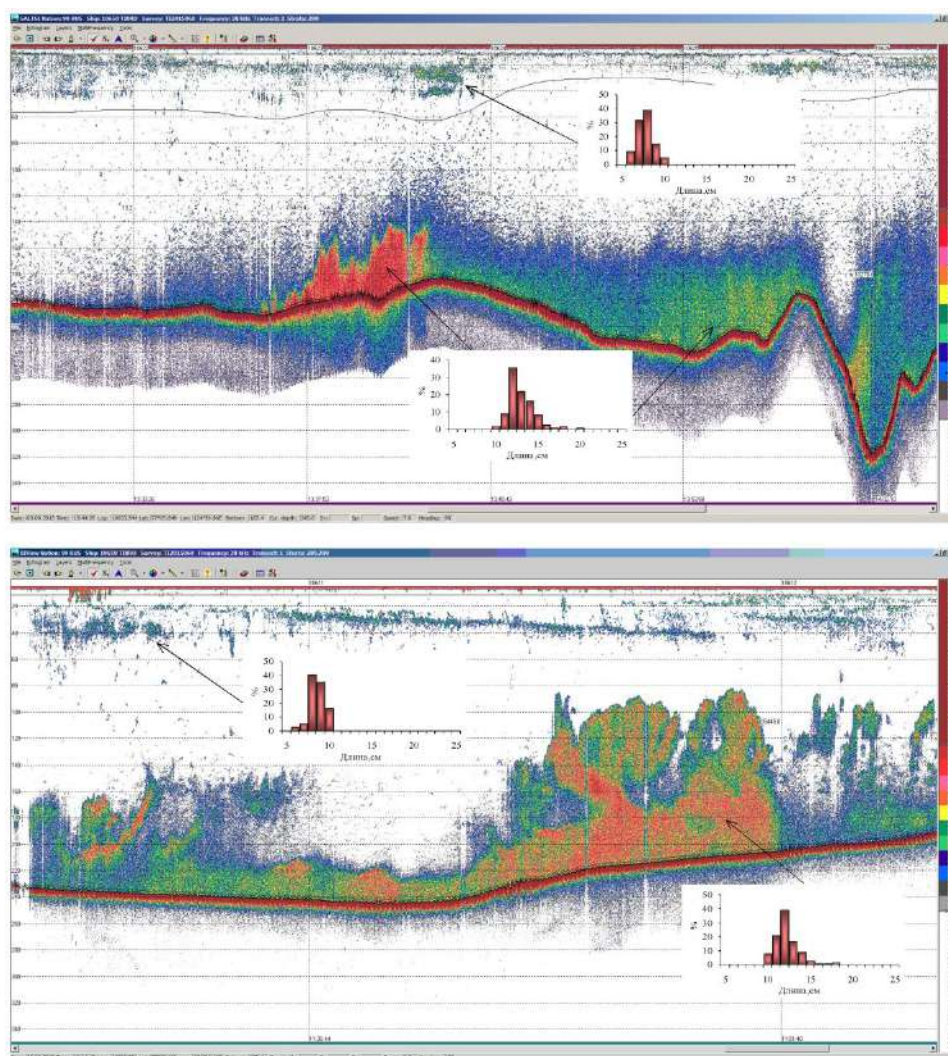


Рис. 5. Фрагменты акустических изображений скоплений сайки между внешним шельфом и склоном моря Лаптевых в 2015 г.

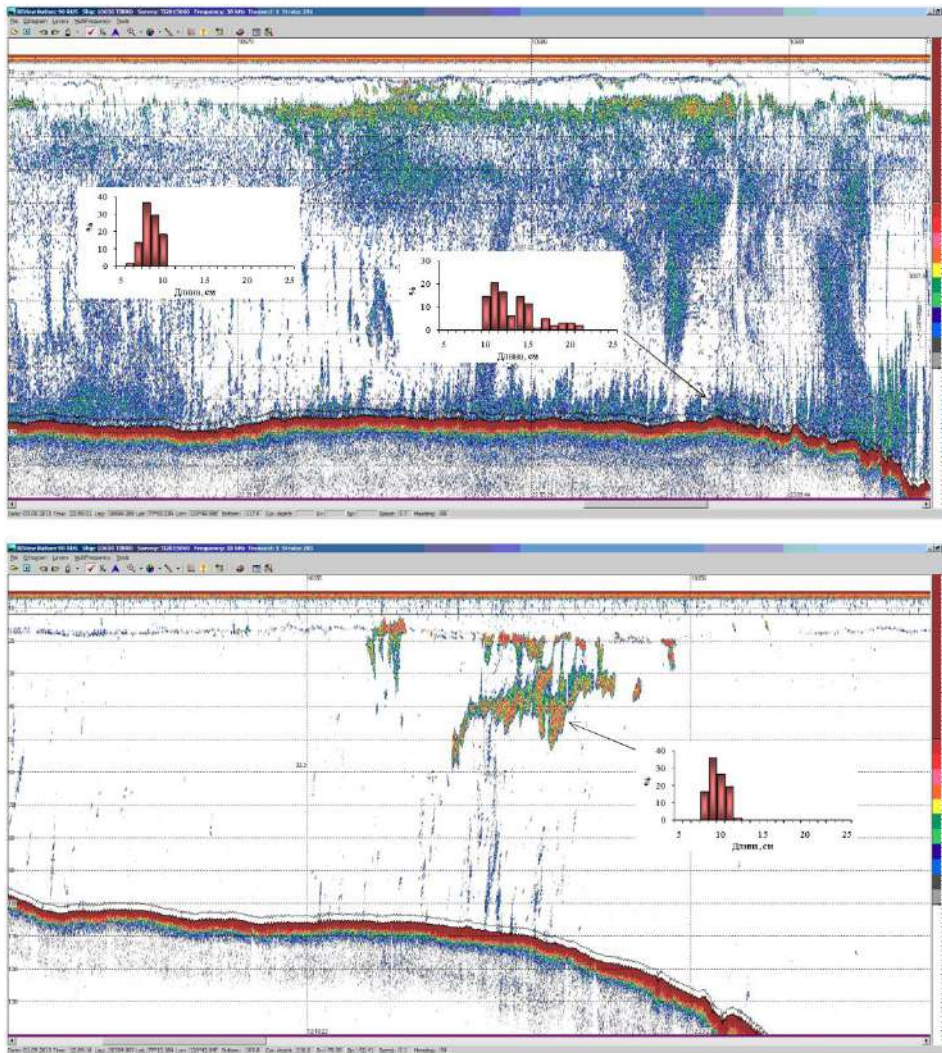


Рис. 6. Фрагменты акустических изображений скоплений сайки в водах внешнего шельфа

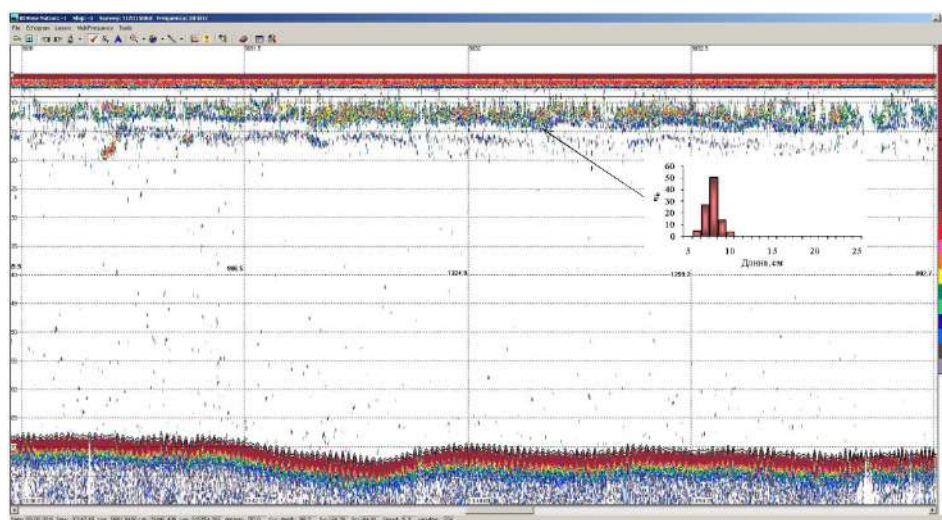


Рис. 7. Фрагмент акустического изображения молоди сайки на внутреннем шельфе

Мощные протяженные концентрации сайки в придонной области внешнего шельфа и склона достигали высоты 100 м (в среднем 30-40 м) и были образованы в основном особями 10-15 см в возрасте 1 и 2 лет (см. рис. 5). На некоторых участках за пределами шельфа в придонных скоплениях значительной была доля крупных рыб размером более 15 см в возрасте трех и четырех лет (см. рис. 6). Молодь длиной менее 10 см аккумуляровалась в прогретых до 2-4 °С водах верхнего квазиоднородного слоя, толщина которого возрастала от внутренней к внешней части шельфа от 15 до 30 м (Результаты комплексных биологических..., 2016). Основные концентрации молоди сайки были приурочены к внешнему краю шельфа, где, кроме приповерхностных, встречались достаточно плотные ее скопления и в средних горизонтах до 60 м (см. рис. 6).

На внутреннем шельфе обитала преимущественно молодь сайки размером менее 10 см, где на отдельных участках галсов она формировала достаточно плотные скопления в приповерхностных горизонтах до 20 м выше термоклина (см. рис. 7). В придонной области на глубинах менее 100 м скоплений сайки обнаружено не было. В уловах донного траля встречались в незначительных количествах особи размером более 15 см ($L_{cp.} = 18,8$ см) в возрасте старше трех лет (Результаты комплексных биологических..., 2016).

Заключение

Гидроакустические исследования в море Лаптевых в 2015 г. показали наличие значительных скоплений сайки. Подавляющая их часть (более 94 % численности) была учтена на внешней части шельфа и материковом склоне. Плотности скоплений сайки на некоторых участках обследованной акватории, по данным акустического зондирования, составляли выше 30 млн экз./миля² (более 300 т/миля²).

Полученные результаты дают основание заключить, что ресурсы сайки в море Лаптевых в годы высокой численности позволяют вести ее экспедиционный лов с использованием крупнотоннажных траулера. Для организации промысла необходим регулярный мониторинг состояния ресурсов, распределения плотности и условий обитания сайки и других объектов, их динамики в этом секторе Арктики.

Список использованной литературы

Большие морские экосистемы шельфовых морей российской Арктики / Г.Г. Матишов, В.В. Денисов, С.Л. Дженюк, П.Р. Макаревич // Назем-

ные и морские экосистемы / гл. ред. Г.Г. Матишов, А.А. Тишков. – М.; СПб., 2011. – С. 71-97.

Добровольский, А.Д. Моря СССР / А.Д. Добровольский, Б.С. Залогин. – М.: МГУ, 1982. – 192 с.

Кириллов, А.Ф. Резервы водных биологических ресурсов шельфа моря Лаптевых / А.Ф. Кириллов, Л.Н. Карпова, Л.В. Сивцева // Молодой ученый. – 2016. – № 3(107). – С. 364-366.

Мамылов, В.С. Некоторые аспекты оценки плотности рыбных скоплений тралово-акустическими методами / В.С. Мамылов // Развитие технических методов рыбохозяйственных исследований: сб. науч. тр. / ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1999. – С. 147-163.

Программный комплекс для визуализации, многовидовой обработки и хранения данных гидроакустических ресурсных съемок / М.Ю. Кузнецов, И.А. Убарчук, В.И. Поляничко, Е.В. Сыроваткин // Труды ВНИРО. – 2021. – Т. 183. – С. 174-190.

Результаты комплексных биологических исследований в море Лаптевых в августе-сентябре 2015 г. / И.И. Глебов, В.А. Надточий, А.Б. Савин [и др.] // Известия ТИНРО. – 2016. – Т. 187. – С. 72-88.

Рыбные ресурсы и их использование в эстуариях морей Карское и Лаптевых / В.А. Ульченко, А.К. Матковский, С.И. Степанов [и др.] // Труды ВНИРО. – 2016. – Т. 160. – С. 116-132.

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОРСКИХ ЕЖЕЙ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

А.В. Лабутин

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

Морские ежи рода *Strongylocentrotus* в Баренцевом море представлены двумя видами – зеленым *S. droebachiensis* и палевым *S. pallidus*.

Работы по оценке запасов и особенностей распределения зеленых морских ежей в прибрежной части Баренцева моря были начаты в 1970-х годах (Пропп, 1971), в последующем годы были продолжены исследования по изучению перспективных районов промысла (Анисимова, 1998).

Попытки организации промысла морского ежа на Баренцевом море предпринимались еще в начале 1990-х годов, но из-за того, что основной потребитель данного вида продукции (Япония) находится на значительном удалении от районов промысла, а спрос на отечественном рынке невелик, добыча морских ежей была прекращена.

С конца 2000-х годов интерес промышленников к добыче зеленых морских ежей Баренцева моря начал возрастать. Этому, на наш взгляд, способствовало появление спроса на продукцию из баренцевоморских ежей, более продуманные способы хранения и транспортировки добытых ежей и переработанной продукции. В таблице представлены данные о вылове зеленого морского ежа в прибрежной части Баренцева моря в 2009-2018 гг.*

Доступные данные о состоянии численности и биомассы морских ежей датируются 2008-2011 гг., результаты наших исследований позволят расширить объем информации и дополнить уже имеющиеся долговременные данные.

Сотрудниками лаборатории прибрежных экосистем ВНИРО с 2001 г. на акватории Варангер-фьорда Баренцева моря проводятся многолетние работы по мониторингу состояния и распределения промысловых беспозвоночных, включая морских ежей рода *Strongylocentrotus*.

В период с 2006 по 2021 г. в контрольных точках (рис. 1) было отобрано и обработано 4058 экз. зеленого и палевого морского ежа.

* Материалы, обосновывающие рекомендованный вылов ежа морского зеленого (*Strongylocentrotus droebachiensis*) в Баренцевом море в пределах ИЭЗ РФ на 2020 г. А.М. Сенников.

Таблица 1

Вылов морского ежа *S. droebachiensis* в прибрежной зоне Мурмана в 2009-2018 гг.

Год	Рекомендованный вылов, тыс. т	Фактический вылов, т	Доля фактического вылова от рекомендованного, %
2009	0,75	5,70	0,8
2010	0,75	6,50	0,9
2011	0,75	5,95	0,8
2012	0,75	0,35	< 0,1
2013	6,00	0,40	То же
2014	6,00	0,50	»
2015	6,00	0,00	0,00
2016	6,00	0,30	< 0,1
2017	6,00	320,8	3,8
2018	6,00	185,0	3,1

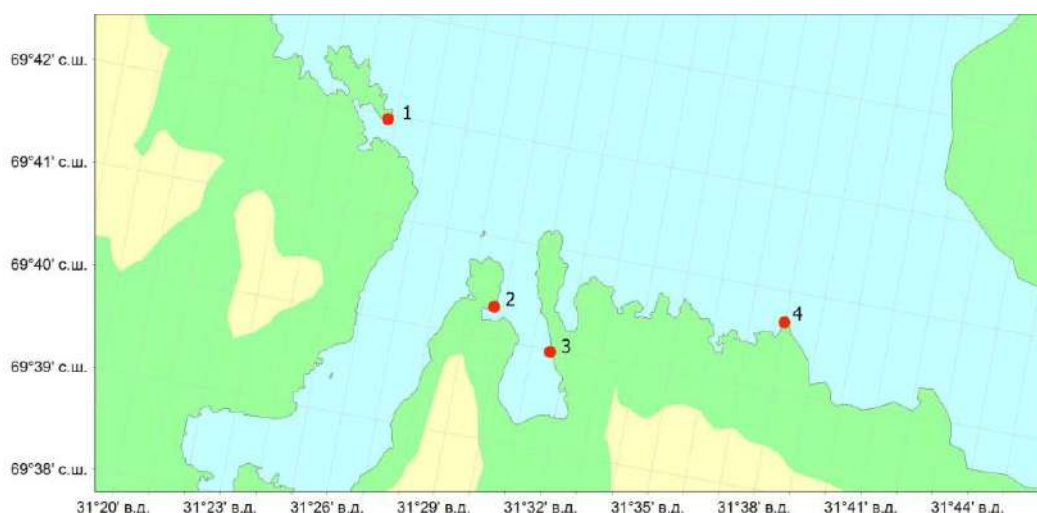


Рис. 1. Контрольные точки гидробиологического мониторинга: 1 – м. Ристиниеми; 2 – бухта Пайтахамина; 3 – «Финский причал»; 4 – мыс Хирвасниеме

Биологический анализ выполняли по стандартным методикам (Методические рекомендации по..., 2003). У каждой особи измеряли диаметр панциря штангенциркулем с точностью до 1 мм. Ежа взвешивали на электронных весах, с точностью до 0,1 г. Взвешивание производили через несколько часов после подъема улова на борт.

Исследования показали, что общая плотность морского ежа *S. droebachiensis* и плотность особей промысловых размеров (от 50 мм, для Северного рыбохозяйственного бассейна) имеет разные межгодовые показатели и варьирует в широких пределах (рис. 2-5).

Плотность ежей на 1 м² (Пайтахамина, 3-9 м)

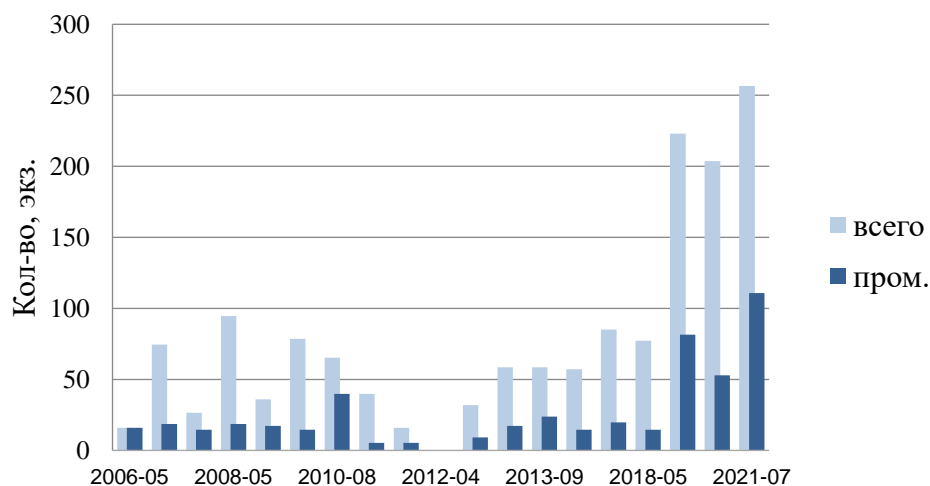


Рис. 2. Плотность ежей на 1 м², бухта Пайтахамина

Плотность ежей на 1 м² ("Финский причал", 3-9 м)

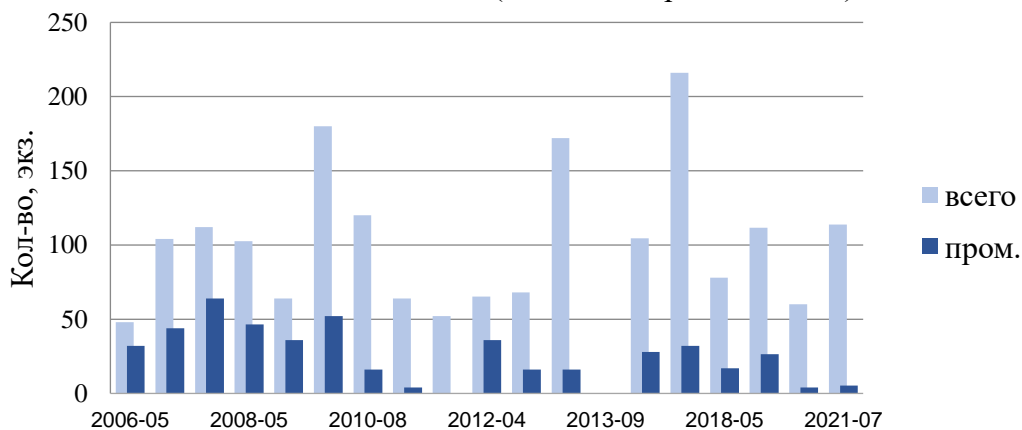


Рис. 3. Плотность ежей на 1 м², контрольная точка «Финский причал»

Плотность ежей на 1 м² (Хирвасниemi, 3-9 м)

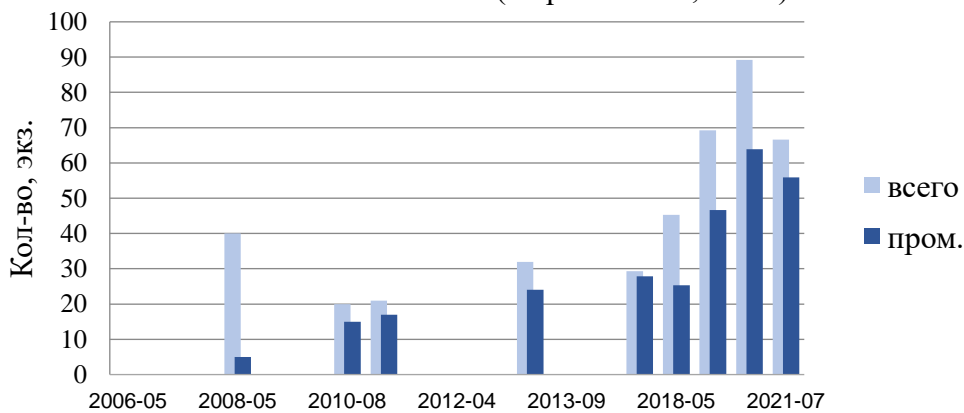


Рис. 4. Плотность ежей на 1 м², мыс Хирвасниemi

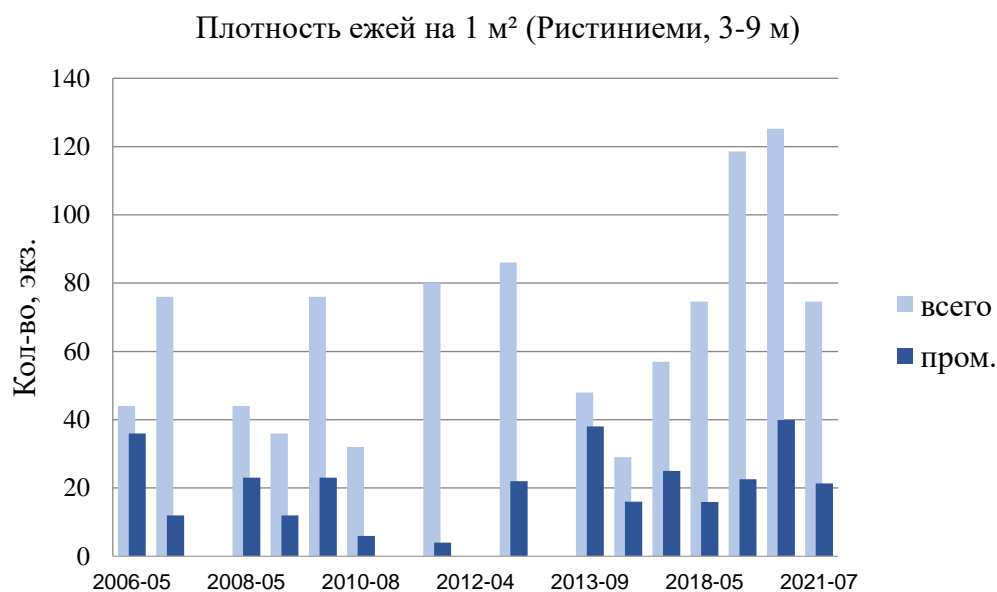


Рис. 5. Плотность ежей на 1 м², мыс Ристиниеми

Для оценки распределения внутри районов рассчитывали индексы трехпараметрического распределения (Смуров, Полищук, 1989), средней плотности в скоплениях m^* , средней плотности вне скоплений (фоновой части популяции) m^0 и относительную площадь, занимаемую скоплениями, K :

$$m^0 = \bar{N} + \frac{A}{2B} - \sqrt{\left(\frac{A}{2B}\right)^2 + B},$$

$$m^* = \bar{N} + \frac{A}{2B} + \sqrt{\left(\frac{A}{2B}\right)^2 + B},$$

где \bar{N} – средняя промысловая плотность;

σ^2 – дисперсия, $A = \mu_3 + 2\bar{N} - 3\sigma^2$,

$$B = \sigma^2 - \bar{N}, \quad \mu_3 = \frac{\sum_{i=0}^I (i - \bar{N})^3 \cdot j_i}{J},$$

I – число ежей промыслового размера в пробе (из трех рамок),

I – максимальное число ежей промыслового размера в пробе,

j_i – число проб с ежами,

J – общее число проб;

$$K = \frac{\bar{N} - m^0}{m^* - m^0}.$$

Для построения графиков и математических расчетов использовались программы MS® OfficeExcel 2010, STATISTICA 6.0, ГИС «Картмастер».

Молодь морских ежей с диаметром панциря от 2 до 5 мм была отмечена на литогаммиевых галечниках, в диапазоне глубин от 20 до 30 м. Плотность скоплений достигала 400 экз./м². Морские ежи с диаметром панциря от 10 до 40 мм отмечены преимущественно на мелководных галечных осыпях, лишенных растительности; плотность скоплений составляла 40-50 экз./м².

Морские ежи промыслового размера были отмечены на пологих склонах среди зарослей ламинарии пальчатой. Плотность ежей данной группы варьировала в широком диапазоне – от 1 до 50 экз./м² в зависимости от особенностей рельефа и проективного покрытия макрофитов (рис. 6) (Переладов, Лабутин 2018).



Рис. 6. Скопление морских ежей на глыбах. Баренцево море, Варангер-фьорд, губа Печенга, мыс Ристиниеми, глубина 8 м, май 2018 г.

Исследования в Варангер-фьорде показали, что общий запас зеленого морского ежа (± 90 %-ный доверительный интервал) составил 2748 ± 916 т, промысловый – 1900 ± 684 т. Средняя промысловая плотность в районе составила $24,5 \pm 8,8$ экз./м². Средний диаметр был равен 42 мм, средний диаметр промысловой особи – 52 мм, доля промысловых особей от общего числа составляла 44 %, доля пререкрутов (особей диаметром 35-45 мм, которые на следующий год могут достичь промысловых размеров) – 31 %.

На основании полученных данных можно сделать выводы о том, что на исследованной акватории морские ежи образуют скопления, различные по плотности и размерному составу. Плотность скоплений и размерный состав, на наш взгляд, зависят от биотопа обитания, особенностей рельефа, проективного покрытия макрофитов, степени прибойности и ряда других факторов. Высокая доля пререкрутов указывает на хороший потенциал для организации многолетнего устойчивого промысла.

Список использованной литературы

Анисимова, Н.А. Морской еж *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller, 1776) / Н.А. Анисимова // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1998. – С 397-452.

Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне / Е.И. Блинова, О.Ю. Вилкова, Д.М. Милютин, О.А. Пронина. – М.: ВНИРО, 2003. – 80 с.

Переладов, М.В. Комплексные гидробиологические исследования прибрежных акваторий Варангер фиорда Баренцева моря в мае 2018 г. / М.В. Переладов, А.В. Лабутин // Труды ВНИРО. – М.: Изд-во ВНИРО, 2018. – Т. 172. – С. 214-224.

Пропп, М.В. Экология прибрежных донных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря. По материалам водолазных гидробиологических работ / М.В. Пропп. – Л.: Наука, 1971. – 128 с.

Смулов, А.В. Количественные методы оценки основных популяционных показателей: статистический и динамический аспекты / А.В. Смулов, Л.В. Полищук. – М.: МГУ, 1989. – 208 с.

**РОЛЬ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА
В ФОРМИРОВАНИИ УНИКАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА
ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ НА ШПИЦБЕРГЕНЕ:
СЛУЧАЙ С ТЕПЛИЦАМИ В ПОС. БАРЕНЦБУРГ**

Н.В. Лебедева¹, А.А. Таскаева²

¹Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск

²Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Шпицберген – удаленный архипелаг, который человек активно осваивал начиная с XX в. В последние два десятилетия этот архипелаг – одно из привлекательных мест в высокоширотной Арктике для туристов. В российском пос. Баренцбург (о-в Западный Шпицберген, 78°04' с.ш. и 14°13' в.д.) в 1970-1980 гг. население достигало 2,5 тыс. человек, большая часть из которых была представлена работниками угледобывающего предприятия, членами их семей, персоналом, обеспечивающим жизнедеятельность поселка. Продукты питания завозили с материка морским путем. В связи с этим непосредственно в пос. Баренцбург развивалось подсобное хозяйство для производства собственных продуктов питания. В этот комплекс входили коровник, свинарник, курятник и теплица. Первую теплицу построили в послевоенные годы, затем по новому проекту в 1979 г. тепличный комплекс соорудили заново. Почву и растительный материал завозили из европейской части СССР. Общая площадь теплиц составляла 430 м², слой почвы достигал 30 см, внутри температура воздуха поддерживалась в диапазоне 15-18 °С. После сбора урожая (томаты, огурцы, зелень) почву пропаривали при температуре 70 °С и промывали. Теплица функционировала до середины 2000-х годов и была закрыта в связи с нерентабельностью. В настоящее время она заброшена, строение частично разрушено, из-за чего ее функции полностью потеряны: температура воздуха внутри и снаружи практически одинакова, сквозь отверстия в конструкции проникают осадки.

Теплицы представляют собой изолированные экологические острова, что делает их жизненно важными «горячими точками» в распространении инвазивных видов и убежищем для чужеродных организмов в суровые сезоны (Hulme, 2009). По сравнению с открытыми местами в них меньше колебаний температуры и влажности, особенно в холодное время года (Van Lenteren, 2000). Поэтому они обеспечивают условия, необходимые чужеродным видам для успешной адаптации в новой среде, и, следовательно, способствуют их последующей колонизации. Цель наших

исследований состояла в получении сведений о населении коллембол (Arthropoda, Collembola) в почвах заброшенных теплиц на Шпицбергене.

В теплице на поверхности почвы были установлены датчики температуры «Tinytag Plus 2», которые автоматически выполняли измерения каждый час в течение года.

Также отбирали почвенно-растительные образцы размером 10x10x5 см ($n=10$), их в тот же день помещали на эклекторы Берлезе-Туллгрена в лаборатории биостанции ММБИ РАН в Баренцбурге. Выгонку почвенных беспозвоночных осуществляли в течение 7 сут под электрическими лампами мощностью 40 Вт. Почвенных микроартропод фиксировали в 96 %-ном этаноле. Сортировку и определение коллембол выполняли в лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

В результате исследований выявлено 15 видов коллембол, большинство из которых широко распространены за пределами Арктики (Fellberg, 1998, 2007), за исключением *Vertagopus arcticus*, который является исключительно арктическим видом (Potapov, 2001). Виды *Deuteraphorura variabilis*, *Hypogastrura assimilis*, *H. purpurescens*, *Desoria breviseta* (ранее отмечен как *D. tigrina*), *Folsomia fimetaria* уже были зарегистрированы в почвах с высоким содержанием органических веществ в Баренцбурге и антропогенных почвах Пирамиды (The invertebrate fauna of..., 2013; Microarthropod communities of..., 2015). Интересной находкой, ранее обнаруженной на Шпицбергене в естественных местообитаниях, является вид *Vertagopus pseudocinereus* – это обитатель древесины (Potapov, 2001). Вполне вероятно, что все 6 видов коллембол завезены человеком, остальные 9 распространены в различных местах на Шпицбергене (Coulson, 2007) и не представляют необычного сообщества. Более 85 % всего населения ногохвосток в почвах теплиц составляют три вида: *Ceratophysella succinea*, *H. assimilis* и *H. viatica*. Обращает на себя внимание полное отсутствие *H. tullbergi*, *Lepidocyrtus lignorum*, которые обычны в ненарушенных местообитаниях на Шпицбергене (Беспозвоночные в градиенте..., 2020; Microarthropod communities of..., 2015), и очень незначительное количество *F. quadrioculata*, на долю которого приходится менее 0,5 %, и *Parisotoma notabilis* (обнаружен только 1 экз. из более чем 5 тыс.). Таким образом, результаты исследований соответствуют литературным данным, полученным ранее об антропогенных почвах Шпицбергена (The invertebrate fauna..., 2013a; Introduction of invertebrates..., 2013b; 2015), где сообщество коллембол – это смесь видов, широко распространенных на Шпицбергене, включая несколько, вероятно, интродуцированных, и представляет собой уникальное сообщество на архипелаге.

Исследование выполнено по государственному заданию ММБИ РАН и ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН № 122040600025-2.

Список использованной литературы

Беспозвоночные в градиенте почв разного возраста под колонией морских птиц в районе Грэнфьорда (Шпицберген, Арктика) / Н.В. Лебедева, А.А. Таскаева, Е.Н. Мелехина, Э.П. Зазовская // Кавказский энтомологический бюллетень, 2020. – Т. 16(2). – С. 283-294.

Coulson, S.J. The terrestrial and freshwater invertebrate fauna of the High Arctic archipelago of Svalbard / S.J. Coulson // Zootaxa, 2007. – Vol. 1448. – P. 41-58.

Fjellberg, A. The Collembola of Fennoscandia and Denmark / A. Fjellberg // Fauna entomologica Scandinavica. – Leiden: Brill., 1998. – Vol. 35. – 184 p.

Fjellberg, A. The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part II: Entomobryomorpha and Symphypleona / A. Fjellberg // Fauna Entomologica Scandinavica. – Leiden: Brill., 2007. – Vol. 42. – 264 p.

Hulme, P.E. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization / P.E. Hulme // J. Appl. Ecol., 2009. – Vol. 46(1). – P. 10-18.

Introduction of invertebrates into the High Arctic via imported soils: the case of Barentsburg in the Svalbard / S.J. Coulson, A. Fjellberg, D.J. Gwiazdowicz [et al.] // Biological Invasions, 2013b. – Vol. 15. – P. 1-5.

Microarthropod communities of industrially disturbed or imported soils in the High Arctic; the abandoned coal mining town of Pyramiden, Svalbard / S.J. Coulson, A. Fjellberg, E.N. Melekhina // Biodiversity and Conservation, 2015. – Vol. 24. – P. 1671-1690.

Potapov, M. Synopses on Palaearctic Collembola / M. Potapov // Isotomidae. – Görlitz, 2001. – Vol. 3. – 601 p.

The invertebrate fauna of anthropogenic soils in the High Arctic settlement of Barentsburg; Svalbard / Coulson S.J., Fjellberg A., Gwiazdowicz D.J. [et al.]. – DOI 10.3402/polar.v32i0.19273 // Polar Research, 2013a. – Vol. 32.

Van Lenteren, J. A greenhouse without pesticides: fact or fantasy? / J. Van Lenteren // Crop Prot., 2000. – Vol. 19(6). – P. 375-384.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОСОБЕННОСТИ НАГУЛЬНЫХ И НЕРЕСТОВЫХ МИГРАЦИЙ ОСЕТРОВЫХ РЫБ В ВОЛЖСКО-КАСПИЙСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ

*И.Н. Лепилина, И.В. Коноплева, И.А. Сафаралиев, В.А. Чаплыгин,
Т.В. Войнова, Д.А. Чакалтана, А.Б. Имантаев, А.М. Раков*
Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), г. Астрахань

В формировании запасов водных биоресурсов в Каспийском море особое значение имеют объем пресного стока, сроки начала весеннего половодья и его продолжительность, интенсивность прогрева воды, токсикологическая обстановка, масштабы воспроизводства, условия нагула гидробионтов. Неустойчивый гидрологический режим и изменчивость водного баланса моря оказывают определенное влияние на ихтиофауну, в том числе и на осетровых рыб, которые большую часть жизни проводят на его акватории. В 2010-2021 гг. половозрелые популяции белуги, осетра и севрюги в Каспийском бассейне были представлены рыбами, рожденными в 1970-90-е и 2000-е годы. В этот период изменялись уровень и соленость моря, сокращалась площадь нагула, трансформировались масштабы естественного и искусственного воспроизводства, активизировался незаконный промысел, возросло загрязнение, которое к концу 1980-х годов достигло критических величин по степени воздействия на рыб (Ласкорин, Лукьяненко, 1990). Перечисленные процессы в Волго-Каспийском бассейне не всегда проходили синхронно, но результат этих воздействий – ухудшение условий воспроизводства, снижение численности, промысловых запасов рыб и в конечном счете их уловов.

Для высокопродуктивного Северного Каспия с его солоноватыми, хорошо прогреваемыми в летние периоды водами фазы трансгрессии и регрессии наиболее ощутимы. Изменчивость речного стока нарушала динамичность водного баланса Каспия. Неоднократные колебания уровня моря с 1970 по 2021 г. позволили выделить следующие периоды (рис. 1):

I – период регрессии моря (1970-1977 гг.);

II – период повышения уровня моря (1978-1995 гг.);

III – период медленного понижения уровня моря (1996-2021 гг.).

Период регрессии моря (рис. 2). Сокращение годового объема пресного стока вызвало снижение уровня моря до минимальной отметки

минус 29 м по Балтийской системе высот (БСВ) в 1977 г. В северной части соленость возросла до 9,55, повысилась минерализация вод.

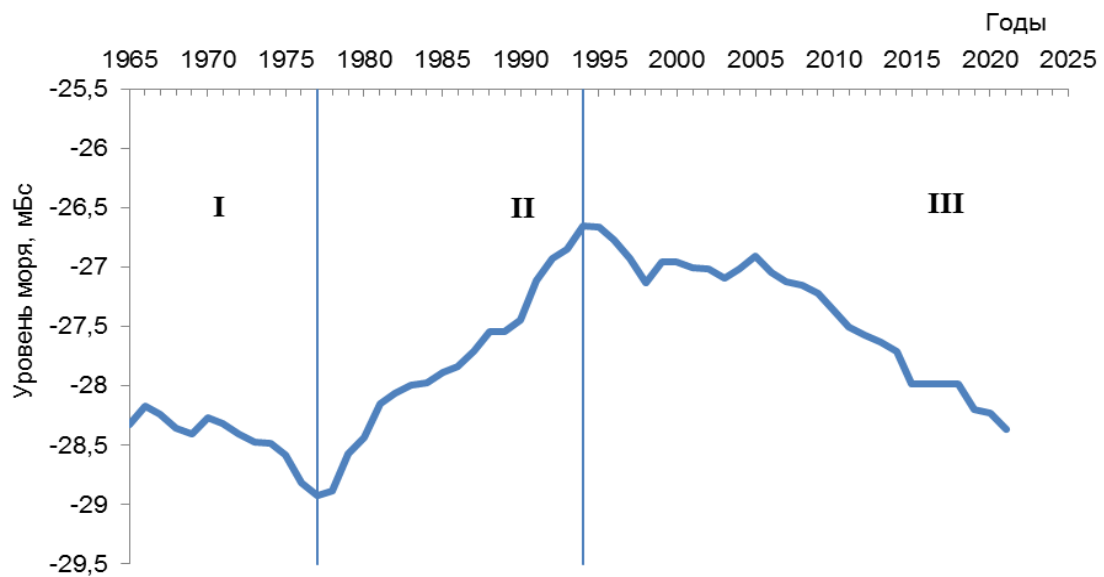


Рис. 1. Периоды колебания уровня моря с 1965 по 2021 г.



Рис. 2. Площадь нагула осетровых в период регрессии Каспийского моря (1970-1977 гг.)

Вследствие зарастания мелководья жесткой и мягкой растительностью площадь нагула сократилась на 10 тыс. км² (Катунин, Беспорточный, Хрипунов, 1998), в связи с этим плотность скоплений рыб в

конце 1970-х годов была в два раза ниже, чем в 1960-е годы (Каспийское море. Ихтиофауна..., 1989). Скатывающиеся сеголетки осетровых рыб перестали задерживаться на нагул в северной части (Пироговский, 1981) и мигрировали на западный шельф средней части моря. Абсолютная численность русского осетра и севрюги сократилась с 192,2 млн (1968 г.) до 130,2 млн экз. (1978 г.).

Период повышения уровня моря (рис. 3). В 1980-е годы повышение уровня моря до отметки минус 27,99 м по БСВ увеличило площадь Северного Каспия на 15,6 тыс. км², в результате возросла интенсивность подхода осетровых на нагул в эту часть водоема. Высокие концентрации осетровых наблюдались в районах Белинского, Кировского и Главного банков, в районе о-ва Тюлений.

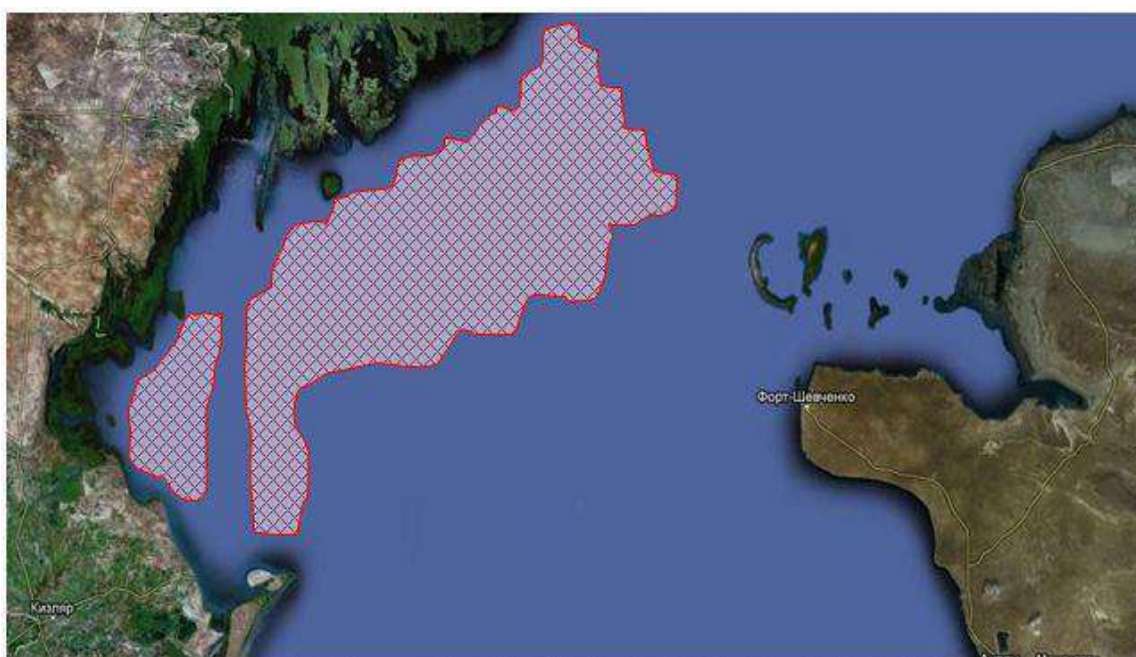


Рис. 3. Площадь нагула осетровых в период подъема уровня Каспийского моря (1978-1995 гг.)

По данным учетной траловой съемки, в середине 1980-х годов на акватории Северного Каспия откармливалось 78 % осетра, 69 % севрюги и 60% белуги, что существенно отличалось от показателей, полученных в период снижения уровня моря, – 23, 18 и 32 % соответственно. Такое перераспределение привело к увеличению в три раза в северной части водоема численности осетра и севрюги и более чем в два раза численности белуги. По материалам траловых съемок, абсолютная численность осетра возросла с 13,1 млн в 1978 г. до 36,1 млн экз. в 1983 г., севрюги – с

11,1 млн до 36,9 млн экз., белуги с 3,8 млн (1978 г.) до 9,1 млн экз. в конце 1980-х годов (Пальгуй, 1984; Ходоревская, Рубан, Павлов, 2007).

Период медленного понижения уровня моря (рис. 4). Уровень моря в 1998-1999 г. формировался в условиях уменьшения объема стока р. Волги (178,8-288,1 км³). С 2001 г. происходит медленное понижение уровня моря и в последние три года (2018-2021 гг.) уровень Каспия находится на отметке минус 28,2-28,37 м по БСВ. Площадь нагула осетровых рыб в мелководной зоне Северного Каспия сократилась с 9,7 тыс. до 6,9 тыс. км² (см. рис. 3, 4), абсолютная численность осетра как самого массового вида на акватории западной части Северного Каспия снизилась с 12,8 млн (1996 г.) до 3,53 млн экз. (2021 г.). Основные концентрации осетра отмечались в районе о-ва Малый Жемчужный – банка Средняя Жемчужная, на свале о-ва Очиркин и в устьевой зоне пресноводных каналов. Средние траловые уловы на западной акватории по сравнению с периодом подъема уровня снизились в 3-9 раз и варьировали от 1 до 3 экз.

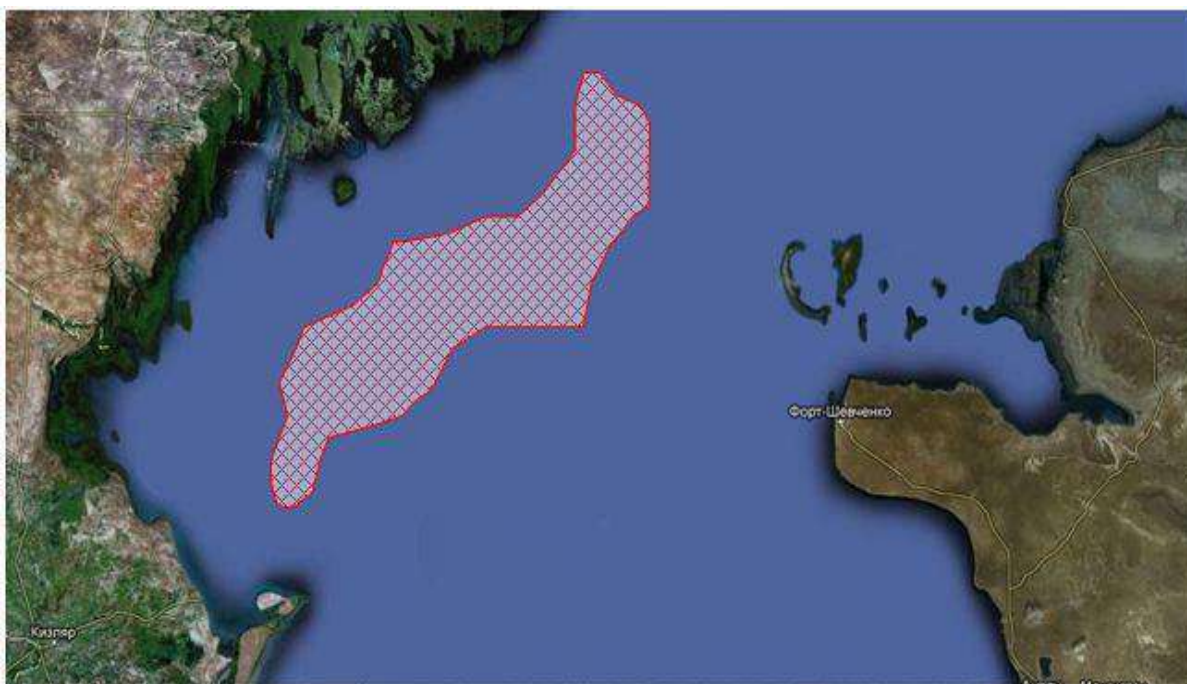


Рис. 4. Площадь нагула осетровых в период медленного понижения уровня Каспийского моря (1996-2021 гг.)

На традиционных местах нагула плотность скоплений осетровых рыб была незначительной, ареал распространения этих видов стал более локализованным. Понижение уровня моря происходит постепенно, при этом ареал распределения осетровых рыб сократился почти вдвое.

Анадромная нерестовая миграция осетровых из Северного Каспия в р. Волгу осуществляется после достижения у рыб определенной стадии зрелости половых желез. Основными стимулами нерестовой миграции осетровых являются температура, уровень, скорость речного потока и мутность воды. В весенне-летний период к местам нереста мигрируют яровые расы осетровых рыб, их половые железы находятся на III-IV и IV стадиях зрелости. Озимые формы мигрируют в реку в летне-осенний период, имея II-III, III стадии зрелости, и после зимовки в реке нерестятся весной следующего года.

Анализ множественной корреляции между интенсивностью нерестовой миграции осетровых, уровнем воды в реке, ее температурой и мутностью показал, что существует отрицательная связь интенсивности нерестовой миграции яровой расы белуги и температуры, а также озимого осетра и уровня воды при исключенном влиянии температуры и мутности воды (Ходоревская, Рубан, Павлов, 2007). Влияние мутности как составной части весеннего половодья наиболее существенно проявляется у производителей севрюги.

Для ярового осетра определяющими внешними факторами нерестовой миграции следует считать повышение температуры воды и появление паводковых вод (Баранникова, 1975).

Уровень воды и скорость течения в реке определяются попусками воды через плотину Волжской ГЭС. Чем больше сброс воды, тем выше скорость течения и больше зона привлечения рыб на устьевом взморье, т.е. увеличивается численность осетровых, мигрирующих на места нереста. Надо отметить, что миграционные пути осетровых рыб в Северном Каспии в зоне ответственности Российской Федерации приурочены к наиболее полноводным рукавам дельты р. Волги, в том числе к Волго-Каспийскому морскому судоходному каналу (ВКМСК) и прилежащим к нему восточнее каналам-рыбоходам: Гандуринскому, Никитинскому и Кировскому банкам, а также расположенному в центральной части дельты р. Волги наиболее водоносному после Главного банка Белинскому банку. Существует прямая зависимость между величиной обеспеченности банка (канала-рыбохода) водой и численностью заходящих производителей осетровых на нерест. На рис. 5 за период 1990-1999 гг. представлено соотношение численности мигрирующих производителей осетровых по Главному (максимальный расход воды) и Иголкинскому (объемы привлекающего потока пресного стока намного ниже) банкам. По Главному банку количество мигрирующих производителей белуги и осетра составляло более 75 %, севрюги – 60 %, а по Иголкинскому банку оно было значительно ниже – белуги не более 15,2 %, осетра – 2,7 %,

севрюги – 5,5 % от общей численности, зашедшей в р. Волгу для нереста. Подобное соотношение сохраняется и в современный период, но со значительным снижением численности нерестовых мигрантов.

Фактические наблюдения за интенсивностью нерестовой миграции осетровых по Кировскому банку после проведения дноуглубительных работ в 1998 г. свидетельствовали об увеличении динамики хода в августе с 1,0 до 3,3 экз./притонение. Аналогичная ситуация отмечена и осенью. Наблюдалось увеличение нерестовой миграции в 2,5 раза. Характерно, что в маломощные водотоки с малыми глубинами в морской части, даже расположенные наиболее приближенно к ВКМСК, как, например, Зюдевский канал-рыбоход, протока Грязнуха в западной части Астраханского биосферного заповедника (Дамчикский участок), осетровые вообще не заходили.

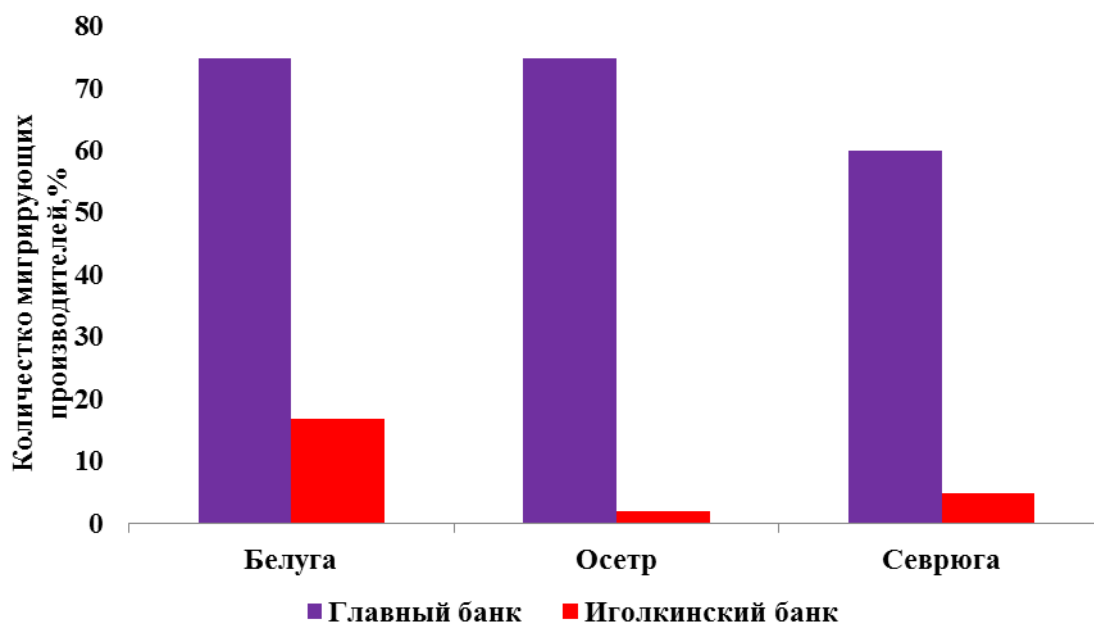


Рис. 5. Интенсивность анадромной миграции осетровых рыб на различных банках дельты р. Волги (по данным за 1990-1999 гг.)

В результате исследований доказано позитивное влияние осуществления на каналах-рыбоходах дельты р. Волги дноуглубительных работ до 2,0-2,5 м, что способствовало увеличению интенсивности нерестовых миграций производителей на нерестовые угодья, ската молоди, взрослых осетровых и других видов рыб в Каспийское море. Одновременно каналы-рыбоходы выполняли роль привлекающего фактора для рыб в зону промысла. Основные функции каналов-рыбоходов определяются следующими факторами:

– водообеспечением канала-рыбохода, величиной стока в выходной части, в зоне схождения речных и морских вод (в среднем на 2-метровой глубине);

– величиной опресненной зоны, обеспечивающей развитие слабосоленоватого и солоноватоводного комплексов кормовых организмов, обеспечивающих привлечение рыбы в нагульную зону акватории, прилежащую к каналу-рыбоходу;

– количеством взрослой рыбы (нерестовой части популяции, способной зайти в дельту р. Волги для размножения), нагуливающейся непосредственно вблизи канала-рыбохода;

– обеспечением благоприятного газового режима в устьевой области реки, на местах нагульных, зимовальных и нерестовых миграций рыб.

Волжский сток имеет важное значение не только во время нерестового цикла осетровых, но и в нагульный морской период жизни.

После прекращения покатной миграции из р. Волги в северную часть Каспия осетровая молодь переходит на морской образ жизни в течение сравнительно длительного времени до завершения процесса полового созревания. В начале этого периода происходит перестройка осморегуляторного механизма молоди рыб и ее адаптация к солености, которая реализуется в так называемых буферных зонах, образуемых волжским стоком в зоне гидрофронта «река-море».

При миграции из моря в реки отмечается снижение или повышение осмотического давления крови в основном за счет изменения концентраций ионов хлора и натрия, что свидетельствует о наличии у осетровых рыб эффективной системы регуляции водно-солевого обмена при нахождении в средах различной солености (Физиолого-биохимические механизмы..., 2010).

Весной с началом прогрева воды осетровые из Среднего и Южного Каспия мигрируют в его северную часть, нагуливаясь на всей акватории. В северных районах моря скопления осетровых приурочены к опресненной отмелой зоне волжского предустьевого пространства.

Летом в северной части моря концентрации осетровых ниже, чем весной в связи с миграцией части половозрелых рыб в реки на нерест. Неполовозрелая часть популяций придерживается высококормных районов с благоприятным термическим режимом.

Осенью в северной части моря наблюдается резкое сокращение площади нагула у всех возрастных групп. В сентябре-ноябре по мере охлаждения прибрежных вод осетровые перемещаются в более южные, глубоководные районы.

Поступление в море паводковых вод в период весеннего половодья является внешним стимулом для миграции производителей яровых форм вверх по реке на нерестовые площадки. Например, пресный сток воды оказывает стимулирующее действие на интенсивность нерестовой миграции севрюги ($r=0,98$). В многоводные годы и половодье ее уловы на восточных банках составляли 25-30% от общего числа производителей, мигрирующих в р. Волгу. В маловодные годы эти показатели снижались в два раза. Высокие уровни воды и плавное нарастание ее температуры (с 19 до 22 °С) способствовали интенсивному освоению севрюгой нерестилищ нижнего течения р. Волги.

В многоводные годы начало массового нерестового хода севрюги начинается позже, чем в маловодные, так как большой сброс холодной воды водохранилищ задерживает миграцию производителей с моря в реку.

В маловодные годы происходит быстрый прогрев водных масс в низовьях реки. Прогрев до благоприятной для нереста температуры происходит вскоре после таяния льда, которая приводит к стимулированию созревания половых желез яровых форм осетровых рыб. Производители по мере подъема вверх по реке осваивают преимущественно нерестилища в нижней нерестовой зоне.

В современный период объемы половодья, наступающего, как правило, в более поздние сроки, зависят от работы Волжской ГЭС. После строительства плотины Волгоградского гидроузла озимые формы осетра русского и белуги были отрезаны от нерестилищ. Яровые формы осетровых оказались в благоприятных условиях, но они интенсивнее изымались речным промыслом в связи с тем, что сроки их миграции совпадали со сроками промысла (Ходоревская, Рубан, Павлов, 2007), вследствие чего их доля в уловах снизилась с 20 до 3 %.

От водности зависит и величина коэффициента промысловой смертности осетровых рыб. В маловодные годы она достигает максимальных величин и составляет, в частности, у севрюги 0,89. В многоводные годы интенсивность вылова закидными речными неводами снижается. Коэффициент корреляционной связи между объемами годового стока и выловом осетра не превышал 0,58.

Вылов осетровых речными закидными неводами обратно пропорционален водности реки. Период с 1971 по 1978 г. характеризовался как маловодный, объем стока составлял 56,9-97,6 км³, но уловы осетровых рыб были наибольшими за рассматриваемый период – от 13 до 17 тыс. т – и базировались на многочисленных поколениях рыб, появившихся до зарегулирования стока.

Высокий нерестовый запас (белуга – 1,7 тыс. т, осетр – 18,9 тыс. т, севрюга – 3,6 тыс. т), сохранявшийся до 1990-х годов в период средне- и многоводных лет с объемом стока 107,9-152,1 км³, обеспечил ежегодный вылов осетровых рыб на уровне 11,0-15,0 тыс. т, т. е. с начала 1970-х годов за 20 лет активного лова официальное изъятие составило 300 тыс. т. Нерестовое стадо формировали рыбы в возрасте от 7 до 30 лет, составлявшие основу как естественного, так и заводского воспроизводства. Но ежегодно наряду с официальным промыслом существовал нелегальный вылов, который на фоне постепенного снижения официальных уловов превышал промышленный вылов в 15-20 раз (Бабаян, Булгакова, Васильев, 2008; Сафаралиев, Рубан, Васильев, 2019).

К 1995 г., несмотря на период средне- и многоводных лет, численность рыб сократилась более чем в семь раз за счет незаконного интенсивного изъятия и вступления в промысел малоурожайных поколений маловодных лет. Уловы в 1995 г. не превышали 2 тыс. т. В 1996 г. вылов осетровых рыб уменьшился в два раза и составил 1,11 тыс. т, а за последующие пять лет (1996-2000 гг.) вылов снизился до 0,43 тыс. т. С 2000 г. добыча белуги, а с 2005 г. вылов осетра и севрюги в коммерческих целях запрещен. Их изъятие осуществляется только для целей воспроизводства и выполнения программ научно-исследовательских работ в качестве прилова при промысле полупроходных и речных видов рыб. Суммарный вылов осетровых рыб для целей воспроизводства и НИР в 2006 г. составил 83,6 т, 2011 г. – 13,9 т, 2021 г. – 0,8 т.

Многолетние материалы показывают, что водность р. Волги была одним из ведущих факторов в формировании популяций осетровых в Каспийском море. Зарегулирование стока реки нарушило гидрологические условия естественного воспроизводства осетровых, повлияло на сроки миграций производителей и их численность в восточных и западных банках дельты, увеличило возможность незаконного изъятия рыб на миграционных трассах. Весенний ход севрюги сместился к лету (с наибольшими уловами в июне), а осенний, наоборот, стал более выраженным. Интенсивность миграции яровой части популяции осетра и белуги снизилась, а озимой ее части – возросла. Сократилась численность и ухудшилось качество производителей естественной генерации, отвечающее рыбоводным требованиям, что отразилось и на объемах заводского воспроизводства. Количество молоди осетровых, выращенной на рыбоводных предприятиях, уменьшилось с 59,9 млн (1991-2000 гг.) до 25,7 млн экз. (2011 г.), в 2021 г. выпуск молоди белуги составил 1,89 млн экз., севрюги – 0,25 млн экз. Снижению объемов выпуска способствовали как уменьшение численности производителей, так и

изменение структуры популяций, т.е. сокращение яровых форм, на которых основывался процесс искусственного воспроизводства осетровых рыб. С 2017 г. заготовка производителей в р. Волге и ее водотоках Каспийским филиалом ФГБУ «Главрыбвод» не проводится. Выпуск молоди осуществляется за счет domestikированных рыб и ремонтно-маточных стад. Доминирующим видом при искусственном воспроизводстве является осетр русский, ежегодный выпуск которого в 2017-2021 гг. составлял в среднем более 33 млн экз. Такой уровень воспроизводства осетра русского поддерживает его численность в Каспийском море на уровне 5-7 млн экз., но не способствует ее росту из-за высокого нелегального промысла.

Снижение численности осетровых связано не только с изменениями в популяции под воздействием антропогенных факторов, но и с изменениями среды обитания. Увеличение выноса органического вещества речным стоком и развитие процессов эвтрофикации привело к усиленному развитию микрогетеротрофов (Сапожников, Мордасова, Метревели, 2008). Увеличение биомассы фито- и бактериопланктона способствует изменению кислородного режима. Происходит расширение зон, подверженных гипоксии. Если в прошлые периоды лет этот процесс происходил в приглубой зоне Северного Каспия, то в настоящее время процесс возникновения зон с дефицитом кислорода стал охватывать и мелководные продуктивные акватории (Катунин, 2014).

В начале XXI века сократилась кормовая база в мелководной части Северного Каспия, особенно моллюсков – предпочитаемого корма взрослых осетровых. Основным компонентом пищевого комка осетровых в настоящее время является рыба. Коэффициент упитанности осетра на акватории Северного Каспия снизился с 0,52 (2004 г.) до 0,43 (2021 г.), сократилась и численность рыб на излюбленных кормовых морских угодьях. Результаты исследований свидетельствуют о том, что формирование численности осетровых определяется не только гидроэкологическими условиями обеспечения нерестового цикла рыб, но и развитием кормовых ресурсов в зоне нагула молоди и взрослых рыб в Северном Каспии и величиной опресненных буферных зон.

В маловодные годы распределение ограничивалось преимущественно отмелой зоной взморья (до 4-метровой глубины) вследствие пониженного в эти годы динамического напора и сопровождалось обеднением кормового бентоса, что отрицательно сказывалось на генеративных процессах популяций. В этих условиях при катастрофически возросшем нелегальном вылове промысловые запасы всех осетровых видов в Каспийском море достигли критических величин.

Выход из создавшейся ситуации при дальнейшем дефиците пресного стока представляется в широкомасштабном наращивании заводского воспроизводства с последующим зарыблением моря при должной охране рыбных запасов со стороны правоохранительных органов. Именно такие мероприятия, направленные на развитие осетрового хозяйства, будут наиболее эффективными для сохранения осетровых рыб в Каспийском море.

Таким образом, в разные периоды водность р. Волги и уровень Каспийского моря для осетровых видов рыб были как существенными факторами, так и переходили во второстепенные, но в комплексе с другими факторами обеспечивали оптимальные условия во время нагульных и нерестовых миграций белуги, осетра и севрюги. Последний период маловодных лет обеспечил наибольшую уязвимость осетровых от нелегального промысла как на акватории Каспийского моря, так и в впадающих в него нерестовых реках, что привело к обеднению естественных нерестилищ, особенно р. Волги и ее водотоков.

Список использованной литературы

Бабаян, В.К. Модельный подход к оценке неучтенного вылова каспийских осетровых / В.К. Бабаян, Т.И. Булгакова, Д.А. Васильев // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Комплексный подход к проблеме сохранения и восстановления биоресурсов Каспийского бассейна» (13-16 октября 2008 г., Астрахань). – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2008. – С.36-41.

Баранникова, И.А. Функциональные основы миграций рыб / АН СССР. Науч. совет по комплексным проблемам физиологии человека и животных / И.А. Баранникова. – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1975. – 210 с.

Каспийское море. Ихтиофауна и промысловые ресурсы / В.Н. Беляева, Е.Н. Казанчев, В.М. Распопов [и др.]; Научный совет по комплексному изучению проблем Каспийского моря. – М.: Наука, 1989. – 236 с.

Катунин, Д.Н. Гидроэкологические основы формирования экосистемных процессов в Каспийском море и дельте реки Волги / Д.Н. Катунин. – Астрахань: КаспНИРХ, 2014. – 478 с.

Катунин, Д.Н. Особенности гидролого-гидрохимического режима Каспийского моря / Д.Н. Катунин, Н.П. Беспорточный, И.А. Хрипунов // Научные основы устойчивого рыболовства и регионального распределения промысловых объектов Каспийского моря. – М.: Изд-во ВНИРО, 1998. – С. 9-25.

Ласкорин, Б.К. Проблема качества воды Волго-Каспийского бассейна / Б.К. Ласкорин, В.И. Лукьяненко // Физиолого-биохимический статус волго-каспийских осетровых в норме и при расслоении мышечной ткани. – Рыбинск: ИБВВ АН СССР, 1990. – С. 6-24.

Пальгуй, В.А. Численность и распределение осетровых в Северном Каспии / В.А. Пальгуй // Осетровое хозяйство водоемов СССР. Краткие тезисы научных докладов к предстоящему Всесоюз. совещанию. – Волгоград: Изд-во: Волгоградская правда, 1984. – С. 248-249.

Пироговский, М.И. Влияние уровня моря на динамику численности осетровых в Северном Каспии / М.И. Пироговский // Рациональные основы ведения осетрового хозяйства. – Волгоград: Изд-во: Волгоградская правда, 1981. – С. 197-198.

Сапожников, В.В. Перестройка экосистемы Каспия после подъема уровня и зарегулирования стока всех крупных рек, впадающих в него / В.В. Сапожников, Н.В. Мордасова, М.П. Метревели // Материалы XIV конференции по промысловой океанологии и промысловому прогнозированию. – Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 2008. – С. 150-151.

Сафаралиев, И.А. Каспийская севрюга: распределение, оценка запаса и сценарии восстановления волжской популяции / И.А. Сафаралиев, Г.И. Рубан, Т.И. Булгакова. – М.: Изд-во ВНИРО, 2019. – 156 с.

Физиолого-биохимические механизмы эколого-адаптационной пластичности осморегулирующей системы осетровых рыб / Г.Ф. Металлов, С.В. Пономарев, В.П. Аксенов, П.П. Гераскин. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. – 192 с.

Ходоревская, Р.П. Поведение, миграции, распределение и запасы осетровых рыб Волго-Каспийского бассейна / Р.П. Ходоревская, Г.И. Рубан, Д.С. Павлов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. – 242 с.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕР СОЛЯНО-ОЗЕРНОЙ СТЕПИ И СИСТЕМЫ ТАНАТАР АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Г.В. Лукерина, Я.С. Пяткова, Д.А. Сурков, Ю.Н. Косачева
Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АлтайНИРО»), г. Барнаул

Соляные озера Кулундинской степи – одни из крупнейших природных хранилищ различных видов минерального сырья и привлекали внимание ученых с XVIII в. (Милевский, 2016). Именно благодаря развитию соледобывающей промышленности в Михайловском районе Алтайского края сформировался поселок Малиновое озеро и построена железная дорога, соединяющая его со станцией Кулунда. Месторождение соды на озерах Танатар старейшее в России, которое эксплуатируется до настоящего времени. Вместе с тем озера Михайловского района представляют биологический интерес. Благодаря разнообразию химического состава воды в них отмечаются как пресноводные зоопланктеры, так и эвригаллинные. Один из объектов зоопланктона, вызывающего коммерческий интерес, галобионт – жаброногий рачок рода *Artemia* Leach, 1819. Диапаузирующие яйца артемии (цисты), а также сами рачки являются ценным биоресурсом, который широко используется в качестве стартового корма в аквакультуре. Установлено, что артемия обитает в некоторых гипергаллинных озерах соляно-озерной степи, прежде всего в оз. Малиновое и системе Танатар (Соловов, Студеникина, 1990; Водоемы Алтайского края..., 1999). Однако современное состояние экосистем озер неизвестно, что послужило целью настоящей работы. Для этого были решены следующие задачи:

- выделение морфометрических показателей 24 водоемов Михайловского района Алтайского края;
- установление уровня солености воды, показателя рН и концентрации растворенного в воде кислорода;
- определение биоценотического комплекса зоопланктона;
- актуализация перечня артемиевых водоемов Алтайского края с оценкой их перспективности для промышленного рыболовства в отношении артемии и артемии на стадии цист.

Специалисты АлтайНИРО проводили исследования с апреля по сентябрь в 2020 и 2021 гг. Экспедиционные выезды были рекогносцировочными. Все полевые и лабораторные работы соответствовали методическим рекомендациям (Методические рекомендации по..., 2019).

Система соляно-озерной степи расположена узкой полосой между Михайловским и Гатским борами. Она занимает незначительно

пониженную безлесную равнину и представлена многочисленными озерами самого разнообразного химического состава. Основу гидрографической сети соляно-озерной системы создает периодически заполняемая бором сток р. Бакланиха. Озера системы, связанные между собой руслом, располагаются в следующем порядке: Кривое, система Бердабай (Бердабай 1, Бердабай 2, Узенькое), Безымянное (Неизвестное), Живописное, Николаев Берег с заливами (Северный Залив 1, Северный Залив 2), Правый Близнец и Левый Близнец. Конечный пункт по руслу – оз. Малиновое, в непосредственной близости к которому находятся озера Ломовое, Качковое и Печатное, на кромке Гатского бора – оз. Йодное. С северной и северо-западной кромки бора в соляной степи есть другая группа озер, не связанная с речным стоком, в том числе крупные озера Министрал и Глауберовское.

Южнее соляно-озерной степи расположена система озер Танатар, имеющая вид подковы и состоящая из двух ветвей: северной и южной. Северная магистраль включает в себя озера Танатар 1, Танатар 2 и Танатар 3; южная ветвь – Танатар 4, Танатар 5, Танатар 6, Танатар 7 (рис. 1). К этой системе также относятся озера Точило, Кучерпак, Битимбай и Сиксимбай, которые не вошли в перечень исследования.

В ходе рекогносцировочных работ в июле и августе 2020 г. были определены основные морфометрические показатели 24 водоемов соляно-озерной степи и системы Танатар (табл. 1). Большинство из них имеют неправильную форму озерной котловины, изрезанную, с заливами и лиманами, небольшими глубинами, частично или полностью пересыхающие. Во время проведения исследований озера Ломовое, Малиновое и Качковое, а также Глауберовское, Правый Близнец, Левый Близнец, Северный Залив 1, Северный Залив 2 и Николаев Берег имели обширные разливы, местами соединяясь между собой. Оз. Министрал оказалось полностью пересохшим, в оз. Узенькое в июле 2020 г. отмечался низкий уровень воды, в августе водоем практически высох. В 2021 г. спад уровня воды был во всей системе озер: Узенькое, Министрал пересохли уже в июне, в Живописном и Безымянном вода сохранялась лишь в центральной части котловины, Ломовое, Малиновое и Качковое – в местах соединения, что привело к росту солености воды в более мелководном оз. Качковое.

В системе озер Танатар наиболее напряженный водный баланс складывался в Танатар 2 и Танатар 7, которые частично или полностью пересыхали в период наибольшей инсоляции. Специфика осуществления сододобывающей деятельности на озерах Танатар привела к изменению их внешнего облика. Акватория озер Танатар 1 и Танатар 3 разделена на отдельные участки насыпными дамбами, что вызвало изменение их гидрологического режима и уровня солености на отдельных участках одного и того же водоема. Например, площадь оз. Танатар 3 составляет

4,57 км², площадь, не охваченная антропогенными изменениями, – 1,1 км². Озеро Танатар 1 разделено на не сообщающиеся между собой участки, в один из которых открыта самотеком скважина с пресной водой. Таким образом, в биоте отдельных участков Танатар 1 можно проследить определенные этапы трансформации биоценоза от солонатово-водного сообщества до гипергалинного, вплоть до полного пересыхания водоема и формирования солевого осадка.

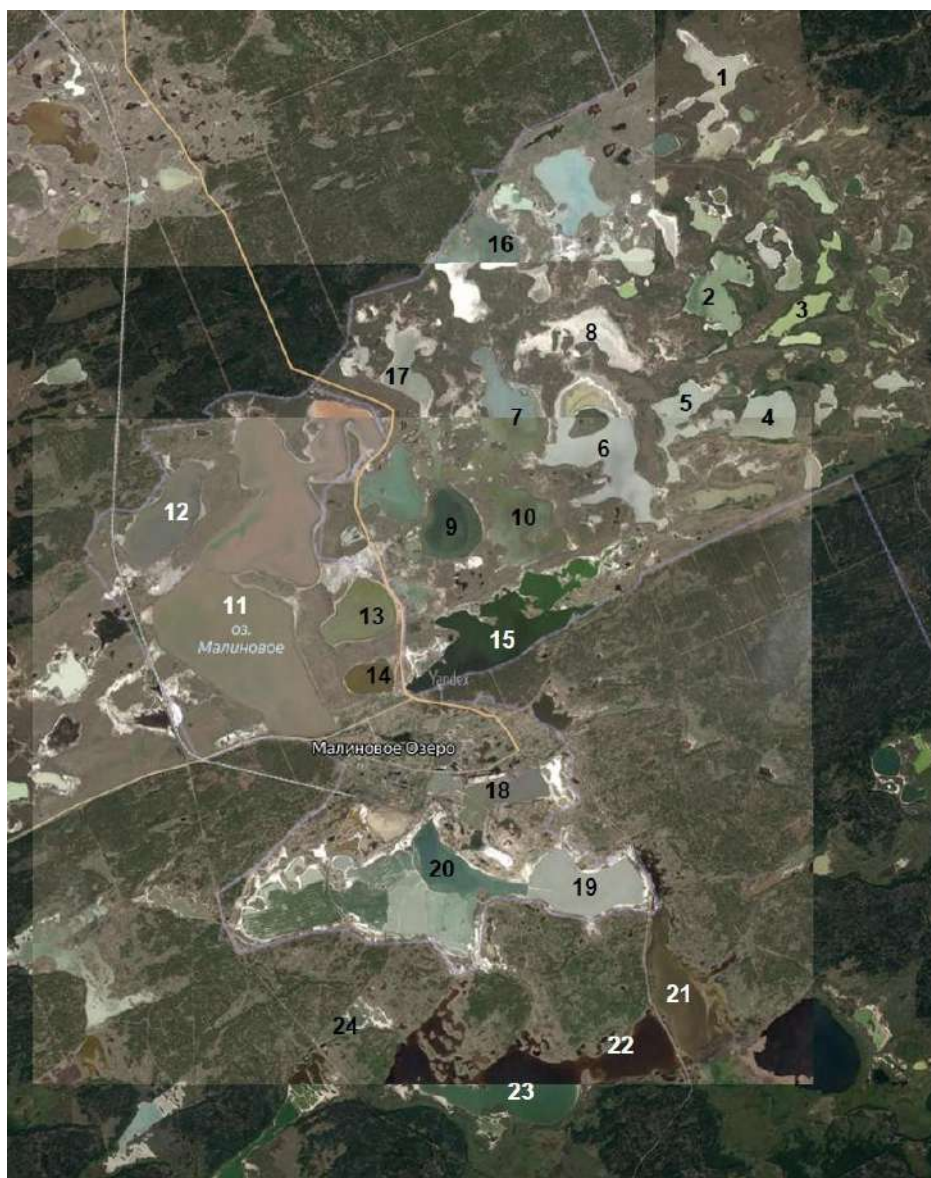


Рис. 1. Система соляно-озерной степи и озера Танатар Алтайского края:
 1 – Кривое; 2 – Бердабай; 3 – Узенькое; 4 – Живописное; 5 – Безымянное; 6 – Николаев
 Берег; 7 – Северный Залив 1; 8 – Северный Залив; 9 – Левый Близнец; 10 – Правый
 Близнец; 11 – Малиновое; 12 – Ломовое; 13 – Качковое; 14 – Печатное; 15 – Йодное;
 16 – Министрал; 17 – Глауберовское; 18 – Танатар 1; 19 – Танатар 2; 20 – Танатар;
 21 – Танатар 4; 22 – Танатар 5; 23 – Танатар 6; 24 – Танатар 7

Таблица 1

Морфометрические и гидрохимические показатели исследованных озер соляно-озерной степи и системы Танатар в 2020-2021 гг.

Озеро	Площадь, км ²	Глубина, м		Длина береговой линии, км	Коэффициент извилистости	Длина, км	Ширина, км		рН	Соленость, г/л	Растворенный в воде кислород, мг/л
		средняя	макс.				средняя	макс.			
Кривое	1,19	0,80	1,20	10,77	2,78	1,78	0,67	1,50	-	3	9,76
Бердабай	0,89	0,30	0,90	6,08	1,82	1,42	0,63	1,37	-	6	8,94
Живописное	0,75	0,40	0,80	5,50	1,79	0,86	0,87		9,7	99-254	7,35
Безымянное	0,62	0,20	0,70	6,64	2,38	1,45	0,43	0,57	8,9	275	-
Узкое	0,33	0,02-0,05		5,17	2,54	1,40	0,24	0,35	8,9	120-240	-
Николаев Берег	2,50-2,85	0,60	1,10	9,88	1,65	3,11	0,92	1,81	-	45	7,53
Северный Залив 2	1,01	0,40	0,90	7,47	2,10	1,49	0,68	1,00	-	22	5,45
Северный Залив 1	1,50-1,70	0,70	1,50	11,28	2,44	2,04	0,83	1,14	-	44	6,49
Правый Близнец	1,30-1,80	0,65	1,50	6,54	1,37	1,62	1,11	1,22	7,8	42	8,70
Левый Близнец	1,30-2,00	0,80	1,30	6,40	1,58	1,46	0,89	1,75	8,0	50	6,60
Глауберовское	1,03	0,60	1,20	14,98	4,16	3,10	0,33	1,03	-	46	7,24
Печатное	0,40	0,50	1,00	2,50	1,11		0,45	0,59	9,2	≤300	-
Качковое	0,96	0,40	1,00	5,85	1,68	1,35	0,71	1,00	8,8	145-242	3,38
Малиновое	10,50-11,40	1,10	2,10	26,2	2,29	6,00	1,75	2,50	8,8	87-176	6,08-8,56
Ломовое	1,30-1,40	0,50	2,00	6,27	1,55	2,20	0,59	0,82	8,3	127-210	7,47-9,24
Министрал	0,90-1,60	-		8,33	2,48	1,67	0,54	1,28	-	-	-
Йодное	2,60-2,70	0,80	1,20	15,90	2,73	3,20	0,84	1,12	9,2	123-160	4,57-6,18
Танатар 1	0,84	0,10	1,10	0,09	0,79	1,66	0,51	0,52	10,0	30-210	3,00-8,200
Танатар 2	1,45	0,20	-	5,32	0,18	1,97	0,74	0,98	-	86	6,81
Танатар 3	4,57	0,50	1,50	1,08	1,24	2,09	2,19	0,73	9,9	54-102	3,04-13,64
Танатар 4	1,52	0,50	2,50	7,64	0,16	2,59	0,59	0,82	9,4	2	-
Танатар 5	1,14	0,20	-	4,85	0,15	1,61	0,71	1,03	9,6	40	-
Танатар 6	4,26	0,50	-	13,39	0,33	3,44	1,24	1,23	9,6	26	-
Танатар 7	0,18	0,10	-	2,28	0,20	0,91	0,20	0,30	9,6	180	-

По результатам исследований водоемы соляно-озерной степи и системы Танатар можно разделить на группы в зависимости от уровня их солености и образования единой системы:

- с низкой соленостью (менее 10 г/л) – озера Кривое, Бердабай и Танатар 4;

- со средним уровнем солености (20-50 г/л) – озера Николаев Берег, Северный Залив 1, Северный Залив 2, Правый Близнец, Левый Близнец, Глауберовское. В системе Танатар – озера Танатар 5 и Танатар 6;

- с высоким уровнем солености (100-135 г/л) – озера Ломовое, Малиновое, Качковое;

- изолированные с высоким уровнем солености (100-250 г/л) – озера Живописное, Йодное;

- пересоленные (более 250 г/кг) – озера Печатное, Безымянное;

- пересыхающие или высохшие – озера Министрал, Узкое, Танатар 2 и Танатар 7;

- с высокой антропогенной нагрузкой и неравномерным фоновым уровнем солености – озера Танатар 1 и Танатар 3.

В соответствии с соленостью воды в озерах наблюдался различный таксономический состав зоопланктона. Из всех обследованных можно выделить водоемы с монокультурой жаброногого рачка *Artemia* (озера Ломовое, Малиновое, Качковое, Живописное, Узкое, Йодное, Танатар 2, Танатар 7), озера с разнообразным видовым составом лимнобионтов (большинство описываемых озер), а также безжизненные ввиду высокой солености воды (Печатное, Безымянное).

Зоопланктон озер Кривое, Бердабай, Северный Залив 1, Северный Залив 2, Правый Близнец, Левый Близнец, Глауберовское, Танатар 4 был представлен тремя группами лимнобионтов: коловратки (*Rotifera*) – 11 таксонов; ветвистоусые ракообразные (*Cladocera*) – 6 таксонов; веслоногие ракообразные (*Sopropoda*) – 3 таксона. Наибольшее видовое разнообразие отмечалось в наименее минерализованных водоемах – озерах Кривое и Танатар 4. По мере увеличения солености воды уменьшалось количество таксонов, при этом в составе биоценотического комплекса возрастала роль одного-двух видов. Таким образом, наблюдалась тенденция к монодоминантному сообществу с высокими показателями его численности и биомассы (табл. 2). В качестве доминантов выступали *Moina brachiata* (озера Глауберовское, Левый Близнец, Правый Близнец, Северный Залив 2), *Diaphanosoma brachiurum* (озеро Танатар 4), а также веслоногие рачки родов *Diaptomus* sp. (озеро Бердабай) и *Cyclops* sp. (озеро Кривое). В озерах Танатар 5 и Танатар 6 в составе зоопланктона присутствовали только коловратки рода *Brachionus*.

Таблица 2

**Численность и биомасса зоопланктона озер соляно-озерной степи
и системы Танатар Алтайского края в июле-августе 2020-2021 гг.**

Озеро	Численность, тыс. экз./м ³	Биомасса, г/м ³	Доминант+субдоминант
Кривое	494,86	13,240	<i>Cyclops</i> sp.
Бердабай	376,20	14,719	<i>Diaptomus</i> sp.
Северный Залив 2	1406,25	45,309	<i>Moina brachiata</i> + <i>Diaptomus</i> sp.
Правый Близнец	164,99	4,623	<i>Moina brachiata</i> + <i>Cletocamptus retrogressus</i>
Левый Близнец	1263,47	11,652	<i>Moina brachiata</i> + <i>Brachionus plicatilis</i>
Глауберовское	240,67	1,561	<i>Moina brachiata</i>
Танатар 4	429,23	24,104	<i>D. brachiurum</i> + <i>Daphnia pulex</i>
Танатар 5	3646,40	5,470	<i>Brachionus plicatilis</i>
Танатар 6	284,08	0,426	<i>Brachionus plicatilis</i>

Популяции артемии были отмечены в десяти из обследованных озер, в восьми из которых рачки развивались в монокультуре (озера Живописное, Узкое, Качковое, Малиновое, Ломовое, Йодное, Танатар 2, Танатар 7) (табл. 3). Для озер системы Танатар, а также Живописное, Узкое и Йодное отмечено присутствие обоеполюх популяций артемии, в которых доля самцов превышает 50 %. В озерах Малиновое, Ломовое и Качковое обитают партеногенетические самки, характерные для гипергалинных озер юга Западной Сибири (Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко, 2004).

Таблица 3

**Численность разных рас артемии в гипергалинных озерах соляно-озерной степи
и системы Танатар в 2020-2021 гг.**

Раса	Озеро	Численность, тыс. экз./м ³	
		2020 г.	2021 г.
Партеногенетическая	Качковое	33,84±1,458	10,19±1,361
	Малиновое	21,81±2,483	115,20±41,705
	Ломовое	176,01±72,206	42,60±18,675
Обоеполая	Живописное	107,98±85,575	Единично
	Узкое	Единично	-
	Йодное	135,82±95,845	17,90±9,112
	Танатар 1	32,19±18,992	52,65±27,963
	Танатар 2	129,59±3,440	436,96±27,428
	Танатар 3	0,08±0,034	18,18±8,281
	Танатар 7	-	6,25

В условиях оз. Танатар 3 в 2021 г. численное доминирование оставалось за представителями коловраток, плотность которых в летний период достигала 4521,96 тыс. экз./м³.

В оз. Танатар 1 наблюдается разделение водоема на биотопы, отличающиеся уровнем солености и составом зоопланктона. Участок 1 характеризуется высокими показателями солености воды и развитием артемии в монокультуре, но является пересыхающим и непродуктивным. Участок 2 – солоновато-водный с комплексом коловраток и ветвистоусых ракообразных. На участке 3 (самом малом по площади – 0,1 км²) в 2021 г. наблюдалось массовое развитие рачков артемии, численность которых в июне достигала 18,13 тыс. экз./м³. Одновременно в планктоне присутствовали коловратки (2491,53 тыс. экз./м³), а также ветвистоусые рачки (30,77 тыс. экз./м³). Уровень солености воды здесь лимитирует развитие прочих лимнобионтов и артемия развивалась в монокультуре.

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлено, что перспективными для осуществления промышленного рыболовства артемии (на стадии цист) можно считать озера Малиновое и Ломовое в периоды опреснения. Озера системы Танатар с обоими популяциями артемии слишком малы по площади, однако обладают высокими показателями численности рачков и перспективны для их вылова.

Список использованной литературы

Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования / Л.В. Веснина, В.Б. Журавлев, В.А. Новоселов [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1999. – 285 с.

Литвиненко, Л.И. Артемия в озерах Западной Сибири / Л.И. Литвиненко, А.И. Литвиненко, Е.Г. Бойко. – Новосибирск: Наука, 2009. – 304 с.

Методические рекомендации по оценке запаса и прогнозированию рекомендованного объема добычи (вылова) артемии / Л.И. Литвиненко, В.А. Бизиков, Н.П. Ковачева, [и др.]. – М.: Изд-во ВНИРО, 2019. – 50 с.

Милевский, О.А. История изучения и освоения соляных озер Кулундинской степи: XVIII – начало XX вв. / О.А. Милевский // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. – 2016. – № 6(45). – С. 16-21.

Соловов, В.П. Рачок артемия в озерах Западной Сибири: морфология, экология, перспективы хозяйственного использования / В.П. Соловов, Т.Л. Студеникина. – Новосибирск: Наука, 1990. – 81 с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ПРОМЫСЕЛ ЗЕЛЕННОГО МОРСКОГО ЕЖА В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ МУРМАНА

Н.Н. Лукин, А.М. Сенников

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск

Введение

Из числа промысловых малоиспользуемых беспозвоночных в прибрежных водах Мурмана в последние годы оказался наиболее востребованным морской зеленый еж (*Strongylocentrotus droebachiensis*), обитающий преимущественно вдоль берегов до глубины 12 м и наиболее доступный для водолазной добычи.

Цель работы: анализ распределения, состояния запасов и промысла зеленого морского ежа в прибрежье Мурмана в период 2015-2021 гг.

Материал и методика

В основу работы положены материалы мониторинга *S. droebachiensis* в губах Ура и Кислая Западного Мурмана. Ежегодный мониторинг морского ежа осуществляли на участках, выбранных в качестве полигонных. Оба участка расположены рядом с экспериментальной Кислогубской приливной электростанцией (ПЭС), отделяющей губу Кислая от губы Ура, характеризуются повышенной гидродинамикой и круглогодичным обитанием на выбранных участках поселений ежа. В зоне верхней сублиторали губ водолазным способом изучали плотность скоплений иглокожих, биологическое состояние и размерно-массовый состав. По уловам донных пластиковых ловушек, оснащенных рыбной наживкой, определяли динамику годовых и сезонных изменений состава скоплений ежей (табл. 1). Наиболее подробно исследования проводили в 2015-2018 гг., позже объем работ был ограничен рекогносцировочными сборами материала в летне-осенний период. В частности, данные за 2019 и 2020 гг. не использованы в характеристике ловушечных уловов ежей по причине малой выборки. Сведения о промысловом запасе и рекомендуемом вылове вида приведены по литературным данным (Шацкий, 2012).

Таблица 1

**Количество выловленного и проанализированного морского зеленого ежа
в губах Ура и Кислая в 2015-2021 гг.**

Годы	Губа Ура				Губа Кислая	
	Ловушечный лов		Водолазный сбор		Ловушечный лов	
	кол-во, экз.	улов, экз.	кол-во, экз.	улов, экз.	кол-во, экз.	улов, экз.
2015-2018	87	2871	2	319	126	3046
2019-2021	23	623	2	129	23	713
Всего	110	3494	4	448	149	3775

Результаты

В Баренцевом море морские ежи рода *Strongylocentrotus* представлены двумя видами: зеленым морским ежом *S. droebachiensis* и палевым морским ежом *S. pallidus*. Зеленый морской еж составляет более 95 % их общего запаса (Шацкий, 2012) и наиболее перспективен для добычи в прибрежных водах Мурмана, где образует обширные промысловые скопления и в течение осенне-зимнего периода характеризуется высоким качеством гонад (икры).

Распределение. Вертикальное распределение зеленого морского ежа в прибрежной зоне обычно охватывает глубины от 0 до 30 м, но основная масса ежей сосредоточена в диапазоне глубин 3-12 м на каменистых и смешанных грунтах с крутым и умеренным уклоном дна. Поселения *S. droebachiensis* встречаются вдоль всего мурманского побережья.

По материалам водолазных съемок, выполненных в 2009-2011 гг. (Шацкий, 2012), было выяснено, что на западе мурманского побережья, в Варангер-фьорде и Мотовском заливе наиболее многочисленные поселения ежей обитают в верхнем 10-метровом слое. У берегов Восточного Мурмана численность *S. droebachiensis* увеличивается в слое 10-15 м, иногда на глубине до 20 м (табл. 2).

Таблица 2

Плотность поселений *S. droebachiensis* у берегов Мурмана, экз./м²

Район	Глубина, м			
	0-5	6-10	11-15	16-20
Варангер-фьорд – Мотовский залив	10-11	5-8	5-6	1-2
Губа Териберская – остров Большой Олений	6-9	10-14	6-9	3-4
Губа Кекурская – Святоносский залив	1-4	5-9	10-13	10-11

Возраст и нерест. Ежи в возрасте до 3 лет, имеющие диаметр панциря менее 30 мм, не участвуют в нересте (Пропп, 1971) и относятся к молоди. Особи размером от 30 до 50 мм в возрасте 4-5 лет, большинство из

которых впервые участвует в нересте (Шацкий, 2012), не рекомендуются к добыче по технологическим показателям. В соответствии с Правилами рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна к промысловым относят морского зеленого ежа размером 50 мм и более, который неоднократно отнерестился в течение жизни.

Анализ гонад ежей из водолазных сборов и ловушечных уловов в 2015-2021 гг. показал, что массовый нерест *S. droebachiensis* обычно проходил в апреле-мае, когда гонадно-соматический индекс (ГСИ) снижался до 3,5 %, позже, начиная с августа-сентября, по мере соматического роста и восстановления гонад средний ГСИ увеличивался и в октябре-марте достигал 7,5-11 % массы животных. Для заготовки качественной продукции (икры) оптимальным является осенне-зимний период.

Размерный состав. Согласно данным ловушечного лова, в губе Кислая распределялись ежи диаметром панциря 12-72 мм. В их составе преобладали особи размером 25-29 мм (рис. 1).

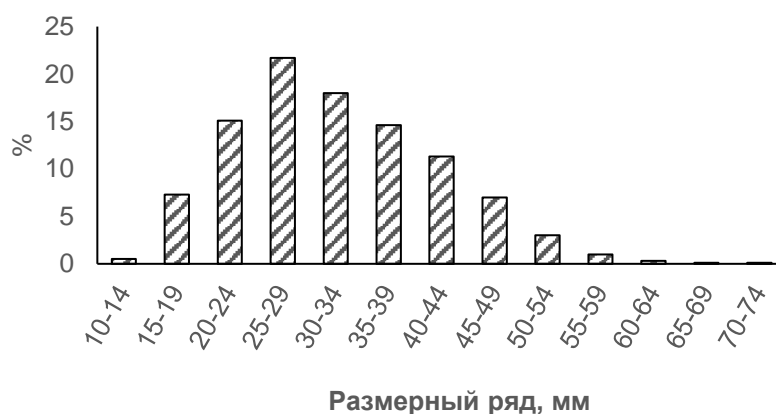
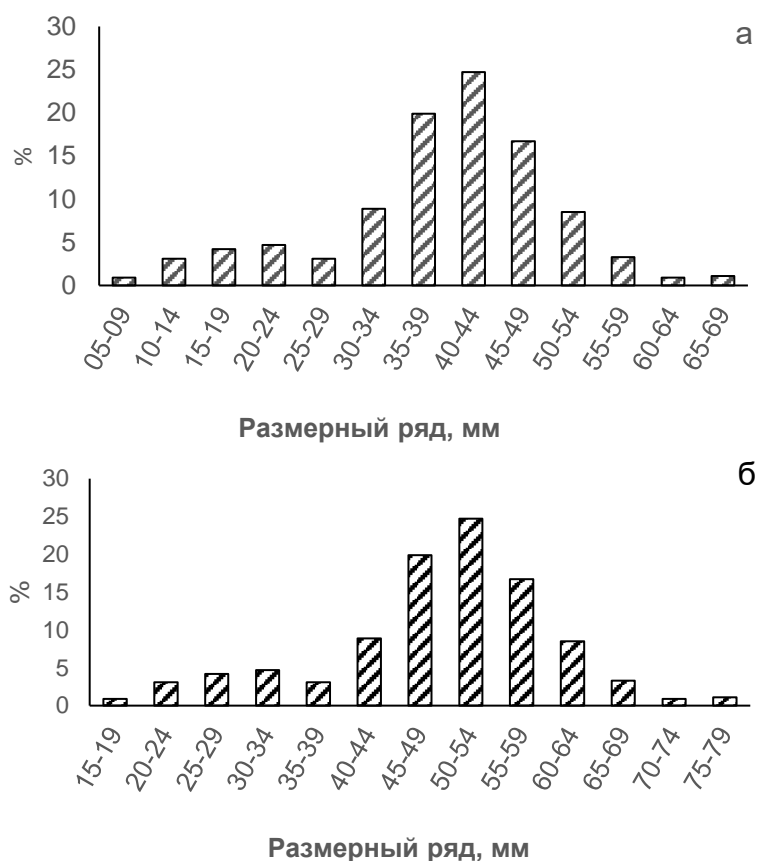


Рис. 1. Размерный состав морского ежа по данным из уловов ловушками в губе Кислая в 2015-2021 гг.

Урагубские поселения были представлены ежами размером от 5 до 79 мм, доминировали особи размером 40-44 мм, а в водолажных сборах модальную группу составляли промысловые особи размером 50-54 мм (рис. 2).

Данные мониторинга морского ежа с использованием донных ловушек в губах Кислая и Ура в течение 2015-2021 гг. показали незначительные изменения среднего размера, массы и состава ловушечных уловов (табл. 3). Таким образом, состояние поселений *S. droebachiensis* можно оценить, как достаточно устойчивое и не подверженное значительным межгодовым изменениям.



**Рис. 2. Размерный состав морского ежа в губе Ура в 2015-2021 гг.:
а – уловы ловушек; б – водолазные сборы**

Таблица 3

**Характеристика ловушечных уловов морского ежа
на полигонных участках в губах Кислая и Ура**

Год	Губа Кислая				Губа Ура			
	D _{ср.} , мм	P _{ср.} , г	Доля в улове, %		D _{ср.} , мм	P _{ср.} , г	Доля в улове, %	
			непром.	пром.			непром.	пром.
2015	32,6	16,7	94,7	5,3	36,3	26,5	82,3	17,7
2016	31,1	17,0	94,6	5,4	39,2	29,6	79,5	20,5
2017	31,6	15,6	97,2	2,8	37,6	29,7	81,8	18,2
2018	32,8	17,2	95,7	5,8	42,4	31,5	73,7	26,3
2021	31,9	15,8	98,5	1,5	37,4	29,6	74,5	25,5

Примечание. D_{ср.} – средний боковой диаметр панциря, P_{ср.} – средняя масса.

Запас. Промысловый запас зеленого морского ежа, обитающего в сублиторали у берегов Мурмана в Баренцевом море, последний раз оценивали в 2011 г., когда он составил 60,3 тыс. т (Шацкий, 2012). Возможный вылов морского ежа при уровне эксплуатации $F=0,1$ в последующие годы рекомендовали в объеме 6,0 тыс. т.

По результатам водолазных наблюдений в губе Ура средняя плотность распределения ежей в скоплениях (локальных агрегациях) незначительно изменялась в пределах 8-12 экз./м² по численности и 0,45-0,85 кг/м² по биомассе. В составе скоплений доля промысловых ежей из водолазных уловов составляла 55,2 % биомассы.

Промысел. В 2015-2016 гг. добычу морского зеленого ежа водолазы осуществляли эпизодически. С 2017 г. начал развиваться более масштабный промысел ежей (табл. 4), который осуществляли водолазные группы на судах (судовой лов) и водолазы с берега или с использованием лодок (ручной сбор). Статистические данные по любительскому лову зеленого морского ежа, добываемого дайверами, имеются только с 2019 г.

Таблица 4

Промышленный и любительский вылов морского зеленого ежа в прибрежных водах Мурмана

Год	Рекомендованный вылов, тыс. т	Промышленный лов, т		Любительский лов, т	Общий вылов, т
		судовой	ручной сбор		
2015	6,0	0,1	-	-	0,1
2016	6,0	0,3	1,4	-	1,7
2017	6,0	223,4	7,8	-	230,8
2018	6,0	185,1	69,1	-	254,2
2019	6,0	214,1	171,3	48,2	433,6
2020	6,0	125,4	254,4	23,7	403,5
2021	6,0	23,2	376,6	53,2*	452,9

*Расчетные сведения о вылове морского ежа (75 % от общего любительского вылова ежей и гребешка – 70,9 т).

Судовая добыча. Морского ежа водолажным способом начинали добывать в январе-феврале. Промысел осуществляли на преднерестовых скоплениях, когда гонады (икра) ежей имели хорошую сортность и соответствовали технологическим требованиям для изготовления пищевой продукции. Позже, в апреле-июле по мере нереста и снижения товарного качества икры интенсивность вылова снижалась. В августе-сентябре промысел *S. droebachiensis* увеличивался и достигал наибольшей величины в октябре-декабре (табл. 5).

Судовой лов морского ежа водолазы проводили преимущественно восточнее Териберки в губах и бухтах Западного Прибрежного района (табл. 6). На Рыбачьей банке и в Восточном Прибрежном районе ежей добывали эпизодически в феврале-апреле, а на Кильдинской банке – в течение года с наибольшими промысловыми нагрузками во второй половине года.

Таблица 5

**Распределение уловов морского ежа в течение года при судовой добыче
в 2017-2021 гг., т**

Период	Годы					
	2017	2018	2019	2020	2021	2017-2021
Январь-март	26,3	45,9	37,8	23,2	9,3	142,5
Апрель-июнь	39,8	28,8	23,4	15,3	13,9	121,2
Июль-сентябрь	79,6	13,6	67,8	48,0	-	209,0
Октябрь-декабрь	77,7	96,7	85,1	38,9	-	298,4
Январь-декабрь	223,4	185,0	214,1	125,4	23,2	771,1

Таблица 6

**Вылов морского ежа в прибрежных районах Мурмана водолазами
с добывающих судов в 2017-2021 гг.**

Год	Кол-во судо- суток	Общий вылов, т	Доля вылова по районам, %			
			Рыбачья банка	Кильдинская банка	Западный Прибрежный	Восточный Прибрежный
2017	132	223,4	0,4	9,5	90,1	-
2018	113	185,0	0,6	17,8	71,0	10,6
2019	111	214,1	-	29,5	69,1	1,4
2020	47	125,4	2,3	-	88,1	9,6
2021	12	23,2	-	-	100	-

На Рыбачьей и Кильдинской банках производительность лова колебалась в пределах 0,3-1,7 т за судо-сутки лова (табл. 7). В Восточном Прибрежном районе водолазы за судо-сутки добывали в среднем от 1,4 до 2,2 т ежей. Наиболее успешный и производительный промысел морского ежа в 2017-2020 гг. осуществляли в Западном Прибрежном районе. Однако в 2021 г. общий вылов в этом районе сократился в несколько раз, в то же время производительность лова находилась на уровне предыдущих лет – 1,9 т. Вероятно, сокращение судовой добычи ежей явилось следствием причин экономического характера.

Таблица 7

**Производительность водолазной добычи морского ежа
в прибрежных районах Мурмана в 2017-2021 гг., т за судо-сутки лова**

Год	Промысловый район			
	Рыбачья банка	Кильдинская банка	Западный Прибрежный	Восточный Прибрежный
2017	0,3	0,8	1,9	-
2018	0,3	1,2	1,8	2,2
2019	-	1,7	2,1	1,4
2020	1,5	-	2,8	2,0
2021	-	-	1,9	-

Ручной сбор. При ручном сборе морского ежа в течение четырех лет общая квота на вылов по заявкам ООО и ИП увеличилась со 152,5 до 576,5 т (табл. 8). Вылов за период 2018-2021 гг. вырос с 69,1 до 376,6 т. Следует отметить ежегодное увеличение числа индивидуальных предпринимателей, доля которых в общей квоте по заявкам и фактическому вылову в 2021 г. составила 75,9 и 83,1 % соответственно.

Таблица 8

Вылов морского ежа при ручном сборе водолазами у берегов Мурмана в 2018-2021 гг.

Год	ООО			ИП			Общий вылов, т
	Кол-во заявок, шт.	Квота по заявкам, т	Вылов, т	Кол-во заявок, шт.	Квота по заявкам, т	Вылов, т	
2018	11	133,0	66,3	5	19,5	2,8	69,1
2019	8	169,0	133,2	15	94,0	38,1	171,3
2020	8	164,0	135,5	16	172,2	118,9	254,4
2021	7	139,0	63,6	19	437,5	313,0	376,6

За пять промысловых сезонов промышленная судовая добыча морского зеленого ежа сократилась с 223,4 до 23,2 т., в то же время ручной сбор ежей получил развитие и увеличился до 376,6 т.

Любительский лов. В течение 2019 и 2020 гг. любителями-водолазами (дайверами) было выловлено 71,8 т зеленого морского ежа (табл. 9). На Западном Мурмане, в губах Варангер-фьорда, общий вылов и производительность лова в 2020 г. сократились, что, вероятно, могло быть обусловлено интенсивностью добычи в 2019 г. на этих участках.

Таблица 9

Вылов морского зеленого ежа дайверами в прибрежных водах Мурмана в 2019-2020 гг.

Район	2019 г.			2020 г.		
	Кол-во дайверов, чел.	Общий вылов, т	Вылов дайвером, кг	Кол-во дайверов, чел.	Общий вылов, т	Вылов дайвером, кг
Западный Мурман	1138	19,4	17,1	847	3,7	4,4
Восточный Мурман	911	28,7	31,5	671	20,0	29,8

На Восточном Мурмане, от Кольского залива до Териберки, судя по показателям добычи, любительский лов не отразился негативно на состоянии сырьевой базы морского ежа. Только лишь вблизи портопунктов на наиболее доступных для дайверов участках численность и биомасса промысловых ежей сократились (устные сообщения).

Заключение

Анализ наблюдений, выполненных в 2015-2021 гг., в губах Кислая и Ура, показал, что наиболее многочисленные скопления *S. droebachiensis* сосредоточены в диапазоне глубин 3-12 м на каменистых и смешанных грунтах с крутым и умеренным уклоном дна. Поселения ежей можно оценить как достаточно устойчивые и не подверженные значительным межгодовым изменениям.

В 2017-2021 гг. промысел ежей осуществляли водолазные группы на судах (судовой лов) и водолазы с берега или с использованием лодок (ручной сбор). С 2019 г. зеленого морского ежа стали ловить дайверы (любительский лов). За пять сезонов добыча морского ежа увеличилась с 230,8 до 452,9 т.

На ряде участков водолазной добычи плотность промысловых ежей сократилась. Для предотвращения возможной деградации промыслового запаса в качестве превентивной меры необходимо проведение комплексной съемки ресурсов, по результатам которой следует вводить ограничения на добычу *S. droebachiensis* в локальных районах.

Список использованной литературы

Пропп, М.В. Экология прибрежных данных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря. По материалам водолазных гидробиологических работ / М.В. Пропп. – Л.: Наука, 1971. – 128 с.

Шацкий, А.В. Морские ежи рода *Strongylocentrotus* Мурманского побережья Баренцева моря: биология, распределение, перспективы промысла: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.В. Шацкий. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2012. – 24 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОМПЛЕКСНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ЛОСОСЕВЫХ ПРИ ПОСОЛЕ ИНЪЕКТИРОВАНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК

Е.В. Лукина, П.В. Антонов, И.-Е.О. Левшина, Ю.В. Шокина
ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет»,
г. Мурманск

В настоящее время во всем мире наблюдается относительное снижение доли рыбного сырья, направляемого на выпуск пищевой рыбной соленой продукции. Это обусловлено снижением роли посола как способа консервирования и ростом значения посола как способа производства деликатесной продукции. Патентный поиск и анализ научной литературы показали, что в настоящее время в мировой практике производства соленой рыбы отмечаются следующие тенденции (Салтанова, Благоданова, 2012): увеличение выпуска малосоленой продукции, характеризуемой как деликатесная, преимущественно из филе лососевых рыб (форели, семги и др.) в вакуумной упаковке в мелкой расфасовке (до 300 г, в том числе внарезку); уход от традиционных способов посола к инновационным, прежде всего к посолу инъектированием, дающему возможность сократить процесс и достичь минимальной массовой доли соли в рыбе, характерной для деликатесной продукции (не более 3,5 %); широкое применение при посоле лососевых рыб инъектированием сложных по составу рассолов, включающих различные пищевые добавки – созреватели, усилители вкуса и аромата, красители, консерванты, водоудерживающие вещества и даже загустители; использование заменителей хлорида натрия и хлорида калия, рекомендованного Всемирной организацией здравоохранения для вывода из организма человека лишней жидкости и нормализации функционирования сердечно-сосудистой системы; исключение стадии приготовления соленого полуфабриката в технологии пресервов, в том числе – из разделанной рыбы; расширение ассортимента пресервов в различных соусах, заливках и с гарнирами.

Объем рынка соленой рыбы в России на протяжении 2016-2021 гг. демонстрировал разнонаправленную динамику, демонстрируя снижение объема в 2018 и 2019 гг., перед пандемией COVID-19, и устойчивый рост на 4,5-5 % в год с начала 2020 г. (Как увеличить потребление..., 2021). При этом производство атлантического лосося (семги) в России только за первое полугодие 2021 г. выросло в 4,8 раза – до 14,3 тыс. т: по итогам первого полугодия 2021 г. российское производство лососевых в аквакультуре выросло на 57 % – с 49,2 до 77 тыс. т. Выращивание семги

увеличилось в 4,8 раза – до 14,3 тыс. т; производство форели выросло на 36 % – до 62,7 тыс. т (Успехи лососеводства: производство..., 2021).

Совокупность перечисленных выше факторов создает предпосылки для дальнейшего расширения ассортимента и роста производства деликатесной малосоленой рыбной продукции, прежде всего – из филе лососевых рыб. Вместе с тем имеются проблемы, требующие скорейшего решения: сокращение производственного цикла готовки малосоленого филе лососевых рыб за счет сокращения длительности посола путем внедрения технологии инъектирования; оптимизация рецептурного состава рассолов, используемых при инъекторном посоле, в целях решения задачи, сформулированной выше, а также для улучшения комплексной оценки качества готовой продукции (сохранение окраски в процессе хранения, улучшение консистенции и других органолептических свойств продукции в процессе хранения и реализации) и повышения безопасности (торможение нежелательных микробиологических процессов и др.); распространенное применение пищевых добавок в рецептуре рассолов для инъекторного посола филе лососевых рыб без должного научного обоснования и оценки технологических эффектов от использования пищевых добавок; повышение выхода готовой продукции до +10 % (минимум) и до +20 % (максимум; в перспективе) с сохранением массы нетто и органолептических свойств продукции в процессе ее хранения и реализации в условиях роста цен на сырье и затрат на логистику.

Цель исследования – научное обоснование оптимальных режимов посола инъектированием филе лососевых рыб, форели радужной и семги, в технологии деликатесной малосоленой продукции.

Задачи работы, требующие решения для достижения поставленной цели: изучить современный опыт посола филе лососевых рыб инновационным способом инъектирования, проанализировать имеющиеся достижения и проблемы; обосновать целесообразность применения комплексной пищевой добавки в технологии деликатесной малосоленой продукции из филе лососевых рыб; разработать методологическую схему исследования и шкалу комплексной оценки качества готовой малосоленой продукции; изучить влияние на выход и комплексную оценку качества малосоленого филе лососевых рыб комплексной пищевой добавки и определить оптимальную дозировку пищевой добавки в рассоле для инъектирования; изучить влияние гидромодуля при посоле лососевых рыб инъектированием на выход и комплексную оценку качества готовой продукции; сформулировать план дальнейших исследований.

Объектами исследования являлись коммерческие образцы лососевых рыб – лосося атлантического (семги) и форели радужной потрошенных охлажденных, выпускаемых по ГОСТу 814-2019 «Рыба охлажденная.

Технические условия», и опытные образцы малосоленой продукции – «Семга филе-кусочек с кожей малой соли в вакуумной упаковке» и «Форель радужная филе-кусочек с кожей малой соли в вакуумной упаковке», изготовленные в лаборатории кафедры «Технологии пищевых производств» Мурманского государственного технического университета.

Предмет исследования на первом этапе – комплексные (органолептические, физические, реологические и биохимические) изменения филе лососевых рыб в процессе посола инъектированием и последующего хранения при температуре от минус 1 до 4 °С, а также оценка влияния этих изменений на качество продукции.

В работе использован широкий спектр современных методов исследования – органолептических, реологических, физических, физико-химических, квалитетических и математических. Отбор проб сырья и продукции осуществляли по ГОСТу 31339-2006. Органолептические показатели сырья, полуфабриката и готовой продукции оценивали по ГОСТу 7631–2008, для оценки качества готовой слабосоленой продукции использовали разработанную пятибалльную шкалу, учитывающую весомость отдельных оцениваемых показателей (внешний вид, запах, вкус, консистенция). Для объективизации оценки показателя «консистенция» готовой продукции использовали аппарат «Texture Analyzer FRTS Series», показатель «твердость» оценивали в ньютонах. Определение выхода полуфабриката и готовой продукции проводили последовательным взвешиванием опытных образцов до и после обработки, после чего рассчитывали в процентах от массы направленного на обработку сырья или полуфабриката. Статистическую обработку итогов экспериментов осуществляли в пакете MS Excel.

Традиционным для посола лососевых рыб на береговых рыбообрабатывающих предприятиях долгие годы являлся прерванный насыщенный посол в чанах или контейнерах, на судах – законченный бочковый ненасыщенный посол (Артюхова, 2001; Богданов, 2007). На сегодня эти способы можно считать морально устаревшими. К их недостаткам относятся большие потери массы дорогостоящего сырья, выход продукции менее 100 % от массы направляемого на посол сырья, потери ценных пищевых веществ и скрытые потери от денатурации белка и окисления жира в процессе хранения продукции.

Наиболее прогрессивным и перспективным для изготовления деликатесной слабосоленой продукции и соленого полуфабриката из крупных лососевых рыб является посол шприцеванием или инъектированием в посолочных машинах, с использованием средств малой механизации. Способ основан на введении посолочного раствора с помощью игл количеством от 50 до 200. Современные конвейерные

инъекторы позволяют достигать высокой производительности при посоле рыбы – до 3500 кг/ч (Салтанова, Благоднарова, 2012). При инъектировании диффузионно-осмотические процессы начинаются одновременно по всей толще филе или филе-куска. К достоинствам этого способа относится возможность внесения в толщу филе вместе с раствором соли вкусовых, антиокислительных и других добавок, а также равномерность посола, увеличение выхода продукта, уменьшение расхода соли, сокращение времени посола. Кроме того, способ обеспечивает более рациональное использование холодильных площадей.

Сегодня биотехнологическая и химическая промышленность предлагают рыбопереработчикам широчайший спектр пищевых добавок, преимущественно импортных, различной функциональной направленности, которые позволяют решать многие проблемы, упомянутые выше (Салтанова, Верба, 2012). С учетом этого признано целесообразным использовать при посоле филе лососевых рыб комплексную пищевую добавку «PRE-LACKS» производства ООО «Ваш технолог» (Санкт-Петербург, Россия) – лидера поставок пищевых добавок для переработчиков рыбы в Российской Федерации. «PRE-LACKS» – комплексная пищевая добавка, предотвращающая обесцвечивание филе лососевых рыб – семги, форели, кеты, горбуши – в течение всего периода хранения соленой продукции; способствует пролонгации сроков годности и увеличению стойкости готовой продукции. Данная пищевая добавка обладает бактериостатическим и фунгицидным действием, является антиоксидантом; формирует приятный традиционный вкус малосоленой продукции из филе лососевых рыб; увеличивает выход готовой продукции из филе на величину от 5 до 18 % от массы направленного на посол сырья; может применяться как для инъектирования, так и для сухого, тузлучного посолов лососевых видов рыб. В состав добавки входят цитрат натрия (E331), сахароза, ацетат натрия (E262), декстроза и лимонная кислота (E330) (Комплексные пищевые добавки..., 2022). Примененные в серии экспериментов условия посола, предварительно обоснованные по итогам производственной практики и обзора научной литературы, следующие:

- посолу подвергали филе-кусок с кожей средней массой 350 ± 50 г, экспериментально установленная средняя удельная поверхность всех кусков $0,07 \pm 0,006$ м²/кг;

- концентрация пищевой добавки в рассоле варьировали от 3 до 5 % (в соответствии с общими рекомендациями производителя добавки) с шагом 1 %;

- температуру посола поддерживали на уровне минус $1 \pm 0,5$ °С во всей серии экспериментов;

– гидромодуль (отношение массы введенного рассола в мышечную ткань рыбы к массе полуфабриката до инъектирования, выраженное в процентах) варьировали от 10 до 20, с шагом в 5 %;

– длительность посола составляла 10 ± 2 ч.

Перечень технологических факторов, чьи значения поддерживали на постоянном уровне в ходе экспериментов для исключения их влияния на результат, приведен ниже:

- температура и длительность посола;
- концентрация соли в рассоле;
- температура рассола в процессе инъектирования;
- процедура подготовки полуфабриката к инъектированию;
- способ и вид разделки (филе-кусочек с кожей, ручная разделка);
- способ инъектирования (средства малой механизации – ручной инъектор на 5 игл).

Для каждого вида рыбы весь эксперимент проводили на одной коммерческой партии сырья с экспериментально установленным химическим составом. На рис. 1 представлены показатели определения выхода полуфабриката сразу после инъектирования и готовой продукции в зависимости от величины гидромодуля.

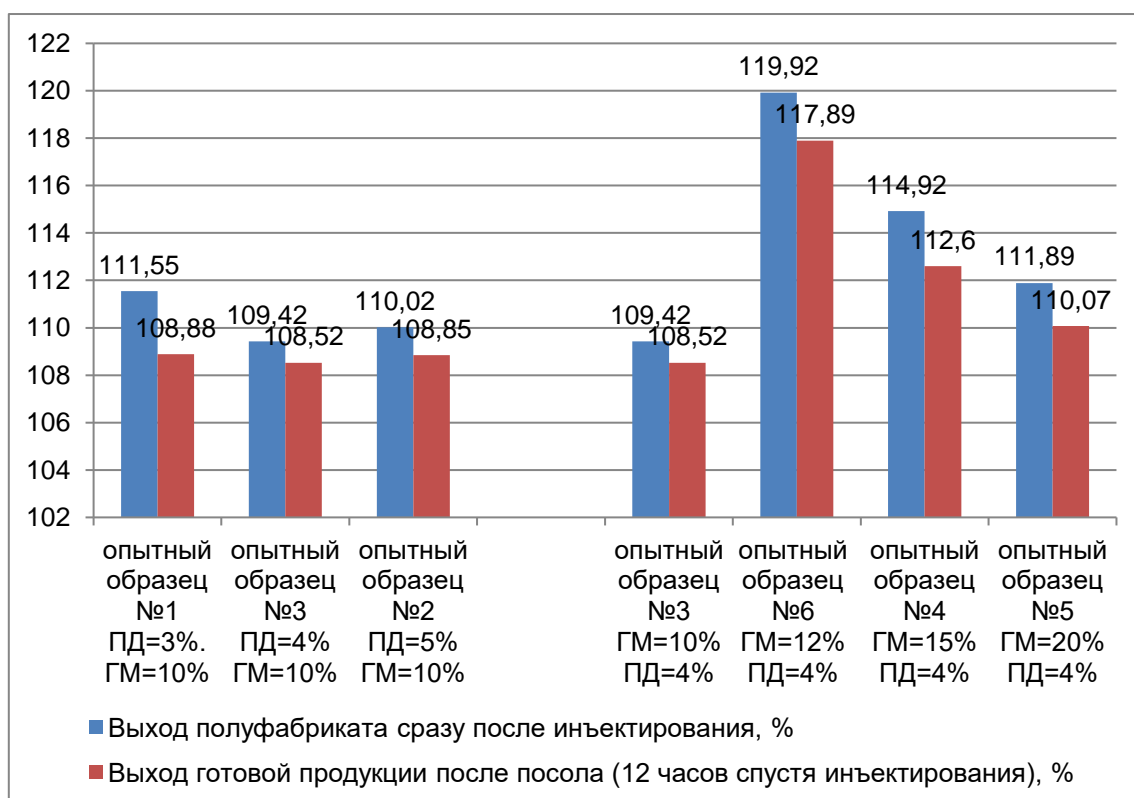


Рис. 1. Влияние условий посола (концентрация пищевой добавки в рассоле для инъектирования и величина гидромодуля) на выход полуфабриката и готовой продукции

Как видно из рис. 1, выход полуфабриката и готовой продукции выражено коррелирует с величиной гидромодуля. Это свидетельствует о том, что правильно подобранный состав рассола позволяет удерживать от 80 до 98 % введенного инъецированием рассола на уровне прочной связи в течение практически всего срока исследования (более одного месяца) – в процессе хранения продукции в установленном температурном режиме минус $1 \pm 0,5$ °С. Прирост массы продукта при этом, в зависимости от гидромодуля, – от 10 до 20 % от массы направленного на посол сырья.

Комплексные биохимические процессы, протекающие в рыбе при посоле и созревании, напрямую формируют органолептические свойства деликатесной продукции. На рис. 2 приведены итоги органолептической оценки двух из четырех учитываемых показателей, чье значение оценено по разработанной пятибалльной шкале и варьируется в ходе эксперимента. Два других показателя – «запах» и «внешний вид» – экспертами оценены на 5 баллов во всех вариантах условий посола.

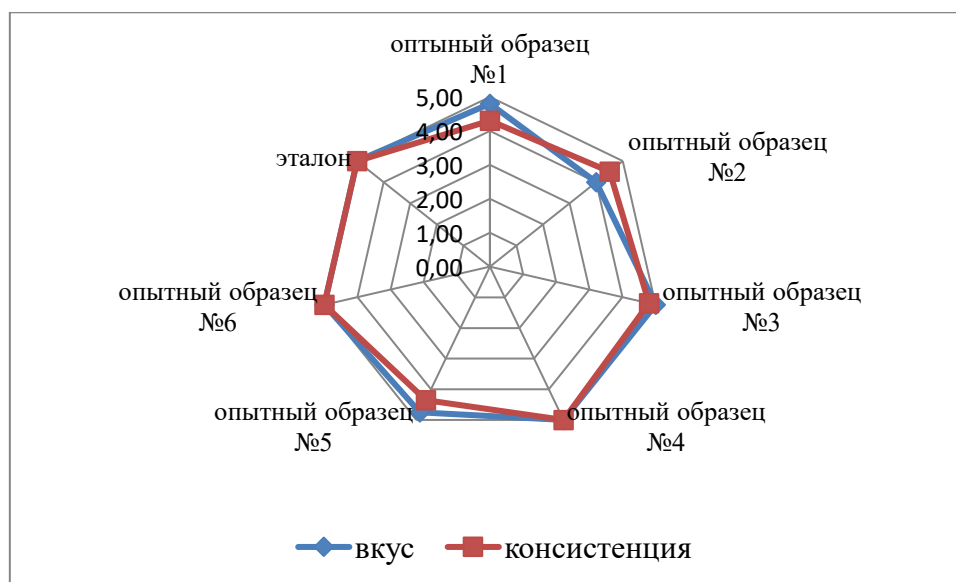


Рис. 2. Влияние условий посола (гидромодуль и концентрация пищевой добавки варьировались от образца № 1 к образцу № 5) на органолептические показатели готовой продукции – вкус и консистенцию

На рис. 3 представлены результаты инструментальной оценки показателя «консистенция» готовой продукции.

Как видно из рис. 2 и 3, спад оценки показателя «консистенция» зависит от концентрации пищевой добавки и величины гидромодуля. Максимальное снижение органолептической оценки – до 4,3 балла (образец № 1 на рис. 2) при максимальной концентрации пищевой добавки 5 %, даже при минимальном значении величины гидромодуля – 10 %. Эксперты отметили у опытных образцов продукции варианта посола № 1 более

ослабленную консистенцию в сравнении с другими опытными образцами. Вывод подтверждается и результатами объективной инструментальной оценки консистенции соленой рыбы на приборе «Texture Analyzer FRTS Series» при помощи показателя «твердость».

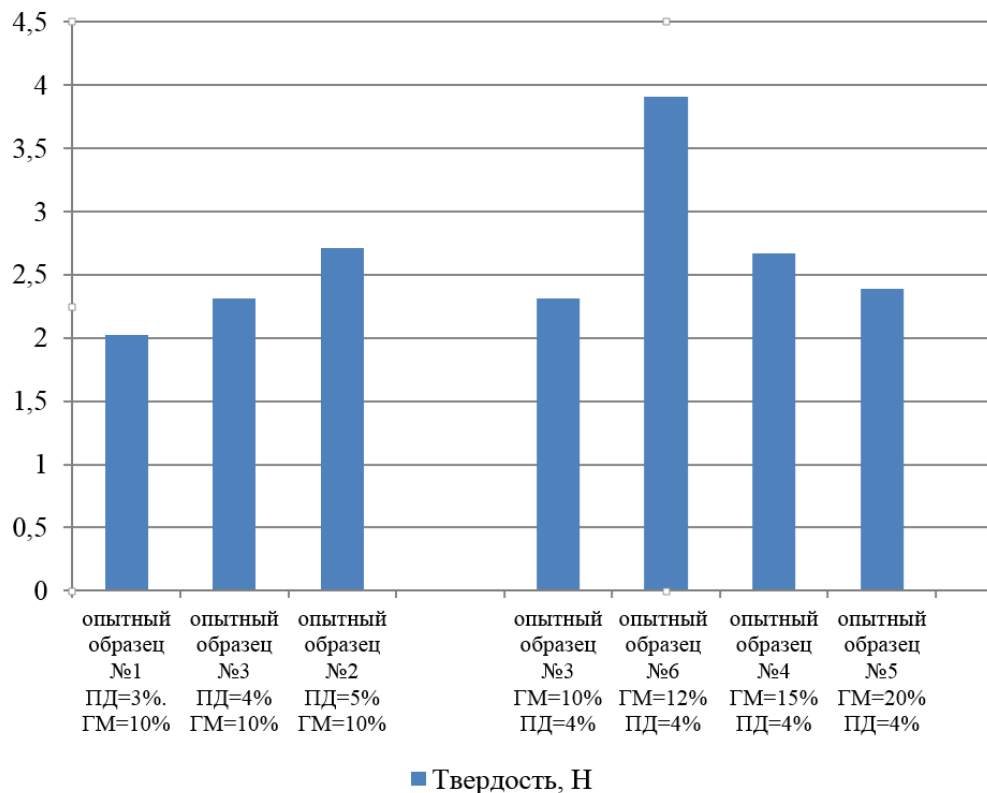


Рис. 3. Влияние условий посола (концентрация пищевой добавки в рассоле для инъектирования и величина гидромодуля) на показатель «твердость», при помощи которого оценивали консистенцию готовой продукции

Все полученные экспериментальные данные были обработаны в соответствии с квалиметрической методикой по разработанной шкале комплексной оценки качества и затем – в модуле нечеткой логики «Fuzzy Toolbox» программной среды MatLab, что позволило максимально учесть разнонаправленное влияние выбранных технологических факторов, формирующих в готовой продукции признаки «деликатесной» слабосоленой рыбы, на функцию отклика. Были получены оптимальные значения факторов – концентрация пищевой добавки 4 % при величине гидромодуля 15 %.

В работе впервые подробно исследованы комплексные изменения органолептических и реологических, физико-химических и физических показателей, характеризующих качество деликатесной продукции высокого спроса – «Форель радужная филе-кусочек малой соли в вакуумной упаковке» и «Семга филе-кусочек малой соли в вакуумной упаковке»,

изготовленных с использованием комплексной пищевой добавки «PRE-LACKS» и способа посола сырья инъектированием. В ходе исследований выявлены основные зависимости комплексной оценки качества продукции от выбранных наиболее значимых технологических влияющих факторов – концентрации пищевой добавки и величины гидромодуля; были определены оптимальные значения для всех этих факторов. На основе результатов исследований будут разработаны технологические рекомендации для изготовления деликатесной рыбной продукции.

Список использованной литературы

Артюхова, С.А. Технология продуктов из гидробионтов / С.А. Артюхова / Под ред. Т.М Сафроновой и В.И. Шендерюка. – М.: Колос, 2001. – 496 с.

Богданов, В.Д. Современные технологии производства соленой продукции из сельди тихоокеанской и лососевых / В.Д. Богданов. – Петропавловск-Камчатский: ХК «Новая книга», 2007. – 235 с.

Как увеличить потребление рыбы в России // Лаборатория ритейла. – 2021. – Вып. 9: сайт. – 2021. – сайт. – URL: <https://pltf.ru/wp-content/uploads/2021/07/kak-uvlichit-potreblenie-ryby-v-rossii.pdf> (дата обращения: 27.07.22).

Комплексные пищевые добавки // Ваш технолог: Технологии. Обучение. Пищевые ингредиенты : сайт. – URL: <http://tehnologist.ru/dobavki/kompleksnie-pishchevie-dobavki/> (дата обращения: 27.07.22).

Салтанова, Н.С. Изменения белковых веществ сельди тихоокеанской при использовании нового способа биохимического созревания / Н.С. Салтанова, Е.Н. Верба // Вестник ТГЭУ. – 2012. – № 3. – С. 98-105.

Салтанова, Н.С. Современные тенденции производства соленой продукции из гидробионтов / Н.С. Салтанова, М.В. Благоднарова // Вестник Камчатского государственного технического университета. – Петропавловск-Камчатский, 2012. – № 20. – С. 67-75.

Успехи лососеводства: производство семги в России выросло в 4,8 раз – до 14,3 тыс. тонн // портал Федерального агентства по рыболовству : сайт. – 2021. – 6 августа. – URL: <https://fish.gov.ru/news/2021/08/06/uspehi-lososvodstva-proizvodstvo-semgi-v-rossii-vyroslo-v-48-raz-do-143-tys-tonn/> (дата обращения: 27.07.22).

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ МИКРОБИОСИНТЕЗА И ИХ ГИДРОЛИЗАТОВ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ДОСТУПНОГО БЕЛКА В СТАРТОВЫХ КОРМАХ ДЛЯ СУДАКА

**А.А. Лютиков¹, А.В. Барышников², А.Е. Королев¹, А.Е. Трифонов¹,
Н.В. Шумская², В.Ю. Новиков²**

¹ Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«ГосНИОРХ» им. Л. С. Берга), г. Санкт-Петербург

² Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск

Успешное выращивание ранней молоди рыб является необходимым условием для получения высококачественного жизнестойкого посадочного материала, который в дальнейшем может быть использован как в товарной аквакультуре, так и для целей воспроизводства. Для некоторых видов рыб, таких как, например, лососевые и сиговые, технология личиночного выращивания разработана и активно эксплуатируется на рыбоводных заводах (Биологические особенности молоди..., 2007), что обусловлено в первую очередь созданием и коммерческим производством полноценных сбалансированных стартовых кормов, позволяющих выращивать молодь указанных видов без зоопланктона (Включение в стартовые..., 2018). Напротив, для рыб с мелкой икрой, таких как судак, подобная технология находится на этапе разработки, процесс которой усложняется отсутствием специализированных стартовых кормов – лимитирующим фактором для введения данного объекта в индустриальную аквакультуру. В связи с этим для судака в качестве первого корма используют мелкие формы фито- и зоопланктона – микроводоросли, коловратки, науплии ракообразных и т.п.

Ранее нами проводились исследования по разработке стартовых кормов для судака на основе продуктов микробiosинтеза; выживаемость подращенной на монодиете из искусственного корма молоди через 30 сут не превышала 12,5 % (Лютиков, Королев, Остроумова, 2020). Как можно предположить, протеин микробиологического происхождения не вполне соответствует потребностям личинок с неразвитой пищеварительной функцией, в связи с чем повышение доступности протеина в стартовых кормах для судака может быть достигнуто за счет его гидролиза.

Гидролизаты белкового сырья в работах по исследованию стартовых кормов для рыб стали применять с 1970-х годов и впервые использовали в «Эквизо» – первом стартовом корме для ранней молоди рыб, внедренном на промышленном уровне (Остроумова, Аршавский, Иванов, 1986). В настоящее время гидролизаты различных белковых кормовых компонентов

широко используются в стартовых кормах для личинок как морских, так и пресноводных видов рыб – трески *Gadus morhua*, палтуса *Hippoglossus hippoglossus* (Effect of pre-digested..., 2002), морского леща *Sparus aurata* (Kolkovski, Tandler, 2000), карпа *Cyprinus carpio* (Solubility and peptide..., 2004) и др.

Учитывая актуальность выбранной темы, цель данного исследования – испытать возможность использования гидролизатов высокобелковых продуктов микробиологического синтеза в стартовых кормах для судака.

Исследования по выращиванию личинок судака проводили в июне-июле 2021 г. на рыбноводном хозяйстве ООО «Форват» (оз. Суходольское, Ленинградская обл.). Икру брали от производителей судака, содержащихся в садках рыбноводного хозяйства на живом корме – рыбах сиговых видов, выбракованных при бонитировке. Нерест проводили в бассейнах с использованием нерестового субстрата (рамки из проволоки, обтянутые капроновой делью), икру инкубировали в модифицированной моросильной камере Войнаровича (Королев, Терешенков, 1995). После вылупления и становления на плав (18 июня) личинки для выращивания на диетах были рассажены в 6 аппаратов Вейса, каждый – объемом 8 л, в количестве 100 экз./л (800 экз./аппарат). Масса личинок на момент рассадки – около 0,4 мг. Кормление начинали сразу после рассадки. Для внесения кормов использовали автоматические диспенсеры, срабатывающие каждые 15 мин; корм подавали с избытком. Чтобы исключить попадание зоопланктона в аппараты, использовали фильтры механической очистки с фильтрующим элементом 15 мкм. Вода в аппараты подавалась с подогревом, температура воды составляла $20 \pm 0,5$ °С. Для устранения ската личинок на аппаратах устанавливали фонарь из газового сита № 15, который по мере роста молоди увеличивали до № 11.

Для адекватной оценки результатов выращивания личинок судака на искусственных кормах также было проведено выращивание молоди на озерном зоопланктоне. Подготовку личинок с использованием зоопланктона осуществляли в 4 квадратных бассейнах 2×2 м с уровнем воды 0,2 м, при плотности посадки 100 личинок/л (8000 экз./бассейн). Зоопланктон ловили сачком из газового сита № 50 в озере и вносили в бассейны 4 раза в день с 9 до 21 ч с равным интервалом. Зоопланктон в бассейны вносили с избытком – в течение дня наблюдалось постоянное его присутствие в толще воды рыбноводной емкости. Вода в бассейны подавалась без подогрева, фильтр не использовался. Температура воды в период исследований равномерно повышалась от 17 до 23 °С.

Выживаемость и конечную массу личинок оценивали через 24 сут с начала питания молоди. За этот период судаки проходят наиболее

критические этапы личиночного развития (переход на внешнее питание, наполнение газом плавательного пузыря, полное расхождение желточного мешка), и их смертность в дальнейшем значительно снижается.

Экспериментальные корма для диет готовили методом экструзии с последующим дроблением до размера 0,1-0,3 мм на комбикормовом предприятии ООО «Русло» (г. Санкт-Петербург). Главными компонентами для них являлись продукты микробного происхождения: гаприн от ООО «Гипробьосинтез» (г. Москва) и протелюкс от ООО «Протелюкс» (г. Санкт-Петербург), а также их гидролизаты. Кроме того, в состав кормов входили рыбная и мясная мука, пшеница молотая, физиологически активные добавки, фосфолипиды, премиксы. Корма различались типом и степенью гидролиза микробных продуктов (табл. 1).

Гидролиз гаприна и протелюкса проводили при температуре 50 °С с добавлением 1 %-ного ферментного препарата «Протосубтилин 250» (ООО ПО «Сиббиофарм», г. Бердск). Степень гидролиза (далее – СГ) определяли по процентному соотношению аминного и общего азотов стандартными методами. Молекулярно-массовое распределение белков определяли при помощи высокоэффективной жидкостной хроматографии на жидкостном хроматографе LC-10Avr («Shimadzu», Япония) с использованием колонки TSK-gel Alpha-2500 («TOSOH», Япония). В качестве элюента выступал 0,15 моль/дм³ раствор хлорида натрия с кислотностью 7, скорость элюента 0,8 см³/мин. Фракции белков регистрировали по оптическому поглощению на 210 нм детектором SPD-10AVP. Для калибровки задействовали набор белков с известной молекулярной массой и аминокислоты фирмы «Sigma» (США). Статистический анализ полученных данных проводили по общепринятой методике (Лакин, 1990), в прикладной программе Microsoft Excel, достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Питание личинок искусственными кормами было отмечено на 2-е сутки после начала кормления и далее было активным (см. рисунок).



Личинки судака на 2-е (слева) и 20-е (справа) сутки от начала питания; отчетливо виден искусственный корм в желудочно-кишечном тракте личинок

Лучшие результаты по росту и выживаемости были получены на корме, содержащем гаприн со степенью гидролиза 16 и 18 % – конечная средняя индивидуальная масса личинок равнялась $17,2 \pm 0,7$ и $16,8 \pm 0,5$ мг соответственно при выживаемости 10-11 % (см. табл. 1). На гаприне, не подверженном гидролизу, масса и выживаемость личинок оказались ниже – $14,6 \pm 0,6$ мг и 7 % соответственно.

Использование кормов с протелюксом и гидролизатами дало крайне неудовлетворительные результаты – масса личинок не превышала 10 мг, выживаемость не более 5 %. При этом даже выжившие личинки оказались нежизнеспособны и гибли в процессе их учета и пересадки.

Таблица 1

Результаты экспериментов по выращиванию личинок судака на монодиетах из искусственного корма с различными белковыми компонентами микробиологического синтеза (продолжительность 24 сут)

Компонент	Степень гидролиза компонента, %	Масса личинок, мг	Выживаемость, %
Гаприн	-	$14,6 \pm 0,6^a$	7
Гаприн гидролизат	16	$17,2 \pm 0,7^b$	11
То же	18	$16,8 \pm 0,5^b$	10
Протелюкс	-	-	0
Протелюкса гидролизат	27	$9,6 \pm 0,4^c$	3
То же	37	-	0

Примечание. Приведены среднее значение признака и его ошибка; средние массы с разными буквенными индексами имеют достоверные различия.

Гаприн и протелюкс, не подвергнутые гидролизу, и гидролизованный сверх меры (37 %) протелюкс, очевидно, не обеспечивают потребности личинок в протеине, что подтверждает исследование молекулярно-массового распределения пептидов в белковых компонентах всех кормов (табл. 2). В гидролизном гаприне на долю низкомолекулярных пептидов, доступных для переваривания ранними личинками рыб (500-700 Да), приходится от 29 до 33 %. Доля пептидов с молекулярной массой 700 Да и выше, стимулирующая развитие пищеварительной функции личинок, составляет 18-19 %, остаток приходится на аминокислоты. Напротив, в исходном гаприне и протелюксе основная доля протеина (около 90 %) представлена белками и высокомолекулярными пептидами, трудными для усвоения и переваривания у ранневозрастных личинок судака с неразвитым до конца желудочно-кишечным трактом. На пептиды с молекулярной массой от 300 до 700 Да приходится всего 2,3-2,4 %, низкое их количество отмечено и у гидролизованного протелюкса – не более 5,7 %, что может обуславливать неудовлетворительный результат выращивания личинок судака на кормах с использованием этого компонента.

Таблица 2

Молекулярно-массовое распределение пептидов в продуктах микробиосинтеза и их гидролизатах, % к общему белку

Компонент	Степень гидролиза компонента, %	Белки и пептиды	Низкомолекулярные пептиды		Свободные аминокислоты
		> 700 Да	500-700 Да	300-450 Да	140-240 Да
Гаприн	-	89,76	1,79	0,6	7,84
То же	16	18,96	29,06	0	51,98
«»	18	17,66	32,88	0	49,44
Протелюкс	-	88,34	2,27	0	9,37
То же	27	58,28	5,06	0,62	36,04
«»	37	26,79	0	0	73,21

При выращивании судака на зоопланктоне лишь примерно около трети личинок потребляли его в первые сутки кормления. Это привело к быстрому росту питающихся особей, в отличие от непитающихся. Спустя неделю с начала опыта выживаемость молоди в бассейне составила менее 30 % – в основном погибли личинки с ненаполненной кишечной трубкой. В этот же период у молоди происходит наполнение газом плавательного пузыря, которое способны осуществить лишь физиологически полноценные особи, что также послужило повышенной смертности личинок.

Начиная с 14-17 сут от начала питания наиболее крупные особи стали активно охотиться на отстающую в росте одновозрастную молодь. Доля травмированных от атак личинок-хищников жертв значительно выше доли потребленных особей. В целом к этому времени масса личинок достигает 20-30 мг, что определяет переход судаков на питание более крупными формами зоопланктона, доля которых значительно превышает мелкие формы, что способствует ускорению роста личинок.

По прошествии 24 сут с начала выращивания средняя индивидуальная масса молоди достигает около 68 мг; масса в целом имеет значительную вариабельность 40-160 мг. Выживаемость выращенных на зоопланктоне личинок находилась в диапазоне от 3,6 до 4,4 %, в среднем составив 4,2 %.

Неудовлетворительные результаты выращивания личинок судака на озерном зоопланктоне могут быть связаны с малым количеством мелких форм зоопланктеров, доступных для питания ранних личинок судака. Судак этапа перехода на внешнее питание мелок – масса порядка 0,35 мг, длина 4-5 мм. Размер рта у ранних личинок позволяет заглатывать добычу, не превышающую 0,2 мм (German experiences in..., 1996; Szkudlarek, Zakęś, 2007), в то время как в озерном зоопланктоне, используемом в опыте, доля организмов с размерами 0,25 мм и меньше составляла 1,7 % (табл. 3).

Размерно-видовой состав зоопланктона оз. Суходольское на начальном этапе
выращивания личинок судака (дата отбора 18.06.2021 г.)

Вид зоопланктона	L, мм	Доля, %
Rotifera – <i>Kellicottia longispina</i>	0,175	0,3
Rotifera – <i>Bipalpus hudsoni</i> ; Cladocera – <i>Chidorus sphaericus</i> ; Copepoda <i>Nauplii</i>	0,25	1,4
Cladocera – <i>Eubosmina crassicornis</i> , <i>Bosmina longirostris</i>	0,375	1,7
Cladocera – <i>Bosmina longirostris</i> , <i>Eubosmina crassicornis</i> , <i>Eubosmina gibbera</i> , <i>Polyphemus pediculus</i> ; Copepoda <i>Cyclopinae</i>	0,5	42,1
Cladocera – <i>Bosmina longirostris</i> , <i>Polyphemus pediculus</i> , <i>Daphnia cucullata</i> ; Copepoda <i>Cyclopinae</i>	0,625	14,6
Cladocera – <i>Bosmina longirostris</i> , <i>Polyphemus pediculus</i> , Copepoda <i>Mesocyclops leuckarti</i>	0,75	8,9
Cladocera – <i>Polyphemus pediculus</i> ; Copepoda – <i>Thermocyclops oithonoides</i>	0,875	6,6
Cladocera – <i>Polyphemus pediculus</i> ; Copepoda – <i>Mesocyclops leuckarti</i> , <i>Eudiaptomus gracilis</i>	1	14,9
Cladocera – <i>Polyphemus pediculus</i>	1,125	6,3
Cladocera – <i>Polyphemus pediculus</i>	1,25	2,3
Cladocera – <i>Bythotrephes cederstroemi</i>	1,625	0,3
Cladocera – <i>Leptodora kindtii</i>	2,125	0,3
Cladocera – <i>Leptodora kindtii</i>	3	0,3

Именно недостаток доступных кормовых объектов определил высокую смертность судака в первую неделю опыта, последующую вариабельность в размерных показателях и каннибализм. В природных условиях недостаток корма в ранний период жизни судака также может привести к каннибализму и возникновению бимодальных популяций, при этом размеры крупных сеголеток могут превышать таковые у мелких в 3 раза, что было отмечено и в настоящем исследовании.

В результате можно заключить, что одним из решений проблемы стартового кормления судака могут служить опыты гидролизной обработки белкового сырья разной природы, делающей протеиновую составляющую компонента более доступной для питания личинок с недосформированной пищеварительной функцией. Предварительные результаты подтверждают перспективность выбранного направления и определяют необходимость дальнейших исследований по разработке и применению гидролизатов высокобелковых кормовых компонентов в стартовых кормах для судака. В то же время использование природного зоопланктона для промышленного культивирования личинок судака индустриальным способом ограничено, прежде всего, сложностью обеспечения ранней молоди необходимым объемом доступных для питания кормовых объектов.

Список использованной литературы

Биологические особенности молоди сиговых и форели в условиях индустриального выращивания / Л.М. Князева, А.К. Шумилина, В.В. Костюничев [и др.] // Научные тетради ГосНИОРХ. – 2007. – 56 с.

Включение в стартовые корма для сиговых рыб (*Coregonidae*) бактериальной биомассы и белковых гидролизатов / И.Н. Остроумова, В.В. Костюничев, А.А. Лютиков [и др.] // Вопросы рыболовства. – 2018. – Т. 19, №1. – С. 82-98.

Королев, А.Е. Как получить икру и личинок судака в ранние сроки / А.Е. Королев, И.И. Терешенков // Рыбоводство и рыболовство. – 1995. – № 1. – С.11-12.

Лакин, Г. Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей вузов / Г. Ф. Лакин. – 4-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Высшая школа, 1990. – 351 с.

Лютиков, А.А. Культивирование ранней молоди судака (*Sander lucioperca*) и окуня (*Perca fluviatilis*) на искусственных диетах / А.А. Лютиков, А.Е. Королев, И.Н. Остроумова // Научный журнал «Известия КГТУ». – 2020. – № 56. – С. 34-47.

Остроумова, И.Н. Включение ферментализата гаприна в стартовые корма для личинок карпа / И.Н. Остроумова, Д.С. Аршавский, Д.И. Иванов // Сборник научных трудов ГосНИОРХ. – 1986. – Вып. 257. – С. 102-106.

Effect of pre-digested protein on growth and survival of Atlantic halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.) / A. Kvåle, T. Harboe, M. Epse [et al.] // Aquaculture Results. – 2002. – Vol. 33. – P. 311-321.

German experiences in the propagation and rearing of fingerling pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) / W. Steffens, F. Geldhauser, P. Gerstner [et al.] // Annales Zoologici Fennici. – 1996. – Vol. 33. – P. 627-634.

Kolkovski, S., Tandler, A. The use of squid protein hydrolysate as a protein source in microdiet for gilthead seabream *Sparus aurata* larvae / S. Kolkovski, A. Tandler // Aquaculture Nutrition. – 2000. – Vol. 6. – P. 11-15.

Solubility and peptide profile affect the utilization of dietary protein by common carp (*Cyprinus carpio*) during early larval stages / A.P. Carvalho, R. Sar, A. O. Teles [et al.] // Aquaculture. – 2004. – Vol. 234. – P. 319-333.

Szkudlarek, M., Zakęś, Z. Effect of stocking density on survival and growth performance of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), larvae under controlled conditions / M. Szkudlarek, Z. Zakęś // Aquaculture International. – 2007. – Vol. 15. – P. 67-81.

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТИХООКЕАНСКОГО ЧЕРНОГО ПАЛТУСА *REINCHARDTIUS* *HIPPOGLOSSOIDES MATSUURAE* В ЧУКОТСКОМ МОРЕ

О.А. Мазникова, П.О. Емелин

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

Тихоокеанский черный палтус *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae* (Jordan et Snyder) относится к приоритетным объектам отечественного рыболовства. Если в Беринговом и Охотском морях существует налаженный специализированный промысел черного палтуса, то в водах российской части Чукотского моря вопрос о состоянии его запасов остается открытым. На сегодняшний день, ввиду эпизодичности ресурсных исследований и скудости информации в литературных источниках, сформировать какие-либо представления о состоянии сырьевой базы вида затруднительно.

Цель настоящей работы – охарактеризовать пространственное распределение и динамику запасов тихоокеанского черного палтуса в западной части Чукотского моря на основании данных российских исследований, проведенных с 2003 по 2020 г.

В основу настоящей работы положены материалы донных и пелагических траловых съемок, выполненных на НИС «ТИНРО» и «Профессор Леванидов» (однотипные судна, проект «Атлантик-833») специалистами ФГБНУ «ВНИРО».

Всего в российских водах Чукотского моря было проведено 7 научно-исследовательских рейсов в летне-осенний период, когда акватория максимально свободна ото льда. При проведении учетных работ использовано два типа тралов – разноглубинный «РТ 80/396» и донный «ДТ 27.1/24.4».

Сбор данных о придонной температуре осуществлялся с помощью гидрологического комплекса Sea Bird Electronics model 25, Carousel Deck Unit model 33, USA, включающего в себя гидрологический зонд SBE 25 Sealogger CTD.

Численность (экз./км²) и биомассу (кг/км²) на единицу обловленной площади (км²) для каждого траления вычисляли по формулам:

$$\frac{N}{A} = \frac{N}{1.852 \cdot v \cdot t \cdot 0.001 \cdot a} \text{ и } \frac{M}{A} = \frac{M}{1.852 \cdot v \cdot t \cdot 0.001 \cdot a},$$

где N – число, экз., M – масса рыб в улове, кг;

A – площадь, обловленная во время траления, км²;

- v – скорость траления, уз.;
- t – продолжительность траления, ч;
- a – горизонтальное раскрытие устья трала, м;
- 1,852 – число км в 1 морской миле;
- 0,001 – переводной коэффициент.

Для оценки общей численности и биомассы, а также анализа пространственного распределения палтуса данные усредняли по трапециям размерностью $0,5^\circ$ по широте и 1° по долготе. Выбор размерности обусловлен пространственным распределением сеток станций уже проведенных исследований. Для вычисления среднемноголетних значений численности и биомассы данные всех тралений за определенный период времени, попадающие в границы трапеции, усредняли. Аналогичный геостатистический подход с использованием одноградусных трапеций уже был успешно применен при создании ГИС и серии атласов по nektonу и макрофауне всей акватории Северо-Западной Пацифики (Волвенко, 2004, 2015).

Работа с данными выполнена в СУБД Microsoft Access 2016, статистическая обработка – в Microsoft Excel 2016 с применением Analysis ToolPak, а также в R-Studio (Version 1.4.1106) с использованием пакета Weighted.Desc.Stat (<https://CRAN.R-project.org/package=Weighted.Desc.Stat>). Геостатистическая обработка данных, в том числе расчет площадей полигонов, проводилась в ГИСе QGIS Desktop 3.22 (<https://qgis.org/>). Распределение температуры интерполировано кригингом (модуль QGIS: SAGA, https://docs.qgis.org/2.8/en/docs/user_manual/processing_algs/saga/index.html). Расчеты площадей выполнены в системе координат WGS (World Geodetic System) 1984, EPSG:4326 (<https://epsg.io/4326>). Карты выполнены с использованием проекции Alaska Albers Equal Area Conic (EPSG: 102006, <https://epsg.io/102006>). Легенда представлена на рис. 1А.

Результаты комплексных исследований пелагиали российской части Чукотского моря в 2003-2008 гг. демонстрируют широкую вариабельность параметров обилия черного палтуса – от 209,4 тыс. экз. и 0,5 т (2003 г.) до 3555,8 тыс. экз. и 5,4 т (2008 г.) Акватория исследований характеризовалась большой изменчивостью гидрологических условий: наибольшая площадь распространения берингоморских водных масс отмечена в 2007 г., сибирских прибрежных – в 2003 г.

В период проведения исследований в августе 2003 г. палтус был представлен лишь в уловах на траверзах м. Ванкарем (4 экз./км²) и Дежнева (82 экз./км²) (см. рис. 1А), а длина особей варьировала от 6,4 до 9,7 см. В 2003 г. наблюдался наибольший объем распресненных вод Сибирского прибрежного течения.

В августе 2007 г. район исследований был расширен и включал мелководный участок российского сектора Чукотского моря от территориальных вод на юге до о-ва Геральда и одноименной банки на севере. С запада обследованная акватория ограничивалась проливом Лонга и 3-мильной охранной зоной о-ва Врангеля, с востока – границей ИЭЗ России (см. рис. 1Б). Одной из особенностей 2007 г. являлась наибольшая площадь распределения берингоморских вод и по площади, и по объему. Учетная относительная численность палтуса варьировала в широком диапазоне – от 4 до 698 экз./км². Основные скопления были локализованы на акватории от м. Дежнева до Колючинской губы, а максимальное по плотности пятно отмечено в районе м. Сердце-Камень (698 экз./км²) на глубине 44 м. Длина особей изменялась от 5 до 11 см. Температура воды в придонном слое – от 1,9 до 3,6 °С.

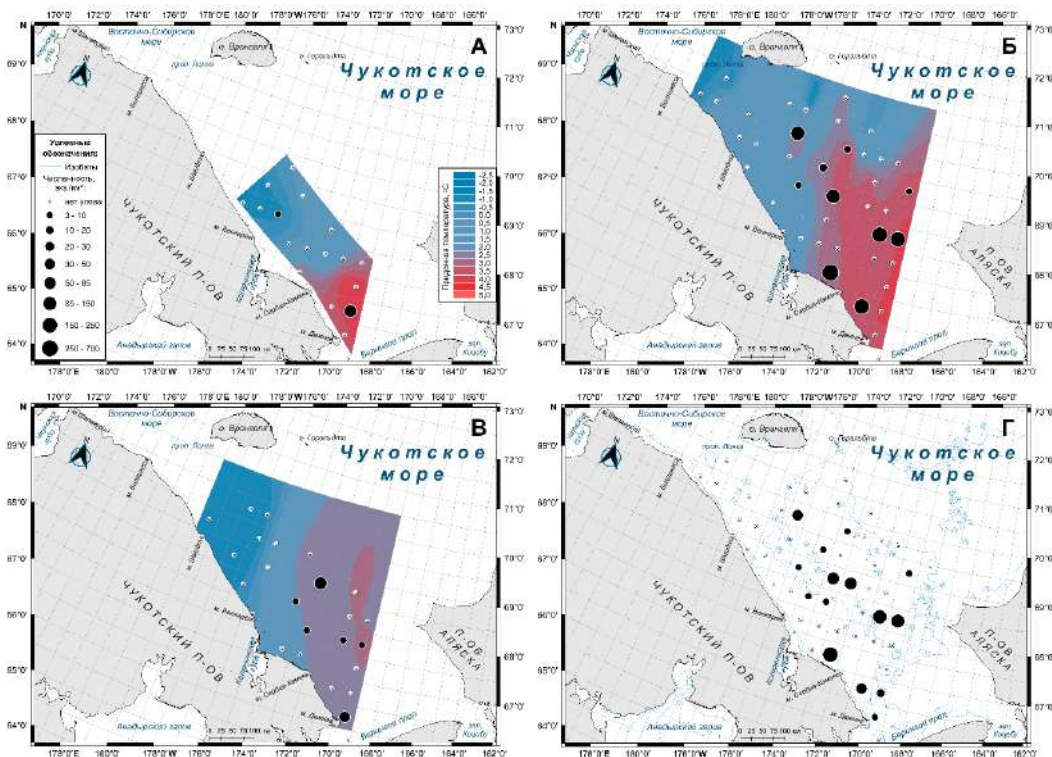


Рис. 1. Пространственное распределение придонной температуры и относительная численность черного палтуса в Чукотском море в 2003 (А), 2007 (Б), 2008 (В) гг., осредненные данные 2003-2008 гг. (Г)

В начале сентября 2008 г. была обследована акватория меньшей площадью по сравнению с 2007 г. Район включал мелководный участок от границы ИЭЗ России на востоке до 179°28' з.д. на западе. На севере акватория съемки была ограничена 69°58' с.ш., а с юга – территориальными водами (см. рис. 1В). Как и в 2003 и 2007 гг., особи черного палтуса также

были распространены преимущественно в районе залива теплых берингоморских вод. Плотность скоплений была самой низкой за период исследований и варьировала от 4 до 51 экз./км², уловы традиционно представлены молодью палтуса (5-11,5 см).

По результатам учетных работ в 2010-2020 гг. параметры обилия черного палтуса в придонном слое изменялись от 92,7 тыс. экз. и 0,5 т (2019 г.) до 590,7 тыс. экз. и 78 т (2018 г.). В 2010 г. уловы были сосредоточены вблизи изобат 47-55 м и температур в придонном слое 0,2-4,4 °С. Плотность агрегаций, состоящих из мелкоразмерных особей длиной 7-13 см, изменялась от 15 до 84 экз./км², с максимальными значениями на траверсе м. Сердце-Камень (рис. 2А).

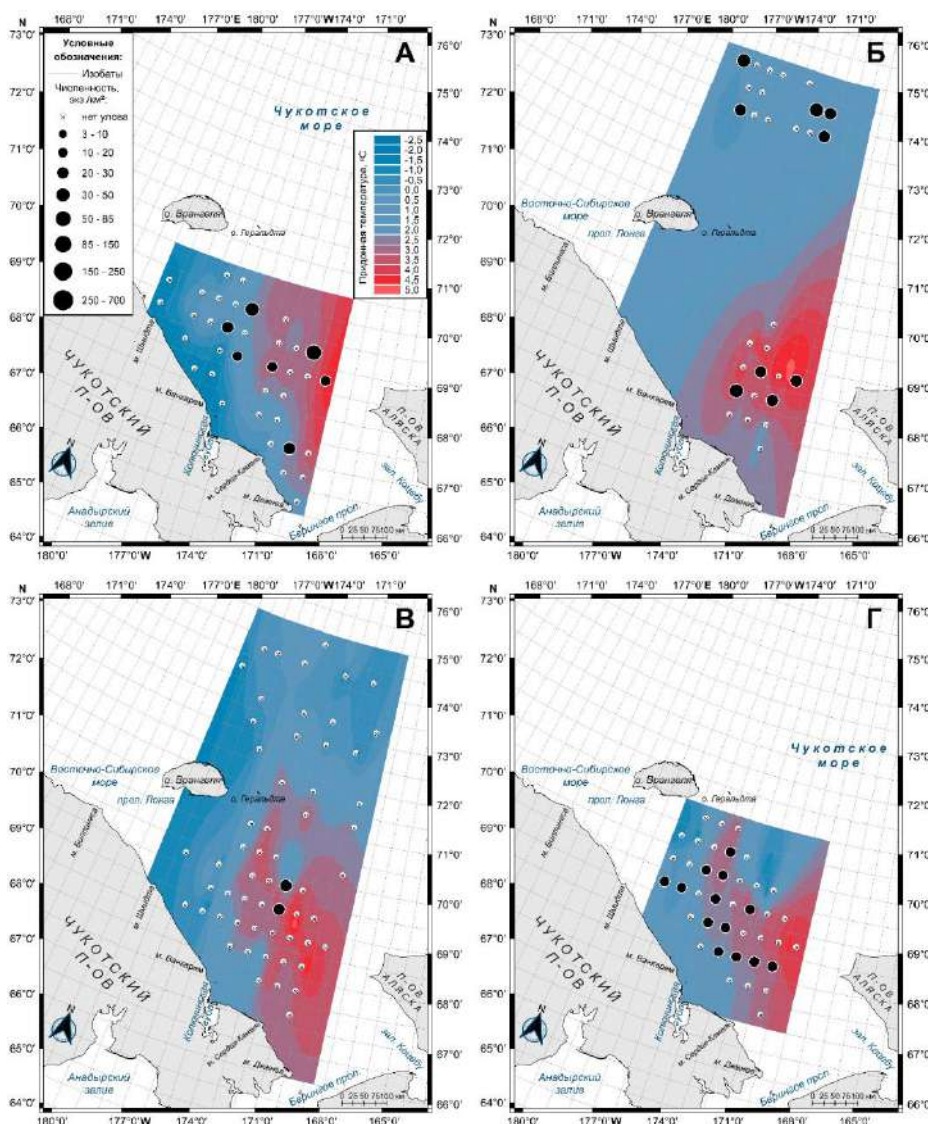


Рис 2. Пространственное распределение придонной температуры и относительная численность черного палтуса в Чукотском море в 2010 (А), 2018 (Б), 2019 (В), 2020 (Г) гг.

В 2018 г. особенностью донной съемки являлось обследование двух разобщенных районов – восточной части шельфа в пределах 50-метровой изобаты и материкового склона за пределами 100-метровой изобаты (см. рис. 2Б). В пределах 50-метровой изобаты особи черного палтуса были сконцентрированы на акватории от м. Дежнева до Колючинской губы в диапазоне придонных температур от 3,3 до 4,7 °С. Плотность скоплений была низкой и варьировала от 23 до 34 экз./км², уловы представлены молодью длиной от 5 до 11 см (см. рис. 2В). В пределах материкового склона в районе полей мелкобитого тертого и дрейфующего льда уловы, напротив, состояли из среднеразмерных рыб длиной до 44 см. Как и на шельфе, палтус держался рассеянно (23-46 экз./км²) в диапазоне придонных температур от 0,4 до -0,1 °С.

В 2019 г. уловы палтуса были наименее результативными за весь период исследований. Особи отмечены лишь в двух тралениях на участке между Колючинской губой и м. Сердце-Камень на глубине 49 м в диапазоне придонных температур 1,3-3,2 °С (см. рис. 2В). В 2020 г. палтус был распределен практически на всей акватории исследований в диапазоне придонных температур от 0 до 3,3 °С (см. рис. 2Г). Как и в 2010 г., палтус отмечен в зоне Сибирского прибрежного течения, уловы представлены особями длиной 9-18 см при среднем значении плотности агрегаций 17 экз./км². За весь период исследований в придонном слое основные скопления молоди палтуса были локализованы в пределах шельфа (рис. 3). Среднеразмерные особи были учтены только в уловах донного трала на северном полигоне исследований в 2018 г.

Оседание и развитие личинок в локальных районах, нагул молоди, миграции по мере роста в пределах шельфа и материкового склона должны формировать мозаичное распределение размерно-возрастных групп, характерных для определенных частей ареала (Мазникова, 2018). По результатам учетных работ как в пелагиали, так и в придонном слое в пределах 50-метровой изобаты во все годы исследований черный палтус держался рассеянно, а уловы были представлены исключительно молодью. Основные скопления были приурочены к зонам высокого обилия крупной фракции зоопланктона (Слабинский, Фигуркин, 2014). В пределах материкового склона, напротив, агрегации формировали только среднеразмерные особи. Полученные данные вполне укладываются в имеющиеся сведения об условиях существования тихоокеанского палтуса (Шунтов, 1971; Новиков, 1974; Николенко, 1998; Мазникова, 2018; Greenland Turbot *Reinhardtius*..., 1988). В отношении динамики параметров обилия каких-либо четких закономерностей не выявлено.

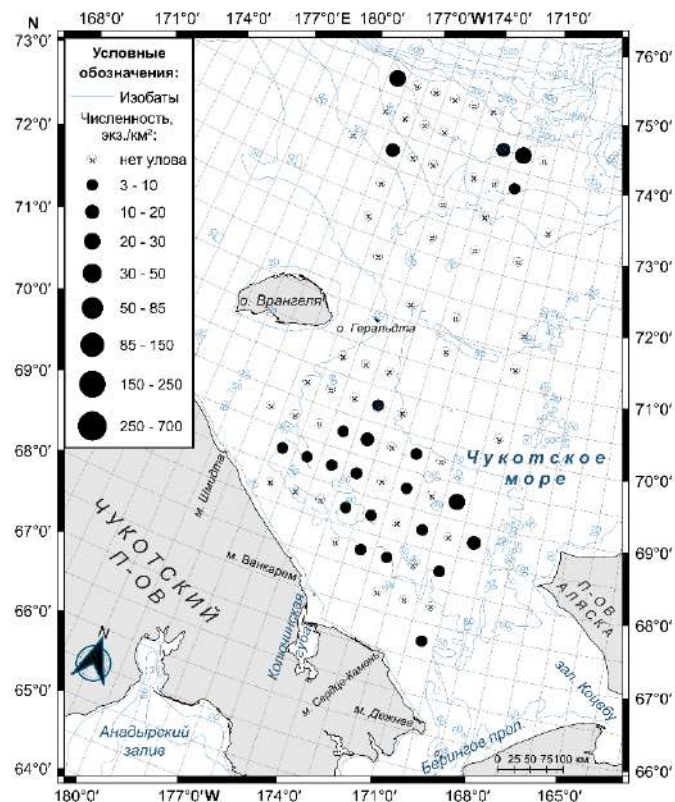


Рис. 3. Пространственное распределение придонной температуры и относительная численность черного палтуса в Чукотском море, осредненные данные 2010-2020 гг.

Присутствие тихоокеанского черного палтуса в западной части Чукотского моря, вероятно, можно объяснить пассивным переносом личинок и молоди из Берингова моря с водами Наваринского течения, которое огибает мористую часть Анадырского залива, образуя в нем циклонический круговорот. Водные массы удерживают часть икры и личинок, и при переносе доставляют их в Берингов пролив и Чукотское море. Затем, по мере роста, происходят горизонтальные миграции рыб в более мористую часть. Однако вопрос о масштабности таких миграций и количестве мигрантов в исследуемом районе требует дальнейшего изучения. Также нельзя исключать наличие самостоятельной «чукотской» популяции палтуса.

Несмотря на фрагментарность полученных данных, они существенно дополняют наши представления о биологии тихоокеанского черного палтуса, а возросший в последние годы интерес к арктическим районам, пожалуй, является главной предпосылкой для продолжения комплексного мониторинга состояния его сырьевой базы и условий обитания.

Список использованной литературы

Волвенко, И.В. ГИС для анализа сезонной и межгодовой пространственно-временной динамики nekтона Охотского моря / И.В. Волвенко // Известия ТИНРО. – 2004. – Т. 137. – С. 144-176.

Волвенко И.В. Информационное обеспечение комплексных исследований водных биоресурсов Северо-Западной Пацифики. Ч. 2. Базы данных, базы знаний, автоматизированные рабочие места / И.В. Волвенко // Труды ВНИРО. – Т. 157. – С. 71-99.

Мазникова, О.А. Биология и промысел тихоокеанского черного палтуса западной части Берингова моря и тихоокеанских вод Камчатки: автореф. дис. ... канд. биол. наук / О.А. Мазникова. – М., 2018. – 23 с.

Николенко, Л.П. Биология и промысел черного палтуса Охотского моря: автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Л.П. Николенко. – Владивосток: Изд-во ТИНРО, 1998. – 228 с.

Новиков, Н.П. Промысловые рыбы материкового склона северной части Тихого океана / Н.П. Новиков. – М.: Пищевая промышленность. – 1974. – 308 с.

Слабинский, А.М. Структура планктонного сообщества южной части Чукотского моря / А.М. Слабинский, А.Л. Фигуркин // Известия ТИНРО. – 2014. – Т. 178. – С. 135-147.

Шунтов, В.П. Некоторые закономерности вертикального распределения черного и стрелозубых палтусов в северной части Тихого океана / В.П. Шунтов // Известия ТИНРО. – 1971. – Т. 75. – С. 3-35.

Greenland Turbot *Reinhardtius hippoglossoides* of the Eastern Bering Sea and Aleutian Islands Region / M.S. Alton, R.G. Bakkala, G.E. Walters, P.T. Munro // Nation. Ocean. and Atmosher. – Admin. Techn. Rep. Nation. Mar. Fish. Serv. – 1988. – № 71. – 31 p.

<https://CRAN.R-project.org/package=Weighted.Desc.Stat> (дата обращения 10.07.2022).

<https://epsg.io/4326> (дата обращения 20.07.2022).

<https://epsg.io/102006>(дата обращения 20.07.2022).

<https://qgis.org/> (дата обращения 20.07.2022).

https://docs.qgis.org/2.18/en/docs/user_manual/processing_algs/saga/index.html (дата обращения 20.07.2022).

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ОСЕТРОВЫХ РЫБ В УСЛОВИЯХ ВОЛЖСКО-КАСПИЙСКОГО РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАССЕЙНА

Е.Г. Макарова, Н.В. Козлова

Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), г. Астрахань

В настоящее время осетровые виды рыб Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна находятся в катастрофическом состоянии из-за потери нерестилищ и нарушения условий размножения, повышенной эксплуатации (Ходоревская, Романов, 2007; Состояние запасов и..., 2015). Искусственное воспроизводство в современных условиях является основным источником восполнения численности их естественных популяций. Однако при подборе пар производителей в заводских условиях возрастает риск близкородственного скрещивания, которое неизбежно приведет к росту гомозиготности в потомстве и инбредной депрессии – снижению жизнестойкости и плодовитости, возрастанию вредных рецессивных мутаций у молоди (Чебанов, 2002; ФАО, 2010). Поэтому при проведении мероприятий, направленных на поддержание численности осетровых посредством выпуска молоди в естественную среду обитания, необходимо применение грамотного генетического подхода, в первую очередь, позволяющего провести оценку генетического разнообразия маточного стада и степени родства производителей рыб, исключить генетическое вырождение популяции из-за инбридинга.

Цель настоящего исследования – изучение эффективности применения современных методов молекулярной генетики для осуществления генетического контроля искусственного воспроизводства русского осетра в условиях Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна.

Отбор биоматериала проводили от 41 экз. производителей русского осетра, содержащегося в маточном стаде на научно-экспериментальном комплексе аквакультуры (НЭКА) «БИОС» Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ») до начала нерестовой кампании 2021 г. Часть производителей принимала участие в нерестовых кампаниях 2013-2019 гг., биоматериал от них поставлялся и в этот период.

Выделение и последующую очистку тотальной ДНК проводили на адсорбционных колонках PALL (Ivanova, deWaard, Hebert, 2006) из кусков плавников, отобранных прижизненно в соответствии с МР 4.2.001-2015 и зафиксированных в 95 %-ном этаноле. Образцы ядерной ДНК были проанализированы с использованием микросателлитных локусов An20,

Afug41, Afug51, AoxD165, AoxD161, описанных ранее для других видов осетровых рыб (Isolation and characterization..., 2002; Henderson-Arzahola, King, 2002; Welsh, May, 2006). Мультиплекс из пяти микросателлитов был разработан в отделе молекулярной генетики ФГБНУ «ВНИРО», данные локусы имеют не более 4n генотипов для русского осетра (Барминцева, Мюге, 2017). Эта панель активно используется в ВКФ ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»). Анализ полиморфизма участка Д-петли митохондриальной ДНК (мтДНК) проводили с праймерами DL651 (ATCTTAACATCTTCAGTG) и ANR3 (CATACCATAATGTTTCATSTACC) (Полиморфизм контрольного региона..., 2008; Барминцева, Мюге, 2017). Исследование фрагмента мтДНК осуществляли только для самок, поскольку митохондриальная ДНК передается потомству по материнской линии. Амплифицированные продукты подвергали электрофоретическому разделению с помощью системы капиллярного электрофореза ABI-3500 Genetic Analyzer.

Для оценки генетического разнообразия по микросателлитным локусам определяли относительные частоты аллелей в программном пакете Structure 2.3.4. (Pritchard, Stephens, Donnelly, 2000), число аллелей на локус, среднее число аллелей на одну особь, наблюдаемую и ожидаемую гетерозиготности. Долю гомозиготных особей рассчитывали в MS Excel 2010. Гаплотипное и нуклеотидное разнообразие, число полиморфных сайтов участка Д-петли мтДНК подсчитаны в программе Arlequin 3.1. (Excoffier, Lischer, 2010).

По результатам генотипирования на каждого производителя русского осетра был составлен индивидуальный молекулярно-генетический паспорт. В него была включена следующая информация: вид, пол, происхождение особи (доместицированная, т.е. одомашненная, или искусственной генерации, выращенная в условиях НЭКА «БИОС» методом «от икры»), электронная метка, место отбора биоматериала, аллельный состав микросателлитных локусов и гаплотип митохондриальной ДНК.

Важной частью научного подхода в искусственном воспроизводстве является оценка генетического разнообразия производителей рыб, участвующих в получении потомства, предназначенного для выпуска в естественную среду.

Результаты микросателлитного анализа производителей русского осетра, содержащихся в стаде НЭКА «БИОС», позволили выявить 69 аллелей в 5 локусов: от 10 аллелей (AoxD161) до 18 аллелей (Afug41) (табл. 1). Максимальное среднее число аллелей на одну особь отмечено в маркере Afug 41. Остальные локусы характеризовались более низкими значениями этого показателя. Минимальные значения среднего числа аллелей на особь и доли рыб с гомозиготами отмечены в локусе Afug51,

что согласуется с литературными данными для данного вида (Барминцева, Мюге, 2013; Оценка генетического разнообразия..., 2017).

Уровень наблюдаемой гетерозиготности был высоким, варьируя от 0,902 (Afug51) до 1,000 (Afug41 и AoxD161). В двух локусах из пяти (Afug51 и AoxD165) уровень ожидаемой гетерозиготности преобладал над наблюдаемой, свидетельствуя о дефиците гетерозигот. В локусах Afug41 и AoxD161 зафиксированы только гетерозиготные особи.

Таблица 1

Показатели генетического разнообразия производителей русского осетра из маточного стада НЭКА «БИОС» в 2021 г.

Локус	A*	Аср**	Но***	Не****	АААА, %*****
Afug41	18	3,3	1,000	0,991	0,0
An20	11	2,7	0,976	0,972	2,4
Afug51	14	2,5	0,902	0,991	9,8
AoxD165	16	3,1	0,976	0,987	2,4
AoxD161	10	3,1	1,000	0,996	0,0

* Количество аллелей.

** Среднее число аллелей на особь.

*** Наблюдаемая гетерозиготность.

**** Ожидаемая гетерозиготность.

***** Доля гомозиготных особей.

По данным ежегодного мониторинга генетического разнообразия русского осетра из природной популяции Каспийского моря, проводимого ВКФ ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), был отмечен высокий уровень наблюдаемой гетерозиготности в диапазоне от 0,902 (Afug51) до 0,988 (Afug41 и AoxD161). Дефицит гетерозигот зарегистрирован во всех локусах, кроме An20. Зафиксированы от 1,2 % (Afug41) до 10,8 % (Afug51) особей с гомозиготами по всем исследованным микросателлитам.

Результаты исследования контрольного региона Д-петли мтДНК длиной 693 п.н. самок русского осетра с НЭКА «БИОС» позволили выявить 23 гаплотипа, различающихся полиморфизмом 80 позиций нуклеотидов (11,5 % всех нуклеотидов в последовательности). Зарегистрирован высокий показатель гаплотипного разнообразия, составивший 0,993. Нуклеотидное разнообразие, характеризующее среднее количество нуклеотидных различий на 1 сайт при попарных сравнениях последовательностей ДНК, составило 0,010.

Таким образом, производители русского осетра, потомство которых было выпущено в естественную среду обитания в 2021 г., отмечены высоким уровнем генетического разнообразия по митохондриальному и ядерному маркерам.

По результатам мониторинга генетического разнообразия русского осетра из Каспийского моря зарегистрирован дефицит гетерозигот в четырех локусах из пяти, что может быть вызвано инбридингом и связано с отсутствием генетического контроля на других предприятиях, используемых для целей воспроизводства естественной популяции в Астраханской области.

Таблица 2

Характеристика гаплотипного и нуклеотидного разнообразия самок русского осетра из маточного стада НЭКА «БИОС» в 2021 г.

Показатель	Значение
Количество митохондриальных гаплотипов	23
Число полиморфных сайтов (S)	80
Гаплотипное разнообразие (H)	0,993±0,013
Нуклеотидное разнообразие (π)	0,010±0,001

Русский осетр относится к полиплоидным многохромосомным видам с тетраплоидным характером наследования (Genome duplication events..., 2001): в каждом локусе отмечается от 1 до 4 разных вариантов, в 5 локусах – максимально 20 аллелей. Следовательно, снижается вероятность наличия особей с гомозиготами по сравнению с диплоидными видами (белуга, стерлядь, севрюга). Однако при скрещивании производителей с высоким уровнем родства неизбежно будет происходить снижение генетического разнообразия молоди, что может привести в итоге к инбредной депрессии.

Не менее важной задачей при грамотном управлении искусственным воспроизводством является оценка степени родства производителей. На НЭКА «БИОС» с 2015 г. каждая нерестовая кампания осетровых видов рыб по восполнению природной популяции Каспийского моря проходит с учетом результатов молекулярно-генетического анализа производителей. На основании данных генотипирования для самок и самцов вычисляют коэффициенты генетического родства: относительные числа общих аллелей по отношению к общему числу аллелей у двух родительских особей. Так, минимальное значение коэффициента составляет 0 (отсутствие общих аллелей), максимальное – 1 (20 аллелей в пяти локусах одинаковы у самки и у самца). Рыбоводам рекомендуется брать пары особей с наименьшим числом общих аллелей.

В 2021 г. для участия в искусственном воспроизводстве были запланированы 31 самки и 35 самцов на НЭКА «БИОС». По результатам анализа рассчитаны 1085 вариантов схем скрещиваний. В 831 из 1085 случаев (76,6 %) коэффициенты генетического родства превышали значение 0,25 (5 общих аллелей из 20) и были признаны нежелательными.

В итоге рыбоводам для получения генетически благополучной молодежи были рекомендованы варианты скрещиваний с коэффициентами генетического родства от 0,10 (2 общих аллеля из 20) до 0,25 (5 общих аллелей).

Данные генотипирования и схемы скрещивания используются в дальнейшем для мониторинга результативности искусственного воспроизводства. С этой целью происходит прижизненный отбор небольших фрагментов плавников от молодежи осетровых в специализированных научных экспедициях в Каспийском море без их изъятия из естественной среды обитания. Анализируя генотипы потомства возможно определить, от каких родительских пар и с какого осетрового завода эта молодежь выпущена, что позволяет оценить вклад каждого осетрового рыбоводного завода в искусственное воспроизводство.

Список использованной литературы

Барминцева, А.Е. Использование микросателлитных локусов для установления видовой принадлежности осетровых (Acipenseridae) и выявления особей гибридного происхождения / А.Е. Барминцева, Н.С. Мюге // Генетика. – 2013. – Т.4, № 9. – С.1093-1105.

Барминцева, А.Е. Природный генетический полиморфизм и филогеография сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt, 1869 / А.Е. Барминцева, Н.С. Мюге // Генетика. – 2017. – Т. 53, № 3. – С. 345-355.

Оценка генетического разнообразия производителей русского осетра из ремонтно-маточного стада ФГБУ «Аздоррыбвод» Донской осетровой завод / Н.А. Небесихина, А.Г. Лепешков, Иванова Е.А. [и др.] // Труды АзНИИРХ: Результаты рыбохозяйственных исследований в Азово-Черноморском бассейне: сб. науч. тр. по результатам исследований за 2014-2015 гг. – Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 2017. – С. 244-249.

Полиморфизм контрольного региона митохондриальной ДНК восьми видов осетровых и разработка системы ДНК-идентификации видов / Н.С. Мшге, А.Е. Барминцева, С.М. Расторгуев [и др.] // Генетика. – 2008. – Т. 44, № 7. – С. 913-919.

Состояние запасов и распределение осетровых в Каспийском море / Г.Ф. Довгопол, И.А. Сафаралиев, И.В. Коноплева [и др.] // Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России: материалы XVII международной науч. конф. – Махачкала: Типография ИПЭ РД, 2015. – С. 460-463.

ФАО 2010. Развитие аквакультуры. 3. Управление генетическими ресурсами. Техническое руководство ФАО по ответственному рыбному хозяйству. – № 5, Приложение 3. – Рим, ФАО. – 154 с.

Ходоревская, Р.П. Состояние запасов осетровых рыб Каспийского моря и стратегия их восстановления / Р.П. Ходоревская, А.А. Романов // Рыбное хозяйство. – 2007. – № 3. – С. 50-52.

Чебанов М.С. Формирование генетической коллекции осетровых в южном филиале ФГУП ФСГЦР / М.С. Чебанов // Генетика, селекция и воспроизводство рыб: мат. перв. всерос. науч. конф. – СПб. : Издательство ФГУП ФСГЦР, 2002. – С. 73-80.

Excoffier, L. Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows OCs / L. Excoffier, H.E.L. Lischer // Molecular Ecology Resources. – 2010. – Vol. 10. – P. 564-567.

Genome duplication events and functional reduction of ploidy levels in sturgeon (Acipenser, Huso and Scaphirhynchus) / A. Ludwig, N.M. Belfiore, C. Pitra [et al.] // Genetics. – 2001. – Vol. 158. – P. 1203-1215.

Henderson-Arzahola, A. Novel microsatellite markers for Atlantic sturgeon (Acipenser oxyrinchus) population delineation and broodstock management / A. Henderson-Arzahola, T.L. King // Molecular Ecology Notes. – 2002. – Vol. 2. – P. 437-439.

Isolation and characterization of microsatellites in the Adriatic sturgeon (Acipenser naccarii) / L. Zane, T. Patarnello, F. Fontana [et al.] // Molecular Ecology Notes. – 2002. – Vol. 2. – P. 586-588.

Ivanova, N.V. An inexpensive, automation friendly protocol for recovering high quality DNA / N.V. Ivanova, J. deWaard, P.D.N. Hebert // Molecular Ecology Notes. – 2006. – Vol. 6. – P.998-1002.

Pritchard, J.K. Inference of population structure using multilocus genotype data / J.K. Pritchard, M. Stephens, P. Donnelly // Genetics. – 2000. – Vol. 155. – P. 945-959.

Welsh, A. Development and standartization of disomic microsatellite markers for lake sturgeon genetic studies / A. Welsh, B. May // Journal of Applied Ichthyology. – 2006. – Vol. 22. – P. 337-344.

ФИТОПЛАНКТОН КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАБЛЮДЕНИЙ В 2001-2020 гг.)

И.Ю. Македонская, Н.Г. Отченаш, Е.В. Медведева
Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

В представленной работе обобщены результаты многолетних сезонных наблюдений эпипелагиального фитопланктона Кандалакшского залива Белого моря.

В 2001-2020 гг. проводилось исследования фитопланктонного сообщества в поверхностном слое Кандалакшского залива Белого моря (рис. 1).

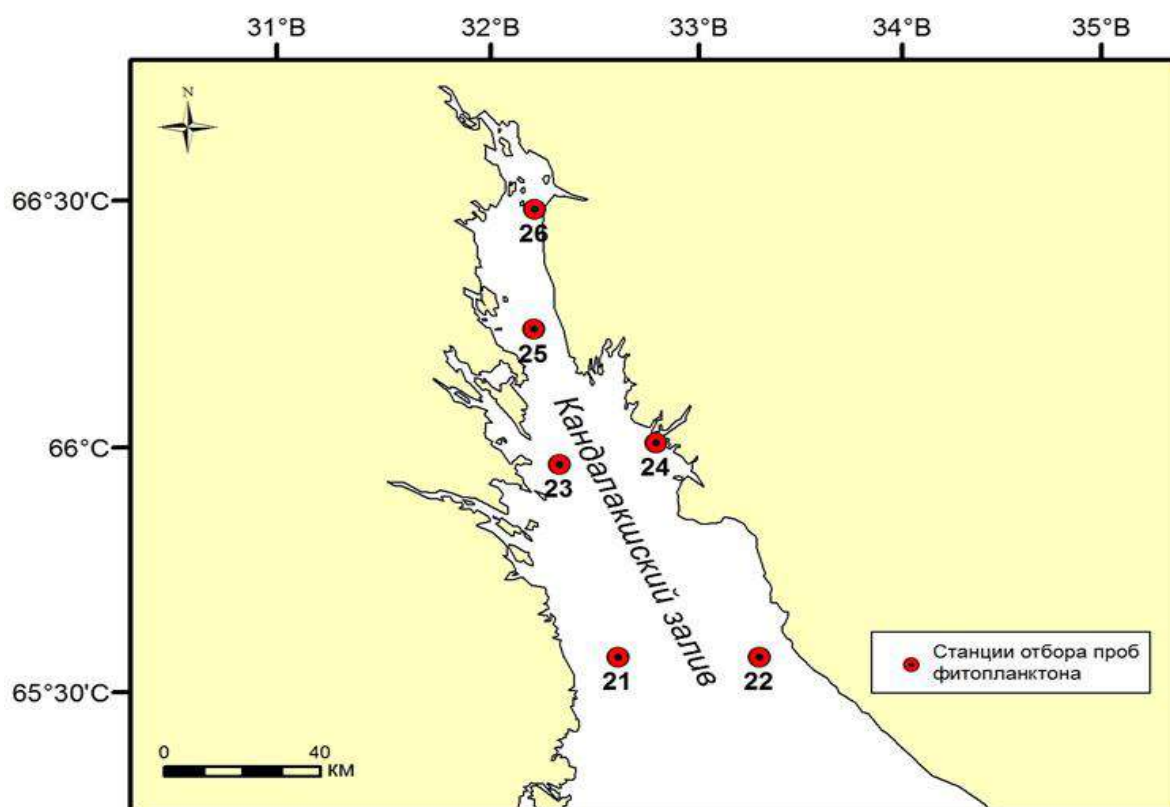


Рис. 1. Карта-схема расположения точек отбора проб фитопланктона в Кандалакшском заливе Белого моря в 2001-2020 гг.

Материал был обработан в камеральных условиях по общепринятым методикам (Руководство по методам..., 1983; Современные методы количественной..., 1983). Также были отобраны пробы на пигментный состав фитопланктона, с дальнейшей обработкой в лабораторных условиях

стандартными методами (Руководство по химическому..., 2003; ГОСТ 17.1.4.02-90, 1990). Первичная продукция определялась косвенным расчетным методом (Оценка первичной продукции..., 1990). Видовая принадлежность микроводорослей выявлялась при помощи определителей (Диатомовый анализ, 1949; Коновалова, 1998).

Кандалакшский залив – один из крупнейших заливов Белого моря, наряду с Двинским, Онежским и Мезенским. Он омывает берег Кольского полуострова и северо-западный берег Карелии. Длина залива составляет 185 км, площадь – 6,5 тыс. км², объем – 710 км³, средняя глубина – 100 м. В середине залива, ближе к центру моря, находится глубоководный желоб с максимальными для Белого моря глубинами – 340 м. Вплоть до его вершины отмечаются глубины более 50 м, а в самой вершине – менее 20 м. Берега залива изрезаны многочисленными губами. На его акватории имеется множество островов шхерного типа. Для Кандалакшского залива характерен стратифицированный тип гидрологического режима. Он относится к малопродуктивным районам Белого моря с уровнем продукции фитопланктона 0,05-0,10 г С/(м²×сут), характерной для олиготрофных вод (Ильяш, Кольцова, Федоров, 1995).

В 2001-2020 гг. в Кандалакшском заливе была отобрана 171 проба весеннего (май-июнь), летнего (июль-август) и осеннего (октябрь-ноябрь) фитопланктона с поверхностного горизонта.

За все годы и сезоны исследований в заливе было обнаружено 270 таксонов микроводорослей из восьми отделов. Наиболее широко были представлены отделы Bacillariophyta – 179 таксонов (66,3 %), Dinophyta – 48 таксонов (17,8 %) и Chlorophyta – 18 таксона (6,7 %). Остальные отделы были представлены небольшим количеством видов. Комплекс обнаруженных видов микроводорослей является довольно обычным для Кандалакшского залива (Киселев, 1957). Ведущими по флористическому богатству были диатомеи родов *Navicula*, *Nitzschia*, *Thalassiosira*, *Amphora*, *Chaetoceros*, *Achnanthes*, а также представители рода *Protoperidinium* из динофитовых микроводорослей. В целом по числу видовых и внутривидовых таксонов водорослей из разных отделов, а также по составу ведущих родов и семейств планктонный альгоценоз Кандалакшского залива можно охарактеризовать как диатомово-динофитовый. Наиболее низким было видовое разнообразие весеннего фитопланктона, наиболее высоким – осеннего. Осенью количество обнаруженных таксонов микроводорослей было несколько выше, чем весной и летом (табл. 1).

Таксономический состав фитопланктона Кандалакшского залива
Белого моря в 2001-2020 гг.

Отдел	Кол-во видов			
	Всего	Весна	Лето	Осень
Bacillariophyta	179	99	111	125
Dinophyta	48	35	35	24
Chlorophyta	18	7	9	14
Chrysophyta	6	5	6	1
Cryptophyta	2	1	2	4
Euglenophyta	2	2	1	1
Xanthophyta	1	-	1	2
Суанophyta	14	7	7	9
Всего	270	156	172	180

В весенний период чаще всего доминировали диатомовые *Thalassiosira nordenskiöldii*, *Navicula vanhoeffenii*, *Skeletonema costatum* и представители рода *Chaetoceros* (*Chaetoceros compressus*, *Chaetoceros decipiens*, *Chaetoceros constrictus* и др.). В некоторые годы основную численность составляли представители зеленых (*Chlorococcum* sp., *Pyramimonas* sp.) и эвгленовых (*Euglena* sp.) микроводорослей.

Летом состав преобладающих по численности водорослей изменялся в разные годы, причем в значительной степени. Комплекс доминирующих таксонов летнего фитопланктона состоял в основном из диатомовых: *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira nordenskiöldii* и представителей рода *Chaetoceros* (*Chaetoceros compressus*, *Chaetoceros decipiens*, *Chaetoceros holsaticus*, *Chaetoceros curvisetus* и др.). В качестве субдоминант часто присутствовали: *Leucocryptos marina* из криптофитовых, *Gymnodinium arcticum* из динофитовых, а также представители зеленых (*Chlamydomonas* sp., *Pyramimonas* sp. и др.), динофитовых (*Gymnodinium arcticum*, *Heterocapsa triquetra*, *Dinophysis norvegica*) и золотистых (*Dinobryon balticum*) микроводорослей.

В осенний сезон явных доминантов обычно не наблюдалось. Чаще всего преобладали диатомовые водоросли *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira nordenskiöldii* и представителей рода *Chaetoceros* (*Chaetoceros compressus*, *Chaetoceros decipiens*, *Chaetoceros danicus*, *Chaetoceros didymus*, *Chaetoceros curvisetus* и др.). В некоторые годы в качестве основного доминанта была отмечена криптофитовая микроводоросль *Leucocryptos marina*. Можно отметить, что в осенние месяцы в 2010-2020 гг. численность, разнообразие и количество доминирующих видов фитопланктона значительно выросло.

В течение вегетационного периода численность, биомасса и комплекс доминирующих видов фитопланктона подвергались значительным колебаниям. Имеющиеся многолетние данные свидетельствуют, что обилие представителей этих групп в одни и те же календарные сроки может значительно различаться. Расположение областей высокого и низкого обилия фитопланктона, а также состав доминирующих видов в разные годы может не совпадать. В качестве возможной причины межгодовой вариабельности рассматривалось изменение водной среды в зависимости от сезона и климатических особенностей того или иного года (Ильяш, Житина, Федоров, 2003).

В течение исследуемого периода средние значения численности, биомассы и количества видов фитопланктона подвергались значительным колебаниям, но находились в рамках сезонной изменчивости (табл. 2).

В весенних пробах фитопланктона численность микроводорослей колебалась от 1,83 млн кл/м³ в 2003 г. до 438,32 млн кл/м³ в 2015 г. Численность микроводорослей в летний период изменялась в большом интервале – от 3,57 млн кл/м³ в 2004 г. до 44,03 млн кл/м³ в 2019 г. Осенью численность была минимальной в 2001 г. (0,19 млн кл/м³), а максимальной в 2011 г. (31,88 млн кл/м³). Среднемноголетние значения численности фитопланктона составили: 62,82 млн кл/м³ весной, 14,90 млн кл/м³ летом и 8,01 млн кл/м³ осенью (табл. 2).

Динамика развития показателей биомассы водорослей характеризуется ярко выраженной сезонностью. Весной биомасса изменялась в широком диапазоне: от 207,20 мг/м³ в 2010 г. до 942 мг/м³ в 2007 г. Минимальные значения биомассы фитопланктона в летний период наблюдались в 2005 г. (202,8 мг/м³), а максимальные – в 2019 г. (634,73 мг/м³). Осенью биомасса водорослей колебалась в пределах от 48 мг/м³ в начале ноября 2002 г. до 273,05 мг/м³ в конце октября 2016 г. (см. табл. 2).

Таблица 2

Среднемноголетние значения количественных характеристик и первичной продукции фитопланктона Кандалакшского залива Белого моря в 2001-2020 гг.

Показатель	Весна	Лето	Осень
Численность, млн кл./м ³	<u>62,82</u> 1,83-438,32	<u>14,51</u> 3,57-44,03	<u>8,01</u> 0,19-31,88
Биомасса, мг/м ³	<u>478,14</u> 207,20-942,00	<u>319,96</u> 202,80-634,74	<u>181,74</u> 48,00-273,05
Хлорофилл а, мкг/л	<u>1,20</u> 0,52-2,36	<u>0,80</u> 0,43-1,59	<u>0,44</u> 0,12-0,68
Продукция (Р), мкгС/л×сут	<u>42,78</u> 19,82-79,84	<u>29,43</u> 16,80-55,53	<u>16,99</u> 5,17-25,57

*Над чертой – среднее значение; под чертой – интервал значений.

Среднемноголетние значения биомассы фитопланктона Кандалакшского залива соответствуют сезонной динамике планктонных альгоценозов: весной максимальные (478,14 мг/м³), летом средние (319,96 мг/м³) и осенью минимальные (181,74 мг/м³) (см. табл. 2).

Содержание хлорофилла а в водах Кандалакшского залива представлено широким диапазоном величин, свидетельствующим о значительной пространственной изменчивости обилия фитопланктона. Средние значения концентрации хлорофилла а колебались по сезонам в небольших пределах: от минимальных значений (0,44 мкг/л) в осенний период до максимальных значений (1,2 мкг/л) в весенний, а в летний – отмечались промежуточные значения 0,80 мкг/л (см. табл. 2).

Содержание хлорофилла а в планктоне традиционно рассматривали как показатель трофического состояния водоема, используя для этого средние за сезон, летние или наиболее часто встречаемые величины. Летние концентрации хлорофилла а были представлены в Кандалакшском заливе величинами, характерными для мезотрофных водоемов (Алимов, Богатов, Голубков, 1989).

Исследование продукционных показателей фитопланктонного сообщества и их изменений в районе Кандалакшского залива являются необходимыми для мониторинга всей экосистемы, так как эти данные в правильной интерпретации позволяют прогнозировать и отслеживать изменения основных трофических цепочек и всей экосистемы в целом. Основным продуктивным слоем в Белом море является слой 0-15 м практически во все сезоны. Максимумы первичной продукции, как правило, располагаются или на поверхности, или на глубинах 2,5-5 м (Алимов, Богатов, Голубков, 1989).

Значения первичной продукции (ПП), рассчитанные косвенным методом, в Кандалакшском заливе соответствовали сезонной динамике развития исследуемых альгоценозов. В целом за 20 лет исследований наивысшие среднесезонные продукционные показатели были отмечены в период гидрологической весны (42,78 мг С/м³×сут), промежуточные значения (29,43 мг С/м³×сут) в летний период, а среднеосенний показатель оказался самым низким и составил 16,99 мг С/м³×сут (при минимуме 5,17 мг С/м³×сут в 2002 г. осенью и максимуме 79,84 мг С/м³×сут в 2007 г. весной) (см. табл. 2). Среднемноголетний показатель суточной первичной продукции за весь период исследований составил 29,73 мг С/м³×сут, что выше литературных данных (Ильяш, Кольцова, Федоров, 1995).

В представленной работе были обобщены результаты многолетних сезонных исследований эпипелагиального фитопланктона Кандалакшского залива Белого моря за период 2001-2020 гг.

По составу ведущих родов и семейств исследованный планктонный фитоценоз можно охарактеризовать как диатомово-динофитовый с заметным участием зеленых водорослей. Наиболее бедным было видовое разнообразие весеннего фитопланктона, а наиболее богатым – осеннего. Качественные и количественные характеристики фитопланктона имеют явно выраженные сезонные и межгодовые отличия, что можно объяснить динамикой погодных и гидрологических условий.

Наивысшую продукционную активность фитопланктонное сообщество Кандалакшского проявляло в период гидрологической весны, что в целом характерно для всего Белого моря. Среднемноголетний показатель суточной первичной продукции за весь период исследований, рассчитанный косвенным методом, был несколько выше литературных данных. Выявленные значения концентрации хлорофилла и первичной продукции были представлены величинами, характерными для мезотрофных водоемов.

Обобщающая сводка по фитопланктону может быть полезна для применения в системе экологического контроля и рационального использования биологических ресурсов.

Список использованной литературы

Алимов, А.Ф. Продукционная гидробиология [Текст] / А.Ф. Алимов, В.В. Богатов, С.М. Голубков. – СПб.: Наука, 2013. – 342 с.

ГОСТ 17.1.4.02-90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла : межгосударственный стандарт ГОСТ 17.1.4.02-90 : введен впервые : введен 01.01.91. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. – 10 с.

Диатомовый анализ [Текст] / Под общ. ред. А. Н. Криштофовича ; Всесоюз. науч.-исслед. геол. ин-т М-ва геологии. Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова Акад. наук СССР. – М: Госгеолиздат, 1949-1950. – Т.2. – 435 с.

Ильяш, Л.В. Фитопланктон Белого моря [Текст] / Л. В. Ильяш, Л. С. Житина, В. Д. Федоров. – М.: Янус-К, 2003. – 167 с.

Ильяш, Л.В. Экологические исследования фитопланктона / Л.В. Ильяш, Т.И. Кольцова, В.Д. Федоров // Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. Ч.1. Исследование фауны морей. – СПб., 1995. – Вып. 42 (50). – 249 с.

Киселев, И.А. Особенности распределения фитопланктона в Белом море / И.А. Киселев // Материалы по комплексному изучению Белого моря. – 1957. – Вып. 1. – С. 282-304.

Коновалова, Г.В. Динофлагелляты (Dinophyta) дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана / Г. В. Коновалова. – Владивосток : Дальнаука, 1998. – 297 с.

Оценка первичной продукции морского фитопланктона по хлорофиллу а, относительной прозрачности и спектрам восходящего излучения / В.Е. Шемшура, З.З. Финенко, З.П. Бурлакова [и др.] // Океанология. – 1990. – Т. 30, вып. 3. – С. 479-485.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В. А. Абакумов, Н. П. Бубнова, Н. И. Холикова [и др.]; под ред. [и с предисл.] В.А. Абакумова. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.

Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана / В.В. Сапожников, А.И. Агатова, Н.В. Аржанова [и др.] – М.: Изд-во ВНИРО, 2003. – 202 с.

Современные методы количественной оценки распределения морского планктона / Под ред. М.Е. Виноградова. – М.: Наука, 1983. – 279 с.

ПРОБЛЕМЫ ЛОСОСЕВОГО ХОЗЯЙСТВА р. ПЕЧОРА

В.Г. Мартынов

Кооператив ЭкоАрктикФиш, г. Сыктывкар

Уловы печорской семги до уменьшения промысловых запасов, по данным промысловой статистики, изменялись от 90 до 750 т в год (Мартынов, 2007). Ее доля в добыче атлантического лосося на Русском Севере в отдельные годы прошлого столетия достигала 60 %.

Основной промысел печорской семги приходился на нижний 100-километровый участок реки на территории Ненецкого автономного округа (НАО), в то время как ее нерестилища приурочены к территории Республики Коми (РК).

Лов объекта можно разделить на ряд периодов, различающихся уровнем промысловой нагрузки, состоянием нерестилищ и их заполнением производителями (см. таблицу).

Динамика среднегодовых рыбохозяйственных показателей печорской семги в различные годы, тыс. экз.

Период, годы	Оптимальная численность	Реальная численность	Промысловая смертность	Пропущено на нерест	Эффективная численность
1895-1913	100,0	100,0	22,4	Более 50,0	Более 25,0
1920-1949	100,0	100,0	44,8	То же	То же
1950-1959	100,0	100,0	74,6	25,4	12,7
1960-1988	90,0	63,8	30,0	33,8	16,9
1989-2002	90,0	54,0	Запуск пром.	54,0	16,2
2003-2020	90,0	3,5	1,8	1,7	1,0

Примечание. Обобщены данные промысловой статистики и научных публикаций (Новиков, 1959; Летовальцева, 1967; Мартынов, 1983, 2007; Антонова, 1987; Антонова, Чуксина, 1987; Мартынов, Захаров, 1990; Королев, 2000; Антонова, Студенов, 2003; Мартынов, Кудрявцев, 2010).

Представленные в таблице рыбохозяйственные показатели свидетельствуют о том, что промысловая эксплуатация печорской семги велась в рамках неистощительного рыболовства вплоть до середины прошлого столетия. На нерестилищах семги в бассейне р. Печора сохранялся природный режим, что создавало объективные предпосылки для поддержания среднегодовой численности нерестовых мигрантов на оптимальном среднем годовом уровне (100 тыс. экз.). Изымалось не более половины мигрирующих в реку рыб. При таком уровне промысловой нагрузки на территории

РК к нерестилищам проходило не менее 50 тыс. производителей. Данное количество нерестовых мигрантов составляло сохраняющий лимит и обеспечивало заполнение нерестилищ производителями даже при наличии бытового нелегального рыболовства. Промысловое изъятие не превышало общий допустимый улов (ОДУ), представляющий разницу между реальной численностью стада и сохраняющим лимитом. Таким образом, в первой половине прошлого столетия среднегодовой ОДУ печорской семги составлял 50 тыс. рыб, или 300 т.

Вторая половина двадцатого столетия характеризуется прогрессирующим уменьшением промысловых запасов печорской семги до их полной деградации к концу столетия. В 1950-е годы изъятие еще полнокровных стад рыбы в среднем достигало 75 %. Снижались размеры сохраняющего лимита и эффективная численность стад, в то время как промысловые уловы были максимальными. В результате техногенного загрязнения нересто-выростных угодий (НВУ) семги в ряде рек печорского бассейна на 10 % (до 90 тыс. экз.) сокращается оптимальная численность стада. По-видимому, впервые за всю историю промысла реальная численность стад лимитируется дефицитом производителей на нерестилищах.

1960-е годы ознаменованы внедрением на реках Русского Севера концентрированного лова семги с 50 %-ным объемом промыслового изъятия нерестовых мигрантов (В ученом совете..., 1959). Однако снижение промысловой нагрузки на печорскую семгу не привело к заполнению пустующих нерестилищ производителями и повышению реальной численности стад, которая уменьшилась до уровня сохраняющего лимита. Начиная с 1989 г. добыча печорской семги прекращена до восстановления ее запасов.

В начале 1990-х возобновление промысла позволило увеличить сохраняющий лимит до значений первой половины прошлого столетия, что не привело к заполнению нерестилищ производителями и увеличению эффективной численности стад. Повышению их реальной численности до оптимального уровня воспрепятствовал возросший нелегальный лов печорской семги, полностью заместивший промысел.

Несмотря на критическое состояние печорского стада семги, ее лов был возобновлен в 2003 г. Промысел имеет выраженный иррациональный характер. При среднегодовой реальной численности нерестовых мигрантов в несколько тысяч экземпляров обосновывается изъятие половины из них. Современная эффективная численность печорской семги не превышает 1 тыс. экз. Пребывающие в хорошем санитарном состоянии нерестилища, способные обеспечить реальную численность стад печорской семги на уровне 90 тыс. экз., пустуют.

При восстановлении промысловых запасов печорской семги можно ориентироваться на режим эксплуатации в первой половине XX в.: увеличить сохраняющий лимит до 50 тыс. экз., эффективную численность до 25 тыс. экз., а также обеспечить сохранение естественного режима на нерестилищах.

В качестве превентивных мер необходимо привести размер завышенных лимитов на промысловый лов печорской семги в соответствие с реальным промысловым запасом, прекратить практику перехватывающего промысла на территории НАО. Взять под охрану наиболее уловистые тони на территории НАО и РК. Организовать мониторинг общей и эффективной численности популяций печорской семги. Представляется целесообразным принять ряд организационных мер:

1. В целях повышения эффективности рыбоохранных мероприятий создать единое для бассейна р. Печора Управление по охране рыбных запасов, прежде всего проходных лососевых рыб и среды их обитания.

2. Инициировать создание общественных организаций, объединяющих местное население в рамках общинного рыболовства и охраны рыбных ресурсов.

3. Для регулярного освещения результатов коллективных усилий по восстановлению лососевого хозяйства р. Печора организовать издание «Информационного бюллетеня».

Список использованной литературы

Антонова, В.П. Фонд нерестово-выростных угодий семги в бассейне реки Печоры / В.П. Антонова // Вопросы лососевого хозяйства на Европейском Севере / Карел. фил. АН СССР, Ин-т биологии. – Петрозаводск, 1987. – С. 52-61.

Антонова, В.П. Пути управления запасом атлантического лосося реки Печора / В.П. Антонова, И.И. Студенов // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: тез. докл. 3 (XXVI) междунар. конф. (Сыктывкар, 11-15 февраля 2003 г.). – Сыктывкар, 2003. – С. 7-8.

Антонова, В.П. Состояние естественного воспроизводства и причины сокращения численности печорской семги / В.П. Антонова, Н.А. Чуксина // Материалы совещания по атлантическому лососю (25-27 марта 1986 г.) / Министерство рыбного хозяйства СССР, Ихтиологическая комиссия. – М., 1987. – С. 72-79.

В ученом совете ПИНРО // Научно-технический бюллетень ПИНРО. – 1959. – № 2 (10). – С. 54.

Королев, В.В. Рыбы // Земля девственных лесов / В.В. Королев. – Сыктывкар, 2000. – С. 95-100.

Летовальцева, В.И. Результаты мечения семги на Печоре в 1960-1964 гг. / В.И. Летовальцева // Изв. Коми филиала Всесоюз. географ. о-ва. – Сыктывкар, 1967. – Т. 2, вып. 1(11). – С. 142-146.

Мартынов, В.Г. Семга уральских притоков Печоры (экология, морфология, воспроизводство) / В.Г. Мартынов; Ин-т биологии Коми фил. АН СССР. – Л.: Наука, 1983. – 127 с.

Мартынов, В.Г. Атлантический лосось (*Salmo salar* L.) на Севере России / В.Г. Мартынов; Ин-т биол. Коми науч. центра. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 414 с.

Мартынов, В.Г. Оценка незаконного вылова семги в бассейне реки Печора по результатам анкетного опроса / В.Г. Мартынов, А.Б. Захаров // Тезисы докладом симпозиума по атлантическому лососю. – Сыктывкар, 1990. – С. 28.

Мартынов, В.Г. Мониторинг популяций атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в Печоро-Илычском заповеднике / В.Г. Мартынов, В.Н. Кудрявцев // Тр. Печоро-Илычского заповедника. – 2010. – Вып. 18. – С. 107-112.

Новиков, П.И. Динамика уловов семги по Советскому Союзу / П.И. Новиков // Известия ВНИОРХ. – 1959. – Т. 48. – С. 7-10.

ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ ОХОТСКОГО МОРЯ

В.И. Матвеев

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток

Существующие оценки первичной продукции Охотского моря (Иваненков, 1985; Сорокин, 1997; Шунтов, 2001; Nishimura, 1983) позволяют иметь достаточно полное, но лишь общее представление о продукционных возможностях моря. Такая ситуация обусловлена тем, что оценки первичной продукции были основаны на материалах отдельных экспедиций (Аржанова, Зубаревич, 1997; Налетова, Сапожников, Метревели, 1997) или на среднесезонных данных (Матвеев, 1998). Оценка величины первичной продукции для различных по термическим условиям вод годы была определена только для глубоководной части моря (Матвеев, Тихомирова, Лучин, 2015). Особенности продукционных процессов шельфовой зоны ранее не рассматривались.

Цель настоящей работы – выявление региональных особенностей гидрохимических условий и межгодовых различий продукционного процесса шельфовой зоны в различные по термическим условиям годы.

Материалами для работы послужили данные экспедиций ТИНРО за 2008-2016 гг. Всего за период исследований в районе западной Камчатки и северного шельфа было выполнено 1258 гидрохимических станций. Работы в шельфовой зоне западной Камчатки проводились в апреле, на северо-охотоморском шельфе – в мае и районе восточного Сахалина – в июне.

Характер процесса первичного продуцирования зависит от освещенности, положения компенсационной поверхности, вертикальной мощности верхнего квазиоднородного слоя (ВКС), величины продукционного отношения, стартового запаса биогенных веществ, который формируется к началу вегетационного периода. Изначальный прирост клеток фитопланктона может осуществляться лишь тогда, когда перечисленные составляющие продукционного процесса соответствуют его стартовым условиям, а интенсивный прирост – когда они соответствуют его оптимуму (Кушинг, 1979; Раймонт, 1983).

Гидрохимическая структура вод западно-камчатского и северо-охотоморского шельфа существенно не отличается. В период вегетации структура биогенных веществ принципиально не изменяется – изменяются (и довольно заметно) их концентрации. Резкие изменения, имеющие сезонный характер, могут наблюдаться в вертикальной структуре растворенного кис-

лорода, которая вследствие образования слоя подповерхностного максимума, характеризуется немонотонным изменением его содержания. Особенности гидрохимических структур западно-камчатской и северной частей шельфа моря хорошо прослеживаются в пространственном распределении гидрологических и гидрохимических характеристик.

Западно-камчатский шельф. Формирование гидрохимических условий Западно-Камчатского региона тесно связано со сложной динамикой вод, свойственной этому району. Он находится под влиянием различных по характеристикам вод: Западно-Камчатского течения, которое формируется при поступлении через Курильские проливы глубинных тихоокеанских вод с низким содержанием растворенного кислорода и высоким концентрациями биогенных веществ, интенсивных (особенно в северо-восточной части моря) приливно-отливных течений и выноса биогенных веществ в фотическую зону. Совместное влияние этих факторов в конечном счете определяет и облик гидрохимической структуры шельфовой зоны этого района. Прямое влияние на продукционные процессы оказывают региональные особенности освещенности и характеристик эвфотического слоя, определяющие начало, ход и продолжительность вегетационного периода. Характерными чертами структуры вод западно-камчатского шельфа в апреле является монотонное увеличение с глубиной температуры и солености. При этом происходят столь же монотонное уменьшение абсолютного и относительного содержания растворенного кислорода и увеличение концентраций биогенных элементов. В целом такая структура характерна как для теплых, так и для холодных типов лет, но изменяются (и довольно существенно) значения океанологических характеристик.

В частности, на разрезе по 53° с. ш. в холодном 2010 г. воды с отрицательной температурой распространялись от берега до 152° в.д., а в теплом, 2015 г. – не далее 155° в. д. Следует отметить, что более высокие температуры воды в придонном слое наблюдались в теплые годы. Такая ситуация может быть обусловлена нахождением близко к берегу стрежня Западно-Камчатского течения в теплые годы.

Соотношение запасов биогенных элементов в фотическом слое перед началом вегетационного периода («стартовые» концентрации) позволяет предположить, что запасы кремния и фосфора в районе западной Камчатки практически не могли сдерживать интенсивность весенней вегетации фитопланктона. Так, в 2010 г. «стартовое» соотношение кремния к фосфору изменялось от 10 до 28, в 2015 г. – от 20 до 28.

Вероятно, основным фактором, влияющим на начало и развитие продукционных процессов, является продукционное отношение, представляющее собой отношение мощности верхнего перемешанного слоя к глубине залегания компенсационной поверхности.

В общих чертах формирование оптимальных условий для интенсивного развития фитопланктона в районе западной Камчатки происходит по следующему сценарию. По среднемноголетним данным в январе-марте мощность верхнего перемешанного слоя намного больше толщины эвфотического слоя. По мере прогрева вод и формирования сезонного термоклина продукционное отношение стремится к 1. В районе западной Камчатки такая ситуация наблюдается в конце марта-начале апреля. К июню содержание биогенных элементов близко к уровню, лимитирующему развитие фитопланктона. С мая по сентябрь верхний перемешанный слой находится выше освещенной зоны и для фитопланктона часть биогенных элементов, находящаяся в эвфотической зоне, остается недоступной. В июле мощность перемешанного слоя достигает своего минимума, и слой фотосинтеза превышает верхний перемешанный слой почти в два раза, поэтому почти половина биогенных элементов недоступна для фитопланктона.

В теплые годы раньше происходит прогрев вод, раньше формируется слой скачка плотности и соответственно раньше создаются благоприятные условия для продуцирования. Так, в холодный 2010 г. продукционное отношение в апреле превышало 2,5, и величина первичной продукции в среднем составила 0,36 гСорг/м². В теплый 2015 г. величина первичной продукции в среднем составляла 0,71 гСорг/м², а продукционное отношение было 0,9.

Несправедливо утверждать, что интенсивность продукционных процессов зависит от типа года. Уровень первичного продуцирования значительно отличается в сравнительно одинаковые по термическим условиям годы. Таким образом, на продуктивность шельфовой зоны Западно-Камчатского района большое влияние оказывает комплекс факторов, и в частности продукционное отношение и стартовые соотношения биогенных элементов.

Северо-охотоморский шельф. Гидрохимическая структура северной части моря формируется действием комплекса региональных факторов – течениями, приливно-отливными явлениями, береговым и речным стоками, биохимическими процессами, определяющими поступление и перераспределение биогенных веществ в водной толще.

Вместе с тем, так как работы проводились в мае, начался прогрев поверхностных вод, что, в свою очередь, приводит к образованию сезонного термоклина. Поверхностный слой, сформированный в результате зимнего конвективного перемешивания, разделяется на два – поверхностный прогретый и холодный промежуточный. В холодные годы такие процессы происходят в центральной части шельфа, а в теплые – практически везде. В холодные годы отрицательные температуры встречались практически от поверхности до дна, за исключением локальных зон, где температура воды на поверхности была выше 0°. В теплом 2015 г. у дна температура была выше 1° повсеместно.

Соотношение запасов биогенных элементов в фотическом слое перед началом вегетационного периода («стартовые» концентрации) позволяет предположить, что запасы кремния и фосфора в районе северо-охотоморского шельфа практически не могли сдерживать интенсивность весенней вегетации фитопланктона. При этом наиболее благоприятные условия для развития диатомовых водорослей по соотношению запасов биогенных элементов отмечались в холодные годы.

Результаты расчетов первичной продукции для относительно холодных и теплых лет показали, что существенных различий на северо-охотоморском шельфе не наблюдается. Так, в 2010 г. средняя величина первичной продукции составила 1,25, а в теплом 2015 г. – 1,34 гСорг/м², однако в 2010 г. развитие фитопланктона имело «пятнистый» характер, в то время как в 2015 г. поле фитопланктона было сравнительно однородным.

Сравнительный анализ гидрохимических условий шельфовой зоны Охотского моря в годы различного термического типа позволил выявить заметные различия в распределении и величинах концентраций гидрохимических характеристик. Однонаправленно и определенно эти изменения прослеживаются в распределении температуры, солености, растворенного и менее отчетливо – по биогенным элементам. По кислороду многолетние различия отчетливо проявляются в изменениях величин относительного содержания, что видно во всем слое. Вероятно, именно это можно рассматривать как одно из устойчивых проявлений межгодовых различий. Основные же различия в распределении биогенных веществ в различные типы лет заключаются в более сложной структуре поля в «холодный» год. Межгодовые различия в концентрациях биогенных элементов не так отчетливы.

В апреле наиболее благоприятные условия для развития фитопланктона создаются у побережья Камчатки в районе 53-54° с. ш.

Для северного шельфа величины первичной продукции в различные по термическим условиям годы сильно не отличаются. Происходит лишь перераспределение очагов формирования зон повышенной продуктивности.

В теплые годы «поставщиком» биогенных элементов на северный шельф в эвфотический слой является банка Кашеварова, на восточной периферии которой начинается интенсивное цветение фитопланктона. В холодные годы фотосинтез начинается в восточной части шельфа – на границе с заливом Шелихова.

Одним из основных факторов, определяющих начало и последующее развитие продукционного процесса, следует считать освещенность. На продуктивность шельфовой зоны большое влияние оказывают продукционное отношение и стартовые соотношения биогенных элементов. Толщина перемешанного слоя зависит от многих факторов – ветра, притока солнечной радиации, интенсивности таяния льда и других.

Список использованной литературы

Аржанова, Н.В. Сезонные изменения биогенных элементов в Охотском море как основа для оценки продукции фитопланктона / Н.В. Аржанова, В.Л. Зубаревич // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. – М.: Изд-во ВНИРО, 1997. – С. 92-97.

Иваненков, В.Н. Продукция кислорода и углерода при фотосинтезе в Охотском море / В.Н. Иваненков, И.В. Землянов // Известия ТИНРО. – 1985. – Т. 110. – С. 151-152.

Матвеев, В.И. К вопросу оценки величины первичной продукции Охотского моря / В.И. Матвеев // Северо-восток России: проблемы экономики и народонаселения: тез. докл. регион. науч. конф. «Северо-восток России: прошлое, настоящее, будущее» (г. Магадан, 31 марта-2 апр. 1998 г.). – Магадан, 1998. – С. 69-70.

Матвеев, В.И. Первичная продукция Охотского моря в годы с различными термическими условиями / В.И. Матвеев, Е.А. Тихомирова, В.А. Лучин // Биология моря. – 2015. – Т. 41, № 3. С. 179-187.

Кушинг, О.Х. Морская экология и рыболовство / О.Х. Кушинг. – М.: Пищевая пром-сть, 1979. – 279 с.

Раймонт, Дж. Планктон и продуктивность океана. Т. 1. Фитопланктон / Дж. Раймонт; пер. с англ. В.И. Ведерникова, В.В. Сапожникова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 567 с.

Сорокин, Ю.И. Первичная продукция в Охотском море / Ю.И. Сорокин // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. – М.: Изд-во ВНИРО, 1997. – С. 103-110.

Шунтов, В.П. Биология дальневосточных морей России: в трех томах. Т. 1. / В.П. Шунтов; ТИНРО-центр. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. – 580 с.

Налетова, И.А. Особенности распределения первичной продукции в летний период и оценка суммарной продукции в Охотском море / И.А. Налетова, В.В. Сапожников, М.П. Метревели // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. – М.: Изд-во ВНИРО, 1997. – С. 98-103.

Nishimura, S. Okhotsk Sea, Japan Sea, East China Sea / S. Nishimura // Ecosystems of the World: Estuaries and enclosed seas. Amsterdam; New York: Elsevier, 1983. – Vol. 26. – P. 375-401.

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ГОЛОЦЕНА В ЖЕЛОБЕ ВОРОНИНА КАРСКОГО МОРЯ

**А.Г. Матуль¹, Е.А. Новичкова¹, Л.А. Киреенко¹,
С.А. Корсун¹, М.Д. Кравчишина¹, В. Рахаман²**

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН), г. Москва

²Национальный центр полярных и океанских исследований,
г. Васко-да-Гама

Изучение природных систем арктических морей направлено на понимание проблемы Arctic Amplification – сильного увеличения амплитуды климатических изменений в Арктике по сравнению с другими областями океана и суши (Budyko, 1969). В арктических морях у СЗ Евразии происходит активное взаимодействие трансформированной североатлантической и местных бассейновых/речных водных масс. Получение новых данных о ходе этого взаимодействия и его влиянии на региональные экологические и седиментационные системы в недавнем геологическом прошлом – цель данной работы. В наши задачи входил комплексный анализ осадочного разреза колонки АМК-5240 из желоба Воронина, одного из мало изученных районов Карского моря: определение CaCO_3 , $\text{C}_{\text{орг}}$, отношения C/N, магнитной восприимчивости, основных гранулометрических фракций (песок, алеврит, пелит), отношения изотопов неодима ϵNd , концентрации диноцист и бентосных фораминифер и их характерных видов (*Cassidulina teretis* как индикатор атлантической воды).

Колонка АМК-5240 получена в 63-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» в 2015 г. и расположена во внутренней части желоба Воронина (79°15,4' с.ш. и 87°37,4' в.д.), глубина моря 290 м, длина разреза 4,17 м. Осадки представлены преимущественно пелитовым илом, в самой нижней части с примесью алеврита и песка, там же – от «забоя» колонки до уровня 3,5 м осадок темно-серый с редкими черными стяжениями гидротроилита. Выше по разрезу он приобретает более светлую окраску, и такой цвет характерен почти для всей толщи в интервале от 3,5 до 0,5 м; здесь обнаруживаются многочисленные черные стяжения гидротроилита. В верхней части разреза основной цвет осадка меняется на коричневый, при этом прослеживается полосчатость, имеются серые интервалы и уплотненные прослои темно-коричневого цвета.

Возраст изучаемого разреза осадков определяли двумя методами: первый – радиоуглеродный анализ. Раковин фораминифер было недостаточно, поэтому из осадков отбирали остатки карбонатных макрофоссилий (двустворчатые моллюски *Bivalvia*), всего сделали 5 AMS

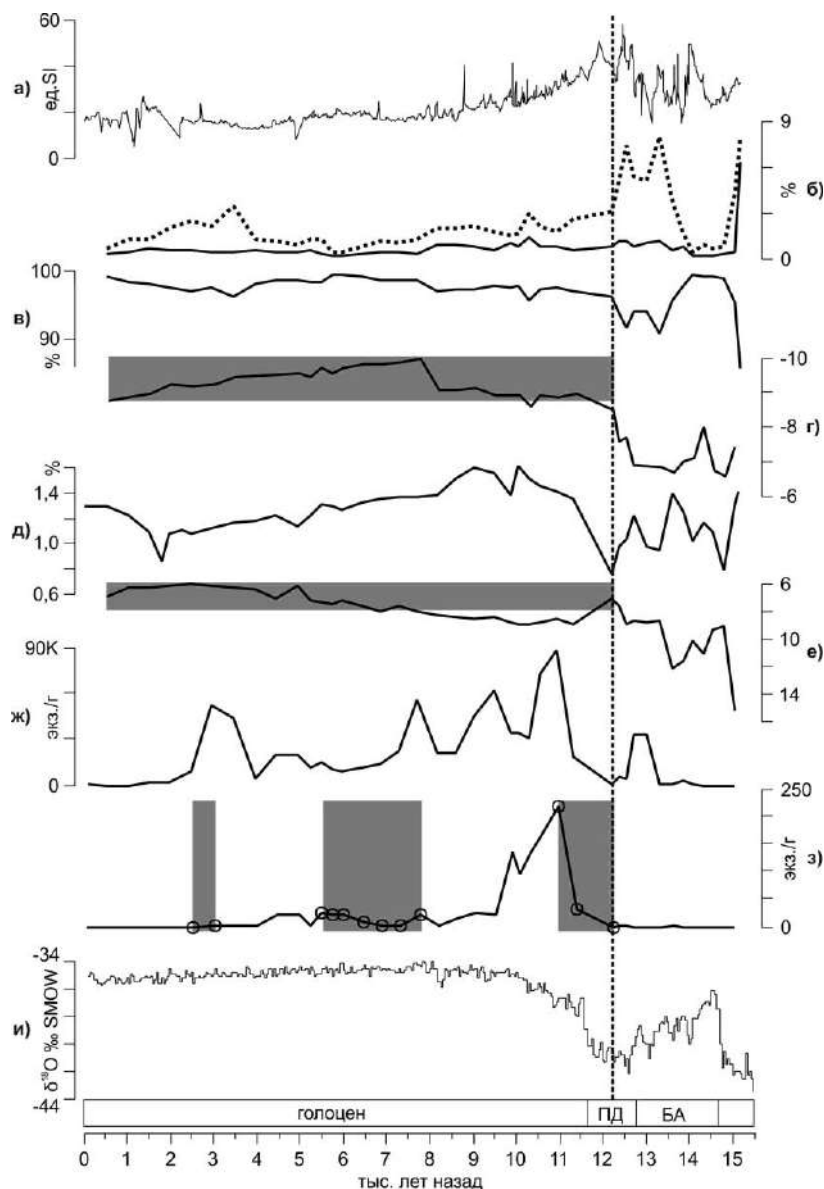
определений возраста по ^{14}C в радиоуглеродной лаборатории (г. Познань, Польша). Радиоуглеродный возраст пересчитан в календарный с помощью компьютерной онлайн программы CALIB 8.2. Второй метод определения возраста осадков данной колонки – визуальная корреляция пиков значений магнитной восприимчивости и $S_{\text{орг}}$, измеренных в колонке АМК-5240, с аналогичными данными о соседней колонке PS2792-5 (Accumulation of particulate..., 2001). Он использован для нижней части колонки АМК-5240 в интервале 2,7-4,17 м, где нет радиоуглеродных датировок (отсутствует достаточное количество материала для датирования), но обнаруживаются значительные изменения палеопараметров, видимо, связанные с резким палеоклиматическим переходом от позднего плейстоцена к голоцену. Для колонки PS2792-5 радиоуглеродные датировки этого палеоклиматического интервала есть. Следует отметить, что второй метод (по корреляции с датированными данными) может иметь существенную погрешность по сравнению с первым (по радиоуглеродным датировкам) возрастной модели. По предлагаемой возрастной модели колонка АМК-5240 охватывает последние 15 тыс. лет, включая окончание самого крайнего оледенения, резкое дегляциальное потепление в хронозонах бёллинг и аллерёд (БА), похолодание в хронозоне поздний дриас (ПД) и голоцен как нынешнее межледниковье.

Содержание CaCO_3 низкое и маловыразительное по всему разрезу: фоновые значения большей частью не превышают 2 % с единичными максимумами до 7 %. По другим литологическим, изотопно-геохимическим и микропалеонтологическим данным, предположительно выделяется два этапа развития палеосреды: 15,0-12,2 тыс. лет назад и от 12,2 тыс. лет назад до настоящего времени.

По нашему мнению, 15,0-12,2 тыс. лет назад высокая магнитная восприимчивость, моменты резкого роста содержания алеврита и песка, низкие значения ϵNd (присущие континентальному веществу на прилегающей суше), отсутствие или очень низкие концентрации морских микрофоссилий, повышенные величины C/N свидетельствуют о процессах окончания ледникового похолодания в регионе. Осадконакопление и экосистемы были очень нестабильны, влияние морских водных масс вряд ли можно подтвердить.

Резкий переход к другим условиям палеосреды произошел 12,2 тыс. лет назад в пределах холодной хронозоны ПД. Поступление крупнозернистого терригенного материала значительно снизилось: алеврит перестал быть основным компонентом осадка, магнитная восприимчивость начала уменьшаться, поэтому сократился и вынос минерального вещества с суши в желоб Воронина. Планктоногенный материал оказался ведущим в накоплении органического вещества, так как отношение C/N уменьшилось

до 8-6. Морские водные массы мощно влияли на местные природные системы, судя по снижению ϵNd до значений $-9...-10$, присущих современным водным массам на севере арктических морей вдали от берега (Lacan, Tachikawa, Jeandel 2012).



Распределение литологических, изотопно-геохимических и микропалеонтологических параметров в колонке АМК-5240: а – магнитная восприимчивость; б – массовое содержание песка (сплошная линия) и алеврита (пунктирная линия); в – массовое содержание пелита; г – величина ϵNd (горизонтальная серая полоса – значения, близкие к современным, в воде на севере Карского моря; д – массовое содержание C_{org} ; е – отношение C/N (горизонтальная серая полоса – значения, характерные для планктонного органического вещества); ж – абсолютная концентрация диноцист; з – абсолютная концентрация бентосных фораминифер (кружки и вертикальные серые полосы – интервалы обнаружения вида *Cassidulina teretis*; и – изотопно-кислородная кривая по ледовой колонке NGRIP (North Greenland Ice..., 2004) как стандартный архив палеоклимата. Вертикальная штриховая линия разделяет два палеогеографических этапа

С уровня 12,2 тыс. лет назад в комплексах бентосных фораминифер появляется вид *Cassidulina teretis*, который считается надежным индикатором влияния атлантической воды на придонные условия арктических морей. Интервалы присутствия *Cassidulina teretis* относятся к раннему (12,2-11,0 тыс. лет назад), среднему (между 8,0 и 5,5 тыс. лет назад) и позднему (около 3 тыс. лет назад) голоценам перед началом неогляциации. Послеледниковое восстановление продуктивных морских систем в желобе Воронина было максимальным в раннем голоцене между 11 и 9 тыс. лет назад, когда в осадках накапливались максимальное количество $C_{орг}$, диноцист и бентосных фораминифер. В последние 2,5 тыс. лет признаки неогляциального похолодания как неблагоприятного фактора для развития биоты можно отметить в основном по исчезновению или резкому уменьшению концентрации микрофоссилий, но преобладание морских условий не прекращалось.

Работа выполнена по гранту РНФ №21-17-00235 с дополнительной поддержкой по теме государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № FMWE-2021-0006 (отбор колонки и первичный лабораторный анализ).

Список использованной литературы

Accumulation of particulate organic carbon at the Eurasian continental margin during late Quaternary times: controlling mechanisms and paleoenvironmental significance / R. Stein, B. Boucsein, K. Fahl [et al.] // *Global and Planetary Change*. – 2001. – Vol. 31. – P. 87-104.

Budyko, M. I. The effect of solar radiation variations on the climate of the Earth / M. I. Budyko // *Tellus*. –1969. –Vol. 21, № 5. – P. 611-619.

Lacan, F. Neodymium isotopic composition of the oceans: A compilation of seawater data / F. Lacan, K. Tachikawa, C. Jeandel // *Chemical Geology*. – 2012. – Vol. 300-301. – P. 177-184.

North Greenland Ice Core Project members. High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period / North Greenland Ice Core Project members // *Nature*. – 2004. –Vol. 431. – P. 147-151.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АНЧОУСОВИДНОЙ КИЛЬКИ В КАСПИЙСКОМ МОРЕ

А.В. Махлун, М.Е. Перунова, Н.В. Козлова
Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«КаспНИРХ»), г. Астрахань

Анчоусовидная килька (*Clupeonella engrauliformis* Borodin, 1904) – эндемичный пелагический вид семейства сельдевых рода килек Каспийского моря, обитающий в Южном и Среднем Каспии. Никогда не встречается в районах моря с соленостью ниже 8 (Казанчеев, 1981). Порционный тип икротетания позволяет анчоусовидной кильке нереститься в течение почти всего года – с мая по декабрь. С мая по июль в Среднем Каспии в размножении участвует около 20 % популяции. Основная часть популяции (80 %) размножается в Южном и Среднем (юго-восточная часть) Каспии с октября по декабрь (Парицкий, 1983). Анчоусовидная килька играет важную роль в экосистеме Каспийского моря, являясь основой кормовой базы осетровых, сельдей и других хищных рыб, тюленей (Казанчеев, 1981).

Цель настоящего исследования – изучение физиологического состояния анчоусовидной кильки в Каспийском море.

В работе авторами обобщен материал наблюдений с 2019 по 2021 г., собранный по результатам килечных съемок в Среднем Каспии. Сбор материала проводили в летне-осенний периоды по всей акватории Среднего Каспия в соответствии с общепринятыми инструкциями (Судаков, 2011). Особей измеряли, взвешивали (Правдин, 1966). Концентрации общих липидов в мышцах анчоусовидной кильки исследовали модифицированным методом с фосфорно-ванилиновым реактивом по Цольнеру-Киршу (Кондрахин, 2004), водорастворимого белка – методом Варбурга и Христиана (Детлаф, Бродский, Гаузе, 1974) с использованием спектрофотометра «Shimadzu» – UV-3600. Состояние воспроизводительной системы рыб исследовали методами классической гистологии (Микодина, Седова, Чмилевский, 2009) с окраской кислым фуксином и докраской по Маллори. Микроскопирование гистологических препаратов проводили с помощью микроскопа «Olympus VX40». Для проявки микрофотографий использовали видеоокуляр TourCam 5.1 MP. При исследовании гонад применяли авторское обозначение из трудов Л.С. Овен, принятое для стадий зрелости для морских рыб (Овен, 1976). Статистическую обработку информации проводили методами,

описанными у А. П. Бавриной (2020, 2021). Виды распределения данных определяли с помощью критерия Шапиро-Уилка; выборки по биохимическим показателям сравнивали по методу Краскела-Уоллеса.

Масса анчоусовидной кильки за период исследований составила в среднем: в 2019 г. – 12,6 г (5,5-16,5 г), 2020 г. – 13,5 г (5,9-18,1 г), 2021 г. – 13,3 г (8,4-18,1 г). Длина рыб была в среднем: в 2019 г. – 11,2 см (8,7-13 см), 2020 г. – 11,5 см (8-14 см), 2021 г. – 11,5 см (9,7-12,7 см).

Анализ результатов исследования содержания общих липидов и водорастворимого белка в мышцах анчоусовидной кильки выявил несимметричное распределение содержания. По причине отсутствия «нормального» распределения биохимических величин был проведен квантильный анализ, рассчитаны минимальное (Min) и максимальные (Max) значения.

В 2019 г. у анчоусовидной кильки концентрация общих липидов в мышцах варьировала в диапазоне от 1,04 до 2,28 % (рис. 1).

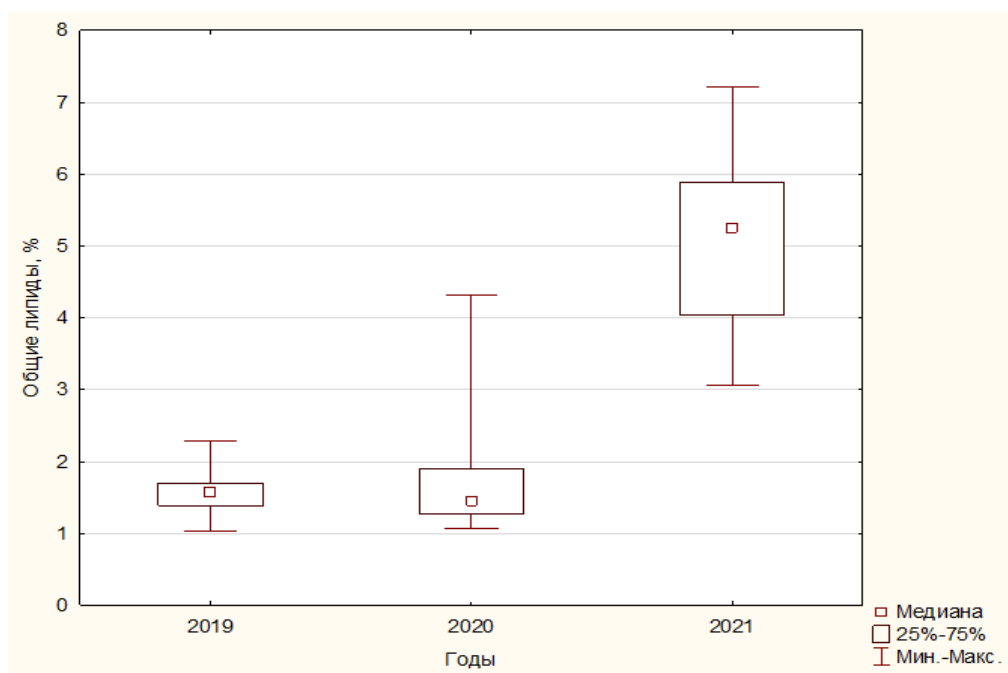


Рис. 1. Содержание (%) общих липидов в мышцах анчоусовидной кильки в Каспийском море в 2019-2021 гг.

Результаты квантильного анализа определяют средние величины общих мышечных липидов на уровне 1,14-1,84 %, медиана показателя – 1,57 %. В 2020 г. медиана энергетического субстрата составила 1,45 % при диапазоне средних величин 1,16-1,89 %. Размах вариации общих липидов находился в диапазоне 1,07-4,31 %. В 2021 г. в мышечной ткани анчоусовидной кильки была отмечена концентрация липидов в среднем

диапазоне 1,03-5,88 %, медиана равнялась 5,24 %, вариабельность биохимического показателя составила 3,07-7,2 %.

Отмечено увеличение содержания мышечных липидов в 2021 г. относительно 2019 и 2020 гг. более чем в 3,0 раза ($p < 0,05$).

По литературным данным (Парицкий, Разинков, Мухамедова, 2019), среднее содержание резервного и энергетического субстрата в мышцах анчоусовидной кильки в Среднем Каспии в 2013-2018 гг. составляло 2,23-2,56 %.

Результаты изучения другого энергетического и пластического субстрата организма килек, а именно – мышечного водорастворимого белка, представлены на рис. 2. В межгодовом аспекте отмечены медианы показателя – 81,36; 79,5 и 77,19 мг/г в 2019, 2020 и 2021 гг. соответственно. Средний диапазон (25-75 промилле) и вариабельность снижаются в межгодовом аспекте на уровне недостоверной тенденции ($p > 0,05$).

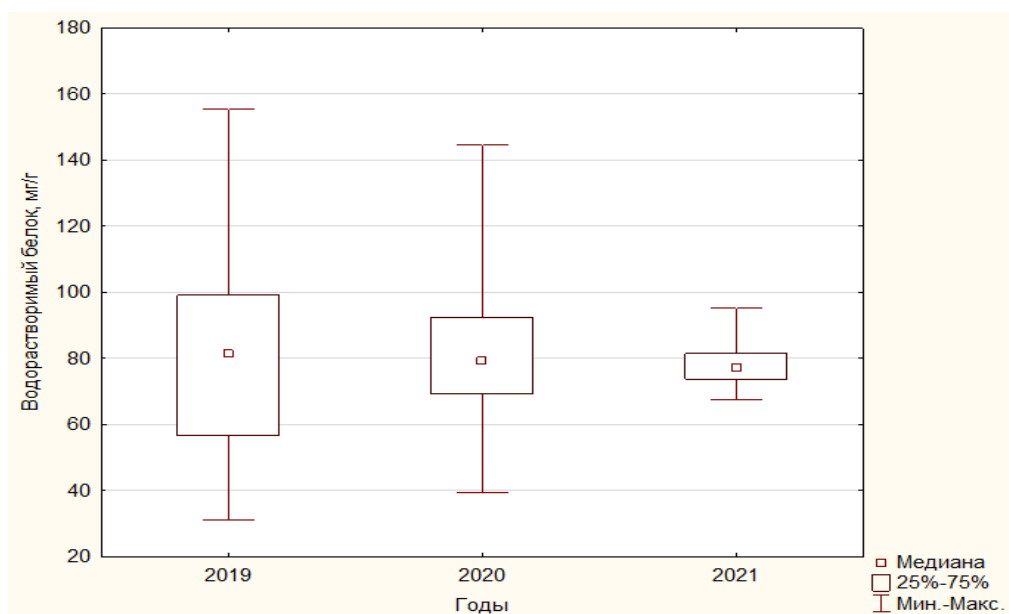
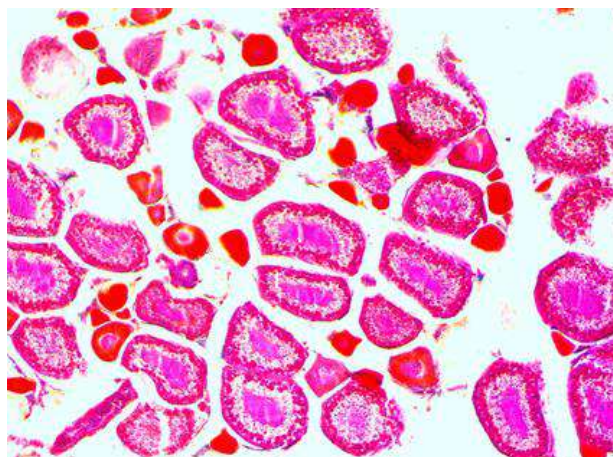


Рис. 2. Содержание (%) водорастворимого белка в мышцах анчоусовидной кильки в Каспийском море в 2019-2021 гг.

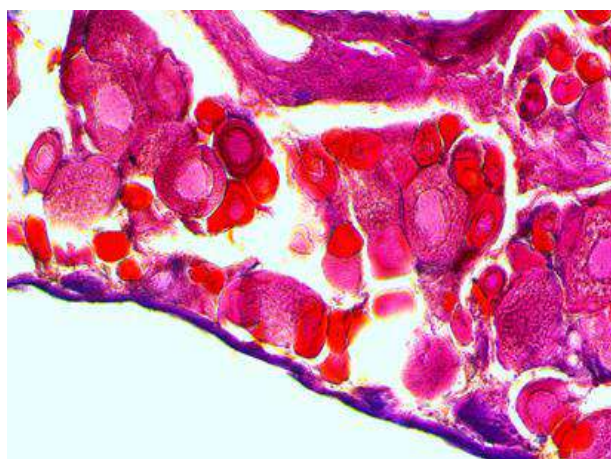
Полученные нами результаты по содержанию водорастворимого белка согласуются с данными литературы (Рыбохозяйственные исследования на..., 2003; Парицкий, Разинков, Мухамедова, 2019).

Проведенный гистологический анализ гонад самок анчоусовидной кильки показал, что в летний-осенний период 2019-2021 гг. преобладали особи в состоянии трофоплазматического роста ооцитов (II-III СЗГ %; III СЗГ; III-IV, IV СЗГ) (рис. 3).



**Рис. 3. Яичники анчоусовидной кильки IV СЗГ;
увеличение 22х10**

Гистоморфологическая картина выявленных изменений характеризовалась в большинстве случаев изменением толщины и разрушением оболочки ооцитов, что соответствовало начальным этапам резорбции (рис. 4).



**Рис. 4. Резорбция ооцитов в яичнике анчоусовидной кильки VI СЗГ;
увеличение 22х10**

За исследованный период зарегистрированы следующие значения показателя средней доли резорбирующих ооцитов: 18,0 % – в 2019, 23 % – в 2020, 25 % – в 2021 г. По литературным данным (Гаджимурадов, Шихшабеков, 2012), резорбция ооцитов – механизм адаптации, позволяющий рыбам переносить неблагоприятные условия без утраты способности к размножению.

Проведенный анализ физиологического состояния анчоусовидной кильки с акватории средней части Каспийского моря за изученный период выявил увеличение в 2021 г. содержания основных резервных

энергетических биохимических субстратов организма (общих липидов в мышцах кильки) по сравнению с прошлыми годами, что связано с увеличением кормовой базы. У рыб концентрация водорастворимого мышечного белка хранила стабильность на протяжении всего периода исследований. Выявленные уровни резорбирующих ооцитов у самок являлись адаптационным механизмом к изменяющимся условиям окружающей среды.

Список использованной литературы

Баврина, А.П. Современные правила использования методов описательной статистики в медико-биологических исследованиях / А.П. Баврина // В помощь исследователю. – 2020. – № 2 (63) – С. 95-104.

Баврина, А.П. Современные правила применения параметрических и непараметрических критериев в статистическом анализе медико-биологических данных / А.П. Баврина // В помощь исследователю. – 2021. – № 1 (66) – С. 64-73.

Гаджимурадов, Г.Ш. Функциональные основы размножения рыб Аграханского залива / Г.Ш. Гаджимурадов, М.М. Шихшабеков // Проблемы развития АПК региона. – 2012. – № 2 (10). – С. 52-57.

Гераскин, П.П. Физиологическое состояние осетровых и килек в условиях воздействия антропогенных факторов / П.П. Гераскин, Г.Ф. Металлов, Г.К. Шелухин и др. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Результаты НИР КаспНИРХ за 2002 г. – Астрахань: КаспНИРХ, 2003. – С. 466-479.

Детлаф, Т.А. Методы биологии развития. Экспериментально-эмбриологические, молекулярно-биологические и цитологические / Т.А. Детлаф, В.Я. Бродский, Г.Г. Гаузе. – М.: Наука, 1974. – 619 с.

Казанчеев, Е.Н. Рыбы Каспийского моря (определитель) / Е.Н. Казанчеев. – М.: Легкая промышленность, 1981. – 168 с.

Кондрахин, И.П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник / И.П. Кондрахин. – М.: Колос-С, 2004. – 520 с.

Микодина, Е.В. Гистология для ихтиологов. Опыт и советы / Е.В. Микодина, М.А. Седова, Д.А. Чмилевский. – М.: ВНИРО, 2009. – 112 с.

Овен, Л. С. Специфика развития половых клеток морских рыб в период размножения как показатель типа нереста и реакции на условия среды обитания / Л. С. Овен ; Федер. агентство по рыболовству, Федер. гос. унитар. предприятие «Всерос. НИИ рыбного хоз-ва и океанографии». – М. : Издательство ВНИРО, 2004. – 186 с.

Парицкий, Ю.А. Размножение, развитие и формирование численности поколений анчоусовидной кильки: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Ю. А. Парицкий. – М., 1983. – 20 с.

Парицкий, Ю.А. Современные условия формирования запаса анчоусовидной кильки в Каспийском море / Ю.А. Парицкий, В.П. Разинков, Р.М. Мухамедова // Современная наука: перспективы, достижения и инновации: сб. материалов конф. – Астрахань.: АГУ, 2019. – С. 55-61.

Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 374 с.

Судаков, Г.А. Инструкции по сбору и первичной обработке материалов водных биоресурсов Каспийского бассейна и среды их обитания / Г.А. Судаков. – Астрахань: КаспНИРХ, 2011. – 193 с.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ МАЛЫХ ВОДОЕМОВ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «г. СЕВЕРОДВИНСК»

Е.В. Медведева, Н.Г. Отченаш, И.И. Студенов
Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

Настоящее исследование посвящено изучению биоразнообразия планктонных сообществ водоемов двух типов и их экологическому состоянию. Малые водоемы отличаются меньшей изученностью, однако представляют собой динамичную и сложную систему (Руководство по гидробиологическому..., 1992).

Информация о планктонных сообществах континентальных водоемов обладает общебиологической значимостью и важностью для понимания специфики функционирования водных экосистем. Полученные в работе сведения о видовом разнообразии и функциональных характеристиках сообществ фито- и зоопланктона содействуют решению одной из главных задач современной водной экологии – формированию концепции здорового функционирования водных экосистем (Безматерных, 2009).

Цель данной работы – осуществить сравнение видового состава фито- и зоопланктонных сообществ водоемов разного типа, а также установить численные показатели, оценить видовое разнообразие и дать провизорную оценку степени загрязнения, определив сапробность (комплекс физиолого-биохимических свойств организма, характеризующий способность обитать в воде, содержащей органические поллютанты) по видам-индикаторам.

Отбор проб проводился 13 июля 2021 г. в двух близкорасположенных малых водоемах, находящихся на побережье Двинского залива Белого моря, в районе устья р. Солза (МО «г. Северодвинск»; рис.1). Один из них имеет сообщение с заливом, обладая повышенной соленостью. Площадь пресного – 899600 м², солоноводного – 579 тыс. м², максимальная глубина достигает 5 м. Всего было отобрано по 3 пробы фитопланктона и зоопланктона с каждого водохранилища.

Пробы фитопланктона отбирались с поверхностного горизонта пластиковыми пробоотборниками объемом 1 л. Полученные образцы фиксировались 40 %-ным формалином с последующей камеральной обработкой, проводившейся согласно стандартным методам (Федоров, 1979). Таксономены приводятся по книге-определителю биоразнообразия (Голлербах, Косинская, Полянский, 2010) и справочной онлайн-базе данных о водных организмах (World Register of..., 2022).

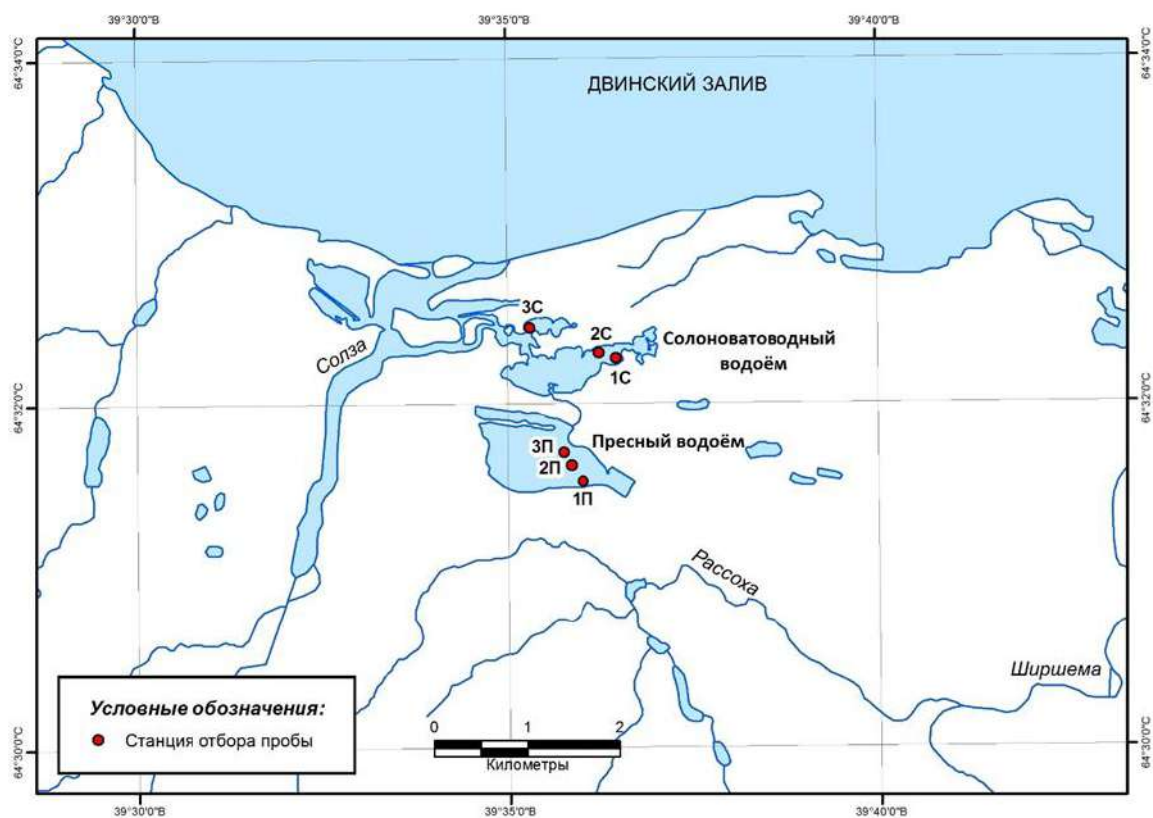


Рис. 1. Карта-схема отбора проб на малых водоемах в июле 2021 г. (МО «г. Северодвинск»)

Пробы зоопланктона отбирались с поверхностного горизонта путем процеживания 100 л воды через планктонную сеть Апштейна, с последующей фиксацией 40 %-ным формалином (Основы экогеологии, биоиндикации..., 1992). Для установления видовой принадлежности зоопланктона использованы соответствующие определители (Мануйлова, 1964; Зоопланктон, 2010; World Register of..., 2022).

Проведен анализ количественных показателей (численность, биомасса) систематических групп фитопланктона. Для оценки биоразнообразия сообществ применялся индекс Шеннона, рассчитанный по численности и биомассе. Для сравнения степени видового сходства биоценозов взят индекс Серенсена-Чекановского. Для определения уровня загрязненности выбран индекс сапробности по методу Пантле-Букка в модификации Сладечека (Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2005). Все этапы статистической обработки данных и построение графических таблиц выполнены с использованием программы MS Excel.

Ниже приведены результаты исследования фитопланктона.

Рассмотренные водоемы отличаются существенным разнообразием видов. В июле 2021 г. в пресноводном был найден 71 вид микроводорослей из 6 систематических групп: Bacillariophyta – 41 вид (57,7 %), Chlorophyta –

17 (23,9 %), Cyanophyta – 6 (8,4 %), Euglenophyta – 3 (4,2 %) Chrysophyta и Dinophyta – по 2 (по 2,9 %). В солоноводном водоеме обнаружено 79 видов, принадлежащих к 6 систематическим группам: Bacillariophyta – 45 видов (56,9 %), Chlorophyta – 17 (21,5 %), Cyanophyta – 8 (10,1 %), Euglenophyta – 3 (3,7 %) Chrysophyta – 2 (2,8 %) и Dinophyta – 4 (5 %). По численности и биомассе в двух водоемах доминировали диатомовые колониальные микроводоросли *Aulacoseira granulata*. Субдоминантами в пресном водоеме выступали *Asterionella formosa* и *Tabellaria fenestrata*, в солоноводном – *Skeletonema costatum*. Количество видов диатомовых и зеленых микроводорослей в процентном выражении от общего числа обнаруженных отделов в пробах в целом характерно для β -мезосапробных водоемов, со слабым органическим загрязнением и богатым видовым составом (Основы экогеологии, биоиндикации..., 2004).

Численность фитопланктона находилась в диапазоне 56,8-218,72 млн колоний на м³, биомасса – в диапазоне 235,36-561,81 мг/м³. Средние значения численности и биомассы фитопланктона в исследуемых водоемах составили 134,4 млн колоний на м³ и 373,89 мг/м³ соответственно. Самые большие показатели были выявлены в пресном водоеме; однако оба по численным показателям соответствуют олиготрофному типу, с невысоким уровнем первичной продукции (Неверова-Дзюпак, 2020).

В рассмотренных пробах значения индекса Шеннона по численности находились в пределах 2,4-2,73, а по биомассе – в пределах от 2,64 до 3,41. Средние значения составили 2,7 и 2,92 соответственно, что предполагает достаточно высокий уровень разнообразия видов и выравненности сообщества фитопланктона. Индекс сапробности по видам-индикаторам фитопланктона на акваториях водоемов изменялся в пределах от 1,56 до 1,83, в среднем составив 1,69, что соответствует β -мезосапробной зоне и III классу качества вод (умеренно загрязненные) (Китаев, 1984). Подробно значения индексов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения индекса Шеннона и индекса сапробности для фитопланктонных сообществ малых водоемов МО «г. Северодвинск» (июль 2021 г.)

Водоем	Точка отбора проб	Индекс		
		Шеннона по численности	Шеннона по биомассе	сапробности
Пресноводный	1	3,15	2,90	1,63
	2	2,68	3,06	1,56
	3	2,40	2,73	1,64
Солоноводный	1	2,73	3,41	1,83
	2	2,67	2,64	1,78
	3	2,60	2,83	1,72

В водоемах, как выявлено, наблюдаются окислительные процессы и перенасыщение кислородом; также для них характерно зацветание воды. Процессы самоочищения протекают медленно.

Индекс Серенсена-Чекановского равен 0,3, что говорит о невысокой степени сходства двух исследованных альгоценозов, несмотря на общность доминирующих видов.

Далее будут рассмотрены результаты исследования зоопланктона.

Видовой состав зоопланктонного сообщества пресного водоема был представлен 24 позициями: Cladocera (ветвистоусые рачки) – 11 видов, Соперода (веслоногие рачки) – 9; Rotifera (коловратки) – 4. Альгоценоз солоноватоводного водоема насчитывал 20 видов: Cladocera (ветвистоусые рачки) – 9, Соперода (веслоногие рачки) – 7; Cirripedia (уконогие рачки) – 1, Rotifera (коловратки) – 3. По количественному и качественному составу солоноватоводный водоем характеризовался как копеподный, со значимым преобладанием морских копепод *Acartia longiremis*. Средние значения общих численности и биомассы – 23,04 тыс. экз./м³ и 420,22 мг/м³ соответственно. Пресный водоем определен как кладоцерно-копеподный, с существенным доминированием кладоцер *Ceriodaphnia reticulata* и *Bosmina longirostris*; средние значения общих численности и биомассы – 25,95 тыс. экз./м³ и 392,63 мг/м³ соответственно. По уровню биомассы водоемы олиготрофны и малокормны для рыб-планктофагов (Пидгайко, Александров, Иоффе, 1968; Неверова-Дзиопак, 2020). Индекс сапробности по зоопланктонным видам-индикаторам (табл. 2) составлял в среднем 2,05 для малого водоема с повышенной соленостью и 2,46 для пресного соответственно, что позволяет классифицировать их как β-мезосапробные, III класс качества вод (слабо загрязненные) (Китаев, 1984). Индекс сходства Серенсена-Чекановского исследованных водоемов составил 0,5, что говорит о значительном сходстве их зоопланктонных сообществ. Значения индекса Шеннона по численности и биомассе были в два раза выше для пресноводного сообщества, чем для солоноватоводного: 3,15 и 2,97 в первом случае, 1,74 и 1,28 – во втором.

Таблица 2

Значения индекса Шеннона и индекса сапробности для зоопланктонных сообществ малых водоемов МО «г. Северодвинск» (июль 2021 г.)

Водоем	Точка отбора проб	Индекс		
		Шеннона по численности	Шеннона по биомассе	сапробности
Пресноводный	1	2,64	2,57	2,45
	2	3,31	2,97	2,24
	3	3,50	3,36	2,71
Солоноводный	1	1,95	1,47	2,01
	2	0,57	0,27	1,98
	3	2,70	2,09	2,16

Из полученных данных следует, что фитопланктонные сообщества рассмотренных водоемов в июле 2021 г. включали в себя диатомовые и зеленые микроводоросли. Высокие значения биомассы, численности и индекса Шеннона указывают на существенное разнообразие фитопланктона и благополучное состояние в рассмотренных пробах. Полученные данные (индекс сапробности, процентное соотношение отделов) характеризуют малые водоемы МО «г. Северодвинск» как олиготрофные с умеренным загрязнением.

Зоопланктонные сообщества исследованных водоемов характеризовал видовой состав значительного сходства (индекс Серенсена – 0,5). При этом значения индексов Шеннона были значительно выше для пресноводного водоема, что говорит о большем видовом разнообразии, сложности структуры и устойчивости к условиям среды пресноводного сообщества.

Оба водоема по уровню биомассы зоопланктона классифицировались как олиготрофные, малокормные для рыб-планктофагов. Сапробиологическое состояние исследованных объектов соответствовало β -мезосапробной зоне или III классу качества вод (умеренно загрязненные).

Список использованной литературы

Безматерных, Д.М. Водные экосистемы: состав, структура, функционирование и использование: учебное пособие / Д.М. Безматерных; ФГОУ ВПО Алтайский государственный аграрный университет. – Барнаул: Издательство Алтайского государственного университета, 2009. – С. 67-74.

Голлербах, М.М. Определитель пресноводных водорослей СССР / М.М. Голлербах, Е.К. Косинская, В.И. Полянский. – М.: Советская наука, 1953. – Вып. 2. – 652 с.

Зоопланктон / Под. ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 495 с.

Китаев, С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон / С.П. Китаев. – М.: Наука, 1984. – 207 с.

Мануйлова, Е.Ф. Ветвистоусые рачки фауны СССР / Е.Ф. Мануйлова. – М.: Наука, 1964. – 327 с.

Неверова-Дзиопак, Е.В. Оценка трофического состояния поверхностных вод: монография / Е. В. Неверова-Дзиопак; – СПб.: СПбГАСУ, 2020. – 33 с.

Основы экогеологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем / под ред. В.В. Куриленко – СПб.: издательство С.-Петербургского государственного университета, 2004. – 224 с.

Пидгайко, М.Л. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов северо-запада СССР / М.Л. Пидгайко, Б.М. Александров, Ц.И. Иоффе. – Л.: Известия ГосНИОРХ, 1968. – Т. 67 – С. 205-228.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В.А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.

Федоров, В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности / В.Д. Федоров. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 167 с.

Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко / Кн. 2. – М.: Наука, 2005. – 463 с.

World Register of Marine Species (WoRMS): [database] / WoRMS Editorial Board. – URL: <http://www.marinespecies.org> (Accessed 2022-06-10). – Text: Electronic.

ПЕРСПЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ МЕЖВИДОВОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ СИГОВЫХ РЫБ

*Д.К. Митрюшкина, М.Н. Киселева, Т.А. Филатова, О.В. Апаликова
Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга), г. Санкт-Петербург*

Перечень обозначений и сокращений:

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота;

ПЦР – полимеразная цепная реакция;

Праймеры – олигонуклеотиды, фланкирующие амплифицированный участок ДНК;

SCoT-маркеры – ДНК-маркеры, основанные на амплификации последовательностей, содержащих стартовый кодон АТG (кодирующий метионин, или кодон начала трансляции)

Введение

Дифференциация сиговых рыб на сегодняшний день является важным аспектом в генетике рыб. Их близкородственные связи в пределах одного рода определяются высококонсервативными генами и мало дифференцируются стандартными методами молекулярно-генетического анализа. В настоящее время поиск новых маркерных систем – одна из главных задач прикладной молекулярной генетики.

Б.С. Коллард и Д.Дж. Макилл (2009) разработали простой метод для выявления полиморфизма на основе новой системы ДНК-маркеров, а именно полиморфизма нуклеотидной последовательности вблизи стартового кодона (SCoT). Данная система маркеров была создана для исследований внутривидового полиморфизма сельскохозяйственных культур в селекционных целях (Collard, Mackill, 2009). Благодаря включению АТG как одной из частей функционального гена в состав ПЦР-продуктов, генерируемых методом SCoT-маркеров, предполагается существование корреляции между ПЦР-продуктами и функциональными генами, а также соответствующими им признаками (Collard, Mackill, 2009). SCoT-маркеры являются доминантными показателями. Этот метод показал воспроизводимые достоверные результаты в исследованиях, изучающих генетические взаимосвязи видов растений и животных (Analysis of diversity..., 2010; Efficiency of arbitrarily..., 2011; Assessment of the Genetic..., 2018).

Цель данной работы – апробация новой системы генетических маркеров для выявления межвидовой дифференциации некоторых видов сиговых рыб.

Материал и методы

Материалом для апробации ядерных маркеров и оценки внутри- и межвидового полиморфизма у сиговых рыб послужили образцы ДНК сига, пеляди, чира, нельмы, муксуна, а в качестве внешней группы – палии. Место и сроки сбора материала представлены в табл. 1.

Таблица 1

Пробы, использованные в эксперименте в 2018-2020 гг.

Вид рыбы	Место сбора	Год	Наименование пробы
Сиг <i>Coregonus lavaretus</i>	Юго-западная часть Ладожского озера	2020	Cl 212, Cl 213, Cl 214, Cl 215
Пелядь <i>Coregonus peled</i>	Рыбоводное хозяйство ООО «Форват»	2018	Cp 3, Cp 4, Cp 13, Cp 15
Чир <i>Coregonus nasus</i>	Р. Обь	2019	Cn2, Cn31, Cn25, Cn33
Нельма <i>Stenodus leucichthys nelma</i>	Оз. Кубенское	2018	Sln1, Sln2, Sln9, Sln13
Палия <i>Salvelinus alpinus</i>	Ладожское озеро	2020	Sa 95, Sa 96, Sa 98, Sa 99
Муксун <i>Coregonus muksun</i>	Р. Обь	2019	Cm151, Cm 153
Муксун <i>Coregonus muksun</i> (золотистая форма)	Рыбоводное хозяйство ООО «Форват»	2018	3-1, 3-2

Выделение и очистка тотальной ДНК проведены солевым методом (Aljanabi, Martinez, 1997). Полимеразную цепную реакцию осуществляли в амплификаторе T100 MyCycler в 10 мкл реакционной смеси, содержащей 0,5 е.а Taq ДНК-полимеразы, 1,25 мкл 10 ×Taq-буфера (Диалат), 0,25 мкМ каждого dNTP, 0,4 мкМ каждого праймера и около 30 нг геномной ДНК. Программа ПЦР состояла из следующих этапов: предварительная денатурация при температуре 94 °С (3 мин 30 с); 37 циклов, включающих в себя денатурацию цепей при температуре 94 °С (45 с), отжиг праймеров при температуре 52 °С (1 мин) и элонгацию при температуре 72 °С (2 мин); заключительный цикл элонгации при температуре 72 °С (5 мин).

Праймеры разработали Б.С. Коллард и Д.Дж. Макилл (2009). Их нуклеотидные последовательности представлены в табл. 2.

ПЦР-продукты разделяли в 2 %-ном агарозном геле. Фрагменты ДНК в геле окрашивали бромистым этидием и фотографировали в проходящем ультрафиолетовом свете. Для определения размеров

нуклеотидных фрагментов использовали маркер молекулярных длин (СибЭнзим, 100 п.о.+1,5 Кб+3 Кб).

Таблица 2

SCoT-праймеры, использованные в исследовании

Номер праймера	Нуклеотидная последовательность
1	СААСА ATGG CTACCACCA
4	СААСА ATGG CTACCACCT
5	СААСА ATGG CTACCACGA
12	ACGAC ATGG GCGACCAACG
13	ACGAC ATGG GCGACCATCG
14	ACGAC ATGG GCGACCACGC
16	ACC ATGG CTACCACCGAC
33	CC ATGG CTACCACCGCAG

Построение филогенетического дерева и таблицы генетических различий и сходства между образцами разных видов сиговых были выполнены на основе бинарной матрицы наличия / отсутствия фрагментов определенной длины в шести популяциях, соответствующих исследованным видам рыб, с помощью программы POPGENE, версия 1.31.

Результаты

Для выявления межвидовых различий среди сиговых рыб апробировали новую систему полиморфных ДНК-маркеров, основой которой является консервативная область в генах, окружающих ATG (кодон инициации трансляции). Как было показано ранее, по сравнению с произвольными маркерами, например, RAPD, они хорошо воспроизводятся благодаря использованию более длинных праймеров (Efficiency of arbitrarily ..., 2011).

Для фингерпринтинга мы применяли 8 наборов, состоящих из случайных комбинаций восьми отдельных SCoT-праймеров без начального скрининга. После проведения ПЦР с различными комбинациями праймеров, где в качестве матрицы использовали тотальную ДНК, продукты реакции разделяли электрофорезом в агарозном геле (рис. 1). На рисунке представлены спектры амплифицированных фрагментов у отобранных для анализа рыб. Видны различия в спектрах как между видами рыб, так и среди образцов одного вида.

По результатам сравнения ПЦР-продуктов каждой реакции были созданы бинарные матрицы, где 1 – обозначение присутствия на каждой дорожке фореграммы фрагмента с одинаковым пробегом (в соответствии с

его размером); 0 – его отсутствие. Для создания матриц учитывались только фрагменты с четкой визуализацией.

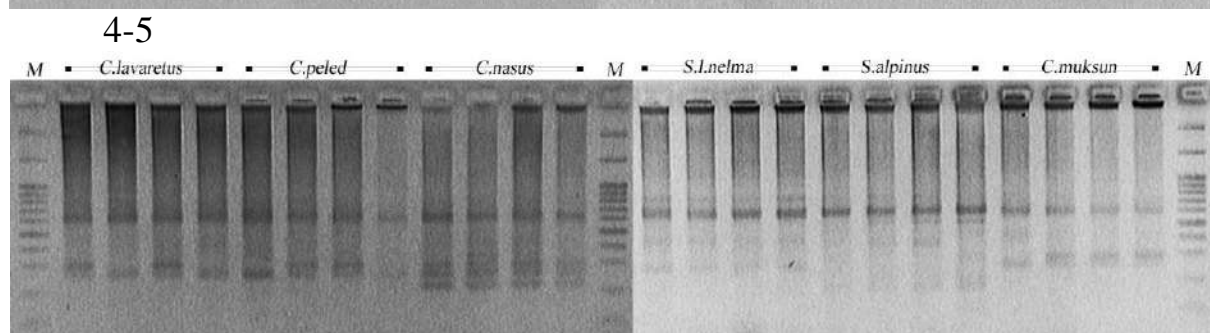
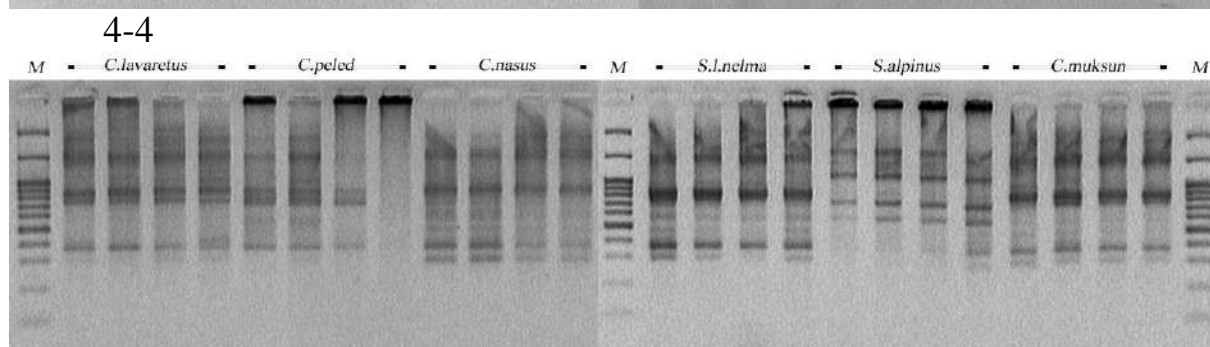
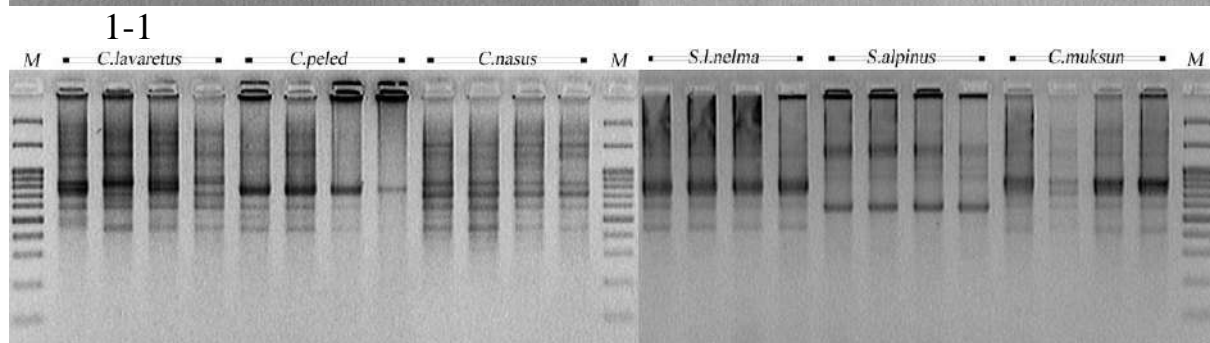
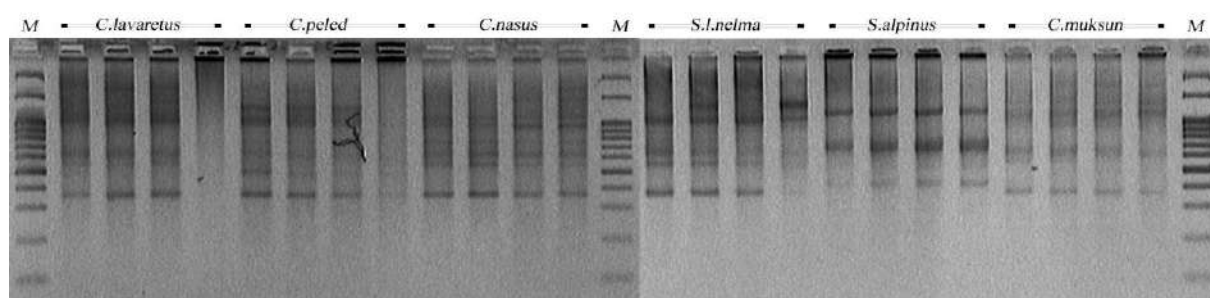
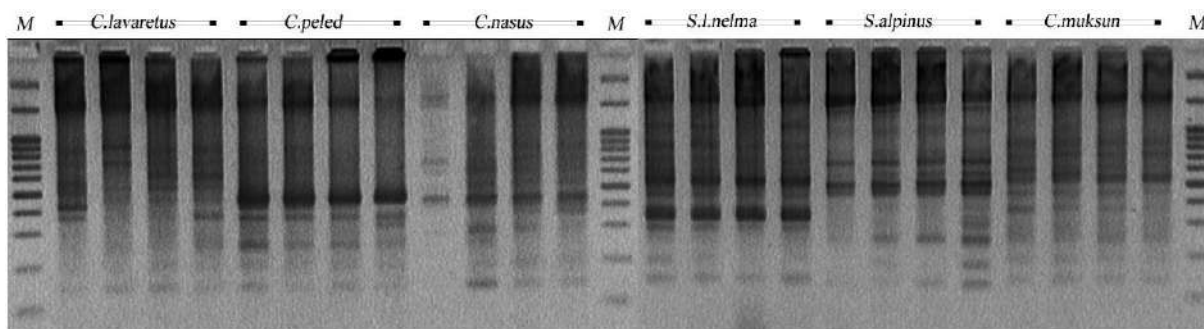
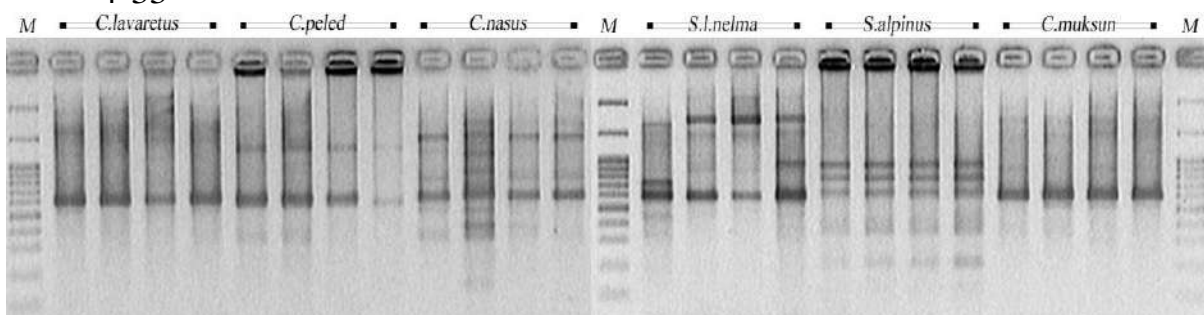


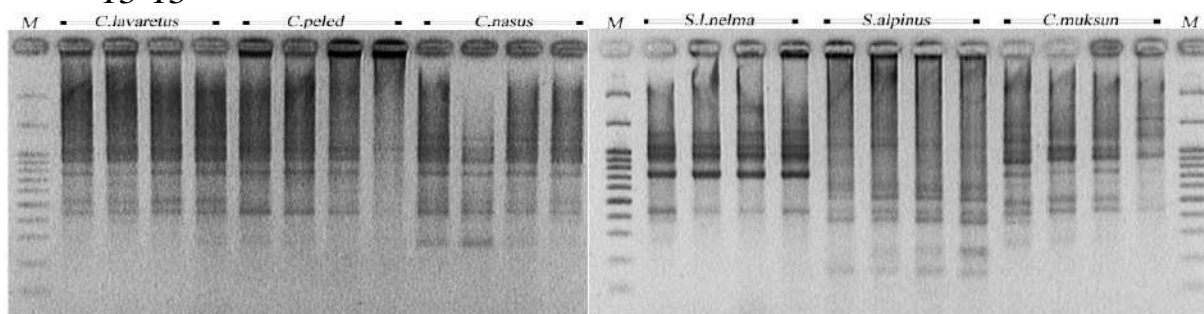
Рис. 1. Электрофореграммы ПЦР-продуктов, амплифицированных с помощью различных комбинаций праймеров: М – обозначение маркера молекулярной длины; под каждой фореграммой указана комбинация праймеров



4-33



13-13



16-16

Окончание рис. 1

Анализ данных, закодированных в виде бинарных матриц, с помощью программы POPGENE показал следующее: генетические дистанции между исследованными видами рыб (рис. 2) и филогенетическое дерево (рис. 3), отражающее реальную картину таксономии сиговых рыб.

pop ID	1	2	3	4	5	6
1	****	0.9854	0.7745	0.5999	0.6059	0.8892
2	0.0147	****	0.7739	0.6414	0.6484	0.9030
3	0.2556	0.2563	****	0.6145	0.5172	0.8032
4	0.5110	0.4440	0.4870	****	0.4441	0.6018
5	0.5010	0.4332	0.6594	0.8116	****	0.6530
6	0.1174	0.1020	0.2192	0.5079	0.4261	****

Рис. 2. Матрица генетических расстояний между выборками: выше диагонали – генетическое сходство; ниже диагонали – генетические дистанции

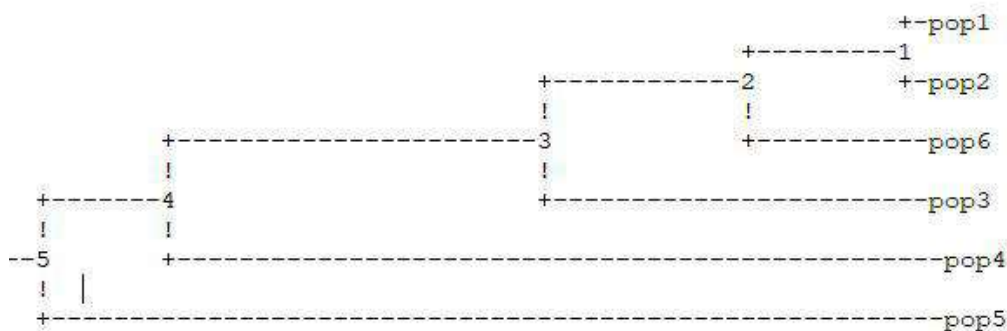


Рис. 3. UPGMA-дендрограмма: pop1 – сиг; pop2 – пелядь; pop3 – чир; pop4 – нельма; pop5 – паляя; pop6 – муксун

Таким образом, для выявления внутри- и межвидового полиморфизма у сиговых и лососевых рыб проведена апробация системы маркеров, сконструированных в соответствии с короткой консервативной областью, окружающей кодон инициации трансляции ATG (или сайт старта трансляции TSS). По нашим данным, для внутривидовой дифференциации *S. alpinus* информативными являются такие комбинации праймеров, как: 1-1, 4-4, 4-5, 4-33, 13-13, 16-16; *C. nasus* – 4-5, 4-33; *C. Peled* – 4-33; *S.l. nelma* – 4-33, 16-16.

Филогенетическое дерево и генетические дистанции между исследованными видами рыб, полученные в результате эксперимента, соответствуют наиболее распространенным представлениям о таксономии сиговых.

К преимуществам проверенного нами метода относятся простота и незначительные трудозатраты при его использовании: от образца ДНК-содержащей ткани до результата анализ включает в себя только получение препарата ДНК от 1 до нескольких ПЦР с применением рекомендованных или полученных экспериментальным путем SCoT-маркеров и электрофоретическая визуализация ПЦР-продуктов. Кроме того, по сравнению с иными произвольными маркерами (RAPD) маркеры SCoT хорошо воспроизводятся благодаря использованию более длинных праймеров и высокой температуре отжига.

Заключение

Метод, протестированный в данном исследовании, после проведения апробации на больших объемах образцов может служить удобным и относительно недорогим дополнительным молекулярно-генетическим инструментом в решении таких прикладных задач, как исследование внутривидовой дифференциации в значительных по численности выборках рыб этого семейства.

Список использованной литературы

Aljanabi, S.M. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques / S.M. Aljanabi, I. Martinez // *Nucleic Acids Res.* – 1997. – Vol. 25. – P. 4692-4693.

Analysis of diversity and relationships among mango cultivars using Start Codon Targeted (SCoT) markers / Cong Luo, Xin-Hua He, Hu Chen [et al.] // *Biochem Syst Ecol.* – 2010. – Vol. 38. – P. 1176-1184.

Assessment of the Genetic Diversity, Breeds Structure and Genetic Relationships in Four Egyptian Camel Breeds using Microsatellite and Start Codon Targeted (SCoT) Markers / Al-Soudy A, El-Sayed A, El-Itriby HA, Hussein EHA // *J. Biodivers Endanger Species.* – 2018. – Vol. 6. – Iss. 2-8.

Collard, B.C.Y. Start Codon Targeted (SCOT) polymorphism: A simple novel DNA marker technique for generating gene-targeted markers in plants / B.C.Y. Collard, D.J. Mackill // *Plant Molecular Biology* 2009. – Vol. 27. – P. 86-93.

Efficiency of arbitrarily amplified dominant markers (SCOT, ISSR and RAPD) for diagnostic fingerprinting in tetraploid potato / A.M. Gorji, P. Poczai, Z. Polgar, J. Taller // *Am. J. Pot Res.* – 2011. – Vol. 88. – P.226-237.

СОСТАВ И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ГЛУБОКОВОДНЫХ ПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ МОРЯ УЭДДЕЛА И ПРОЛИВА БРАНСФИЛДА В «ЛЕТНИЙ» ПЕРИОД 2022 г.

А.В. Мишин¹, С.Г. Кобылянский¹, А.М. Орлов^{1,2,3}

¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН), г. Москва

² Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН), г. Москва

³ Томский государственный университет (ТГУ), г. Томск

Введение

Глубоководные области Мирового океана, располагаясь ниже фотической зоны 200 м, представляют собой один из наиболее значимых компонентов биосферы, в котором могут существовать живые организмы (Angel, 1993; Robison, 2009). Обладающие огромной биомассой в глубоководных экосистемах мезо- и батипелагические рыбы – потенциальные источники еще не эксплуатируемых человеком биологических ресурсов (Gjøsaeter, Kawaguchi, 1980; Pakhomov, Perissinotto, McQuaid, 1996; Radchenko, 2007; Large mesopelagic fishes..., 2014; Quantifying carbon fluxes..., 2019) для использования в пищевой, химической и фармацевтической промышленности (Orlov, Rabazanov, 2019; First evidence of..., 2020; Potential for mesopelagic..., 2021; The biology of..., 2021). При этом до сих пор отсутствуют как целостные представления о составе, структуре и характере пространственного распределения сообществ глубоководных рыб, так и информация об их биомассе (Efficient trawl avoidance..., 2008; Catchability of pelagic..., 2011; Large mesopelagic fish..., 2021). В Южном океане мезо- и батипелагические рыбы служат основой пищевых сетей, являясь не только добычей многих хищников высшего трофического уровня, включая королевских пингвинов, южных морских котиков, морских слонов, кальмаров и крупных хищных рыб, но и потребителями разнообразного зоопланктона, в том числе и доминирующего здесь вида – антарктического криля *Euphausia superba* (Rodhouse, White, Jones, 1992; Pakhomov, Perissinotto, McQuaid, 1996; Reid, Arnould, 1996; Olsson, North, 1997; Duhamel, 1998; Antarctic fur seals..., 2002; Pusch, Hulley, Kock, 2004; Stable isotopes reveal..., 2008; Feeding ecology of..., 2009; Seasonal variation in..., 2018; Myctophid fish (family..., 2019).

Ихтиофауна субантарктических и антарктических вод Южного океана характеризуется низким видовым разнообразием и высоким

уровнем эндемизма; всего здесь насчитывается 322 вида рыб из 19 семейств (Greely, Gartner, Torres, 1999; Eastman, 2005). Четверть всех известных видов рыб данного региона обитает в пределах мезо- и батипелагиали (Kock, 1992). Наиболее многочисленными мезопелагическими видами в водах Антарктики следует считать представителей семейств Myctophidae, Bathylagidae, Paralepididae и Gonostomatidae (Andriashev, 1965; Hempel, 1985; Kock, 1985; Diversity of mesopelagic..., 2018), на которых в районе морей Уэдделла и Скотия приходится свыше 95 % биомассы рыб верхнего километрового слоя (Lancraft, Torres, Hopkins, 1989), а также антарктическую серебрянку (*Pleuragramma antarcticum*) – единственного представителя семейства Nototheniidae с пелагическим жизненным циклом (Gon, Heemstra, 1990; Vacchi, Pisano, Ghigliotti, 2017).

Несмотря на важную экологическую роль мезопелагических рыб Южного океана, они продолжают оставаться довольно мало изученными (Rowedder, 1979; Linkowski, 1985; Greely, Gartner, Torres, 1999; Patterns in the..., 2008; Southern Ocean mesopelagic..., 2017), поскольку являются нерегулярно эксплуатируемым ресурсом рыболовства (Харенко, 2019; The biology of..., 2021). Кроме того, сборы мезопелагических рыб траловыми орудиями лова в репрезентативном пространственно-временном масштабе представляют определенные сложности (Age and growth..., 2019).

Цель данной работы – представить новые данные о составе и структуре глубоководных пелагических ихтиоценов северной части моря Уэдделла и пролива Брансфилда Южного океана в «летний» период 2022 г.

Материалы и методы

Материал для данной работы собран в 87-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» 22.01-12.02.2022 г. в проливе Брансфилда, бассейне Пауэлла моря Уэдделла и водах Южных Оркнейских о-вов (рис. 1). Сборы мезопелагических рыб (взрослых особей и молоди) проводили с помощью планктонной сети Бонго диаметром 61 см, микронектонной сети DSN с площадью входного отверстия 1 м² и разноглубинного трала Айзекса-Кидда в модификации Самышева-Асеева (РТАКСА) с раскрытием 6 м².

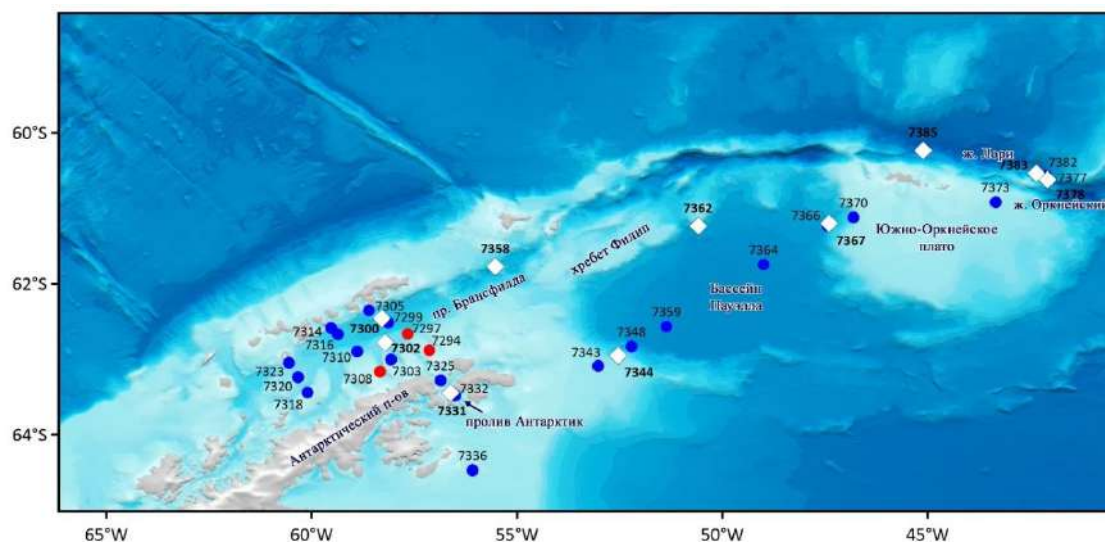


Рис. 1. Схема расположения станций отбора ихтиологических проб:
 ◇ – РТАКСА; ● – Бонго, ● – DSN

Косые ловы сетью Бонго проводились в слое 200-0 или дно-поверхность (на станциях с меньшей глубиной) при циркуляции судна на скорости 2 уз. Глубину погружения сети фиксировали при помощи гидрологического зонда «DST CTD». Сбор материала сетью DNS выполняли на горизонтах от 150-0 до 750-0 м в зависимости от глубины места. Косые ловы РТАКСА осуществляли на горизонтах от 400-0 м до 1900-0 м в зависимости от глубины места и рельефа дна при скорости судна около 3 уз. Нижнюю границу горизонта лова сетью DNS и РТАКСА определяли по показаниям датчика температуры и давления Senti DT (Star Oddy, Исландия).

У рыб, предназначенных для молекулярно-биологических исследований, непосредственно после промывки морской водой вырезали фрагмент мягких тканей, который фиксировали 96 %-ным этанолом и хранили при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ с последующей сменой фиксатора. Мелких животных фиксировали 96 %-ным охлажденным этанолом целиком.

Результаты и обсуждение

Видовой состав рыб в уловах РТАКСА. Всего в траловых пробах отмечено 405 экз. молоди и взрослых рыб, относящихся к 16 видам из 8 семейств. Наиболее многочисленным и представительным по числу видов было сем. Myctophidae: *Electrona antarctica* – 41,4 %, *Gymnoscopelus braueri* – 11,4 %, *G. opisthopterus* – 3,1 %, *G. nicholsi* – 0,6 %, *Protomyctophum* sp. – 0,6 % (рис. 2). Представители сем. Bathylagidae –

Bathylagus antarcticus – на втором месте по численности и первом по биомассе с долями 21,0 и 29,6 % соответственно. Также заметную долю в уловах составили гоностомовые Gonostomatidae – *Cyclothone microdon* – 6,7 %, веретенниковые Paralepididae – *Notolepis coatsorum* – 15,0 % и нототениевые Nototheniidae – *Pleuragramma antarctica* – 7,2 %.

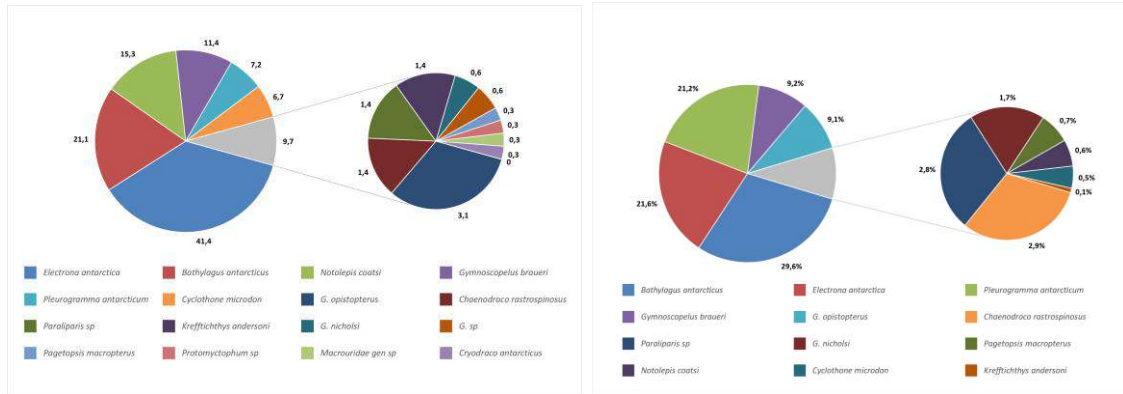


Рис. 2. Процентное соотношение видов рыб в уловах РТАКСА по численности (слева) и биомассе (справа)

Максимальные концентрации пелагических рыб были отмечены севернее Оркнейских о-вов на станциях над желобами Лори и Оркнейский (рис. 3).

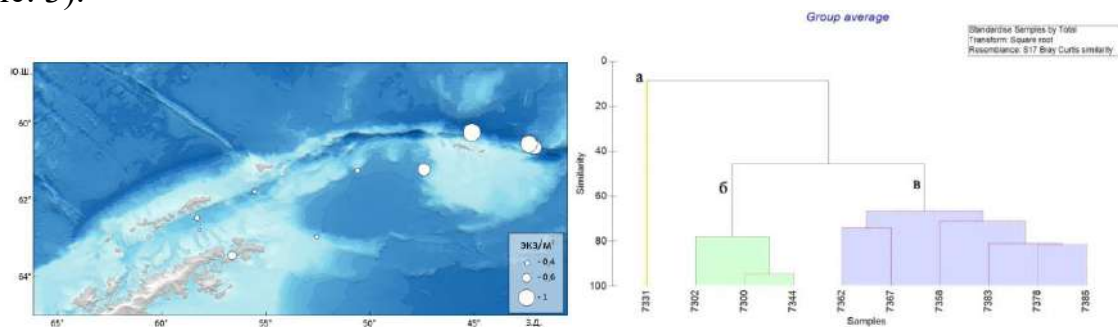


Рис. 3. Распределение общей численности пелагических рыб (слева) и результаты кластерного анализа (справа) проб РТАКСА

Более 60 % общей численности рыб в уловах пришлось на два мезобатипелагических вида – *B. antarcticus* и *E. antarctica*. Данные виды встречаются практически на всех выполненных станциях. Особенность их распределения – уменьшение численности электроны над котловиной бассейна Пауэлла, в то время как концентрация антарктического батилага в глубоководных районах, наоборот, возрастала. Также довольно многочисленными в уловах были *G. braueri* и *N. coatsorum*, которые равномерно распределялись на обследованной акватории, с

незначительным увеличением численности в районе желобов Южно-Оркнейский и Лори.

Кластерный анализ траловых проб (см. рис. 3) показал наличие трех основных групп станций. Первая группа (а) – станция 7331, выполненная в Антарктическом проливе, характеризовалась малым числом видов, низкой относительной численностью рыб (0,6 экз./м²) и доминированием прибрежных и донных видов сем. Channichthyidae, Liparidae, Nototheniidae. Вторая группа из трех станций (б), находившихся в проливе Брансфилда (7302 и 7300) и над склоном шельфа к востоку от оконечности Антарктического п-ова (7344) над глубинами 1000-1500 м, отличалась доминированием представителей сем. Mустophidae (*E. antarctica*, *G. braueri*) с невысокой относительной численностью (менее 1 экз./м²). Станции, вошедшие в третью группу (в), располагались над подводными поднятиями – хребтом Филипп и в водах Южно-Оркнейского плато. На данных станциях отмечено максимальное число видов в пробе – от 5 до 9 и высокая относительная численность (до 1,2 экз./м²) с доминированием *E. antarctica*, *B. antarcticus* и *N. coatsorum*.

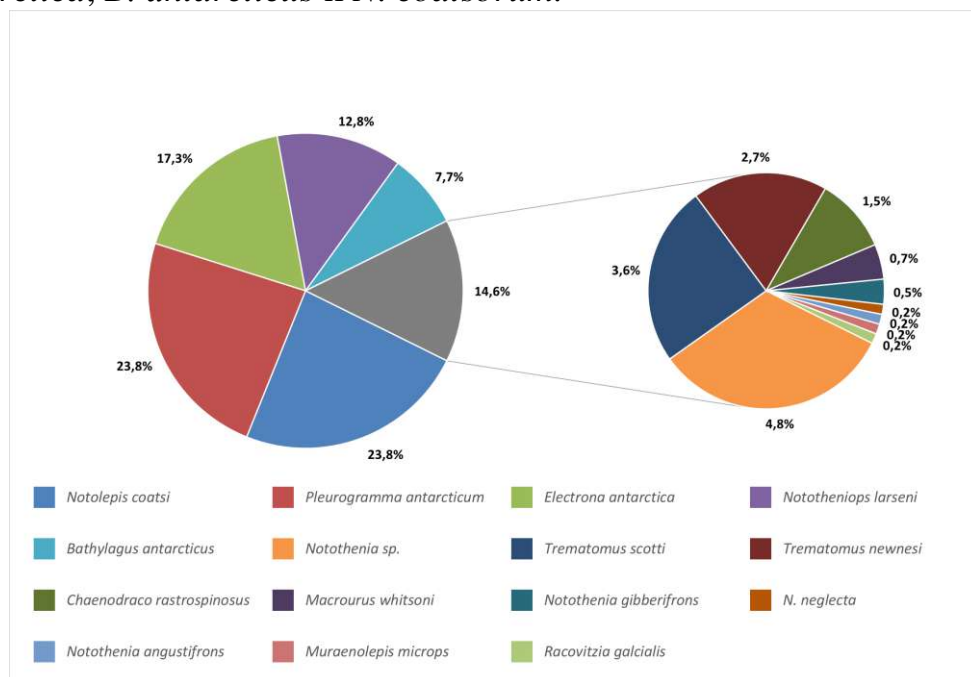


Рис. 4. Процентное соотношение различных видов рыб на ранних стадиях развития в уловах сетей DSN и Бонго

Видовой состав ихтиопланктона в уловах DSN и Бонго. В ихтиопланктоне обнаружены 17 видов рыб на ранних стадиях развития, относящихся к 8 семействам (411 экз.). Основу численности составляли личинки и мальки четырех видов: *N. coatsorum*, *P. antarctica*, *E. antarctica*, *Nototheniops larseni*, на долю которых в уловах пришлось 77,4 % (рис. 4).

Основные концентрации иктиопланктона отмечены на шельфе у восточной оконечности Антарктического п-ова (за счет двух видов нототениид *P. antarctica* и *N. larseni*) и к северу от Южно-Оркнейского плато (с доминированием личинок *E. antarctica*) (рис. 5).

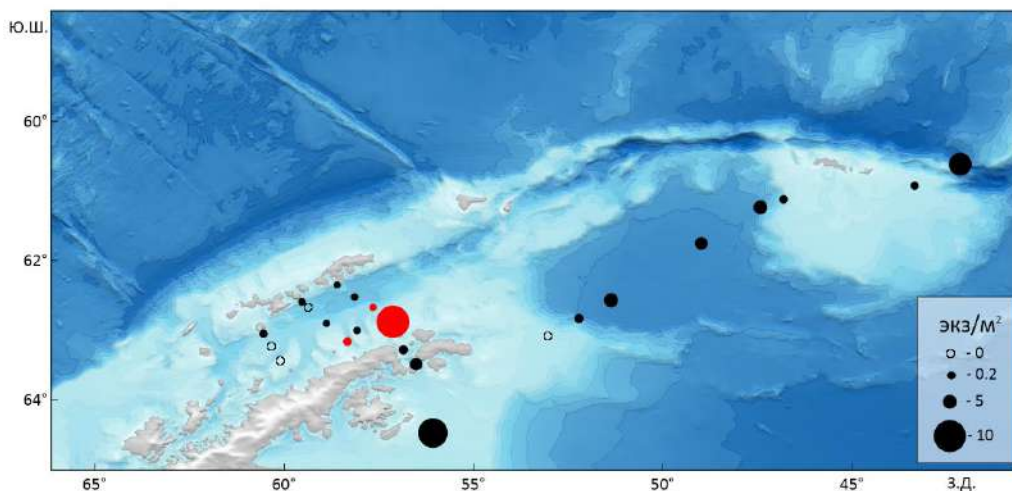


Рис. 5. Распределение общей численности иктиопланктона по результатам ловов сетями DSN (●) и Бонго (●)

В иктиопланктоне района исследований были представлены ранние стадии развития двух экологических групп видов: шельфовые придонные (сем. Nototheniidae) и мезопелагические (сем. Mucrophidae, Paralepididae, Bathylagidae). Представители первой группы образовывали локальные скопления (до 7,7 экз./м²) на относительно мелководных участках шельфа у оконечности Антарктического п-ова. Молодь мезопелагических видов была распределена более равномерно на глубоководных участках пролива Брансфилда и в бассейне Пауэлла. Молодь *E. antarctica* была наиболее многочисленной в северной части пролива Брансфилда и на склоне Южно-Оркнейского плато (до 3,5 экз./м²), а в центральных районах бассейна Пауэлла полностью отсутствовала. Молодь *B. antarcticus* и *N. coatsorum*, напротив, ловилась в основном на глубоководных участках района исследований. Данные особенности распределения личинок и мальков антарктических видов рыб хорошо отражаются на результатах кластерного анализа (рис. 6). На кладограмме выделяются две группы станций: 6 относительно мелководных станций у оконечности Антарктического п-ова и 13 станций в открытой части района исследований. Пробы со станций из бассейна Пауэлла и северной части пролива Брансфилда характеризовались доминированием молоди мезопелагических видов (*E. antarctica*, *B. antarcticus* и *N. coatsorum*), на шельфе Антарктического п-ова наиболее многочисленными были личинки двух видов нототениид – *P. antarctica* и *N. larseni*.

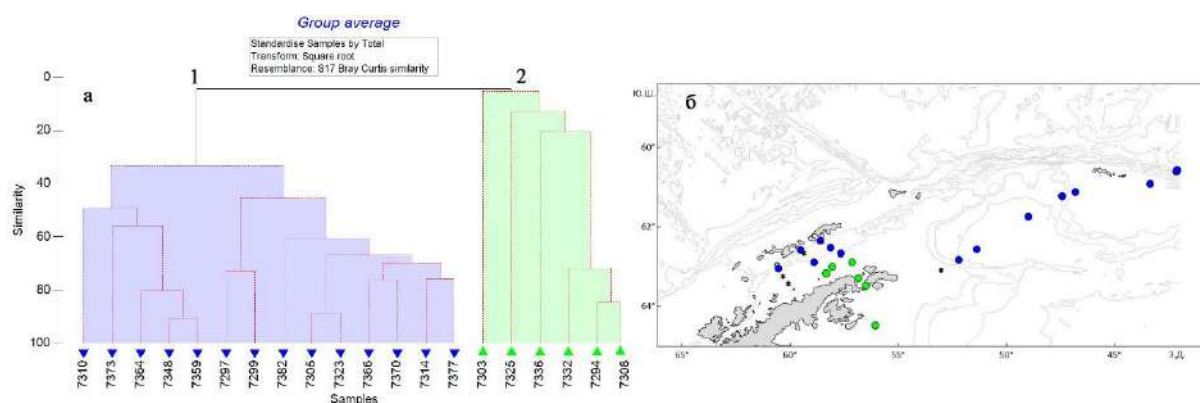


Рис. 6. Результаты кластерного анализа проб иктиопланктона: 1 – группа станций прибрежной акватории Антарктического п-ова; 2 – группа станций открытой акватории бассейна Пауэлла (а) и расположение в обследованном районе станций, определенных на основе кластерного анализа (б): ● – группа станций 1; ● – группа станций 2; * – личинки и мальки отсутствовали

Заключение

Проведенные исследования состава и структуры сообществ глубоководных пелагических рыб северной части моря Уэдделла и пролива Брансфилда не выявили каких-либо принципиальных отличий от среднемноголетней картины. Единственной особенностью распределения иктиопланктона на обследованной акватории в январе-феврале 2022 г. являлось отсутствие личинок сем. *Notothenidae* в северной части пролива Брансфилда и их концентрация у восточной оконечности Антарктического п-ова. Выявленные различия объясняются, скорее всего, изменчивостью океанографических условий или неравномерностью распределения объектов исследования. Таким образом, каких-либо значимых отклонений в видовом составе и численности глубоководных пелагических рыб в районе исследований, которые можно было бы объяснить современными климатическими трендами, не наблюдалось.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № FMWE 2022-0001.

Список использованной литературы

Харенко, Е.Н. Освоение запасов мезопелагиали – долгий путь исследований и поиска / Е.Н. Харенко, А.В. Сопина, Е.А. Гриценко // Труды ВНИРО. – 2019. – Т. 176. – С. 41-50.

A dark hole in our understanding of marine ecosystems and their services: Perspectives from the mesopelagic community / M.A. St. John, A. Borja,

G. Chust [et al.]. – DOI 10.3389/fmars.2016.00031 // *Frontiers in Marine Science*. – 2016. – Vol. 3. – Art. 31.

Age and growth of Brauer's lanternfish *Gymnoscopelus braueri* and rhombic lanternfish *Krefflichthys anderssoni* (Family Myctophidae) in the Scotia Sea, Southern Ocean / R.A. Saunders, S. Lourenço, R.P. Vieira [et al.]. – DOI 10.1111/jfb.14206 // *Journal of Fish Biology*. – 2019. – Vol. 96, № 2. – P. 364-377.

Andriashev, A.P. A general review of the Antarctic fish fauna / A.P. Andriashev // *Biogeography and ecology of Antarctica*. The Hague: Junk Publisher. – 1965. – P. 491-550.

Angel, M.V. Biodiversity of the Pelagic Ocean / M.V. Angel // *Conservation Biology*. – 1993. – Vol. 7, № 4. – P. 760-772.

Antarctic fur seals foraging in the Polar Frontal Zone: inter-annual shifts in diet as shown from fecal and fatty acid analyses / M.A. Lea, Y. Cherel, C. Guinet, P.D. Nichols. – DOI 10.3354/meps245281 // *Marine Ecology Progress Series*. – 2002. – Vol. 245. – P. 281-297.

Catchability of pelagic trawls for sampling deep-living nekton in the mid-North Atlantic / M. Heino, F.M. Porteiro, T.T. Sutton [et al.]. – DOI 10.1093/icesjms/fsq089 // *ICES Journal of Marine Sciences*. – 2011. – Vol. 68, № 2. – P. 377-389.

Diversity of mesopelagic fishes in the Southern Ocean – a phylogeographic perspective using DNA barcoding / H. Christiansen, A. Dettai, F.M. Heindler [et al.]. – DOI 10.3389/fevo.2018.00120 // *Frontiers in Ecology and Evolution*. – 2018. – Vol. 6. – Art. 120.

Duhamel, G. The pelagic fish community of the Polar Front Zone off the Kerguelen Islands / G. Duhamel // *Fishes of Antarctica: a biological overview* (G. di Prisco, E. Pisano, M. Clark, eds.). Milan: Springer. – 1998. – P. 63-74.

Eastman, J.T. The nature of the diversity of Antarctic fishes / J.T. Eastman. – DOI 10.1007/s00300-004-0667-4 // *Polar Biology*. – 2005. – Vol. 28. – P. 93-107.

Feeding ecology of myctophid fishes in the northern Scotia Sea / R.S. Shreeve, M.A. Collins, G.A. Tarling [et al.]. – DOI 10.3354/meps08064 // *Marine Ecology Progress Series*. – 2009. – Vol. 386. – P. 221-236.

First evidence of anticancer and antimicrobial activity in Mediterranean mesopelagic species / Lauritano C., Martínez K.A., Battaglia P. [et al.]. – DOI 10.1038/s41598-020-61515-z // *Scientific Reports*. – 2020. – Vol. 10. – Art. 4929.

Gjøsaeter, J. A review of the world resources of mesopelagic fish / J. Gjøsaeter, K. Kawaguchi // *FAO Fisheries Technical Paper*. – 1980. – № 193. – P. 1-151.

Gon, O. Fishes of the Southern Ocean / O. Gon, P.C. (eds.) // Grahamstown: J.L.B. Smith Institute of Ichthyology. – 1990. – 462 p.

Greely T.M. Age and growth of *Electrona antarctica* (Pisces: Myctophidae), the dominant mesopelagic fish of the Southern Ocean / T.M. Greely, J.V. Jr. Gartner, J.J. Torres/ – DOI 10.1007/s002270050453 // Marine Biology. – 1999. – Vol. 133, № 1. – P. 145-158.

Hempel, G. Antarctic marine food webs / G. Hempel // Antarctic Nutrient Cycles. Berlin: Springer. – 1985. – P. 266-276.

Kaartvedt, S. Efficient trawl avoidance by mesopelagic fishes causes large underestimation of their biomass / S. Kaartvedt, A. Staby, D.L. Aksnes. – DOI 10.3354/meps09785 // Marine Ecology Progress Series. – 2012. – Vol. 456. – P.1-6.

Kock, K.-H. Antarctic fish / K.-H. Kock // Key environments. Oxford: Pergamon Press. – 1985. – P. 173-192.

Kock K.-H. Antarctic Fish and Fisheries / K.-H. Kock // Cambridge: CUP. – 1992. – 359 p.

Lancraft, T.M. Micronekton and macrozooplankton in the open waters near Antarctic Ice Edge Zones (AMERIEZ 1983 and 1986) / T.M. Lancraft, J.J. Torres, T.L. Hopkins. – DOI 10.1007/BF00263770 // Polar Biology. – 1989. – Vol. 9, № 4. – P. 225-233.

Large mesopelagic fishes biomass and trophic efficiency in the open ocean / X. Irigoien, T.A. Klevjer, A. Rostad [et al.]. – DOI 10.1038/ncomms4271 // Nature Communications. – 2014. – Vol. 5. – Art. 3271.

Large mesopelagic fish biomass in the Southern Ocean resolved by acoustic properties / T. Dornan, S. Fielding, R.A. Saunders [et al.]. – DOI 10.1098/rspb.2021.1781 // Proceedings of the Royal. Society. Part B. – 2021. – Vol. 289. – Art. 20211781.

Linkowski, T.B. Population biology of the myctophid fish *Gymnoscopelus nicholsi* (Gillbert, 1911) from the western South Atlantic / T.B. Linkowski. – DOI 10.1111/j.1095-8649.1985.tb03213.x // Journal of Fish Biology. – 1985. – Vol. 27, № 6. – P. 683-689.

Myctophid fish (family Myctophidae) are central consumers in the food web of the Scotia Sea (Southern Ocean) / R.A. Saunders, S.L. Hill, G.A. Tarling [et al.]. – DOI 10.3389/fmars.2019.00530 // Frontiers in Marine Science. – 2019. – Vol. 6. – P. 530.

Olsson, O. Diet of the King Penguin *Aptenodytes patagonicus* during three summers at South Georgia / O. Olsson, A.W. North. – DOI 10.1111/j.1474-919X.1997.tb04666.x // Ibis. – 1997. – Vol. 139, № 3. – P. 504-512.

Orlov, A.M. Past, present and future of deep-sea fisheries in the global oceans / A.M. Orlov, N.I. Rabazanov. – DOI 10.32474/ MAOPS. 2019. 03.

000157 // Modern Approaches in Oceanography and Petrochemical Sciences. – 2019. – Vol. 3, № 2. – P. 255-257.

Patterns in the distribution of myctophid fish in the northern Scotia Sea ecosystem / M.A. Collins, J.C. Xavier, N.M. Johnston [et al.]. – DOI 10.1007/s00300-008-0423-2 // Polar Biology. – 2008. – Vol. 31, № 7. – P. 837-851.

Pakhomov, E.A. Prey composition and daily rations of myctophid fishes in the Southern Ocean / E.A. Pakhomov, R. Perissinotto, C.D. McQuaid. – DOI 10.3354/meps134001 // Marine Ecology Progress Series. – 1996. – Vol. 134. – P. 1-14.

Potential for mesopelagic fishery compared to economy and fisheries dynamics in current large scale Danish pelagic fishery / S. Paoletti, J.R. Nielsen, C.R. Sparrevohn [et al.]. – DOI 10.3389/fmars.2021.720897 // Frontiers in Marine Science. – 2021. – Vol. 8. – Art. 720897.

Pusch, C. Community structure and feeding ecology of mesopelagic fishes in the slope waters of King George Island (South Shetland Islands, Antarctica) / C. Pusch, P.A. Hulley, K.-H. Kock. – DOI 10.1016/j.dsr.2004.06.008 // Deep-Sea Research. I: Oceanographic Research Papers. – 2004. – Vol. 51, № 11. – P. 1685-1708.

Quantifying carbon fluxes from primary production to mesopelagic fish using a simple food web model / T.R. Anderson, A.P. Martin, R.S. Lampitt [et al.]. – DOI 10.1093/icesjms/fsx234 // ICES Journal of Marine Sciences. – 2019. – Vol. 76, № 3. – P. 690-701.

Radchenko, V.I. Mesopelagic fish community supplies «biological pump» / V.I. Radchenko // Raffles Bulletin of Zoology. – 2007. – Suppl. 14. – P. 265-271.

Reid, K. The diet of Antarctic fur seals *Arctocephalus gazella* during the breeding season at South Georgia / K. Reid, J.P.Y. Arnould. – DOI 10.1007/BF02390431 // Polar Biology. – 1996. – Vol. 16, № 2. – P. 105-114.

Robison, B.H. Conservation of deep pelagic biodiversity / B.H. Robison. – Doi 10.1111/j.1523-1739.2009.01219.x // Conservation Biology. – 2009. – Vol. 23, № 4. – P. 847-858.

Rodhouse, P.G. Trophic relations of the cephalopod *Martialia hyadesi* (Teuthoidea: Ommastrephidae) at the Antarctic Polar Front, Scotia Sea / P.G. Rodhouse, M.G. White, M.R.R. Jones. – DOI 10.1007/BF00350032 // Marine Biology. – 1992. – Vol. 114, № 3. – P. 415-421.

Rowedder, U. Some aspects of the biology of *Electrona antarctica* (Günther, 1878) (Family Myctophidae) / U. Rowedder // Meeresforschung. – 1979. – Vol. 27. – P. 244-251.

Seasonal variation in the predatory impact of myctophids on zooplankton in the Scotia Sea (Southern Ocean) / R.A. Saunders, M.A. Collins, R. Shreeve

[et al.]. – DOI 10.1016/j.pocean.2018.09.017 // Progress in Oceanography. – 2018. – Vol. 168. – P. 123-144.

Southern Ocean mesopelagic fish communities in the Scotia Sea are sustained by mass immigration / R.A. Saunders, M.A. Collins, G. Stowasser, G.A. Tarling. – DOI 10.3354/meps12093 // Marine Ecology Progress Series. – 2017. – Vol. 569. – P. 173-185.

Stable isotopes reveal the trophic position and mesopelagic fish diet of female southern elephant seals breeding on the Kerguelen Islands / Y. Cherel, S. Ducatez, C. Fontaine [et al.]. – DOI 10.3354/meps07673 // Marine Ecology Progress Series. – 2008. – Vol. 370. – P. 239-247.

The biology of mesopelagic fishes and their catches (1950–2018) by commercial and experimental fisheries / D. Pauly, C. Piroddi, L. Hood [et al.]. – DOI 10.3390/jmse9101057 // Journal of Marine Science and Engineering. – 2021. – Vol. 9, № 10. – Art. 1057.

Vacchi, M. The Antarctic silverfish: a keystone species in a changing ecosystem / M. Vacchi, E. Pisano, L. Ghigliotti (eds.). – DOI 10.1007/978-3-319-55893-6 // Cham: Springer International Publishing. – 2017. – 314 p.

О СОДЕРЖАНИИ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ДВИНСКОМ И ОНЕЖСКОМ ЗАЛИВАХ БЕЛОГО МОРЯ

О.Н. Мохова, Р.А. Мельник

Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

В осенний период 2020 г. были проведены гидрохимические исследования акватории Двинского и Онежского заливов Белого моря на научно-исследовательском судне М-0520 «Профессор Бойко». Экспедиционные работы выполнялись на шести станциях в каждом заливе (рис. 1). Измеряли концентрацию биогенных веществ – азота нитритного, нитратного, аммонийного и валового (общего), фосфора фосфатного и валового (общего), кремния.

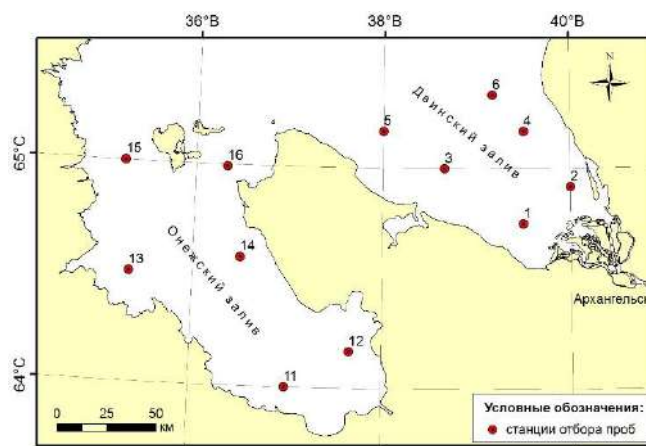


Рис. 1. Схема расположения станций в Двинском и Онежском заливах Белого моря

Отбор проб осуществлялся из поверхностного и придонного горизонтов. Химические анализы выполнялись общепринятыми в гидрохимической практике методами (Методы гидрохимических исследований..., 1988; Руководство по химическому..., 2003). «Органическую» составляющую азота и фосфора находили вычитанием минеральной составляющей из общего количества соответствующего элемента. Качество вод оценено на основе значений предельно допустимых концентраций для водоемов рыбохозяйственного значения (ПДК_{р/х}) нормируемых биогенных соединений (Об утверждении нормативов..., 2016).

На обследованных станциях Двинского залива количество азота нитритного и аммонийного в период исследования в поверхностном и придонном слоях воды было низким – до 0,005 мг/дм³ (табл. 1). Диапазон

колебаний азота нитратного более широк – от 0,04 до 0,045 и до 0,066 мг/дм³ на поверхности и у дна соответственно, максимальные показатели отмечались на станциях № 3, 5 напротив мысов Яреньгский Рог и Лопшеньгский.

Таблица 1

Статистическая характеристика содержания биогенных веществ в водах Двинского залива Белого моря осенью 2020 г., мг/дм³

Показатель	Среднее ± стандартная ошибка (минимум-максимум)	Стандартное отклонение	Медиана
<i>Поверхностный горизонт</i>			
Азот нитритный	0,003± 0,001 (0,002-0,005)	0,001	0,003
Азот нитратный	0,016± 0,007 (0,004-0,045)	0,018	0,005
Азот аммонийный	0,003± 0,000 (0,002-0,004)	0,001	0,003
Азот органический	0,246± 0,036 (0,152-0,408)	0,088	0,237
Азот общий	0,268± 0,037 (0,202-0,446)	0,091	0,246
Фосфор фосфатный	0,016± 0,003 (0,005-0,022)	0,006	0,018
Фосфор органический	0,008± 0,002 (0,003-0,018)	0,006	0,007
Фосфор общий	0,024± 0,001 (0,021-0,026)	0,002	0,025
Кремний	0,475± 0,057 (0,284-0,592)	0,140	0,553
<i>Придонный горизонт</i>			
Азот нитритный	0,003± 0,001 (0,002-0,005)	0,001	0,002
Азот нитратный	0,021± 0,011 (0,004-0,066)	0,026	0,006
Азот аммонийный	0,003± 0,000 (0,003-0,003)	0,000	0,003
Азот органический	0,204± 0,020 (0,109-0,241)	0,048	0,223
Азот общий	0,231± 0,013 (0,179-0,269)	0,031	0,235
Фосфор фосфатный	0,020± 0,004 (0,007-0,030)	0,010	0,025
Фосфор органический	0,011± 0,003 (0,004-0,021)	0,007	0,009
Фосфор общий	0,031± 0,002 (0,023-0,034)	0,004	0,033
Кремний	0,533± 0,067 (0,283-0,665)	0,164	0,615

Содержание фосфора фосфатного в исследованных пробах воды колебалось в пределах 0,005-0,022 и 0,007-0,030 мг/дм³ на поверхности и у дна соответственно. Диапазон варибельности концентраций кремния достаточно широк – в поверхностном слое от 0,284 до 0,592 мг/дм³, в придонном горизонте – от 0,283 до 0,665 мг/дм³, наибольшее количество его наблюдалось в кутовой части губы и на станциях № 4, 6, расположенных между мысами Куйский и Зимнегорский.

Средняя концентрация общего азота в природных водах колеблется в значительных пределах и зависит от трофности водного объекта: для олиготрофных изменяется обычно в пределах 0,3-0,7 мг/дм³, для мезотрофных – 0,7-1,3 мг/дм³, для эвтрофных – 0,8-2,0 мг/дм³. Концентрация общего растворенного фосфора (минерального и органического) в незагрязненных природных водах изменяется от 0,005 до 0,2 мг/дм³ (Гидрохимические показатели состояния..., 2000).

В Двинском заливе максимальные концентрации валового азота (диапазон колебаний 0,202-0,446 мг/дм³ на поверхности и 0,179-0,269 мг/дм³ у дна) были зафиксированы у м. Яреньгский Рог. Распределение валового фосфора более однородно, пределы колебаний незначительны – 0,021-0,026 и 0,023-0,034 мг/дм³ на поверхности и у дна соответственно.

На обследованных станциях Онежского залива содержание азота нитритного и аммонийного также было низким – до 0,009 мг/дм³ (табл. 2). Диапазон колебаний азота нитратного достаточно широк – от 0,006 до 0,060 мг/дм³ в поверхностном горизонте и от 0,004 до 0,099 мг/дм³ в придонном, максимальные значения фиксировались на станции № 13 в районе губы Сорокская (особенно у дна) и кутовой части залива.

Таблица 2

Статистическая характеристика содержания биогенных веществ в водах Онежского залива Белого моря осенью 2020 г., мг/дм³

Показатель	Среднее ± стандартная ошибка (минимум-максимум)	Стандартное отклонение	Медиана
Поверхностный горизонт			
Азот нитритный	0,005± 0,001 (0,002-0,009)	0,003	0,005
Азот нитратный	0,036± 0,010 (0,006-0,060)	0,024	0,041
Азот аммонийный	0,003± 0,000 (0,002-0,003)	0,000	0,002
Азот органический	0,255± 0,045 (0,172-0,470)	0,110	0,228
Азот общий	0,299± 0,052 (0,188-0,535)	0,126	0,290
Фосфор фосфатный	0,018± 0,003 (0,008-0,027)	0,008	0,021
Фосфор органический	0,007± 0,002 (0,002-0,016)	0,005	0,006
Фосфор общий	0,026± 0,002 (0,021-0,031)	0,004	0,025
Кремний	0,348± 0,016 (0,299-0,396)	0,039	0,336
Придонный горизонт			
Азот нитритный	0,005± 0,001 (0,002-0,009)	0,003	0,005
Азот нитратный	0,039± 0,014 (0,004-0,099)	0,035	0,035
Азот аммонийный	0,003± 0,000 (0,002-0,003)	0,000	0,003
Азот органический	0,326± 0,131 (0,151-0,980)	0,322	0,213
Азот общий	0,373± 0,144 (0,159-1,088)	0,354	0,255
Фосфор фосфатный	0,022± 0,003 (0,011-0,030)	0,008	0,025
Фосфор органический	0,009± 0,004 (0,003-0,024)	0,009	0,005
Фосфор общий	0,032± 0,005 (0,018-0,052)	0,012	0,029
Кремний	0,373± 0,016 (0,320-0,429)	0,038	0,366

Количество фосфора фосфатного варьировало в пределах от 0,008 до 0,027 и от 0,011 до 0,030 мг/дм³ на поверхности и у дна соответственно. Диапазон variability концентраций кремния не так широк, как в Двинском заливе – в поверхностном слое от 0,299 до 0,396 и в придонном горизонте от 0,320 до 0,429 мг/дм³, наибольшее количество его наблюдалось на станциях в кутовой части залива.

Максимальные концентрации валового азота (диапазон колебаний более значительный, чем в Двинском заливе – от 0,188 до 0,535 мг/дм³ на поверхности и от 0,159 до 1,088 мг/дм³ у дна) зафиксированы в районе губы Сорокская. Пределы колебаний валового фосфора менее значительны и составили 0,021-0,031 и 0,018-0,052 мг/дм³ на поверхности и у дна соответственно.

В водах Белого моря значительная часть биогенных элементов (азот, фосфор) представлена органическими соединениями: так, около 90 % азота представлено органическими соединениями и только 10 % – минеральными, а более легко минерализирующегося фосфора 40 % – органическими и 60 % – минеральными (Максимова, Чугайнова, 2014). В наших исследованиях в водах Двинского залива азот органический составил в среднем 92 и 88 % на поверхности и у дна от общего содержания, в Онежском заливе – 85 и 87 % соответственно. Фосфор органический от общего составил 33 и 35 % в Двинском, 27 и 28 % – в Онежском в поверхностном и придонном горизонтах соответственно. В Двинском заливе максимальные концентрации органического азота отмечены у м. Яреньгский Рог, в Онежском заливе – в Сорокской губе.

Поскольку кремний в водах Белого моря находится в достаточном количестве в результате влияния речного стока и обычно не лимитирует развитие фитопланктона, проанализируем соотношение азота к фосфору. По данным М.П. Максимовой, В.А. Чугайновой, (2014), соотношение в среднем для Белого моря составляет: азот органический к фосфору органическому ($N_{орг.}/P_{орг.}$) = 30:1, азота минерального к фосфору минеральному ($N_{мин.}/P_{мин.}$) = 3:1, азота общего к фосфору общему ($N_{общ.}/P_{общ.}$) 11:1. По нашим данным, отношение $N_{мин.}/P_{мин.}$ составили в среднем в Двинском заливе 1,4 на поверхности и 1,3 у дна, в Онежском – 2,4 и 2,1 соответственно (табл. 3). Отношение $N_{общ.}/P_{общ.}$ в Двинском заливе 11,2 и 7,5, в Онежском – 11,5 и 11,7 в поверхностном и придонном горизонте соответственно.

Таблица 3

Соотношение азота к фосфору в водах Двинского и Онежского заливов осенью 2020 г.

Коэффициенты N / P		
$N_{орг.} / P_{орг.}$	$N_{мин.} / P_{мин.}$	$N_{общ.} / P_{общ.}$
	<i>Двинский залив (поверхность / дно)</i>	
30,8 / 18,5	1,4 / 1,3	11,2 / 7,5
	<i>Онежский залив (поверхность / дно)</i>	
36,4 / 36,2	2,4 / 2,1	11,5 / 11,7

Таким образом, в водах обоих заливов не отмечено повышенных значений таких биогенных веществ, как минеральные фосфаты, нитритный,

нитратный и аммонийный азот, которые являются показателями загрязненности воды коммунально-бытовыми и сельскохозяйственными стоками. По полученным результатам концентрации нормируемых биогенных соединений оказались значительно ниже уровня ПДК_{р/х}.

Средние показатели биогенных веществ близки как в поверхностных слоях водной массы Двинского и Онежского заливов, так и в придонных слоях обоих заливов. Исключение составляет содержание нитратов, общего азота и кремния – в Двинском заливе нитратов и общего азота меньше, а кремния, наоборот, больше, чем в Онежском. Речные воды богаты кремнием и, вероятнее всего, такая крупная река, как Северная Двина оказывает на это большое влияние. Также необходимо отметить, что концентрации биогенных соединений на большинстве станций у дна выше, чем на поверхности.

В водах исследованных районов азот органических соединений существенно преобладал над минеральными формами (около 90 %), а легче минерализующиеся соединения фосфора были представлены в среднем на 27-35 % органическими формами. Отношение общего азота к общему фосфору значительно превышало отношение легкодоступных фитопланктону минеральных форм биогенных соединений, что ограничивало биопродуктивность вод обоих заливов.

Список использованной литературы

Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Т.В. Гусева, Я.П. Молчанова, Е.А. Заика [и др.]. – М.: Эколайн, 2000. – 74 с.

Максимова, М.П. Гидрохимический и гидрологический режим прибрежной зоны Белого моря. Марикультура / М.П. Максимова, В.А. Чугайнова. – М.: ИИУ МГОУ, 2014. – 200 с.

Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов. – М.: ВНИРО, 1988. – 119 с.

Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 10.03.2020 г.): приказ Минсельхоза РФ № 552: [принят 13.12.2018] // Министерство юстиции РФ. – 2016 г., № 45203. – М., 2016. – 128 с.

Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. – М.: ВНИРО, 2003. – 202 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ *EUPHAUSIA SUPERBA*

С.А. Мурзина¹, В.П. Воронин¹, Д.Г. Битютский^{1,2}, О.А. Зувев³, А.М. Орлов^{3,4}

¹ Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» (ИБ КарНЦ РАН), г. Петрозаводск

² Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (АзНИИРХ), г. Ростов-на-Дону

³ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН), г. Москва

⁴ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН), г. Москва

Только шесть из одиннадцати видов эвфаузиевых, обитающих в Южном океане, являются эндемичными для района Антарктического полярного фронта: антарктический криль *Euphausia superba*, а также *E. triacantha*, *E. frigida*, *E. vallentini*, *E. crystallophias* и *Thysanoessa macrura* (Кнох, 1994; Mayzaud, Boutoute, Alonzo, 2003). Антарктический криль – наиболее экологически значимый представитель отряда эвфаузиевых ракообразных и незаменимый структурообразующий компонент экосистемы Антарктики, на чем основана ее «криль-центричная» концепция (Status, Change and Future..., 2022). Криль – важный объект питания рыб, в том числе промысловых, околоводных птиц и морских млекопитающих. Экологическая роль криля состоит и в крайне значимом перераспределении органического вещества (круговорот углерода) от высокопродуктивной эпипелагиали к батипелагиали (Antarctic krill *Euphausia*..., 2021; Status, Change and..., 2022). В последнее время активно обсуждается принципиальная роль эвфаузиид, особенно антарктического криля, в поддержании баланса круговорота вещества и энергии в условиях изменения климата. Известно, что устойчивость экосистемы связана с постоянством ее структуры, вещественным и энергетическим балансом (Moving toward a..., 2021).

Экологические факторы, особенно абиотические, а также специфика водных сообществ морской экосистемы и их видовое разнообразие определяют устойчивость системы в целом. Для морских гидробионтов Антарктики, в том числе для антарктического криля, характерен ряд общих экологических и биологических особенностей, среди которых отдельно выделяются скорость роста, размерно-массовые характеристики, уровень липидного и энергетического обмена. Эти признаки и характеристики физиологического состояния и биохимического

метаболизма организма сформировались под действием специфических условий обитания вида.

Изучен жирнокислотный состав общих липидов молоди и половозрелых особей антарктического криля, выловленного в проливах Брансфилда (далее – BS) и Антарктическом (далее – AS), а также в водах восточной оконечности Антарктического п-ова (далее – AP). Материал отобран в рамках 87-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» в период с 22 января по 12 февраля 2022 г. в атлантическом секторе Южного океана. Вылов осуществляли двойной квадратной планктонной сетью (англ. double square net, далее – DSN) с площадью входных отверстий 1 м², оснащенной счетчиком потока воды и крыловидным заглубителем массой 24 кг. Глубина погружения орудия лова определялась на основе показания датчика давления зонда Senti DT. Косые ловы выполнялись в слоях 300-0 м (пролив Брансфилда), 490-0 м (пролив Антарктик) и 210-0 м (восточная оконечность Антарктического п-ова) на скорости судна 2 уз.

Жирнокислотный состав (% суммы жирных кислот (далее – ЖК)) общих липидов молоди и половозрелых особей антарктического криля был изучен с применением метода газовой хроматографии (далее – ГХ) вкуче с масс-селективным (далее – МСД) и пламенно-ионизационным (далее – ПИД) детекторами для определения качественного и количественного составов компонентов соответственно. Полученные данные оценены статистически, а также проанализированы с помощью алгоритмов машинного обучения.

Содержание общих липидов (далее – ОЛ) у молоди криля из пролива Брансфилда и Антарктического достоверно не различалось и составляло 9,4 и 13,9 % сухого вещества соответственно, тогда как у неполовозрелых особей у восточной оконечности Антарктического п-ова было достоверно выше – 24,5 %. Выявлено, что содержание ОЛ у половозрелых особей из трех исследованных районов достоверно различалось: минимум – у криля из пролива Брансфилда (7,5 %), максимум – у особей из акватории восточной оконечности Антарктического п-ова (21,3 %), среднее значение – у криля Антарктического пролива (14,4 %). У гидробионтов полярных регионов тенденции накапливать большой объем липидов и особенности их динамики и расходования обеспечивают поддержку жизнедеятельности и определяют выживаемость особи при изменении факторов среды с учетом особенностей жизнедеятельности в течение года. Особое значение адаптивное поведение подобного рода имеет для водных организмов с многолетним жизненным циклом, к которым относится и антарктический криль, чья продолжительность жизни достигает шести лет (Status, Change and Future..., 2022).

Ординация молодежи и половозрелых особей антарктического криля из трех обследованных районов (AP, AS, BS) и осей идентифицированных жирных кислот (по качественному составу), полученная методом неметрического многомерного шкалирования (далее – NMDS), ориентирует исследованные образцы в виде веера (рис. 1), демонстрируя общность ЖК-состава по качеству. Различия достигаются за счет 23 преимущественно минорных ЖК, причем некоторые из них – трофические маркеры бактерий и микрофитопланктона: 12:0, 13:0, 15:0, iso15:0, iso16:0, 17:0, iso17:0, cy17:0, 19:0, cy19:0, 21:0, 23:0, 24:0, cis14:1(n-5), cis17:1(n-7), trans18:1(n-9), cis24:1(n-9), cis18:3(n-6), cis20:2(n-6), cis20:4(n-6), cis22:2(n-6), cis20:3(n-3).

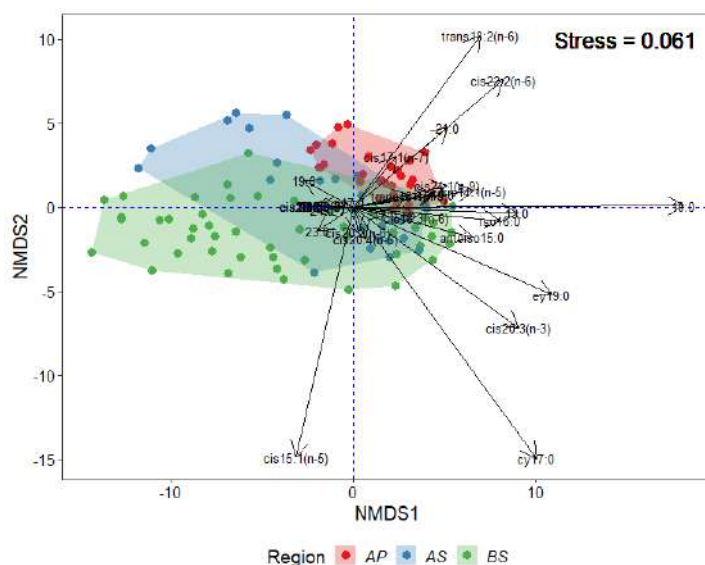


Рис.1. Ординация молодежи и половозрелых особей антарктического криля из трех обследованных районов AP, AS, BS и осей идентифицированных жирных кислот (по качественному составу), полученная методом NMDS

Ординация молодежи и половозрелых особей антарктического криля из трех обследованных районов AP, AS, BS и осей идентифицированных ЖК (по количественному составу), полученная методом NMDS, демонстрирует сильное отличие криля проливов Брансфилда и Антарктического, а также восточной оконечности Антарктического п-ова (рис. 2).

Достоверность отличий криля из пролива Брансфилда от такового из двух других исследованных районов обеспечивается 16 ЖК: 14:0, 16:0, 18:0, 20:0, 23:0, 24:0, cis16:1(n-7), cis17:1(n-7), cis18:1(n-9), cis18:1(n-7), cis20:1(n-9), cis18:2(n-6), cis18:3(n-3), cis18:4(n-3), cis20:5(n-3), cis22:6(n-3).

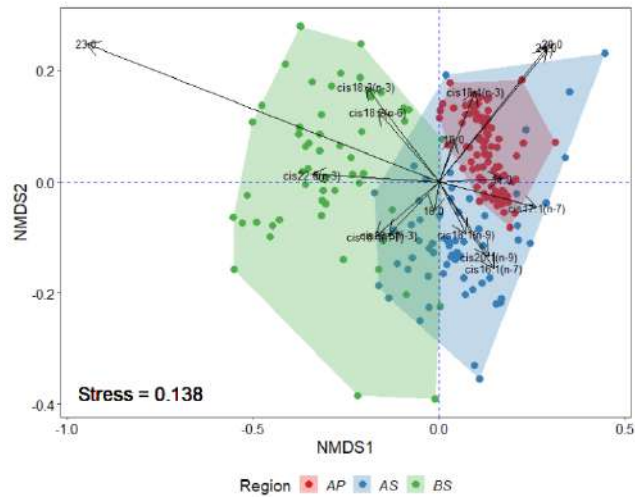


Рис. 2. Ординация молоди и половозрелых особей антарктического криля из трех обследованных районов AP, AS, BS и осей идентифицированных жирных кислот (по количественному составу), полученная методом NMDS

Судя по всему, отмеченное «единство» количественного ЖК-состава антарктического криля Антарктического пролива и восточной оконечности Антарктического п-ова, равно как и его «противоположность» особям из пролива Брансфилда связаны не столько с генно-детерминированными эндогенными особенностями липогенеза, сколько со сложными реакциями компенсации метаболизма криля с окружающей средой, в частности – с различающимися гидрологическими условиями, которые, в свою очередь, определяют состав и структуру планктонных сообществ (кормовую базу). Так, большая часть пролива Брансфилда находилась под влиянием холодной и соленой переходной зональной воды с влиянием вод моря Уэдделла в исследованный сезон. Диапазон температур в проливе составлял от $-0,8$ до $1,7$ °C – в пределах оптимальных температур для роста и развития как молоди, так и половозрелых особей криля (Natural growth rates..., 2006). Следует отметить, что пролив Брансфилда по сумме абиотических и трофических условий для личинок и молоди криля – это ключевой зимовальный, нерестовый и выростной район. Глубоководная часть Антарктического пролива отличалась влиянием вод моря Уэдделла. Температура в этом районе составляла около $-0,6$ °C, со значительным распреснением в поверхностном слое за счет таяния льда. Воды у восточной оконечности Антарктического п-ова находились на границе сплоченных льдов и отличались положительными температурными значениями ($0,1$ °C), однако на глубине 200 м потенциальная температура составляла $-1,8$ °C, где также отмечены высокие значения концентрации Chl *a* ($> 2,4$ mg m⁻³).

Температурные адаптации морских гидробионтов прямым образом связаны с сезонной динамикой метаболизма; для холоднокровных именно температура является ведущим фактором, определяющим ритмичность биологических процессов (Озернюк, 2004). Являясь stenothermic видом, антарктический криль обитает в узком температурном диапазоне от $-1,8$ до 5 °C (Growth limitation in..., 2000). При этом оптимальные температуры у криля в онтогенезе меняются – в возрасте 0+ он населяет поверхностные воды, где значимое влияние на рост и развитие молодежи оказывает температура поверхностного слоя воды, а более старшие животные (возраст 1+) уже способны к вертикальным миграциям с изменением термохалинной структуры вод по глубине (Wiedenmann, Cresswell, Mangel, 2008). Компенсация температурных эффектов связана с поддержанием необходимой для функционирования клеток жидкости мембран, обусловленной ЖК-составом, которая влияет на проницаемость, подвижность компонентов мембраны, активный транспорт, активность мембранных ферментов. До настоящего времени многие аспекты роли некоторых макромолекул, в частности липидов и их ЖК, в компенсации температурных эффектов или температурных адаптациях у эвфаузиевых Антарктики, остаются недостаточно изученными. Так, полиненасыщенные жирные кислоты (далее – ПНЖК) доминировали у молодежи криля за счет (n-3)ПНЖК; достоверно высокое их содержание установлено у особей из пролива Брансфилда (39,6 и 37,3 %). Показатели у особей из восточной части Антарктического п-ова – 30,9 и 29,4 %; из Антарктического пролива – 34,4 и 33,4 % соответственно. Содержание ненасыщенных жирных кислот (далее – НЖК) у неполовозрелых особей из всех обследованных акваторий различалось: BS – 37,5 %, AP – 43,3 %, AS – 41,8 %. Содержание мононенасыщенных ЖК (далее – МНЖК) достоверно не различалось у особей из AP и AS (25,7 и 23,8 % соответственно), но было достоверно ниже у молодежи из BS (22,9 %). Установлено, что содержание ПНЖК, НЖК и МНЖК у половозрелых особей из обследованных регионов достоверно различалось и составляло для ПНЖК, где доминировали (n-3)ПНЖК, у особей из BS, AP, AS – 46,1; 30,3; 36,7 %, для НЖК – 32,4; 43,4; 36,7 %, для МНЖК – 21,5; 26,3; 26,6 % соответственно.

Основную долю комплекса ЖК общих липидов антарктического криля составляют длинноцепочечные и высоконенасыщенные кислоты, что подчеркивает их важную функциональную роль в организме. ПНЖК во многом определяют внутреннюю структуру биологических мембран и условия работы интегральных белков (Рабинович, Рипатти, 1994): если липиды с полиненасыщенными цепями принимают участие в образовании специфического микроокружения интегральных белков, то в силу физико-

химических свойств могут также способствовать поддержке надлежащей конформационной подвижности этих белков и ослаблять негативное воздействие изменений температуры на их активность, так способствуя нормальному функционированию организма.

Характер комплекса абиотических факторов в значительной степени обуславливает специфику трофических взаимодействий, обеспечивающих последовательность циклов развития гидробионтов. О роли ЖК в физиологических процессах у зоопланктона известно не так много, однако доказана важность доли ПНЖК в кормовых объектах. Основной объем ЖК синтезируют фитопланктонные водоросли и некоторые гетеротрофные бактерии. В организме макрозоопланктона ПНЖК используются в неизменном виде и выполняют структурную и запасающую функции. Для зоопланктона эссенциальными ЖК считаются 20:5(n-3) и 22:6(n-3), которые они получают при питании фитопланктоном, поэтому снижение транспорта энергии (в форме этих ЖК) от первичных продуцентов к консументам может быть связано с низким содержанием ЖК в фитопланктоне. В нашем исследовании установлено высокое содержание 16:1(n-7), 20:5(n-3) ЖК в тканях молоди и половозрелых особей криля, которые являются маркерами диатомовых водорослей, что, в том числе, указывает и на предпочтительные объекты питания антарктического криля. Важным является и соотношение 20:5(n-3) к 22:6(n-3), которое при значениях выше 1 выступает индикатором превалирования диатомовых водорослей в рационе. Установлено, что значение этого соотношения у молоди варьировало от 1,5 (пролив Брансфилда) до 3 (Антарктический пролив), у половозрелых особей – от 1,3 (пролив Брансфилда) до 2,3 (Антарктический пролив). Трофические маркеры динофитовых водорослей также установлены – 18:4(n-3), 22:6(n-3), однако их сигнатуры в организме криля выражены в меньшей степени, чем характеристики диатомовых водорослей.

Таким образом, ЖК-спектр общих липидов молоди и половозрелых особей антарктического криля отражает особенности экологических факторов среды конкретных акваторий – абиотических (температура, соленость, гидрологические особенности среды – скорость течений и др.) и биотических (кормовая база, биотические взаимоотношения), а также зависит от физиологического статуса организма, отражающего процессы роста и развития, репродуктивное состояние, возрастные особенности. Компенсаторными изменениями состава ЖК-компонентов у населяющего разные акватории антарктического криля обеспечивается поддержание жизнеспособности этого вида в конкретных и изменяющихся условиях среды. При этом некоторые его физиолого-биохимические особенности (высокое содержание ПНЖК и отдельных ЖК, их набор и композиция)

определяют его экологическую роль в пищевых цепях экосистемы Антарктики и промысловую значимость.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № FMWE-2022-0001, а также государственного задания КарНЦ РАН FMEN-2022-0006.

Список использованной литературы

Озернюк, Н.Д. Онтогенетические температурные адаптации ферментов пойкилотермных животных / Н.Д. Озернюк // Успехи современной биологии. – 2004. – Т. 124, № 6. – С. 534-541.

Рабинович, А.Л. Полиненасыщенные углеводородные цепи липидов: структура, свойства, функции / А.Л. Рабинович, П.О. Рипатти // Успехи современной биологии. – 1994. – Т. 114, вып. 5. – С. 581-594.

Antarctic krill *Euphausia superba*: spatial distribution, abundance and management of fisheries in a changing climate / М.М. McBride, S.O. Schram, A. Renner [et al.] // Marine Ecology Progress Series. – 2021. – Vol. 668. – P. 185-214.

Growth limitation in young *Euphausia superba* under field conditions / R.M. Ross, L.B. Quetin, K.S. Baker [et al.] // Limnology and Oceanography. – 2000. – Iss. 45. – P. 31-43.

Knox, G.A. The biology of the Southern Ocean / G.A. Knox. – Cambridge : University Press. – 1994. – 444 p.

Mayzaud, P. Lipid composition of the euphausiids *Euphausia vallentini* and *Thysanoessa macrura* during summer in the Southern Indian Ocean / P. Mayzaud, M. Boutoute, F. Alonzo // Antarctic Science. – 2003. – Vol. 15, Iss. 4. – P. 463-475.

Moving toward a new era of ecosystem science / G. Yu, S. Piao, J. Peng [et al.] // Geography and Sustainability. – 2021. – Vol. 2, Iss. 3. – P. 151-162.

Natural growth rates in Antarctic krill (*Euphausia superba*): Predictive models based on food, temperature, body length, sex, and maturity stage / A. Atkinson, R. Shreeve, A. Hirst [et al.] // Limnology and Oceanography. – 2006. – Vol. 51. – P. 973-987.

Status, Change and Futures of Zooplankton in the Southern Ocean / N.M. Johnston, E.J. Murphy, A.J. Constable [et al.] // Frontiers in Ecology & Evolution. – 2022. – 41 p.

Wiedenmann, J. Temperature-dependent growth of Antarctic krill: predictions for a changing climate from a cohort model / J. Wiedenmann, K. Cresswell, M. Mangel // Marine Ecology Progress Series. – 2008. – P. 191-202.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ПРИРОДНЫЕ ПОТОКИ УГЛЕВОДОРОДОВ В НОРВЕЖСКО-БАРЕНЦЕВОМОРСКОМ БАССЕЙНЕ

И.А. Немировская, А.Ю. Иванов

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН), г. Москва

В условиях меняющегося климата в последние годы в экосистеме арктических морей, и в частности Норвежско-Баренцевоморского бассейна произошли значительные изменения под влиянием атлантических вод. Сокращение площади многолетних льдов на шельфе, а также запуск в 2014 и 2016 гг. европейских радиолокационных спутников «Sentinel-1A» и «Sentinel-1B» дали уникальную возможность получения информации о состоянии поверхности моря (нефтяном загрязнении и ледовой обстановке) с помощью космических данных. Благодаря этому регулярный спутниковый мониторинг ведется с 2015 г. В последние годы в ряде мест Норвежско-Баренцевоморского бассейна с помощью анализа радиолокационных изображений (РЛИ) были обнаружены многочисленные поверхностные нефтепроявления. Скопления нефтяных пленок (рис. 1) зафиксировали как на судоходных путях и в зонах рыболовства (предположительно из-за загрязнения нефтепродуктами), так и в центральной и северной частях Норвежско-Баренцевоморского бассейна, которые проинтерпретированы как природные нефтепроявления. Различия в интенсивности радиолокационного сигнала, рассеянного в области нефтяного пятна (выглаживание мелких ветровых волн) и на поверхности окружающей воды, позволяют выявлять пленочные (нефтяные) загрязнения моря, включая пятна-слики природного происхождения. Важная особенность Норвежско-Баренцевоморского бассейна – скопление крупных залежей углеводородов (УВ) и наличие протяженных зон выходов метансодержащих растворов и газовых струй из осадочной толщи.

Согласно данным радиолокации, характерная группировка пятен-сликов на поверхности Баренцева моря была установлена в 232 км к юго-востоку от о-ва Хопен и в 370 км к северо-востоку от о-ва Медвежий (см. рис. 1). Эти нефтепроявления впервые обнаружили на РЛИ спутника «Sentinel-1A» в мае 2016 г., а затем на последующих изображениях. Нефтепроявления в этом районе были зарегистрированы на 53 РЛИ и сделаны выводы о наличии группы из трех-пяти подводных источников нефтяных УВ на дне (грифонов или сипов).

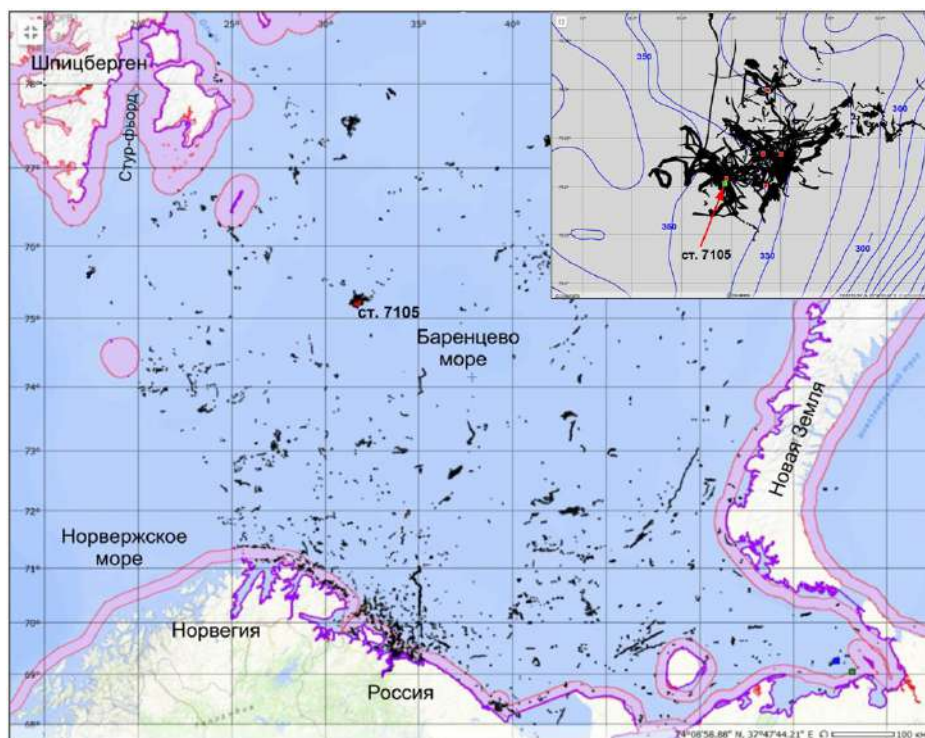


Рис. 1. Сводная карта нефтяных пленок всех типов (выделены черным цветом), обнаруженных в Баренцевом море в ходе мониторинга в 2015-2021 гг. по данным спутниковой радиолокации. Врезка: пространственно-временная группировка пятен-сликов на поверхности моря, над его глубоководной частью (330-345 м) на участке 75,2-75,3° с.ш. и 31,5-31,8° в.д. Красными точками обозначены места выхода нефти на поверхность моря, зелеными – ст. 7105

В августе 2021 г. в 84 рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» в этом районе (ст. 7105, см. рис. 1) с помощью мультикорера (Mini Muc K/MT 410, KUM, Германия) был отобран ненарушенный керн донного осадка. Цель исследования – верифицировать данные дистанционного зондирования, т.е. сопоставить результаты радиолокационного спутникового мониторинга с результатами анализа содержания и состава алифатических (АУВ) и полициклических ароматических (ПАУ) углеводородов в донных осадках.

Отобранную колонку осадка делили по слоям через 1 см и замораживали до анализа в лаборатории, где пробы сушили при 50°C. Из фракции осадка 0,25 мм экстрагировали УВ ультразвуковым методом метиленхлоридом. Концентрацию АУВ определяли ИК-методом на спектрофотометре «IRAffinity-1» фирмы «Shimadzu» (Япония), алканы – газохроматографическим методом на хроматографе «Кристалл-Люкс 4000 М» (Россия), суммарную концентрацию ПАУ – флуоресцентным методом на приборе «Trilogy» (США). Их состав устанавливали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на приборе «Lab

Alliance» Shimadzu (Япония), $C_{орг}$ в донных осадках – на «ТОС-L» Shimadzu (Япония).

Отобранный восстановленный донный осадок до глубины 13 см состоял из алеврито-пелитового ила темно-оливково-серого цвета, а глубже прослеживались единичные включения галечного материала. На поверхности и в толще осадка наблюдалось большое количество погнофоров и их трубок. Осадок на глубине 5 см становился комковатым, на глубине 7 см появлялись гидротроилитовые примазки и микропрослой, количество которых увеличивалось с глубиной, 15 см – осадок уплотнялся, 20 см – в нем появлялся запах сероводорода.

Содержание $C_{орг}$ в осадке было высоким как в поверхностных горизонтах, так и в нижнем (25-26 см) – $> 2\%$ (рис. 2а). Их концентрация определялась гранулометрическим составом осадка, между влажностью осадка и $C_{орг}$ установлена зависимость с высоким коэффициентом корреляции ($r = 0,94$, $n=26$, $p < 0,05$).

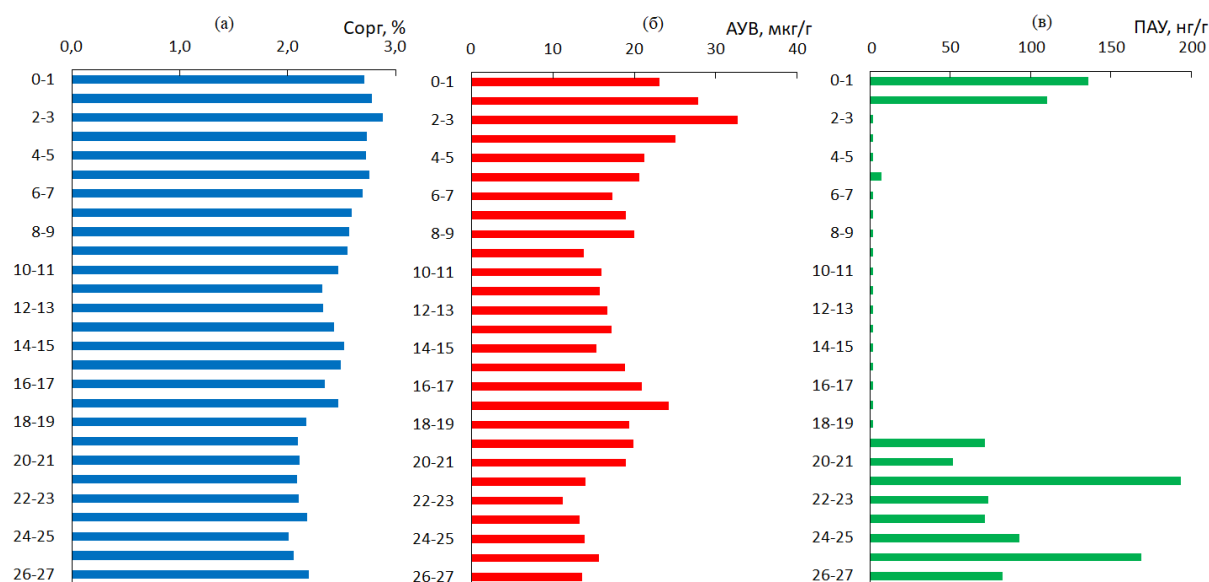


Рис. 2. Распределение в толще донных осадков на ст. 7105: а – $C_{орг}$; б – АУВ; в – ПАУ

Содержание АУВ оказалось низким (см. рис. 2б). Их величины изменялись от 33 (горизонт 2-3 см) до 11 (горизонт 22-23 см) мкг/г и неравномерно снижались с глубиной захоронения. В составе $C_{орг}$ доля АУВ не превышала 0,10 %, с более высокими величинами на горизонте 2-3 и 17-18 см, и между распределением $C_{орг}$ и АУВ в толще осадка наблюдалась зависимость ($r = 0,70$, $n = 26$, $p < 0,05$).

В составе алканов (рис. 3а) доминировали низкомолекулярные гомологи, и отношение L/H (низко- к высокомолекулярным алканам) на горизонте 26-27 см было почти в 2 раза выше (1,21), чем на горизонте 24-

25 см (0,61), при этом доминировали n-алканы над изо соединениями, особенно в нижних горизонтах ($n-C_{17}/i-C_{19}=7,92$), и пристан в нижнем горизонте преобладал над фитаном – $i-C_{19}/i-C_{20}=0,13$ (горизонт 18-19 см), 24,4 (горизонт 23-25 см). Все это указывало на нетипичный, автохтонный, малообразованный состав АУВ в глубинных горизонтах осадков.

Содержание ПАУ в керне осадка изменялось от 2 до 193 нг/г (см. рис. 2в). Их концентрация на горизонте 2-3 см уменьшалась практически до аналитического нуля, что соответствует обычному распределению в осадочной толще, так как считается, что главный источник полиаренов – атмосфера. В нижних горизонтах (19-27 см) происходило их неравномерное увеличение. Максимальная концентрация ПАУ оказалась не в поверхностном слое, как это обычно наблюдается, а в толще донных осадков на горизонте 21-22 см (см. рис. 2в). Изучение состава ПАУ методом ВЭЖХ (см. рис. 3б) установило повышенную долю нафталинов с максимумом на горизонте 26-27 см (39 % от суммы ПАУ).

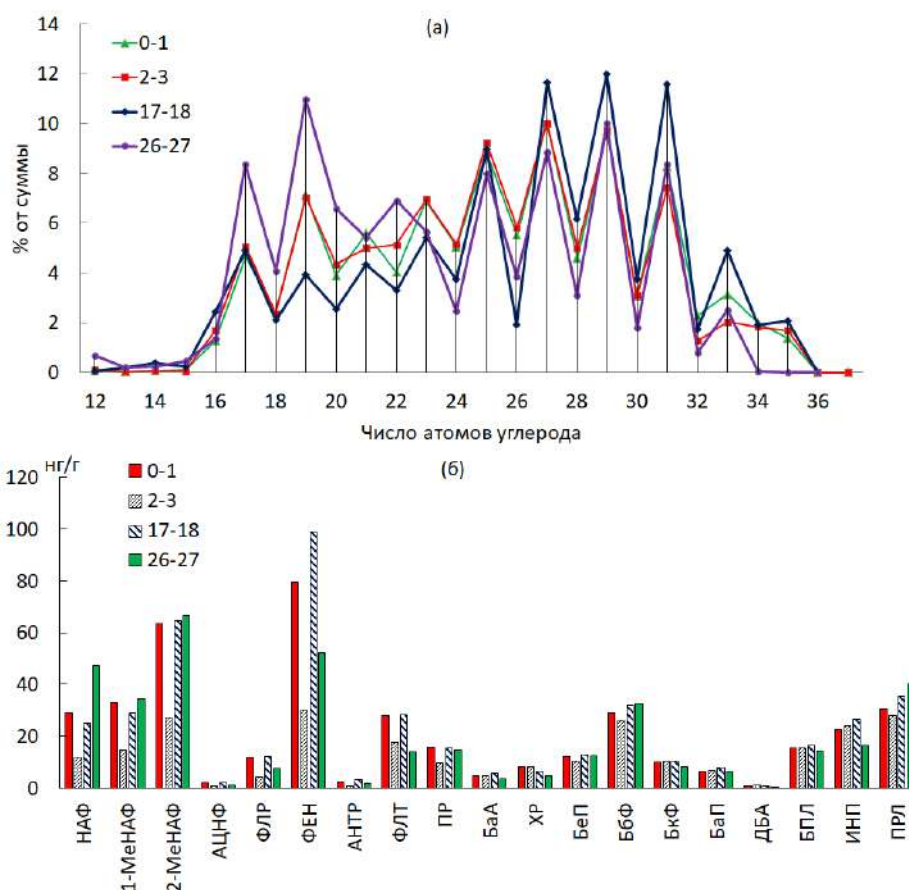


Рис. 3. Состав в керне донного осадка на ст. 7105 на разных горизонтах алканов (а) и ПАУ (б): нафталин (НАФ); 1-метилнафталин (1-МеНАФ); 2-метилнафталин (2-МеНАФ); аценафтен (АЦНФ); флуорен (ФЛР); фенантрен (ФЕН); антрацен (АНТР); флуорантен (ФЛТ); пирен (ПР); бенз(а)антрацен (БаА); хризен (ХР); бенз(е)пирен (БеП); бенз(б)флуорантен (БбФ); бенз(к)флуорантен (БкФ); бенз(а)пирен (БаП); дибенз(а,н)антрацен (ДБА); бенз(г,н,и)перилен (БПЛ); индено[1,2,3-с,д]пирен (ИНП); перилен (ПРЛ)

Это в достаточной степени неожиданно, так как нафталины наименее устойчивые соединения в составе ПАУ, которые должны разлагаться в процессе седиментации. Поэтому можно также считать, что они образовались непосредственно в осадочной толще, причем содержание 2-метилнафталина (маркера нефтяного происхождения полиаренов) превышало в отдельных горизонтах концентрацию фенантрена, наиболее распространенного полиарена в донных осадках (см. рис. 3б). Повышенные концентрации перилена, содержание которого обычно увеличивается с глубиной захоронения, в нижней части колонки осадка (≥ 40 нг/г) было незначительно выше, чем в верхней. Последнее также подтверждает миграционное флюидное образование УВ.

Таким образом, результаты исследования УВ в донных осадках на ст. 7105, выполненной в месте обнаружения нефтепроявлений, указывают на их природное образование в осадочной толще, что определяет специфику поведения. В связи с этим можно утверждать, что группа сликов, обнаруженных по данным спутниковой радиолокации, имеет природное происхождение. Это заключение подтверждено независимыми исследованиями содержания и состава УВ в осадочной толще.

Кроме того, исследования в 2019-2020 гг. в Норвежско-Баренцевоморском бассейне – хребет Мона, шельф архипелага Шпицберген, Стур-фьорд, Медвежинский желоб, центральная часть Баренцева моря, шельф Новой Земли, желоб Франца-Виктории – показали, что антропогенное поступление УВ в донные осадки ограничено прибрежными районами, где увеличивается их содержание в составе $C_{орг}$. В частности, в 2019 г. при концентрации АУВ 64 мкг/г, а ПАУ 600 нг/г в песчаных осадках Канинской банки (при влажности 17,4 %) их доля достигала аномально высокого значения в составе $C_{орг}$: АУВ – 11,7 %, ПАУ – 0,13 %. В составе n-алканов поверхностного слоя донных осадков в большинстве районов незначительно преобладали легкие гомологи, так как отношение $L/N = \sum(C_{12}-C_{24})/\sum C_{25}-C_{37}$ в среднем составило 1,22, что может свидетельствовать об интенсивности автохтонных процессов.

В 2020 г. (рис. 4) установили, что в донных отложениях распределение АУВ (3-186 мкг/г) и ПАУ (3-9934 нг/г) определяло не только условия седиментации и гранулометрического состава осадков, но и изменчивость окислительно-восстановительных условий в осадочной толще и молекулярную диффузию УВ из продуктивных горизонтов. На склоне желоба Стур-фьорда (юго-восточный Шпицберген) на глубине 392 м при максимальном (186 мкг/г) содержании АУВ их доля в составе $C_{орг}$ оказалась повышенной (1,18 %). В этом районе, согласно гидрофизическим данным, был установлен наиболее мощный флюидный поток. Газовый факел поднимался над дном на высоту более 100 м.

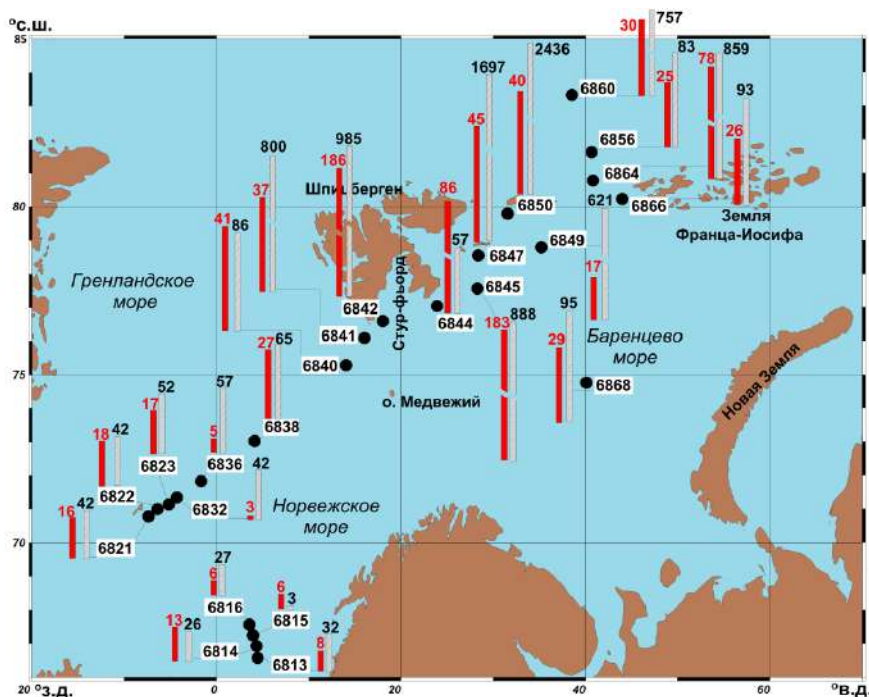


Рис. 4. Распределение в поверхностном слое донных отложений в 2020 г.:
АУВ – красные столбцы, мкг/г; ПАУ – заштрихованные столбцы, нг/г;
номера станций – черные кружки

Необходимо учитывать, что практически половина (600 тыс. т, или 46 %) от суммарного поступления в Мировой океан нефтяных УВ составляют не антропогенные источники, а природные – флюидное поступление УВ из осадочной толщи в нефтегазоносных районах. Сведения о составе и фоновых концентрациях этих УВ довольно противоречивы. Предполагается существование нескольких типов систем, в которых может происходить поступление УВ из толщи осадков. Обычно высачивается нефть с низкой температурой застывания и в ее составе обнаружены, как и на ст. 7105, низкомолекулярные биогенные УВ.

Кроме того, известно, что в акваториях, где возможны потоки нефти со дна, скорость их высачивания значительно меняется во времени и пространстве. Скорее всего, этим обусловлена изменчивость в количестве нефтяных пятен-сликов на поверхности акваторий от года к году.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ: тема № FMWE-2021-0006 – геохимические исследования, тема № FMWE-2021-0001 – обработка и анализ спутниковых данных; обобщение материала – при поддержке Российского научного фонда: проект № 19-17-00234-П).

ИССЛЕДОВАНИЯ ПИНРО В ОБЛАСТИ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ПОСЛЕДНЕЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ

*М.А. Новиков, Е.А. Горбачева, А.М. Лаптева, Т.А. Зимовейскова
Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

Лаборатория химико-аналитических исследований «ПИНРО» им. Н.М. Книповича ежегодно проводит оценку загрязнения экосистемы Баренцева моря в рамках выполнения государственного задания по теме «Оценка состояния, распределения, численности и воспроизводства водных биологических ресурсов, а также среды их обитания». Изучается загрязнение воды, донных отложений и промысловых гидробионтов, представителей ихтиофауны и беспозвоночных Баренцева моря и восточной части Норвежского морей. Исследуются более 15 параметров загрязнения, включая содержание токсичных тяжелых металлов (Hg, Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr, Co, Mn), мышьяка, хлорорганических пестицидов (ДДТ), гексахлорбензол (ГХБ), гексахлорциклогексан (ГХЦГ), а также полихлорбифенилов (ПХБ), полиароматических (ПАУ) и нефтяных углеводородов. Аналитические работы выполняются на высокоточном оборудовании ведущих мировых производителей (Shimadzu, Япония; Hewlett-Packard, США и др.)

За период с 2012 по 2021 г. при проведении мониторинга качества промысловых гидробионтов выполнено более 700 станций отбора проб рыбы и беспозвоночных в 31 районе Баренцева моря (рис. 1). Всего исследовано 2287 проб более 20 видов гидробионтов, основная часть которых изучается на регулярной основе (рис. 2): определяется содержание загрязняющих веществ в мышцах и печени атлантической трески, пикши, камбалы-ерша, черного (синекорого) палтуса, морской камбалы, мойвы, сайки, сайды, пятнистой, полосатой и синей зубаток, камчатского краба, краба-стригуна опилио, северной креветки и других.

Из рис. 2 следует, что количество исследованных проб биоты в период с 2013 г. имеет устойчивую тенденцию к возрастанию, несмотря на объективные трудности последних трех лет: пандемию COVID-19, устаревание парка оборудования, реорганизацию института и др. Больше внимания стало уделяться исследованию промысловых беспозвоночных, в том числе северной креветки.

Показано, что величины содержания ГХБ и суммы изомеров ГХЦГ в мышцах и печени рыб Баренцева моря не превышали допустимые в России уровни. Величины суммарного содержания 11 определяемых конгенов

ПХБ, а также суммы ДДТ и его метаболитов в мышцах и печени промысловых рыб также были во много раз ниже допустимых уровней.

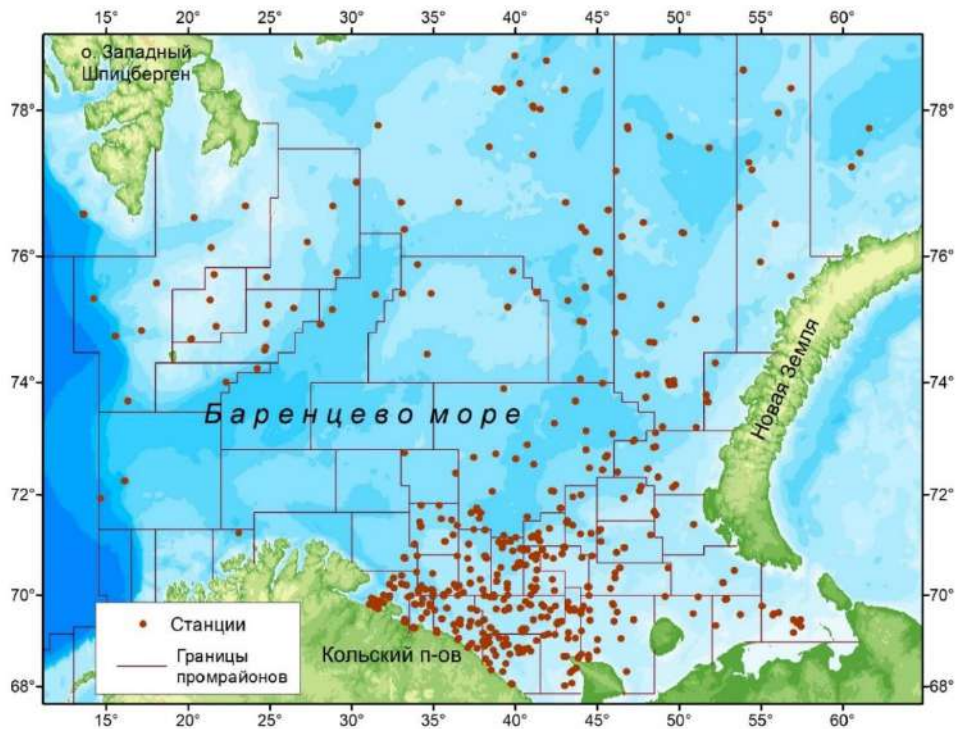


Рис. 1. Станции отбора проб гидробионтов в Баренцевом море и сопредельных водах на загрязнение в 2012-2021 гг.

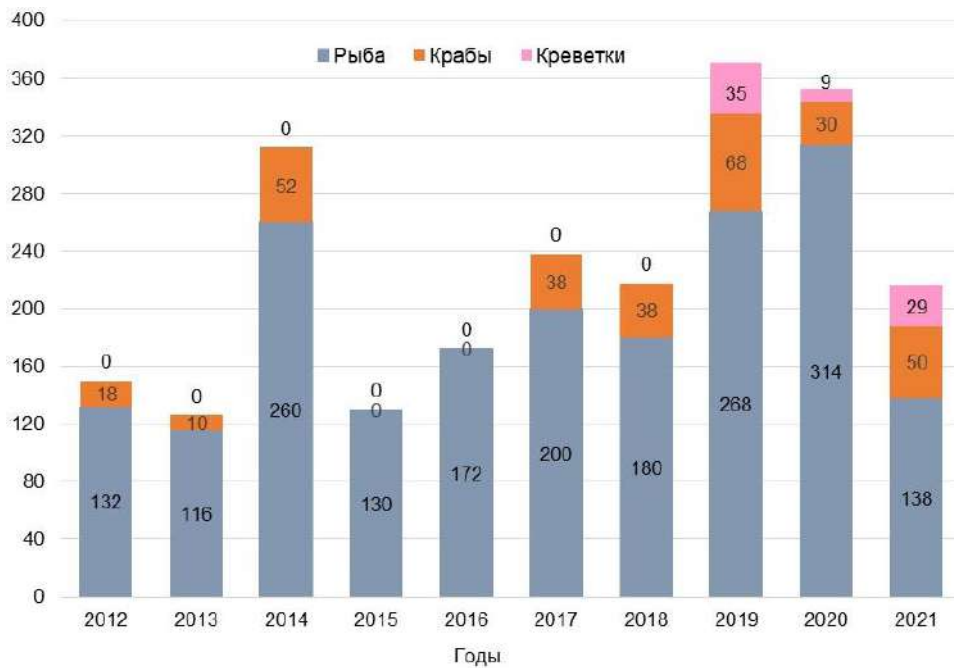


Рис. 2. Количество обработанных проб промысловых гидробионтов из Баренцева моря и сопредельных вод в 2012-2021 гг.: рыбы – 1910 проб; крабы – 304; креветки – 73 пробы

Согласно принятым в России нормативам, в мышцах морских рыб и беспозвоночных из металлов нормируется содержание свинца, кадмия, ртути и мышьяка, а в печени – содержание свинца, кадмия и ртути. Среднее содержание нормируемых токсичных микроэлементов, за исключением общего As, в мышцах и печени рыб и беспозвоночных, как правило, не превышает допустимые уровни. Содержание общего As в мышцах трески, пикши, камбалы-ерша, зубатки пестрой, камчатского краба и северной креветки регулярно незначительно превышает предельный допустимый уровень 5 мкг/г сырой массы. Нами показано, что подобная ситуация не представляет опасности для потенциальных потребителей этих гидробионтов и продукции из них, так как является следствием повышенного регионального природного фона (Новиков, Горбачева, Лаптева, 2021).

За период 2012-2021 гг. при выполнении мониторинга качества морской воды и донных отложений выполнено более 450 станций отбора проб. Всего исследовано 886 проб воды и 432 пробы донных отложений (рис. 3).

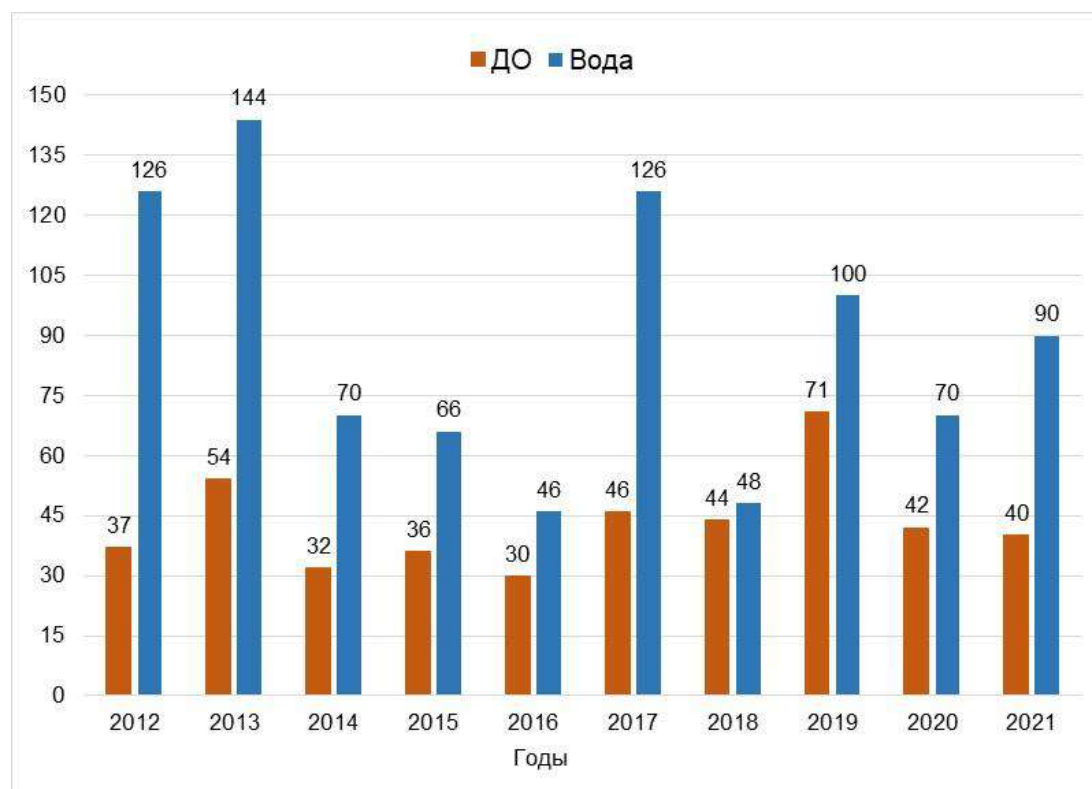


Рис. 3. Количество обработанных проб воды и донных отложений (ДО) из Баренцева моря в период 2012-2021 гг.

Определяемые концентрации хлорорганических пестицидов и суммы ПХБ в воде Баренцева моря за весь период исследований, как правило, были значительно ниже установленных в России ПДК (предельно допустимых концентраций) для воды рыбохозяйственных водоемов. В губах и заливах побережья Мурмана (Кольский и Мотовский заливы, губы Териберская,

Опасова, Лодейная, Орловка и др.) периодически наблюдается превышение ПДК по нефтяным углеводородам и ПАУ.

По данным наших исследований, концентрации меди, цинка, никеля, свинца, кадмия, ртути и мышьяка в воде Баренцева моря лишь изредка превышали установленные ПДК, причем это превышение, как правило, имело краткосрочный сезонный характер. Чаще превышение ПДК наблюдалось по Cu и Zn, реже – по Hg. Содержание загрязняющих веществ донных отложений в России не нормируется.

Основные результаты исследований лаборатории в области загрязнения биоты, воды и донных отложений опубликованы в обобщающих статьях и Атласах загрязнения среды обитания в Баренцевом море (Лаптева, Плотицына, 2017; Жилин, Плотицына, Лаптева, 2018; Драганов, Новиков, 2020; Новиков, Драганов, 2021; Новиков, 2021; Новиков, Горбачева, Лаптева, 2021). Первичные материалы хранятся, обрабатываются и анализируются в электронных базах данных лаборатории, охватывающих загрязнение воды, донных отложений, промысловых рыб и беспозвоночных.

В рамках работ со сторонними организациями в период с 2012 по 2015 г. включительно в лаборатории продолжались начатые в 2010 г. мониторинговые исследования на акватории Приразломного и Долгинского нефтяных месторождений, расположенных в юго-восточной части Баренцева моря (Печорское море). Ежегодно, преимущественно в августе-сентябре, отбирались пробы на содержание тяжелых металлов, ПАУ, н-парафинов, ПХБ и хлорорганических пестицидов в морской воде, донных отложениях и макрозообентосе. Получены уникальные данные регулярных многолетних наблюдений за уровнем загрязнения среды и биоты Печорского моря, представляющие значительную научную ценность.

Отдельное направление исследований в лаборатории – изучение токсичности донных отложений методом биотестирования. В качестве тест-организмов используются культура одноклеточной водоросли *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin и личинки жаброногого рачка *Artemia salina* L. Эти биотесты рекомендованы в России для определения токсичности морских вод и донных отложений. В 2012-2021 гг. исследована токсичность донных отложений, отобранных на 133 станциях, расположенных как в прибрежье, так и в мористой части Баренцева моря (рис. 4). Всего за указанный период было поставлено более 260 экспериментов. Получены данные о качестве донных отложений на разрезе «Кольский меридиан», в губах и заливах Кольского п-ова и основных промысловых районах Баренцева моря (см. рис. 4). Согласно данным биотестирования, донные отложения на большей части Баренцева моря не токсичны для тест-организмов. Доля токсичных среди изученных проб донных отложений не превышала 17 %. Токсичные донные отложения регистрировали преимущественно в желобах (Норвежский, Центральный,

Южно-Новоземельский и Западно-Новоземельский) и южных районах Баренцева моря, а также на стандартном гидрологическом разрезе «Кольский меридиан». Среди токсичных донных отложений преобладали слаботоксичные (Горбачева, 2017а,б, 2018, 2019, 2020).

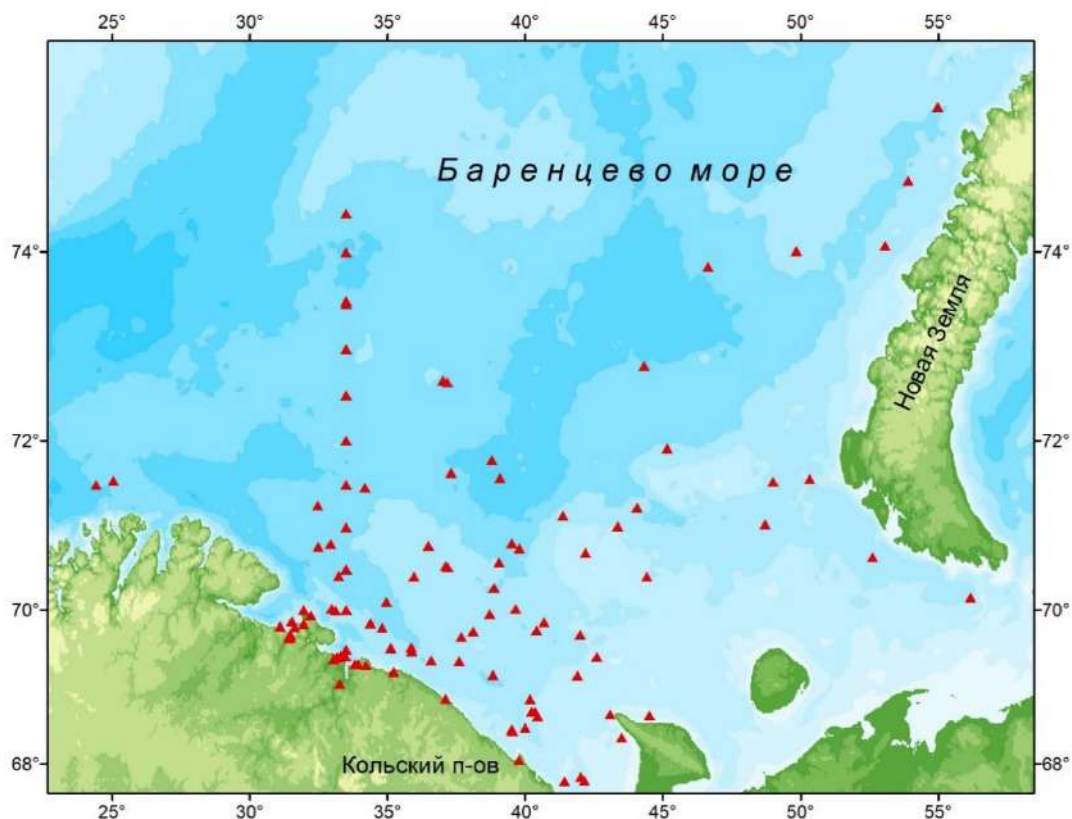


Рис. 4. Станции отбора проб донных отложений для исследования их токсичности в 2012-2021 гг.

За указанный период сотрудниками лаборатории химико-аналитических исследований (ранее – прикладной экологии и токсикологии, рыбохозяйственной экологии) в части мониторинга загрязнения биоты и среды ее обитания опубликовано более 100 научных материалов (статьи, доклады, тезисы и т.п.). В качестве одного из инициативных направлений исследований можно выделить разработку показателей фонового уровня содержания тяжелых металлов и мышьяка в воде, донных отложениях и биоте Баренцева моря (Новиков, 2017, Новиков, Драганов, 2017, 2018; Новиков, Горбачева, Лаптева, 2021). Отдельное внимание, в сотрудничестве с учеными из лабораторий морских биоресурсов и гидробиологии, было уделено изучению проблемы распределения антропогенного мусора, главным образом макропластика на дне и в пелагиали Баренцева, Карского и других морей Северного Ледовитого океана (Состав и распределение..., 2021; Benzik, Orlov, Novikova, 2021).

Полученные лабораторией за последнее десятилетие данные мониторинга подтверждают общий незначительный уровень загрязнения водных биологических ресурсов Баренцева моря и среды их обитания. В краткосрочной перспективе наблюдаемые уровни содержания загрязняющих веществ в Баренцевом море не окажут существенного негативного влияния на физиологическое состояние и запасы основных промысловых видов рыб и беспозвоночных региона.

Список использованной литературы

Горбачева, Е.А. Токсикологические исследования донных отложений прибрежных районов Баренцева моря / Е.А. Горбачева // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2017. – Т. 41. – С. 11-15.

Горбачева, Е.А. Оценка качества донных отложений центральных районов Баренцева моря методом биотестирования / Е.А. Горбачева // Вода: химия и экология. – 2017. – № 6(108). – С. 71-77.

Горбачева, Е.А. Использование биотестирования для оценки загрязнения донных отложений южных районов Баренцева моря / Е.А. Горбачева // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2018. – № 8(177). – С. 67-73.

Горбачева, Е.А. Использование биотестирования для оценки качества донных отложений района с низким уровнем загрязнения – разрез «Кольский меридиан» (Баренцево море) / Е.А. Горбачева // Экологические системы и приборы. – 2019. – № 11. – С. 41-47.

Горбачева, Е.А. Экотоксикологические исследования донных отложений центральных и восточных районов Баренцева моря / Е.А. Горбачева // Вестн. МГТУ: Тр. Мурман. гос. техн. ун-та. – 2020. – Т. 23, № 2. – С. 122-130.

Драганов, Д.М. Атлас загрязнения водных масс Баренцева моря / Д.М. Драганов, М.А. Новиков; отв. ред. О.В. Титов; Полярн. фил. ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича). – Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2020. – 276 с

Жилин, А.Ю. Мониторинг стойких органических загрязнителей и тяжелых металлов в промысловых рыбах Медвежинско-Шпицбергенского района / А.Ю. Жилин, Н.Ф. Плотицына, А.М. Лаптева // Вестн. Кольского науч. центра РАН. – 2018. – № 3(10). – С. 78-86.

Лаптева, А.М. Микроэлементы в донных отложениях Баренцева моря на стандартном разрезе «Кольский меридиан» / А.М. Лаптева, Н.Ф. Плотицына // Вестн. МГТУ: Тр. Мурман. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 20, № 1/2. – С. 242-251.

Новиков, М.А. К вопросу о фоновых значениях уровней содержания тяжелых металлов в донных отложениях Баренцева моря / М.А. Новиков //

Вестн. МГТУ: Тр. Мурман. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 20, № 1/2. – С. 280-288.

Новиков, М.А. Комплексный методический подход к определению фоновых значений уровней содержания микроэлементов в водных массах Баренцева моря на примере Cd, Co, Cu и Ni / М.А. Новиков, Д.М. Драганов // Вестн. КРАУНЦ (Камчат. регион. организации «Учеб.-науч. центр». Сер.: Науки о Земле. – 2017. – № 2, вып. 34. – С. 37-48.

Новиков, М.А. Определение фоновых значений содержания Hg, Zn, Pb и Cr в водных массах Баренцева моря / М.А. Новиков, Д.М. Драганов // Вестн. КРАУНЦ (Камчат. регион. организации «Учеб.-науч. центр». Сер.: Науки о Земле. – 2018. – Т. 37, № 1. – С. 72-83.

Новиков, М.А. Стойкие органические загрязнители в донных отложениях Баренцева моря / М.А. Новиков // Водные ресурсы. – 2021. – Т. 48, № 3. – С.334-343.

Новиков, М.А. Атлас загрязнения донных отложений Баренцева моря / М.А. Новиков, Д.М. Драганов; отв. ред. А. Ю. Жилин; Полярн. фил. ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича). – Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2021. – 183 с.

Новиков, М.А. Содержание мышьяка в промысловых рыбах Баренцева моря (по многолетним данным) / М.А. Новиков, Е.А. Горбачева, А.М. Лаптева // Известия ТИНРО. – 2021. – Т. 201, вып. 4. – С.833-844.

Состав и распределение морского антропогенного мусора на акватории Баренцева моря / Новиков М.А., Горбачева Е.А., Прохорова Т.А., Харламова М.Н. // Океанология. – 2021. – Т. 61, № 1. – С.56-66.

Benzik, A.N. Marine seabed litter in Siberian Arctic: a first attempt to assess / A.N. Benzik, A.M. Orlov, M.A. Novikov // Marine Pollution Bulletin. – 2021. – Vol. 172. – Iss. 112836. – P. 1-8.

ЧТО ЗА РЫБА – СЕЛЬДЬ КАРСКОГО МОРЯ? ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ТИХООКЕАНСКОЙ СЕЛЬДИ КАРСКОГО МОРЯ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ПАЦИФИКИ

С.Ю. Орлова¹, С.М. Расторгуев², О.Р. Емельянова¹,
Д.С. Курносов³, А.В. Недолужко⁴

¹ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

² Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва

³ Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток

⁴ АНООВО Европейский университет в Санкт-Петербурге, г. Санкт-Петербург

Введение

Тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii* – вид рыб умеренно-холодноводного комплекса Северной Пацифики и Арктики, один из важнейших объектов промысла с ареалом в азиатской части от Чукотского моря до Японского. Также тихоокеанская сельдь обитает в Белом, Печорском и Карском морях. В составе малопозвоночных сельдей рассматривают три подвида: тихоокеанскую (*C. pallasii pallasii*), чешско-печорскую (*C. pallasii suworowi*) и беломорскую (*C. pallasii marisalbi*) сельди. В пределах ареала тихоокеанская сельдь образует две экологические формы: морскую и озерную (Андрияшев, Чернова, 1994; Науменко, 2001; Гриценко, 2002; Genetic relationship between..., 2019; Ivshina, 2000). В настоящее время в северной части Тихого океана известно около двадцати популяций озерной сельди (Трофимов, 2002).

Ранее были проведены генетические работы на различных молекулярных маркерах: аллозимах, микросателлитных локусах и фрагментах митохондриальной ДНК (Электрофоретический анализ белков..., 1983, Внутривидовая структура тихоокеанской..., 2011; Предварительные данные по..., 2012; Микросателлитная изменчивость тихоокеанской..., 2018; Генетическая изменчивость тихоокеанской..., 2016; Kurnosov, Orlova, 2021; Population structure of..., 2018, Genetic relationship between..., 2019).

Цель данной работы – проанализировать полиморфизм фрагмента контрольного региона мтДНК (*D-loop*) и большого количества единичных замен (*SNP*) в геноме тихоокеанской сельди как для оценки ее популяционной структуры в пределах обследованной акватории, так и для определения популяционной принадлежности сельди Карского моря.

Материалы и методы

Отбор и подготовка проб. В работе исследовали 683 образца для анализа полиморфизма контрольного региона мтДНК и 54 образца для анализа полиморфизма SNP, собранных из различных частей ареала тихоокеанской сельди, включая образцы из Карского моря. Карское море – акватория возможного совместного обитания двух видов сельди: тихоокеанской и атлантической *S. Harengus*, поэтому предварительно образцы по контрольному региону мтДНК были проверены на принадлежность к тихоокеанской сельди (Genetic relationship between..., 2019), чтобы исключить случайное попадание образцов атлантической сельди в выборки из Карского моря.

Пробы тканей (фрагмент грудного плавника) тихоокеанской сельди фиксировали 96 %-ным этанолом. Выделение и очистку ДНК проводили с помощью набора для выделения ДНК WizardSV 96 Genomic DNA Purification System («Promega», США) согласно протоколу фирмы-изготовителя. Определение качества и концентрацию двухцепочечной выделенной ДНК оценивали на Qubit 2.0 fluorimeter.

Геномные библиотеки. Предварительно были подготовлены геномные библиотеки 54 образцов тихоокеанской сельди из различных точек ареала для секвенирования NGS по методике, описанной П. Франчини (quaddRAD: a new..., 2017). Далее проведена оценка качества геномных библиотек и секвенирование полученных нуклеотидных последовательностей на ячейке S2 геномном анализаторе Illumina Novaseq6000. После секвенирования последовательностей проведено демультимплексирование – разделение объединенного файла (или пары файлов, библиотек) на отдельные файлы для каждого образца и удаление уникальных меток (штрих-кодов) для каждого образца. Далее было проведено картирование наших последовательностей на референсный геном атлантической сельди, заимствованный из открытой базы генетических данных NCBI (ftp://ftp.ncbi.nlm.nih.gov/genomes/Clupea_harengus/) (картирование). Была проведена проверка полученного файла с поиском единичных замен в секвенированных последовательностях тихоокеанской сельди. Всего в проанализированных образцах тихоокеанской сельди обнаружено 1909252 локусов (единичных замен). После очистки в итоге осталось 192433 локусов, разбросанных на 26 хромосомах. Конечный файл имеет размер 187,3 Мб.

Анализ генетической дифференциации. Для анализа использовалась программа R (версия 4.0.0) и различные биоинформационные пакеты. В работе оценивали генетическое расстояние по Нею (Nei's distance), где значения генетического сходства могут изменяться от 0 (нет общих аллелей) до 1 (все частоты аллелей одинаковые), то есть общими между иссле-

двумя выборками являются от 0 до 100 % аллелей. Эту матрицу расстояний использовали при построении филогенетического дерева. Для структурирования полученных данных проведена кластеризация К-средних и для определения количества кластеров генетически связанных индивидуумов использованы многовариантные методы, такие как дискриминантный анализ основных компонент (DAPC). Проведен анализ главных компонент (PCA), где наблюдаемые данные SNP были преобразованы в набор значений линейно некоррелированных переменных, называемых основными компонентами, которые суммируют различия между выборками.

Результаты

Фрагмент контрольного региона мтДНК. В исследованных образцах тихоокеанской сельди по фрагменту контрольного региона (373 п.н.) обнаружено 122 гаплотипа, из которых 51 отмечен более чем у одной особи (рис. 1). Выявлены массовые гаплотипы, встречающиеся практически во всех выборках: H1, H2, H5, H7, H9, H11, в том числе и у рыб из вод Карского моря.

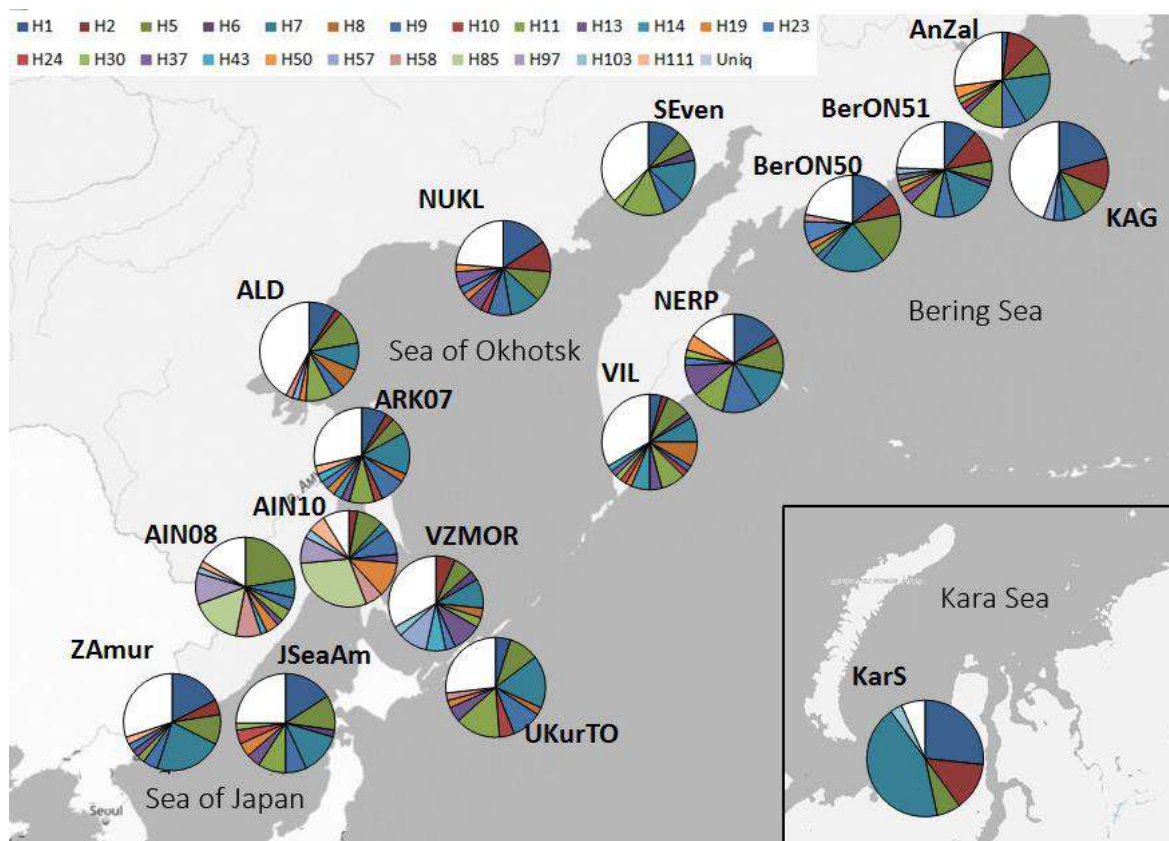


Рис. 1. Соотношение гаплотипов *D-loop* мтДНК тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* в различных выборках (доли гаплотипов, встречающихся в изучаемой популяции сельди менее 3 раз не закрашены)

Рассчитан показатель гаплотипического разнообразия (Hd) для всех исследованных выборок сельди (табл. 1). Обнаружено достоверное снижение гаплотипического разнообразия в выборке из Карского моря ($Hd = 0,74$) по сравнению с выборками из вод тихоокеанского региона. В выборке из Карского моря найдены гаплотипы, относящиеся к гаплогруппе А (Азиатский регион).

Таблица 1

Генетическое разнообразие исследованных выборок тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* по фрагменту контрольного региона мтДНК

Выборка	N	S	Eta	h	Hd	V	σ
AIN10	34	20	21	14	0,889	0,00147	0,038
AIN08	49	23	24	19	0,91	0,00057	0,024
NERP	39	16	16	15	0,926	0,00031	0,018
VIL	48	24	25	28	0,971	0,0001	0,01
ALD	45	26	26	29	0,968	0,00016	0,013
JSea_A	44	22	23	20	0,932	0,00036	0,019
ARK07	35	22	23	22	0,961	0,00028	0,017
AnZal	48	18	19	20	0,926	0,00035	0,019
BerON50	41	20	20	18	0,905	0,00069	0,026
BerON51	45	19	20	23	0,945	0,00028	0,017
KAG	29	24	24	17	0,941	0,00075	0,027
KarS	30	8	8	7	0,74	0,00333	0,058
Ki	20	33	36	18	0,989	0,00037	0,019
NUKL	38	18	19	20	0,946	0,00033	0,018
SEven	27	19	19	17	0,952	0,00055	0,023
UKurTO	41	24	25	20	0,937	0,0004	0,02
VZMOR	30	21	22	20	0,97	0,00024	0,015
ZalAm	40	20	20	18	0,904	0,00078	0,028

Примечание. N – количество сиквенсов; S – количество полиморфных сайтов; Eta – общее число мутаций; h – количество гаплотипов; Hd – гаплотипическое разнообразие; V – дисперсия гаплотипического разнообразия; σ – стандартное отклонение гаплотипического разнообразия).

Материал ddRAD. На основании полученных данных рассчитаны попарные значения индекса генетической дифференциации между выборками тихоокеанской сельди, которые оказались достоверны между всеми выборками (табл. 2). Самые высокие индексы генетической дифференциации обнаружены между выборкой из Карского моря (cvk6) и всеми остальными. Значения колебались в пределах от 0,05 до 0,106. Выборка из Чукотского моря менее всего отличалась от выборки из Карского моря ($F_{ST} = 0,05$), что свидетельствует о вероятном происхождении популяции сельди Карского моря из этого региона.

Попарные значения индекса генетической дифференциации (F_{ST})
между выборками тихоокеанской сельди

Выборка	cva6	cvk6	Fain	Fner	Fvil	Sale	Samu	Seve	Sk12	Skrgr	Suku	clu7
cva6	0,000											
cvk6	0,050	0,000										
Fain	0,056	0,093	0,000									
Fner	0,046	0,079	0,040	0,000								
Fvil	0,077	0,106	0,051	0,029	0,000							
Sale	0,028	0,070	0,031	0,034	0,058	0,000						
Samu	0,023	0,079	0,044	0,043	0,064	0,015	0,000					
Seve	0,019	0,072	0,042	0,044	0,067	0,014	0,016	0,000				
Sk12	0,016	0,073	0,051	0,052	0,068	0,025	0,014	0,010	0,000			
Skrgr	0,016	0,072	0,050	0,044	0,074	0,022	0,020	0,015	0,016	0,000		
Suku	0,010	0,064	0,049	0,042	0,074	0,023	0,019	0,008	0,009	0,007	0,000	
clu7	0,036	0,082	0,063	0,057	0,085	0,034	0,032	0,028	0,028	0,025	0,032	0,000

Выборка сельди из Карского моря значительно отличалась от всех остальных. Наибольшие генетические дистанции отмечены между выборками из Карского моря и озерными формами из трех различных озер (при этом нет зависимости от географического положения озера относительно Карского моря). Это хорошо видно на рис. 2, где на основании полученных данных отображен анализ главных компонент (PCA) – преобразование наблюдаемых данных SNP в набор значений линейно некоррелированных переменных.

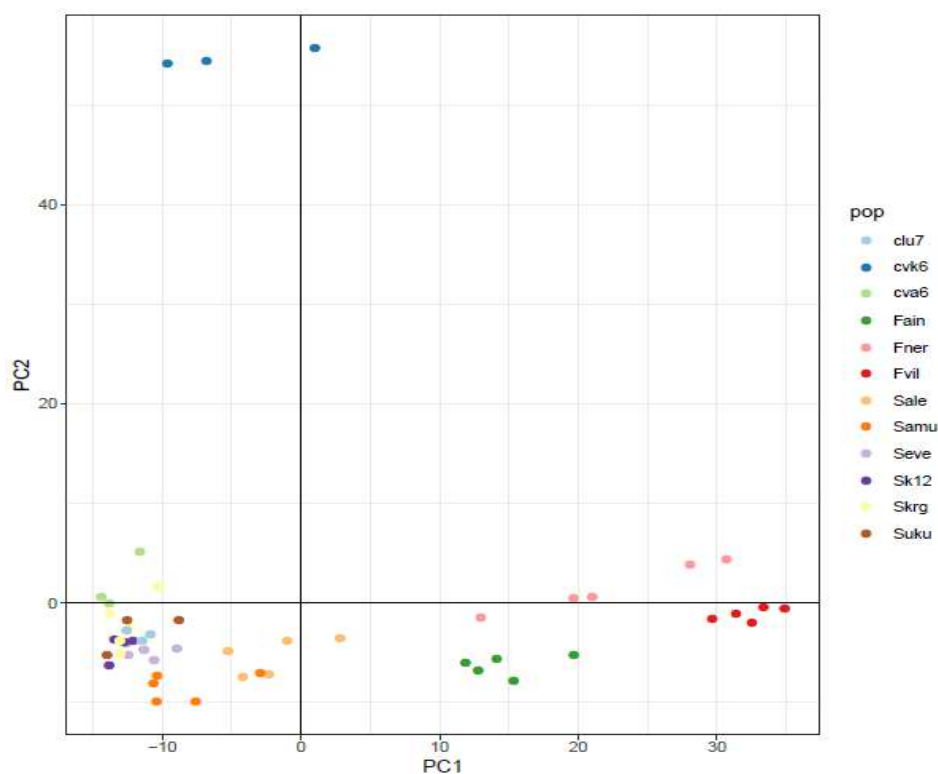


Рис. 2. Результаты анализа главных компонент (PCA) выборок тихоокеанской сельди *Clupea pallasii*

Результаты изучения митохондриальных и ядерных маркеров позволяют судить о сильной дифференциации сельди Карского моря от рыб из тихоокеанского региона. На основании данных мтДНК можно заключить, что сельдь Карского моря происходит от рыб азиатской части тихоокеанского региона, при этом в процессе микроэволюции вида не исключены множественные миграции между арктической и тихоокеанской частями ареала по причине климатических изменений.

Список использованной литературы

Андряшев, А.П. Аннотированный список рыбообразных и рыб морей Арктики и сопредельных вод / А.П. Андряшев, Н.В. Чернова // Вопросы ихтиологии. – 1994. – Т. 34, № 4. – С. 435-456.

Горбачев, В.В. Внутривидовая структура тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* Val. Японского и южной части Охотского морей по данным об изменчивости контрольного региона митохондриальной ДНК / В.В. Горбачев, Л.Л. Соловечук, Л.А. Черноиванова // Биология моря. – 2011. – Т. 37, № 6. – С. 472-476.

Гриценко, О.Ф. Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел) / О.Ф. Гриценко. – М.: Изд-во ВНИРО, 2002. – 248 с.

Курносков, Д.С. Генетическая изменчивость тихоокеанской сельди (*Clupea pallasii* Val.) Охотского моря и озера Айнского по микросателлитным локусам / Д.С. Курносков, С.Ю. Орлова, М.А. Смирнова // Известия ТИНРО. – 2016. – Т. 187. – С. 116-121.

Микросателлитная изменчивость тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* Val., 1847 Охотского и Берингова морей / А.В. Семенова, А.Н. Строганов, К.И. Афанасьев [и др.]. – DOI 10.7868/S0016675818030086 // Генетика. – 2018. – Т. 54, № 3. – С. 349-360.

Науменко, Н.И. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока / Н.И. Науменко. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2001. – 334 с.

Предварительные данные по изменчивости четырех микросателлитных локусов у тихоокеанских сельдей *Clupea pallasii* / А.В. Семенова, А.П. Андреева, А.Н. Строганов [и др.] // Генетика. – 2012. – Т. 48, № 1. – С. 97-103.

Рыбникова, И.Г. Электрофоретический анализ белков озерных сельдей Сахалина и Камчатки / И.Г. Рыбникова, В.Е. Упрямов, Г.М. Пушникова // Тез. докл. II регион. конф. молодых ученых и специалистов Дальнего Востока «Биологические ресурсы шельфа, их рациональное использование и охрана». – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. – С. 63-64.

Трофимов, И.К. Некоторые проблемы исследований сельди *Clupea pallasii*, обитающей у берегов Камчатки / И.К. Трофимов // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: материалы III науч. конф. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО, 2002. – С. 243-244.

Genetic relationship between lake and marine forms of Pacific herring *Clupea pallasii* / S.Y. Orlova, D.S. Kurnosov, E.A. Chikurova, D.M. Shchepetov. – DOI 10.1134/S0032945219060080 // Journal of Ichthyology. – 2019. – Vol. 59, № 6. – P. 843-852.

Ivshina, E.R. Decline of the Sakhalin-Hokkaido herring spawning grounds near the Sakhalin coast / E.R. Ivshina // Herring: expectations for a new millennium. Alaska Sea Grant College Program. AK-SG-01-04. Fairbanks: University of Alaska. – 2000. – P. 245-254.

Kurnosov, D.S. Population genetic structure of Pacific herring *Clupea pallasii* in the northwestern Pacific Ocean based on microsatellite analysis / D.S. Kurnosov, S.Y. Orlova // Journal of Ichthyology. – 2021. – Vol. 61, № 2. – P. 250-258.

quaddRAD: a new high-multiplexing and PCR duplicate removal ddRAD protocol produces novel evolutionary insights in a nonradiating cichlid lineage / P. Franchini, D.M. Parera, A.F. Kautt, A. Meyer. – DOI 10.1111/mec.14077 // Molecular Ecology. – 2017. – Vol. 26. – P. 2783-2795.

Shimizu, Y. Population structure of the Pacific herring, *Clupea pallasii*, around Hokkaido Island inferred on the basis of mitochondrial DNA sequences / Y. Shimizu, H. Takahashi, S. Takayanagi // Scientific Report of Hokkaido Fisheries Research Institute. – 2018. – № 94. – P. 1-40.

УРОВЕНЬ НАКОПЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРОКСИДНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ ПЕЧЕНИ И СПЕРМЫ РУССКОГО ОСЕТРА IN VITRO В ПРИСУТСТВИИ ХЛОРИДОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

А.Д. Осипова¹, М.А. Половинкина¹, В.П. Осипова¹, Ю.Т. Пименов²

¹Южный научный центр РАН (ЮНЦ РАН), г. Ростов-на-Дону

²Астраханский государственный технический университет,
г. Астрахань

Загрязнение водной среды различными поллютантами остается глобальной проблемой современности, так как создает серьезную угрозу для здоровья человека и животных (Heavy metals bioaccumulation..., 2021). Ухудшение состояния окружающей среды сочетается с постоянным ростом населения в мире, а новые технологические достижения, повышающие уровень комфортной жизни людей, приводят к развитию нежелательных патологий практически у всех живых организмов, включая человека (Toxicological effects of..., 2022). Существует множество химических загрязнителей окружающей среды, однако тяжелые металлы занимают в этом ряду особое положение, что объясняется не только их высокой токсичностью, но и прежде всего тем, что они являются устойчивыми веществами и не подвергаются разложению, в том числе микроорганизмами, в экосистемах (Meta analysis of..., 2020; Effect of pH..., 2018; Hemp (Marijuana) reverted..., 2019).

Основные источники поступления тяжелых металлов в водную среду – промышленные, горнодобывающие и бытовые сточные воды (Long-term exposure of..., 2020). Важно отметить, что использование пестицидов и органических удобрений в сельском хозяйстве также способствует увеличению содержания тяжелых металлов в водной среде (Combined application of..., 2018; A DOC coagulant..., 2018).

Некоторые тяжелые металлы (медь, цинк и марганец) являются биогенными микроэлементами, но превышение их концентрации в водной среде может индуцировать различные токсические эффекты (Intestinal microbiota and..., 2018). Большая часть тяжелых металлов даже при очень низких концентрациях способна вызывать как прямую интоксикацию, так и отдаленные биологические последствия (Toxic effects of..., 2020). Долго сохраняясь в водной среде, тяжелые металлы распространяются по всей пищевой цепи и аккумулируются не только в гидробионтах и водных растениях, но и передаются на более высокие трофические уровни – млекопитающих и птиц. Тем самым они не только влияют на безопасность

экологической среды, но и представляют угрозу безопасности пищевых продуктов и здоровью человека (Accumulation patterns and..., 2018).

Учитывая, что рыбы довольно быстро могут накапливать опасные химические вещества, их часто используют в качестве модельных организмов для оценки уровня загрязнения и выявления эффектов лекарственных препаратов (Heavy metals bioaccumulation..., 2021). Точное понимание молекулярных механизмов токсичности тяжелых металлов позволит проводить целенаправленный поиск эффективных антидотов для лечения и обеспечения безопасности продуктов животного происхождения (Dietary application of..., 2022).

В связи с этим в работе изучено влияние хлоридов Cu, Fe, Zn, Pb, Ni, Co, Sn, Cd, Cr *in vitro* на процесс пероксидного окисления липидов (ПОЛ) печени и спермы русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt). Выбор объектов исследования объясняется тем, что печень является классической модельной системой изучения ПОЛ *in vitro* и *in vivo*, так как это основной орган обезвреживания различных веществ, в клетках которого сконцентрированы белки защитной системы, предотвращающие токсичное действие эндо- и экзогенных агентов. Вторая модельная система – гонады рыб – характеризуется высокой уязвимостью за счет содержания большого количества полиненасыщенных жирных кислот и малой концентрации ферментов-антиоксидантов, которые предупреждают развитие окислительного стресса и/или устраняют нежелательные последствия ПОЛ. Кроме того, известно, что различные соединения тяжелых металлов вызывают пагубное воздействие на репродуктивную систему, приводя к бесплодию (Heavy metal and..., 2022).

В работе использована модельная система с длительнопротекающим процессом ПОЛ (1-72 ч, температура инкубации 5 °С) для выявления инверсии свойств и установления пролонгированности действия соединений при долговременном окислительном стрессе организма, когда интенсивность окислительной деструкции возрастает, а концентрация эндогенных антиоксидантных систем снижается. Активность хлоридов металлов оценена по уровню накопления вторичных карбонильных продуктов, дающих окрашенные комплексы с тиобарбитуровой кислотой (TBARS) (Cryoprotective effect of..., 2014; Synthesis and antioxidant..., 2020). Соединения внесены в инкубируемый раствор в концентрации 0,1 мМ в этаноле, предварительно подтверждено отсутствие влияния данного растворителя на уровень ПОЛ относительно контроля без добавок.

Установлено, что на начальном этапе окислительной деструкции липидов печени русского осетра наибольшее прооксидантное действие характерно для хлорида меди(II) и железа(II), 31 и 51 % промотирования процесса ПОЛ соответственно (рис.1).

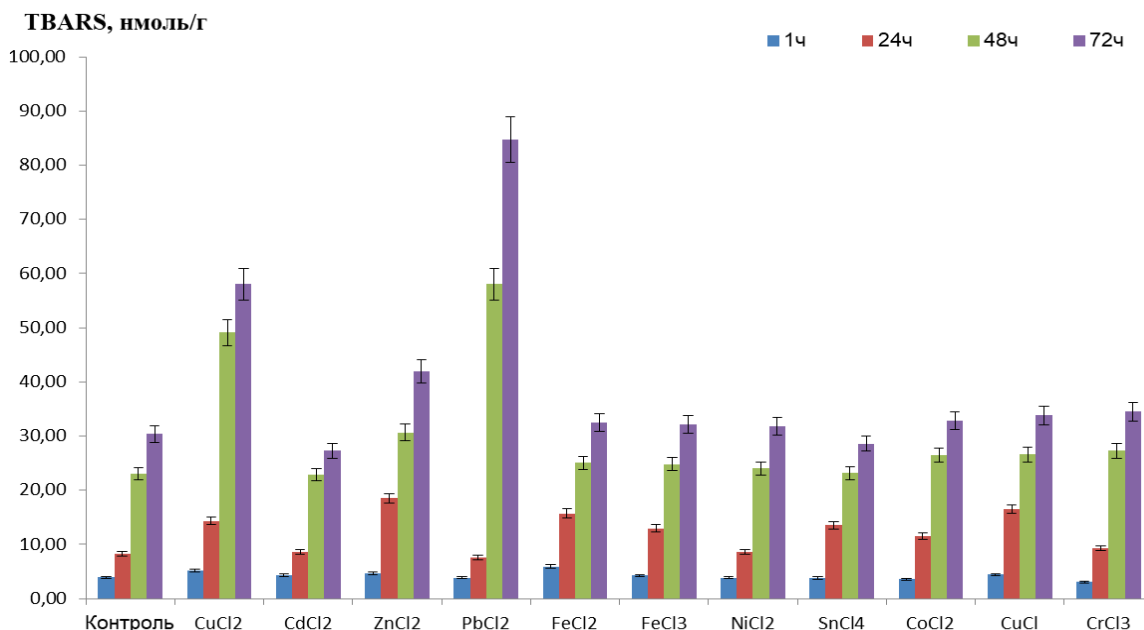


Рис. 1. Влияние хлоридов тяжелых металлов на уровень накопления вторичных продуктов пероксидного окисления липидов печени русского осетра *in vitro*

Литературные данные подтверждают способность редокс-активных металлов, к которым относятся Cu и Fe, инициировать реакцию Фентона, приводящую к образованию гидроксильного радикала, который вступает во взаимодействие с биомолекулами организма, разрушая их структуру (Goldstein, Meyerstein, Czapski, 1993). Практически не оказывают анти- или прооксидантного влияния на уровень накопления TBARS через 1 ч инкубирования ионы свинца, никеля, олова(IV), кобальта и хрома. Через 24 ч инкубирования наблюдается активное промотирование ПОЛ в присутствии хлоридов цинка, железа(II) и меди(I) на 123, 90 и 99 % соответственно. Наибольшая промотирующая активность через 48-72 ч отмечена для CuCl₂ и PbCl₂, увеличивающих концентрацию TBARS на 113 и 179 % соответственно относительно контроля.

В модельной системе ПОЛ спермы русского осетра на всех этапах высокую прооксидантную активность проявляет хлорид железа(II), увеличивая уровень TBARS в 1,3-2,5 раз (рис. 2). Хлорид кадмия и цинка демонстрируют через 1 ч инкубирования слабое антиоксидантное действие, но на последующих этапах ПОЛ наблюдается инверсия свойств, что подтверждает их токсичность. Слабое промотирующее действие на начальном этапе показывают хлориды меди, никеля, свинца, олова(IV), кобальта и хрома, но через 24 ч отмечено резкое увеличение уровня вторичных продуктов ПОЛ.

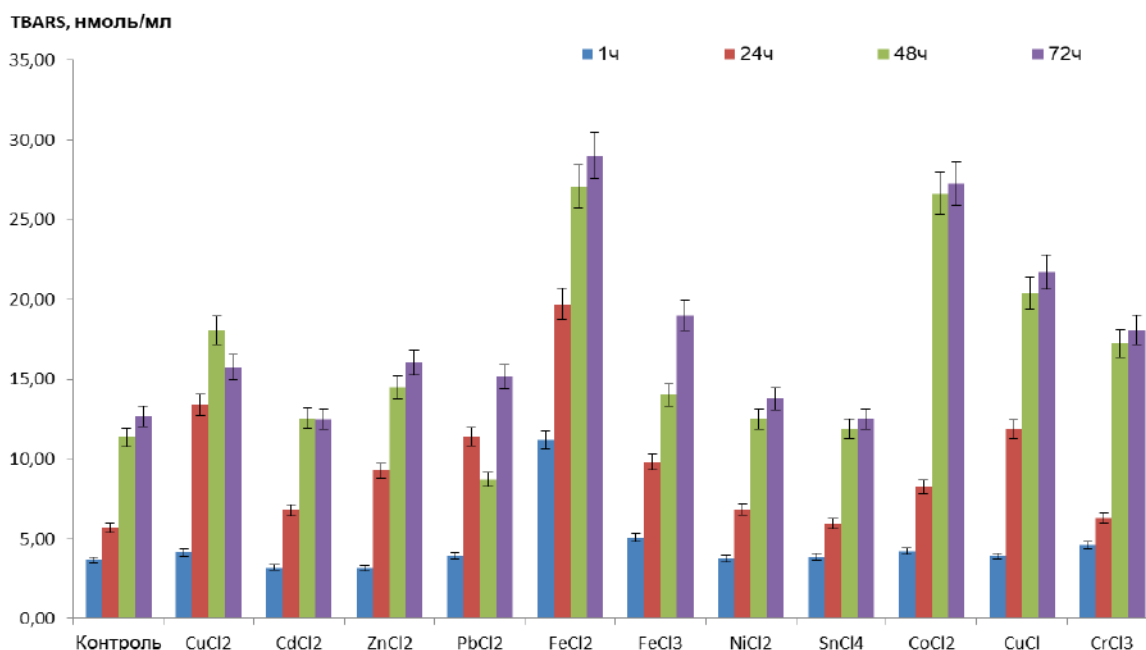


Рис. 2. Влияние хлоридов тяжелых металлов на уровень накопления вторичных продуктов пероксидного окисления липидов гонад русского осетра *in vitro*

Отмечено, что на модельной системе длительно протекающего процесса ПОЛ гонад русского осетра наибольшую токсичность проявляет хлорид железа, а на печени – хлорид свинца.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что, несмотря на известный механизм токсичности редокс-неактивных металлов (Pb, Ni, Cd), объясняемый преимущественно взаимодействием ионов металлов с *HS*-группами белков и ферментов, хлориды данных металлов так же, как и редокс-активные металлы (Cu, Fe), проявляют промотирующую активность, способствуя развитию окислительного стресса. В связи с этим необходимо проводить дополнительные исследования по поиску и разработке новых эффективных и безопасных политопных соединений-антидотов, снижающих токсичность тяжелых металлов по различным молекулярным механизмам действия за счет внутримолекулярного синергизма действия гетерофункциональных групп.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ №22-16-00095 (эксперименты с гонадами русского осетра) и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания, рег. № 122020100328-1 (эксперименты с печенью русского осетра).

Список использованной литературы

Accumulation patterns and risk assessment of metals and metalloid in muscle and offal of free-range chickens, cattle and goat in Benin City, Nigeria / E.T. Ogbomida, S.M.M. Nakayama, N. Bortey-Sam [et al.] // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* – 2018. – Vol. 30, no. 151. – P. 98-108.

A DOC coagulant, gypsum treatment can simultaneously reduce As, Cd and Pb uptake by medicinal plants grown in contaminated soil / H.S. Kim, B.H. Seo, S. Kuppusamy [et al.] // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* – 2018. – Vol. 148. – P. 615-619.

Combined application of compost and *Bacillus* sp. CIK-512 ameliorated the lead toxicity in radish by regulating the homeostasis of antioxidants and lead / I. Ahmad, M.J. Akhtar, S. Mehmood [et al.] // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* – 2018. – Vol. 148. – P. 805-812.

Cryoprotective effect of phosphorous-containing phenolic antioxidant for the cryopreservation of beluga sperm / V.P. Osipova, M.N. Kolyada, N.T. Berberova [et al.] // *Cryobiology.* – 2014. – Vol. 69. – P. 467-472.

Dietary application of *Lactococcus lactis* alleviates toxicity and regulates gut microbiota in *Cyprinus carpio* on exposure to heavy metals mixture / A. Kakade, El-S. Salama, M. Usman [et al.] // *Fish and Shellfish Immunology.* – 2022. – Vol. 120. – P. 190-201.

Effect of pH, oxidation states of arsenic and, inorganic and organic fertilizers on accumulation of arsenic in vegetables / M.N. Islam, B.K. Das, M.S. Islam, M.E. Huque // *Indian Journal of Science and Technology.* – 2018. – Vol. 11, no. 2. – P. 1-11.

Goldstein, S. The Fenton reagents / S. Goldstein, D. Meyerstein, G. Czapski // *Free Radical Biology and Medicine.* – 1993. – Vol. 15, no. 4. – P. 435-445.

Heavy metal and metalloid-induced reproductive toxicity / A.G. Mukherjee, U.R. Wanjari, K. Renu [et al.] // *Environmental Toxicology and Pharmacology.* – 2022. – Vol. 92. – Art. 103859.

Heavy metals bioaccumulation and subsequent multiple biomarkers based appraisal of toxicity in the critically endangered *Tor putitora* / S. Ullah, Z. Li, S. Hassan [et al.] // *Ecotoxicology and Environmental Safety.* – 2021. – Vol. 228. – Art. 113032.

Hemp (Marijuana) reverted copper-induced toxic effects on the essential fatty acid profile of *Labeo rohita* and *Cirrhinus mrigala* / A.J. Afridi, A. Zuberi, A.M. Yousafzai [et al.] // *Mol. Biol. Rep.* – 2019. – Vol. 46, no. 1. – P. 391-401.

Huihuia, Z. Toxic effects of heavy metals Pb and Cd on mulberry (*Morus alba* L.) seedling leaves: Photosynthetic function and reactive oxygen species

(ROS) metabolism responses / Z. Huihua, L. Xin, X. Zisong // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2020. – Vol. 195. – Art. 110469.

Intestinal microbiota and lipid metabolism responses in the common carp (*Cyprinus carpio* L.) following copper exposure / X.-L. Meng, S. Li, C.-B. Qin [et al.] // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* – 2018. – Vol. 160. – P. 257-264.

Long-term exposure of high concentration heavy metals induced toxicity, fatality, and gut microbial dysbiosis in common carp, *Cyprinus carpio* / A. Kakade, E.-S. Salama, F. Pengya [et al.] // *Environ. Pollut.* – 2020. – Vol. 266. – Art. 115293.

Metaanalysis of heavy metal pollution and sources in surface sediments of Lake Taihu, China / Y. Niu, X. Jiang, K. Wang [et al.] // *Sci. Total Environ.* – 2020. – Vol. 700. – Art. 134509.

Synthesis and antioxidant activity of new hydroxyl derivatives of chalcones / V.P. Osipova, M.A. Polovinkina, L.R. Telekova [et al.] // *Russian Chemical Bulletin*. – 2020. – Vol. 69, no. 3. – P. 504-509.

Toxicological effects of different ionic liquids on growth, photosynthetic pigments, oxidative stress, and ultrastructure of *Nostoc punctiforme* and the combined toxicity with heavy metals / L. Chu, X. Hou, X. Song, X. Zhao // *Chemosphere*. – 2022. – Vol. 298. – Art. 134273.

ЗУБАТКА (*ANARHICHAS*) КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ МОРСКОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ В РОССИИ: ОЦЕНКА СИТУАЦИИ В МИРЕ ЧЕРЕЗ 30 ЛЕТ ПОСЛЕ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

Д.А. Павелов

Московский государственный университет, г. Москва

Три атлантических вида семейства Anarhichadidae (полосатая *A. lupus*, пятнистая *A. minor* и синяя *A. denticulatus* зубатки) достигают длины и массы соответственно: 150 см, 24 кг; 180 см, 28 кг; 180 см, 20 кг (Froese, Pauly, 2022). Два первых вида – исключительное по качеству сырье для производства продуктов питания: обладают белым мясом без мелких межмышечных косточек, в копченном виде (например, рулет зубатки) считаются деликатесом. Мясо синей зубатки отличается более низким качеством. Синяя и пятнистая зубатка – основные объекты отечественного промысла. Ярусные суда облавливают преимущественно синюю зубатку: в 2020 г. среди трех видов рыбы доля синей в ярусных уловах составила 74 %, пятнистой – 25 %, полосатой – 1 %. В траловых уловах зубатки являются приловом при промысле тресковых рыб. На протяжении последних лет увеличилась доля вылова синей зубатки; в траловых уловах 2020 г. этот вид впервые стал преобладать. В российских водах вылов наиболее ценной разновидности зубатки (пятнистой) в 2020 г. составил 2,6 тыс. т (Греков, 2021). В прибрежных водах США и Канады вылов зубаток резко снижался с 1990-х годов вследствие интенсивного промысла и разрушения биотопов орудиями лова. В настоящее время промысел зубаток в этих странах полностью отсутствует, а пятнистая считается видом, находящимся под угрозой. Вследствие высокой рыночной цены, сравнительно высокого темпа роста и простой технологии культивации пятнистая зубатка рассматривается как перспективный объект мировой морской аквакультуры.

С начала 1970 г. кафедра ихтиологии Биологического факультета МГУ на базе Беломорской биологической станции МГУ (ББС МГУ) проводила работы по исследованию биологии размножения и развития беломорских рыб. В настоящем аспекте полосатая зубатка – единственный представитель семейства Anarhichadidae, обитающий в Белом море, – была одним из немногих недоисследованных видов. Руководитель беломорских ихтиологических исследований, профессор С.Г. Соин предложил заняться биологией этого вида коллективу сотрудников лаборатории; один из

аргументов в пользу целесообразности этих работ состоял в том, что икра зубатки по размеру, цвету и даже вкусу практически не отличается от икры лососевых и, таким образом, в биологии размножения и особенностях развития этих рыб может быть много общего.

К началу работ было известно, что в Белом море производители полосатой зубатки исчезают из уловов в августе, мигрируя на места нереста (предположительно – глубоководные). Самка выметывает кладку икры, которую самец охраняет в течение зимы; пелагическая молодь появляется в планктоне в апреле-мае.

С 1980 г. на ББС МГУ при поддержке директора Н.А. Перцова начинаются работы по организации лаборатории с бесперебойным круглогодичным снабжением проточной морской водой. В течение ряда лет отловленных зубаток содержали в бассейнах (3,7 м³), но в пору нерестового сезона (август-сентябрь) полового созревания производителей добиться не удалось вследствие высокой температуры воды, достигающей 15 °С. Зрелые половые продукты были получены лишь при содержании производителей в течение нескольких месяцев в бассейнах, установленных в холодильной камере при полузамкнутой системе водоснабжения и температуре воды в пределах от 0 до 8 °С. Попытки искусственного осеменения икры оканчивались неудачей, но в результате многочисленных экспериментов удалось показать: для надежного осеменения яиц нужен продолжительный контакт (по меньшей мере, 2 ч) между яйцами и сперматозоидами, равно как и сравнительно высокая концентрация последних. После инкубации икры (в течение зимы) через несколько лет впервые было получено большое число молоди, часть которой, не задействованную в эксперименте, выпускали в море. Личинки (длиной ≈ 20 мм, с морфологией, свойственной ювенильным особям) после вылупления сразу переходят на экзогенное питание крупным планктоном. Как выяснилось впоследствии, живые объекты питания могут быть заменены стартовым гранулированным кормом.

Первые публикации о размножении и развитии беломорской зубатки относятся к 1986 г., но лишь позднее, в 1993 г., было доказано: всем видам зубаток присущи копуляция, внутреннее осеменение и выметывание кладки оплодотворенной икры через несколько часов после контакта гамет – способ размножения, получивший название «зигопарность».

Работы были профинансированы грантами ВНИРО. В них, помимо сотрудников и студентов кафедры ихтиологии, принимали участие представители ряда институтов (ПИНРО, ММБИ РАН, ЗИН РАН). Таким образом, проблема получения посадочного материала от полосатой зубатки (которую можно рассматривать и как модельный объект) была решена, а результаты описаны во многих публикациях, включая несколько авторских свидетельств и патентов (Павлов, 2007). Работы привлекли внимание также

и зарубежных исследователей; некоторые статьи были переведены на норвежский и представлены в коммерческих журналах по аквакультуре.

Последующие работы проведены с начала 1990-х годов совместно с норвежскими исследователями на базе научной станции в южной Норвегии (Institute of Marine Research, Flødevigen Marine Research Station). Из кладки икры полосатой зубатки, попавшей в трал, получили экспериментальное маточное стадо, а затем потомство. Результаты изложены во многих статьях – включая обзорную (Moksness, Pavlov, 1996). Даже в пределах Норвегии наблюдалась конкуренция между научными учреждениями, связанная с разработкой технологии культивирования вида. Несмотря на то, что на станции во Флодевигене содержали несколько производителей пятнистой зубатки, получить зрелые половые продукты не удалось: температура морской воды была слишком высока для нормального созревания половых продуктов вида, а охлаждение морского протока оказалось неэффективным и затратным. На основе результатов наших работ в 1994 г. исследователи из университета в Тромсё (Norwegian College of Fishery Science) впервые получили оплодотворенную икру от пятнистой зубатки. Маточное стадо этого вида содержали на станции аквакультуры университета при низкой температуре воды, подаваемой с большой глубины фьорда. Потомство впоследствии использовали для создания маточного стада в хозяйстве «Troms Steinbit A/S».

В настоящее время пятнистая зубатка рассматривается как перспективный объект аквакультуры в Канаде, США, Швеции, Исландии и Чили, но лишь в Норвегии с 1996 г. началось промышленное производство в хозяйстве «Troms Steinbit A/S». Позднее, по различным причинам, процесс перешел в хозяйство «Tommarinfisk A/S», а затем – в «Aminor A/S» с продукцией ≈ 500 т в год. В Канаде промышленное полуэкспериментальное производство (1,2 т) началось с 2009 г. Организовано научно-техническое сообщество «Wolfnet», куда входят Норвегия, Швеция, Исландия и Канада.

Технология инкубации икры и выращивания молоди зубатки во многом сходна с используемой в лососевых хозяйствах. Рыб выращивают исключительно на коммерческих гранулированных кормах; при этом особи крайне устойчивы к болезням. Выращивание осуществляют в круглых и прямоугольных бассейнах, морских садках и самоочищающихся системах с низким уровнем воды площадью от 0,07 до 80 м² и более, в зависимости от размера особей. Плотность посадки в таких системах достигает 500 кг/м³. Температура воды составляет 6-10 °С для рыб массой менее 200 г и 4-8 °С более 200 г. Товарной массы (для рынка США – 1-3 кг) особи достигают через 2-3 года. В европейских ресторанах цена филе зубатки составляет порядка 23-30 долларов за 1 кг, в американских ресторанах она ожидается более высокой.

В России, несмотря на ряд проектов развития аквакультуры (начиная с продовольственной программы 1982 года в СССР) и множество публикаций и диссертаций по культивированию холодноводных морских рыб, проблема их воспроизводства в искусственных условиях не была решена. До сих пор отсутствуют научно-экспериментальные базы, соответствующие мировому уровню. Интерес к отечественным разработкам проявляли лишь зарубежные научные и коммерческие учреждения. Таким образом, как и во многих областях науки, метод, разработанный в России, не нашел в отечественном технологическом поле практического применения. Первый шаг к освоению нового объекта культивирования – создание экспериментального хозяйства и маточного стада с возможностью воспроизводства жизненного цикла вида в искусственных условиях. Исключительно на основе опыта такого хозяйства реализуема оценка целесообразности и рентабельности культивирования вида в промышленных масштабах.

Список использованной литературы

Греков, А. А. Современное состояние запасов рыб донных видов и их отечественного промысла в Баренцевом море и сопредельных водах / А. А. Греков // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование. Материалы XII Национальной (всероссийской) научно-практической конференции. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный технический университет. – 2021. – С. 27-31.

Павлов, Д. А. Морфологическая изменчивость в раннем онтогенезе костистых рыб / Д. А. Павлов // М.: ГЕОС. – 2007. – 264 с.

Froese, R. FishBase. World Wide Web electronic publication / R. Froese, D. Pauly (Editors) // www.fishbase.org, version (02/2022).

Moksness, E. Management by life cycle of wolffish, *Anarhichas lupus* L., a new species for cold-water aquaculture: a technical paper / E. Moksness, D. A. Pavlov // *Aquaculture Research*. – 1996. – Vol. 27. – P. 865-883.

ФИТОПЛАНКТОН КОТЛОВИНЫ НАНСЕНА

**Л.А. Паутова, В.А. Силкин, М.Д. Кравчишина, А.А. Клювиткин,
Е.А. Кудрявцева, А.Л. Чульцова, В.И. Артемьев**
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва

Глобальные изменения климата, происходящие на планете, для арктического бассейна ассоциируются с процессом «атлантификации» – то есть, усилением влияния атлантических вод (Oziel, Sirven, Gaskard, 2016). В свою очередь, потепление этих вод и повышение температуры атмосферы – главные драйверы редукции морского льда в европейском секторе Арктики (Pelagic Ecosystem Characteristics..., 2019). Сокращение площади ледовых полей и уменьшение толщины ледяного покрова приводят к увеличению пространств открытой воды по направлению Атлантического Пограничного течения (далее – АПТ) на северо-восток (Аксенов, Иванов, 2018). Усиление процессов «атлантификации», связанное в том числе и с осцилляциями Северо-Атлантического течения (Greater role for..., 2017), может повлечь коренную перестройку структуры планктонных фитоценозов Арктики с большой вероятностью увеличения продуктивности в прикромочной зоне.

Исследования севернее Шпицбергена проводятся в течение последних 20 лет. Получены данные по структуре и функционированию планктонных фитоценозов в западной части котловины у плато Ермак (Spatial variability of..., 2000; Hegseth, Sundfjord, 2008; Algal Colonization of..., 2018). К востоку от архипелага Шпицберген был исследован район о-ва Квитойя (Hegseth, Sundfjord, 2008; Pelagic Ecosystem Characteristics..., 2019); еще изучен желоб Франц-Виктория (Паутова, 2023) над глубинами, не превышающими 1000 м. Известно только несколько работ, касающихся флоры многолетних льдов котловины Нансена (Syvertsen, 1991; Changes in Sea..., 2020) и фазы после «цветения» фитопланктона при открытой воде с доминанцией гетеротрофных флагеллят (Pelagic Ecosystem Characteristics..., 2019). Данные о фитопланктоне котловины к востоку от 34 °E в литературе отсутствуют.

В высоких широтах Арктики весеннее «цветение» фитопланктона смещается на июль-август. В шельфовой зоне и водах склона северной части Баренцева моря его формируют неритические арктобореальные диатомеи *Thalassiosira* (*T. gravida*, *T. hyalina*, *T. rotula*, *T. nordenskiöldii*, *T. antarctica* f. *borealis*), ассоциированные с однолетними льдами, а также представители атлантического сообщества неритические виды *Chaetoceros gelidis* из диатомовых и *Phaeocystis pouchettii* из золотистых водорослей

(Spatial variability of..., 2000). В зоне Полярного фронта с атлантической стороны эти же виды формируют «весеннее цветение» в прикромочной зоне (Spatial variability of..., 2000). У края северного баренцевоморского шельфа максимальный уровень биомассы фитопланктона (до 10 мг л⁻¹) фиксируется в той же зоне среди дрейфующего льда (Spatial variability of..., 2000; Hegseth, Sunfjord, 2008).

В августе 2020 г. при благоприятной ледовой обстановке, вызванной аномально теплым летним периодом, создались уникально благоприятные условия для изучения структуры планктонных фитоценозов прикромочной зоны в котловине Нансена на неисследованной ранее акватории к северо-востоку от Шпицбергена. Основной целью данной работы стало изучение структуры фитопланктона на станциях прикромочной зоны и ее сравнение с аналогичной структурой станций открытой воды.

Работы проведены в середине августа 2020 г. в 80-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш». Две станции наблюдения располагались в прикромочной зоне на расстоянии 1-2 км от кромки многолетних льдов. Глубина на ст. 6860 составляла 3718 м, на ст. 6861 – 3 670 м. Еще одна станция, 6862, находилась южнее, над глубиной 2162 м, в зоне действия АПТ. Для сбора, фиксации и последующей обработки проб применялись методы, принятые в ИО РАН. Для разрешения вопросов номенклатуры использовалось руководство «Identifying Marine Phytoplankton» (Tomas, 1997) с корректировками согласно электронному ресурсу WoRMS.

В середине августа 2020 г. в прикромочной зоне на ст. 6860 обнаружено «цветение» крупноклеточной диатомеи *Porosira glacialis* с рекордно высокой биомассой, достигавшей 30 г/м³ (см. таблицу). Вклад данного вида в общую биомассу превышал 98 %. Максимум биомассы фиксировался на глубине 10 м в поверхностной арктической воде над пикноклином, который определялся галоклином, образованным за счет талой воды. Процесс происходил при отрицательной температуре воды (-1,3 °C), распреснении до 33,2 и 100 %-ном уровне освещенности. Концентрации нитратов и силикатов (низкие, близкие к лимитирующим) свидетельствовали об их потреблении в процессе «цветения» *P. glacialis*.

В период исследований видовое разнообразие фитопланктона было очень высоким – всего на станциях зарегистрировано 106 видов планктонных водорослей из 6 систематических групп; 55 % от этого числа составляли диатомовые и 37 % – динофлагелляты. На станции, где зафиксировано «цветение», и в зоне действия АПТ отмечено наибольшее количество видов (до 74). Для этих же станций был наибольшим и индекс сходства флоры (56 %), рассчитанный на Серенсену. Наименьшее сходство (34 %) было обнаружено между ст. 6860 и 6861, расположенными в прикромочной зоне. На всех станциях по числу видов преобладали

представители родов *Gymnodinium*, *Thalassiosira* и *Chaetoceros*. В составе фитопланктона выделено три комплекса видов: первый и второй – ассоциированные с многолетними и однолетними льдами соответственно, третий – атлантические виды, в том числе виды весенних «цветений» в прикромочной зоне (*Chaetoceros gelidis*, *Phaeocystis pouchettii*) и при открытой воде (*Eucampia groenlandica*), а также виды летнего атлантического комплекса – крупноклеточные диатомеи из родов *Chaetoceros* (*C. atlanticus*, *C. borealis*, *C. danicus*) и *Rhizosolenia* (*R. hebetata*, *R. semispina*, *R. styliformis*, *R. setigera*).

Характеристики биоценоза на различных станциях котловины Нансена в августе 2020 г.

Номер станции	V_{\max}^* , г/м ³	Горизонт залегания, м	Доминирующий вид	Концентрация хлорофилла а, мг/м ³	NO ₃ , мкМ	PO ₄ , мкМ	SiO ₂ , мкМ	T, °C	Соленость
6860	29,9	10	<i>Porosira glacialis</i>	13,1	0,18	0,39	0,16	-1,3	33,2
6861	0,02	3-8	<i>Porosira glacialis</i>	1,1	1,5	0,2	1,19	-1,4	31,6
6862	0,6	38	<i>Phaeocystis pouchettii</i>	3,3	8,29	0,59	1,88	-1,7	34,1

*Максимальная биомасса фитопланктона.

Виды атлантического комплекса встречены на всех трех станциях наблюдения. Так, на ст. 6860, где наблюдалось «цветение» *P. glacialis*, *Rhizosolenia* spp. и *Chaetoceros* spp. отмечены единично по всему столбу воды от поверхности до глубины 40 м в пределах фотической зоны при температуре до -1,7 °C и солености до 34,1 в модифицированной арктической воде. На глубине от 100 до 800 м в зоне действия атлантических вод при положительных значениях температуры и солености 34,9, диатомовая компонента была представлена спорами *P. glacialis*, *T. gravida* и *T. spp.* В ядре атлантических вод на глубине 200 м при температуре 2,46 °C единично встречались, помимо мелкоклеточных *Gymnodinium*, клетки *Phaeocystis pouchettii*. Споры *P. glacialis* и *T. gravida* обнаруживались на глубине 3 000 м при температуре -0,8 °C и солености 34,9.

В период исследований зафиксировали все три стадии «цветения» фитопланктона. Если на ст. 6860 отмечен пик, то на ст. 6861 отмечено состояние перед «цветением», а на ст. 6862 – период после диатомового «цветения». Так, на ст. 6862, располагавшейся в наибольшей близости к северному баренцевоморскому шельфу, отмечалось характерное для шельфовых вод бимодальное распределение численности и биомассы фитопланктона, находящегося на поздних стадиях сукцессии. У поверхности воды вегетировали динофлагелляты и мелкие жгутиковые

водоросли. На глубине залегания нутриклина при температуре от $-1,5$ до $-1,7$ °С и солености 34 обнаруживался глубинный максимум численности и биомассы сообщества, формировавшийся за счет золотистой *Phaeocystis pouchettii*. Здесь же отмечена повышенная концентрация хлорофилла а. По всему столбу воды в пределах фотической зоны (до глубины 45 м) встречались атлантические диатомеи летнего комплекса – *R. semispina*, *R. setigera*, *R. styliformis*, *C. atlanticus*); за ее пределами в ядре атлантических вод на глубине 100 м продолжали встречаться *T. gravida*, *T. rotula* и *T. hyalina*. Индикатор теплого Норвежского течения кокколитофориды *Emiliana huxleyi* в количестве 12 000 кл/л отмечена на глубине 602 м.

На ст. 6861 сообщество находилось на стадии перед «цветением», на что указывала высокая концентрация биогенных элементов в верхнем продуцирующем слое при низкой концентрации фитопланктона и достаточно низкой концентрации хлорофилла а. Доминирующим видом, как и на ст. 6860, была *P. glacialis*. Океанические атлантические виды из родов *Rhizosolenia* и *Chaetoceros* встречались в пределах фотической зоны на глубинах 34-72 м. В ядре атлантических вод на глубине 185 м разово встречена кокколитофориды *Coccolithus pelagicus* – индикатор Северо-Атлантического течения.

Проведенный анализ свидетельствует о том, что в период исследований все три станции находились под прямым воздействием атлантических вод. Транспортировка доминирующего вида, неритической диатомеи *Porosira glacialis*, ассоциированной с однолетними льдами, в прикромочную зону у кромки многолетних льдов может осуществляться из шельфовой зоны в глубоководный бассейн потоком АПТ в виде спор. За счет вертикальной динамики вод споры могут попадать в поверхностный слой воды и вмержать в нижнюю поверхность льда в зимний период, в ходе образования сезонного (однолетнего) ледяного покрова. В период таяния эти споры прорастают, формируя «цветение».

Присутствие атлантических видов летнего комплекса в верхних слоях воды, по-видимому, объясняется вертикальной динамикой вод, вызываемой как тепловой конвекцией, так и меандрированием АПТ. Эти же факторы способствуют формированию высокозалегающих нутриклина и галоклина (остроградиентного), в конечном счете выступая пусковыми механизмами диатомового «цветения» в прикромочной зоне.

Авторы благодарят экипаж НИС «Академик Мстислав Келдыш», а также персонально Н.В. Политову, А.Н. Новигатского, А.Л. Чульцову, А.С. Шуку и И.А. Замятина за помощь в сборе и анализе проб воды.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0128-2021-0010. Анализ проб фитопланктона и гидролого-

гидрохимических данных выполнен при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 19-05-50090). Экспедиционные исследования проводились при поддержке госбюджета (финансирование морских экспедиций) и Российского научного фонда (проект № 20-17-00157).

Список использованной литературы

Аксенов, П.В. «Атлантификация» как вероятная причина сокращения площади морского льда в бассейне Нансена в зимний сезон / П.В. Аксенов, В.В. Иванов // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2018. – Т. 64 (1). – С. 42-54.

Паутова, Л.А. Фитопланктон Печорского моря / Л.А. Паутова // Печорское море: Системные исследования. – М.: Море, 2003. – С. 171-194.

Hegseth, E.N. Intrusion and blooming of Atlantic phytoplankton species in the high Arctic / E.N. Hegseth, A. Sunfjord // Journal of Marine Systems. – 2008. – Vol. 74. – P. 108-119.

Algal Colonization of Young Arctic Sea Ice in Spring / H. Kauko, L. Olsen, P. Duarte // Frontiers of Marine Science. – 2018. – Vol. 5. – P. 199.

Changes in Sea-Ice Protist Diversity With Declining Sea Ice in the Arctic Ocean From the 1980s to 2010s / H. Hop, M. Vihtakari, B. Bluhm [et al.] // Frontiers of Marine Science. – 2020. – Vol. 7. – P. 243.

Greater role for Atlantic inflows on sea-ice loss in the Eurasian Basin of the Arctic Ocean / I.V. Polyakov, A.V. Pnyushkov, M.B. Alkire [et al.] // Science. – 2017. – Vol. 536. – P. 285-291.

Oziel, L. The Barents Sea frontal zones and water masses variability (1980-2011) / L. Oziel, J. Sirven, J. Gascard // Ocean Science. – 2016. – Vol. 12. – P. 169-184.

Pelagic Ecosystem Characteristics Across the Atlantic Water Boundary Current From Rijpfjorden, Svalbard, to the Arctic Ocean During Summer (2010-2014) / H. Hop, P. Assmy, A. Wold [et al.] // Frontiers of Marine Science. – 2019. – Vol. 6. – P. 181.

Spatial variability of phytoplankton, nutrients and new production estimates in the waters around Svalbard / G. Owrud, G. Socal, G. Civitarese [et al.] // Polar Resources. – 2000. – Vol. 19. – P. 155-171.

Syvertsen, E.E. Ice algae in the Barents Sea: types of assemblages, origin, fate and role in the ice-edge phytoplankton bloom / E.E. Syvertsen // Polar Resources. – 1991. – Vol. 10. – P. 277-288.

Tomas, C.R. Identifying Marine Phytoplankton / C.R. Tomas. – San Diego: Academic Press, 1997. – 858 p.

ВЛИЯНИЕ ТИПА ПАВОДКА НА СТРУКТУРУ БЕНТОСА В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

М.В. Переладов

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

Введение

Априорно известно, что любая экосистема существует и развивается только при наличии потоков внешней энергии. Для наземных экосистем в структуре этих потоков доминирует солнечный свет, прибрежные морские экосистемы не исключение.

Для незамерзающих водоемов умеренной зоны поток солнечной энергии, поступающий в экосистему в течение года относительно постоянен, хотя и подвержен сезонным колебаниям. В этих водоемах меняется одна стадия сукцессии на другую, что сопровождается производством первичной продукции и ее дальнейшей трансформацией по трофической сети с соответствующей сменой видового состава, численности и биомассы компонентов. Циркадный ритм не оказывает существенного влияния на интегральные продукционные показатели экосистемы.

Для Баренцева моря, в частности, за отправную точку начала годового цикла можно взять окончание полярной ночи, когда экосистема получает внешний поток энергии, приносимый солнечным светом, и запускает процессы фотосинтеза. С точки зрения фенологии начинается этот период в Заполярье зимой, для которой характерны относительно стабильные гидрологические условия, что в свою очередь сопровождается однотипными продукционными процессами в морской экосистеме. После весеннего равноденствия (22 марта) ежесуточный поток солнечной энергии растет по экспоненте, и появляется ряд новых факторов.

Общеизвестно, что в зависимости от температуры воды, ее прозрачности и наличия в ее составе взвешенного и/или растворенного органического вещества и биогенных элементов поступающий поток энергии может реализоваться по различным сценариям.

Материал и методы

С 2001 по 2021 г. на базе многолетнего полигона ВНИРО на акватории Варангер-фьорда Баренцева моря проводили наблюдения за

динамикой синоптических, гидрологических и гидробиологических показателей. Исходным материалом для анализа синоптической ситуации послужили многочисленные открытые источники в сети Интернет, а также собственные натурные наблюдения, собранные в ходе береговых экспедиций. Гидрологические параметры (температура, соленость, прозрачность) определяли во время гидробиологических съемок в диапазоне глубин от уреза воды до 50 м по показаниям водолазных компьютеров, судовых датчиков, различных зондов и погружной фото и видеотехники. Пробы бентоса отбирал водолаз ручным пробоотборником с площади не менее 500 см², захватывая верхний 10-сантиметровый слой грунта, на стандартной точке мониторинга в бухте Пайтахамина губы Амбарная Варангер-фьорда на глубине 22-24 м в смешанном биотопе обломков литотамниевых водорослей, песка и ракушечника. Затем пробы промывали через набор сит и все живые организмы фиксировали 70 %-ным спиртом. В камеральных условиях пробы разбирали под бинокулярной лупой и делили всех бентосных животных на несколько функциональных групп, отличающихся по способу питания и/или отношению к заилению. Для дальнейшего анализа выбирали следующие категории бентосных организмов: офиуры, молодь двустворчатых и брюхоногих моллюсков, хитоны и морские блюдечки, молодь морских ежей, седентарные и эррантные полихеты, а также молодь ракообразных (крабы, крабоиды, креветки).

Результаты

Полученные данные позволили сформулировать три сценария развития годовой сукцессии в прибрежной экосистеме Варангер-фьорда Баренцева моря.

Первый можно условно назвать «холодная затяжная весна». Для этой ситуации после весеннего равноденствия наступает длительный (до 2 мес.) период низких температур воздуха при слабых ветрах и отсутствии существенных осадков. В условиях полярного дня это приводит к тому, что снеговой покров на береговых склонах и лед на реках и ручьях тают в течение длительного времени. Сток со склонов при этом отсутствует за счет дренажа через почву, а сток рек поступает в морскую экосистему с малой интенсивностью и не вызывает никаких значительных изменений в гидрологических параметрах водной среды. Морская вода во всей толще из-за огромной теплоемкости остается холодной, термоклина и изменений в прозрачности воды нет.

В условиях этого сценария поток солнечной энергии свободно проникает в толщу воды до границ верхней сублиторали, стимулируя

вегетацию донной растительности. Развитие фитопланктона задерживается из-за низкой температуры. В донных биоценозах развиваются объекты, предпочитающие чистую холодную воду, – алярия, ламинария пальчатая, ламинария гиперборейская, в нижней литорали – халосакциум. Нитчатые эпифиты (кладофора, хорда) практически отсутствуют.

Донные субстраты чистые, без заиления, на них развиваются сообщества сессильного бентоса – гидроиды, губки и мшанки, поверхность которых служит благоприятным субстратом для оседания личинок моллюсков, иглокожих и ракообразных. Таким же благотворным субстратом для оседания является холодноводная сезонная бурая водоросль *Desmarestia aculeata*, жесткие талломы которой хорошо обрастают различными беспозвоночными, включая мальков камчатского краба, и многочисленными брюхоногими моллюсками.

В конце фенологической весны по мере плавного прогрева воды сезонные формы бентоса отмирают, но к этому времени осевшие личинки и молодь беспозвоночных достигают размеров, позволяющих им перейти на другие субстраты-убежища и объекты кормовой базы, то есть достичь стадии условной жизнестойкости.

С биологической точки зрения, эта стадия для мальков камчатского краба, молоди морских ежей и гребешков наступает при превышении основных размерений их тела более 10 мм, когда они в качестве жертвы становятся недоступными для большинства хищников макро- и мегабентоса в своих биотопах обитания.

Второй сценарий возможно условно назвать «плавный весенний паводок». После весеннего равноденствия температура воздуха начинает плавно расти, штормы незначительной силы, существенные осадки также отсутствуют. В условиях полярного дня это приводит к тому, что основная масса снегового покрова на береговых склонах и льда на реках и ручьях тают достаточно быстро (в среднем в течение месяца). Сток со склонов при этом поступает в морскую экосистему напрямую через мелкие ручьи и водопады. Сток рек в море хотя и достаточно интенсивный, но не несет большого количества минеральной и органической взвеси, которая практически полностью выпадает в осадок на устьевых или кутовых участках прилегающих губ или бухт. В отличие от сценария «холодной весны» паводковые воды с береговых склонов и рек в этой ситуации насыщены гуминовыми кислотами за счет активного дренажа торфяных отложений в грунте тундры и сопредельных болотах.

Это в свою очередь приводит к тому, что в целом поверхностный слой морской воды остается достаточно холодным, а термоклин выражен слабо и размывает по глубине из-за периодического волнения, хотя он и

прозрачный, но имеет коричневый оттенок разной интенсивности. Галоклин отсутствует.

Последствия такой ситуации на разных глубинах неоднозначны.

В поверхностном темном слое освещенность резко падает, что блокирует сезонную вегетацию всей донной растительности. Биоценоз весенних эфемеров и эпифитов не развивается. На талломах многолетних макрофитов (ламинария пальчатая) появляются признаки деструкции листовых пластин, что вполне объяснимо с учетом наличия в воде гуминовых кислот.

В то же время ниже слоя воды с гуминовыми кислотами относительная освещенность также резко возрастает за счет обратного отражения света от поверхностного слоя и многократного внутреннего рассеивания. Этот эффект наиболее ярко проявляется в солнечную штилевую погоду и сопровождается увеличением прозрачности воды до 30-40 м по горизонтали и вертикали. Существенное снижение освещенности обнаруживается на глубинах более 50 м.

Развитие фитопланктона происходит только в конце весеннего сезона после нагрева поверхностного слоя воды, и освещенность на нижних горизонтах сублиторали стремительно падает.

В донных биотопах галечников, валунов и скал на глубинах 20-40 м при этом сценарии наблюдаются активная вегетация красных водорослей и оседание приуроченных к ним беспозвоночных, в частности офиур.

Другие донные субстраты хотя и остаются чистыми, но сообщества сессильного бентоса на них развиваются незначительно и, следовательно, интенсивного оседания личинок брюхоногих моллюсков, морских ежей и ракообразных не происходит.

В конце фенологической весны по мере прекращения паводка и дальнейшего прогрева воды прозрачность воды во всей толще восстанавливается, успевшие развиваться немногочисленные эпифиты и эфемеры отмирают, освобождая чистые, не занятые ничем субстраты. Именно в этой ситуации может реализоваться интенсивное оседание мидий в биотопах верхней сублиторали и двустворчатых моллюсков (морских гребешков, хиателлы (*Hiatella arctica*) и других) на более глубоких горизонтах при наличии соответствующего пула их личинок в планктоне.

Третий сценарий можно условно назвать «залповый паводок». Эта ситуация возникает при затяжной зиме, сопровождавшейся обильными снегопадами, когда после весеннего равноденствия температура воздуха резко возрастает, но при этом осадки не прекращаются и сопровождаются интенсивными ветрами и штормами вплоть до вскрытия ледового покрова на реках, ручьях и озерах.

В условиях полярного дня это приводит к стремительному таянию снегового покрова на береговых склонах и резкому увеличению берегового стока.

Сток рек и ручьев, разгружающих береговые озера, при этом интенсивно размывает русловые отложения и несет значительное количество минеральной и органической взвеси. В периоды затишья между штормами эта взвесь с паводковыми водами выплескивается далеко за пределы устьевых и кутовых участков прилегающих губ или бухт, образуя в открытом море характерные шлейфы выноса, простирающиеся зачастую на многие километры от береговой линии.

Из-за обилия минеральных веществ залповые паводковые воды практически непрозрачны, а толщина их слоя может достигать 5-10 м, что в отдельных районах полностью блокирует проникновение солнечного света в сублитораль. Галоклин при этом сценарии выражен слабо из-за повторяющихся ветров и волнения.

Выпадающая на сублиторали взвесь образует на дне слой детрита, который препятствует выживанию оседающих личинок беспозвоночных, нуждающихся в чистых, хорошо аэрируемых субстратах (ракообразные, морские ежи, моллюски), при этом создаются благоприятные условия для оседания и развития личинок организмов, адаптированных к заилению (полихеты, офиуры).

Уменьшение освещенности и заиление субстратов также мешает сезонной вегетации весенних эфемеров и эпифитов. Старые талломы многолетних макрофитов (ламинария пальчатая) деградируют, новые пролиферации не появляются. После окончания паводка такие заросли могут подвергаться дальнейшей элиминации со стороны морских ежей.

Обилие поступившего с паводковыми водами органического вещества и минералов вызывает бурное развитие фитопланктона до избыточных (с точки зрения трофического баланса) концентраций. Отмирающий фитопланктон еще больше усиливает детритный дождь и, соответственно, заиление донных субстратов.

В конце фенологической весны по мере прекращения паводка на верхней сублиторали отмечаются кратковременные вспышки вегетации эпифитов и эфемерных водорослей, которые исчезают при грядущем нагреве воды.

С точки зрения оседания и выживания личинок беспозвоночных (кроме детритофагов), описанная в этом сценарии ситуация неблагоприятна.

Выводы

Для арктических морей России (на примере Баренцева моря) выделены составляющие и условия формирования различных климатических типов весеннего паводка:

– низкая температура воздуха, отсутствие дождей и снегопадов, медленное таяние снежного покрова и льда и, как следствие, медленное поступление паводковых вод преимущественно из крупных речных водотоков. Приток растворенного и/или взвешенного терригенного материала минимальный – холодный паводок;

– плавное повышение температуры, отсутствие дождей и снегопадов, активное таяние снежного покрова и льда и, как следствие, динамичное поступление паводковых вод из крупных речных водотоков и мелких ручьев с береговых склонов. Приток большого количества растворенного терригенного материала (гуминовых кислот), но без смыва взвешенного – плавный паводок;

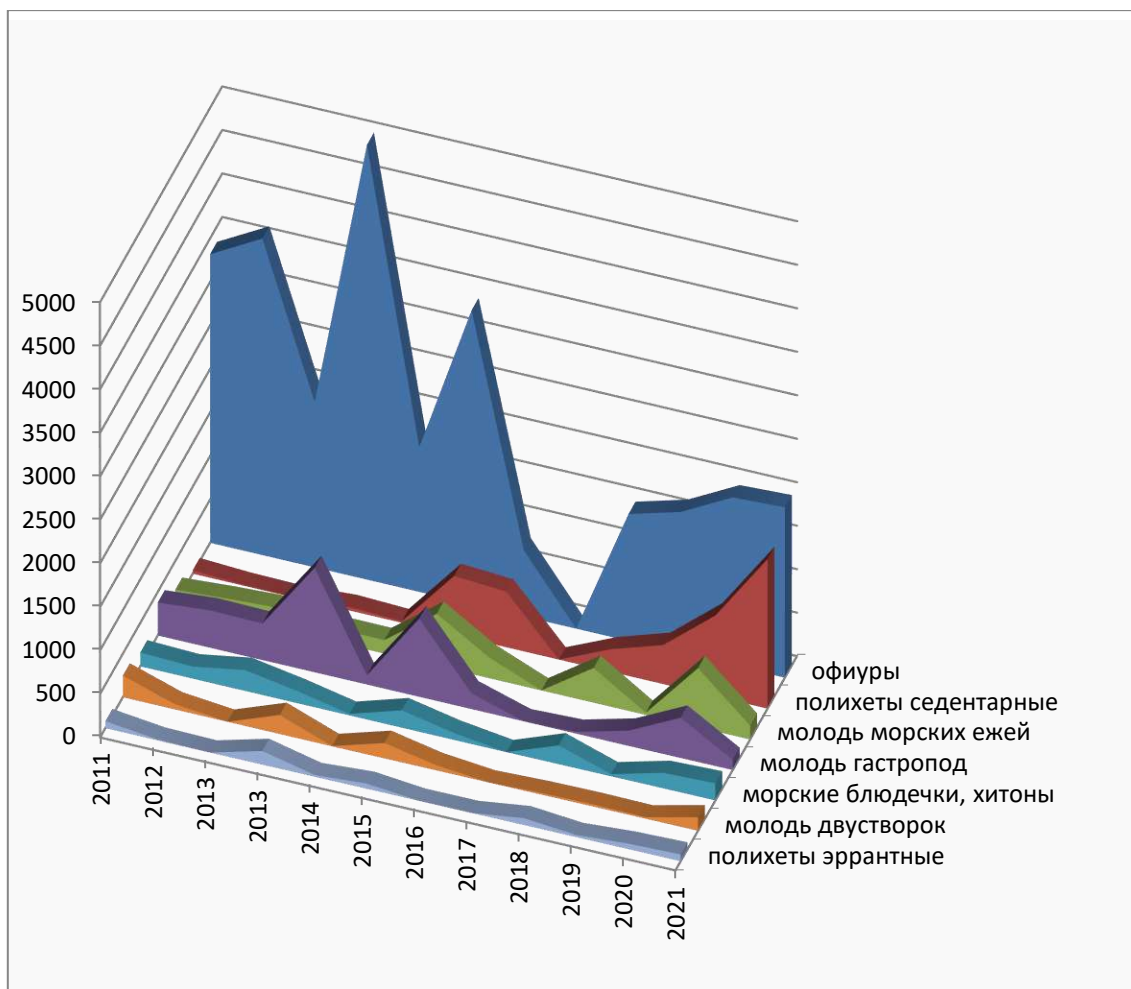
– резкое повышение температуры, сопровождающееся снегопадами и ливневыми дождями, таяние снежного покрова и льдов и, как следствие, залповое поступление в прибрежную зону паводковых вод, несущих большое количество растворенного и взвешенного терригенного материала – залповый паводок.

К сожалению, ни одна из доступных баз данных о динамике гидрометеорологических условий в изучаемом районе не обладает полной информацией, а натурные съемки проводились в разные периоды года и трудно сопоставимы для анализа.

Для верификации предложенной схемы был проведен анализ динамики некоторых функциональных групп бентоса прибрежных литотамниевых галечников (см. рисунок).

Сравнение динамики численности организмов в группах с альтернативным отношением к заилению показало, что в отдельные годы они развиваются в противофазе, это опосредованно подтверждает описанную выше схему.

Следует также отметить, что появление той или иной генерации организмов, доступных для учета с использованием применяемых методов, происходит через 2-6 мес. после оседания личинок из планктона. К тому же оседание по времени может существенно различаться по календарным датам в зависимости от климатического типа года и текущей динамики температуры воды.



**Динамика численности (экз./м²) основных функциональных групп бентоса в прибрежной зоне Варангер-фьорда Баренцева моря в 2011-2021 гг.
Бухта Пайтахамина, губа Амбарная, глубина 22-24 м**

Для достоверной оценки влияния перечисленных факторов на динамику и тип годовой сукцессии необходимо проведение более частых и регулярных съемок с параллельной регистрацией всех сопутствующих абиотических факторов.

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ГОНАД КАРПОВЫХ РЫБ В РЕКЕ ВОЛГЕ В ПЕРИОД НЕРЕСТОВОЙ МИГРАЦИИ

М.Е. Перунова, Н.В. Козлова

Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), г. Астрахань

Вобла и лещ – традиционные промысловые виды семейства карповых рыб Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна. В связи с этим изучение данных гидробионтов является актуальным.

Исследование особенностей развития гонад у рыб имеет большое значение для характеристики многих важных популяционных параметров, таких как воспроизводительная способность, темп роста и другие.

Гаметогенез и, в особенности, оогенез – основной этап индивидуального развития организма, так как в этот период происходит процесс накопления и формирования запасных питательных веществ и генетической информации, отвечающей за последующее развитие организма. В гаметях накапливаются нуклеиновые кислоты, различные полипептиды, определяются системы белкового синтеза, путем сложных редукционных делений созревания создаются моноплоидность хромосомного набора и ооплазматическая сегрегация – дифференциация различных участков ооплазмы (Шарова, Кауфман, Лукин, 2003; Минеев, 2009).

Цель работы – изучение морфофункционального состояния гонад воблы и леща в дельте р. Волга в период их нерестовых миграций.

В основе данного исследования – анализ гистологических нарушений гонад самок воблы (от 30 экз. ежегодно) и леща (от 30 экз. ежегодно). Сбор материала и фиксацию проб проводили в весенний период 2021-2022 гг. согласно инструкциям Г.А. Судакова (2011). Рыб измеряли, взвешивали, определяли пол согласно руководству И.Ф. Правдина (1966). Стадии зрелости гонад (СЗГ), уровень резорбирующих ооцитов устанавливали гистологическими методами по стандартным методикам (Микодина, Седова, Чмилевский, 2009). Препараты гонад окрашивали кислым фуксином с докраской по Маллори. Для изучения и фотосъемки препаратов использовали электронный микроскоп «OLYMPUS BX 40» с видеоокуляром TourCam 5.1 MP. Статистический анализ показателей проведен в программе Microsoft Excel 2010.

Вобла. Линейные показатели особей в 2021 г. были в пределах 14,0-23,0 см, составляя в среднем 18,7 см, в 2022 г. – 17,0-27,0 см, в среднем –

20,4 см. Масса исследованных самок воблы в 2021 г. равнялась 76,0-270,0 г, в среднем – 140,3 г, в 2022 г. – 93,0-486,0 г, в среднем – 190,7 г.

Весной в период нерестовой миграции производителей воблы состояние яичников самок соответствовало IV СЗГ (рис. 1).

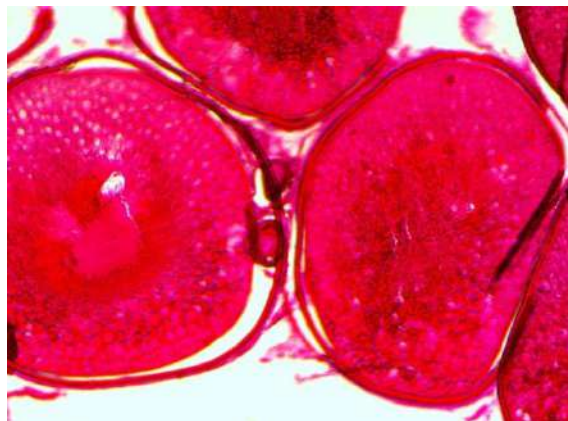


Рис. 1. Ооциты воблы в IV СЗГ. Увеличение 10x10

У самок воблы отмечены начальные этапы резорбции ооцитов: утолщение оболочки, перемешивание цитоплазмы, изменение состояния желтка (рис. 2).

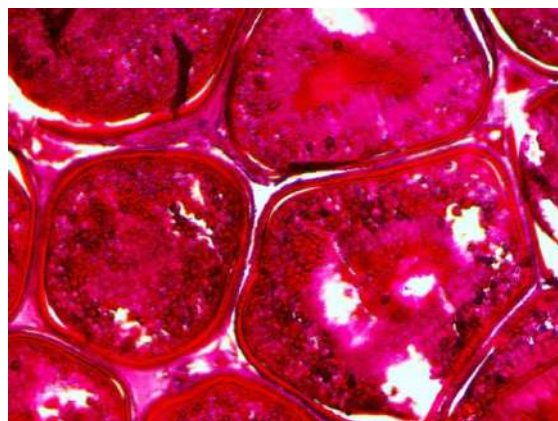


Рис. 2. Резорбирующие ооциты воблы в IV СЗГ. Увеличение 10x10

В 2021 г. средняя доля ооцитов воблы с резорбцией составила 29,0 % (95 %-ный доверительный интервал равен 22,3-35,7 %), в 2022 г. – 31,2 % (95 %-ный доверительный интервал – 26,5-35,8 %) (табл. 1). В результате гистологических исследований у производителей воблы в период нерестовой миграции в 2021-2022 гг. зарегистрирована массовая резорбция ооцитов. Доля таких рыб была по 13,3 % в 2021 и 2022 гг.

Состояние гонад самок воibly в период нерестовой миграции в 2021-2022 гг.

Год	Резорбирующие ооциты, %			Доля рыб с массовой резорбцией ооцитов, %
	среднее значение	95 %-ный доверительный интервал	стандартное отклонение	
2021	29,0	22,3-35,7	17,9	13,3
2022	31,2	26,5-35,8	12,4	13,3

Лещ. В 2021 г. размерно-массовые показатели самок леща составили 25,5-33,0 см и 329,0-821,0 г, в среднем 28,0 см и 495,7 г соответственно, в 2022 г. – 23,0-37,0 см и 337,0-1067,0 г, в среднем – 30,1 см и 600,2 г соответственно. Гонады самок леща в период нерестовой миграции находились в IV стадии зрелости (рис. 3). По результатам гистологических исследований гонад у рыб отмечены резорбирующие ооциты (рис. 4).

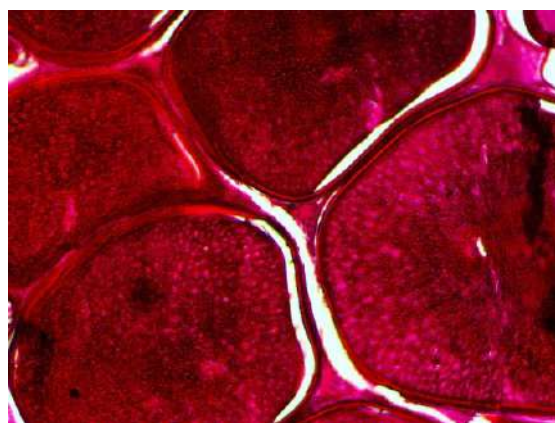


Рис. 3. Ооциты леща в IV СЗГ. Увеличение 10х4

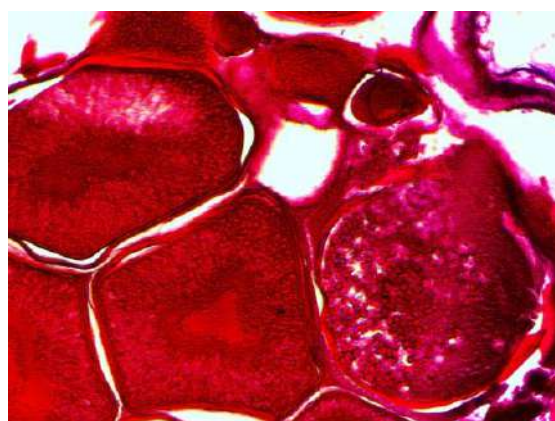


Рис. 4. Резорбирующие ооциты леща в IV СЗГ. Увеличение 10х4

Во время нерестовой миграции в 2021 и 2022 гг. в яичниках леща средняя доля резорбирующих ооцитов была на уровне 23,3-23,8 %

(95 %-ный доверительный интервал – 17,0-29,7 и 17,7-29,8 % соответственно) (табл. 2). У самок леща, как и у воблы, зарегистрирована массовая резорбция гонад. Доля особей с массовой резорбцией составила 6,6 и 5,5% в 2021 и 2022 гг. соответственно.

Таблица 2

Состояние гонад самок леща в период нерестовой миграции

Год	Резорбирующие ооциты, %			Доля рыб с массовой резорбцией ооцитов, %
	среднее значение	95 %-ный доверительный интервал	стандартное отклонение	
2021	23,3	17,0-29,7	17,1	6,6
2022	23,8	17,7-29,8	12,8	5,5

Процессу размножения рыб сопутствуют определенные экологические и гидрологические факторы. К основным регулирующим из них относятся температура и уровенный режим воды. Сроки начала и продолжительность нереста, температурные условия у исследованных представителей карповых рыб не совпадают. Это связано с биологическими особенностями вида и резко меняющимися экологическими условиями в водоемах (Бархалов, 2005). Лещ нерестится позже воблы, но в настоящий период, в связи с задержкой обводнений нерестилищ, часто наблюдается совмещение сроков размножения этих рыб (Иванов, Комарова, 2012)

Интенсивный ход воблы на нерест проходит при температуре воды 7-9 °С, леща – 8-12 °С. По реакции к другим факторам водной среды (проточность воды, содержание кислорода и др.) вобла требовательный объект.

В настоящее время существуют работы, посвященные нарушениям репродуктивной системы разных видов рыб (Бархалов, 2005; Дубовская, 2020). Реакции репродуктивной системы рыб на неблагоприятные условия среды, как правило, проявляются в виде резорбции ооцитов старшей генерации.

Согласно литературным данным (Гаджимурадов, Шихшабеков, 2012), резорбция ооцитов относится к одному из механизмов клеточного уровня, приводящему популяцию в соответствие по причине изменившихся условий обитания. Резорбция ооцитов является адаптацией, позволяющей рыбам переносить неблагоприятные условия, не теряя способности к размножению (Гербильский, 1959; Фалеева, 1965). Процесс резорбции проходит безболезненно для организма (Гаджимурадов, Шихшабеков, 2012). Резорбция ооцитов старшей генерации в IV СЗГ рыб сопровождается биохимическими изменениями состава яйцеклеток (Федорова, Залепухин, 2007).

Резкие изменения экологических факторов, в особенности колебания уровня воды и связанные с этим изменения температуры, отсутствие нерестового субстрата приводят к массовой резорбции ооцитов фаз вителлогенеза у рыб (Гаджимурадов, Шихшабеков, 2012). Тотальная резорбция половых клеток старшей генерации способствует пропуску нереста и задержке созревания следующих генераций, что отрицательно сказывается на эффективности их воспроизводства (Алтуфьев, 2006).

Вобла и лещ, осуществляющие нерестовую миграцию в весенний период из Северного Каспия в дельту р. Волга, относятся к рыбам с единовременным нерестом. При массовой резорбции у единовременно нерестящихся рыб потомство текущего года полностью теряется, самки остаются яловыми, а при длительном прохождении резорбции может задерживаться очередная вителлогенез. Следовательно, самки не успеют подготовиться и к следующему нересту.

Таким образом, зарегистрированная резорбция ооцитов у самок воблы и леща в период нерестовой миграции связана с изменением условий среды обитания, в особенности гидрологического режима р. Волга. Более выраженные резорбционные процессы в яичниках воблы объясняются биологией вида по отношению к современным экологическим факторам среды. Самки воблы и леща, у которых отмечена массовая резорбция, останутся яловыми, что приведет к срыву нереста, существенно снижая репродуктивный потенциал популяции.

Список использованной литературы

Алтуфьев, Ю.В. Эколого-гистофизиологические аспекты адаптивных возможностей каспийских осетровых / Ю.В. Алтуфьев. – Астрахань: Издательский дом Астраханский университет, 2006. – 138 с.

Бархалов, Р.М. Особенности развития и функционирования репродуктивной системы рыб (на примере семейства Cyprinidae) в изменившихся экологических условиях водоемов Северо-Западного Каспия: автореф. дис... канд. биол. наук / Р. М. Бархалов. – Махачкала, 2005. – 26 с.

Гаджимурадов, Г.Ш. Функциональные основы размножения рыб Аграханского залива // Г.Ш. Гаджимурадов, М.М. Шихшабеков // Проблемы развития АПК региона. – 2012. – № 2 (10). – С. 52-57.

Гербицкий, Н.Л. Эколого-гистологическое направление в ихтиологических исследованиях / Н.Л. Гербицкий // Тр. Всесоюз. совещ. по биологическим основам рыбководства. – Томск, 1959. – С.31-36.

Дубовская, А.В. Гистоморфологический анализ состояния репродуктивной системы сельди-черноспинки в период 2013-2017 годов /

А.В. Дубовская // Современная наука: перспективы, достижения и инновации: сб. тр. конф. / АГУ; под ред. Б.М. Насибулиной [и др.]. – Астрахань, 2020. – С. 27-30.

Иванов, В.П. Рыбы Каспийского моря (систематика, биология, промысел) / Астраханский гос. техн. ун-т, Междунар. акад. наук экологии и безопасности жизнедеятельности; авт.-сост. В.П. Иванов, Г.В. Комарова. – 2-е изд., допол. и уточ. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2012. – 226 с.

Микодина, Е.В. Гистология для ихтиологов. Опыт и советы / Е.В. Микодина, М.А. Седова, Д.А. Чмилевский. – М.: ВНИРО, 2009. – 112 с.

Минеев, А.К. Некоторые гистологические нарушения гонад у головешки-ротана (*Perccottus glenii dibowski*, 1877) и бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus pallas*, 1814) Саратовского водохранилища / А.К. Минеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Т. 11, № 1. – С. 185-191.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 374 с.

Судаков, Г.А. Инструкции по сбору и первичной обработке материалов водных биоресурсов Каспийского бассейна и среды их обитания / Г.А. Судаков. – Астрахань: КаспНИРХ, 2011. – 193 с.

Фалеева, Т.И. Анализ атрезии ооцитов у рыб в связи с адаптивным значением этого явления / Т.И. Фалеева // Вопросы ихтиологии. – 1965. – Т.5, вып. 3(36). – С.455-470.

Федорова, Н.Н. Некоторые диагностические аспекты концепции эндогенной разнокачественности / Н.Н. Федорова, В.В. Залепухин // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Сер. Рыбное хозяйство. – 2007. – № 3. – С. 51-55.

Шарова, Ю.Н. Оогенез рыб Европейского Севера России при техногенном загрязнении / Ю.Н. Шарова, З.С. Кауфман, А.А. Лукин. – Петрозаводск: КарНЦРАН, 2003. – 129 с.

ОБЗОР ПИЩЕВЫХ ОТНОШЕНИЙ ПОЛЯРНОЙ АКУЛЫ *SOMNIOSUS MICROCEPHALUS* В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ И У ПОБЕРЕЖИЙ ГРЕНЛАНДИИ И ИСЛАНДИИ

А.Э. Петкевич

ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет»,
г. Мурманск

В связи с климатическими изменениями изучение трофических взаимосвязей морей Северного Ледовитого океана имеет особое значение. Питание акул этих морей изучено не столь подробно, как у промысловых рыб. По питанию полярной акулы имеются данные в отечественных и зарубежных источниках, но отсутствуют обзорные работы, где проводилось бы сравнение рациона данной рыбы в разных районах морей Северного Ледовитого Океана.

Таким образом, целью настоящей работы является сравнение питания популяций полярных акул в разных районах морей Северного Ледовитого океана.

На архипелаге Шпицберген проводились исследования питания полярных акул (далее – акул). 26,7 % исследованных желудочно-кишечных трактов оказались пустыми. В остальных были найдены моллюски, иглокожие, ракообразные, полихеты, рыбы и млекопитающие. Самыми значительными компонентами питания были атлантическая треска (*Gadus morhua*) (IRI 55,8 %), кольчатая нерпа (*Pusa hispida*) (IRI 16 %), полосатая зубатка (*Anarhichas lupus*) (IRI 10,2 %), пикша (*Melanogrammus aeglefinus*) (IRI 5,4 %). Полихеты, брюхоногие и двустворчатые моллюски, а также иглокожие, обнаруженные в изученных желудочно-кишечных трактах, могли быть частью рациона рыб и млекопитающих, употребленных *Somniosus microcephalus* в пищу или же проглоченными случайно. В пищевых комках была обнаружена полярная акула, что свидетельствует о возможности каннибализма среди представителей этого вида рыб (A missing piece..., 2012). В районе Конгсфьорден в желудках акул также отмечались отходы промысла северного малого полосатика (*Balaenoptera acutorostrata*) (Greenland sharks (*Somniosus*..., 2011). Анализ жирных кислот акул этого района указывает на то, что они обычно едят треску, морских млекопитающих и пикшу в толще воды (The role of..., 2013).

Акула активно питается в местах скопления атлантической трески. Это подтверждается тем, что локализация приловов акулы в Баренцевом море хорошо согласуется с характером обычного сезонного расположения

флота на промысле донных рыб и отмечается в местах повышенного вылова трески (Русяев, Орлов, 2013).

В желудках крупных акул, добытых на берегу п-овов Кольский и Канин, были найдены треска, палтус, пинагор (*Cyclopterus lumpus*), морской окунь, зубатка, крабы, голотурии, раковины трубачей (*Vuccinum*) и остатки тюленя (Андряшев, 1954).

По данным полевого анализа питания акулы, проведенного ПИНРО с 1959 по 2009 г., наиболее часто эти рыбы едят атлантическую треску (50 % желудков), камбалу-ерша (*Hippoglossoides platessoides*) (35,7 % желудков) и пикшу (17,9 % желудков), частота встречаемости других видов (сайка (*Boreogadus saida*), ликоды (*Lycodes*), пятнистая зубатка (*Anarhichas minor*), черный палтус (*Reinhardtius hippoglossoides*)) была значительно меньше и не превышала 7 %. Также в питании акулы отмечались пелагические (медузы, гребневики) и донные (креветка, краб хиас (*Hyas araneus*)) беспозвоночные, но их встречаемость составляла менее 10 % (Долгов, 2016).

У западного побережья Гренландии исследователями были вскрыты желудки 39 особей акулы, выловленных в водах того района. 5,1 % желудков оказались пустыми. В остальных были обнаружены брюхоногие и головоногие моллюски, иглокожие, пластиножаберные и костистые рыбы, а также морские млекопитающие. Было определено 25 видов рыб из 14 семейств. Самыми значительными компонентами питания были черный палтус (IRI 2070,34), ластоногие (*Pinnipedia*) (IRI 768,67), северная креветка (*Pandalus borealis*) (IRI 279,55), неопределенные виды костных рыб (IRI 232,1) и сайка (IRI 172,12). Желудки особей, чья общая зоологическая длина составляла менее 200 см, содержали исключительно моллюсков, в основном головоногих (Yano, Stevens, Compagno, 2007).

Также проводилось исследование питания акулы в восточном (к востоку от 44°W, между 59°N и 69°N, юго-западном (к западу от 44°W, между 59 и 66°N), и северо-западном (к западу от 44°W, между 66 и 76°N) районах вод вблизи побережья Гренландии. Вскрыты желудки 30 особей; 20 % оказались пустыми. В остальных были найдены рыбы, круглоротые, млекопитающие, головоногие моллюски, десятиногие раки, двустворчатые и брюхоногие моллюски, иглокожие. Самые значительные компоненты питания – атлантическая треска (IRI 65,6 %), гренландский тюлень (*Pagophilus groenlandicus*) (IRI 9,9 %), арктический гонатус (*Gonatus fabricii*) (IRI 6,1 %), ромбовые скаты (*Rajidae*) (IRI 5 %). Стоит отметить, что IRI, вероятнее всего, не отражает значительность арктического гонатуса в питании акулы, так как все 33 особи были найдены в желудке одной акулы. Также данные этого исследования свидетельствуют о том, что акула способна не только поедать уже мертвую треску, но и охотиться на живых

особей. В двух желудках было найдено несколько особей трески без каких-либо мелких падальщиков (Distribution and feeding..., 2013).

В ходе другого исследования ученые вскрыли 102 желудка акул, выловленных в водах у западной и восточной частей Гренландии. 14 % были пусты; прочие содержали в себе рыб, млекопитающих, головоногих моллюсков и ракообразных. Исследователи выдвинули гипотезу о связи между размером полярной акулы и ее пищевыми предпочтениями. Головоногие моллюски доминировали в диете особей, чья зоологическая общая длина была менее 200 см. Во всех желудках особей этого размера присутствовал и доминировал кальмар *Gonatus* spp. У рыб длиной менее 200 см определяющей в питании являлась атлантическая треска (IRI 26,6 %). Другими определяющими компонентами питания были костистые рыбы (IRI 17,6 %), ромбовые скаты (IRI 8,5 %), черный палтус (IRI 7,1 %), гренландский тюлень (IRI 7 %), пинагор (IRI 6,9 %), гонатус (IRI 6,8 % у особей более 200 см и 93,7 % у особей менее 200 см). В то же время камбаловые (в основном, черный палтус) занимали позиции среди самой востребованной добычи у акул, чья общая зоологическая длина варьировала от 251 до 350 см. Следует отметить, что рыбы рода *Sebastes* были важной частью пищевых комков лишь самых крупных акул, чья общая зоологическая длина составляла более 400 см (Greenland Shark (Somniosus..., 2019).

В водах у побережья Исландии проводилось исследование рациона акулы с помощью радиоактивных изотопов и вскрытия желудков. Ученые исследовали 22 особи. Морской окунь (*Sebastes* spp.) доминировал как по численности, так и по массе в пищевых комках акул. Среди других костистых рыб, ставших жертвами акулы, были найдены виды, питающиеся только пелагическими (например, аргентина *Argentina silus*), исключительно бентическими (морская камбала *Pleuronectes platessa*) и как пелагическими, так и бентическими (например, атлантическая треска) организмами. Анализ радиоактивных изотопов показал, что некоторые акулы предпочитают потреблять в пищу особей из первой группы (Diet and resource..., 2010).

Различия в питании акул в разных районах исследований имеются. Более того, они могут наблюдаться и в пределах одного района; у побережья Гренландии они, скорее всего, связаны с местами вылова (Yano, Stevens, Comragno, 2007). Первое исследование проводилось в водах подводной окраины материка, второе – на экземплярах, выловленных в более глубоких водах. Также все подразумевающиеся особи акул были изъяты до 1995 г. (в этот период атлантическая треска практически отсутствовала в означенном районе). Вполне вероятно, имел место сдвиг в распространении акул в более глубокие воды, где они могли питаться представителями таких видов рыб,

как черный палтус (Distribution and feeding..., 2013). Локальная разница в питании акул могла быть вызвана различиями в распространении тех или иных видов в местных экосистемах.

Режимы питания акул Баренцева моря, вод у побережья Гренландии и Исландии заметно отличаются, но позволяют выявить их общие пищевые предпочтения. Основу рационов составляет рыба; не меньшее значение в них имеют ластоногие. Наличие либо отсутствие мелких падальщиков вместе с остатками рыб и ластоногих в желудках акул может свидетельствовать о том, что акула способна как поедать уже мертвых особей этих групп, так и охотиться за живыми. «Диета» акулы не ограничена рыбами и ластоногими, она питается также и моллюсками, ракообразными, иглокожими. Данные исследований рациона позволяют отнести ее к хищно-бентоядным видам.

Список использованной литературы

Русяев, С.М. Приловы гренландской полярной акулы *Somniosus microcephalus* (Squaliformes, Chondrichthyes) в Баренцевом море и прилегающих водах по данным донных тралений / С.М. Русяев, А. М. Орлов // Вопросы ихтиологии. – 2013. – Т. 53, № 1 – С. 111-115.

Андряшев, А.П. Рыбы северных морей СССР / А.П. Андряшев. – М.; Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1954. – 567 с.

Долгов, А.В. Состав, формирование и трофическая структура ихтиоценов Баренцева моря / А.В. Долгов; Федеральное агентство по рыболовству, ФГБНУ «Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича» (ФГБНУ «ПИНРО»). – Мурманск: ПИНРО, 2016. – 335 с.

A missing piece in the Arctic food web puzzle? Stomach contents of Greenland sharks sampled in Svalbard, Norway / L.M. Leclerc, C. Lydersen, T. Haug [et al.] // Polar biology. – 2012. – № 35. – P. 1197-1208.

Diet and resource use among Greenland sharks (*Somniosus microcephalus*) and teleosts sampled in Iceland waters, using $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, and mercury / B.C. McMeans, J. Svavarsson, S. Dennard [et al.] // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2010. – № 67. – P. 1428-1438.

Distribution and feeding ecology of the Greenland shark (*Somniosus microcephalus*) in Greenland waters / J. Nielsen, R. Hedeholm, M. Simon [et al.] // Polar biology. – 2013. – № 37. – P. 37-46.

Greenland shark (*Somniosus microcephalus*) Stomach Contents and Stable Isotope Values Reveal an Ontogenetic Dietary Shift / J. Nielsen, J.S. Christiansen, P. Grønkjær [et al.] // Frontiers in Marine Science. – 2019. – № 6. – 11 p.

Greenland sharks (*Somniosus microcephalus*) scavenge offal from minke (*Balaenoptera acutorostrata*) whaling operations in Svalbard / L.M. Leclerc, C. Lydersen, T. Haug [et al.] // *Polar research*. – 2011. – № 30. – P. 3-6.

McMeans, B.C. The role of Greenland sharks (*Somniosus microcephalus*) in an Arctic ecosystem: assessed via stable isotopes and fatty acids // *Marine Biology*. – 2013. – Vol. 160, № 5. – P. 1223-1238.

Yano, K. Distribution, reproduction and feeding of the Greenland shark *Somniosus (Somniosus) microcephalus*, with notes on two other sleeper sharks, *Somniosus (Somniosus) pacificus* and *Somniosus (Somniosus) antarcticus* / K. Yano, J.D. Stevens, L.J.V. Compagno // *Journal of Fish Biology*. – 2007. – Vol. 70, № 2. – P. 374-390.

ВИДОВОЙ СОСТАВ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЛОДИ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ СОСТИНСКИХ ОЗЕР РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ В 2018-2021 гг.

Д.С. Петрушкиева, А.А. Бугаков, С.А. Панфилий, А.М. Панфилий
Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«КаспНИРХ»), г. Астрахань

В условиях интенсивного промысла и незаконного, несообщаемого, нерегулируемого (ННН) рыболовства, особенно ценных гидробионтов, состояние рыбных ресурсов в Республике Калмыкия крайне неустойчиво. В связи с этим важно изучать состояния запасов рыб промысловых видов и их молоди. Ежегодные исследования урожая молоди позволяют предположить величину и состояние поколений, в будущем формирующих запасы, поэтому основная цель – определение эффективности естественного размножения рыб и видового состава молоди на Состинских озерах.

Состинские озера – наиболее крупные естественные водоемы Прикаспийской низменности (рис. 1). Они располагаются на территории двух районов Республики Калмыкия – Ики-Бурульского и Черноземельского, вблизи пос. Ачинеры – и являются устьевым окончанием р. Восточный Маныч представляя собой ряд водоемов площадью 50-600 га, соединенных между собой русловыми протоками (Петрушкиева, Водолазкина, Гавганова 2005).



Рис. 1. Состинские озера

Чограйское водохранилище – главный источник водообеспечения озер. Гидрологический и гидрохимический режимы Состинских озер полностью зависят от количества воды, сбрасываемой из Чограйского водохранилища. Местный сток практического значения не имеет. В систему Состинских озер входят 17 водоемов, из них (в зависимости от водоснабжения) только 7 являются рыбопромысловыми последние три года, их общая площадь составляет 1210-2067 га. В остальных водоемах с учетом водности года и объема поступающей воды из Чограйского водохранилища по мере их удаления от источника водоснабжения минерализация воды значительно повышается, они периодически пересыхают. Отмечается значительная зарастаемость мягкой водной растительностью (рдесты стеблеобъемлющий и курчавый, уруть колосистая, роголистник погруженный), занимающей 60-70 % акватории в летние месяцы в большинстве водоемов. По их периметру (в среднем 25-30 % водной акватории) расположена широкой полосой прибрежно-водная растительность, состоящая главным образом из тростника обыкновенного (рис. 2).



Рис. 2. Зарастаемость водоема надводной и погруженной растительностью

Материалом для статьи послужили результаты полевых работ, проведенных в 2018-2021 гг. Эффективность естественного нереста промысловых рыб оценивали на основании контрольного лова молоди в июне-июле на 7 станциях наблюдений (Коблицкая, 1966; Инструкции по сбору..., 2011). Ловили мальковой волокушей длиной 6 м с крыльями из килечной дели с ячейей размером 5 мм и кутцом из газ-ситы № 7. Площадь облова за одно притонение составляла 30 м². Среднюю урожайность молоди рассчитывали на 1 га площади. При анализе определялась стадия развития молоди. Видовой состав устанавливали по определителю молоди (Коблицкая, 1981). Параллельно наблюдали за условиями среды обитания

на местах нереста рыб: гидрологические (измерение глубины и прозрачности воды), гидрохимические (перманганатная окисляемость, минерализация и содержание кислорода) и метеорологические (температура воды, направление ветра).

На эффективность естественного воспроизводства рыб в Состинских озерах Республики Калмыкия значительное влияние оказывает гидрологический режим. Он определяет не только условия размножения рыб, но и нагула их молоди, так как воздействует на развитие планктонных и бентосных организмов, служащих пищей для молоди рыб. Большое значение имеют температурный и ветровой режимы. Из-за отсутствия гарантированного водообеспечения нет возможности для регулярных попусков воды в весенний период, поэтому зачастую естественные нерестовые участки озер остаются без свежезалитой растительности, что существенно сказывается на эффективности нереста. Также в озерах изменялся и видовой состав молоди промысловых рыб, в разные годы он насчитывал 7-9 видов (табл. 1).

Таблица 1

**Абсолютная численность молоди промысловых рыб в Состинских озерах
в 2018-2021 гг., млн экз.**

Молодь рыб	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Щука	0,13	0,10	0,08	0,04
Сазан	0,15	0,12	0,24	0,49
Судак	0,05	0,40	0,15	0,11
Лещ	0,14	–	0,05	0,03
Красноперка	16,90	8,24	4,51	2,04
Карась серебряный	1,17	0,80	0,61	0,42
Окунь	0,15	3,05	1,65	0,80
Плотва	6,61	20,44	5,89	6,54
Густера	0,06	–	0,03	–
Итого	25,36	33,15	13,21	10,48

В 2018 г. отмечено хорошее обводнение Состинских озер из-за своевременного сброса воды из Чограйского водохранилища, которое является главным источником водообеспечения озер, с заливом больших площадей, пригодных для нереста фитофильных рыб. Общая площадь нерестилищ исследованных водоемов составила 449 га. Также в 2018 г. была теплая зима, благоприятная для ранненерестящихся рыб, для поздненерестящихся условия нереста оказались неблагоприятными, так как ранняя весна характеризовалась низкой температурой воздуха и воды и их неустойчивостью. Поэтому наблюдалась растянутость нереста большинства рыб, поскольку развитие половых продуктов находится в прямой зависимости от суммы градусодней.

В 2019 г. (аналогично 2018 г.) залитие нерестилищ также оказалось благоприятным. Их общая площадь составила 404 га со своевременной водоподачей. Была теплая зима, благотворная для ранненерестящихся рыб, поэтому нерест хищных рыб завершился до конца марта. На эффективность нереста фитофильных рыб отрицательно повлияло кратковременное похолодание с 17 по 23 апреля, когда нерест сместился на более поздние сроки. Так, например, в эти дни нерест леща и карася прекратился и возобновился только в последних числах апреля. В начале мая отмечен нерест сазана, в конце мая – икрометание красноперки.

Таким образом, в 2018-2019 гг. наблюдалось хорошее обводнение Состинских озер. Площадь нерестилищ в эти годы колебалась в пределах 404-449 га, при этом абсолютная численность молоди промысловых рыб при благоприятных условиях нереста значительно повысилась и находилась на уровне 25,36-33,15 млн экз., в последующие 2020 и 2021 гг. произошло существенное понижение данной величины.

В 2020 г. отмечено недостаточное залитие естественных нерестилищ для фитофильных рыб. Общая площадь нерестилищ в исследованных водоемах сократилась до 320 га. Аномально теплая зима без ледостава оказалась благоприятной для ранненерестящихся рыб. На эффективности нереста большинства фитофильных рыб отрицательно сказалось затяжное апрельское похолодание. Площадь нерестилищ и абсолютная численность молоди промысловых рыб снизились и составили соответственно 320 га и 13,217 млн экз.

В 2021 г. отмечено удовлетворительное залитие естественных нерестилищ, пригодных для фитофильных рыб. В то же время за счет сокращения количества промысловых водоемов, куда вода не дошла, общая площадь нерестилищ уменьшилась и составила 258 га. Нерест ранненерестящихся рыб (щука, окунь и судак) в связи с низкой температурой воды в конце февраля и марте произошел на 5-10 дней позже, чем в 2020 г. На эффективность нереста большинства фитофильных рыб повлияло равномерное повышение температуры воды в апреле-мае.

Таким образом, абсолютная численность промысловых рыб в рассматриваемые годы составила 10,48-33,15 млн экз. Наблюдения за динамикой молоди показывают, что большинство гидробионтов испытывало значительные количественные колебания. Среди молоди промысловых рыб по абсолютной численности лидируют плотва (от 5,89 до 20,44 млн экз.) и красноперка (от 2,04 до 16,9 млн экз.).

Качественная характеристика молоди отражена в табл. 2.

В Состинских озерах линейно-массовые показатели молоди фитофильных рыб были высокими в 2021 г., когда благоприятно сказывалось равномерное повышение температуры воды в апреле-мае,

(кроме сазана, у которого из-за растянутости сроков нереста качественные показатели молоди были ниже). Эти показатели у молоди хищных рыб (щука, окунь и судак) являлись стабильными в связи с теплой зимой и обеспеченностью кормовыми объектами.

Таблица 2

**Размерно-массовые показатели молоди промысловых рыб
в Состинских озерах в 2018-2021 гг.**

Молодь рыб	Период развития*	2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		Длина, см	Масса, г	Длина, см	Масса, г	Длина, см	Масса, г	Длина, см	Масса, г
Сазан	М	6,1	7,5	5,0	4,0	6,2	7,19	4,0	2,11
Лещ	М	–	–	–	–	3,1	0,42	3,0	0,43
Красноперка	Л	1,3	0,07	1,5	0,05	–	–	1,6	0,07
Карась	М	2,7	0,22	2,4	0,21	2,9	0,40	2,9	0,89
серебряный	Л	1,4	0,09	1,4	0,09	–	–	–	–
Плотва	М	2,8	0,80	2,9	0,79	4,2	2,52	4,7	3,60
	Л	1,7	0,08	1,8	0,08	–	–	–	–
Густера	М	2,5	0,28	2,7	0,37	3,5	0,72	3,1	0,59
	М	2,5	0,25	–	–	2,3	0,21	–	–
Щука	М	9,2	9,1	9,0	6,85	12,3	17,15	11,1	15,81
Судак	М	4,7	1,3	4,8	1,24	6,3	2,58	5,4	2,23
Окунь	М	3,5	0,82	3,1	0,54	4,2	1,20	3,7	0,89

*М – мальковый, Л – личиночный периоды развития.

В последние годы наметилась тенденция к снижению эффективности воспроизводства промысловых рыб, включая нерестовые участки Состинских озер. Как свидетельствуют результаты работ по оценке воспроизводства рыб, абсолютной численности и качественным показателям молоди, основными причинами снижения ключевых значений являются позднее и слабое залитие нерестовых площадей из-за отсутствия своевременного и достаточного водообеспечения, резкие перепады температуры воды в весенний период, что приводит к задержке нереста рыбы; усиливающийся с каждым годом браконьерский лов производителей на местах зимовки и размножения, вызывающий существенное сокращение качественных производителей с высоким репродуктивным потенциалом.

Для повышения эффективности нереста рыб и увеличения видового разнообразия ихтиофауны необходимо:

- принять меры для регулярного, достаточного водообеспечения озер;
- осуществлять попуски воды весной, включая июнь;
- проводить ежегодную рыбохозяйственную мелиорацию;
- усилить предупредительные меры по охране производителей рыб на местах нереста и зимовки.

Список использованной литературы

Инструкции по сбору и первичной обработке материалов водных биоресурсов Каспийского бассейна и среды их обитания / Под ред. Г.А. Судакова. – Астрахань: КаспНИРХ, 2011. – 193 с.

Коблицкая, А.Ф. Изучение нереста пресноводных рыб (методическое пособие) / А.Ф. Коблицкая. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 110 с.

Коблицкая, А.Ф. Определитель молоди пресноводных рыб / А.Ф. Коблицкая. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 208 с.

Петрушкиева, Д.С. Оценка запасов и прогноз вылова промысловых видов рыб в оз. Цаган-Нур и Состинских озерах Республики Калмыкия на 2006 г. / Д.С. Петрушкиева, Г.Н. Водолазкина, В.Г. Гавганова // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2004 г. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2005. – С.445-456.

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОТРАСЛЕВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ НА СЕВЕРНОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ

Д.И. Пискунович, Л.А. Шаповалова, М.Ю. Двинин
Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск

Северный рыбохозяйственный бассейн занимает второе место после Дальневосточного по объему добываемых российскими рыбаками водных биологических ресурсов (далее – ВБР). При этом доминирующую часть добываемых ВБР составляют треска и пикша, а основу приловов при их вылове – морские окуни (главным образом окунь-клювач), зубатки всех видов, камбалы, сайда и синекорый палтус. Руководствуясь стратегией «предосторожного» подхода к обороту ВБР, государство осуществляет жесткий контроль их изъятия, сохранения и рационального использования. Одной из мер технического регулирования промысла служит применение переводных коэффициентов (показателей расхода сырья на единицу готовой продукции) для расчета фактического вылова ВБР.

Возможность пересчета добытого улова ВБР с помощью переводных коэффициентов, помимо прямого взвешивания, применения объемно-весового метода или поштучного исчисления с последующим пересчетом на средний вес ВБР, установлена в «Правилах рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна» (2021). Переводные коэффициенты широко используются и при производстве продукции на береговых предприятиях, осуществляющих переработку ВБР.

До 1991 г. существовал обязательный порядок установления и применения норм расхода сырья по всему ассортименту выпускаемой продукции для предприятий и организаций отрасли; однако в 1990-е годы появилось большое количество частных компаний, которым было дано разрешение самостоятельно заниматься разработкой норм применительно к их оборудованию. Это привело к серьезным проблемам в учете уловов при добыче ВБР, завышению себестоимости выпускаемой продукции, как следствие – к значительному экономическому ущербу интересам страны. В связи с этим в 1997 г. в соответствии с распоряжением Госкомитета по рыболовству были восстановлены централизованные работы в области технологического нормирования и установлен порядок разработки норм

отходов, потерь, выхода готовой продукции или полуфабриката и расхода сырья.

В результате проводились разработка, согласование и утверждение норм, подразделяемых по масштабу применения на следующие группы: установленные Правилами рыболовства для соответствующих бассейнов рыбного хозяйства; единые отраслевые; региональные; индивидуальные.

Нормы, установленные Правилами рыболовства для бассейнов на все виды продукции, обязательны к применению предприятиями отрасли. Единые отраслевые нормы устанавливаются на различные виды сырья и продукции, районы и сроки добычи (вылова), оборудование, технологии, условия хранения и транспортирования, виды упаковки. Бассейновые (региональные) нормы затрагивают все виды продукции предприятий рыбохозяйственного бассейна или региона. Единые отраслевые и бассейновые (региональные) единые нормы не являются обязательными к применению и могут быть заменены на индивидуальные, если направлены на экономию и рациональное использование сырья (или дифференцированы в зависимости от районов и сезонов вылова ВБР). При этом индивидуальные нормы разрабатываются для конкретных производственных условий конкретного предприятия или группы (ассоциации, холдинга) предприятий.

Как единые отраслевые, так и бассейновые нормы разрабатываются на постоянной основе в рамках государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» и его филиалов – Дальневосточного («ТИНРО»), Полярного («ПИНРО» им. К.М. Книповича), Западного («АтлантНИРО»), Азово-Черноморского («АзНИИРХ») и Каспийского («КаспНИРХ»). Индивидуальные нормы отраслевых предприятий согласовываются с научными подразделениями технологического нормирования ФГБНУ «ВНИРО» или его филиалов.

Специалисты «ПИНРО» им. Н.М. Книповича активно действуют в области отраслевого технологического нормирования с 2003 г. С этого времени они участвуют в подготовке сборников единых отраслевых норм, пересматриваемых или продлеваемых в зависимости от характера изменений нормообразующих критериев каждые пять лет, и бассейновых норм, чей срок действия – не более трех лет. Их разработка или актуализация ведется на основе результатов опытно-контрольных работ, производимых на борту рыбодобывающих судов или на береговых предприятиях, в соответствии с порядком и процедурами нормирования (Технологическое нормирование. Выпуск..., 2019) и методиками определения норм расхода сырья (Методики определения норм..., 2002). Опытно-контрольные работы проводят на одной партии стандартного сырья от начала и до конца технологического процесса, с учетом всех отходов и потерь на каждой его стадии. Работы повторяют не менее трех раз, результат определяют по средним величинам. При резких отклонениях результатов опыт проводится заново. Опытно-

контрольные работы проводят на сырье от разных дат заготовки, а для установления среднегодовых норм – разных сроков и районов вылова ВБР. После накопления необходимого и достаточного материала по результатам опытно-контрольных работ вырабатываются единые отраслевые и бассейновые нормы.

Наряду с опытным применяются расчетно-аналитический и опытно-статистический методы разработки норм. Расчетно-аналитический метод основывается на системе математических исчислений по данным размерно-массовых характеристик и технoхимических свойств используемого сырья, а также их изменений при разных видах и способах разделки и обработки. В частности, таким методом были установлены бассейновые нормы выхода печени, икры и молоко при разделке трески-сырца (свежей), добываемой в Баренцевом море в периоды с октября по март и с апреля по сентябрь. Опытно-статистический метод основан на анализе и обобщении отчетных данных фактического расхода сырья и материалов, полученных при проведении опытно-контрольных работ, с последующим сопоставлением результатов для установления норм. Этот метод также используется при разработке единых отраслевых и бассейновых норм.

Действующий сборник бассейновых норм включает в себя нормы отходов, потерь и выхода разделанной рыбы и водных беспозвоночных, нормы расхода сырья и выхода готовой продукции при изготовлении охлажденной и мороженой пищевой рыбной продукции из рыбы-сырца (свежей), водных беспозвоночных живых или свежих, выпускаемой на борту рыбопромысловых судов, осуществляющих вылов ВБР в районах Северного рыбохозяйственного бассейна (Нормы выхода продуктов..., 2019). Основные виды рыб, для продукции из которых установлены нормы – треска, пикша, сайда, синекорый палтус, морской окунь, зубатки пестрая, синяя и полосатая, морская камбала, камбала-ерш, камбала-лиманда (ершоватка северная), сельдь атлантическо-скандинавская, скумбрия и др. Водные беспозвоночные представлены камчатским крабом, северной креветкой, кукумарией, морским гребешком. В 2021 г. был подготовлен проект обновленного сборника бассейновых норм, который в настоящее время проходит необходимые этапы согласования и утверждения.

В настоящее время проводятся исследования по уточнению норм отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья для различных видов продукции из краба-стригуна опилио и камчатского краба Северного бассейна. В дальнейшем планируется разработать нормы при производстве рыбной кормовой муки из рыбы-сырца (свежей), а также из отходов от разделки рыбы.

Сборник бассейновых норм находится в открытом доступе на интернет-портале Североморского территориального управления для применения в производственной деятельности организациями, которые занимаются добычей и переработкой ВБР, а также контролирующих органов. Переводные коэффициенты используют в суточных судовых донесениях для передачи данных в отраслевую систему мониторинга водных биологических ресурсов (ОСМ) в блоке «Производство рыбной и иной продукции из водных биоресурсов за сутки». Необходимы они и для получения кодов ОСМ на вновь вводимые виды продукции, изготавливаемые на технологических линиях рыбопромысловых судов.

При отсутствии единых отраслевых или бассейновых норм, а также при наличии достоверных и обоснованных данных для корректировки действующих нормообразующих показателей предприятия работают по индивидуальным нормам. На береговых предприятиях региона это главным образом индивидуальные нормы на мороженое филе трески и пикши различных видов разделки, мороженая разделанная треска и пикша, мороженный пищевой рыбный фарш, мороженые субпродукты рыбы, треска клипфиской разделки соленая; на рыбопромысловых судах – отдельные виды мороженого филе трески и пикши, мороженая продукция из объектов прилова при промысле донных видов рыб, варено-мороженая продукция из камчатского краба и краба-стригуна опилио, кормовая рыбная мука из малоценной рыбы-сырца (свежей) и отходов от разделки донных видов рыб. В ходе разработки или пролонгации индивидуальных норм опытным методом особое внимание уделяется правильности и последовательности проведения опытно-контрольных работ и расчетов, соблюдению режимов и условий технологического процесса, его метрологическому обеспечению.

Помимо работ в области технологического нормирования при производстве продукции из ВБР на отечественных предприятиях и рыбопромысловых судах, специалисты Центрального аппарата ФГБНУ «ВНИРО» и Полярного филиала проводят в рамках международного сотрудничества исследования по установлению единых российско-норвежских переводных коэффициентов на продукцию, изготавливаемую из ВБР, являющихся совместными запасами России и Норвегии. Эти коэффициенты необходимы для осуществления контроля и оценки изъятия ВБР рыбопромысловыми судами в Баренцевом и Норвежском морях, районе архипелага Шпицберген. На сегодняшний день разработаны и применяются согласно действующему Протоколу заседания Смешанной российско-норвежской Комиссии по рыболовству (СРНК) единые российско-норвежские коэффициенты на продукцию из трески, пикши, окуня-клювача, синекорого палтуса.

Разработка единых российско-норвежских коэффициентов осуществляется в соответствии с требованиями Совместной российско-норвежской методики, устанавливающей порядок измерений и расчета переводных коэффициентов для рыбной продукции, изготавливаемой на промысловых судах (Совместная российско-норвежская ..., 2013). Методика определяет порядок отбора проб для определения размерно-массового состава уловов, измерения длины и взвешивания рыбы по размерным группам, количество отбираемых проб для определения размерного состава по основным районам промысла. Представлены расчеты переводных коэффициентов для каждой пробы готовой продукции из одного вида рыбы; готовой продукции одного вида по отношению к размерной группе; готовой продукции одного вида по отношению к размерному составу улова; готовой продукции одного вида по отношению к судну в одном основном районе и сезоне промысла; готовой продукции одного вида по отношению к основным районам промысла; готовой продукции одного вида по отношению к сезону лову; готовой продукции одного вида из одного вида рыбы по отношению к типу орудия лова.

В отличие от отечественных методик, Совместная российско-норвежская не учитывает отходы и потери на всех стадиях обработки рыбы, что зачастую приводит к разногласиям между Россией и Норвегией в разработке единых переводных коэффициентов. Однако, основываясь на многолетнем опыте сотрудничества и стремлении к выработке единогласных решений, эта проблема решается путем проведения совместных научно-исследовательских рейсов в целях проведения опытно-контрольных работ в разные сезоны добычи и разных районах промысла ВБР. Полученные результаты представляются и обсуждаются обеими Сторонами на заседаниях Рабочей группы по переводным коэффициентам, рассчитываются и принимаются единые переводные коэффициенты, которые согласовываются на заседаниях Постоянного российско-норвежского Комитета по рыболовству (ПРНК). Данные коэффициенты вводятся в действие Протоколом очередной сессии СРНК. Установленные единые переводные коэффициенты используются при контроле и оценке изъятия запасов российскими, норвежскими судами и судами третьих стран.

Возросшая в последние годы заинтересованность в освоении запаса северной креветки как со стороны России, так и Норвегии диктует необходимость проведения совместных работ по гармонизации переводных коэффициентов на изготавливаемую на судах рыбопромыслового флота продукцию из северной креветки, начало которых запланировано на 2023 г. В перспективе планируется предложить норвежской стороне провести исследования по гармонизации переводных коэффициентов на различные виды продукции из сайды. Хочется надеяться, что достигнутые в ходе

многолетнего сотрудничества результаты по установлению единых для России и Норвегии переводных коэффициентов будут приумножаться и работа будет продолжена.

Таким образом, технологическое нормирование является активно развивающимся и актуальным направлением прикладных исследований отраслевой рыбохозяйственной науки на Северном бассейне. Оттачивание технологических процессов, модернизация оборудования, применение современных пищевых добавок, изменение значения ОДУ требуют постоянного мониторинга количества добываемых и перерабатываемых ВБР. В связи этим необходимо оперативно разрабатывать новые, корректировать или пролонгировать существующие нормы расхода сырья – переводные коэффициенты, способствующие верификации и валидации уловов, рациональному использованию ВБР. Разработка совместных российско-норвежских переводных коэффициентов для общих запасов ВБР обеих стран позволит избежать разногласий и трудностей в принятии решений, устраивающих обе стороны, будет способствовать отслеживанию данных по вылову и позволит промысловым судам не корректировать значения переводных коэффициентов при прохождении из одной экономической зоны в другую.

В то же время необходимо отметить, что в решении назревших проблем в проведении научных исследований по технологическому нормированию на Северном бассейне крайне важно участие и помощь рыбопромышленников региона. Нужна их заинтересованность в разработке достоверных переводных коэффициентов, что поможет избежать конфликтных ситуаций со стороны контролирующих органов.

Список использованной литературы

Методики определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов / Под ред. Е.Н. Харенко. – М.: Изд-во ВНИРО, 2002. – 270 с.

Нормы выхода продуктов переработки водных биоресурсов Северного рыбохозяйственного бассейна : утверждены Федеральным агентством по рыболовству 13 декабря 2019 г. / разработаны Полярным филиалом ФГБНУ «ВНИРО». – Текст : электронный // Североморское территориальное управление Федерального агентства по рыболовству : официальный сайт. – Разд. Нормативные документы. – URL: <https://sevtu.ru/index.php/normativnyye-dokumenty.html> (дата обращения 11.07.2022).

Правила рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна: Прил. к Приказу Министерства сельского хозяйства РФ от 13.05. 2021 г.

№ 292 «Об утверждении правил рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна (в ред. Приказа Минсельхоза России от 20.08.2021 № 583). – Текст: электронный // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации : [сайт] / Консорциум КОДЕКС. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/603702170?marker=6500IL> (дата обращения: 04.07.2022).

Совместная российско-норвежская методика по измерению и расчету переводных коэффициентов для рыбной продукции, изготавливаемой на промысловых судах / М.А. Пенкин, В.В. Степаненко, Г. Блом [и др.]. – Тромсе: Изд-во Директората рыболовства Норвегии. – 2013. – 23 с.

Технологическое нормирование. Выпуск 9. Руководство по технологическому нормированию выхода продуктов переработки водных биоресурсов и объектов аквакультуры. – М.: Изд-во ВНИРО, 2019. – 74 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ПРОИЗВОДНОГО ХАЛКОНА В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРА ПЕРОКСИДАЦИИ ЛИПИДОВ РЫБНЫХ КОРМОВ

***М.А. Половинкина¹, В.П. Осипова¹, Е.В. Степанова¹,
А.В. Великородов², Н.Т. Берберова³***

¹ Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

² Астраханский государственный университет, г. Астрахань

³ Астраханский государственный технический университет,
г. Астрахань

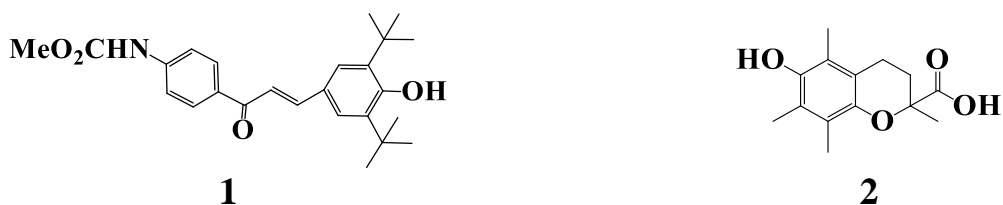
Аквакультура является одной из важнейших составляющих мировой экономики и включает в себя выращивание и культивирование различных гидробионтов как в естественной среде, так и в искусственных водоемах. Ключевое направление в отрасли – рыбоводство, коммерческое разведение рыб, способствующее удовлетворению потребностей в высококачественной и доступной пищевой продукции (Effect of traditional..., 2015). Быстрому развитию мировой индустрии аквакультуры способствует применение рыбных кормов, которые повышают выживаемость и продуктивность рыб (Replacing dietary fish..., 2022). Кроме того, важно учитывать, что от состава потребляемого корма зависит не только вкус и цвет мяса выращиваемой рыбы, но и его химический состав, поэтому необходимо использовать рыбный корм, максимально безопасный как для объекта аквакультуры, так и для потенциального потребителя данной продукции.

Известно, что гидробионтам для поддержания оптимального здоровья и интенсивного роста нужен корм с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (далее – ПНЖК) (Effects of dietary..., 2000). Однако ПНЖК особенно восприимчивы к пероксидному окислению липидов (далее – ПОЛ) в естественных условиях (Effects of oxidized..., 2019). Во время хранения и приготовления корма происходит окислительное разрушение ненасыщенных компонентов жира, ведущее к образованию токсичных продуктов окисления: первичных (гидропероксидов) и вторичных (альдегидов, кетонов, спиртов, углеводов и летучих органических кислот). Использование окисленных кормов может вызывать окислительный стресс у гидробионтов, ведущий к нарушениям метаболизма, снижению антиоксидантной защитной системы, угнетению роста, развитию разнообразных трудноизлечимых патологических состояний (Effects of oxidized..., 2019).

В норме живой организм справляется с окислительным стрессом за счет эндогенных антиоксидантных защитных систем, в том числе липофильных антиоксидантов (например, витамин Е), однако избыточное образование активных радикальных форм провоцирует дисбаланс (Oxidized fish oil..., 2018). Для предотвращения нежелательных последствий при производстве рыбных кормов используются ингибиторы окислительных процессов. В настоящее время известно большое количество применяемых антиоксидантов природного и синтетического происхождения, но для большинства из них приняты ограничения ввиду их побочных эффектов. В настоящее время намечается тенденция замещения синтетических антиоксидантов на менее токсичные продукты природного происхождения, которые, к сожалению, также обладают рядом ограничений.

В связи с этим до сих пор актуальны поиск и разработка новых синтетических аналогов природных биологически активных соединений, содержащих несколько редокс-активных фармакофорных групп, которые обладают различными механизмам антиоксидантного действия, что позволяет повысить эффективность их действия и снизить риск появления побочных эффектов (Carocho, Morales, Ferreira, 2018). В качестве подобных соединений могут выступать халконы, химический каркас которых широко распространен в съедобных растениях в различных конфигурациях (Chalcone: a privileged..., 2017). Производные халконов универсальны в качестве физиологически активных соединений, так как обладают антибактериальными и противогрибковыми свойствами, цитотоксическим и антиоксидантным действием (Prabakaran, Manivarman, Bharanidharan, 2022).

В данной работе изучено ингибирующее действие нового производного халкона с пространственно-затрудненным фенольным фрагментом в процессе ПОЛ рыбного корма в сравнении с водорастворимым аналогом витамина Е – тролоксом (рис. 1).



**Рис. 1. Взаимодействующие с новым производным халкона соединения:
1 – пространственно-затрудненный фенольный фрагмент;
2 – тролокс, водорастворимый аналог витамина Е**

Антиоксидантная активность соединений была оценена по их способности ингибировать образование LOOH в ходе ПОЛ хлороформной вытяжки рыбного корма. Концентрацию LOOH определяли по стандартной методике по количеству йода, выделенного из йодистого калия перекисными соединениями, содержащимися в 100 г жира (Methods for testing..., 2002).

Для приготовления вытяжки проведено экстрагирование липидов из рыбного корма (150 г) хлороформом (500 мл) в течение 6-8 ч. Исследуемые соединения вводили в готовую вытяжку из расчета 100 мг на 1 кг рыбного корма. Инкубирование образцов осуществляли в темноте при комнатной температуре в течение девяти недель, определение концентрации LOOH проводили один раз в неделю. Отфильтрованный экстракт (5 мл) наливали в предварительно взвешенные стаканы. После полного испарения хлороформа осуществляли взвешивание и по разности массы рассчитывали пробу жира, которая составляла 0,6-0,8 г. Для определения перекисного числа полученную навеску растворяли в 10 мл хлороформа, затем добавляли 10 мл ледяной уксусной кислоты и 1 мл насыщенного водного раствора йодистого калия. После инкубирования в течение 20 мин в темноте к раствору добавляли 100 мл дистиллированной воды и 1 мл 1%-ного крахмала. Выделившийся йод титровали сантинормальным раствором тиосульфата натрия. Одновременно в тех же условиях проводили контрольный опыт. Предварительно исключено влияние данных растворителей на уровень ПОЛ относительно контроля без добавок. Концентрацию гидропероксидов вычисляли по формуле:

$$\text{LOOH} = (V - V_0) \times 0.001269 \times K \times 100/m,$$

где V – объем раствора 0,01 N тиосульфата натрия, израсходованный на титрование в рабочем анализе, мл;

V_0 – объем раствора 0,01 N тиосульфата натрия, израсходованный на титрование в контрольном анализе, мл;

K – коэффициент пересчета на точный раствор тиосульфата натрия 0,01 N;

M – масса исследуемой липидной вытяжки;

0,001269 – количество йода в г, эквивалентное 1 мл 0,01 N раствора тиосульфата натрия.

Перекисное число (LOOH, mM), равное 1 % йода, соответствует 78,7 mM активного кислорода на 1 г липидов.

Ранее было показано снижение интенсивности окислительного стресса в печени и почках рыб и млекопитающих при добавлении витамина E в обогащенный липидами корм, однако выявлена недостаточная способность ингибировать липопероксидацию при увеличении потребления ПНЖК. Также ранее нами было изучено влияние

известной синтетической добавки ионола (ВНТ, 2,6-ди-*трет*-бутилфенол) на уровень накопления гидропероксидов в липидной вытяжке из рыбного корма в сравнении с новыми полизамещенными пирролидинами (Polysubstituted ionol derivatives..., 2017). Было установлено, что добавка пирролидинов способствует стабилизации липидов рыбного корма, повышает устойчивость липидов печени рыб к пероксидному окислению, при этом изученные соединения не оказывают токсического влияния на гидробионты, а их эффективность превышает действие ионола.

Кинетические параметры процесса определены с учетом подтвержденного механизма ПОЛ. Известно, что образование пероксильного радикала контролируется диффузией O_2 , что свидетельствует о значительном влиянии стадии отрыва атома водорода радикалом LOO^\bullet на скорость суммарного накопления изомерных гидроперекисей (Porter, Mills, Carter, 1994). Согласно полученным результатам, кривые накопления первичных продуктов окисления для всех проб имеют линейный характер, что соответствует уравнению $C = kt + b$ с коэффициентами корреляции, близкими к единице. Содержание LOOH при хранении липидной вытяжки закономерно возрастает в течение всего периода исследования как в контрольном опыте, так и в присутствии добавок соединений (рис. 2).

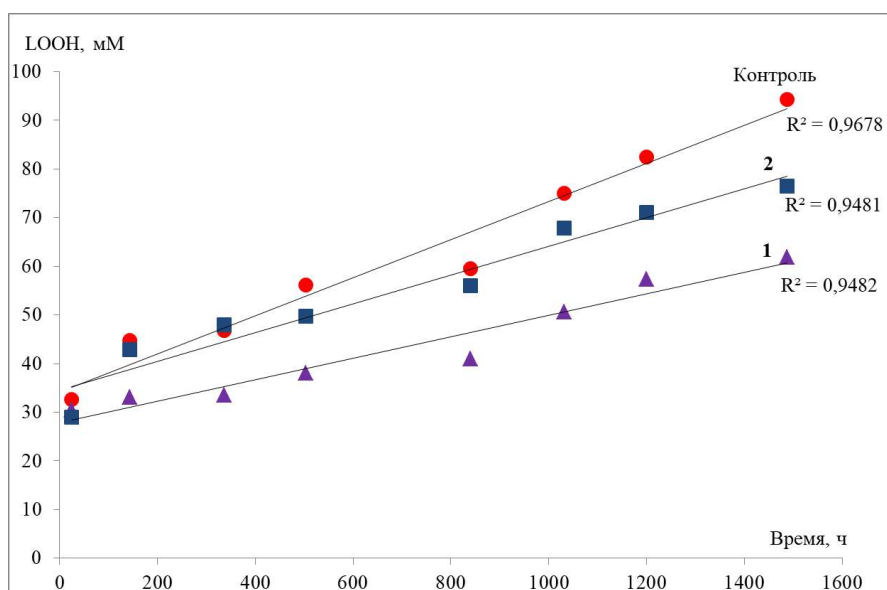


Рис. 2. Влияние гидроксипроизводного халкона (1) и тролокса (2) на уровень накопления LOOH в липидной вытяжке из рыбного корма (9 недель хранения в концентрации 100 мг на 1 кг рыбного корма)

На начальном и среднем этапах пероксидации липидов вытяжки из рыбного корма тролокс не оказывает заметного влияния на концентрацию LOOH, но через шесть недель инкубирования эффект от антиоксидантного

воздействия возрастает, на девятой неделе составляя 40% ингибирования. Уровень накопления LOOH в присутствии гидрокси-производного халкона в течение всего периода аутоокисления липидов рыбного корма был ниже, чем в контрольном варианте без добавок соединений. Как и в присутствии тролокса, ингибирующее действие соединения возрастает с течением времени, на финальном этапе его добавка способствует снижению концентрации первичных продуктов окисления на 72 %. Результаты данного исследования согласуются с ранее полученными, где была продемонстрирована антирадикальная (Activity of hydroxyl..., 2021) и антиоксидантная активности данного карбаматного производного халкона в модельной системе аутоокисления олеиновой кислоты в течении 3 ч при барботировании кислородом воздуха в температурном режиме 65 °С и при длительно протекающем процессе ПОЛ печени тилапии (72 ч) (Synthesis and antioxidant..., 2020).

Таким образом, на модельной системе пероксидации липидов, полученных из рыбного корма, установлена ингибирующая активность нового гидроксипроизводного халкона, превышающая действие известного антиоксиданта – тролокса. Полученные данные указывают на необходимость проведения дополнительных исследований по изучению влияния добавок данного соединения на развитие и рост молоди рыб *in vivo*, что позволит предложить его в качестве стабилизатора липидов рыбного корма.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания, рег. № 122020100328-1.

Список использованной литературы

Activity of hydroxy derivatives of chalcones toward superoxide anion radical / M.A. Polovinkina, V.P. Osipova, A.D. Osipova [et al.] // Chemistry. – 2021. – Vol. 500, № 1. – P. 184-187.

Carocho, M., Morales, P., Ferreira, I. C.F.R. Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives / M. Carocho, P. Morales, I. Ferreira // Trends in Food Science & Technology. – 2018. – Vol. 71. – P. 107-120.

Chalcone: a privileged structure in medicinal chemistry / C. Zhuang, C. Sheng, Z. Miao [et al.] // Chemical Reviews. – 2017. – Vol. 117, № 12. – P. 7762-7810.

Effect of traditional fish processing methods on the proximate and microbiological characteristics of laubuka dadiburjori during storage at room

temperature / S. Al-Reza, S. Karmaker, M. Hasan [et al.] // *Journal of Fisheries and Aquatic Science*. – 2015. – Vol. 10, № 4. – P. 232-243.

Effects of oxidized fish oil on growth performance, antioxidant defense system, apoptosis and mitochondrial function of juvenile largemouth bass (*Micropterus salmoides*) / P. Yin, X. Sie, Y. Huo [et al.] // *Aquaculture*. – 2019. – Vol. 500. – P. 347-358.

Effects of dietary polyunsaturated fatty acid/vitamin E (PUFA/tocopherol ratio on antioxidant defence mechanisms of juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata* L., Osteichthyes, Sparidae) / G. Morente, E. Diaz-Salvago, D.R. Tocher [et al.] // *Fish Physiol. Biochem.* – 2000. – Vol. 23. – P. 337-351.

Methods for testing antioxidant activity / M. Antolovich, P.D. Prenzler, E. Patsalides [et al.] // *Analyst*. – 2002. – Vol. 127. – P.183-198.

Oxidized fish oil injury stress in *Megalobrama amblycephala*: evaluated by growth, intestinal physiology, and transcriptome-based PI3K-Akt/NF- κ B/TCR inflammatory signaling / C. Song, B. Liu, P. Xu [et al.] // *Fish. Shellfish Immunology*. – 2018. – Vol. 81. – P. 446-455.

Polysubstituted ionol derivatives as inhibitors of lipid peroxidation / V.P. Osipova, M.N. Kolyada, N.T. Berberova [et al.] // *Russian Journal of General Chemistry*. – 2017. – Vol. 87, № 13. – P. 3144-3150.

Porter N. A., Mills K. A., Carter R. L. A mechanistic study of oleate autoxidation: competing peroxy H-atom abstraction and rearrangement / N.A. Porter, K.A. Mills, R.L. Carter // *Journal of the American Chemical Society*. – 1994. – Vol. 116. – P. 6690-6696.

Prabakaran, G., Manivarman, S., Bharanidharan, M. Catalytic synthesis, ADMET, QSAR and molecular modeling studies of novel chalcone derivatives as highly potent antioxidant agents / G.Prabakaran, S. Manivarman, M. Bharanidharan // *Materials Today: Proceedings*. – 2022. – Vol. 48, № 2. – P. 400-408.

Replacing dietary fish meal improves ecosystem services of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) farming / Z. Cui, J. Zhang, X. Ren [et al.] // *Aquaculture*. – 2022. – Vol. 550. – P. 737-830.

Synthesis and antioxidant activity of new hydroxyl derivatives of chalcones / V.P. Osipova, M.A. Polovinkina, L.R. Telekova [et al.] // *Russian Chemical Bulletin*. – 2020. – Vol. 69, № 3. – P. 504-509.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИХТИОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРНЫХ ОЗЕР ЗАПАДНЫХ СКЛОНОВ ПРИПОЛЯРНОГО И ПОЛЯРНОГО УРАЛА

В.И. Пономарев, О.А. Лоскутова, О.Н. Кононова

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук (ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН),
г. Сыктывкар*

Характерным элементом ландшафтов европейской части Приполярного и Полярного Урала являются чрезвычайно многочисленные и небольшие по площади озера, приуроченные к глубоким циркам, карам, трогам и перевальным седловинам (Долгушин, Кеммерих, 1959). Всего только в горной области насчитывается более 4250 озер, из которых три четверти – на Полярном Урале, остальные – на Приполярном. В свою очередь, на западных склонах этой области Урала общее количество и суммарная площадь озер превосходят таковые на азиатском склоне более чем в пять раз. Преобладающее количество горных озер локализовано на высоте 500-1000 м над уровнем моря на Приполярном Урале и высоте 200-500 м – на Полярном.

По происхождению озерных ванн выделены уральские тектонические и ледниковые озера с подразделением последних на каровые, плотинные и моренные (Долгушин, Кеммерих, 1959). Также в небольшом количестве имеются пойменные и термокарстовые озера. По данным А.О. Кеммериха (1961), тектонические озера весьма немногочисленны и распространены только на восточных склонах Урала. Вместе с тем по меньшей мере три озера на водосборе р. Большой Паток (бассейн р. Щугор) были классифицированы Л.П. Голдиной (1973) как ледниково-тектонические по происхождению.

Генезис, возраст, геоморфология, гидрология и биологический режим большинства горных озер рассматриваемой области Урала остаются неизученными, несмотря на чрезвычайную привлекательность и актуальность таких исследований в связи с близким к естественному состоянием этих озер.

До появления наших публикаций информация о фауне рыб и водных беспозвоночных многочисленных горных озер западных склонов Приполярного и Полярного Урала практически полностью отсутствовала, что вполне объяснимо их труднодоступностью, осложненной короткой продолжительностью периода открытой воды и общей экстремальностью погодных условий (Атлас по климату..., 1997).

Имеющиеся в литературе сведения об ихтиофауне были ограничены лишь тремя горными озерами бассейна р. Большой Паток, для которых указано наличие сига, пеляди, щуки и окуня (Голдина, 1973). Также приводились опросные данные о предполагаемом обитании в горных озерах рек Войвож-Сыня и Косью гольца-палии и лемвинских озерах озерной формы ряпушки (Кучина, 1962). Кроме того, отмечено наличие хариуса, налима и «талмы» в озере Бол. Балбанты (бассейн р. Балбанью) и мелкого хариуса в озерах Торговом и Длинном (бассейн р. Торговая) (Долгушин, Кеммерих, 1959).

Сведения о зообентосе озер Приполярного и Полярного Урала в литературе практически отсутствовали. Лишь в одной ранней работе приводятся сведения о зообентосе озера Кузьты на Полярном Урале (Миронова, Покровская, 1964). Информация о зоопланктоне озер, расположенных в северо-восточной части Полярного Урала, обобщена в монографии «Биоресурсы водных экосистем Полярного Урала» (2004). Сведения о ветвистоусых рачках, обитающих в водоемах Приполярного Урала, отражены в работе Н.В. Вехова (1982).

В результате наших исследований в 1994-2021 гг. более 180 горных и предгорных озер, расположенных на водосборах печорских притоков I-III порядка Торговая, Малый Паток, Большой Паток, Войвож-Сыня, Вангыр, Косью, Кожим, Лемва, Бол. Уса и Мал. Уса, а также Кара впервые охарактеризован состав рыбного населения этих водоемов. Отметим, что озера, лишенные рыбной части водных сообществ, обнаружены в бассейнах всех изученных рек, как правило, на верхних высотных горизонтах. В настоящее время рыбное население выявлено в более чем 160 озерах западных склонов Приполярного и Полярного Урала.

Всего в составе ихтиофауны изученных озер региона установлено 16 видов рыб, относящихся к десяти семействам: Salmonidae (голец арктический *Salvelinus alpinus* Linnaeus); Coregonidae (сиг обыкновенный *Coregonus lavaretus* Gmelin, чир *C. nasus* Pallas, пелядь *C. peled* Gmelin); Thymallidae (хариус сибирский *Thymallus arcticus* Pallas, хариус европейский *T. thymallus* Linnaeus); Esocidae (щука *Esox lucius* Linnaeus), Cyprinidae (гольян озерный *Phoxinus perenurus* Pallas, гольян речной *P. phoxinus* Linnaeus, плотва *Rutilus rutilus* Linnaeus); Balitoridae (голец усатый *Barbatula barbatula* Linnaeus); Lotidae (налим *Lota lota* Linnaeus); Percidae (ерш *Gymnocephalus cernuus* Linnaeus, окунь *Perca fluviatilis* Linnaeus); Casterosteidae (колюшка девятиглая *Pungitius pungitius* Linnaeus); Cottidae (подкаменщик *Cottus gobio* Linnaeus).

Нами выявлены предполагаемые ледниковые реликты – изолированные группировки пеляди озера Плаунты (бассейн р. Малой Усы), безымянного озера бассейна р. Большой Усы, озера Естото (бассейн

р. Нияю) и трех озер бассейна р. Вангыр. Подтверждено обитание пеляди в двух водоемах бассейна р. Большой Паток (Голдина, 1973).

Также впервые обнаружены горные уральские озера, населенные жилой формой арктического гольца: Усваты с двумя соседними безымянными озерами, Чаньты (бассейн р. Мал. Уса), Бол. Балбанты, Мал. Балбанты, Верх. Балбанты, Падежаты, Форельное, безымянное озеро в истоках р. Хамболью (бассейн р. Кожим), три Межгорных озера (бассейн р. Косью), два безымянных озера бассейна р. Косью, Пономаревское (бассейн р. Вангыр), два безымянных озера в истоках р. Бол. Вангыр и среднем течении р. Вангыр, безымянное озеро в бассейне р. Леввож-Сыня, безымянное озеро в бассейне р. Войвож-Сыня, озеро Сыняты и три безымянных озера в бассейне р. Озерная (бассейн р. Войвож-Сыня).

Кроме того, нам удалось найти ряд озер, в которых обитает сибирский хариус: озера Хойлаты, Бол. Лохорта и безымянное озеро в истоках р. Бол. Ниедзью (бассейн р. Юнъяга), Падежаты, Форельное на водосборе р. Лембекою (бассейн р. Кожим), Номты и Паток (бассейн р. Бол. Паток), Торговое и Длинное (бассейн р. Торговая). Результаты исследований разнотипных горных озер западных склонов Приполярного и Полярного Урала свидетельствуют о множественности и разнонаправленности путей проникновения сибирской ихтиофауны в европейские водоемы (Пономарев, 2017).

Выявлены определенные закономерности ландшафтного, меридионального и высотного распределения рыбного населения, обилия рыб различных видов, а также уровня разнообразия, выраженного с помощью ряда общепринятых индексов (Пономарев, Лоскутова, 2020; Пономарев, 2022). При этом показано, что максимальные высоты, на которых обнаружены те или иные виды рыб, хорошо коррелируют с общей высотой горных хребтов различных областей Урала.

Данные по зоопланктону получены в результате исследований десяти озер, расположенных на Приполярном Урале (в бассейнах рек Бол. Паток, Бол. Сыня и Торговая) и 12 озер – на Полярном Урале. Всего в этих водоемах обнаружено 112 таксонов, в том числе 52 – коловраток (Rotifera), 34 – ветвистоусых раков (Cladocera) и 26 – веслоногих раков (Copepoda). Все найденные таксоны – обычные элементы планктонной фауны европейского Северо-Востока России (Флора и фауна..., 1978).

В озерах Полярного Урала зоопланктон представлен 63 таксонами, 57 % которых составляли коловратки. Планктонная фауна была уникальна в каждом из водоемов. Впервые для региона исследований (Биоресурсы водных экосистем..., 2004) нами были отмечены *Cyclops strenuus* s. lat. Fischer (оз. Манясейто), *Asplanchna herricki* Guerne, *Gastropus stylifer* Imhof, *Keratella mixta* (Opalina-Charitonova) (оз. Горное), *Graptoleberis*

testudinaria (Fischer), *Dicranoforus esox* Hauer (оз. Бол. Лохорта), *Alonella excisa* (Fischer), *Lecane flexilis* (Gosse), *L. levistyla* (Olofsson), *Lepadella ovalis* (Müller), *Lophocharis salpina* (Ehrenberg), *Eosphora* sp. и *Resticula* sp. (в ряде водоемов в районе оз. Бол. Лохорта) (Кононова, Лоскутова, 2017). Показатели количественного развития планктонных организмов в озерах варьировали значительно, составляя от 0,7 до 78,2 тыс. экз./м³ и от 0,01 до 0,78 г/м³. Доминировали в планктоне по численности коловратки, биомассу формировали низшие раки.

В водоемах Приполярного Урала зоопланктон разнообразнее (81 таксон). Преобладали коловратки (40 %) и ветвистоусые раки (36 %). Как и в озерах Полярного Урала, планктонная фауна в каждом из озер отличалась своеобразием. В предгорных озерах зоопланктон был количественно богаче, его численность и биомасса достигали значительных величин – 465,7 тыс. экз./м³ и 62,5 г/м³. В высокогорных глубоководных озерах количественное развитие планктонных животных было ниже: до 37,5 тыс. экз./м³ и 0,2 г/м³.

Исследования зообентоса проведены на 60 озерах Приполярного и 15 озерах Полярного Урала. Зообентос водоемов состоит из 28 крупных таксонов гидробионтов – от 14 до 21 таксона в каждом из озер. В настоящее время в составе фауны беспозвоночных выявлено около 300 видов гидробионтов. Наиболее распространенными бентосными организмами являются черви (нематоды и олигохеты), моллюски, ветвистоусые и веслоногие ракообразные, ракушковые рачки, водяные клещи, личинки ручейников и хирономид. Среди наиболее редких гидробионтов можно отметить щитней, встреченных лишь в двух озерах, а также тихоходок, клопов, личинок стрекоз и веснянок.

В большинстве горных озер численность водных организмов редко превышает 10 тыс. экз./м², чаще составляет 3-5 тыс. экз./м². Наименьшие показатели установлены для холодных глубоких озер, дно которых сложено крупными валунами, наибольшие – в озерах с галечниковыми или песчаными грунтами и наличием макрофитов. Самые многочисленны хирономиды и низшие ракообразные, особенно гарпактициды. Биомасса зообентоса колеблется в значительных интервалах: 0,6-36,0 г/м², но обычно невелика (от 1 до 5 г/м²). Доминируют представители макрозообентоса: моллюски, олигохеты, реже – личинки насекомых. Из амфибиотических насекомых подавляющее число видов (154) приходится на хирономид. В составе донной фауны преобладают виды с широкими ареалами – голарктическими и палеарктическими, присутствуют представители сибирской и арктической фаун.

Интерес представляет сравнение зообентоса озер, расположенных каскадом вдоль высотного градиента над уровнем моря. Это три

безымянных озера в бассейне ручья Ломесь-вож и три озера в бассейне р. Озерная на Приполярном Урале. Исследования показали, что наименьшая численность и биомасса бентоса наблюдаются в верховых озерах, вниз по цепочке озер они возрастают. В численности уменьшается доля нематод, олигохет и гарпактицид, увеличивается доля моллюсков. Такая же закономерность установлена для каскада озер в бассейне р. Озерная. Самые низкие количественные показатели зообентоса (0,5 тыс. экз./м² и 0,02 г/м²) зарегистрированы в изолированном озере бассейне р. Озерная, расположенном на значительной высоте.

Важным фактором, влияющим на распространение, структуру и разнообразие бентосных сообществ, является присутствие или отсутствие рыб (Diehl, 1992; Beaty, Fortino, Hershey, 2006; Martinez-Sanz, Garcia-Criado, Fernandez-Alaez, 2010). В изученных горных озерах этого региона многие рыбы питаются организмами зообентоса (сибирский и европейский хариусы, арктический голец и др.), поэтому достаточно крупных форм гидробионтов в этих озерах немного. Исследованные небольшие озера в бассейне р. Лемвы лишены ихтиофауны, поэтому обычно выедаемые рыбой крупные формы беспозвоночных могут развиваться здесь в больших количествах. Кроме жаброногов *Branchinecta paludosa* (O.F. Müll.), здесь обитают крупные дафнии (*Daphnia pulex* (Leydig)), копеподы *Heterocope borealis* (Fischer), поденки *Baetis macani* Kimmins, личинки ручейников *Grammotaulius nigropunctatus* (Retzius), личинки и имаго жуков *Agabus*.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Разнообразие фауны и пространственно-экологическая структура животного населения европейского северо-востока России и сопредельных территорий в условиях изменения окружающей среды и хозяйственного освоения», регистрационный номер в системе ЕГИСУ 1021051101423-9-1.6.12;1.6.13;1.6.14.

Список использованной литературы

Атлас по климату и гидрологии Республики Коми. Под ред. А.И. Таскаева. – М.: Дрофа, ДиК, 1997. – 116 с.

Биоресурсы водных экосистем Полярного Урала. Под ред. В.Д. Богданова. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 160 с.

Вехов, Н.В. Распространение и экологические особенности некоторых Cladocera в субарктических водоемах Европейской части СССР / Н. В. Вехов // Вестник зоологии. – 1982. – № 4. – С. 43-48.

Голдина, Л.П. Озера бассейна реки Большой Паток (Приполярный Урал), их значение и охрана / Л.П. Голдина // Изв. Всесоюз. географического общества. – 1973. – Т. 105, вып. 5. – С. 463-465.

Долгушин, Л.Д. Горные озера Приполярного и Полярного Урала / Л.Д. Долгушин, А.О. Кеммерих // Известия АН СССР. Серия географическая. – 1959. – № 5. – С. 76-84.

Кеммерих, А.О. Гидрография Северного, Приполярного и Полярного Урала / А.О. Кеммерих. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 138 с.

Кононова, О.Н. Зоопланктон Полярного Урала / О.Н. Кононова, О.А. Лоскутова // Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана: тез. докл. III Всерос. науч. конф. (20-24 ноября 2017 г.). – Сыктывкар: ИБ Коми НЦ УрО РАН, 2017. – С.163-165.

Кучина, Е.С. Ихтиофауна притоков р. Усы / Е.С. Кучина // Рыбы бассейна р. Усы и их кормовые ресурсы. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 176-211.

Миронова, Н.Я. Лимнологическая характеристика некоторых озер Полярного Урала / Н.Я. Миронова, Т.Я. Покровская // Накопление вещества в озерах. – М.: Наука, 1964. – С. 102-133.

Пономарев, В.И. Рыбы озер западных склонов Приполярного и Полярного Урала / В.И. Пономарев // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2017. – Вып. 2(30). – С. 16-29.

Пономарев, В.И. Высотное распределение рыбного населения озер западных склонов Приполярного и Полярного Урала / В.И. Пономарев. – DOI 10.31857/S0320965222020097 // Биология внутренних вод. – 2022. – № 2. – С. 158-169.

Пономарев, В.И. Влияние высотного градиента на структуру водных сообществ бассейна реки Вангыр (Приполярный Урал) / В.И. Пономарев, О.А. Лоскутова. – DOI 10.31857/S0367059720010096 // Экология. – 2020. – № 1. – С. 62-71.

Флора и фауна водоемов Европейского Севера (на примере озер Большеземельской тундры). – Л.: Наука, 1978. – 192 с.

Beaty, S.R. Distribution and growth of benthic macroinvertebrates among different patch types of the littoral zones of two arctic lakes / S.R. Beaty, K. Fortino, A. E. Hershey // Freshwater Biology. – 2006. – Vol. 51. – P. 2347-2361.

Diehl, S. Fish predation and benthic community structure: the role of omnivory and habitat complexity / S. Diehl // Ecology. – 1992. – Vol. 73. – P. 1646-1661.

Martinez-Sanz, C. Effects of introduced salmonids on macroinvertebrate communities of mountain ponds in the Iberian System, Spain / C. Martinez-Sanz, F. Garcia-Criado, C. Fernandez-Alaez. – Limnetica. – 2010. – № 29(2). – P. 221-232.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВИДОВ РЫБ БЕЛОГО МОРЯ МЕТОДОМ ДНК-ШТРИХКОДИРОВАНИЯ (БАРКОДИНГА)

Е.В. Пономарева¹, А.А. Волков², А.М. Малютина¹, А.Н. Строганов¹

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ), г. Москва

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

Арктическая зона характеризуется разнообразием климатоокеанологических факторов: зимнее переохлаждение и летний перегрев ряда акваторий, сильное воздействие пресного материкового стока в прибрежных зонах, высокая степень ледовитости и свободные ото льда пространства даже в зимний период (Добровольский, Залогин, 1982; Гуков, 2009). В большинстве эти особенности относятся и к Белому морю как к водоему с ослабленной связью и внешними морскими акваториями, сильным воздействием материкового температурного режима и материкового стока. Обособленность и разнообразие гидрологических условий способствуют генетической дифференциации представителей беломорской ихтиофауны от атлантической, тихоокеанской и арктической, а также приводят к формированию внутривидовых различий (Анализ изменчивости микросателлитных..., 2013; Генетическая изменчивость трески..., 2013; К вопросу о генетических..., 2017; Population structure and..., 2015).

С развитием современных молекулярно-генетических методов появилась возможность определить видовую принадлежность и дистанцию между разными систематическими группами, оценить вероятные пути их эволюции с помощью коротких фрагментов мтДНК. В начале 2000-х годов был учрежден международный консорциум по проекту паспортизации видов в целях создания открытой базы на основе молекулярных данных ваучерных образцов – объектов, которые хранятся в музее (Ratnasingham, Hebert, 2007). В базу данных BOLD (<https://www.boldsystems.org>) заносятся сведения по короткому фрагменту ДНК, в настоящее время в нее включено порядка 243 тыс. видов животных, что позволяет точно идентифицировать позвоночных. Для рыб, как и для большинства видов животных, выбрали участок гена *цитохромоксидазы* суб. I (*COI*) мтДНК длиной 500 п.н., при этом по разным оценкам основных различий между парами видов по баркодинговому фрагменту больше 2 % (Hebert, Ratnasingham, De Waard, 2003; Identifying Canadian freshwater..., 2008; Barcoding Atlantic Canada's..., 2013), тогда как внутривидовые различия чаще всего не превышают 1 %

(Awise, 2000; Ward, Hanner, Hebert, 2009). По данным исследований в рамках проекта BOLD, средние межвидовые дистанции составили 0,027 для 190 канадских рыб пресноводных видов (Identifying Canadian freshwater..., 2008) и 0,032 для 177 рыб Атлантики морских видов (Barcoding Atlantic Canada's..., 2013).

Важным прикладным значением видовой идентификации является определение качества рыбопромышленной продукции, с помощью этого метода проводятся сертификация соответствия рыб заявленному названию, выявление места происхождения продукции. Генетические маркеры к настоящему времени играют главную роль в решении данной задачи, что имеет как важное фундаментальное, так и прикладное значение. При этом ревизию беломорских рыб современными молекулярными методами практически не осуществляли, поэтому задача настоящей работы – уточнение видовой идентификации рыб Белого моря методом ДНК-штрихкодирования.

Материалы и методы

Для анализа видовой принадлежности рыб молекулярно-генетическим методом их вылавливали в районе Беломорской биологической станции МГУ (66°34' N, 33°08' E, губа Ругозерская Кандалакшского залива Белого моря). Вылавливали рыбу жаберными сетями, ловушками, удебными снастями и глубоководным тралом. Объем исследованных выборок по видам приводится в таблице.

Исследовали фрагмент *COI* согласно методу, описанному в патенте ФР.1.39.2021.40174 «Методика измерений последовательности нуклеотидов 5' участка гена *COI* митохондриальной ДНК ВБР (водных биологических ресурсов) секвенированием по Сенгеру с использованием флуоресцентно-меченных терминаторов реакции и применением капиллярного электрофореза». Первичную обработку и выравнивание последовательностей осуществляли в программе Geneious® 6.0.5 (Biomatters Ltd). Определяли уникальность гаплотипов и видовых кластеров с использованием базы данных BOLD (<https://www.boldsystems.org>) и GenBank® (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>).

Видовое название рыб давали согласно аннотированному каталогу «Рыбы морей России» (Парин, Евсеенко, Васильева, 2014) и электронной базе данных FishBase (<https://www.fishbase.se/search.php>). Ваучерные образцы были зафиксированы в 96 %-ном спирте и переданы в зоологический музей МГУ.

**Объем исследованной выборки (N), количество гаплотипов CO1 (H), в том числе
первые выявленных гаплотипов (h), и принадлежность к кластерам**

ВБР	N	H	h	Бассейн	
				Атлантический	Тихоокеанский
Rajiformes					
<i>Amblyraja radiata</i> (Donovan, 1808) звездчатый скат	1	1	-	+	
Clupeiformes					
<i>Clupea pallasii</i> Valenciennes, 1847 тихоокеанская сельдь	2	2	-		+
Gadiformes					
<i>Eleginus nawaga</i> (Walbaum, 1792) навага	4	2	2		
<i>Gadus morhua</i> Linnaeus, 1758 атлантическая треска	7	3	2	+	
Perciformes					
<i>Agonus cataphractus</i> (Linnaeus, 1758) европейская лисичка	9	1	-	+	
<i>Anarhichas lupus</i> Linnaeus, 1758 зубатка полосатая	4	1	-	+	
<i>Cyclopterus lumpus</i> Linnaeus, 1758 пинагор	4	1	-	+	
<i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758 трехиглая колюшка	10	3	-	+	
<i>Gymnoscanthus tricuspis</i> (Reinhardt, 1830) арктический шлемоносец	3	1	-		+
<i>Lumpenus fabricii</i> Reinhardt, 1836 люмпен Фабрициуса	2	2	-		+
<i>Myoxocephalus quadricornis</i> (Linnaeus, 1758) рогатка, четырехрогий бычок	1	1	-		+
<i>Myoxocephalus scorpius</i> (Linnaeus, 1758) европейский керчак	4	3	2	+	
<i>Pholis gunnellus</i> (Linnaeus, 1758) обыкновенный маслюк	1	1	1	+	
<i>Triglops murrayi</i> Günther, 1888 триглопс атлантический	1	1	1	+	
<i>Zoarces viviparus</i> (Linnaeus, 1758) бельдюга	10	1	1	+	
Pleuronectiformes					
<i>Limanda limanda</i> (Linnaeus, 1758) ершоватка	11	5	3	+	
<i>Liopsetta glacialis</i> (Pallas, 1776) полярная камбала	3	3	1		+
<i>Platichthys flesus</i> (Linnaeus, 1758) речная камбала	1	1	-	+	

Результаты и обсуждение

Были проанализированы последовательности CO1, относящиеся к 18 видам рыб и 5 отрядам. У 8 из них выявлены от 2 до 5 гаплотипов, еще у

8 – уникальные (см. таблицу). Гаплотипы 5 видов кластеризовались с таковыми у рыб Тихоокеанского бассейна (см. таблицу). Большинство установленных различий между гаплотипами – 1-3 замены, что укладывается во внутривидовые различия (Avise, 2000; Ward, Hanner, Hebert, 2009). Тем не менее у некоторых видов гаплотипы кластеризовались с близкими видами, что вызывает сомнение в необходимости их дальнейшего изучения. У люмпена Фабрициуса один гаплотип совпадает с таковым того же вида, другой соответствует *L. saggita*. Обе рыбы хранятся в зоологическом музее и могут быть дополнительно исследованы. Данная проблема видовой идентификации люмпенов ранее уже обозначалась в литературе (DNA-barcoding of..., 2016). Триглопс атлантический попадает в смешанный кластер *T. murrayi*-*T. nibellini*. Наиболее сложная кластеризация гаплотипов отмечается у полярной камбалы: один гаплотип совпадает с *L. glacialis*, другой – с *L. pinnifasciata*, третий – с *L. putnami*. Эти виды нуждаются в последующих систематических исследованиях с применением как морфометрических, так и генетических характеристик.

Выявленное высокое генетическое разнообразие рыб Белого моря, очевидно, отражает исторические особенности формирования ихтиофауны региона и требует повышенного внимания исследователей к изучению рыб Белого моря и прилегающих к нему акваторий.

Полученные результаты указывают на актуальность дальнейшего расширения исследований представителей беломорской ихтиофауны. С этой точки зрения они могут представлять не только научный, но и практический интерес (северная навага и азиатская корюшка).

Необходимо отметить перспективность и эффективность комплексного подхода, включающего в себя, наряду с ихтиологическими методами, широкое использование генетических методов в связи с тем, что традиционные морфобиологические подходы в ряде случаев не позволяют достоверно идентифицировать представителей отдельных видов рыб, а также нередко приводят к ошибочным результатам при анализе подвидовой и популяционной структуры. Примером являются роды *Gadus* и *Clupea*, тихоокеанских и атлантических представителей которых длительное время не признавали отдельными видами (противоречие было разрешено после применения получивших развитие генетических методов).

Список использованной литературы

Анализ изменчивости микросателлитных локусов у сельдей (*Clupea pallasii marisalbi*) Белого моря / А.В. Семенова, А.П. Андреева, А.К. Карпов [и др.] // Генетика. – 2013. – Т. 49, №. 6. – С. 751-751.

Генетическая изменчивость трески Белого моря (*Gadus morhua marisalbi*) по аллозимным и микросателлитным маркерам, сравнительный анализ / А.Н. Строганов, Н.Н. Черенкова, А.В. Семенова [и др.] // Генетика. – 2013. – Т. 49, №. 12. – С. 1385-1391.

Гуков, А.Ю. Великая сибирская полынья, век XXI / А.Ю. Гуков // Наука и техника в Якутии. – 2009. – № 1(16). – С. 99-103.

Добровольский, А.Д. Белое море / А.Д. Добровольский, Б.С. Залогин // Моря СССР. – Изд-во МГУ, 1982. – 192 с.

К вопросу о генетических доказательствах таксономического статуса беломорской трески (*Gadidae*) / А.Н. Строганов, А.М. Орлов, А.В. Семенова, Н.Н. Черенков // Вопросы рыболовства. – 2017. – Т. 18, № 2. – С. 176-182.

Парин, Н.В. Рыбы морей России: аннотированный каталог / Н.В. Парин, С.А. Евсеенко, Е.Д. Васильева. – М.: КМК, 2014. – 733 с. – (Сборник трудов зоологического музея МГУ; Т. 53).

Avice, J.C. Phylogeography: the history and formation of species / J.C. Avice. – Harvard university press, 2000. – P. 447.

Barcoding Atlantic Canada's commonly encountered marine fishes / M.R. McCusker, D. Denti, L. Van Guelpen [et al.] // Molecular ecology resources. – 2013. – Vol. 13, № 2. – P. 177-188.

DNA-barcoding of perch-like fishes (*Actinopterygii*: *Perciformes*) from far-eastern seas of Russia with taxonomic remarks for some groups / S.V. Turanov, Yu. Ph. Kartavtsev, V.V. Lipinsky [et al.] // Mitochondrial DNA Part A. – 2016. – Vol. 27, № 2. – P. 1188-1209.

Hebert, P.D.N. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species / P. D. N. Hebert, S. Ratnasingham, De Waard J. R. // Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences. – 2003. – Т. 270, № suppl_1. – P. S96-S99.

Identifying Canadian freshwater fishes through DNA barcodes / N. Hubert, R. Hanner, E. Holm [et al.] // PLoS one. – 2008. – Vol. 3, № 6. – Art. e2490.

Population structure and variability of Pacific herring (*Clupea pallasii*) in the White Sea, Barents and Kara Seas revealed by microsatellite DNA analyses / A.V. Semenova, A.N. Stroganov, K.N. Afanas`ev, G.A. Rubtsova // Polar Biology. – 2015. – Vol. 38, № 7. – P. 951-965.

Ratnasingham, S. BOLD: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>) / S. Ratnasingham, P.D.N. Hebert // Molecular ecology notes. – 2007. – Vol. 7, № 3. – P. 355-364.

Ward, R.D. The campaign to DNA barcode all fishes, FISH-BOL / R.D. Ward, R. Hanner, P.D.N. Hebert // Journal of fish biology. – 2009. – Vol. 74, № 2. – P. 329-356.

ВОПРОСЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ МИНТАЯ

Е.Ю. Поротикова, М.М. Дяченко

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

Минтай *Theragra chalcogramma* является основным объектом промысла российского рыбодобывающего флота. В 2022 г. общий допустимый улов (ОДУ) водных биоресурсов в российских водах установлен на уровне 3,15 млн т, из них 1,927 млн т приходится на долю минтая – 61,3 % от ОДУ России (приказ Минсельхоза № 711, 2021). Следует отметить, что всего две страны – Россия и США – имеют основной доступ к этому виду сырья (ОДУ США на 2022 г. – 1,1 млн т).

Производством потребительской продукции из минтая, направляемой как на экспорт, так и для внутреннего рынка, занимаются США (икра, фарш сурими, филе), Китай (филе и фарш вторичной заморозки), Россия (в основном икра и тушка) и Корея (продукция из фарша сурими). Основными потребителями продукции из минтая являются Япония (фарш сурими, икра), страны Европейского союза (филе судовой и вторичной заморозки) и США (филе вторичной заморозки) (Неизвестный минтай, 2020).

По оценкам Ассоциации добытчиков минтая (АДМ), ранее среднегодовая емкость российского рынка минтая оценивалась в 125-130 тыс. т продукции в год, но в последнее время потребление данной рыбы в России значительно возросло. В 2021 г. поставки на внутренний рынок достигли рекордного уровня – 250 тыс. т, из них 150 тыс. т – это филе, фарш и фарш сурими из минтая. С начала 2022 г. суммарный выпуск пищевой продукции (филе, фарш и фарш сурими) увеличили на 65 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. В пересчете на сырец использование минтая в России в 2021 г. составило 3,4 кг на 1 человека – это больше, чем в среднем в ЕС или США. Доля гидробионта в «рыбной корзине» россиян равна 15 % (Карabut, 2022).

Тренд на выпуск продукции глубокой переработки в России в ближайшие годы усилится. Этому будут способствовать введение в строй новых судов и заводов, построенных в рамках первого этапа инвестиционных квот, и масштабное переоборудование действующего флота (Карabut, 2022).

Пищевая рыбная продукция из минтая в качестве источника легкоусвояемого полноценного животного белка с уникальным набором

всех 8 незаменимых аминокислот, жирных кислот, витаминов и минеральных веществ занимает ведущее место в обеспечении сбалансированного питания (Голубев, Кутина, 2005; Биотехнология рационального использования..., 2013). Увеличение его в структуре потребления приведет к снижению роста заболеваемости неинфекционными заболеваниями, повышению адаптивных возможностей человека, что повлияет на уровень конкурентоспособности национальной экономики.

По классификации Л.П. Миндера (соотношение жирности и оводненности мышечной ткани), минтай относится к I категории столовых рыб и наиболее подходит для приготовления первых и вторых кулинарных блюд (Технология рыбы и рыбных..., 2010). Энергетическая ценность 100 г мышечной ткани минтая в среднем составляет 72 ккал (Голубев, Кутина, 2005), что позволяет рассматривать его как перспективное сырье для производства диетических продуктов питания.

Общий химический состав минтая характеризуется высоким содержанием белка (16-18 %), низким содержанием жира (0,8-1,0 %) и отсутствием углеводов. Мышечная ткань богата микро- и макроэлементами (фосфор, калий, сера, фтор, кобальт, йод), водо- и жирорастворимыми витаминами группы А, РР и В.

По значению белково-водного коэффициента (0,21-0,26) минтай принадлежит к белковым рыбам (Биотехнология рационального использования..., 2013). Белок полноценный, так как в его составе все незаменимые аминокислоты, необходимые человеку в пищевом рационе.

По содержанию жира в мышечной ткани минтай относится к маложирным рыбам, хотя в нем много ненасыщенных жирных кислот, в том числе биологически активных ω -3 (эйкозапентаеновой и докозагексаеновой) и физиологически необходимых (линолевой, линоленовой), которые играют важную роль в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний. Коэффициент биологической значимости жира ($K_{бзж}$) минтая, представляющий собой отношение суммы ω -3 полиненасыщенных жирных кислот к массовой доле липидов в продукте, составляет в среднем 0,24, что несколько ниже $K_{бзж}$ горбуши (0,27) и выше $K_{бзж}$ кеты (0,20) (Биотехнология рационального использования..., 2013).

Наряду с мышечной тканью высокой биологической ценностью за счет содержания полноценного белка, ω -3 жирных кислот, витаминов и минеральных веществ обладают внутренние органы минтая – икра и печень. У икры высокое содержание белка (27-29 %) и низкое содержание жира (1-3 %). Белки икры характеризуются как полноценные и не имеют больших различий по аминокислотному составу на всех стадиях зрелости. Более 12 % белка икры на всех стадиях зрелости составляет глутаминовая

кислота, в наименьшем количестве – цистин и метионин, лишь для серина и гистидина отмечено снижение массовой доли в белках икры в V стадии зрелости (Дементьева, Сахарова, Федосеева, 2020).

У жира икры высокое содержание ω -3 жирных кислот (Comparison of chemical composition..., 2020). В состав минеральных веществ икры входят калий, кальций, магний, фосфор, алюминий, марганец, медь, серебро и железо, из жирорастворимых витаминов – А в количестве 0,04 мг%, β -каротин – 0,01 мг%, Е – 1,6 мг%. Из водорастворимых витаминов – В₁ – 0,67 мг%, В₂ – 0,22 мг%, фолиевая кислота – 22 мг%, ниацин – 0,7 мг%, С – 2,3 мг% (Характеристика минтая как сырьевого..., 2020).

Большая часть жира минтая, богатого витамином А (ретинолом), содержится в печени (в 1,5 раза больше, чем в печени трески). Витамин А необходим для хорошего зрения, иммунитета и обновления клеток. Печень является важным источником биологически активных веществ – комплексов ферментов, участвующих в обмене белков, липидов и углеводов, а также витаминов D, В₂, В₉, Е, меди, железа и полиненасыщенных жирных кислот ω -3 (Характеристика минтая как..., 2020).

Потребители все чаще ищут экологически чистые продукты, поэтому демонстрация «углеродного следа» является одним из способов получения конкурентных преимуществ. Рассчитать величину показателя «углеродный след» пищевой рыбной продукции из минтая, чтобы отразить его на маркировке, возможно по международному стандарту ISO 22948:2020 «Carbon footprint for seafood – Product category rules (CFP - PCR) for finfish» («Углеродный след морепродуктов – правила для категории продуктов для пелагических рыб»). Стандарт подробно описывает правила для расчета и передачи «углеродного следа» в соответствии с ISO 14067:2018 «Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification» (национальный стандарт РФ – ГОСТ Р ИСО 14067-2021 «Газы парниковые. Углеродный след продукции. Требования и руководящие указания по количественному определению»). Минтай является экологически чистым сырьем, что подтверждается его низким «углеродным следом» и позволяет выпускать широкий ассортимент продукции повседневного спроса для всех групп населения (Lempert, 2021).

Таким образом, задача рыбной отрасли – рациональное и комплексное использование минтая, разработка новых технологий, расширение ассортимента продукции, максимальное сохранение ценных компонентов сырья для потребителей.

Увеличения потребления продукции из минтая можно достигнуть, путем совершенствования технического регулирования рыбной отрасли,

неотъемлемой частью которого является стандартизация как важнейший элемент механизма управления качеством продукции. Стандартизация пищевой продукции из минтая будет способствовать расширению ее ассортимента, повышению конкурентоспособности и качества, инновациям, снижению необоснованных технических барьеров в торговле и повышению уровня защиты потребителей.

Фонд стандартов рыбной отрасли (см. рисунок) на продукцию из минтая состоит на сегодняшний день в основном из межгосударственных (80 %). На долю национальных стандартов Российской Федерации приходится 11%. Действуют также три отраслевых стандарта (ОСТ), в область применения которых входит минтай. Учитывая, что в соответствии со статьей 35 Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации» №162-ФЗ с 1 сентября 2025 г. не допускается применение отраслевых стандартов, эти документы в ближайшее время будут переработаны в межгосударственные или национальные стандарты.



Структура фонда стандартов на продукцию из минтая

В России действуют 38 стандартов, которые распространяются на пищевую рыбную продукцию из минтая, 7 из них актуализированы, 8 находятся на стадии пересмотра, 22 документа требуют актуализации в соответствии с требованиями ТР ЕАЭС 040/2016 (см. таблицу).

Стандарты на пищевую продукцию из минтая, действующие на территории Российской Федерации

<i>Непереработанная пищевая рыбная продукция из минтая</i>	
ГОСТ 814-2019	«Рыба охлажденная. Технические условия»
ГОСТ 3948-2016	«Филе рыбы мороженое. Технические условия»
ГОСТ 21607-2021	«Наборы из рыбы для ухи мороженые. Технические условия»
ГОСТ 24896-2013	«Рыба живая. Технические условия»
ГОСТ 32366-2013	«Рыба мороженая. Технические условия»

Непереработанная пищевая рыбная продукция из минтая

ГОСТ 33282-2015	«Филе рыбы мороженое для детского питания. Технические условия»
ГОСТ 34190-2017	«Субпродукты рыбы мороженые. Технические условия»
ГОСТ Р 51493-99	«Рыба разделанная и неразделанная мороженая. Технические условия»
ГОСТ Р 51494-99	«Филе из океанических и морских рыб мороженое. Технические условия»
ГОСТ Р 55505-2013	«Фарш рыбный пищевой мороженный. Технические условия»
ОСТ 15-37-92	«Рыба специальной разделки незамороженная. Технические условия»
ГОСТ Р 702.1.023-2021	«Российская система качества. Филе минтая мороженое. Потребительские испытания»

Рыбные консервы из минтая

ГОСТ 6065-2012	«Консервы из обжаренной рыбы в масле. Технические условия»
ГОСТ 7144-2006	«Консервы из копченой рыбы в масле. Технические условия»
ГОСТ 7455-2013	«Консервы из рыбы в желе. Технические условия»
ГОСТ 7454-2007	«Консервы из бланшированной, подсушенной или подвяленной рыбы в масле. Технические условия»
ГОСТ 7457-2007	«Консервы-паштеты из рыбы. Технические условия»
ГОСТ 12292-2000	«Консервы рыбные с растительными гарнирами. Технические условия»
ГОСТ 13272-2009	«Консервы из печени рыб. Технические условия»
ГОСТ 13865-2000	«Консервы рыбные натуральные с добавлением масла. Технические условия»
ГОСТ 16676-2019	«Консервы рыбные. Уха и супы. Технические условия»
ГОСТ 16978-2019	«Консервы рыбные в томатном соусе. Технические условия»
ГОСТ 19341-73	«Консервы из печени рыб с растительными добавками. Технические условия» (готовится к пересмотру)
ГОСТ 25856-97	«Консервы рыбо-растительные в бульоне, заливках, маринаде и различных соусах. Технические условия» (готовится к пересмотру)
ГОСТ 29275-92	«Консервы рыбные в соусах диетические. Технические условия»
ГОСТ 29276-92	«Консервы рыбные для детского питания. Технические условия» (готовится к пересмотру)
ГОСТ 32801-2014	«Консервы из измельченной рыбы, фарши и фрикасе. Технические условия»
ГОСТ 33430-2015	«Консервы из икры и молок рыб. Технические условия»
ГОСТ Р 57191-2016	«Консервы рыбо-растительные в масле. Технические условия» (готовится к пересмотру)

Прочая переработанная пищевая рыбная продукция из минтая

ГОСТ 1551-93	«Рыба вяленая. Технические условия»
ГОСТ 1573-2011	«Икра рыб пробойная соленая. Технические условия» (готовится к пересмотру)
ГОСТ 7447-2015	«Рыба горячего копчения. Технические условия»
ГОСТ 8714-2014	«Жир пищевой из рыбы и водных млекопитающих. Технические условия»

Непереработанная пищевая рыбная продукция из минтая

ГОСТ 20352-2012	«Икра рыб соленая деликатесная. Технические условия» (готовится к пересмотру)
ГОСТ 34063-2017	«Пресервы – пасты из рыбы, икры рыб и мяса криля. Технические условия»
ГОСТ 34432-2018	«Палочки «крабовые» охлажденные и мороженые. Технические условия»
ОСТ 15-405-98	«Кулинарные изделия. Пельмени рыбные. Технические условия» (требования ОСТ войдут в межгосударственный стандарт)
ОСТ 15-117-92	«Рыба провесная. Технические условия» (требования ОСТ войдут в межгосударственный стандарт)

Анализ документов из таблицы показывает, что большая (17) их часть распространяется на консервы – продукцию глубокой переработки, однако в настоящее время соответствуют требованиям ТР ЕАЭС 040 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» или находятся на стадии пересмотра только 6. Почти 30 % (12 стандартов) от общего количества документов относятся к непереработанной пищевой продукции из минтая. Стоит отметить, что на ближайшие годы запланирована актуализация таких востребованных стандартов, как ГОСТ 32366-2013 «Рыба мороженая. Технические условия», ГОСТ Р 55505-2013 «Фарш рыбный пищевой мороженный. Технические условия» и ГОСТ 33282-2015 «Филе рыбное мороженое для детского питания. Технические условия». Также в фонде стандартов есть документы, распространяющиеся на прочую пищевую рыбную продукцию из минтая (24 % от общего количества): ГОСТ 34432-2018 «Палочки «крабовые» охлажденные и мороженые. Технические условия», ГОСТ 1573-2011 «Икра рыб пробойная соленая. Технические условия», ГОСТ 7447-2015 «Рыба горячего копчения. Технические условия» и другие. В настоящее время 4 из 9 стандартов данной группы находятся в стадии пересмотра, в том числе отраслевой стандарт 15-117-92 «Рыба провесная. Технические условия». На основе указанного отраслевого стандарта впервые будут установлены требования к провесной рыбе на межгосударственном уровне. Итогом этой работы станет межгосударственный стандарт ГОСТ «Рыба провесная. Технические условия», в область применения которого войдет и минтай.

В результате деятельности стандартизаторов и технологов в рыбной отрасли в ближайшем будущем появится межгосударственный стандарт ГОСТ «Пельмени рыбные мороженые. Технические условия», устанавливающий требования к популярному и полезному кулинарному изделию из рыбы. Стандарт разработан на основе отраслевого стандарта 15-405-98 «Кулинарные изделия. Пельмени рыбные. Технические условия».

Таким образом, актуализация и разработка стандартов на продукцию из минтая глубокой переработки позволит уйти от сырьевой направленности, комплексно использовать сырье, повысить добавленную стоимость минтая и рационально использовать отходы производства.

В то же время важно не только разрабатывать новые стандарты, но и проводить работу по пересмотру и актуализации существующих действующих стандартов в соответствии с требованиями вступивших в силу Технических регламентов ЕАЭС. В связи с этим деятельность профильного технического комитета по стандартизации 300 «Рыбные продукты пищевые, кормовые, технические и упаковка», функционирующего на базе отраслевого НИИ рыбного хозяйства и океанографии, очень важна для потребителей и производителей.

Список использованной литературы

Биотехнология рационального использования гидробионтов: Учебник / Под ред. О.Я. Мезеновой. – СПб.: Лань, 2013. – 416 с.

Голубев, В.Н., Справочник технолога по обработке рыбы и морепродуктов / В.Н. Голубев, О.И. Кутина. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 408 с.

Дементьева, Н.В. Технохимическая характеристика икры минтая / Н.В. Дементьева, О.В. Сахарова, Е.В. Федосеева // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы III Национальной научно-практической конференции. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2020. – С. 129-133.

Карабут, Т. Эксперты оценили, можно ли заменить минтаем импортную рыбу / Т. Карабут // Российская газета. – 2022, 23 мая.

Неизвестный минтай / Русская рыбопромышленная компания. – М.: PressPass, 2020. – 156 с.

Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних водах Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации и Каспийском море на 2022 год [Текст электронный]: приказ Минсельхоза России от 03.10.2021 № 711. – Режим доступа: <https://fish.gov.ru/dokumenty/>

Технология рыбы и рыбных продуктов / С.А. Артюхова, В.В. Баранов, Н.Э. Бражная [и др.]; под ред. А.М. Ершова. – М.: Колос, 2010. – 1063 с.

Характеристика минтая как сырьевого объекта рыбной отрасли / А.А. Ефимов, В.М. Мустафаева, М.В. Ефимова [и др.] // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое

использование: материалы XII Национальной (всероссийской) научно-практической конференции. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский гос. технический университет, 2021. – Т.2. – С. 67-71.

Comparison of chemical composition and safety issues in fish roe products: application of chemometrics to chemical data / M. Vasconi, E. Tirloni, S. Stella [et al.] // Foods. – 2020. – № 9. – P. 540.

Lempert, Ph. The carbon footprint of the foods we eat does matter for our future [Текст электронный] / Ph. Lempert / Forbes: site. – 2021, 25 августа. – Режим доступа: <https://www.forbes.com/sites/phillempert/2021/08/25/the-carbon-footprint-of-the-foods-we-eat-does-matter-for-our-future/?sh=4a473f93652e>

САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЫБ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

*А.С. Прищепа, О.И. Репина, Е.М. Соловьева, А.А. Быстрова
Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга»), г. Санкт-Петербург*

Введение

Финский залив является наиболее эвтрофированной частью Балтийского моря вследствие большого поступления биогенных элементов – в среднем выше в 2-3 раза, чем в водоем в целом (Александрова, Митько, 2013). Российская часть залива включает его восточные районы в пределах г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, отличающиеся высоким уровнем экономического развития с концентрацией производственной деятельности на территории водосбора, в береговой зоне и непосредственно на акватории.

Состояние экосистем внутренних морских вод, как правило, определяется влиянием природных факторов и антропогенной нагрузкой, что характерно и для Финского залива. Наиболее чувствительным компонентом водного биоценоза к изменению экологической обстановки следует считать микробное сообщество из-за физиологических особенностей и адаптационных возможностей. Отклик микробных популяций выражается в прямых специфических реакциях, вызывающих их численную и структурную перестройку в зависимости от источника воздействия. Микрофлора гидробионтов в значительной степени определяется бактериальным состоянием окружающей среды (Изучение качества рыбного..., 1997; Кодекс Алиментариус, 2007; Ларцева, Обухова, Лисицкая, 2008), обусловленным естественными внутриводоемными процессами и аллохтонным загрязнением. В связи с этим изучение микробиологических показателей водных биоресурсов в изменяющихся условиях среды их обитания следует считать важной информативной составляющей экологических наблюдений.

Цель работы – санитарно-микробиологическая оценка рыб промысловых видов восточной части Финского залива в условиях влияния природных и антропогенных факторов.

Материал и методика

Вылов рыб проводили в 2019-2022 гг. в рамках комплексных экспедиционных исследований в Выборгском заливе, Лужской губе, побережье м. Стирсудден и г. Сестрорецка, а также в районах о-вов Большой Тютерс, Мощный, Сескар (рис. 1).

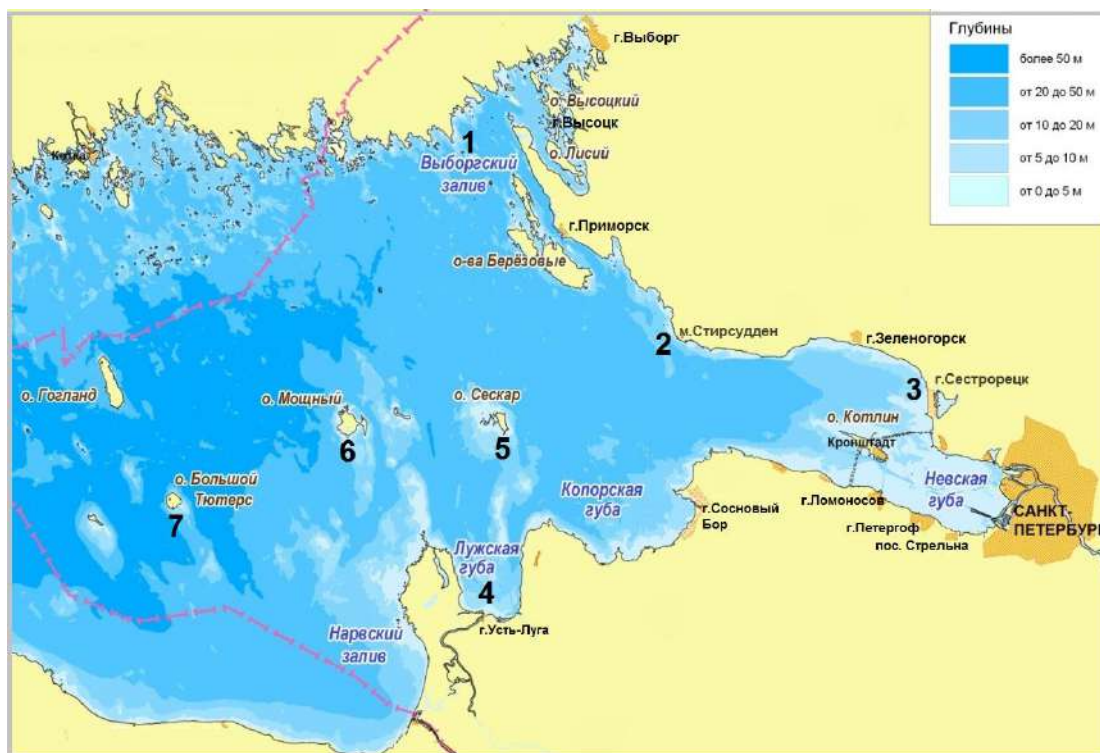


Рис. 1. Районы вылова

Объекты исследования – представители семейств карповых, корюшковых, окуневых, сельдевых.

Санитарно-микробиологическую оценку рыб проводили в соответствии с гигиеническими требованиями к продовольственному сырью по показателям безопасности: количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), бактерии группы кишечных палочек (БГКП), *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*, бактерии рода *Salmonella* и *Listeria monocytogenes* (СанПиН 2.3.2.1078-01). Лабораторные исследования выполняли по стандартным методикам (ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 31659-2012, ГОСТ 31746-2012, ГОСТ 31747-2012, ГОСТ 32031-2012, МУК 4.2.2046-06). Общее количество ихтиологического материала составило 708 единиц исследования.

Результаты и обсуждение

В период наблюдения в микробной контаминации исследованных биоресурсов отмечалось превышение стандартных нормативов санитарно-показательной группы – КМАФАнМ и БГКП, а также инфицирование патогенными сальмонеллами (разово) (см. таблицу). Условно-патогенные *S. aureus* и *V. parahaemolyticus* и патогенная *L. monocytogenes* в пробах ихтиологического материала не выделены.

Результаты микробиологических исследований рыб

Период вылова	Район вылова	Объект исследования	Кол-во проб, не соответствующих нормативу показателя, % (объект исследования)		
			КМАФАнМ	БГКП	<i>Salmonella</i>
2019 г.					
Июнь	М. Стирсудден	Густера, ерш, окунь, плотва	20,0 (густера, окунь)	26,7 (густера, ерш, окунь)	–
Июль	То же	Густера, ерш, окунь, плотва, салака	37,5 (густера, окунь, плотва, салака)	4,2 (густера)	12,5 (густера, окунь, салака)
То же	О-в Сескар	Ерш, окунь, плотва, салака	70,0 (окунь, салака)	–	–
Октябрь	Выборгский залив	Густера, окунь, лещ, плотва, судак	84,0 (густера, окунь, лещ, плотва, судак)	8,0 (окунь, плотва)	–
2020 г.					
Апрель	То же	Ерш, густера, корюшка, окунь, плотва	–	–	–
Июнь	« »	Корюшка, окунь, салака	40,0 (корюшка)	–	–
Август	Сестрорецк	Густера, плотва	–	–	–
2021 г.					
Апрель	Лужская губа	Салака	–	–	–
Июль	Сестрорецк	Ерш, корюшка, окунь, плотва	100,0 (ерш, корюшка, окунь, плотва)	25,0 (окунь)	–
Сентябрь	То же	Густера, елец, лещ, плотва	75,0 (густера, лещ, плотва)	50,0 (лещ, плотва)	–
2022 г.					
Апрель	О-в Большой Тютерс	Салака	–	–	–
То же	О-в Мощный	То же	–	–	–
« »	Сестрорецк	Ерш, корюшка, окунь, плотва	100,0 (ерш, корюшка, окунь, плотва)	42,9 (ерш, окунь, плотва)	–

Превышение численности МАФАНМ отмечали у представителей всех семейств: относящихся к морской ихтиофауне залива – сельдевых, а также пресноводных (включая проходные виды) – карповых, окуневых, корюшковых. Загрязнение колиформными бактериями наблюдали у окуневых и карповых. Сальмонеллы выявлены у карповых, окуневых, сельдевых.

Встречаемость неудовлетворительных проб по районам вылова составляла: по общей микробной обсемененности – от 20,0 до 100,0 %, по наличию колиформных бактерий – от 4,2 до 50,0 %, контаминации сальмонеллами – 12,5 % в акватории м. Стирсудден. Несоответствие показателю КМАФАнМ отмечали ежегодно, превышение концентрации БГКП – в 2019, 2021-2022 гг., контаминацию патогенными сальмонеллами – однократно в июле 2019 г. (рис. 2).

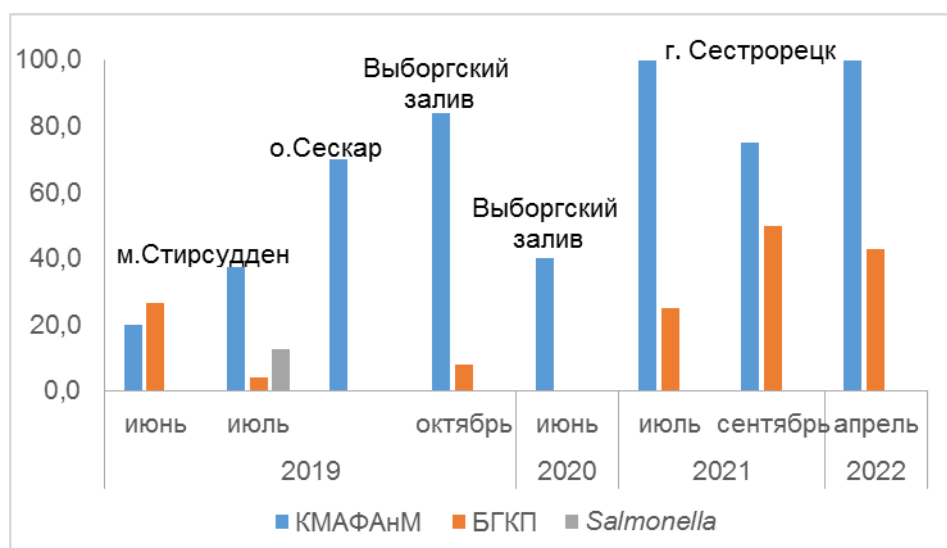


Рис. 2. Встречаемость проб, не соответствующих нормативам показателей СанПиНа 2.3.2.1078-01, %

Принимая во внимание бактериальное состояние водной среды, в вариабельности полученных значений микробиологических показателей мы прослеживали как ожидаемые изменения, соотносящиеся с динамикой внутриводоемных процессов, так и непрогнозируемые – определяемые антропогенной нагрузкой на акватории.

Несоответствие рыб нормативу КМАФАнМ, как правило, обусловлено повышенной общей обсемененностью вод, вызванной характерными пиками обилия разной степени выраженности в ранневесенний и летне-осенний периоды (Логинова, 2011), а также не зависящим от сезонности реактивным ростом численности аборигенной микрофлоры в ответ на поступление аллохтонного органического вещества или бактериального загрязнения. Основные причины присутствия БГКП,

являющихся маркером фекального загрязнения, – недостаточно очищенные коммунально-бытовые сточные воды, поверхностные стоки, сельскохозяйственные органические субстраты. Наличие сальмонелл связано преимущественно с несоблюдением режимов санитарной охраны водозаборов, сбросами недостаточно обеззараженных сточных вод, нарушением естественного статуса акваторий.

Восточная часть Финского залива используется в целях судоходства, рыболовства, рекреации, водоснабжения, приема сточных вод, строительства и эксплуатации гидротехнических объектов; береговые территории отличаются высокой плотностью населения, концентрацией промышленных и сельскохозяйственных предприятий. В период наблюдения основная антропогенная нагрузка в районах вылова определялась: в Выборгском заливе и Лужской губе – строительством и эксплуатацией многофункциональных портовых комплексов, в акваториях м. Стирсудден и о-ва Сескар – производственной деятельностью по освоению морских месторождений песка, в прибрежье г. Сестрорецка – наличием курортной и туристической инфраструктуры.

Заключение

Материалы, полученные в период 2019-2022 гг., характеризовали исследованные объекты рыболовства по микробиологическим показателям безопасности, позволяющим оценить качество водных биоресурсов на соответствие установленным требованиям и косвенно указывающим на бактериальное состояние водной среды. Результаты исследования могут использоваться для оценки степени микробной контаминации рыбного сырья как фактора риска для потребителя продукции на их основе, а также бактериального загрязнения промысловых районов при проведении рыбохозяйственного и экологического мониторинга.

Список использованной литературы

Александрова Л.В. Концепция системы подводного экологического мониторинга Финского залива и Ладожского озера / Л.В. Александрова, А.В. Митько // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Экология 2013 – море и человек». – 2013. – № 9 (146). – С. 25-29.

ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 1996-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2010. – 4 с.

ГОСТ 31659-2012. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2013-07-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2014. – 20 с.

ГОСТ 31746-2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2013-07-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2010. – 28 с.

ГОСТ 31747-2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий): национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2013-07-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.

ГОСТ 32031-2012. Продукты пищевые. Методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes*: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2014-07-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2014. – 29 с.

Изучение качества рыбного сырья по микробиологическим показателям / Л.Б. Мухина, Э.Н. Борисовская, И.Е. Аношкина [и др.] // Рыбное хозяйство. – 1997. – № 4. – С. 51-52.

Кодекс Алиментариус. Нормы и правила относительно рыбы и рыбопродуктов / Пер. с англ. – М.: Весь мир, 2007. – 156 с.

Ларцева, Л.В. Микрофлора рыб и других гидробионтов / Л.В. Ларцева, О.В. Обухова, И.А. Лисицкая // Учебное пособие. – Астрахань: Астраханский университет, 2008. – 108 с.

Логинова, Е.В. Гидроэкология / Е.В. Логинова // Курс лекций. – Минск: БГУ, 2011. – 300 с.

МУК 4.2.2046-06 Методы выявления и определения паразитических вибрионов в рыбе, нерыбных объектах промысла, продуктах, вырабатываемых из них, воде поверхностных водоемов и других объектах: Методические указания. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 26 с.

СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2001-11-14 / Государственный санитарный врач Российской Федерации. – М.: ИнтерСЭН, 2002. – 168 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВИРУСА ГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ СЕПТИЦЕМИИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ

В.А. Пыльнов, Л.И. Бычкова, И.В. Бурлаченко, И.В. Яхонтова
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

Введение

Болезнь радужной форели и лососевых, сопровождающаяся септическими процессами, была впервые установлена в 1962 г. в Дании в форелеводческих хозяйствах. В 1980-х годах ее регистрировали на всей европейской территории. В настоящее время вспышки вирусной геморрагической септицемии (ВГС) фиксируют в Европе, Америке и Азии. За последние 10 лет (2011-2021 гг.) в мире, по официальным данным Международной организации защиты здоровья животных (МЭБ), зафиксировано более 600 вспышек заболевания. Неблагополучными в отношении ВГС являлись 20 стран, среди которых 16 европейских (ОИЕ, 2022).

Инфекционный агент – РНК-содержащий вирус, который классифицируют как представитель семейства *Rhabdoviridae*.

В настоящее время установлено наличие трех генотипов вируса ВГС. Выявлено, что изоляты ВГС морского происхождения, по сравнению с пресноводными, обладают низкой патогенностью для форели и не представляют большого риска для лососевых, культивируемых на фермах. Пресноводные изоляты ВГС наиболее патогенны (Lorenzen, Olesen, Jorgensen, 1990). Рутинные диагностические методы не позволяют различать изоляты морского и пресноводного происхождения. Сыворотки, полученные к вирусу ВГС, нейтрализуют изоляты ВГС независимо от их серотипа, определенного с помощью моноклональных или поликлональных антител млекопитающих. В настоящее время нет достаточных средств для серологической диагностики, которые позволяли бы дифференцировать морские и пресноводные изоляты вируса ВГС. К тому же ряд авторов (Lorenzen, Olesen, Jorgensen, 1990; The glycoprotein of..., 1995) указывают, что эпитопы нейтрализации на белке G вируса ВГС при температуре 22 °С меняют конформационную структуру и поэтому трудно при классических способах иммунизации получить антисыворотки, чтобы избежать перекрестной нейтрализации между серогруппами вируса ВГС. Вот почему для идентификации штаммов вируса ВГС используется

ПЦР-секвенирование, с помощью которого установлено 3 генотипа изолятов ВГС, циркулирующих в различных географических регионах.

В России вспышки ВГС зафиксированы в 2012 г. на территории Республики Карелия (Вирусвыделение возбудителя вирусной..., 2013). Выделение вируса сопряжено с определенными трудностями, так как в лабораторных условиях культивирование ВГС возможно только на клеточных линиях рыб ЕРС (из эпителиомы карпа), RTG-2 (клетки гонад радужной форели), BF-2 и других при соблюдении определенного температурного режима и протокола состава питательной среды для культуры клеток рыб.

В настоящей работе представлены данные о разработке метода на основе РИФ, где для связывания с вирусом используются иммуноглобулины, выделенные из сывороток крови подопытных животных, которые иммунизированы вирусом ВГС. При проведении диагностического теста в образце можно обнаружить вирус геморрагической септицемии, и тогда в клеточном монослое будут видны флуоресцирующие зеленые клетки. Чем выше первоначальный титр вируса в инокулированном материале, тем большее количество этих светящихся клеток. Свечение можно наблюдать даже в отсутствие ЦПД – цитопатогенного эффекта на клеточных линиях рыб.

Материалы и методы

Для разработки метода РИФ использовали вирус ВГС (вирусная геморрагическая септицемия), репродуцированный в монослое перевиваемой культуры клеток гиперплазированного эпидермиса большого оспой карпа (ЕРС) в среде Игла МЕМ с добавлением 10 %-ной фетальной сыворотки КРС. Получена IgG-фракция из антисыворотки крови против вируса ВГС. Активность полученной IgG-фракции против вируса ВГС, меченой флуоресцеинизотиоцианатом (ФИТЦ), определяли на культуре клеток ЕРС. Готовили различные разведения ФИТЦ-иммуноглобулина: 1:20, 1:40, 1:80, 1:100, 1:120, 1:140. Учет результатов проводили в реакции иммунофлуоресценции (РИФ) с использованием отрицательного контроля незараженной культуры клеток и препаратов гетерологичных вирусов возбудителей вирусных болезней рыб (весенней виремии карпа – ВВК, инфекционного гемопоэтического некроза – ИГН, инфекционного некроза поджелудочной железы – ИПН). За рабочее разведение ФИТЦ-иммуноглобулина принимали величину его наибольшего разведения, при котором в поле зрения специфически светится не менее трех клеток. В качестве контроля применяли коммерческие наборы фирмы «Cypress» (Бельгия) для обнаружения в реакции непрямо́й иммунофлуоресценции

(НРИФ) вирусов ИГН, ВВК, ВГС, ИПН. Постановку НРИФ осуществляли согласно инструкциям фирмы-производителя. Учет результатов РИФ и НРИФ проводили с использованием флуоресцентного микроскопа «Nikon Eclipse TI» (Япония). Постановка РИФ на 96-луночных полистироловых планшетах фирмы «Nunc».

Результаты исследований и обсуждение

Для определения активности ФИТЦ-иммуноглобулина против вируса ВГС подготовили культуру клеток ЕРС. Инфицировали клеточный монослой референтным штаммом ВГС, при появлении ЦПД готовили различные разведения ФИТЦ-иммуноглобулина: 1:20, 1:40, 1:80, 1:100, 1:120, 1:140. При постановке прямой РИФ с использованием коммерческих буферов фирмы «Cypress» (Бельгия) в ходе изучения активности ФИТЦ-иммуноглобулина к вирусу ВГС было обнаружено наличие специфического свечения ярко-зеленого цвета пораженной культуры клеток референтным штаммом вируса ВГС. Наличие зеленого свечения в пораженных вирусом клетках установлено при всех разведениях ФИТЦ-иммуноглобулина. В табл. 1 показана активность иммуноглобулина при разведениях от 1:20 до 1:140.

Таблица 1

Определение активности ФИТЦ-иммуноглобулина к вирусу ВГС в различных разведениях

Разведение ФИТЦ-иммуноглобулина	Наличие специфического ярко-зеленого свечения
1:20	+*
1:40	+++
1:80	++
1:100	+
1:120	+
1:140	+

**Количество плюсов (+) свидетельствует об интенсивности флуоресцентного свечения.*

Таким образом, было установлено, что ФИТЦ-иммуноглобулин к вирусу ВГС обладает высокой активностью в разведении 1:40.

Специфичность ФИТЦ-иммуноглобулина проверяли в рабочем разведении с использованием отрицательного контроля незараженной культуры клеток ЕРС и препаратов гетерологичных вирусов возбудителей вирусных болезней рыб – вирус весенней виремии карпа (ВВК), возбудитель инфекционного некроза гемопоэтической ткани (ИГН), вирус

инфекционного некроза поджелудочной железы (ИПН). Для контроля применяли коммерческие наборы фирмы «Cypress» для обнаружения в реакции непрямой иммунофлуоресценции (НРИФ) вируса ВГС. НРИФ ставили согласно инструкции фирмы-производителя.

Результаты исследования специфичности данного ФИТЦ-иммуноглобулина и коммерческого набора НРИФ фирмы «Cypress» представлены в табл. 2.

Таблица 2

Определение специфической активности ФИТЦ-иммуноглобулина к вирусу ВГС с гетерологичными вирусами

Вирус	Характерное специфическое свечение при использовании	
	ФИТЦ-иммуноглобулина	Коммерческого набора
ВГС	+	+
ИГН	–	–
ВВК	–	–
ИПН	–	–
Контроль культуры клеток EPC	–	–

Было выяснено, что цитоплазма пораженных вирусом ВГС клеток светилась неоднородно ярко-зеленым или желтовато-зеленым цветом. При просмотре незараженной культуры клеток и зараженной гетерологичными вирусами отмечалось слабое диффузное неспецифическое свечение. Как следует из табл. 2, во всех заведомо положительных пробах был выявлен вирус ВГС как с применением полученного нами ФИТЦ-иммуноглобулина, так и коммерческого набора фирмы «Cypress». Контроль культуры клеток и гетерологичные вирусы при использовании испытуемого диагностикума показали отрицательный результат, что свидетельствует о достаточно высокой специфичности полученного ФИТЦ-иммуноглобулина. Таким образом, в результате исследований отработан способ очистки антисывороток и выделена иммуноглобулиновая IgG фракция против вируса ВГС с концентрацией 2 мг/мл. Получен ФИТЦ-иммуноглобулин с высокой активностью в разведении 1:40 и определена его специфичность с гетерологичными вирусами. Проведен сравнительный анализ полученного диагностикума с коммерческим диагностикумом фирмы «Cypress». Данные испытания показали, что разработанный метод прямой иммунофлуоресценции для вируса ВГС не уступает по специфичности и чувствительности коммерческому бельгийскому набору. Преимуществом разработанного метода является отсутствие дополнительного этапа в реакции иммунофлуоресценции по сравнению с коммерческим набором. Коммерческий набор «Cypress»

позволяет выполнить непрямую реакцию иммунофлуоресценции и требует наличия антител козы, а предложенный и разработанный метод прямой иммунофлуоресценции исключает их получение без потери специфичности и активности. Эти данные указывают на возможность применения метода для выявления вируса ВГС в пробах патологического материала рыб и культуральной среде после культивирования вируса.

Список использованной литературы

Выделение возбудителя вирусной геморрагической септицемии лососевых в культуре клеток / В.А. Пыльнов, Н.В. Мороз, Д.К. Павлов [и др.] // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: материалы XXIX Междунар. конф. (Мурманск, 27-30 марта 2013 г.) / ПИНРО. – Мурманск, 2013. – С. 2-3-208.

Lorenzen, N. Neutralization of Egtved virus pathogenicity to cell cultures and fish by monoclonal antibodies to the viral G protein / N. Lorenzen, N.J. Olesen, P.E.V. Jorgensen // J. Gen. Virol. – 1990. – P. 561-567.

OIE/WAHIS [Электронный ресурс] – URL: <https://wahis.woah.org/> (дата обращения 25.05.2022).

The glycoprotein of viral haemorrhagic septicaemia virus (VHSV): antigenicity and role in virulence / M. Bearzotti, A.F. Monnier, P. Vende [et al.] // Vet. Res. – 1995. – Vol. 26. – P. 413-422.

ОСОБЕННОСТИ ВСТРЕЧАЕМОСТИ МАССОВЫХ ПАРАЗИТОВ У ПИНАГОРА В ЮЖНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

С.М. Русяев¹, А.Б. Карасев²

¹Магаданский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (МагаданНИРО), г. Магадан

²Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск

Введение

Пинагор (*Cyclopterus lumpus* Linnaeus, 1758) – рыба семейства Cyclopteridae, отряда Scorpaeniformes, обитающая в морях Северной Атлантики. Половозрелые особи этого вида осуществляют сезонные нерестовые миграции «море-берег». Молодь пинагора проводит первые годы жизни в поясе макрофитов, позже обитает в батипелагиали. Половой диморфизм самцов и самок, выражающийся в размерах тела, обуславливает различия в их пространственном распределении и интенсивности вертикальных перемещений (Кудрявцева, 2005).

Цикличность смены условий обитания половозрелых рыб в течение года почти не влияет на спектр их питания – баренцевоморский пинагор отличается высокой пищевой избирательностью: до 95% его пищи в нагульный период составляет гребневик (Rusyaev, Orlov, 2014). Таким образом, экологическая пластичность пинагора, его выраженная монофагия, а также различия в распределении самцов и самок определяют интерес к изучению экологических особенностей паразитофауны этого вида.

Видовой состав паразитофауны пинагора изучен достаточно полно (Сциборская, 1948; Шульман, Шульман-Альбова, 1953), однако дальнейшее накопление данных не способствовало ее изучению на массовом материале в прошлом столетии. В конце XX века в Баренцевом море начались масштабный норвежский промысел (Johannesson, 2006) и экспериментальный российский лов (Русяев, 2003), что потребовало большей информации о биологии и экологии, динамике численности популяции баренцевоморского пинагора. Развитие экосистемного подхода к изучению биоты Баренцева моря, опирающегося на знания трофических связей видов, также способствует углубленным эколого-паразитологическим исследованиям этого своеобразного по своей экологии придонно-пелагического вида рыб.

Цель настоящей работы – дать характеристику зараженности половозрелых особей пинагора внутриволокнистыми массовыми видами паразитов, принадлежащими к ленточным (класс Cestoda) и круглым (класс Chromadorea) червям, выявить особенности их встречаемости у рыб в преднерестовый период.

Материал и методика

Паразитологический материал получен в апреле-июне 1999-2005 гг., в губах и заливах Мурманского побережья Баренцева моря. Особей пинагора, имеющих длину тела от 25 до 56 см (всего 423 экз., из них 388 экз. – самки), отбирали из уловов донными ставными сетями (размер ячеи 125-133 мм) при экспериментальном лове. Обработку материала выполняли по общепринятой методике паразитологического вскрытия (Быховская-Павловская, 1985). Для визуально различимых гельминтов, не позднее 12 ч после поимки рыбы, определяли следующие общепринятые показатели: экстенсивность инвазии (ЭИ), долю зараженных особей в процентах от общего количества исследованных рыб; интенсивность инвазии (ИИ), число паразитов данного вида, встреченных в одной рыбе; индекс обилия (ИО), среднее число паразитов, приходящееся на одну исследованную рыбу в пробе.

Для поиска закономерностей встречаемости гельминтов пинагора был выполнен сравнительный анализ зараженности рыб из двух географических районов Мурманского побережья: Западного (31-36° в.д.) и Восточного (37-40° в.д.) Мурманска.

Основанием для такого сравнения материала являются различия в теплосодержании водных масс (Бойцов, 2006; Бойцов, Несветова, 1994). На Западном Мурмане (район Мотовского залива) существенно влияние теплой Прибрежной ветви Северо-Атлантического течения. В прибрежье Восточного Мурманска (район Святоносского залива) ощутимо сезонное влияние вод с пониженной соленостью, вытекающих из Горла Белого моря.

С помощью корреляционного анализа сделана попытка исследовать связь между показателями зараженности и морфо-физиологическими показателями рыбы (масса гонад, тела и печени).

Результаты и обсуждение

Общие показатели зараженности пинагора. Личинки нематод *Anisakis simplex* и *Pseudoterranova decipiens* у пинагора локализуются обычно на поверхности печени, личинки нематоды *Hysterothylacium*

aduncum – преимущественно на поверхности кишечника, личинки цестоды *Pyramicocephalus phocarum* – на мезентерии, кишечнике и пилорических придатках (Карасев, 2003). Общие показатели зараженности по этим видам гельминтофауны свидетельствуют об относительно невысокой зараженности рыб. Так, доля особей пинагора, на которых не найдено личинок вышеперечисленных видов нематод и цестоды *P. Phocarum*, составила 41%. Личинки нематод *A. simplex* и *H. aduncum* обнаружены у 20-30% рыб (табл.1).

Таблица 1

Показатели зараженности половозрелых самок пинагора в южной части Баренцева моря по данным сборов на сетном промысле в 1999-2005 гг.

Вид, стадия развития	ЭИ, %	ИО, min/max, экз.
<i>Pyramicocephalus phocarum</i> larva	10,8	2,1 / 1-15
<i>Hysterothylacium aduncum</i> larva	25,0	4,2 / 1-20
<i>Pseudoterranova decipiens</i> larva	3,3	0,8 / 1-2
<i>Anisakis simplex</i> larva	29,3	1,6 / 1-5

Если зараженность пинагора в Баренцевом море личинками *A. simplex* может считаться фоновой, то повышенная зараженность пинагора личинками *H. aduncum* может быть объяснена, по нашему мнению, тем, что в жизненном цикле этой нематоды участвуют гребневики (Особенности функционирования паразитарной..., 2010).

Анализ совместного нахождения видов, паразитирующих на одних и тех же органах и тканях, показал, что личинки нематод *A. simplex* и *P. decipiens* встречались как вместе, так и по отдельности – без статистически значимой связи. Очевидно, что невысокая зараженность личинками нематод печени пинагора указывает как на специфичное питание пинагора для проникновения этих нематод, так и на достаточную «нишу» для их симбиоза. Для пары *H. Aduncum* + *P. phocarum* совместная встречаемость (в том числе и на самцах) весьма невелика: количество совместных случаев инвазии их личинками составило лишь 6,7 %, а по отдельности – 82,8 и 11,5 % от всех случаев регистрации этих видов соответственно, однако интерпретировать эти данные как признак антагонизма между этими видами, очевидно, преждевременно.

Пространственно-временной анализ данных. Показатели зараженности пинагора на Восточном Мурмане несколько ниже (табл. 2), чем на Западном Мурмане. Однако на Восточном Мурмане выше доля зараженных рыб личинками цестоды *P. phocarum*, что может отражать высокую численность ластоногих в этом районе. Известно, что для цестоды дефинитивными хозяевами служат хищные млекопитающие -

тюлени (Interactions between fish..., 2002), а ластоногие – единственные хищники для взрослых особей пинагора на их нерестилищах в Баренцевом море (Русяев, Зырянов, 2020).

Таблица 2

Экстенсивность инвазии личинками паразитов пинагора в южной части Баренцева моря по районам

Район поимки рыб	ЭИ, %			
	<i>Pyramicocephalus phocarum</i>		Chromadoreia (суммарно)	
	самцы	самки	самцы	самки
Западный Мурман	Данных недостаточно	4,6	53,0	46,7
Восточный Мурман	То же	27,9	50,0	41,0

Незначительный объем материала, собранный по паразитофауне самцов пинагора, не позволяет объективно выявить пространственно-временные особенности. Лишь повышенная встречаемость нематод у самцов (относительно самок) указывает на более разнообразный характер их питания – в качестве основного пути передачи инвазии для этого вида. Временная динамика показателей зараженности рыб, оцененная на Западном Мурмане (где был собран наибольший материал), относительно стабильна по всем видам паразитов. Так, индекс обилия личинок *A. simplex* у пинагора, нерестящегося в Мотовском заливе в 1999-2002 гг., варьировал от 2,3 до 0,8 экз. на особей, без определенного тренда. Этот факт можно интерпретировать как вероятное проявление межгодовой устойчивости кормовой базы пинагора – гребневиков.

Поиск связей зараженности с физиологическими показателями рыб. Показатели зараженности пинагора не позволяют выявить статистически значимую связь ни с одним из его морфофизиологических показателей. Отчасти это может объясняться, например, особенностью жиронакопления у этой рыбы: печень пинагора не депонирует жир, изменчивость ее массы незначительна, что, очевидно, и ограничивает локализацию здесь личинок нематод *A. simplex* и *P. decipiens*. Встречаемость видов, паразитирующих на кишечнике (*P. phocarum* и *H. aduncum*), также не коррелирует с массой печени и массой гонад. Единственная слабовыраженная зависимость имеется между ИО паразитов и массой тела рыб (без внутрэнностей), однако такая связь является универсальной для большинства животных. Кроме того, ранее обнаруженная клинальная изменчивость длины тела пинагора (Русяев, 2013), отражающая ее снижение с запада на восток Баренцева моря, может вносить неопределенность в интерпретацию связи ИО – масса тела пинагора.

Заключение

Зараженность внутриволокнистыми паразитами – личинками цестоды *P. phocarium*, нематод *A. simplex*, *P. decipiens*, *H. aduncum* – у половозрелых особей пинагора в южной части Баренцева моря невысока. Самцы пинагора имеют несколько большую зараженность, чем самки из-за более разнообразного питания. Высокая встречаемость у пинагора личинок *H. aduncum* может определяться интенсивностью его питания гребневиками, что требует дополнительных исследований. Повышенная встречаемость личинок цестоды *P. phocarium* у самок пинагора на Восточном Мурмане предположительно может быть связана с большей численностью и видовым разнообразием морских ластоногих в этом районе. Связь зараженности пинагора с его морфофизиологическими показателями (масса печени, гонад, масса тела) выявить не удалось, что, вероятно, может указывать на коадаптацию жизненных циклов рассматриваемых видов, а также на гомеостатическое равновесие между паразитами и рыбой.

Список использованной литературы

Бойцов, В.Д. Изменчивость температуры воды Баренцева моря и ее прогнозирование / В.Д. Бойцов. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2006. – 292 с.

Бойцов, В.Д. Особенности океанологических условий в прибрежной зоне Мурмана / В.Д. Бойцов, Г.И. Несветова // Заполярная марикультура: сб. науч. тр. / ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1994. – С. 3-17.

Быховская-Павловская, И.Е. Паразиты рыб: Руководство по изучению / И.Е. Быховская-Павловская. – М.: Наука, 1985. – 121 с.

Карасев, А.Б. Каталог паразитов рыб Баренцева моря / А.Б. Карасев; ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. – 150 с.

Кудрявцева, О.Ю. Пинагор Баренцева моря и сопредельных вод / О.Ю. Кудрявцева; ММБИ КНЦ РАН. – М.: Наука, 2008. – 164 с.

Особенности функционирования паразитарной системы нематоды *Hysterothylacium aduncum* (Nematoda: Anisakidae) в Черном море / А.В. Гаевская, Ю.М. Корнийчук, В.К. Мачкевский [и др.] // Морской экологический журнал. – 2010. – Т. 9, № 2. – С. 37-50.

Русяев, С.М. Результаты научно-промысловых работ на сетном промысле пинагора в 1996-2002 гг. / С.М. Русяев / ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. – С. 68-69.

Русяев, С.М. О пространственной связи нерестовой и нагульной частей ареала пинагора *Cyclopterus lumpus* (Cyclopteridae) в Баренцевом

море и прилегающих водах (по результатам анализа сходства размерного состава) / С.М. Русяев // Вопросы ихтиологии. – 2013. – Т. 53. – № 4. – С. 423-429.

Русяев, С.М. О факторах естественной смертности пинагора у Мурманского побережья Баренцева моря / С.М. Русяев, С.В. Зырянов // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность: тез. докл. междунар. науч. конф.... (Севастополь, 13-18 сент. 2021 г.) / Ин-т биологии юж. морей им. А.О. Ковалевского РАН. – Севастополь, 2021. – С. 313-315.

Сциборская, Т.А. Паразитофауна пинагора Белого моря / Т.А. Сциборская // Работы Морск. Биол. станции Карело-Фин. гос. ун-та (с. Гридино на Белом море). – Петрозаводск: Гос. изд-во Карело-Фин. ССР, 1949. – Вып.1. – С. 145-151.

Шульман, С.С. Паразиты рыб Белого моря / С.С. Шульман, Р.Е. Шульман-Альбова; ред. Ю.И. Полянский; Карело-Фин. фил. АН СССР. Ин-т биологии. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1953. – 199 с.

Interactions between fish, parasites and disease / I. Barber, R. Poulin, P.J.B. Hart, J.D. Reynolds // Handbook of Fish Biology and Fisheries. – Vol. 1. – Fish Biology. – Malden: Wiley-Blackwell, 2002. – P. 359-389.

Johanesson, J. Lumpfish Caviar-From Vessel to Consumer / J. Johanesson // FAO Fisheries Technical Paper no. 485. – Rome: Food Agric. Org., 2006.

Rusyaev, S. Lumpfish as main consumer of northern comb jelly and effective tool of its research: ICES CM 2014 / 3064 A:30 / S. Rusyaev, A. Orlov. – Copenhagen, 2014.

ПОЛУЧЕНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ КОЛЛАГЕНА МОРСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВ ДЛЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД

К.С. Рысакова, В.Ю. Новиков, Н.В. Шумская
Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича),
г. Мурманск

Водные биологические ресурсы занимают важное место среди продовольственного сырья и продуктов питания животного происхождения благодаря высокому содержанию полноценного по аминокислотному составу белка, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов.

В пищевых целях используются далеко не все виды промысловых морских организмов. Причины тому в исторически сложившихся традициях и непригодности некоторых видов для технологической обработки, а также в обнаружении новых малоизученных объектов промысла и отсутствии достаточно обоснованных технологических приемов переработки.

В последние годы существенное развитие получили технологии максимальной безотходной переработки вторсырья для использования при производстве различных продуктов питания, в том числе функциональных (Зарубин, 2018).

Цель настоящей работы – исследование возможности использования в составе питательных сред микробиологического назначения гидролизатов коллагена (ферментативных), полученных из тканей морских беспозвоночных Северного рыбохозяйственного бассейна.

В качестве объектов исследования использовали ферментативные гидролизаты коллагена (далее – ФГК), полученные из отходов переработки: панциря и жабр акклиматизированного камчатского краба *Paralithodes camtschatica*; кожно-мышечного мешка кукумарии *Cucumaria frondosa* и молпадии арктической *Molpadia borealis*. ФГК получали по общей методике, включающей: дефростацию мороженого сырья; депротеинизацию 0,05 %-ным раствором гидроксида натрия при температуре 15-20 °С в течение 18-24 ч при периодическом перемешивании; отделение осадка и его промывку водой (дистиллированной) до значения активной кислотности (рН) не более 7,5; обезвоживание и обезжиривание осадка ацетоном три раза; высушивание осадка при температуре не выше 60 °С; деминерализацию полученного из панциря и жабр камчатского краба

осадка раствором соляной кислоты при температуре 15-20 °С в течение 0,5 ч при перемешивании; промывку осадка дистиллированной водой до рН не более 7,5; ферментативный гидролиз под действием ферментного препарата (далее – ФП) из гепатопанкреаса камчатского краба при соотношении массы ФП, сырья и дистиллированной воды 1:33:360, температуры 50 °С и продолжительности 4 ч; отделение растворимой части центрифугированием; сублимированную сушку ФГК.

Биологические показатели полученных гидролизатов были изучены на питательной среде следующего состава: гидролизат – из расчета содержания аминного азота, натрия хлорид – 5 г/дм³, микробиологический агар – 2 %. Устанавливали рН в пределах 7,0. В качестве контрольной питательной среды использовали коммерческий ГМР-агар (г. Оболенск, Россия). Стерилизацию питательных сред проводили автоклавированием при температуре 121 °С в течении 20 мин. Массовую долю аминного азота ($N_{ам}$, %) определяли формольным титрованием (Лисицын, Иванкин, Неклюдов, 2001). Измерение рН растворов проводили кислородомером-иономером «Анион 4151» (НПП «Инфраспек-Аналит», Россия).

Качество питательных сред оценивали по физико-химическим и биологическим показателям в соответствии с Методическими указаниями МУК 4.2.2316-08 (Методы контроля бактериологических..., 2008). При оценке ростовых свойств питательных сред, полученных с использованием ФГК, объектом исследований служил тест-штамм *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, (FBIS SRCAMB, г. Оболенск, Россия).

Методика посева микроорганизмов включала подготовку стандартных взвесей культуры тест-штамма, соответствующих 10 единицам по образцу мутности, с использованием стерильного 0,9 %-ного раствора хлористого натрия. Полученные взвеси культур методом десятикратных разведений (4,5 см³ 0,9 %-ного раствора натрия хлорида с 0,5 см³ микробной взвеси) доводили до требуемых концентраций. Посев микробной взвеси проводился в объеме 0,1 см³ из разведения 10⁻⁵; 10⁻⁶; 10⁻⁷. Инкубацию осуществляли при температуре 30 °С в течение 24-48 ч с последующей визуальной оценкой ростовых свойств питательных сред по количеству, диаметру и морфологии колоний.

Коэффициент производительности (P_R) питательной среды вычисляли по формуле (ГОСТ ISO 11133-2016):

$$P_R = \frac{N_s}{N_o},$$

где N_s – общее количество колоний, полученных на питательной среде, подвергнутой испытанию;

N_o – общее количество колоний, полученных на контрольной питательной среде.

Полученные образцы гидролизатов характеризовались хорошей растворимостью в воде, прозрачностью, отсутствием опалесценции. Водородный показатель характеризовал все гидролизаты как слабокислые, поэтому при приготовлении питательных сред требовалась незначительная коррекция pH путем добавления раствора гидроксида натрия.

После стерилизации модели питательных сред оставались прозрачными, без опалесценции и образования осадка (рис. 1).

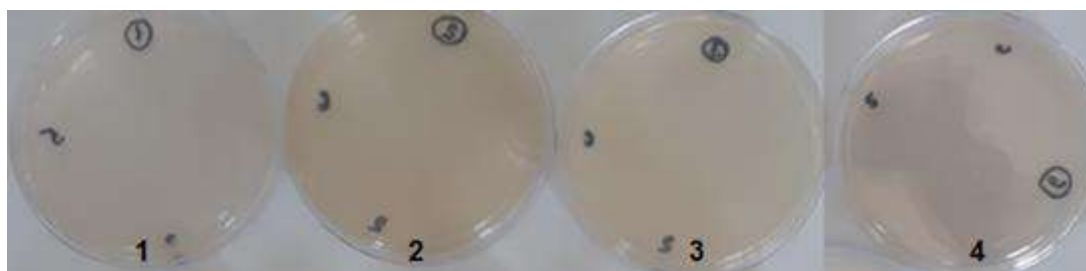


Рис.1. Питательная среда с различными вариантами питательных основ: гидролизат коллагена из *Cucumaria frondosa* (1), жабр *Paralithodes camtschatica* (2), панциря *Paralithodes camtschatica* (3), *Molpadia borealis* (4)

Количество, диаметры и морфология колоний тест-штамма *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, представленные в таблице, показывают, что сконструированные питательные среды обеспечивают хорошие ростовые свойства. По количеству выросших колоний они отличались между собой незначительно.

Биологические свойства тест-штамма *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, выращенного на плотных питательных средах с различными вариантами питательных основ

Питательная основа	Количество колоний, КОЕ/см ³	Диаметр колоний, мм	Морфология колоний
Контроль (ГРМ-агар)	8,3×10 ⁷	2-3	Непрозрачные, блестящие, с ровными краями
Гидролизат коллагена из <i>Cucumaria frondosa</i>	21,6×10 ⁷	1-2,5	То же
Гидролизат коллагена из жабр <i>Paralithodes camtschatica</i>	23,3×10 ⁷	2-3	« »
Гидролизат коллагена из панциря <i>Paralithodes camtschatica</i>	17,3×10 ⁷	2-3	« »
Гидролизат коллагена из <i>Molpadia borealis</i>	24,6×10 ⁷	1-3	« »

Морфология колоний *Staphylococcus aureus* на всех питательных средах являлась одинаковой: стафилококки образовывали непрозрачные,

круглые ровные колонии (рис. 2). На сконструированных питательных средах, где в качестве питательной (белковой) основы использовали гидролизат коллагена из *Cucumaria frondosa* и из панциря *Paralithodes camtschatica*, в основном преобладали колонии диаметром 1-2 мм; на агаре с гидролизатом коллагена из *Molpadia borealis* и жабр *Paralithodes camtschatica* – 2-3 мм, как и на контрольной среде ГРМ-агар. При этом тест-штамм *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 сохранял типичные культурно-морфологические свойства. Разница в количестве и диаметре колоний между сконструированными и контрольной питательными средами может быть обусловлена содержанием глицина (28-30 %) в полученных гидролизатах. Для микроорганизмов рода *Staphylococcus* spp. данная аминокислота – как стимулятор роста, так и его ингибитор, если ее концентрация выше 10 г/дм³.

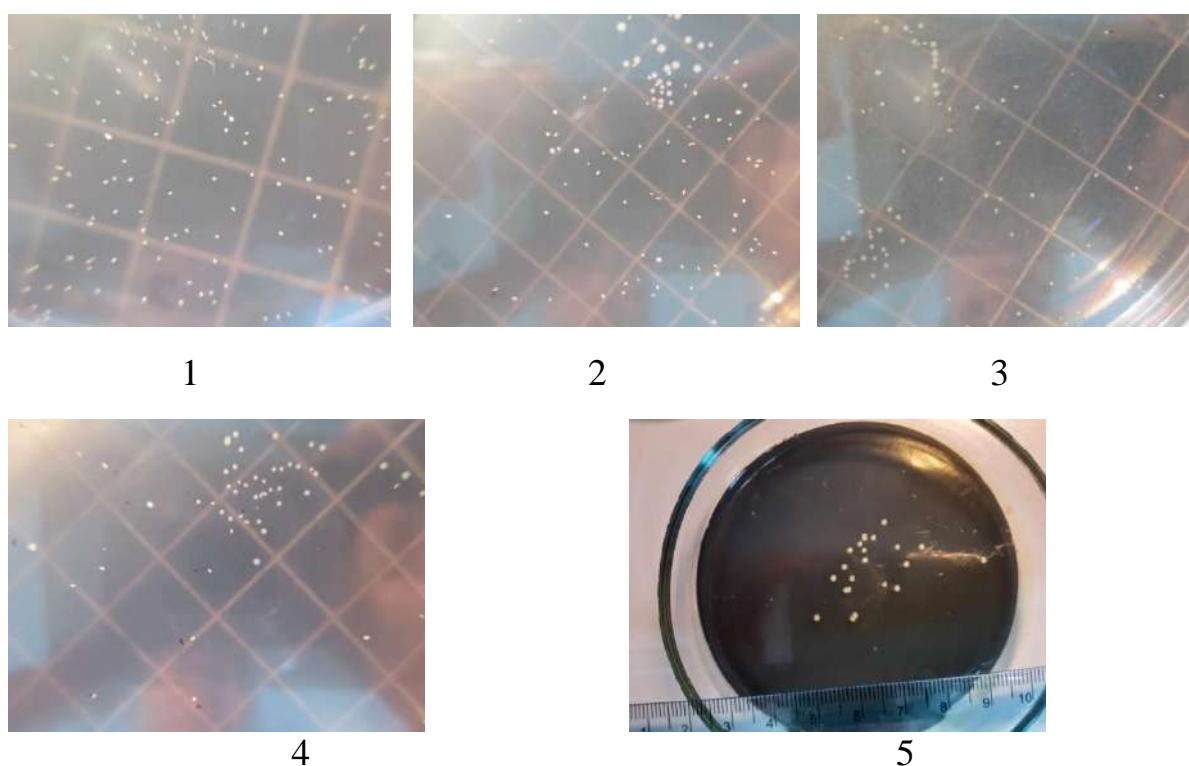


Рис. 2. Рост колоний тест-штамма *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 на питательной среде с различными вариантами питательных основ: гидролизат коллагена из *Cucumaria frondosa* (1), жабр *Paralithodes camtschatica* (2), панциря *Paralithodes camtschatica* (3), *Molpadia borealis* (4), контроль ГРМ-агар (5)

Все питательные среды с различными вариантами питательных основ имели коэффициент производительности больше 2,0, что не соответствует ГОСТу ISO 11133-2016, по которому коэффициент производительности на питательных средах должен быть не менее 0,5 и не более 1,4.

При микроскопировании было обнаружено, что клетки *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 располагаются небольшими скоплениями или по

отдельности и «проигрывают» в размерах клеткам в контроле. Максимально схожи с контролем по морфологии клетки тестируемого штамма, созданного на питательной среде, где белковой основой служил гидролизат коллагена из *Molpadia borealis* (рис. 3).

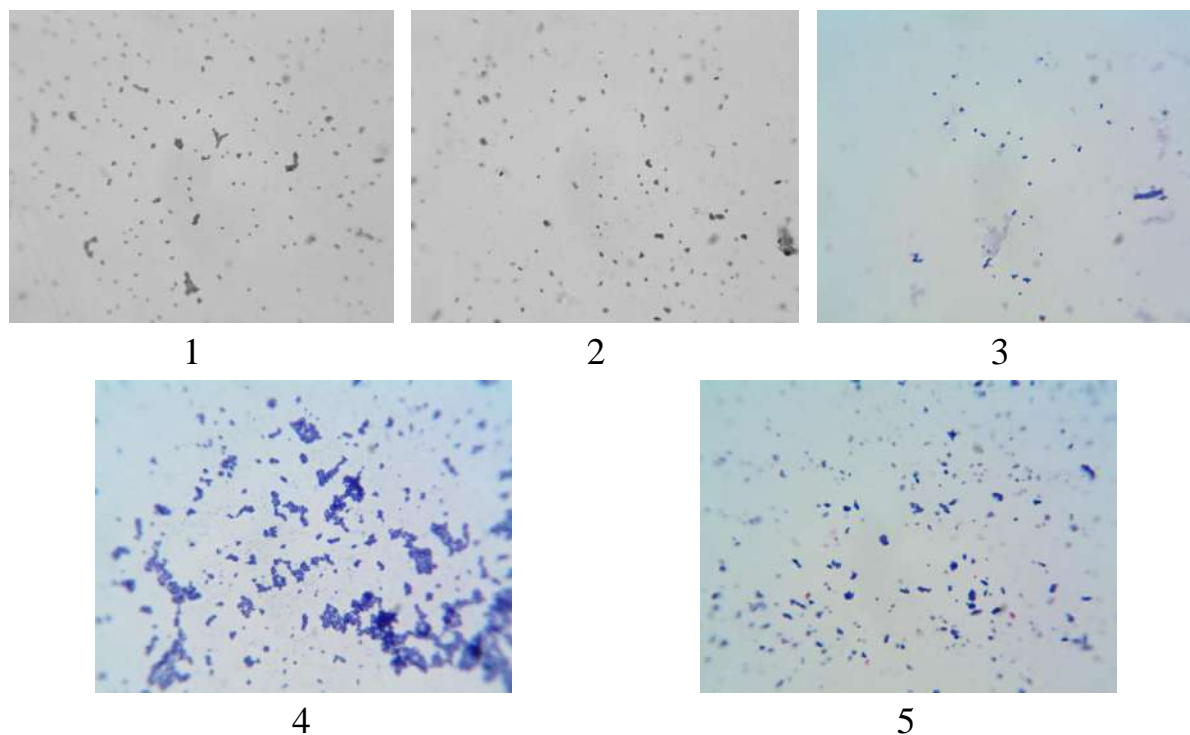


Рис. 3. Культура клеток тест-штамма *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, выращенного на плотных питательных средах с различными вариантами питательных основ: гидролизата коллагена из *Cucumaria frondosa* (1), из жабр *Paralithodes camtschatica* (2), из панциря *Paralithodes camtschatica* (3), из *Molpadia borealis* (4), ГРМ-агар (контроль) (5) (световая микроскопия, увеличение x1000)

При оценке ростовых свойств питательных сред, приготовленных на основе полученных ФГК, лучшие результаты были отмечены у питательной среды на основе гидролизата коллагена из *Molpadia borealis*. При культивации *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 установлено, что тест-штамм сохранял морфологические и культуральные свойства и не проявлял признаков диссоциации.

Сравнительный анализ гидролизатов коллагена показал возможность их использования в ряде питательных сред, но для этого требуются дополнительная оптимизация их состава и биологические испытания на широких наборах тест-штаммов.

Список использованной литературы

ГОСТ ISO 11133-2016. Микробиология пищевых продуктов, кормов для животных и воды. Приготовление, производство, хранение и определение рабочих характеристик питательных сред [Текст] : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 ноября 2016 г. № 1605-ст в качестве национального стандарта Российской Федерации : взамен ГОСТ ISO/TS 11133-1-2014, ГОСТ ISO 11133-2-2011 : дата введения 2017-07-01 / подготовлен ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации», [принят] Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации. – М.: Стандартинформ, 2016. – 89 с.

Зарубин, Н.Ю. Разработка технологии продукта с использованием композиции на основе коллагенового гидролизата из кожи рыб и растительных компонентов : дис. ... канд. техн. наук / Н. Ю. Зарубин. – М., 2018. – 175 с.

Лисицын, А. Б. Методы практической биотехнологии. Анализ компонентов и микропримесей в мясных и других пищевых продуктах / А.Б. Лисицын, А.Н. Иванкин, А.Д. Неклюдов. – М.: ВНИИМП, 2001. – 408 с.

Методы контроля бактериологических питательных сред: методические указания МУК 4.2.2316 – 08. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. – 67 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛАМИНАРИИ ДИКОРАСТУЩЕЙ И ВЫРАЩЕННОЙ И ОБОСНОВАНИЕ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННЫХ МУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

К.Н. Савкина, Ю.В. Шокина

*ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет»,
г. Мурманск*

Питание играет решающую роль в укреплении здоровья и профилактике заболеваний, а негативные факторы, связанные с питанием, во многих случаях являются главными рисками смертности и заболеваемости во всем мире. В настоящее время осведомленность потребителей об этом факте привела к увеличению интереса к обогащенным и функциональным продуктам питания, которые снижают риски и обладают профилактическим или даже лечебным действием в отношении многих болезней, возникающих из-за неправильной диеты.

В составе фитопланктона и морских водорослей содержится широкий спектр важных многофункциональных биоактивных соединений, которые защищают сердечно-сосудистую систему организма и обладают свойствами противовоспалительного, антигипертензивного, антиоксидантного, антикоагулянтного, антипролиферативного и/или антидиабетического характера. Кроме того, они могут рассматриваться как ингредиенты при разработке пищевых продуктов с добавленной ценностью (Подкорытова, Рощина, 2021).

Как известно, бурые водоросли, в частности – водоросли семейства ламинариевых (морская капуста), содержит значительное количество так называемого органического йода, благодаря чему широко применяются в технологиях обогащенных продуктов питания, ориентированных на профилактику йододефицитных состояний (Подкорытова, Рощина, 2021; Волощенко, Шевченко, 2017).

Органический йод, присутствующий в составе ламинарии, обладает высокой биодоступностью для организма человека и практически не вызывает нежелательных аллергических реакций в оптимальных дозировках, не превышающих физиологическую норму суточного потребления, установленную в Российской Федерации (не более 150 мкг в сутки для взрослого человека) (Comprehensive Handbook of Iodine..., 2009; Методические рекомендации..., 2021).

Дефицит йода является наиболее распространенной предотвратимой причиной повреждения головного мозга и умственных расстройств во всем

мире. Йод – важный компонент гормонов щитовидной железы, играющих существенную роль в росте и развитии. Дефицит йода может привести к недостатку выработки гормонов щитовидной железы и, как следствие, умственной отсталости, гипотиреозу, кретинизму и осложнениям во время беременности. Для профилактики йододефицита и борьбы с ним широко реализуется программа йодирования соли. В настоящее время, по оценкам, почти три четверти населения земного шара потребляют йодированную соль, что привело к значительному улучшению йодного статуса во всем мире. Несмотря на это, дефицит йода продолжает оставаться серьезной проблемой во многих регионах, затрагивая почти треть населения мира. Хотя в тяжелой форме он в настоящее время встречается редко, умеренный дефицит вновь возник в Австралии, Новой Зеландии и промышленных развитых странах Европы, несмотря на использование йодированной поваренной соли (Zimmermann, 2008).

По данным Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Мурманской области, в 2021 г. лидирующие позиции в структуре общей заболеваемости взрослого населения (рис. 1) занимали болезни системы кровообращения (16,4 %), на втором месте – костно-мышечной системы (13,3 %), третьем – органов дыхания (13,0 %), четвертом – мочеполовой системы (10,2 %), пятом – органов пищеварения (8,2 %).



Рис. 1. Сравнение структуры общей и первичной заболеваемости взрослого населения Мурманской области

Структура первичной заболеваемости за анализируемый период: на первом месте – заболевания органов дыхания (30,8 %), втором – травмы и отравления (14,5 %), третьем – расстройства мочеполовой системы

(10,7 %), четвертом – болезни кожи и подкожной клетчатки (7,4 %), пятом – проблемы в системе кровообращения (5,2 %). Как очевидно из рис. 1, структура общей заболеваемости существенно отличается от таковой у первичной заболеваемости. Расстройства эндокринной системы впервые за долгие годы не входят в пятерку лидирующих заболеваний в Мурманской области (О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия..., 2021).

Актуальной целью исследования является изучение функционально-технологических свойств сушеной ламинарии для оценки потенциала и обоснования ее использования в технологиях обогащенных мучных изделий повседневного спроса, направленных на профилактику болезней эндокринной системы, обусловленных дефицитом йода, у населения Арктической зоны Российской Федерации.

В работе были поставлены и успешно решены задачи изучения химического состава сушеной ламинарии в зависимости от особенностей технологической обработки; разработки базовой технологии рецептуры мучных изделий повседневного спроса, обогащенных йодом в составе сушеной ламинарии; определения задач дальнейших исследований по разработке технологий продуктов питания повседневного спроса, обогащенных йодом, направленных на профилактику эндокринных заболеваний, обусловленных йододефицитом.

Объектами исследования являлись опытные образцы сушеной ламинарии, здесь и далее – *Saccharina latissima* (L.), выращенной в течение 2-4 мес. на предприятии «Energy Solutions AS» (Норвегия) и высушенной различными способами холодной сушки, а также коммерческие образцы дикорастущей ламинарии сушеной пищевой в виде порошка с размером частиц менее 200 мкм, высушенной способом горячей конвективной сушки, производства ООО АВК (Архангельский водорослевый комбинат, г. Архангельск, Россия). Объекты исследования предоставлены в рамках совместного российско-норвежского научно-исследовательского проекта «Sustainable energy in food processing», реализуемого ФГБОУ ВО «Мурманский государственный технический университет» (МГТУ, Мурманск, Россия) и «Норвежским университетом науки и технологии» (NTNU, Тронхейм, Норвегия), а также в рамках договора ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет» с ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (г. Архангельск, Россия) на проведение исследований в рамках проекта «Биотехнологии в Арктике: комплексная, безотходная переработка морских водорослей и воспроизводство агро- и аквакультур в условиях арктического региона», реализуемому совместно с НОЦ мирового уровня «Российская Арктика» (г. Архангельск, Россия).

Предмет исследования – химический состав сушеной ламинарии и органолептические свойства мучных изделий повседневного спроса, обогащенных йодом; определены химический состав сушеной ламинарии, массовые доли в ней влаги, золы, общего азота (ОА), белка (показатели получены умножением ОА на коэффициент 5,3), жира, йода по ГОСТу 26185-84 «Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа». Проведены отбор проб для исследования показателей качества опытных образцов разработанной мучной продукции, определение органолептических показателей – по ГОСТу 9846-88 «Хлебцы хрустящие. Технические условия».

Результаты исследований химического состава сушеных водорослей представлены в таблице.

Химический состав сушеной ламинарии

Показатель	Содержание, %		
	<i>Saccharina latissima</i>		<i>Laminaria japonica</i>
	Ламинария сахаристая (беломорская), дикорастущая, добыта промышленным способом	Ламинария сахаристая (норвежская), объект аквакультуры	Ламинария японская (данные из литературы)
Массовая доля воды	От 3,88 до 4,88	От 6,0 до 7,36	6,80
Массовая доля золы в пересчете на сухое вещество	От 23,04 до 23,48	От 47,61 до 53,73	41,41
Массовая доля золы на общую массу	От 22,08 до 22,44	От 46,40 до 50,14	38,60
Массовая доля общего азота (ОА) в пересчете на сухое вещество	От 0,882 до 0,92	От 1,8 до 2,1	Нет данных
Массовая доля ОА на общую массу	От 0,73 до 0,99	От 1,11 до 2,25	10,88
Массовая доля белка	От 4,33 до 4,79	От 5,88 до 12,35	Нет данных
Массовая доля йода в пересчете на сухое вещество	От 0,37 до 0,52	От 0,98 до 2,53	0,04
Массовая доля жира	0,94±0,02	Нет данных	0,38

Из таблицы следует, что при сопоставимом влагосодержании показатели, характеризующие пищевую ценность сушеного продукта из дикорастущей сахаристой ламинарии Белого моря, такие как массовые доли белка и йода, ниже по сравнению с показателями продукции из выращенной сахаристой ламинарии, при этом пищевая ценность сушеной сахаристой ламинарии Белого моря в сравнении с таковой у дикорастущей японской водоросли, лучше. Содержание йода, главного функционального

пищевого ингредиента, в сушеной ламинарии из дикорастущей ламинарии Белого моря приемлемо для ее включения в состав продуктов питания в целях обогащения и придания функциональных свойств. Но сохранность йода в продуктах питания и оценка влияния технологической обработки на его содержание требуют дальнейшего уточнения.

Анализ мирового опыта разработки технологий функциональных продуктов питания для профилактики йододефицитных состояний показал, что наиболее целесообразной признана практика введения йода в рацион в составе продуктов и пищевых добавок повседневного спроса, прежде всего – в составе йодированной соли (Iodine intake from..., 2021; Iodine intake estimation..., 2018; Reflection of dietary iodine..., 2021). Благодаря повестке Всемирной организации здравоохранения опыт йодирования соли в десять последних лет распространился по всему миру от Европы и Америки до Азиатско-Тихоокеанского региона, и уже вполне достаточен для анализа и оценки его эффективности.

Многие исследователи отмечают: с увеличением в мире популяции сторонников здорового образа жизни прямая эффективность профилактики дефицита йода у населения через йодирование пищевой соли существенно снижена из-за уменьшения потребления пищевой соли домохозяйствами по всему миру (Iodine intake from..., 2021; Iodine intake through..., 2017). Однако в странах, пошедших по пути введения йода в состав продуктов питания повседневного спроса, таких как Австралия и Новая Зеландия, где правительства разрешили использовать йодированную соль при выпечке хлеба, результаты профилактики йододефицита стали лучше (Food sources of..., 2022; Iodine status of..., 2022). Исследование австралийских ученых, посвященное выявлению пищевых источников йода в среде школьников, показало, что хлеб и молоко являются основными – на их долю приходится соответственно 27 и 25 % пищевого йода (Food sources of..., 2022).

С учетом проведенного анализа эффективности лучших мировых практик профилактики йододефицита было принято решение разработать технологию мучных изделий повседневного спроса с улучшенными потребительскими свойствами, обогащенных йодом в составе сушеной ламинарии беломорской.

Разработанная базовая технология изготовления хлебцев проходит по следующим основным этапам: в просеянную пшеничную муку добавляют дрожжи, затем – теплую воду с растворенным в ней цветочным медом, подсолнечное масло, сушеные водоросли, гранулированный чеснок и сушеные измельченные пряности базилик и карри; замешивают тесто, отправляют его на брожение при температуре около 30 °С в течение двух часов. Тесто раскатывают, формируют (хлебцы имеют форму прямоугольников размером $(50\pm 5)\times(15\pm 2)\times(1,5\pm 0,5)$ мм, выкладывают на противни для

запекания. Смешивают очищенные семена подсолнечника, подвергнутые предварительно обжариванию, семена кунжута и толченую паприку в равных пропорциях, перемешивают и полученной смесью равномерно посыпают поверхность тестовых заготовок хлебцев. Затем противни с полуфабрикатом помещают в заранее разогретый до 180 °С духовой шкаф и выпекают от 12 до 15 мин. Готовые хлебцы охлаждают до температуры не выше 18 °С, расфасовывают в потребительскую упаковку (картонные коробки, полиэтиленовые пакеты или ламинированные жестяные банки) и хранят до реализации при температуре 6 ± 2 °С в течение установленного срока годности. Количество добавляемой сушеной ламинарии (5 г на 100 кг теста) определено с расчетом обеспечить содержание в одной порции хлебцев массой 100 г йода от 15 до 30 % суточной физиологической нормы потребления, установленной в Российской Федерации, которая составляет 150 мкг (Методические рекомендации. Нормы..., 2021).

Для оптимизации рецептуры хлебцев по критерию достижения максимальной органолептической оценки использован метод нечеткого логического вывода в программе MatLab (Fuzzy Logic Toolbox). На рис. 2 представлены результаты органолептической оценки опытных образцов хлебцев, с учетом которой выполнена оптимизация рецептуры в программе MatLab.

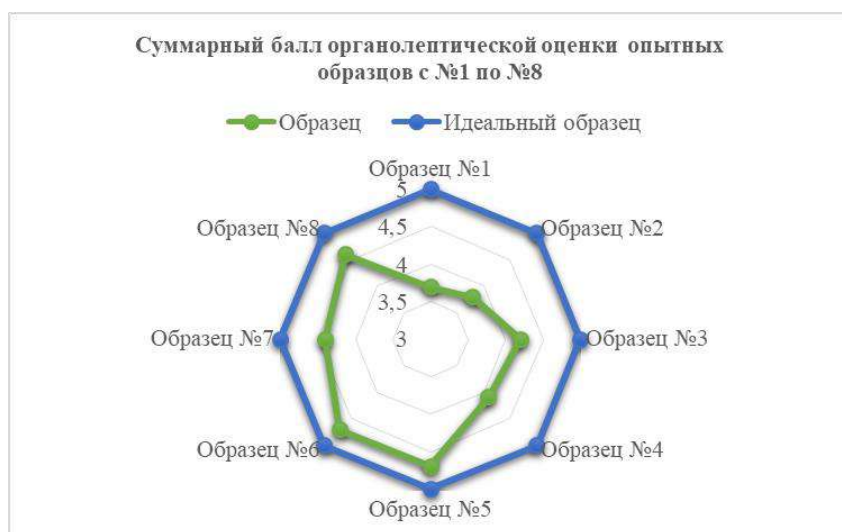


Рис. 2. Результаты органолептической оценки опытных образцов, различающихся рецептурами (варианты рецептуры № 1-8)

В качестве влияющих факторов выбраны чеснок и доли пряностей, в наибольшей степени влияющих на органолептическую оценку хлебцев – базилик и карри. По рис. 2 видно: максимальный балл органолептической суммарной оценки получили опытные образцы хлебцев, изготовленные по рецептурам № 5-6.

После оптимизации получена финальная рецептура продукта.

Дальнейшие исследования по теме будут направлены на определение пищевой ценности нового мучного изделия и изучение сохраняемости йода в продукте в процессе хранения; гигиеническое обоснование сроков годности.

Список использованной литературы

Волощенко, Л.В. Ламинария как йодосодержащий компонент при производстве функционального продукта /Л.В. Волощенко, Н.П. Шевченко // Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург, 2017. – № 12(66). – С. 68-71.

МР 2.3.1.0253-21 Методические рекомендации. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: Методические указания : взамен МР 2.3.1.2432 – 2008 : дата введения – 2021-07-22. – Москва : Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. – 77 с.

О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Мурманской области в 2021 году : Государственный доклад / М.В. Ермакова, И.А. Анциферова, С.В. Дмитриева [и др.]. – Мурманск : Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. – URL: <https://51.rospotrebnadzor.ru/content/866/62074/> – Дата публикации: 12 февраля 2022.

Подкорытова, А.В. Морские бурые водоросли – перспективный источник БАВ для медицинского, фармацевтического и пищевого применения // А.В. Подкорытова, А.Н. Рощина // Труды ВНИРО. – Москва, 2021. – Т. 186, № 4. – С. 156-172.

Comprehensive Handbook of Iodine: Nutritional, Biochemical, Pathological and Therapeutic Aspects. 1st Edition / ed. Victor R. Preedy; co-ed.: Gerard N., Burrow MD, Ronald Ross Watson. – San Diego, USA; London, UK: Academic Press, 2009. – 1334 p.

Food sources of iodine in schoolchildren and relationship with 24-h urinary iodine excretion in Victoria, Australia / K. Beckford, C.A. Grimes, L.J. Riddell [et al.] // British Journal of Nutrition. – 2022. – Vol. 127, Issue 5. – P. 791-799.

Iodine intake from food and iodized salt as related to dietary salt consumption in the Italian adult general population / Roberto Iacone, Iaccarino Idelson, Paola Russo [et al.] // Nutrients. – 2021. – Vol. 13, Issue 10. – 13 p.

Iodine intake estimation from the consumption of instant noodles, drinking water and household salt in Indonesia / A. Sutrisna, J. Knowles, A. Basuni [et al.] // *Nutrients*. – 2018. – Vol. 10, Issue 3. – 16 p.

Iodine intake through processed food: Case studies from Egypt, Indonesia, the Philippines, the Russian federation and Ukraine, 2010-2015 / J. Knowles, F.van der Haar, M. Shehata [et al.] // *Nutrients*. – 2017. – Vol. 9, Issue 8. – 20 p.

Iodine status of postpartum women and their infants aged 3, 6 and 12 months: Mother and Infant Nutrition Investigation (MINI) / J. Ying, J. Coad, S.A. Skeaff [et al.] // *British Journal of Nutrition*. – 2022. – Vol. 127, Issue 4. – P. 570-579.

Reflection of dietary iodine in the 24 h urinary iodine concentration, serum iodine and thyroglobulin as biomarkers of iodine status: A pilot study / A. Katelyn, B.M. Gerow, K. Larson-Meyer [et al.] // *Nutrients*. – 2021. – Vol. 13, Issue 8. – 17 p.

Zimmermann, M.B. Iodine-deficiency disorders / M.B. Zimmermann, P.L. Jooste, C.S. Pandav // *Lancet*. – 2008. – Vol. 372. – P. 1251-1262.

ИХТИОПЛАНКТОН КАРАГИНСКОГО И ОЛЮТОРСКОГО ЗАЛИВОВ БЕРИНГОВА МОРЯ В МАЕ 2020 г.

Д.Я. Саушкина

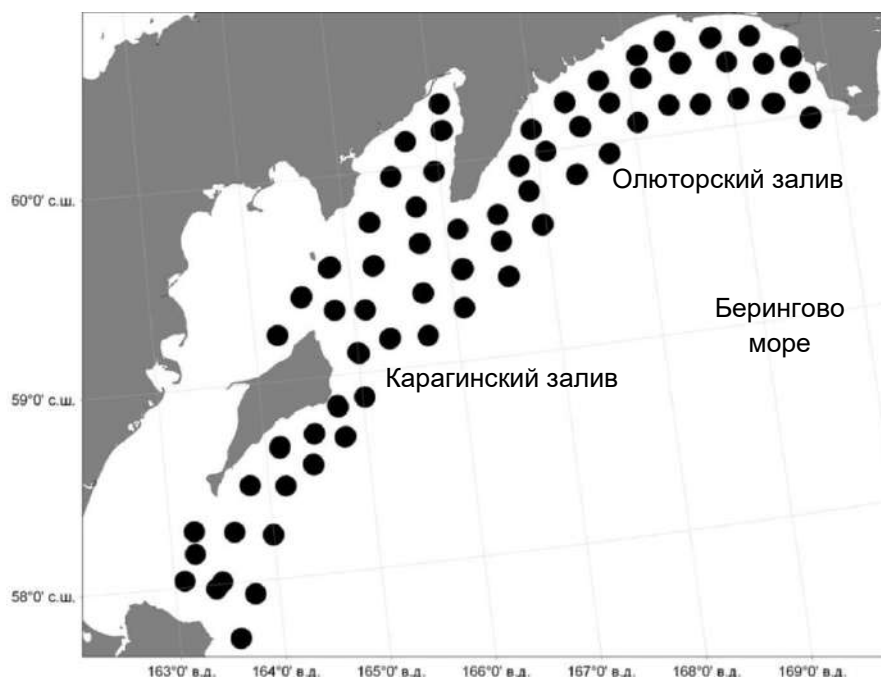
Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»),
г. Петропавловск-Камчатский

Берингово море – высокопродуктивный район дальневосточного бассейна. Здесь воспроизводятся такие ценные объекты промысла, как минтай *Gadus chalcogrammus*, треска *G. macrocephalus*, камбалы, сельдь *Clupea pallasii* и другие (Шунтов, 2001; Балыкин, 2004, 2006; Золотов, 2010, 2011). Одним из массовых видов здесь является западноберингово-морской минтай. Незаменимым инструментом для оценки величины нерестового запаса этой популяции следует считать ихтиопланктонные съемки, которые периодически выполняют на основных нерестилищах в водах Карагинского и Олюторского заливов (Балыкин, Варкентин, 2006). Вместе с тем, в пробах встречаются икра четырехбугорчатой *Pleuronectes quadrituberculatus*, желтоперой *Limanda aspera*, звездчатой *Platichthys stellatus* и группы палтусовидных *Hippoglossoides* spp. камбал, а также личинки тихоокеанской песчанки *Ammodytes hexapterus*, некоторых представителей семейства рогатковых Cottidae и др. (Булатов, Кулешова, 1994; Балыкин, Балыкина, 2001; Кузнецова, 2011; Григорьев и др., 2012).

Изучение ихтиопланктона западной части Берингова моря началось еще в 1930-х годах. (Шмидт, 1933). Позже стали появляться работы, в которых рассматривали особенности размножения большинства видов промысловых рыб, их пространственное и сезонное распределение на ранних этапах развития, а также структуру ихтиопланктонного сообщества района для последующей оценки численности поколений (Горбунова, 1954, 1964; Полутов, Трипольская, 1954; Перцева-Остроумова, 1961; Храпкина, 1961; Мусянко, 1963, 1970; Кашкина, 1965; Булатов, 1983, 1984, 1986, 1994; Булатов, Кулешов, 1994). Но основное внимание исследователей было направлено на изучение экологии размножения минтая (Горбунова, 1954; Серобаба, 1974; Качина, Балыкин, 1981; Булатов, 1986; Кашкина, 1970). В последние несколько десятилетий вышли в свет лишь три издания, посвященные ихтиопланктону исследуемого района (Балыкин, Балыкина, 2001; Кузнецова, 2011; Григорьев и др., 2012). Также в литературе имеются сведения, касающиеся раннего развития камбал западной части Берингова моря (Золотов, 2007, 2011; Дьяков, 2019).

Целью настоящей работы является характеристика весеннего ихтиопланктонного комплекса Карагинского и Олюторского заливов в современный период.

В качестве материала использованы данные ихтиопланктонной съемки, выполненной в мае 2020 г. в юго-западной части Берингова моря на НИС «Дмитрий Песков» (см. рисунок). Учетные работы проводили в два этапа: I – с 8 по 14 мая в Карагинском и Олюторском заливах на глубинах 18-230 м (66 станций), II – с 15 по 21 мая на той же акватории на глубинах 16-220 м (66 станций). Сбор проб осуществляли икорной конической сетью (ИКС-80) диаметром 80 см и площадью входного отверстия 0,5 м², изготовленной из капронового газа №14. Вертикальный облов производили от дна до поверхности. Полученные пробы фиксировали в 4%-ном растворе формалина для последующей камеральной обработки. Стадии развития икры определяли по 4-балльной шкале Т. С. Расса (1965). Видовую идентификацию икры и личинок проводили с использованием различных источников (Перцева-Остроумова, 1961; Григорьев, 2007; Дубинина, Золотов, 2008; Laboratory guide to early..., 1989).



Район работ в Карагинском и Олюторском заливах в мае 2020 г.

По результатам первого этапа съемки (8-14 мая) в составе ихтиопланктона Карагинского и Олюторского заливов отмечена икра разных стадий развития 5 видов рыб из 2 семейств. Личиночный комплекс был представлен 10 видами рыб (см. таблицу).

**Качественный и количественный состав ихтиопланктона
в Карагинском и Олюторском заливах в мае 2020 г.**

Семейство, вид	I этап (8-14 мая)			II этап (15-21 мая)		
	кол-во, шт./м ²	доля, %	встречаемость, %	кол-во, шт./м ²	доля, %	встречаемость, %
<i>Икра</i>						
Macrouridae						
Macrouridae gen. sp.	-	-	-	4	*	1,5
Gadidae						
<i>Gadus chalcogrammus</i>	81000	90,3	92,4	52436	82,4	89,4
Pleuronectidae						
<i>Hippoglossoides</i> spp.	2714	3,0	57,6	2414	3,8	59,1
<i>Limanda aspera</i>	1398	1,6	30,3	4556	7,2	33,3
<i>Platichthys stellatus</i>	3310	3,7	31,8	3092	4,9	28,8
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	1312	1,5	75,8	1114	1,8	81,8
<i>Личинки</i>						
Gadidae						
<i>Gadus macrocephalus</i>	-	-	-	4	0,4	3,0
<i>G. chalcogrammus</i>	78	18,1	18,2	904	84,6	42,4
Cottidae						
<i>Gymnacanthus</i> spp.	88	20,5	24,2	72	6,7	24,2
<i>Hemilepidotus</i> spp.	-	-	-	10	0,9	1,5
<i>Myoxocephalus jaok</i>	2	0,5	1,5	6	0,6	3,0
<i>Myoxocephalus</i> spp.	42	9,8	16,7	6	0,6	4,5
Agonidae						
<i>Sarritor leptorhynchus</i>	4	0,9	3,0	-	-	-
Liparidae						
<i>Liparis latifrons</i>	8	1,9	3,0	2	0,2	1,5
<i>Liparis</i> spp.	8	1,9	3,0	6	0,6	3,0
Stichaeidae						
<i>Leptoclinus maculatus</i>	2	0,5	1,5	-	-	-
Ammodytidae						
<i>Ammodytes hexapterus</i>	196	45,6	21,2	40	3,7	16,7
Pleuronectidae						
<i>Atheresthes evermanni</i>	2	0,5	1,5	12	1,1	3,0
<i>Lepidopsetta polyxystra</i>	-	-	-	2	0,2	1,5
<i>Limanda sakhalinensis</i>	-	-	-	4	0,4	3,0

*Менее 0,01 %.

Высокая степень разнообразия была характерна для семейства камбаловых, из которых в уловах ихтиопланктона встречено 5 видов: звездчатая – 3,7 %, палтусовидная – 3,0 %, желтоперая – 1,6 % и четырехбугорчатая – 1,5 %, а также личинка азиатского стрелозубого палтуса *Atheresthes evermanni*. Доля последнего из перечисленных была мала и составила 0,5 % от общего числа пойманных личинок. Доминирующим видом был минтай, икра которого составляла 90,3 % от общего количества икры.

Среди представителей личиночного комплекса доминировала тихоокеанская песчанка, на долю которой приходилось 45,6 %. Другим массо-

вым ихтиопланктером, обнаруженным в пробах, являлись личинки шлемоносцев рода *Gymnacanthus*, составившие 20,5 %. Также были зафиксированы личинки минтая, относительная численность которых достигала 18,1 %.

По результатам второго этапа съемки определены икра и личинки 6 и 12 видов рыб соответственно. В уловах преобладал минтай, доля которого в фазе икринки составляла 82,4 % и на личиночной стадии 84,6 %. Из семейства камбаловых обнаружена икра желтоперой (7,2 %), звездчатой (4,9 %), палтусовидной (3,8 %) и четырехбугорчатой (1,8 %) камбал. Также в пробах обнаружены 2 икринки макрурусов. Наиболее массовыми после личинок минтая являлись шлемоносцы, которые составляли 6,7 %. На долю тихоокеанской песчанки приходилось 3,7 %.

По литературным данным (Балыкин, 1990; Грицай, 2008), нерест минтая в исследуемом районе протекает с марта по середину июля с пиками в третьих декадах апреля и мая. По результатам второго этапа съемки, в 2020 г. отмечались уменьшение общего количества икры и изменения в стадиях развития эмбрионов, сопровождавшиеся снижением количества икры на начальных стадиях (I – с 2,4 до 0,9 %; II – с 14,9 до 3,3 %) и возрастанием на завершающей (IV – с 17,5 до 56 %). Также зафиксировано увеличение количества пойманных личинок в пробах. Таким образом, можно констатировать, что ихтиопланктонные исследования в мае 2020 г. захватили период после пика нереста данного вида.

Нерест звездчатой камбалы в исследуемом районе начинается с середины апреля и длится около месяца (Перцева-Остроумова, 1961; Балыкин, Балыкина, 2001; Золотов, 2011). В первой половине мая основная масса икры была на I и II стадиях (52,7 и 42,5 %). Ко второй половине мая картина несколько изменилась – большая часть эмбрионов находилась на II стадии (68,3 %), а также возросло количество икринок на III стадии до 12,9 %, что указывает на начало спада нерестовой активности вида.

Желтоперая камбала в Беринговом море нерестится с третьей декады мая по середину сентября с пиком в июле (Перцева-Остроумова, 1961). Как видно из таблицы, общее количество икры этого вида возросло в три раза. В обловах I этапа съемки доминировала икра на начальной стадии развития (88,8 %). Во время второго этапа стадии развития были распределены следующим образом: I – 41,7 %, II – 46,2%, III – 12,1 %. Следовательно, во время первого этапа съемки зафиксированы начало пика нереста, а во время второго – снижение его темпов.

Следует отметить, что сроки нереста рассмотренных видов рыб могут незначительно сдвигаться в зависимости от гидрологических условий среды (температуры, течений).

В целом качественный состав ихтиопланктонного комплекса в период исследования мало изменялся на обоих этапах, в то время как количе-

ственные показатели имели некоторые различия в зависимости от сроков нереста того или иного вида рыб.

Список использованной литературы

Балыкин, П.А. Биология и состояние запасов минтая западной части Берингова моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / П.А. Балыкин. – Петропавловск-Камчатский, 1990. – 23 с.

Балыкин, П.А. Рыболовство в западной части Берингова моря / П.А. Балыкин // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана / КамчатНИРО. – Петропавловск-Камчатский, 2004. – Вып. 7. – С. 27-34.

Балыкин, П.А. Ихтиоцены западной части Берингова моря: состав, промысловая смертность и состояние запасов: автореф. дис.... д-ра биол. наук: 03.00.32 / П.А. Балыкин. – Москва, 2006. – 50 с.

Балыкин, П.А. Ихтиопланктон Карагинского и Олюторского заливов в мае / П.А. Балыкин, Н.В. Балыкина // Известия ТИНРО. – 2001. – Т. 128. – С. 751-760.

Балыкин, П.А. Интерпретация данных ихтиопланктонных съемок для оценки нерестового запаса минтая / П.А. Балыкин, А.И. Варкентин // Труды ВНИРО. – 2006. – Т. 146. – С. 159-165.

Булатов, О.А. Распределение икры палтусовидных камбал (*Hippoglossoides elassodon*, *H. robustus*) в восточной части Берингова моря / О.А. Булатов // Известия ТИНРО. – 1983. – Т. 107. – С. 73-83.

Булатов, О.А. Распределение, численность ихтиопланктона и оценка нерестового запаса: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / О.А. Булатов. – Владивосток, 1984. – 42 с.

Булатов, О.А. Распределение икры и личинок тресковых в тихоокеанских водах Камчатки и западной части Берингова моря / О.А. Булатов // Тресковые дальневосточных морей: сб. ст. – Владивосток: ТИНРО, 1986. – С. 89-100.

Булатов, О.А. Особенности размножения рыб и распределение ихтиопланктона восточной части Берингова моря / О.А. Булатов // Известия ТИНРО. – 1994. – Т. 115. – С. 17-56.

Булатов, О.А. Весенне-летний ихтиопланктон западной части Берингова моря / О.А. Булатов, М.И. Кулешова // Известия ТИНРО. – 1994. – Т. 115. – С. 57-73.

Григорьев, С.С. Ранние стадии рыб северо-востока России (прибрежные морские воды и внутренние водоемы): атлас-определитель / С.С. Григорьев; под ред. А.М. Токранова. – Владивосток: ДВО КФТИГ, 2007. – 331 с.

Григорьев, С.С. Качественный и количественный состав ихтиопланктона в прибрежных водах северо-западной части Берингова моря в июле-августе 2010 г. / С.С. Григорьев, Р.Л. Батанов, Н.А. Седова // Вопросы рыболовства. – 2012. – Т. 13, № 2 (50). – С. 239-249.

Грицай, Е.В. Биология и промысел минтая *Theragra chalcogramma* в северной части Берингова моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Е.В. Грицай. – Владивосток, 2008. – 24 с.

Горбунова, Н.Н. Размножение и развитие минтая / Н.Н. Горбунова // Тр. ИО АН СССР. – 1954. – Т. 11. – С. 132-195.

Горбунова, Н.Н. Размножение и развитие получешуйчатых бычков (*Cottidae, Pisces*) / Н.Н. Горбунова // Тр. ИОАН СССР. – 1964. – Т. 73. – С. 235-251.

Дубинина, А.Ю. Сравнение личинок палтусовидных камбал *Hippoglossoides robustus* и *H. elassodon* (*Pleuronectidae*) из Охотского моря / А.Ю. Дубинина, А.О. Золотов // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана / КамчатНИРО. – Петропавловск-Камчатский, 2008. – Вып. 10. – С. 57-63.

Дьяков, Ю.П. Распространение икры и личинок камбалообразных рыб (*Pleuronectiformes*) в северной части Тихого океана / Ю.П. Дьяков // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана / КамчатНИРО. – Петропавловск-Камчатский, 2019. – Вып. 52. – С. 5-49.

Золотов, А.О. О популяционной структуре палтусовидных камбал восточного побережья Камчатки и западной части Берингова моря / А.О. Золотов // Известия ТИНРО. – 2007. – Т. 148. – С. 113-129.

Золотов, А.О. Камбалы западной части Берингова моря: динамика численности и особенности биологии: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.06 / А.О. Золотов. – Владивосток, 2010. – 20 с.

Золотов, А.О. Распределение и сезонные миграции камбал Карагинского и Олюторского заливов / А.О. Золотов // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана / КамчатНИРО. – Петропавловск-Камчатский, 2011. – Вып. 21. – С. 73-100.

Качина, Т.Ф. Нерест минтая в западной части Берингова моря / Т.Ф. Качина, П.А. Балыкин // Экология, запасы и промысел минтая / ТИНРО. – Владивосток, 1981. – С. 63-72.

Кашкина, А.А. О размножении желтоперой камбалы *Limanda aspera* (Pallas) в восточной части Берингова моря и об изменении ее нерестового стада (по сборам ихтиопланктона) / А.А. Кашкина // Труды Всес. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – 1965. – Т. 58. – С. 191-201.

Кашкина, А.А. Летний ихтиопланктон Берингова моря / А.А. Кашкина // Сов. рыбохоз. исслед. в северо-восточной части Тихого океана. – М.: Пищ. пром-сть, 1970. – Вып. 5. – С. 225-245.

Кузнецова, Н.А. Состав ихтиопланктона и питание личинок и мальков рыб в западной части Берингова моря в августе-октябре 2006 г. / Н.А. Кузнецова // Вопросы рыболовства. – 2011. – Т. 12, № 4(48). – С. 627-647.

Мусяенко, Л.Н. Ихтиопланктон Берингова моря (по материалам берингоморской экспедиции ТИНРО и ВНИРО 1958-1959 гг.) / Л.Н. Мусяенко // Труды ВНИРО. – 1963. – Т. 48. – С. 239-270.

Мусяенко, Л.Н. Размножение и развитие рыб Берингова моря / Л.Н. Мусяенко // Труды ВНИРО. – 1970. – Т. 70. – С. 166-224.

Перцева-Остроумова, Т.А. Размножение и развитие дальневосточных камбал / Т.А. Перцева-Остроумова. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 482 с.

Полутов, И.А. Пелагическая икра и личинки морских рыб у берегов Камчатки / И.А. Полутов, В.Н. Трипольская // Известия ТИНРО. – 1954. – Т. 41. – С. 295-307.

Расс, Т.С. Инструкция по поиску рыбы по плавающей икре / Т.С. Расс. – Пекин, 1965. – 28 с.

Серобаба, И.И. Экология нереста берингоморского минтая *Theragra chalcogramma* / И.И. Серобаба // Вопросы ихтиологии. – 1974. – Вып. 4(87). – С. 635-644.

Храпкова, Н.В. Скопления промысловых рыб и ихтиопланктона в Корфо-Карагинском районе / Н.В. Храпкова // Тр. ИОАН СССР. – 1961. – Т. 43. – С. 285-294.

Шмидт, В.В. К вопросу о нерестилищах трески в советских водах Берингова моря и морфологии личинок тихоокеанской трески / В.В. Шмидт // Вестник дальневост. филиала АН СССР. – 1933. – № 1-3. – С. 79-85.

Шунтов, В.П. Биология дальневосточных морей России / В.П. Шунтов. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. – Т. 1. – 580 с.

Matarese, A.C. Laboratory guide to early life history stages of North-east Pacific fishes / A.C. Matarese, A.W. Kendall, D.R. Blood, B.M. Winter // U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS. – 1989. – Vol. 80(1). – 625 p.

ФИТОПЛАНКТОН ОБСКОЙ ГУБЫ (КАРСКОЕ МОРЕ) В РАЙОНЕ АРКТИЧЕСКОГО ТЕРМИНАЛА

Л.А. Семенова, М.С. Бондарь, М.А. Ядуванкина
Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»)

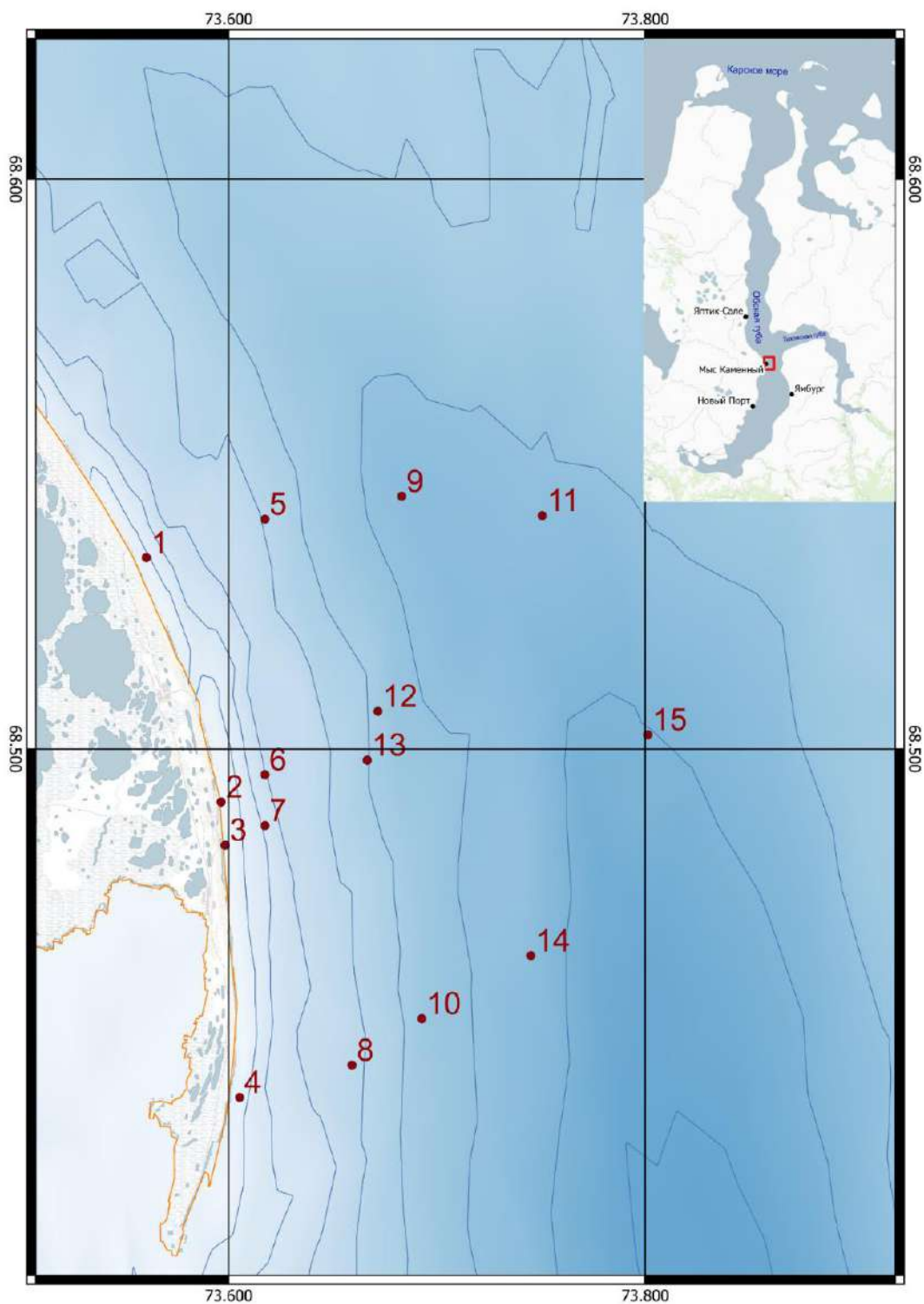
Обская губа является уникальной арктической водной системой, расположенной за Полярным кругом. Большую часть года она служит основным местом совместного обитания ценных представителей ихтиофауны Обь-Иртышского бассейна. Устьевая область реки Оби в результате разведки, обустройства и эксплуатации нефтегазовых месторождений испытывает многофакторное воздействие, в связи с этим необходимо уделить пристальное внимание охране ее экологического состояния.

В данной работе приводятся результаты экспедиционных исследований на акватории Обской губы в целях оценки негативного влияния Арктического терминала по отгрузке нефти на фитопланктон (см. рисунок).

Гидробиологические наблюдения проводились в период строительства (2013-2015 гг.) вблизи и на удалении от терминала (на 15 станциях) и после ввода его в эксплуатацию (2016-2019 гг.) вблизи терминала (на 6 станциях) в вегетационный сезон (июль, август, сентябрь) и в подледный период (апрель, декабрь). В 1995-2009 гг. и 2020 г. пробы отбирались в створе м. Каменный – м. Парусный (на 3 станциях). В период строительства терминала температура воды изменялась от 3 до 16 °С с максимумом в июле, во время эксплуатации – от 10 до 17 °С с максимумом в августе. В теплые маловодные годы вода в Обской губе может прогреваться до 20 °С. Прозрачность воды в районе исследования колебалась в пределах 40-80 см, соленость не превышала 0,07 ‰.

Пробы фитопланктона отбирали батометром Руттнера (объемом 0,5 л) в период строительства на глубоководных станциях с трех горизонтов – поверхность (пов.), средний (сред.), придонный (прид.), на мелководных – с поверхности. В период эксплуатации отбор проб производился с поверхности. Фиксировали пробы раствором Люголя. Всего собрано 263 пробы. Водоросли концентрировали отстаиванием с последующим фильтрованием через мембранные фильтры (диаметр пор 0,8 мкм). Численность клеток учитывали в счетной камере Нажотта, биомассу определяли счетно-объемным методом (Методика изучения биоценозов..., 1975). При идентификации водорослей использовали определители из серии «Определитель пресноводных водорослей СССР». Для оценки флористического сходства приме-

няли коэффициент Серенсена. При анализе сезонной динамики фитопланктона, учитывая местные климатические особенности, условно считали июль периодом биологической весны, а вторую половину сентября – осенью.



Карта-схема района исследований

В фитопланктоне Обской губы в районе Арктического терминала обнаружено 260 таксонов водорослей рангом ниже рода из 8 отделов (табл. 1).

Таблица 1

**Таксономическая структура альгофлоры планктона Обской губы
в районе Арктического терминала**

Отдел	2013-2015 гг.		2016-2020 гг.		Всего	
	Кол-во таксонов	%	Кол-во таксонов	%	Кол-во таксонов	%
Cyanophyta	32	13	24	14	34	13
Chrysophyta	7	3	2	1	4	2
Bacillariophyta	93	38	78	45	99	38
Xanthophyta	2	1	2	1	2	1
Cryptophyta	5	2	5	3	6	2
Dinophyta	3	1	0	0	3	1
Euglenophyta	9	4	4	2	10	4
Chlorophyta	91	38	59	34	102	39
Итого	242	100	174	100	260	100

Альгоценоз района исследований экологически разнообразен, представлен широко распространенными планктонными видами речного происхождения. Основную роль в фитопланктоне играли диатомовые, зеленые и синезеленые водоросли (90 % общего состава). Доля золотистых, желтозеленых, динофитовых, криптофитовых и эвгленовых не превышала 10 %. В период строительства терминала отмечено 242 таксона, из них в поверхностном горизонте – 190, среднем – 159, придонном – 169. В период эксплуатации в поверхностном слое обнаружено 174 таксона. Флористическое сходство между периодами составляет 74 %. Все выявленные виды широко распространены в эстуарной зоне реки Оби.

Основной структурообразующей группой в период исследования являлись диатомовые водоросли за счет крупноклеточных видов рода *Aulacoseira*, с вегетацией в определенные периоды синезеленой водоросли *Aphanizomenon flos-aquae* et var., на мелководье встречались виды родов *Anabaena*, *Oscillatoria*. Постоянно в планктоне присутствовали зеленые водоросли порядка Chlorococcales. Полученные качественные характеристики фитоценоза Обской губы в районе Арктического терминала вполне согласуются с более ранними исследованиями (Киселев, 1970; Солоневская, 1972; Семенова, 1995; Семенова, Алексюк, 1989).

Таким образом, негативное воздействие Арктического терминала на качественные показатели развития фитопланктона акватории Обской губы выявить не удалось. Снижение видового разнообразия на 28 % связано с сокращением сетки станций и горизонтов отбора проб. В поверхностном го-

ризонте в период строительства и эксплуатации не выявлено снижения видового разнообразия (190 и 174 таксона соответственно), не отмечено выпадения из состава фитопланктона ранее распространенных видов, остаются неизменными структура и распределение доминирующих видов.

Количественные характеристики фитопланктона Обской губы в районе Арктического терминала представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Численность (N) и биомасса (B) фитопланктона Обской губы
в районе Арктического терминала**

Годы	Месяц	Горизонт	N, тыс. кл./л		B, мг/л	
			диапазон	среднее	диапазон	среднее
<i>Мелководная зона</i>						
2013-2015	IV	Пов.	2-23	13	0,002-0,01	0,01
	VII	То же	4911-29362	14485	6,82-52,96	22,55
	VIII	«»	2149-4599	3310	0,33-2,34	1,56
	IX	«»	10304-46617	19129	2,09-18,38	9,61
	XII	Пов.	48-210	154	0,01-0,27	0,15
2016-2020	VIII	То же	17855-19365	18610	2,33-3,17	2,75
	IX	Пов.	1916-3474	2644	0,78-3,21	1,84
<i>Глубоководная зона</i>						
1995-2009	IV	Пов.	3-21	11	0,001-0,02	0,01
	VII	То же	10420-19759	12490	7,12-17,13	10,50
	VIII	Пов.	2452-2583	2517	0,38-0,47	0,43
	IX	То же	1943-30087	11500	1,56-4,35	3,00
	X	«»	2147-15183	8665	1,05-1,27	1,16
2013-2015	IV	Пов.	1-45	14	0,001-0,03	0,01
		Прид.	1-30	14	0,001-0,02	0,01
	VII	Пов.	2192-15760	7152	1,74-15,56	4,52
		Сред.	3325-15602	8446	2,41-10,80	5,80
		Прид.	4018-21099	10326	3,36-16,27	8,49
	VIII	Пов.	1572-10824	4874	0,71-5,64	2,35
		Сред.	1728-8489	4527	0,88-5,48	3,01
		Прид.	1728-9086	4332	1,11-7,11	3,01
	IX	Пов.	1241-18908	5020	0,72-9,72	3,57
		Сред.	2532-9209	4706	1,53-6,29	4,12
		Прид.	2047-9427	3956	1,02-11,81	3,78
	XII	Пов.	87-455	222	0,03-0,20	0,09
Сред.		118-431	287	0,06-0,18	0,11	
Прид.		82-381	226	0,06-0,21	0,11	
2016-2020	VIII	Пов.	3866-32548	13994	1,29-4,82	2,84
	IX	То же	2071-15713	5111	0,68-9,97	2,24

Уровень и динамика развития фитопланктона зависят от особенностей гидрохимического и гидрологического режима в каждом конкретном году,

а также от сроков ледохода и скорости прогрева воды. До начала строительства терминала фитопланктон характеризовался высокими количественными показателями развития (численность до 30087 тыс. кл./л, биомасса до 17,13 мг/л). В сезонной динамике альгоценоза Обской губы в районе исследований прослеживаются два подъема численности и биомассы: весенний и летне-осенний при интенсивном развитии диатомовых (17-99 % численности и 62-100 % биомассы) и синезеленых (15-89 % численности и до 31 % биомассы) водорослей. Зеленые водоросли наибольшего разнообразия и развития (до 24 % численности) достигали летом. Доминировали виды родов *Aulacoseira*, *Aphanizomenon*. В толще воды постоянно присутствовали зеленые водоросли порядка *Chlorococcales*. Зимний период (апрель) характеризовался бедным (в основном диатомовым) планктоном (численность до 21 тыс. кл./л, биомасса до 0,02 мг/л).

В период строительства терминала количественные показатели развития фитопланктона колебались в широком диапазоне. В поверхностном горизонте максимальная численность достигла 18908 тыс. кл./л, биомасса – 15,56 мг/л, в среднем – 15602 тыс. кл./л и 10,80 мг/л, в придонном – 21099 тыс. кл./л и 16,27 мг/л соответственно. В развитии фитоценоза, как и в прошлые годы, наблюдались два подъема численности и биомассы: весенний и менее выраженный осенний. Весной планктон был диатомовый (43-100 % численности и 90-100 % биомассы) с вегетацией на отдельных станциях синезеленых (до 37-52 % численности). Осенью интенсивно развивались синезеленые (до 43-89 % численности и до 61 % биомассы) и диатомовые (5-99 % численности и 21-100 % биомассы) водоросли. Зеленые водоросли максимального развития (до 28-39 % численности и 34 % биомассы) и разнообразия достигали летом. Доминировали виды родов *Aulacoseira*, *Aphanizomenon*. Состав и структура доминирующих комплексов совпадали по горизонтам. В подледный период происходило постепенное понижение количественных показателей от декабря к апрелю (численность до 30 тыс. кл./л, биомасса до 0,02 мг/л). Уровень развития водорослей находился в пределах многолетних данных. Доминировали диатомовые (30-98 % численности и 60-100 % биомассы) и зеленые (до 15-67 % численности) водоросли за счет видов рода *Aulacoseira*, *Binuclearia lauterbornii*, представителей зеленых порядка *Chlorococcales*.

В период эксплуатации количественные показатели варьировали в широком диапазоне. В поверхностном горизонте максимальная численность достигла 32548 тыс. кл./л, биомасса – 9,97 мг/л. Альгоценоз в летне-осенний период характеризовался вегетацией синезеленых водорослей (до 89 % численности и 59 % биомассы). Диатомеи на отдельных станциях играли подчиненную роль (9-86 % численности и 41-98 % биомассы) с максимальным развитием осенью. Зеленые водоросли наибольшего развития (до

33 % численности и 21 % биомассы) и разнообразия достигали в сентябре. Состав и структура доминирующего комплекса не изменились (виды родов *Aulacoseira*, *Aphanizomenon*). Зимний период (март), как и в прошлые годы, характеризовался бедным фитопланктоном (в среднем численность 47 тыс. кл./л, биомасса 0,01 мг/л). Доминировали диатомовые (35 % численности и 81 % биомассы) и зеленые (65 % численности и 16 % биомассы) водоросли за счет видов рода *Aulacoseira* и представителей порядка *Chlorococcales* (Семенова, Гаевский, 2018).

На мелководных станциях количественные показатели во время строительства терминала достигали максимальных значений для Обской губы (численность 46617 тыс. кл./л и биомасса 52,96 мг/л). В планктоне интенсивно развивались синезеленые (до 69-98 % численности и 23-96 % биомассы) и диатомовые (18-97 % численности и 49-100 % биомассы) водоросли. В сезонной динамике фитопланктона отмечено два подъема численности и биомассы: весной и осенью. Доминировали виды родов *Aulacoseira*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Oscillatoria*. В подледный период, как и в прошлые годы, вегетировали диатомовые (81-100 % численности и 97-100 % биомассы) с присутствием зеленых (до 19 % численности) водорослей. Наименьшие количественные показатели наблюдались в апреле (в среднем численность 13 тыс. кл./л, биомасса 0,01 мг/л). Летом после ввода в эксплуатацию терминала в планктоне интенсивно развивались синезеленые (до 87 % численности и 42-52 % биомассы) на фоне диатомовых (12-15 % численности и 42-52 % биомассы) водорослей, которые наибольшего развития достигли осенью (13-86 % численности и 92-97 % биомассы). Максимальные количественные показатели составили: численность – 19365 тыс. кл./л, биомасса – 3,21 мг/л. В планктоне постоянно присутствовали зеленые водоросли порядка *Chlorococcales*. Состав доминирующего комплекса сохранился.

Таким образом, на мелководных станциях в период строительства и эксплуатации терминала структура, состав и соотношение основных групп фитопланктона мало отличались. Разница в количественных показателях развития фитопланктона обусловлена естественными процессами сезонной сукцессии фитопланктона.

В целом наблюдаемые уровни развития фитопланктона, соотношение отдельных таксономических групп в численности и биомассе в районе исследования сравнимы с результатами многолетних наблюдений и соответствуют сезонному состоянию фитопланктона. Строительство и работа Арктического терминала по круглогодичной отгрузке нефти «Ворота Арктики» не оказали отрицательного воздействия на растительный планктон Обской губы. В фитопланктоне отмечены виды, характерные для устьевой области

реки Оби, остаются неизменными структура и распределение доминирующих видов. Массового развития достигали виды и таксономические группы, которые обычно развиваются в период открытой воды на акватории Обской губы.

Период исследований (5 лет) недостаточно длительный, чтобы говорить об ухудшении качества среды обитания альгофлоры в районе Арктического терминала. Экосистема Обской губы пока выдерживает рассматриваемую локальную антропогенную нагрузку, но необходимы систематические наблюдения за состоянием водной биоты Обской губы.

Список использованной литературы

Киселев, И.А. О флоре водорослей Обской губы с приложением некоторых данных о водорослях Нижней Оби и Иртыша / И.А. Киселев // Водоросли и грибы Западной Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отд. АН СССР, 1970. – Ч. 1(3). – С. 41-54.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – 240 с.

Семенова, Л.А. Фитопланктон Обской устьевой области и оценка его возможных изменений при изъятии части речного стока / Л.А. Семенова // Гидробионты обского бассейна в условиях антропогенного воздействия. – Л.: Изд-во ГосНИИОРХ, 1995. – С. 113-119.

Семенова, Л.А. Изученность альгофлоры Обского Севера / Л.А. Семенова, В.А. Алексюк // Гидробиологическая характеристика водоемов Урала. – Свердловск: Изд-во Уральск. отд. АН СССР, 1989. – С. 23-38.

Семенова, Л.А. Фитопланктон Обской губы в подледный период / Л.А. Семенова, Н.А. Гаевский // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: материалы докл. IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием. – СПб.: «Реноме», 2018. – С. 397-402.

Солоневская, А.В. Продуктивность фитопланктона южной части Обской губы и низовий Оби / А.В. Солоневская // Водоросли и грибы Западной Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отд. АН СССР, 1972. – С. 131-137.

КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АТЛАНТИЧЕСКИХ И СУБАРКТИЧЕСКИХ ВОД В НОРВЕЖСКОМ МОРЕ В XXI ВЕКЕ

Е.В. Сентябов

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

Начало XXI века в Северном полушарии в целом и Северо-Европейском бассейне в частности характеризуется значительным потеплением водных и воздушных масс, называемым в широких кругах «глобальным потеплением». Однако на общем повышенном фоне теплосодержания этих масс выделяются короткопериодные колебания повышения и понижения температуры. Большинство исследователей, описывая «глобальное потепление» в Северной Атлантике, обращает внимание на адвекцию и температуру атлантических вод. Но на акватории Норвежского моря, являющегося районом обитания таких массовых промысловых рыб, как сельдь, скумбрия и путассу, помимо атлантических вод, переносимых Норвежским течением, большое влияние на распределение этих объектов оказывают воды субарктического происхождения, приносимые Восточно-Исландским течением (ВИТ), а также положение фронтальных зон между ними, влияющих на пути миграций пелагических рыб.

Цель настоящей работы – исследование изменения распределения водных масс различного происхождения на акватории Норвежского моря в течение последнего более чем 20-летнего периода.

В работе использованы океанографические данные международных съемок пелагических рыб Норвежского моря, проводимых в рамках международных экосистемных съемок северных морей (International Ecosystem Surveys in Nordic Seas (IESNS)), выполняемых в мае 2000-2021 гг., в которых автор принимал участие с 2007 по 2019 г. (Сентябов, 2018). Все данные каждой съемки с помощью пакета Surfer были приведены в узлы регулярной сетки с шагом 1° по долготе и $0,5^\circ$ по широте и картированы.

Для анализа межгодовых изменений границ распространения водных масс и положения фронтальных зон между ними использованы географические координаты положения изотерм, которые в первом приближении могут определять эти границы. Проанализированы положения изотерм на трех стандартных горизонтах: 50, 100 и 200 м, поскольку именно в верхнем 200-метровом слое расположены «ядра»

вышеуказанных водных масс и происходит наиболее активное взаимодействие между этими водами (Сентябов, 2010). Поверхностный горизонт был нами исключен из-за большой неопределенности определения температуры в поверхностном слое, связанной как с интенсивными процессами теплообмена с атмосферой, так и с особенностями проведения измерений различными мореведческими учреждениями, начинающими отсчет с более глубоких горизонтов, достигающих порой 10 м.

Для характеристики распространения атлантических вод Норвежского течения выбраны крайнее северное положение изотермы 7°C и долгота ее пересечения с 66° с.ш. в восточной части моря. Для описания распространения субарктических вод ВИТ на западе моря были приняты крайние южное и восточное положения изотермы 4°C на горизонтах 50 и 100 м и 3°C на горизонте 200 м. Долгота положения изотермы 6°C на горизонтах 50 и 100 м и 5°C на горизонте 200 м, которые, по литературным источникам (Шевченко, 2000; Shevchenko, Isaev, 1983), в первом приближении определяют положение фронтальной зоны между атлантическими и субарктическими водами в центральной части моря, выбиралась на широтах $65, 66$ и 67° с.ш. В качестве сравнительного материала были привлечены данные по температуре за тот же период съемок из областей или «боксов» (рис. 1), по тепловому состоянию вод в которых можно судить о межгодовых изменениях в атлантических и субарктических водных массах.

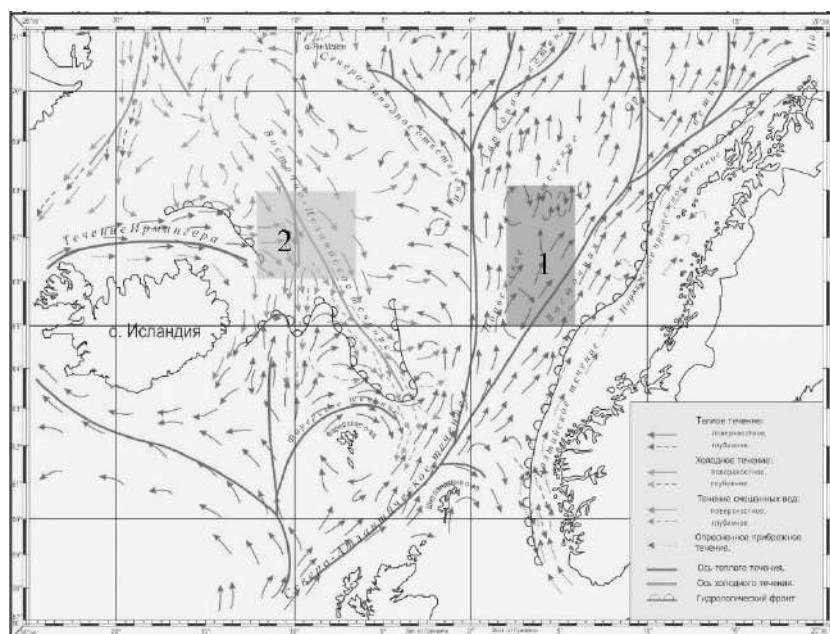


Рис. 1. Схема поверхностных течений Норвежского моря (по Алексеев, Истошин, 1956), положение «боксов», температура в которых описывает изменение теплового состояния атлантических вод Норвежского течения (прямоугольник, 1) и субарктических вод Восточно-Исландского течения (прямоугольник, 2)

Для атлантических вод была выбрана трапеция, ограниченная 2 и 6° в.д. и 65-68° с.ш. – близкая по положению к участкам, описывающим Восточную ветвь Норвежского течения (Алексеев, Истошин, 1960; Таблицы средних значений..., 1997), а также находящаяся в пределах «ядра» атлантических вод Норвежского течения на основе методов описательной статистики и кластерного анализа (Сентябов, 2010), для вод Восточно-Исландского течения – трапеция, ограниченная 7 и 12° з.д. и 66-68° с.ш., в которой, согласно среднеголетним данным (Сентябов, 2010; Malmberg, Valdimarsson, 2003), располагается «ядро» этого течения.

В результате проведенных исследований показано, что северная граница распространения атлантических вод с температурой выше 7° С на востоке моря в среднем проходит почти по 70° с.ш. в верхнем 100-метровом слое и примерно по 68° с.ш. на горизонте 200 м. Размах межгодовых колебаний северной границы этой изотермы составляет около 550 км. Среднеголетняя западная граница вод с температурой выше 7 °С с глубиной смещается на восток от 1°30' в.д. на горизонте 50 м до 4°30' в.д. на горизонте 200 м. Интересно, что межгодовой размах изменений положения границы на горизонтах 50 и 200 м близок и составляет около 220 км, а на горизонте 100 м сужается до 150 км.

Для распространения атлантических вод на север в верхнем 100-метровом слое (по положению изотермы 7 °С, рис. 2) наиболее благоприятными годами были 2002-2007 и 2014-2016 гг. В эти же годы отмечалось расширение площади распространения атлантических вод в западном направлении. Глубже, первый период сместился на более поздние годы (2005-2009 гг.), второй период остался таким же. Периоды наименьшего распространения вод на север на горизонтах 50 и 100 м приходились на начало 2000-х годов, 2010-2013 и 2017-2021 гг., на горизонте 200 м – на 2000-2004, 2010-2015 и 2018-2021 гг. В основном в эти же годы на соответствующих горизонтах происходило и сокращение площади атлантических вод в западном направлении.

Южная граница распространения вод ВИТ в среднем проходит по 63-64° с.ш., изменяясь от года к году в пределах 180 км на горизонте 50 м и 250 км на горизонте 200 м. Восточная граница распространения этих вод обычно отмечается на 3°20' з.д. в верхнем 50-метровом слое и на 1°30-2°00' з.д. в слое 100-200 м. Межгодовые изменения восточной границы этих вод составляют от 190 км в верхнем 100-метровом слое до 380 км на глубине 200 м.

Фронтальная зона между атлантическими и субарктическими водами, которая в южной и центральной частях Норвежского моря проходит в меридиональном направлении (Структура и изменчивость..., 1989), наиболее обострена на участке 65-67° с.ш. Изотермы, характеризующие

положение этой фронтальной зоны, в среднем проходят в верхнем 50-метровом слое вдоль $0^{\circ}30'$ з.д., на глубине 100-200 м – вдоль $0^{\circ}50'$ в.д. с межгодовым размахом 130-170 км.

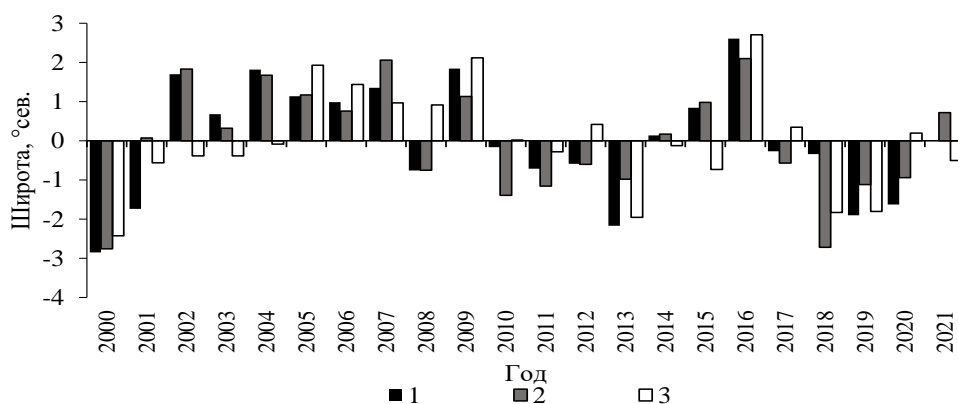


Рис. 2. Межгодовые изменения аномалий максимальной широты положения изотермы 7°C , характеризующей распространение атлантических вод, в мае 2000-2021 гг. на горизонтах 50 (1), 100 (2) и 200 (3) м

Анализируя временной ход аномалий положения южной и восточной границ распространения холодных вод (рис. 3), можно отметить, что наиболее широко эти воды распространялись («холодный период») в верхнем 50-метровом слое в 2000-2002 и в 2006-2013 гг. На горизонте 200 м при одинаковом первом периоде второй был несколько смещен на более ранние годы: 2004-2012 гг., а на горизонте 100 м «холодные» периоды весьма коротки и приходятся на 2000-2002, 2004-2007 и 2011-2015 гг. Период меньшего, чем обычно, распространения холодных вод («теплый период») приходился на горизонте 50 м на 2003-2005 и 2016-2020 гг., на горизонтах 100 и 200 м только на 2016-2020 гг., поскольку в более ранние годы уменьшение акватории распространения восточно-исландских вод происходило лишь в отдельные годы, которые невозможно объединить в периоды.

Более западное или более восточное относительно среднееголетнего положение фронтальной зоны в центральной части моря в целом соответствовало более широкому или узкому распространению вод ВИТ. Это же подтверждают и высокие коэффициенты корреляции между этими параметрами. Так, между изменениями южной и восточной границ распространения восточно-исландских вод на западе моря на горизонте 50 м существует тесная обратная связь с величиной коэффициента корреляции 0,80. Вполне закономерно, что при распространении холодных вод на юг происходит и их расширение в восточном направлении, однако на горизонтах 100 и 200 м отрицательный коэффициент корреляции между этими характеристиками уменьшается до 0,54-0,62. Также в верхнем 100-метровом слое прослеживается тесная

зависимость южной и восточной границ распространения холодных вод с положением фронтальной зоны на южном участке по 65° с.ш. ($r = 0,65-0,85$), чего не скажешь о более северных участках, через которые эта фронтальная зона проходит. На горизонте 200 м статистически значимая связь выявлена только между восточными границами распространения восточно-исландских вод и положением изотермы 5 °С на 65° с.ш.

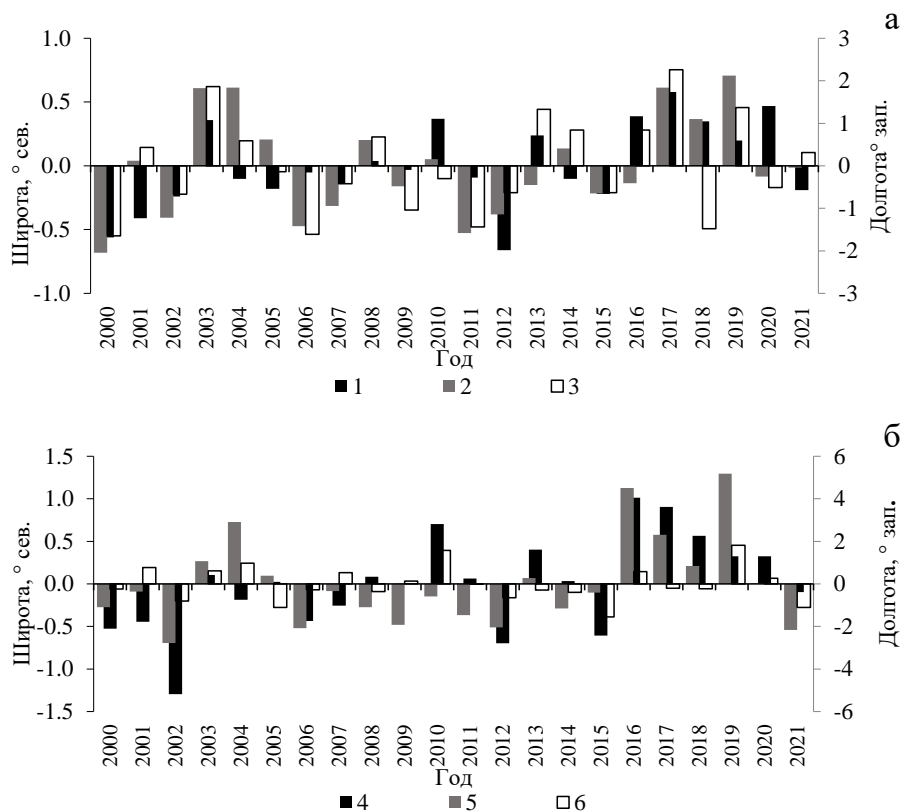


Рис. 3. Межгодовые изменения аномалий минимальной широты положения изотермы 4 °С (1) и долготы положения изотерм 4 (2) и 6 (3) °С на горизонте 50 м (а), минимальной широты положения изотермы 3° (4) и долготы положения изотерм 3 (5) и 5 (6) °С на горизонте 200 м (б)

Никакой статистически значимой связи изменений распространения холодных вод на западе моря и положения фронтальных зон с положением изотерм, характеризующих распространение атлантических вод на востоке моря не обнаружено. Также не выявлено никакой статистически значимой связи вышеописанных параметров с изменениями температуры воды на всех используемых в работе горизонтах в «боксе», характеризующем атлантические воды, кроме широты распространения этих атлантических вод на востоке моря. Для положения изотермы 7 °С на горизонте 50 м эта связь наиболее тесная ($r = 0,60-0,77$), на горизонте 200 м коэффициент корреляции уменьшается до 0,49-0,59.

Следовательно, основной вклад в изменения положения фронтальных зон между атлантическими и субарктическими водами в южной и центральной частях Норвежского моря, влияющих на изменение путей миграций пелагических рыб, вносят изменения границ распространения холодных вод, связанные с теплосодержанием и, возможно, интенсивностью переноса этих вод. Это подтверждается также тесной статистической связью между температурой воды в «холодном боксе» в верхнем 200-метровом слое с изменениями как границ южного и восточного распространения восточно-исландских вод на западе моря, так и с колебаниями долготы положения фронтальной зоны на 65° с.ш. Коэффициенты корреляции для соответствующих горизонтов при этом составляют около 0,54-0,66.

Список использованной литературы

Алексеев, А.П. Схема постоянных течений Норвежского и Гренландского морей / А.П. Алексеев, Б.В. Истошин // Труды ПИНРО. – 1956. – Вып. 9. – С. 62-68.

Алексеев, А.П. Некоторые результаты океанографических исследований в Норвежском и Гренландском морях / А.П. Алексеев, Б.В. Истошин // Советские рыбохозяйственные исследования в морях Европейского Севера. – М: Рыбное хозяйство, 1960. – С. 23-37.

Сентябов, Е.В. Закономерности пространственного распределения термохалинных характеристик на стандартных разрезах в южной части Норвежского моря / Е.В. Сентябов // Вопросы промысловой океанологии. – М.: Изд-во ВНИРО, 2010. – Вып. 7, № 1. – С. 189-205.

Сентябов, Е.В. Опыт использования температурно-акустических разрезов в международных экосистемных съемках для анализа распределения пелагических рыб Норвежского моря / Е.В. Сентябов // Труды ВНИРО. – 2018. – Т. 174. – С. 105-111.

Структура и изменчивость крупномасштабных океанологических процессов и полей в Норвежской энергоактивной зоне / Г.В. Алексеев, А.А. Кораблев, П.Н. Священников [и др.]; Под ред. Ю.В. Николаева, Г.В. Алексеева; Аркт. и Антаркт. НИИ. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 127 с.

Таблицы средних значений температуры, солености и их нормы на стандартных разрезах Норвежского и Гренландского морей (1983-1995 гг.)/ ПИНРО; сост. Е. В. Сентябов. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1997. – 147 с.

Шевченко, А.В. Океанологические условия формирования промысловой продуктивности в морях Северо-Европейского бассейна / А.В. Шевченко. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2000. – 100 с.

Malmberg, S.-A. Hydrographic conditions in Icelandic waters, 1990-1999 / S.-A. Malmberg, H. Valdimarsson // ICES Mar. Sci. Symp. – 2003. – Vol. 219. – P. 50-60.

Shevchenko A.V. Year-to-year variations of blue whiting distribution in the Norwegian Sea in spring – summer 1978-1982 due to hydrographic conditions/ A.V. Shevchenko, N.A. Isaev // ICES CM / 1983/H: 26. – 1983. – 18 p.

КАРБОНАТНЫЙ НАСОС В БАРЕНЦЕВОМ И ЧЕРНОМ МОРЯХ

*В.А. Силкин, Л.А. Паутова, М.Д. Кравчишина, Д.И. Глуховец,
А.А. Ключиткин, А.Л. Чульцова, В.И. Артемьев
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва*

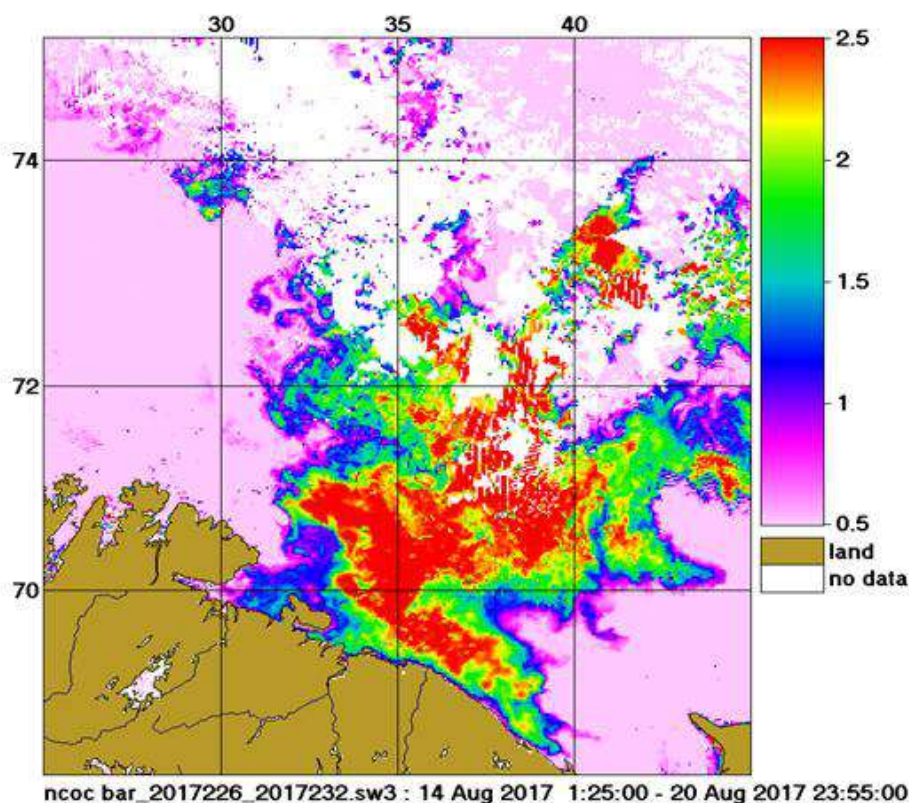
Перенос атмосферного неорганического углерода на дно океана осуществляется за счет совокупности физических и биологических процессов, которые называют «углеродным насосом» (Sarmiento, Gruber, 2006). В его основе лежат два механизма. Первый базируется на физико-химическом процессе растворения атмосферного углекислого газа в морской воде; второй является биологическим по природе и оперируется фотосинтезом, в результате которого растворенный неорганический углерод переходит в органическое вещество. Это составляет основу органической углеродной помпы. Существует и другой путь фиксации растворенного углерода – карбонатный, в результате которого образуется CaCO_3 . В океане процесс в основном осуществляется кокколитофоридами, формирующими оболочку клетки из кальцитных чешуек – кокколит. Как клетки, так и кокколиты достаточно быстро переносятся на дно океана.

Кокколитофориды производят половину CaCO_3 в океане. Наиболее массовым видом кокколитофорид, образующим цветение, является *Emiliana huxleyi*. Цветение этого вида захватывает большие площади; так, в Северной Атлантике поля цветения составляли до четверти миллиона квадратных километров с численностью, достигающей до 10×10^6 кл/л, а в Норвежских водах – может быть в 10 раз выше (Paasche, 2002). Из числа арктических морей Баренцево море – один из самых устойчивых районов образования больших полей цветения кокколитофоридов, вносящих вклад в производство органического вещества и перенос атмосферного углерода на дно (Satellite observations of..., 2011; A survey of..., 2016; Interannual variability of..., 2020). Это самое северное место, где карбонатный насос функционирует с высокой интенсивностью; механизмы, регулирующие эту работу, до сих пор не выяснены. В связи с этим основной задачей данного исследования является выявление механизмов, регулирующих процессы карбонатного насоса в Баренцевом море.

Полевые данные получены на НИС «Профессор Штокман» и «Академик Мстислав Келдыш» в июле-августе 2014-2020 гг. Методы взятия проб воды были стандартными (Interannual variability of..., 2020). Определение видов основывалось на морфологии методами, описанными у Кармело Томаса (Tomas, 1997), Й. Торндсена, Г.Р. Хасле и К. Танген (Thronsen, Hasle, Tangen, 2003). Анализ фосфатов, нитратов, нитритов,

аммония и кремния проводился известными методами (Grasshoff, Kremling, Ehrhard, 1999).

Представление о распространенности кокколитофорид в Баренцевом море можно составить только с помощью дистанционных методов. Однако сильная облачность значительно осложняет эту процедуру. Полученные в августе 2017 г. снимки дали возможность создать картину распределения кокколитофорид в юго-западной части Баренцева моря (см. рисунок), из которой следует, что цветение достигает в самой северной части 75° N, а в восточной части заходит за 45° E. Такие большие поля цветения позволяют заключить, что юго-западная часть моря является пространством, где функционирует карбонатная помпа. Численность кокколитофорид сочтена по региональному алгоритму, описанному у О.В. Копелевича (Penetration of Visible..., 2017).



Для максимальной численности кокколитофорид характерна существенная межгодовая изменчивость – от $2,1 \times 10^6$ кл/л в 2018 г. до 12×10^6 кл/л в 2016 г. Соленость на поверхности воды изменяется в пределах 33,9-35,02. Эти значения солености позволяют отнести воды, где

развивается цветение, к баренцевоморским, которые по своей природе являются модифицированным атлантическими (Role for Atlantic..., 2017).

Цветение кокколитофорид развивается в летний период, при самой продолжительной в годовой цикле и максимальной инсоляции. В это время скорость ветра обычно минимальна, что вместе с повышенным тепловым потоком создает условия формирования остроградиентного термоклина, чья глубина центра изменяется от 10 до 27 м. К нижней границе термоклина температура резко падает до 4 °С. Цветение кокколитофорид развивается только в верхнем перемешанном слое; глубина залегания максимальной численности при этом изменяется от 0 до 23 м.

Во время цветения кокколитофорид концентрация кремния отмечена крайне низкой (0,40-0,52 мкМ), равно как и азота – от 0,37 до 1,0 мкМ. Отношение азота к фосфору было стабильно ниже соотношения Редфилда.

Корреляционный анализ показывает численность *Emiliana huxleyi* во время цветения повышающейся – и это при снижении концентрации азота (коэффициент корреляции $-0,60$, $p = 0,0015$) и отношения азота к фосфору (коэффициент корреляции $-0,48$, $p = 0,015$). Увеличение концентрации фосфора способствует росту численности кокколитофорид (коэффициент корреляции $0,59$, $p = 0,002$).

В верхнем перемешанном слое создаются уникальные оптические условия за счет способности клеток и кокколит существенно увеличивать коэффициент обратного рассеяния (Penetration of Visible..., 2017). Это повышает коэффициент диффузного поглощения света и, как следствие, снижает в 3-7 раз среднюю облученность перемешанного слоя воды, одновременно с тем создавая вокруг клетки равномерное освещение. Эффект позволяет клеткам избежать фотоповреждения пигментного аппарата и существенно уменьшить затраты на его репарацию.

Таким образом, в Баренцевом море в летний период ежегодно развиваются интенсивные цветения кокколитофориды *Emiliana huxleyi*, которая ответственна за функционирование карбонатной помпы. Цветение происходит в баренцевоморской водной массе, где максимально влияние атлантических вод. Необходимым условием развития цветения является наличие остроградиентного термоклина, над которым создаются уникальные оптические и гидрохимические условия.

Цветения этого вида в Черном море происходят ежегодно в конце мая и начале июня, что подтверждается многолетними данными (Drivers of phytoplankton..., 2019). Для явления характерно наличие термоклина. Спад концентрации азота и снижение отношения азота к фосфору способствовали повышению численности кокколитофорид. Увеличение концентрации фосфора заставляло данный показатель расти – различие состояло лишь в температуре воды, которая в Черном море была на 10 °С выше. Это

позволяет утверждать, что в развитии и интенсивности цветения ведущую роль играют концентрации азота и фосфора, а также их соотношение; это основные драйверы численности кокколитофорид. Сравнивая феномен цветения кокколитофориды *Emiliana huxleyi* в Черном и Баренцевом морях, следует отметить подобие условий формирования и единообразие механизмов регуляции цветения.

Исследования выполнены в рамках государственного задания по теме № FMWE-2021-0013; анализ проб фитопланктона и гидролого-гидрохимических данных – при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 19-05-50090). Экспедиционные исследования проводились при поддержке госбюджета (финансирование морских экспедиций) и Российского научного фонда (проект № 20-17-00157). Сравнительный анализ механизмов цветения в Баренцевом и Черном морях обеспечен средствами Российского научного фонда (проект № 22-17-00066).

Список использованной литературы

A survey of the summer coccolithophore community in the western Barents Sea / J. Girardeau, V. Hulot, V. Hanquiez [et al.] // Journal of Marine Systems. – 2016. – Vol. 158. – P. 93-105.

Drivers of phytoplankton blooms in the northeastern Black Sea / V.A. Silkin, L.A. Pautova, M. Giordano [et al.] // Marine Pollution Bulletin. – 2019. – Vol. 138. – P. 274-284.

Grasshoff, K. Methods of seawater analysis / K. Grasshoff, K. Kremling, M. Ehrhard. – New York, Chichester, Brisbane, Singapore, Toronto : Wiley-VCH, Weinheim, 1999. – 420 p.

Interannual variability of *Emiliana huxleyi* blooms in the Barents Sea: In situ data 2014-2018 / V.A. Silkin, L.A. Pautova, M. Giordano [et al.] // Marine Pollution Bulletin. – 2020. – Vol. 158.

Paasche, E. A review of the coccolithophorid *Emiliana huxleyi* (Prymnesiophyceae), with particular reference to growth, coccolith formation, and calcification-photosynthesis interactions / E.A. Paasche // Phycologia. – 2002. – Vol. 40. – P. 503-529.

Penetration of Visible Solar Radiation in the waters of the Barents Sea Depending on Cloudiness and Coccolithophore Blooms / O.V. Kopelevich, S.V. Vazyulya, A.V. Grigoriev [et al.] // Oceanology. – 2017. – Vol. 57. – P. 402-409.

Role for Atlantic inflows and sea ice loss on shifting phytoplankton blooms in the Barents Sea / L. Oziel, G. Neukermans, M. Ardyna [et al.] // J. Geophys. Res. Oceans. – 2017. – Vol.122.

Sarmiento, J. *Ocean Biogeochemical Dynamics* / J. Sarmiento, N. Gruber. – Princeton : University Press of Princeton, 2006. – 526 p.

Satellite observations of the coccolithophorid bloom in the Barents Sea / V. I. Burenkov, O.V. Kopelevich, T.N. Ratkova [et al.] // *Oceanology*. – 2011. – Vol. 51 (5). – P. 766-774.

Throndsen, J., Hasle, G. R., Tangen, K. *Norsk kystplanktonflora* / J. Throndsen, G.R. Halse, K. Tangen. – Oslo : Almater forlag, 2003. – 341 pp.

Tomas, C. R. *Identifying Marine Phytoplankton* / C.R. Tomas. – San Diego: Academic Press, 1997. – T. 15. – 858 p.

РОЛЬ КОМПЕНСАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ПОВЫШЕНИИ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

*Е.Э. Сони́на, Е.А. Зо́това, С.Н. Мака́ров, А.С. Пудо́вкина, Л.В. Гузее́ва
Саратовский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СаратовНИРО»), г. Саратов*

В зону ответственности Саратовского филиала ФГБНУ «ВНИРО» входят водные объекты Нижнего Поволжья – Саратовское водохранилище, находящееся в границах Самарской, Ульяновской и Саратовской областей, Волгоградское водохранилище в границах Саратовской и Волгоградской областей, а также их притоки – реки Сок, Самара, Чапаевка, Большой Иргиз, Малый Иргиз, Терешка, Еруслан и т.д. Крупные водохранилища относятся к водным объектам комплексного использования в целях гидроэнергетики, судоходства, сельского хозяйства и промышленности, водоснабжения, водоотведения, добычи нерудных строительных материалов, рекреации и рыболовства. На их берегах проживают более 3 млн человек. В связи с ростом городов, вовлечением в эксплуатацию минерально-сырьевых ресурсов, водные объекты испытывают значительную антропогенную нагрузку. Это отражается на качестве воды, составе донных отложений, среде обитания водных биологических ресурсов (далее – ВБР); приводит к общему снижению рыбопродуктивности.

Согласно действующему природоохранному законодательству РФ («Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. №7-ФЗ, «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» от 20.12.2004 г. №166-ФЗ, Постановление Правительства РФ от 29.04.2013 г. № 380 «Об утверждении Положения о мерах по сохранению водных биологических ресурсов и среды их обитания»), при осуществлении деятельности, оказывающей негативное воздействие на ВБР и ареал, следует принимать ряд мер для их сохранения, а при невозможности последнего – на восстановление нарушений состояния среды.

Перечень мер, направленных на компенсацию негативного влияния на ВБР и среду их обитания, представлен в «Методике определения последствий негативного воздействия при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства, внедрении новых технологических процессов и осуществлении иной деятельности на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания и разработки мероприятий по устранению последствий негативного воздействия на состояние водных биологических ресурсов и среды их

обитания, направленных на восстановление их нарушенного состояния», утвержденной приказом Федерального агентства по рыболовству от 6 мая 2020 г. № 238 (далее – Методика). Согласно документу, компенсационные мероприятия могут осуществляться посредством искусственного воспроизводства ВБР, рыбохозяйственной мелиорации водных объектов, акклиматизации (реакклиматизации) водных биоресурсов и вселения (акклиматизации) кормовых организмов, создания новых производственных мощностей для выполнения восстановительных мероприятий, реконструкции, капитального ремонта, расширения или технического перевооружения существующих производственных мощностей.

На водных объектах Нижнего Поволжья наиболее востребованным вариантом мероприятий, обеспечивающих восстановление нарушенного состояния водных биоресурсов, является искусственное воспроизводство.

Рекомендованные для выпуска в водные объекты Нижнего Поволжья виды ВБР, средняя навеска воспроизводимой молоди рыб и предельно допустимый объем выпуска каждого вида утверждаются на заседании биологической секции Ученого совета ФГБНУ «ВНИРО», оформляются соответствующими протоколами и вносятся в ежегодные планы проведения мероприятий по искусственному воспроизводству ВБР Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна.

Компенсационный выпуск искусственно выращенной молоди рыб рекомендован в Волгоградское (в границах Саратовской и Волгоградской областей), Саратовское (Самарская, Ульяновская и Самарская области), Кутулукское (Самарская область) и Сорочинское (Оренбургская область) водохранилища.

Виды рыб, чаще всего рекомендуемых для проведения мероприятий восстановительного характера в рассматриваемом регионе: стерлядь (подрощенная молодь навеской от 1,5 до 3 г), сом (подрощенная молодь навеской 2 г), сазан (сеголетки средней навеской 20 г), растительные виды рыб – белый и пестрый толстолобики и белый амур (сеголетки средней навеской 25 г). Прочие рекомендованные виды рыб (щука, вырезуб, амур черный) почти не используются для искусственного воспроизводства: для щуки характерен весьма высокий потенциал естественного воспроизводства, а вырезуб и черный амур не имеют маточных стад на рыбопроизводных предприятиях Саратовской и Самарской областей – для них не определены технологические показатели, используемые при расчете компенсационных мероприятий (рекомендованные навески выпускаемой молоди, масса производителей и т.д.).

Несмотря на то, что основная задача мер по сохранению водных биологических ресурсов – снижение негативного воздействия хозяйственных работ, и оценивается лишь величина ущерба, которого нельзя избежать

применением предупредительных мер и природоохранных технологий, компенсационные мероприятия играют значительную роль в повышении рыбопродуктивности водных объектов региона.

Основные источники негативного воздействия на ВБР и среду их обитания на Волгоградском и Саратовском водохранилищах – русловая добыча, перегруз песка, забор воды на нужды производств и сельского хозяйства, транспортировка углеводородного сырья. Среди 88 проектов планируемой хозяйственной деятельности, для которых сотрудники Саратовского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («СаратовНИРО») в 2021 г. осуществили оценку воздействия на ВБР и среду их обитания с расчетом восстановительных мероприятий, в 21 проекте компенсаторные меры были рекомендованы для Волгоградского водохранилища. Суммарный ущерб от непредотвращаемого негативного воздействия составил около 192,5 т рыбной продукции. Компенсационные выпуски искусственно выращенного рыбопосадочного материала в Волгоградское водохранилище, согласно этим проектам, должны составить: стерлядь – 544 тыс. экз., около 27 % предельно допустимого объема выпуска, сазан – 123,8 тыс. экз. (0,8 %), сом – около 6,5 тыс. экз. (0,8 %), растительоядные виды рыб (суммарно) – 440 тыс. экз. (1 %).

В 43 проектах компенсационные мероприятия рекомендованы для Саратовского водохранилища. Суммарный ущерб от непредотвращаемого негативного воздействия составил более 3688 т рыбной продукции. Компенсационные выпуски искусственно выращенного рыбопосадочного материала по этим проектам должны составить: стерлядь – 1961 тыс. экз., около 98% от предельно допустимого объема выпуска, сазан – 2533 тыс. экз. (22%), растительоядные виды рыб (суммарно) – 139 тыс. экз. (1,3 %). Значительный объем компенсационного выпуска стерляди в Саратовское водохранилище связан с тем, что в списке рекомендуемых к искусственному воспроизводству приоритетных видов стерлядь занимает верхнюю строчку. На протяжении нескольких последних лет масштабы ее воспроизводства приближены к величине приемной емкости Саратовского водохранилища. По устным сообщениям рыбаков-любителей, стерлядь встречается там чаще, чем в предыдущие годы; появилась надежда на восстановление численности этого вида и возможность его выведения из региональной Красной книги. Для подтверждения успешности этих мероприятий требуются специальные исследования: в настоящее время вылов вида запрещен даже в контрольных и исследовательских целях, поэтому сведений о реальных численности и величине запасов стерляди нет.

Искусственное воспроизводство прочих видов (растительоядные виды рыб, сазан, сом) для компенсационных выпусков далеко от предельно допустимых величин, поэтому доля этих видов в уловах в настоящее время

невысока: вылов сазана в Волгоградском водохранилище – около 60 т, сома – около 30 т, общий вылов видов, на которые устанавливается ОДУ, – более 1020 т рыбы. На Саратовском водохранилище изъятие сазана составляет около 14 т, сома – около 10 т, при общем вылове видов, на которые устанавливается ОДУ, около 700 т рыбы.

Растительные виды играют важную роль в биологической мелиорации нижеволжских водохранилищ: белый толстолобик, потребляя фитопланктон, снижает «цветение» воды, вызванное массовым развитием цианобактерий, улучшает экологическое состояние водной толщи; белый амур питается высшей водной растительностью, снижая зарастаемость проток и мелководий. Кроме того, в благоприятных условиях эти рыбы способны к быстрому набору массы, созданию высокой рыбопродукции. В связи с отсутствием естественного нереста у растительных видов рыб в условиях нижеволжских водохранилищ, их численность возможно поддерживать только путем искусственного воспроизводства. Однако в рейтинговом списке видов, рекомендуемых для выпуска, практически не учитывается их важнейшая мелиоративная роль – они находятся в самом низу и рекомендуются для проведения компенсационных мероприятий в последнюю очередь.

Возможность использования компенсационных мелиоративных работ для повышения рыбопродуктивности водных объектов в настоящее время носит декларативный характер. В Методике объем восстановительных мероприятий рыбохозяйственной мелиорации определяют как соотношение потерь ВБР к показателю прироста рыбопродуктивности от проведения мероприятий по рыбохозяйственной мелиорации на единицу площади водного объекта. Расчетная формула прироста рыбопродуктивности в случае восстановления среды обитания (мест нереста и размножения, зимовки, нагула, путей миграции) ВБР посредством рыбохозяйственной мелиорации (формула 11 Методики) выглядит следующим образом:

$$N_{RM} = (B - B_1) \times S_{(0)} \times 10^{-3},$$

- где N_{RM} – прирост рыбопродуктивности в случае восстановления среды обитания (мест размножения, зимовки, нагула, путей миграции) ВБР посредством рыбохозяйственной мелиорации;
- B и B_1 – показатели рыбопродуктивности после и до начала работ по рыбохозяйственной мелиорации, г/м², кг/км², кг/га;
- $S_{(0)}$ – площадь водного объекта или его участка, где производятся работы по рыбохозяйственной мелиорации, м², км², га.

Если, согласно требованиям Методики, соотнести величину потерь ВБР (ущерб), выражающуюся в единицах массы (г, кг, т) и рассчитанную величину прироста рыбопродуктивности N_{RM} , по вышеуказанной формуле тоже выражающейся в единицах массы, результатом расчета будет некая безразмерная величина (при том, что необходимо определение площадей мест нагула, зимовки, нереста, требующих проведения рыбохозяйственной мелиорации).

Подобные расчеты требуют значительной подготовительной работы: измерения площадей участков водных объектов, подлежащих мелиорации, определение их рыбопродуктивности до и после осуществления улучшений. Только после этого полученные данные применимы для рекомендаций в качестве проведения компенсационных мероприятий. Так как проведение этих исследований не входит в государственное задание филиала, и целевое использование средств на компенсацию ущерба не предусмотрено в рамках действующего законодательства, для устранения негативного воздействия планируемых хозяйственных работ на ВБР рыбохозяйственная мелиорация в настоящее время не применяется.

Учитывая различия климатических и географических условий водных объектов, исходных данных по их рыбопродуктивности, разнообразие мелиоративных работ, дальность перемещения до участков работ и т.д., унификация методических подходов к переводу величины рассчитанного ущерба ВБР (кг) в площади участков, требующих мелиорации (га), представляется весьма сложной задачей.

При наличии длительных многолетних наблюдений на водных объектах или их участках, постепенно потерявших рыбопродуктивность с течением времени по ряду причин (зарастание водной растительностью, заиливание, снижение проточности), возможно проведение таких расчетов с использованием данных уже не «после проведения мелиорации», но «до снижения рыбопродуктивности». До введения Методики некоторые работы по оценке воздействия планируемых хозяйственных работ на ВБР и среди их обитания содержали рекомендации по проведению мелиоративных работ в качестве компенсационных мероприятий, однако сведений об их реализации нет. В настоящее время мелиоративные работы в качестве компенсационных мероприятий нами не предлагаются.

При проведении восстановительных мероприятий посредством акклиматизации необходимо соблюдать «Порядок осуществления мероприятий по акклиматизации водных биологических ресурсов», утвержденный приказом Минсельхоза России от 10 февраля 2020 г. N 53. Для проведения таких работ необходимо заключение о возможности их осуществления, подготовленное научно-исследовательской организацией, подведомственной Федеральному агентству по рыболовству,

осуществляющей государственный мониторинг ВБР. В настоящее время такого заключения нет, данный вид компенсационных мероприятий в водных объектах Нижнего Поволжья в зоне ответственности Саратовского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («СаратовНИРО») не применяется.

Порядок проведения компенсационных мероприятий путем создания новых производственных мощностей, обеспечивающих выполнение восстановительных мероприятий, реконструкции, капитального ремонта, расширения или технического перевооружения существующих производственных мощностей Методикой не определен. В Методике указано, что данный вид восстановительных мероприятий следует проводить в случае, если в рыбохозяйственном бассейне района планируемой деятельности отсутствуют необходимые производственные мощности, они изношены более чем на 60% или их недостаточно для проведения восстановительных мероприятий в полном объеме. Водные объекты Нижнего Поволжья относятся к Волжско-Каспийскому рыбохозяйственному бассейну (ст.17 Федерального закона от 20.12.2004 N 166-ФЗ (ред. от 28.06.2022) «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»), на территории Самарской, Саратовской и Волгоградской областей достаточное количество рыболовных предприятий, обладающих производственными мощностями, способными обеспечить искусственное воспроизводство ВБР в компенсационных целях в масштабах существующей антропогенной нагрузки на водные объекты рыбохозяйственного значения.

Таким образом, несмотря на разнообразие предлагаемых законодательными актами вариантов мероприятий по устранению последствий негативного воздействия планируемой хозяйственной и иной деятельности, единственным способом повышения рыбопродуктивности крупных волжских водохранилищ, Саратовского и Волгоградского, является искусственное воспроизводство ВБР.

МАКРОЗООБЕНТОС ОБСКОЙ ГУБЫ (КАРСКОЕ МОРЕ) В РАЙОНЕ АРКТИЧЕСКОГО ТЕРМИНАЛА

В.Б. Степанова

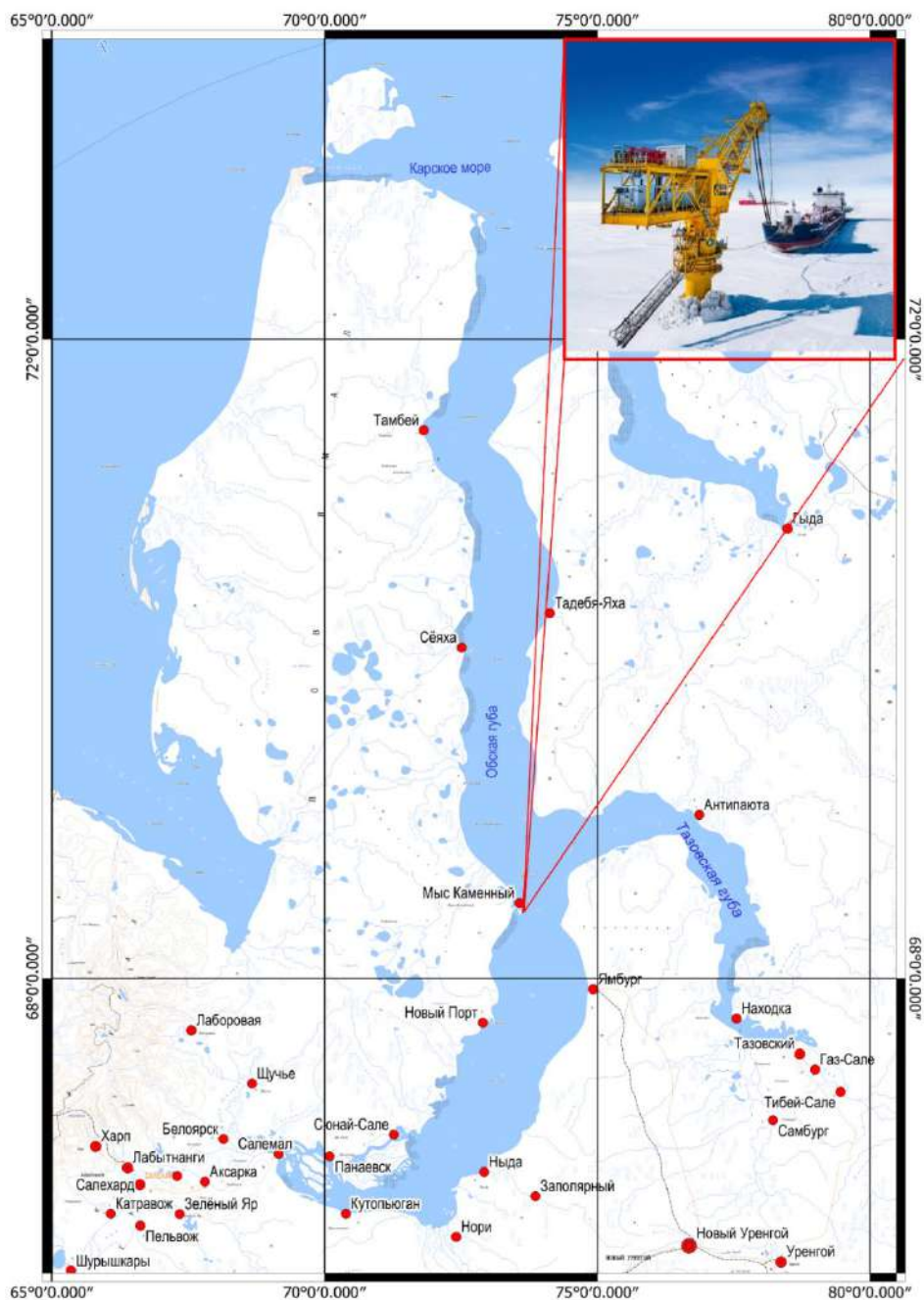
Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), г. Тюмень

Обская губа относится к числу крупнейших эстуариев мира и является водным объектом высшей рыбохозяйственной категории. Это уникальный арктический водоем протяженностью почти 800 км в меридиональном направлении и шириной от 30 до 90 км (см. рисунок). Гидрологический и гидрохимический режимы Обской губы находятся под влиянием водного, химического, теплового и детритного стоков реки Оби. Для эстуария характерно проникновение соленых холодных вод Карского моря в придонных слоях, что приводит к осолонению воды, особенно значительному в подледный период. Эстуарий реки, аккумулируя материковый сток, представляет собой опресненный и сравнительно хорошо прогреваемый водоем, что определяет его большую роль в жизненном цикле рыб. В районе исследований обитают ценные промысловые виды рыб: муксун, чир, сиг-пыжьян, пелядь, ряпушка, корюшка, нельма, налим, осетровые, в прибрежной части акватории и бухтах расположены нерестилища сиговых: ряпушки и сига-пыжьяна.

В конце 2015 г. в районе пос. Мыс Каменный был построен и введен в эксплуатацию Арктический терминал по круглогодичной отгрузке нефти «Ворота Арктики». В связи с высокой рыбохозяйственной значимостью Обской губы сотрудниками ФГУП «Госрыбцентр» (ныне Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО») проводились гидробиологические исследования, начиная с 2013 г., для оценки возможного негативного влияния стационарной круглогодичной перегрузки нефти на гидробионтов. Цель настоящей работы – оценить подобное возможное отрицательное влияние на макрозообентос.

Для изучения состояния донной фауны в период строительства терминала (2013-2015 гг.) и после ввода его в эксплуатацию (2016-2021 гг.) были взяты пробы макрозообентоса как в сезон открытой воды (июль-сентябрь), так и в подледный период (март, апрель, декабрь) в прибрежной зоне (глубина 0,9-2 м) и на участке акватории с глубинами от 4 до 15 м. На мелководных станциях грунт был представлен песком, на глубоководных – илом и заиленной глиной с примесью детрита. Пробы зообентоса отбирали дночерпателем Петерсена (0,025 м²) по две выборки на станции, организмы фиксировались 70 %-ным этиловым спиртом. Для определения беспозвоночных

использовали отечественные определители (Определитель пресноводных беспозвоночных..., 1995, 1999, 2004; Панкратова, 1970, 1977, 1983).



Карта-схема района исследований

В составе донной фауны были обнаружены круглые и малощетинковые черви, пиявки, брюхоногие (роды *Valvata*, *Cincinna*) и двустворчатые моллюски (роды *Musculium*, *Amesoda*, *Sphaerium*, *Pisidium*, *Euglesa*, *Lacustrina*), ракообразные (*Ostracoda*, *Conchostraca*, *Amphipoda*, *Mysidacea*), пресноводные клещи и личинки амфибиотических насекомых (*Chironomidae*).

Среди высших раков определены два представителя реликтовой фауны: *Monoporeia affinis* Lindström и *Mysis relicta* Loven. На глубоководных станциях отмечено 46 видов и таксонов более высокого систематического ранга, на мелководных – 21 таксон, что объясняется неустойчивым гидрологическим режимом прибрежных мелководий. Степень сходства таксономического состава зообентоса (по Серенсену) между периодом строительства терминала и периодом его эксплуатации составляет 61 % в вегетационный сезон и 76 % – в подледный период. Значительное сходство (67 %) отмечено также с видовым составом бентофауны за предшествующие годы исследований (1982-1996 гг.). В доминирующий комплекс входят олигохеты семейства Tubificidae, амфиподы *M. affinis*, *Pontoporeia filicornis* Smith, *Micruropus wohli* (Dybowski), личинки хирономид *Monodiamesa bathyphila* Kieffer, *Parocladopelma camptolabis* (Kieffer) и рода *Procladius*. Таксономический состав сохранился, видовое разнообразие не снизилось. Таким образом, строительство и эксплуатация Арктического терминала не оказали негативного воздействия на качественные показатели развития макрозообентоса обследованного участка Обской губы. Сохранность исходного видового состава или его изменение являются основным критерием оценки антропогенных изменений водной экосистемы (Шуйский, Максимова, Петров, 2004).

Количественные показатели развития макрозообентоса изменялись в широких пределах. В табл. 1 представлены минимальные и максимальные величины численности и биомассы зообентоса, а также их средние значения (по глубоководным станциям) в разные годы исследований. До начала строительства терминала (1982-1996 и 2000-2009 гг.) бентофауна характеризовалась высокими количественными показателями как в период открытой воды (численность достигала 13860 экз./м², биомасса – до 43,98 г/м²), так и в подледный (2840 экз./м² и 41,18 г/м² соответственно). Наиболее многочисленными в пробах были амфиподы (60–100 % от общей численности) и олигохеты (55-100 % от общей численности), причем ракообразные доминировали на глубине 4-7 м, малощетинковые черви – на глубоководных участках (до 17 м). На отдельных станциях по биомассе преобладали моллюски (79-95 %), реже – личинки хирономид (61-73 %).

В годы строительства (2013-2015 гг.) Арктического терминала количественные показатели развития макрозообентоса были максимальными за все годы наблюдений как в сезон открытой воды, так и в подледный период. Средние величины численности и биомассы составляли за вегетационный сезон 5134 экз./м² и 13,97 г/м², в зимний период – 6952 экз./м² и 25,60 г/м² соответственно. Состав доминирующих групп не изменился: как по численности, так и по биомассе на большинстве станций преобладали амфиподы *M. affinis* (41-99 %) и *Micruropus wohli* (40-100 %), причем последний вид доминировал на глубинах до 4 м. Многочисленными были олигохеты (38-

100 % от общей численности) и личинки хирономид (57-100 %), на некоторых станциях по биомассе преобладали моллюски (46-74 %). В подледный сезон амфиподы доминировали практически на всех станциях (94-97 %).

Таблица 1

Количественные показатели зообентоса на глубоководных станциях Обской губы в районе Арктического терминала

Годы исследований	Численность, экз./м ²		Биомасса, г/м ²	
	по станциям	средняя	по станциям	средняя
Вегетационный период				
1982-1996	40-13860	1194	0,01-35,20	3,66
2000-2009	20-5380	1055	0,06-43,98	6,22
2013-2015	20-25420	5134	0,12-64,86	13,97
2016-2020	20-6580	1028	0,04-8,71	2,12
Подледный период				
2003-2008	100-2840	768	0,12-41,18	5,24
2014-2015	320-22980	6952	1,02-76,56	25,60
2017, 2021	20-1020	460	0,01-4,74	2,47

После ввода в эксплуатацию Арктического терминала (2016-2021 гг.) отмечается снижение численности и биомассы зообентоса как в период открытой воды, так и подо льдом (см. табл. 1). Тем не менее, состав и соотношение основных групп донных беспозвоночных сохраняются: как по численности, так и по биомассе доминируют амфиподы (34-100 %) и олигохеты (38-77 %), реже – личинки хирономид (35-82 %) или моллюски (58-83 %). В период гидрологической зимы, как и в прошлые годы, почти на всех станциях преобладали бокоплавы (39-100 %).

На мелководных станциях плотность поселения донных беспозвоночных и их биомасса значительно ниже, чем на глубоководных. Во время строительства терминала в вегетационный сезон средняя величина численности составляла 211 экз./м² (от 40 до 800 экз./м²), биомассы – 1,16 г/м² (от 0,16 до 4,60 г/м²), в период эксплуатации – 360 экз./м² (от 20 до 1160 экз./м²) и 1,79 г/м² (от 0,05 до 6,16 г/м²) соответственно. На всех мелководных станциях как по численности, так и по биомассе доминировали (40–100 %) амфиподы *Micruropus wohli*, относящиеся к байкальской эколого-биогеографической группе. Таким образом, качественные и количественные показатели развития зообентоса на мелководьях Обской губы в районе Арктического терминала мало отличались в период его строительства и после введения в эксплуатацию.

В районе исследований обитают два вида реликтовых ракообразных: *Mysis relicta* и *Monoporeia affinis*, последний является самым массовым и широко распространенным реликтом в Обской губе. Учитывая, что они

весьма чувствительны к различного рода изменениям водной среды, вызванным хозяйственной деятельностью человека, мы провели сравнительный анализ численности *M. affinis* в эстуарии реки Оби в районе пос. Мыс Каменный, начиная с 1950-х годов (Лещинская, 1962). Максимальные значения численности реликтовых бокоплавов *M. affinis* отмечались в период строительства Арктического терминала – 24160 экз./м² в вегетационный сезон и 19840 экз./м² подо льдом (табл. 2). С началом эксплуатации терминала плотность поселения амфипод уменьшилась по сравнению с периодом строительства, особенно значительно в подледный сезон. Тем не менее, в период открытой воды численность *M. affinis* находилась в пределах многолетних значений.

Таблица 2

Численность *Мопорорея affinis* на глубоководных станциях Обской губы в районе Арктического терминала, экз./м²

Годы исследований				
1958-1960	1982-1996	2002-2009	2013-2015	2016-2021
Вегетационный период				
525-2448	20-9408	20-5100	20-24160	40-6240
Подледный период				
-	-	20-1360	60-19840	140-420

Анализ материалов прошлых лет исследований (Степанова, Степанов, Вылежинский, 2010) и современных данных о зообентосе Обской губы в районе пос. Мыс Каменный показал, что строительство и работа Арктического терминала по круглогодичной отгрузке нефти не оказали отрицательного влияния на качественный состав и структуру макрозообентоса. Не выявлено снижения таксономического разнообразия или сужения спектра доминирующих видов, сохраняется реликтовая фауна ракообразных. В то же время наблюдается снижение численности и биомассы донных организмов на глубоководных станциях, особенно в подледный период.

Снижение количественных показателей развития зообентоса, возможно, связано с эксплуатацией Арктического терминала в Обской губе. Постоянное перемещение донных субстратов не позволяет восстановиться донным сообществам непосредственно вблизи терминала (Сочнев, Сочнева, 2003). Переотложение грунтов происходит за счет гидродинамического размыва дна винтами крупных судов, стоящих под погрузкой или маневрирующих вблизи терминала (летом – танкеров, зимой – танкеров и ледоколов).

Пятилетний период наблюдений за состоянием зообентоса при эксплуатации Арктического терминала позволяет сделать предварительный вывод об ухудшении условий обитания донных беспозвоночных в Обской губе. Необходимо проводить постоянный экологический мониторинг, в том

числе мониторинг уровня загрязнения в районе стационарной круглогодичной отгрузки нефти.

Список использованной литературы

Лещинская, А.С. Зоопланктон и бентос Обской губы как кормовая база рыб / А.С. Лещинская // Труды Салехардского стационара УФ АН СССР, 1962. – Вып. 2. – С. 27-76.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. – СПб.: ЗИН, 1995. – Т. 2: Ракообразные. – 627 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. – СПб.: ЗИН, 1999. – Т. 4: Высшие насекомые, Двукрылые. – 998 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. – СПб.: ЗИН, 2004. – Т. 6: Моллюски, Полихеты, Немертины. – 526 с.

Панкратова, В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Chironominae фауны СССР (Diptera, Chironomidae – Tendipedidae) / В.Я. Панкратова. – Л.: Наука, 1983. – 296 с. (Определители по фауне СССР; Вып. 134).

Панкратова, В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Orthocladiinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae – Tendipedidae) / В.Я. Панкратова. – Л.: Наука, 1970. – 344 с. (Определители по фауне СССР; Вып. 102).

Панкратова, В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Podonominae и Tanypodinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae – Tendipedidae) / В.Я. Панкратова. – Л.: Наука, 1977. – 154 с. (Определители по фауне СССР; Вып. 112).

Сочнев, О.Я. Экологическая безопасность систем вывоза нефти с месторождений арктического шельфа / О.Я. Сочнев, И.О. Сочнева. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2003. – 272 с.

Степанова, В.Б. Многолетние исследования макрозообентоса Обской губы / В.Б. Степанова, С.И. Степанов, А.В. Вылежинский // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2010. – Вып. 11. – С. 110-117.

Шуйский, В.Ф. Изоболический метод оценки и нормирования многофакторных антропогенных воздействий на пресноводные экосистемы по состоянию макрозообентоса / В.Ф. Шуйский, Т.В. Максимова, Д.С. Петров. – СПб.: Междунар. акад. наук экологии, безопасности человека и природы, 2004. – 304 с.

ОБ ИСТОКАХ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОНЫ МЕЖВИДОВОЙ ИНТРОГРЕССИВНОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ СЕЛЬДИ В АКВАТОРИЯХ БАРЕНЦЕВА И БЕЛОГО МОРЕЙ

А.Н. Строганов¹, А.А. Смирнов^{2,3}, М.О. Рыбаков⁴, А.В. Семенова¹

¹ Московский государственный университет (МГУ), г. Москва

² Северо-Восточный государственный университет (СВГУ),
г. Магадан

³ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

⁴ Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО»
им. Н.М. Книповича, г. Мурманск)

Межвидовая гибридизация достаточно широко встречается у рыб. Считается, что в большинстве случаев это скрещивание видов с частично перекрывающимися ареалами (Майр, 1968). Так, например, выявлена повышающая фенотипическое разнообразие интрогрессивная гибридизация представителей рода *Salvelinus* из р. Утхолок (северо-западная Камчатка), возникшая, судя по всему, в результате нарушения прекопуляционных механизмов межвидовой изоляции (Боркин, Литвинчук, 2013; Генетическая изменчивость мальмы..., 2020). Отмечается межвидовая гибридизация у каспийских проходных сельдей (Световидов, 1952), представителей рода *Cottus* и др. Выявлена она и у особей рода *Clupea*, атлантической сельди *Clupea harengus* и тихоокеанской *Clupea pallasii* в зоне контакта ареалов в Северо-Восточной Атлантике. Сестринские виды, тихоокеанская и атлантическая сельди, дивергировали 4,5-3,5 млн лет назад (Grant, 1986) вследствие плиоценового похолодания арктических вод. Длительная раздельная эволюция сельди в Атлантике и Пацифике не привела к формированию значительных морфологических различий, кроме числа позвонков. В связи с этим атлантическую сельдь относят к многопозвонковым (57,06), тихоокеанскую – к малопозвонковым (54,1) сельдям. Но количество позвонков не всегда можно считать надежным дискриминирующим признаком, так как и у тихоокеанской, и у атлантической сельди число позвонков в выборках варьирует в широких пределах (порядка 20 %), в значительной степени перекрываясь. Более того, у балтийского подвида атлантической сельди, салаки, количество позвонков низкое (54,7), сходное с таковым у тихоокеанской сельди (Световидов, 1952).

На фоне высокой степени фенотипического сходства половозрелых и неполовозрелых особей атлантическая и тихоокеанская сельди различны по

биологическим характеристикам нерестового периода. Атлантическая сельдь нерестится на галечниково-песчаных грунтах (субстратофильная, литофильная экологическая группа) обширного материкового шельфа Северной Атлантики на глубинах преимущественно 100-200 м (нижняя сублитораль). Нерест и эмбрионально-личиночное развитие проходят при достаточно стабильных условиях с температурами в пределах 4-7 °С, соленостью 34-35 (Световидов, 1952; Промысловые рыбы России, 2006).

Что же касается тихоокеанской сельди, то предковая форма, расселявшаяся из Северной Атлантики в первой половине плейстоцена через открывшийся Берингов пролив, в Северной Пацифике столкнулась с совершенно отличающейся от атлантической морфоструктурой океанского ложа. В Тихом океане в связи с особенностями взаимодействия материковой и океанической коры нижняя сублитораль практически отсутствует, так как узкий материковый шельф переходит в окаймляющие материка и архипелаги глубоководные (6000 м и более) желоба. В итоге сельдь в Северной Пацифике «перешла» из литофильной в фитофильную группу, используя как нерестовый субстрат заросли низшей и высшей растительности нижней литорали: ламинарии, красные водоросли, зостеру (Смирнов, 2013).

Пример отложенной икры тихоокеанской сельди на таких субстратах приведен ниже (см. рисунок).



**Водоросли с отложенной на них икрой гижигинско-камчатской сельди
(фото М.Н. Белого)**

Тихоокеанская сельдь может откладывать на грунт до 15 % икры, при этом та в значительных объемах заносится песком и илом, что, по-видимому, приводит к ее гибели (Смирнов, Белый, 2004).

Тихоокеанская сельдь в раннем развитии, в так называемую пассивную (денатантную) фазу онтогенеза, адаптировалась к характерным для акваторий нижней литорали значительным изменениям температурно-соленостных характеристик; например, для гижигинско-камчатской сельди нерест и развитие икры, причем без аномалий, могут происходить в диапазоне от 0,3 до 9,3 °С и от совершенно пресной воды (Пискунов, 1954; Смирнов, 2009). Также у нее наблюдается адаптация к повреждающему воздействию комплекса дополнительных факторов – таких, как нагонно-волновые воздействия, приливно-отливные течения, инсоляция, льды, выросший объем выедания икры (на лагунных нерестилищах корфо-карагинской сельди главная причина убыли икры – хищничество, доля которого составляет 83,7-91,4 %, причем основными потребителями являются тихоокеанская чайка (*Larus schistisagus*), звездчатая камбала (*Platichthys stellatus*) (Бонк, 2004) и др.). Соответственно, такие адаптации различного уровня нашли отражения в изменениях генома. Так, между сестринскими видами сельди показан высокий уровень дифференциации с использованием биохимических и молекулярно-генетических методов (Семенова, 2020; Grant, 1986; Jorstad, Dahle, Paulsen, 1994; Introgressive hybridization between..., 2013; Semenova, Stroganov, 2018). В большой степени различия между сельдяными видами на физиологическом уровне реализовались в раннем голоцене в ходе послеледникового расселения. В отличие от атлантической, тихоокеанская сельдь с приобретенной устойчивостью к изменениям экологических факторов, выйдя через открывшийся Берингов пролив, успешно расселялась вдоль арктического побережья Евразии, достигнув даже фиордов Норвегии – известны популяции в Балсфиорде и морском озере Россфиорд (Стрелков, Лайус, Вайнола, 2016; Introgressive hybridization between..., 2013). Высокочисленные продуктивные группировки этот вид создал в Белом и юго-восточной части Баренцева морей, образовав также зону вторичной интрогрессии в акваториях соприкосновения с ареалом атлантической сельди.

Можно сказать, что выявление интрогрессии между видами рода *Clupea* дает возможность обсуждать вопросы механизмов формирования дифференциации в популяциях тихоокеанской сельди арктических и североатлантических акваторий. Одной из причин довольно высоких показателей генной дифференциации могут быть неравномерные темпы интрогрессии в сезонных и географически обособленных группировках.

Также предполагается, что интрогрессивная гибридизация потенциально может стать источником формообразовательных процессов в природных популяциях, способствующим интенсивной адаптации к изменяющимся факторам окружающей среды.

Список использованной литературы

Бонк, А.А. Влияние некоторых биотических и абиотических факторов на выживание корфо-карагинской сельди в период раннего онтогенеза: специальность 03.00.10 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / А.А. Бонк. – Петропавловск-Камчатский, 2004. – 24 с.

Боркин, Л.Я. Гибридизация и видообразование у животных / Л. Я. Боркин, С.Н. Литвинчук // Труды Зоологического института РАН. – 2013. – Приложение № 2. – С. 83-139.

Генетическая изменчивость мальмы (*Salvelinus malma*), кунджи (*S. leucomaenis*) и межвидовых гибридов из реки Утхолок (северо-западная Камчатка) / М.А. Груздева, А.В. Семенова, К.В. Кузицин [и др.] // Генетика. – 2020. – Т. 56, № 1. – С. 78-88.

Майр, Э. Зоологический вид и эволюция / Э. Майр : Пер. с англ. / Под ред. проф. В.Г. Гептнера и В.Н. Орлова ; Со вступ. статьей проф. В.Г. Гептнера. – М.: Мир, 1968. – 597 с.

Пискунов, И.А. Материалы по биологии сельди Гижигинской губы / И.А. Пискунов // Известия ТИНРО. – 1954. – Т. 39. – С. 59-72.

Промысловые рыбы России. В двух томах / под ред. О.Ф. Гриценко, А.Н. Котляра и Б.Н. Котенева. – М.: Издательство ВНИРО. 2006 – 1280 с.

Световидов, А.Н. Сельдевые / А. Н. Световидов. – М.: АН СССР, 1952. – 333 с.

Семенова, А.В. Интрогрессивная гибридизация в зоне вторичного контакта атлантической *Clupea harengus* и тихоокеанской *C. pallasii* сельдей (Clupeidae): экологические основы, географическая структура и временная изменчивость гибридной зоны / А.В. Семенова // Вопросы ихтиологии. – 2020. – Т. 60, № 4. – С. 460-477.

Смирнов, А.А. Гижигинско-камчатская сельдь / А.А. Смирнов // Магадан : Изд-во МагаданНИРО, 2009. – 149 с.

Смирнов, А.А. Условия воспроизводства гижигинско-камчатской сельди и их взаимосвязь с различными факторами окружающей среды / А.А. Смирнов // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2013. – Вып. 29. – С. 110-115.

Смирнов, А.А. Некоторые данные о нерестовом субстрате сельди Гижигинской губы Охотского моря / А.А. Смирнов, М.Н. Белый // Тез. докл. IV науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прил. морей». – Петропавловск-Камчатский: КамчатПресс, 2004. – С. 310-313.

Стрелков, П.П. В погоне за гибридной сельдью / П.П. Стрелков, Д.Л. Лайус, Р.О. Вайнола // Природа. – 2016. – № 10. – С.51-59.

Grant, W.S. Biochemical genetic divergence between Atlantic *Clupea harengus* and Pacific *Clupea pallasii* herring / W.S. Grant // Copeia. – 1986. – № 3. – P. 714-719.

Jorstad, K.E., Dahle, G., Paulsen, O.I. Genetic comparison between Pacific herring (*Clupea pallasii*) and Norwegian fjord stock of Atlantic herring (*Clupea harengus*) / K.E. Jorstad, G. Dahle, O.I. Paulsen // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1994. – Vol. 51. – P.233-239.

Introgressive hybridization between the Atlantic and Pacific herrings (*Clupea harengus* and *C. pallasii*) in the north of Europe / H.M. Laakkonen, D.L. Lajus, R. Väinölä // Mar. Biol. – 2015. – Vol. 162. – P. 39-54.

Semenova, A.V. Introgressive hybridization between the Atlantic and Pacific herring (*Clupea harengus* and *Clupea pallasii*) in the White Sea, Barents and Kara Seas evidenced by microsatellites / A.V. Semenova, A.N. Stroganov // Conservation Genetics. – 2018. – Vol. 19, № 1. – P. 143-153.

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ДАТОЙ ПОЛНОГО ОЧИЩЕНИЯ ОТО ЛЬДА И ДАТОЙ НАЧАЛА НАГРЕВА ПОВЕРХНОСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

А.А. Сумкина^{1,2}, К.К. Кивва¹, В.В. Иванов^{2,3}

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

*²Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова (МГУ), г. Москва*

³ФГБУ «Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт» (АНИИ), г. Санкт-Петербург

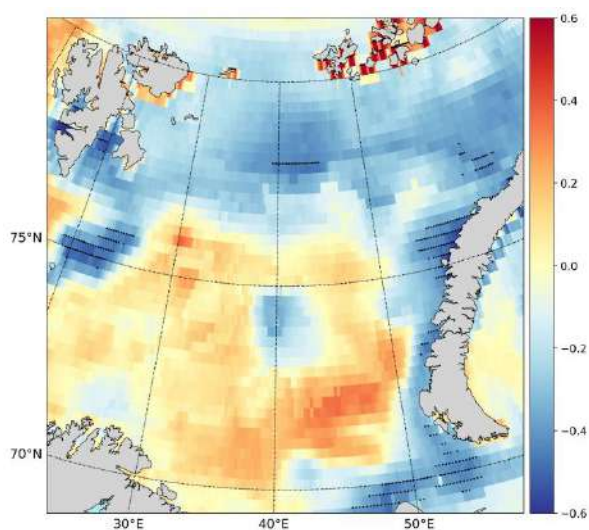
В Баренцевом море наблюдается интенсивное сокращение площади морского льда. В настоящее время водоем является важным регионом для изучения взаимодействия между атмосферой, морским льдом и океаном (The role of..., 2013). В ближайшие десятилетия может сохраниться тенденция к позднему осеннему образованию морского льда и более раннему весеннему очищению акватории от него. Сдвиг даты полного очищения ото льда (ДПО) на более раннее время (Regional variability of..., 2019) в Баренцевом море приведет к изменению сроков начала прикромочного «цветения» фитопланктона, на долю которого приходится 50-65 % годовой первичной продукции (Дружкова, 2018), и повлияет на общую биологическую продуктивность моря. Предыдущие изучения показали, что ход ДПО в центральной и восточной частях моря имеет высокую статистически значимую связь с адвективным потоком тепла на западной границе (Сезонное очищение ото..., 2022). Цель данного исследования – проверить наличие взаимосвязи между ДПО и тепловым балансом поверхности моря.

Дата начала нагрева поверхности моря (ДНН) – один из параметров, характеризующих особенности сезонного хода теплового баланса. Динамика ДНН косвенно отражает количество тепла, получаемого акваторией за теплый сезон. В качестве ДНН выбрана та, после которой продолжительность периода с тепловым балансом выше 0 была наибольшей. ДПО определяется по данным о концентрации льда. Для определения ДПО по акватории использовали пороговое значение (0,15) концентрации льда (Temporal means and..., 2018).

Исходными для расчета ДПО послужили данные (с 1979 по 2019 г.) NOAA/NSIDC Climate Data Record (2017), которые имеют разрешение 25 км и временной шаг 1 сут. Тепловой баланс и впоследствии ДНН рассчитаны на основании атмосферного реанализа ERA-5 с

горизонтальным разрешением $0,25 \times 0,25^\circ$ по широте и долготе и шагом по времени 1 ч.

Самая ранняя ДНН в пределах рассматриваемой акватории отмечалась в конце марта – начале апреля, а поздняя – в конце мая – начале июня. Распределение дат перехода теплового баланса через ноль по всей акватории Баренцева моря характеризуется зональной закономерностью с более ранними датами в южной части моря. Коэффициент линейного тренда ДНН с 1979 по 2019 г. (см. рисунок) показывает тенденцию к сдвигу сроков начала нагрева на более ранние в северной части моря и более поздние – в южной. На большей акватории коэффициент линейного тренда незначим ($p > 0,05$).



Коэффициент линейного тренда даты начала нагрева поверхности моря с 1979 по 2019 г. (сут/год)

Севернее 76° с.ш. – в районе Шпицбергенской и Северо-Канинской банок, Центральной возвышенности, вдоль западного побережья архипелага Новая Земля – наблюдается тенденция к сдвигу начала нагрева поверхности моря на более ранние сроки. Минимальный значимый коэффициент линейного тренда ДНН отмечается в районе Шпицбергенской банки: там наблюдается сдвиг ДНН на 6 дней за 10 лет (-24 дня за 40 лет). В районе Центральной возвышенности тренд составляет от $-0,2$ до $-0,3$ сут/год, что свидетельствует о сдвиге на более ранний период на 2-3 дня за 10 лет.

Южнее 76° с.ш. – в районе Западного, Центрального и Медвежинского (Западного) желобов – отмечается обратная ситуация и тенденция к нагреву поверхности моря в более поздние сроки. Максимальный коэффициент линейного тренда ДНН в районе Центрального желоба составляет от $0,4$ до $0,5$ сут/год. Его величина

означает сдвиг дат нагрева поверхности моря на поздние сроки (на 4-5 дней за 10 лет или 16-20 дней за 40 лет). В районе Центрального желоба тренд варьирует от 0,2 до 0,3 сут/год, что указывает на сдвиг на поздний период (на 2-3 дня за 10 лет).

Рассчитан коэффициент корреляции Спирмена между ДПО и ДНН. Между средним ДПО в выделенных ранее районах синхронной изменчивости ДПО (Сезонное очищение ото..., 2022) и датой нагрева поверхности Баренцева моря наблюдается положительная корреляция. Между районом ДПО, выделенным между архипелагами Шпицберген и Земля Франца-Иосифа, и датой нагрева поверхности моря – высокая корреляция, максимальная (0,5-0,6) – в проливе между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа.

Высокий коэффициент корреляции отмечается в районе желоба Франца-Виктории, в месте расположения района ДПО № 1, – 0,5. Севернее 76° с.ш. между ДПО района № 1 и датами нагрева поверхности моря он варьирует от 0,3 до 0,4. В районе Шпицбергенской банки также высокий коэффициент корреляции между исследуемыми параметрами – от 0,4 до 0,5, в проливе между о-вом Медвежий и м. Нордкап, что достаточно далеко от месторасположения района № 1, он составляет 0,3-0,4.

Между районом № 2 ДПО и ДНН в районе возвышенности Персея коэффициент корреляции Спирмена невысокий – 0,3-0,4. В районе Шпицбергенской банки он выше (0,5-0,6) и статистически значимый. Также бывает повышение (0,4-0,5) корреляции в проливе между архипелагами Земля Франца-Иосифа и Новая Земля. Между районом № 3 ДПО и датой начала нагрева поверхности в северной акватории Баренцева моря данный параметр выше (0,5-0,6), чем в других выделенных районах. Корреляция между районом № 3 ДПО и датой начала нагрева поверхности моря в районе Центральной возвышенности – 0,3-0,4. В районе Новоземельской банки высокий, значимый коэффициент – 0,5-0,6.

Коэффициент корреляции Спирмена между средним по выделенным районам № 4 ДПО и датой начала нагрева поверхности моря невысокий и в основном незначимый в северной части. Значимый наблюдается в северо-восточной части Баренцева моря. В районе № 4 ДПО корреляция с датой начала нагрева поверхности моря равна 0,5-0,6.

Между районом № 5 ДПО и датой начала нагрева поверхности моря по северной акватории корреляция высокая и значимая (0,5-0,6), в районе Центральной возвышенности – средняя и значимая (0,5-0,6).

Минимальный коэффициент корреляции Спирмена между ДПО и ДНН – в районе ДПО № 6, расположенном рядом с Гусиной банкой, высокий, значимый – в районе Гусиной и Северо-Канинской банок составляет 0,5-0,6. По всей акватории Баренцева моря между этими

исследуемыми параметрами коэффициент низкий и незначимый (0,1-0,2). Вдоль западного побережья архипелага Шпицберген отмечается отрицательная корреляция, что, возможно, является артефактом массива данных.

Согласно коэффициенту корреляции Спирмена, между датой нагрева поверхности моря и средним ДПО по выделенным районам самый высокий параметр между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа. В районах, где на протяжении 40 лет наблюдался морской лед, корреляция положительная. Высокий показатель отмечен между районами № 1, 3 ДПО и датой начала нагрева поверхности моря. Между районом № 2 ДПО и датой начала нагрева поверхности моря он ниже в отличие от корреляции с суммарным тепловым балансом в зимний период. Между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа у районов ДПО № 4, 5 и датой начала нагрева поверхности моря корреляция высокая. Для района № 6 она высокая в южной акватории Баренцева моря.

Высокая положительная корреляция между ДПО и датой нагрева поверхности моря отмечается в северной, северо-восточной и восточной частях моря. Здесь отрицательный коэффициент линейного тренда (-0,4 ... -0,6) даты нагрева поверхности моря, это означает, что даты начала нагрева поверхности моря сдвигаются на ранние сроки (на 4-6 дней за 10-летие).

Список использованной литературы

Дружкова, Е.И. Нанофитопланктон ледовой прикромочной зоны Баренцева моря в летний период 2017 года / Е.И. Дружкова // Труды КНЦ РАН. – 2018. – № 4. – С. 29-44.

Сезонное очищение ото льда Баренцева моря и его зависимость от адвекции тепла Атлантическими водами / А.А. Сумкина, К.К. Кивва, В.В. Иванов, А.В. Смирнов. – DOI 10.48612/fpg/1krp-xbuk-6gpz// Фундаментальная и прикладная гидрофизика. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 82-97.

NOAA/NSIDC Climate Data Record of Passive Microwave Sea Ice Concentration, Version 3 / W.N. Meier, F. Fetterer, M. Savoie [et al.]. – DOI 10.7265/N59P2ZTG // Boulder, Colorado USA. NSIDC: National Snow and Ice Data Center. – 2017.

Regional variability of Arctic sea ice seasonal change climate indicators from a passive microwave climate data record / A.C. Bliss, M. Steele, G. Peng [et al.]. – DOI 10.1088/1748-9326/aafb84 // Environmental Research Letters. – 2019. – Vol. 14, № 4. – 045003.

Temporal means and variability of Arctic sea ice melt and freeze season climate indicators using a satellite climate data record / G. Peng, M. Steele, A.C. Bliss [et al.] // *Remote Sensing*. – 2018. – Vol.10, № 9. – 1328.

The role of the Barents Sea in the Arctic climate system / L.H. Smedsrud, I. Esau, R.B. Ingvaldsen [et al.]. – DOI 10.1002/rog.20017 // *Reviews of Geophysics*. – 2013. – Vol. 51, № 3. – P. 415-449.

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ РЕЦЕПТУРЫ ОБОГАЩЕННОГО ЙОДОМ ЛАМИНАРИИ БЕЛОМОРСКОЙ РЫБНОГО КУЛИНАРНОГО ПРОДУКТА «СУФЛЕ ИЗ ЗУБАТКИ СИНЕЙ С ОВОЩАМИ, ОБОГАЩЕННОЕ ЙОДОМ»

Е.А. Тацienко, Е.А. Новожилова, Ю.В. Шокина
ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет»,
г. Мурманск

Рыбохозяйственная отрасль в Арктической зоне играет весомую роль в поддержании продовольственной безопасности Российской Федерации, а также имеет большое социально-экономическое значение.

Сейчас главными целями рыбоперерабатывающей промышленности являются широкое производство и реализация конкурентоспособной российской рыбо- и морепродукции с высокой долей добавленной стоимости, а также обеспечение на этой основе интенсивного замещения импортной продукции на внутреннем рынке продукцией российского производства (Итоги деятельности Федерального..., 2021). В 2019 г. была принята новая Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года (Стратегия развития рыбохозяйственного..., 2019). В рамках выполнения задач Стратегии принимаются государственные программы, а также различные планы и мероприятия, утвержденные Правительством Российской Федерации.

Общий суммарный объем добычи водных биоресурсов по рыбохозяйственным бассейнам за 2020 и 2021 гг., по данным Федерального агентства по рыболовству, представлен на рис. 1.

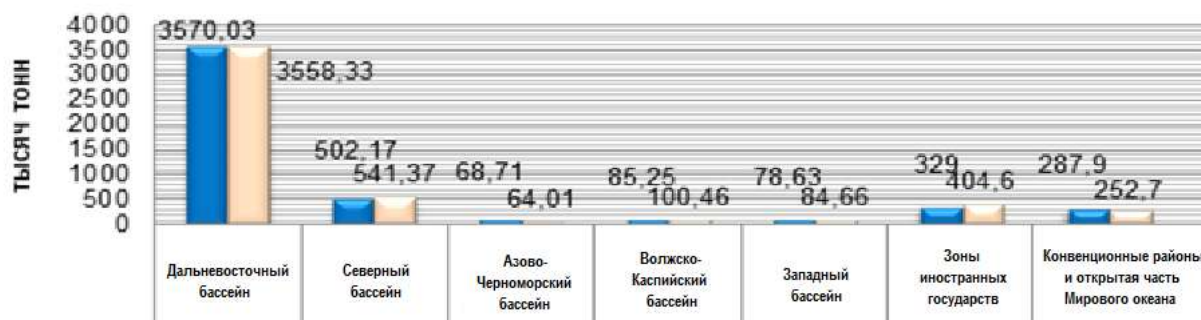


Рис. 1. Общий суммарный объем добычи водных биоресурсов по рыбохозяйственным бассейнам

Анализируя представленные данные, можно сделать вывод, что наибольший вылов водных биоресурсов обеспечивает рыбохозяйственный

комплекс Дальневосточного бассейна, а объемы добычи в 2021 г. по всем бассейнам страны остаются примерно на том же уровне, что и в 2020 г.

Рыболовный промысел в российской Арктике осуществляется в Баренцевом, Беринговом, Белом, Карском, Восточно-Сибирском, Чукотском морях, а также в море Лаптевых. Наиболее богаты промысловым ресурсом Баренцево море и сопредельные воды Норвежского и Гренландского морей, где обитает около 80 % от общей массы промысловых рыб Арктического бассейна (Салтыков, 2018). В свете интенсивной добычи крайне актуальна проблема рационального использования биоресурсов, в биологическом и экономическом смысле сводящаяся к сохранению сырья и, вместе с тем, получению максимального выхода готовой продукции. Это предполагает комплексное пользование биоресурсов, запрет выброса нецелевых объектов лова, утилизацию отходов в качестве вторсырья, применение безотходных биотехнологий (Тропникова, 2017).

Как отмечалось выше, «Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса РФ на период до 2030 года» нацелена на инновационное развитие рыбохозяйственной отрасли, в том числе на расширение сырьевой базы за счет вовлечения в производство малоиспользуемых водных объектов (Столбов, 2017). К таким недоиспользуемым ресурсам относится зубатка синяя.

В Баренцевом море и сопредельных водах ведется промысел трех видов зубаток: синей (*Anarhichas denticulatus*), пятнистой (*Anarhichas minor*) и полосатой (*Anarhichas lupus*). Российский флот преимущественно вылавливает синюю и пятнистую зубаток. Вылов полосатой составляет чуть более 10 % от общего. В основном добыча зубаток осуществляется за счет вылова ярусными и траловыми судами при промысле донных видов рыб – в 2020 г. изъятие траулерами составило 9,10 тыс. т. При этом синяя зубатка впервые стала преобладать по объему добычи в сравнении с представителями родственных ей видов. При ярусном виде промысла в Баренцевом море на нее приходилось 30,7 тыс. т. Среди трех зубаток доля синей в ярусных уловах составила 74 %, пятнистой 25 % и полосатой 1 %.

В литературных источниках упоминается, что на промысле трески судами специализированной постройки стопроцентный прилов синей зубатки нередко выбрасывают за борт без переработки и даже не учитывают в судовой документации. Полное использование прилова синей зубатки, тем временем, может существенно увеличить объем ее годового вылова. На рис. 2 представлены данные вылова зубатки синей за последние три года.

По данным федерального агентства по рыболовству, в 2018 г. объем добычи синей зубатки составил около 9857 т, в 2019 г. – скорректировался в сторону увеличения, составив 10765 т. В 2020 г. зафиксирован максимум

вылова синей зубатки – 11884 т. В 2021 г. промысел составил 90 % по отношению к предыдущему году. Таким образом, инструментальная оценка в последние годы демонстрирует удовлетворительное состояние запасов данной рыбы.

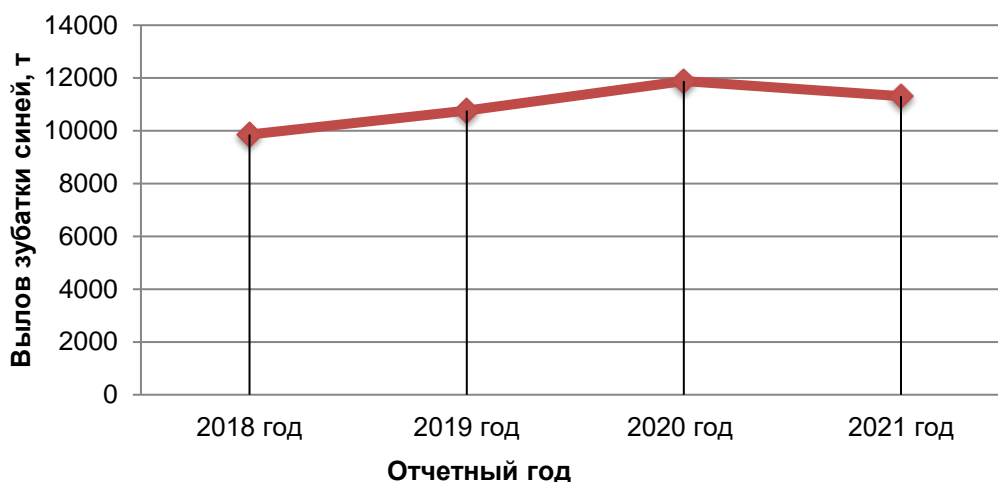


Рис. 2. Вылов зубатки синей в период 2018-2021 гг.

Анализ литературных данных вкупе с исследованиями, проведенными ранее на кафедре «Технологии пищевых производств» Мурманского государственного технического университета, послужил основанием для разработки технологии новых видов популярных рыбных кулинарных продуктов высокой степени готовности – категории «ready to eat», – из недоиспользуемого сырьевого ресурса зубатки синей (Тациенко, Новожилова, Шокина, 2021).

Зубатка синяя относится к низкобелковым тощим рыбам. Мясо данного вида рыбы характеризуется высокой оводненностью (массовая доля воды достигает 91 %) и низким содержанием жира (в пределах от 0,2 до 2,1 %), что снижает пищевую ценность рыбы и создает ряд проблем при ее переработке. При разработке пищевых продуктов из мяса зубатки синей целесообразно остановить выбор на фаршевых изделиях, рецептурный состав которых может быть обогащен нерыбными компонентами, а также пищевыми добавками для улучшения формулирующей способности фарша и придания ему требуемых функционально-технологических свойств (Разработка рецептур полифункциональных..., 2021).

Результаты определения химического состава мяса зубатки синей, а также расчета его энергетической ценности представлены в таблице.

Принимая во внимание результаты проведенного маркетингового исследования (Тациенко, Новожилова, Шокина, 2021), в качестве базовой технологии при разработке нового рыбного кулинарного продукта катего-

рии «ready to eat» была выбрана технология рыбного суфле. Для изготовления термически обработанное (отваренное основным способом) мясо зубатки и морковь тонко измельчали, соединяли в пропорции, установленной в рецептуре, и в полученную смесь добавляли соль, пряности и тонко измельченную сушеную ламинарию для обогащения готового продукта йодом. Смесь еще раз подвергали тщательному перемешиванию, после чего вводили взбитые яичные белки и снова аккуратно перемешивали. Готовую для термической обработки смесь расфасовывали в потребительскую упаковку: формочки для запекания из пищевого алюминия вместимостью 100 см³, предельной массой продукта 100 г, или в полимерную потребительскую упаковку массой нетто фасуемого продукта 100 г, доводили до кулинарной готовности на пару, после чего охлаждали до температуры от 2 до 6 °С и хранили при той же температуре. Перед употреблением готовый продукт рекомендуется разогреть на водяной бане или в микроволновой печи в зависимости от использованной потребительской упаковки (Разработка инновационной технологии..., 2021).

Калорийность и общий химический состав мяса зубатки (по собственным данным)

Содержание в 100 г мяса рыбы							
Вода, г	Общий азот, г	Небелковый азот, г	Сырой протеин, г	Истинный протеин (белок), г	Жир, г	Зола, г	Калорийность, ккал
90,10±0,5	1,09±0,03	0,050	6,80	6,50	2,00±0,09	1,10±0,15	41,52

Поиск базовой рецептуры включал в себя изготовление опытных образцов продукции по более десяти вариантам рецептов, различающихся составом компонентов. На рис. 3 представлен результат органолептической оценки четырех лучших (по оценке экспертов в составе Дегустационного совета кафедры технологий пищевых производств ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет») опытных образцов, а также – средние экспертные оценки их отдельных органолептических показателей: внешнего вида, вкуса, консистенции, цвета и запаха.

Учитывая высокую оводненность мяса зубатки синей, при создании опытных образцов суфле в состав вносили пищевые ингредиенты, которые обладают водосвязывающими свойствами: муку пшеничную, рисовую или овсяную, а также картофельный крахмал или агар-смесь.

Образцы, в состав рецептуры которых входила мука рисовая или овсяная в количестве от 5 до 15 % от общей массы полуфабриката до финальной термической обработки, имели неудовлетворительные оценки в ходе дегустации. Чуть более высоко оценили те опытные образцы суфле, в рецептуру которого входил агар. Наилучшие оценки – у опытных образцов

суфле, в состав рецептур которых входила пшеничная мука или крахмал. Получение серии с пшеничной мукой происходило путем варьирования в ней количества загустителя-структурообразователя от 5 до 15 % от общей массы полуфабрика (до тепловой обработки (запекания)).

В окончательный вариант рецептуры суфле из зубатки синей вошла мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта по ГОСТу 26574-2017.

Органолептическую оценку образцов проводили в ходе расширенной дегустации по пятибалльной шкале. На рис. 3 представлены результаты органолептической оценки опытного продукта (суммарная оценка дана с учетом коэффициентов значимости всех учтенных в ней показателей, а оценка отдельных показателей – без учета коэффициентов значимости, для большей наглядности).

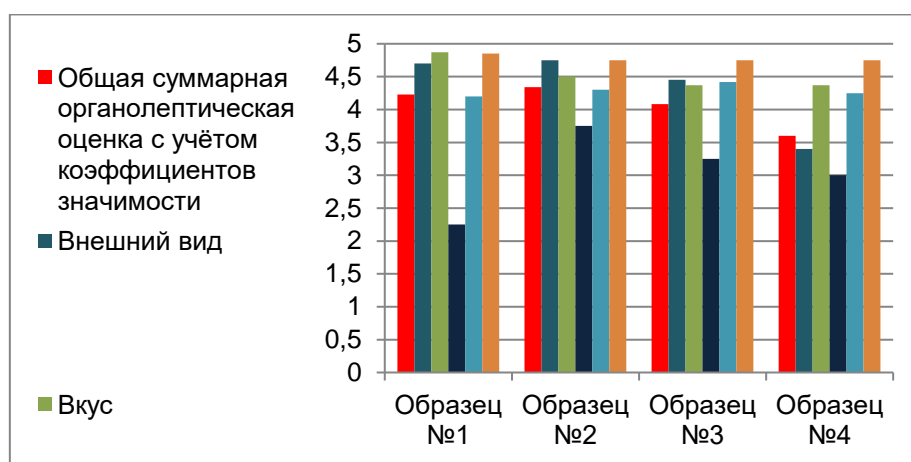


Рис. 3. Результаты органолептической оценки опытных образцов рыбной кулинарной продукции «Суфле из зубатки синей с овощами, обогащенное йодом»

Как видно из рис. 3, ни один из опытных образцов блюда не получил максимальную органолептическую оценку, но некоторые были близки.

Вариант рецептуры, признанный лучшим в ходе первого этапа исследования, включает в себя ингредиенты в следующем соотношении: 52 % фарша из отварного мяса зубатки синей, 20,2 % – взбитый яичный белок, 5 % – мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, 20,2 % – припущенная морковь, 2,3 % – соль, пряности и сушеная ламинария в виде порошка производства ООО «АВК» (Архангельский водорослевый комбинат, г. Архангельск, Россия) для обогащения продукта йодом – в сумме 0,3 %.

Ключевой задачей дальнейших исследований будет оптимизация рецептуры суфле из мяса зубатки синей в целях выхода на готовый продукт с улучшенными потребительскими свойствами. Наибольшее внимание стоит уделить улучшению консистенции готового продукта.

Список использованной литературы

Итоги деятельности Федерального агентства по рыболовству в 2021 году / Федеральное агентство по рыболовству: Материалы коллегии 2021 года. – Текст: электронный. – URL: <https://fish.gov.ru/about/kollegiya-gosrybolovstva/> (дата обращения 10.07.2022)

Разработка инновационной технологии рыбных кулинарных продуктов из оводненного рыбного сырья (зубатки синей *Anarhichas denticulatus*), обогащенных йодом / Е.А. Тациенко, Е.А. Новожилова, С.А. Шиманский, Ю.В. Шокина // Актуальные проблемы технологии продуктов питания, туризма и торговли : материалы второй всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Нальчик, 30 сентября 2021 г. / Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова. – Нальчик, 2021. – С. 72-76.

Разработка рецептур полифункциональных продуктов на основе малоиспользуемого сырья Северного бассейна / В.В. Павлова, Е.А. Тациенко, Е.А. Новожилова, Ю.В. Шокина // Инновации в технологии продуктов здорового питания: материалы IX международного Балтийского морского форума VIII национальной научной конференции, Калининград, 4 октября 2021 г. / Калининградский государственный технический университет. – Калининград, 2021. – С. 55-62.

Салтыков, М. А. Рыбохозяйственный комплекс Приморского края на современном этапе развития / М. А. Салтыков. – Находка : Дальрыбвтуз, 2018. – 312 с.

Столбов, А.Г. Формирование организационно-экономического механизма рационального использования водных биологических ресурсов / А.Г. Столбов // Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2017. – № 3. – С. 644-653.

Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года и плана мероприятий по ее реализации (с изменениями на 12 мая 2022 года): Стратегия : дата введения – 2019-11-26. – М.: Правительство Российской Федерации, 2019. – 58 с.

Тациенко, Е.А. Исследование регионального розничного рынка продукции категории «ready-to-eat», в целях обоснования разработки инновационных технологий и расширения ассортимента / Е.А. Тациенко, Е.А. Новожилова, Ю.В. Шокина // Известия вузов. Арктический регион. – 2021. – № 1. – С. 39-47.

Тропникова, Н.Л. Современные тенденции в управлении развитием арктического промышленного рыболовства / Н.Л. Тропникова // Управление в современных системах. – 2017. – № 1. – С. 39-44.

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ АНАДАРЫ *ANADARA KAGOSHIMENSIS* (TOKUNAGA, 1906) В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ

А.С. Терентьев

Отдел «Керченский» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО»
(«АзНИИРХ»), г. Керчь

В прошлом столетии в результате повышения активности судоходства в Азово-Черноморский бассейн проникло большое количество видов-вселенцев, чему способствовала и хозяйственная деятельность по интродукции некоторых видов. В настоящее время этот процесс продолжается.

Одним из таких видов стал недавний вселенец *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906). Впервые она была отмечена в 1968 г. на Кавказском побережье в районе Туапсе – Шеспи (Ревков, 2016) и была определена М.И. Киселевой как *Cunearca cornea* (Reeve, 1844) (Киселева, 1992). Известна также как *Anadara inaequalis* (Bruguière, 1789) (Анистратенко, Халиман, 2006; Финогенова, 2014; Occhipinti-Ambrogi, Savini, 2003), *Scapharca cornea* (Reeve, 1844) (Гетманенко, Губанов, 2007; Иванов, 2011) и *Scapharca inaequalis* (Bruguière, 1789) (Фомичева, Фроленко, 2007; Gomoiu, 1984). В результате генетического анализа этот вид отнесен к *Al. kagoshimensis* (Molecular confirmation on..., 2014), в настоящее время он полностью колонизировал Азовское море (Экспансия двустворчатого моллюска..., 2021), где сформировал собственный биоценоз (Фроленко, Фроленко, 2007; Терентьев, 2009; Фроленко, Мальцева, 2017; Ревков, Болтачева, 2021; Донная фауна юго-западной..., 2022; Terentijev, Litvinenko, 2000).

Цель работы – отследить распространение указанного вселенца по акватории, проследить динамику его численности и биомассы, а также установить факт образования биоценоза *Anadara* в Керченском проливе.

В работе использованы материалы ЮгНИРО, собранные с 1986 по 2016 г. За весь период исследования в Керченском проливе было выполнено 352 гидробиологических станции. Сбор и обработка проб проводились по общепринятым методикам (Жадин, 1960). Биоценозы выделялись по виду, имеющему наиболее высокую биомассу (Воробьев, 1949), при этом также учитывалась и его численность.

В Керченском проливе анадара впервые была обнаружена в 1986 г. (Золотарев, Золотарев, 1987). Ее встречаемость в Керченском проливе с течением времени увеличивалась, причем наиболее быстро после 2005 г.

В 1986 г. она была достаточно редким видом, ее встречаемость составляла 6-12 % (рис. 1).

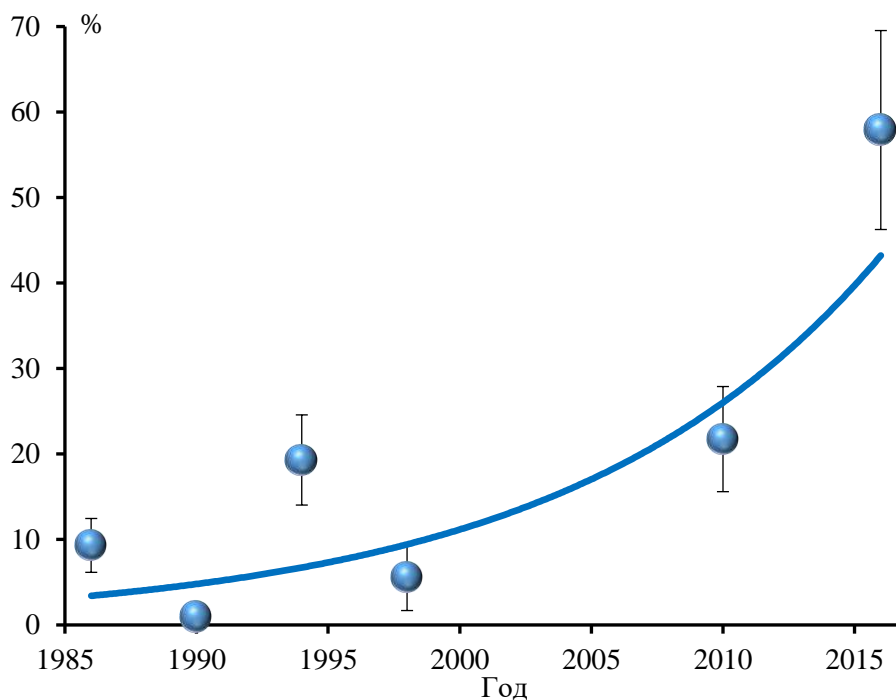


Рис. 1. Динамика встречаемости *An. kagoshimensis* с 1986 по 2016 г. в Керченском проливе

С момента обнаружения до начала 2000-х годов ее встречаемость была относительно невысокой. В дальнейшем она увеличивалась и к 2010 г. достигла 16-28 %, и анадара стала уже относиться к часто встречающимся видам. В дальнейшем ее встречаемость резко возросла и к 2016 г. достигла 46-70 %, и анадара перешла в категорию обычных видов.

В 1986 г. она присутствовала в основном в северной части Керченского пролива, разрозненные скопления располагались вдоль его западного берега (рис. 2). Наиболее высокая биомасса отмечалась севернее косы Тузла (рис. 3). К 1990 г. ее наиболее плотные скопления наблюдались в основном между косами Тузла и Чушка. В 1994 г. обнаруживалась преимущественно в средней части пролива. Наиболее плотные скопления отмечались возле Керченского п-ова и севернее косы Тузла. Наивысшая биомасса отмечалась в центральной части пролива. В 1998 г. наблюдалось два небольших скопления южнее косы Тузла и возле Керченского п-ова. В 2010 г. была сосредоточена в основном в северной части пролива. Возле Керченского п-ова отмечались малочисленные мелкие особи. К 2016 г. она распространилась по всей акватории пролива. Наиболее высокая численность и биомасса наблюдались в северной части, прилегающей к Азовскому морю.

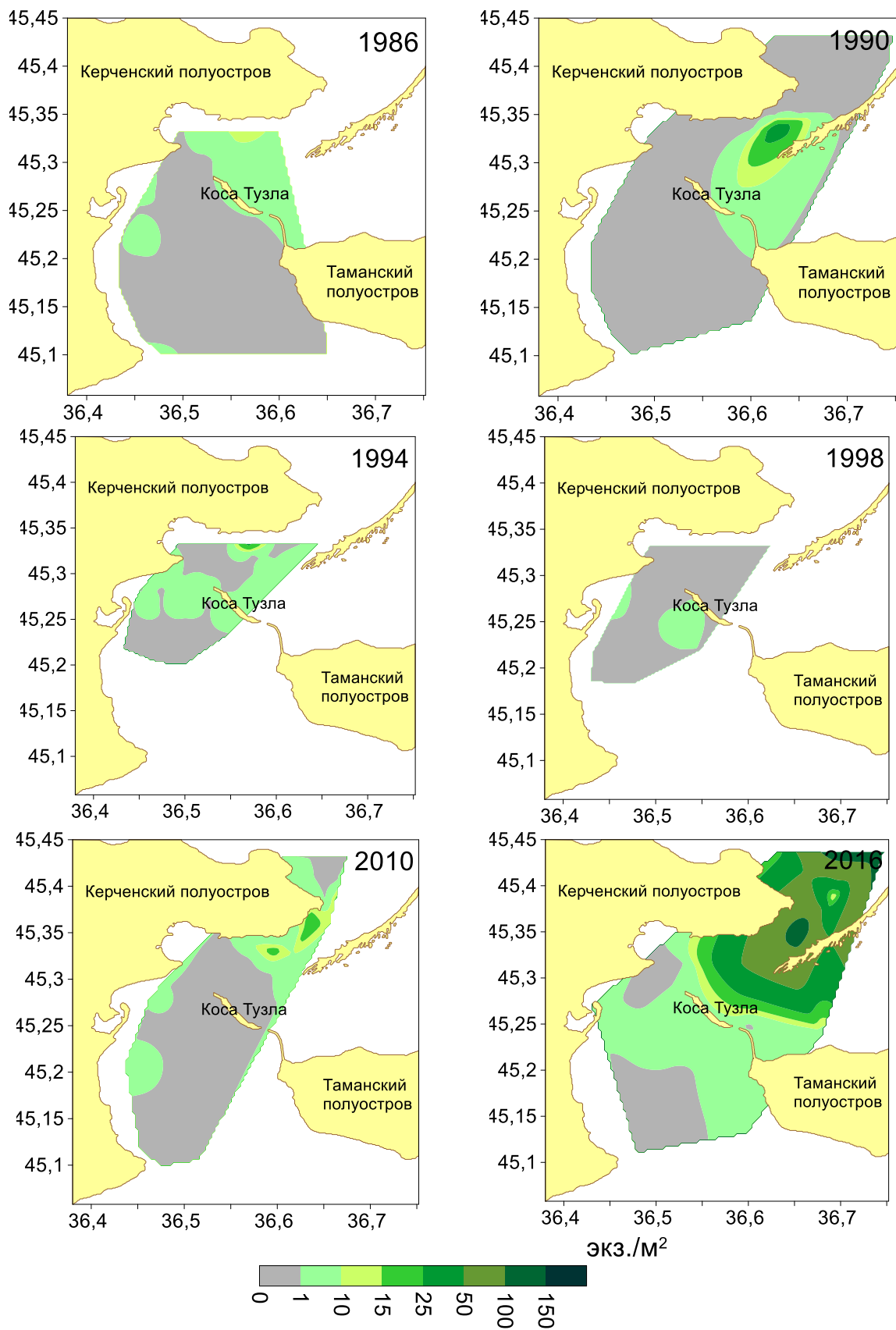


Рис. 2. Распределение численности *An. kagoshimensis* с 1986 по 2016 г. в Керченском проливе

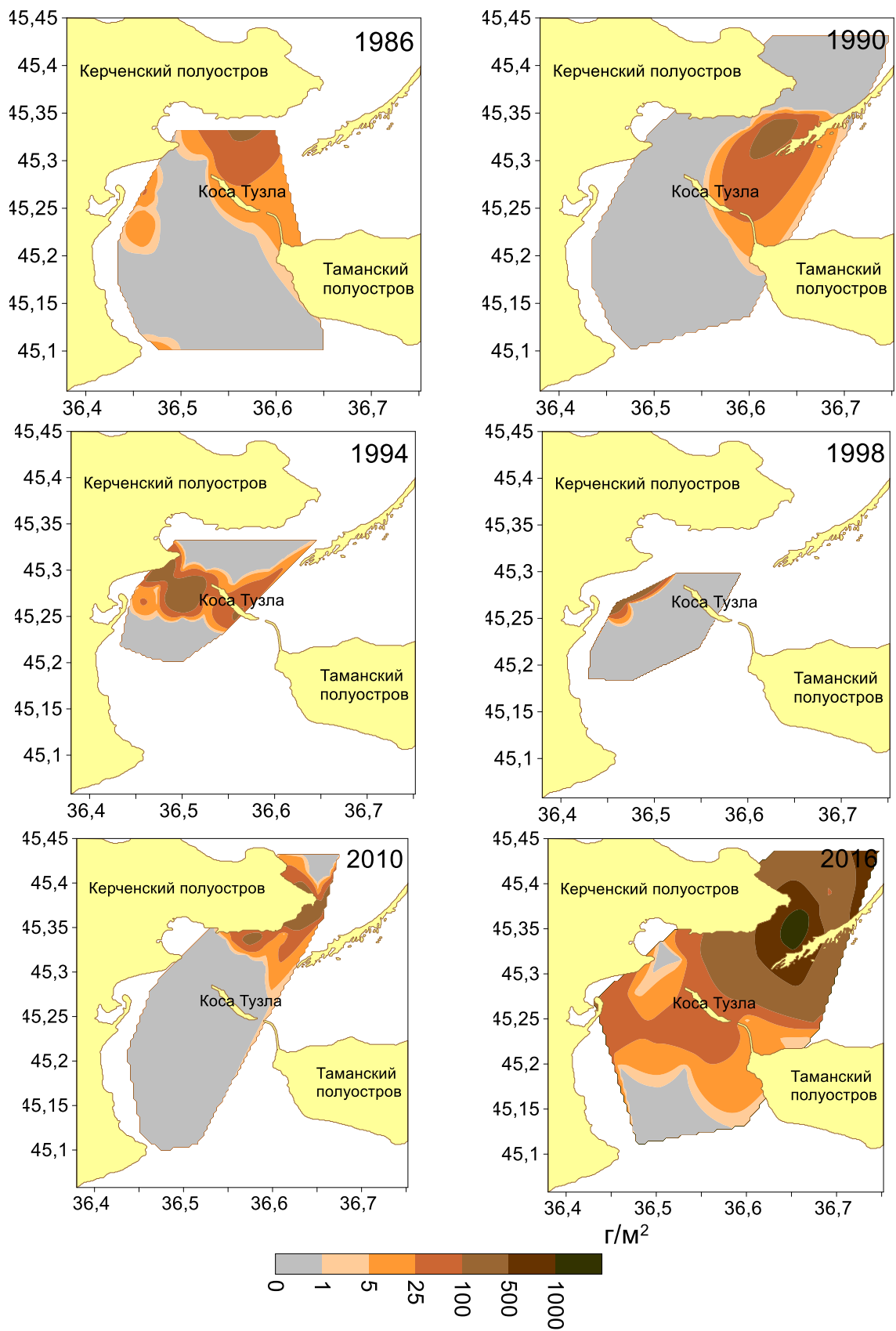


Рис. 3. Распределение биомассы *An. kagoshimensis* с 1986 по 2016 г. в Керченском проливе

По мере расселения анадары в Керченском проливе увеличивались ее численность и биомасса (см. таблицу).

Динамика численности и биомассы *An. kagoshimensis* с 1986 по 2016 г. в Керченском проливе

Год	Численность, экз./м ²		Биомасса, г/м ²	
	средняя	max	средняя	max
1986	0,56±0,23	16	3,70±2,00	164
1990	0,37±0,04	40	2,22±0,22	240
1994	2,63±0,86	30	39,00±20,00	1021
1998	0,56±0,13	10	18,60±6,20	670
2010	2,98±0,93	20	23,00±13,00	498
2016	26,00±11,00	137	177,00±87,00	1470

В 1986 г. в сборах были обнаружены лишь отдельные особи этого моллюска. Его биомасса не превышала 164 г/м². К 1990 г. численность и биомасса изменились незначительно, однако в поселениях увеличилась доля крупных особей. В 1994 г. по сравнению с 1986 г. численность анадары увеличилась в 3-6, а биомасса – в 6-15 раз. К 1998 г. численность и биомасса по сравнению с 1994 г. уменьшилась соответственно в 2,8-6,6 и 1,4-2,7 раза, причина этого уменьшения пока неясна. В популяции по-прежнему сохранялась высокая доля крупных особей. В 2010 г. ее численность и биомасса вышли на уровень 1994 г. В 2016 г. численность выросла по сравнению с 2010 г. в 6-12, а биомасса – в 4-11 раз. С 1986 по 2016 г. численность анадары увеличилась в 29-64, а ее биомасса – в 26-70 раз.

К настоящему времени биоценоз *Anadara* сформировался и в Керченском проливе (География макрозообентоса Керченского..., 2012). К 2016 г. доля анадары на отдельных участках пролива доходила до 63 % от общей численности и 93 % от общей биомассы зообентоса. Ее биоценоз занял северную часть пролива, заменив собой большую часть биоценоза *Cerastoderma*, располагавшегося в северной части Керченского пролива и характерного для Азовского моря. Ранее такая смена биоценозов наблюдалась в Азовском море (Терентьев, 2009; Ревков, Болтачева, 2021). Кроме того, он значительно потеснил расположенный в южной части Керченского пролива и характерный для Черного моря биоценоз *Chamelea*, бывший до этого наряду с биоценозом *Cerastoderma* крупнейшим биоценозом Керченского пролива.

Таким образом, к настоящему времени *An. kagoshimensis* не только полностью заселила Керченский пролив, но и сильно изменила его экосистему, образовав собственный биоценоз, занявший большую часть Керченского пролива, при этом сильно сократилась площадь, занимаемая биоценозами *Cerastoderma* и *Chamelea*. Экспансия анадары в Керченском

проливе происходила с севера на юг, от Азовского моря к Черному, в этом же направлении развивался ее биоценоз.

Список использованной литературы

Анистратенко, В.В. Двустворчатый моллюск *Anadara inaequalvis* (*Bivalvia*, *Arcidae*) в северной части Азовского моря: завершение колонизации Азово-Черноморского бассейна / В.В. Анистратенко, И.А. Халиман // Вестник зоологии. – 2006. – Т. 40, № 6. – С.505-511.

Воробьев, В.П. Бентос Азовского моря / В.П. Воробьев // Труды АзЧерНИРО. – Симферополь: Крымиздат, 1949. – Вып. 13. – 195 с.

География макрозообентоса Керченского пролива: динамика распределения, структуры и показателей уровня развития / Д.Я. Фашук, М.В. Флинт, Н.В. Кучерук, Н.М. Литвиненко // Известия Российской академии наук. Сер. Географическая. – 2012. – № 3. – С.94-108.

Гетманенко, В.А. Особенности вида и роль моллюсков *Scapharca cornea* (Reeve) в трофической цепи Азовского моря / В.А. Гетманенко, Е.П. Губанов // Рибне господарство України. – 2007. – № 3-4. – С.31-37.

Донная фауна юго-западной части Азовского моря. Таксономический состав и биоценотическая организация макрозообентоса в 2016-2017 гг. / Н.А. Болтачева, Н.К. Ревков, А.А. Надольный, И.Н. Аннинская // Морской биологический журнал. – 2022. – Т. 1, № 2. – С.3-22.

Жадин, В.И. Методы гидробиологического исследования / В.И. Жадин. – М.: Высшая школа, 1960. – 191 с.

Золотарев, В.Н. Двустворчатый моллюск *Cunearca cornea* – новый элемент фауны Черного моря / В.Н. Золотарев, П.Н. Золотарев // ДАН СССР. – 1987. – Т. 297, № 2. – С.501-503.

Иванов, Д.А. Влияние среды обитания на распространение нового вселенца скафарки (*Scapharca Cornea*, Reeve) в Керченском проливе / Д.А. Иванов // Водні біоресурси та їх відтворення. – 2011. – № 5. – С.22-27.

Киселева, М.И. Сравнительная характеристика донных сообществ у побережья Кавказа / М.И. Киселева // Многолетние изменения зообентоса Черного моря; ред. В.Е. Заика. – Киев: Наукова думка, 1992. – С.84-99.

Ревков, Н.К. Особенности колонизации Черного моря недавним вселенцем – двустворчатым моллюском *Anadara inaequalvis* (*Bivalvia*: *Arcidae*) / Н.К. Ревков // Морской биологический журнал. – 2016. – Т. 1, № 2. – С.3-17.

Ревков, Н.К. Донная фауна юго-западной части Азовского моря: трансформация биоценоза макрозообентоса в начале XXI века / Н.К. Ревков, Н.А. Болтачева // Экосистемы. – 2021. – Вып. 26(56). – С.51-66.

Терентьев, А.С. Макрозообентос юго-западной части Азовского моря в условиях эксплуатации газоконденсатных месторождений / А.С. Терентьев // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зоны и комплексное использование ресурсов шельфа: сб. науч. тр. МГИ НАН Украины. – Севастополь, 2009. – Вып. 17. – С.327-348.

Финогенова, И.Л. Анализ стабильности развития двустворчатого моллюска *Anadara inaequalvis* (Bivalvia, Arcidae) Черного моря по показателю флуктуирующей асимметрии створок / И.Л. Финогенова // Гидробиологический журнал. – 2014. – Т. 50, № 1. – С.24-31.

Фомичева, А.И. Состояние биоценоза моллюска-вселенца *Scapharca cornea* (*Scapharca inaequalvis*) в Азовском море / А.И. Фомичева, Л.Н. Фроленко // Эколого-биологические проблемы вод и биоресурсов: пути решения: сб. науч. тр. Всерос. конф. – Ульяновск, 2007. – С.203-204.

Фроленко, Л.Н. О сообществе *Anadara* в Азовском море // Актуальные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона / Л.Н. Фроленко, О.С. Мальцева: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. (г. Керчь, 6 октября 2017). – С.99-103.

Экспансия двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) в Азовском море / Л.А. Живоглядова, Н.К. Ревков, Л.Н. Фроленко, Д.Ф. Афанасьев // Российский журнал биологических инвазий. – 2021. – № 1. – С.83-94.

Gomiou, M.-T. *Scapharca inaequalvis* (Bruguière) – a new species in the Black Sea / M.-T. Gomiou // Cercetări marine – Recherches marines. – 1984. – Vol. 17. – P.131-141.

Krapal A.-M. Molecular confirmation on the presence of *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) (Mollusca: Bivalvia: Arcidae) in the Black Sea / A.-M. Krapal, O.P. Popa, A.F. Levarda [et al.] // Travaux du Museum National d'Histoire Naturelle «Grigore Antipa». – 2014. – Vol. 57, № 1. – P. 9-12.

Occhipinti-Ambrogi, A. Biological invasions as a component of global change in stressed marine ecosystems / A. Occhipinti-Ambrogi, D. Savini // Marine Pollution Bulletin. – 2003. – Vol. 46, № 5. – P.542-551.

Terentijev, A.S. Biocenosis of intruders *Mya arenaria* and *Cunearca cornea* (*Scapharca*) in the north-western Azov Sea / A.S. Terentijev, N.M. Litvinenko // The Black Sea ecological problems. International symposium «Black Sea Strategic Action Plan Implementations (1996-2000)». – Odessa. – SCSEIO. – 2000. – P.315-317.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ «ЗДОРОВЬЯ» ЭКОСИСТЕМ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

Г.Д. Титова

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва*

Со второй половины XX столетия моря и океаны подвергаются беспрецедентному антропогенному воздействию. Постоянно растут угрозы благополучию морских экосистем вследствие избыточного вылова запасов ценных объектов рыбного промысла, поступления загрязненных стоков из систем водосбора на суше, судоходства, подводного недропользования, захоронения отходов, в том числе радиоактивных веществ и сильнодействующих токсичных соединений, трансграничного переноса загрязнений атмосферы и т. д. Все вышеперечисленные факторы воздействия сильно подрывают так называемое «здоровье» морских экосистем (далее – ЗМЭ).

Стоит оговорить, что ЗМЭ – метафора, используемая для описания состояния экосистемы, изменяющегося ввиду вымирания инвазивных видов, перемены климата, антропогенного воздействия, чрезмерной эксплуатации запасов водных биологических ресурсов и множества иных причин.

В XXI в. в дополнение к этим угрозам добавляются и такие, что обусловлены глобальным потеплением климата, которое создает новые возможности для развития бизнеса в зоне уязвимых экосистем полярного региона планеты. Вести хозяйственную деятельность в оговоренных зонах становится проще и дешевле. Многие государства планируют в скорейшей перспективе активизировать участие в освоении арктических территорий и ресурсов.

Реализация этих планов серьезно увеличит экологические угрозы для экосистем арктических морей. Если, например, в Арктике произойдет разлив нефти, подобный тому, что случился в Мексиканском заливе в 2010 г., последствия будут куда более катастрофичными и вполне могут принять планетарный масштаб. Примером катастрофического воздействия может служить и разлив нефти с танкера «Эксон Валдиз» у берегов Аляски в 1998 г. Несмотря на масштабные работы по ликвидации его последствий с участием более 10 тыс. человек, 100 самолетов и вертолетов, до сих пор на побережье сохраняются следы нефти, а запасы многих видов морских биоресурсов истощились. Неуспех столь масштабных работ также ставит

под сомнение утверждение об относительной дешевизне ведения морской деятельности в Арктике.

Поэтому чрезвычайно важно сформировать эффективный арсенал средств защиты ЗМЭ от роста экологических угроз в арктических морях – в рамках программ научного обеспечения противодействия быстрому росту экологических угроз и создания эффективной инновационной политики по сохранению «здоровья» морей в Заполярье. Данный процесс протекает в процессе становления сравнительно новой области знаний, в условиях роста экологических угроз, – экономики Мирового океана. Эта область учитывает экологические потери вследствие роста масштабов морской деятельности, прежде всего – потери капитальных активов морей, наряду с запасами природных ресурсов, включающих и услуги экосистем (далее – УЭ).

По принятой международной классификации, изложенной в экономике экосистем и биоразнообразия (Mainstreaming the Economics..., 2010), УЭ понимаются как польза (или материальная либо нематериальная выгода), получаемая человеком от функционирования экосистем.

Классификация выделяет *обеспечивающие, регулирующие, культурные* УЭ, непосредственно воздействующие на жизнедеятельность человека, и *поддерживающие*, необходимые для сохранения других услуг и функций экосистем (см. таблицу). В контексте Концепции устойчивого развития УЭ выступают как механизм, направленный на изменение пассивной роли природы в экономике.

Классификационные типы экосистемных услуг и польза от их сохранения для человека и ЗМЭ (составлена на основе данных проекта The Economics of Ecosystems and Biodiversity за 2010 г.)

Тип услуг экосистем	Польза для жизнедеятельности человека и сохранения функций экосистем
Обеспечивающий	Природное сырье, продукты питания, вода, древесина, генетические ресурсы, биохимические соединения
Регулирующий	Регулирование климата, контроль наводнений, регулирование болезней, опыление
Культурный	Природные красоты, духовно-религиозные, образовательные нужды, рекреация и экотуризм, культурное наследие
Поддерживающий	Первичная продуктивность, почвообразование, трофические связи, круговорот питательных веществ, ассимиляция загрязнений, депонирование CO ₂

Первые попытки оценить УЭ в планетарном масштабе предприняты группой американских ученых под руководством Роберта Констанзы в 1997 г. (The Value of..., 1997). По их расчетам, на морские экосистемы приходились УЭ, равные 21 трлн долларов.

В 2014 г. были опубликованы повторно выполненные в 2011 г. Р. Констанзой с соавторами результаты оценки услуг планетарных экосистем (Changes in the..., 2014). Они показали, что стоимость УЭ за период 1997-2011 гг. возросла втрое. Подобный рост, по мнению американских исследователей, был вызван не столько обновленной структурой УЭ, сколько сокращением предложения, характеризующим темпы утраты природного капитала. Оценки УЭ подтверждают актуальность решения проблемы использования их результатов в практике регулирования морской деятельности, так как управленцы, как правило, игнорируют либо же серьезно недооценивают влияние природных факторов на принимаемые ими решения. Вместе с тем, без ясного понимания истинной стоимости управленческих решений и якобы «бесплатно» предоставляемых природой услуг, природный капитал будет постоянно сокращаться.

Оценка капитальных активов Мирового океана сложна, поэтому на практике чаще оценивают те из УЭ, по которым доступна официальная статистика. Так, в апреле 2015 г. были опубликованы результаты оценки «активов» океана, проведенные институтами Австралии, Великобритании и США совместно с WWF. Они показали, что океан «работает» как одна из крупнейших национальных экономик: его годовой валовой продукт свыше \$2,5 трлн/год. По величине ВВП экономика Мирового океана занимает седьмое место среди национальных. В ее расчет принимались прямые выгоды от части обеспечивающих УЭ (рыболовство, аквакультура, биотехнологии, использование транспортом прибрежных и океанических акваторий), культурных (туризм, образование) и поддерживающих услуг (депонирование CO₂) (Hoegh-Guldberg, 2015). Анализ также коснулся ценных нематериальных (неторгуемых) активов: роли океанов и морей в регулировании климата, производстве кислорода, стабилизации температуры на планете, обеспечении духовных и культурных услуг. Эти дополнительные оценки оказались почти на порядок выше ВВП океана. С учетом неторгуемых УЭ, общая ценность активов океана составляла более \$23 трлн/год.

Исследования по поиску методов оценки УЭ активизировались при подготовке к юбилейному Всемирному Саммиту по охране окружающей среды и развитию в Йоханнесбурге (2012). В этих оценках стал принимать участие бизнес. Так, в 2011 г. 14 крупных корпораций (Energias de Portugal, Eskom, Mondi, Rio Tinto, US BCSD, GHD, Holcim, Lafarge, AkzoNobel,

Syngenta, Veolia Water, Weyerhaeuser, Eni, Hitachi) под контролем Всемирного бизнес-совета по устойчивому развитию (WBCSD) создали «Руководство для оценки услуг экосистем корпорациями» и апробировали его в промышленных условиях (Guide to Corporate..., 2011).

Результаты корпоративных оценок УЭ обнадеживают. Из них можно сделать несколько важных выводов. Оценка УЭ на корпоративном уровне, как минимум, меняет менталитет и поведение в отношении экологических проблем как у руководителей корпораций и работающих в них, так и у заинтересованных лиц вне корпораций; повышает ответственность бизнеса перед обществом за состояние окружающей среды; позволяет лучше понять выгоды от применения оценки ЭУ, заключающиеся не только в достижении оптимального соотношения социальных, экологических и финансовых итогов корпоративной деятельности, но и в оправдании экологических наценок на продукцию; поднимает престиж корпораций в обществе и на мировых рынках. Следуя опыту перечисленных выше компаний, перед открытием Саммита-2012 более 50 стран приняли обязательства по оценке стоимости природного капитала в системах национальных счетов, а около 86 частных компаний – применять ценностные оценки УЭ в планировании своей деятельности. В 2007 г. завершились исследования по программе UNEP/GEF/SCS/RWG «Общая экономическая ценность сред обитания на побережье Южно-Китайского моря и эффективность мероприятий по их сохранению в Стратегической программе деятельности на 2008-2012 гг.». В разработке участвовали эксперты 7 стран: Вьетнама, Индонезии, Камбоджи, Китая, Малайзии, Таиланда, Филиппин.

Накопленный опыт оценки услуг морских экосистем позволил Китаю в 2012 г. ввести в действие национальный стандарт «Технические указания по оценке экологического капитала морей» – руководство по оценке УЭ и компенсационных платежей за причинение вреда природе на национальном уровне, а также на уровнях провинций и городов (Cicin-Sain, Knecht, 1998).

Исследования по методам оценки УЭ в Арктике сформулировали следующие направления использования результатов оценки УЭ в практике управления морской деятельностью:

- 1) оценка УЭ имеет решающее значение при стремлении к устойчивому управлению сложными социально-экологическими системами. В этом контексте она может предоставить необходимую информацию для оценки альтернативных стратегий управления морепользованием;

- 2) работа по оценке УЭ должна осуществляться на основе целостного подхода на уровне пакета УЭ;

3) экологические условия в Арктике связаны с быстрым изменением УЭ и высокой неопределенностью, что создает сильный стимул для включения результатов УЭ в политику сохранения «здоровья» арктических экосистем;

4) включение результатов оценки арктических УЭ в политику и практику управления морской деятельностью является ключевым методом интеграции экологической, экономической и социальной политики;

5) признание необходимости оценки арктических УЭ и учет их в процессах принятия решений может повысить устойчивость арктических социально-экологических систем к быстрым изменениям окружающей среды в регионе;

6) подход проекта «The Economics of Ecosystems and Biodiversity» может сделать видимыми изобилие благ, которые людям дает природа, позволяя понимать роль биоразнообразия и УЭ в экономике и обществе;

7) учет преимуществ и дефицита УЭ Арктики в экономической политике способствует совершенствованию экономических методов «защиты» морских экосистем;

8) актуализация ценностей природы с помощью оценки УЭ требует корректировки существующей экологической практики и используемого ею инструментария;

9) оценка УЭ требует применения междисциплинарного подхода, сочетающего экономический и социокультурный анализ выгод, которые люди получают от природы в Арктике. Этот подход сталкивается с рядом проблем, но именно он предлагает дополнительный путь информирования лиц, принимающих управленческие решения, выработку особой политики и грамотную интеграцию управленческих решений.

Оценка УЭ арктических морей находится в непосредственной связи с новой инновационной политикой в промышленном рыболовстве. Инновационная политика защиты «здоровья» морских экосистем наряду с переходом в морской деятельности к «синим» технологиям (Шевчук, Титова, 2022) должна включать также совокупность современных методов оценки экологических потерь и организационно-управленческих приемов управления экономикой океана с использованием арсенала современных средств, одобренных Арктическим советом.

Анализ публикаций по задаче сохранения ЗМЭ в Арктике (Никитина, 2013; *Mainstreaming the Economics...*, 2010) позволяет сформировать наиболее перспективный инструментарий обеспечения устойчивого экологически безопасного развития морской экономики, к которому относятся: оценка УЭ, комплексное и интегрированное управление морепользованием в экосистемном аспекте, морское пространственное планирование. Вместе с перечисленными направлениями предлагается

применение адаптивного и предосторожного подходов, направленное на снижение экологических рисков, прежде всего – в зонах экстремальных климатических условий.

Названные проблемы, скорее всего, станут центральными темами научно-политических дискуссий по проблеме экологически безопасного «обживания» арктических морей в условиях глобального потепления. Поиск ответа на них должен быть в центре внимания российских исследователей, поскольку процесс направлен на защиту национальных интересов России в освоении ресурсов Арктики. Нельзя допустить, чтобы экосистемные подходы к управлению морской деятельностью в Арктике создали экологические ограничения в дополнение к существующим границам национальной юрисдикции.

Список использованной литературы

Никитина, Е. Н. Арктический совет: новые приоритеты устойчивого развития Севера / Е. Н. Никитина. – Текст : электронный // PRO-ARCTIC : [сайт]. – URL: <http://pro-arctic.ru/11/12/2013/press/6040> (дата обращения: 20.07.2022).

Шевчук, А. В. На пути к решению проблемы оценки услуг морских экосистем в «синей экономике» / А. В. Шевчук, Г. Д. Титова. / Под ред. С.М. Никонорова, К.В. Папенова, К.С. Ситкиной // «Синяя экономика» и проблемы развития Арктики»: коллективная монография. – М.: Экологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2022. – С. 32-53.

Changes in the global value of ecosystem services / R. Costanza, P. Sutton, R. de Groot [et al.] // Global Environmental Change. – 2014. – № 26. – P. 152-158.

Cicin-Sain, B., Knecht, R. W. Integrated coastal and ocean management: concepts and practices / B. Cicin-Sain, W.R. Knecht. – Washington, D.C.: Island Press. – 1998. – 517 p.

Guide to Corporate Ecosystem Valuation. A framework for improving corporate decision-making / J. Spurgeon, E. Cooper, J. Bishop [et al.] – Switzerland: Atar Roto Presse SA. – 2011. – 73 p.

Hoegh-Guldberg, O. Reviving the Ocean Economy: the case for action / O. Hoegh-Guldberg. – Switzerland, Geneva. – 2015. – 60 p.

Mainstreaming the Economics of Nature: a Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB / P. Sukhdev, H. Wittmer, C. Neßhöver [et al.] – Malta: Progress Press, 2010. – 49 p.

The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital / R. Costanza, R. de Groot, S. Farber [et al.] // Nature. – 1997. – Vol. 387. – P. 253-260.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ КАРАСЯ *CARASSIUS AURATUS* (LINNAEUS, 1758) В ВОЛГО-КАСПИЙСКОМ И СЕВЕРО-КАСПИЙСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОДРАЙОНАХ ЮЖНОГО РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО РАЙОНА ВОЛЖСКО- КАСПИЙСКОГО РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАССЕЙНА

В.Н. Ткач, С.Ю. Никифоров

Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), г. Астрахань

В Южном рыбохозяйственном районе Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна (Волго-Каспийский, Северо-Каспийский, Северо-Западный и Терско-Каспийский рыбохозяйственные подрайоны) обитают пространственно обособленные популяции карася, имеющие промысловое значение. Карась является пресноводным многочисленным видом.

С 1980-х годов отмечается рост его запасов и уловов. Низкие уровни воды в последние годы и обильное зарастание водоемов способствуют созданию благоприятных условий нереста, выживанию молоди, обеспеченности кормом и приводят к росту запасов, численности и уловов во всех подрайонах Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна.

В последние 15 лет уловы колебались от 2,5 (2008 г.) до 7,58 (2021 г.) тыс. т (рис. 1). Во всех подрайонах карась по статистике входит в группу «прочие» пресноводные, где является доминирующим видом.

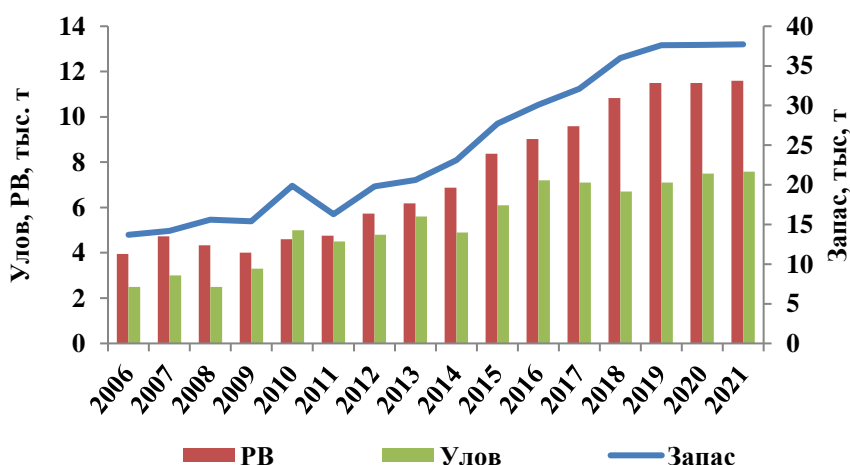


Рис. 1. Динамика уловов, рекомендованного вылова (РВ) и промысловых запасов карася в Южном рыбохозяйственном районе Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна

Наибольшая доля вылова карася в Южном рыбохозяйственном районе Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна (более 80%) приходится на Волго-Каспийский и Северо-Каспийский рыбохозяйственные подрайоны. Доля вылова карася в этих подрайонах в общем улове рыб группы «прочие» пресноводные в последние годы варьировала от 31 до 43,4 % (табл. 1).

Таблица 1

Динамика доли вылова карася в группе «прочие» пресноводные в Волго-Каспийском и Северо-Каспийском (Астраханская область) рыбохозяйственных подрайонах, тыс. т

Год	Вылов, тыс. т		Доля карася, %
	прочих рыб	карася	
2017	19,5	6,25	32,0
2018	18,8	5,83	31,0
2019	19,0	6,11	32,1
2020	17,21	6,676	38,8
2021	15,909	6,912	43,4

В Волго-Каспийском и Северо-Каспийском рыбохозяйственных подрайонах (Астраханская область) карась обитает в опресненных районах Каспийского моря и внутренних водоемах (дельта и авандельта р. Волга, в Волго-Ахтубинская пойма, западные подстепные ильмени). Уловы карася в этих подрайонах за многолетний период изменялись от 2,45 (2006 г.) до 7,2 (2016 г.) тыс. т (рис. 2).

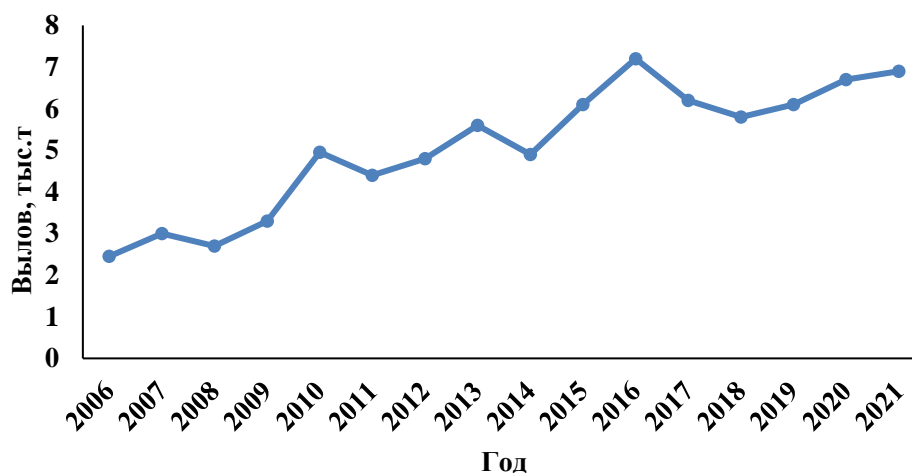


Рис. 2. Динамика уловов карася в Волго-Каспийском и Северо-Каспийском рыбохозяйственных подрайонах

Специализированный промысел карася отсутствует, он добывается при промысле полупроходных и речных видов рыб. Согласно Правилам рыболовства (Правила рыболовства..., 2014), в Каспийском море промысел

осуществляется секретами весной с 15.02 по 20.05, сетями с ячеей 55-90 мм с 01.03 по 31.03, сетями с ячеей 55-60 мм с 01.04 по 20.04 и осенью секретами с 11.09 по 10.12, сетями с ячеей 55-90 мм с 01.11 по 10.12, сетями с ячеей 55-60 мм с 20.09 по 31.10 и обкидными неводами с 01.11 по 10.12. В р. Волга и ее водотоках сроки иные: в весенний период лов секретами разрешен с 01.03 по 20.04, редкими неводами – с 01.03 по 15.04 и частыми неводами с 01.04 по 30.04, в осеннюю пору – секретами с 11.09 по 10.12 и редкими неводами с 11.09 по 10.12 (рис. 3).

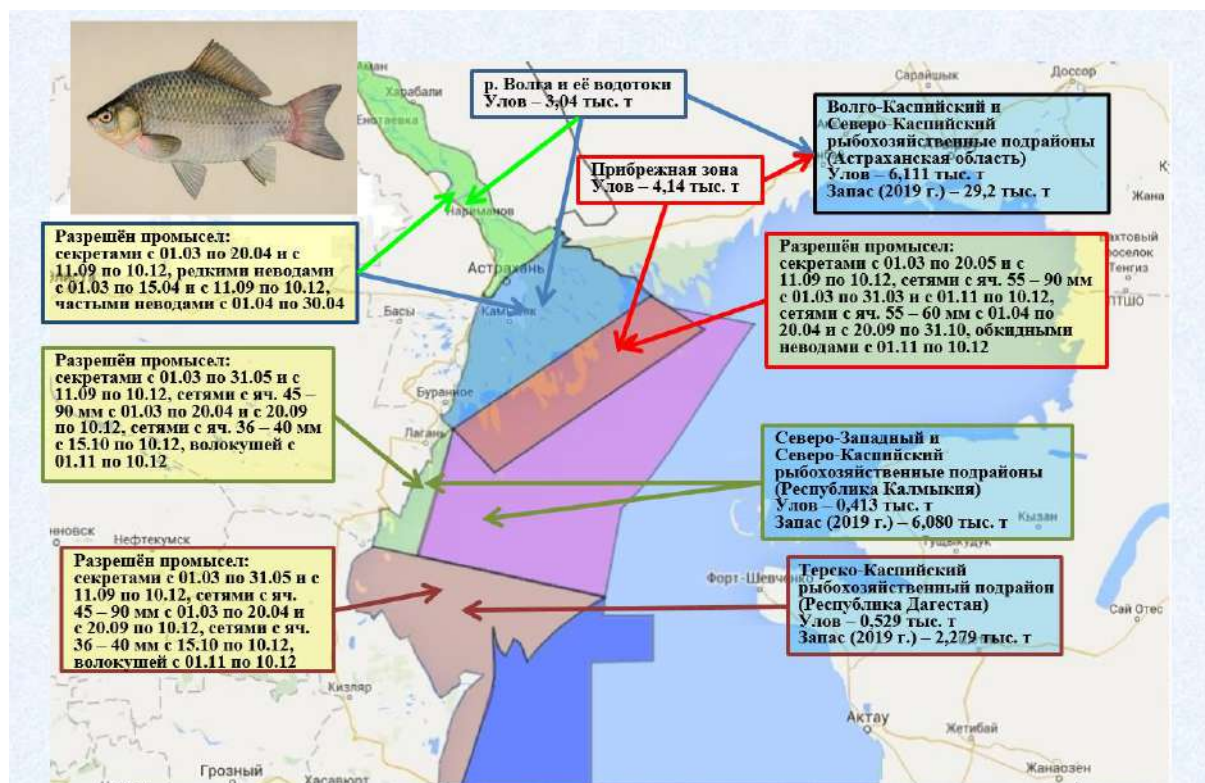


Рис. 3. Карта районов промысла карася и сроки лова

Этот вид нетребователен к кислородному режиму, предпочитает водоемы с замедленным течением, в связи с чем основными орудиями его лова являются секрета. Наибольшие его уловы отмечаются в прибрежной зоне Северного Каспия (более 60 %), доля вылова в речной зоне невысокая.

Многочисленность карася и благоприятные нагульные условия способствуют расширению его ареала и встречаемости практически во всех орудиях лова (табл. 2).

При увеличении промыслового усилия карася вылов его на единицу усилия (относительный показатель состояния запасов) увеличивается (Трещев, 1974).

Биологическое состояние популяции карася находится в удовлетворительном состоянии. Ему свойственна редкая форма размножения –

индуцированный гиногенез (Казанчеев, 1981) Для карася как типичного представителя фитофильных рыб с порционным икрометанием в последние годы сложились благоприятные нерестовые условия. Его нерестовыми биотопами являются малопроточные участки полоев, ильменей, култуков, а также мелководные прибрежные участки островов авандельты. Пик хода карася на нерестилища почти всегда совпадает с залитием полонной системы. При низком объеме половодья и, следовательно, неблагоприятных условиях залития нерестилищ нерест его происходит в мелководной, береговой зоне водотоков дельты и авандельты р. Волга. Высокая выживаемость молоди, своевременный скат в реку и обеспеченность кормом способствуют хорошим условиям его существования. Пищевой спектр карася в основном представлен растительными остатками и мелкими моллюсками.

Таблица 2

Характеристика промысла карася в Волго-Каспийском и Северо-Каспийском (Астраханская область) рыбохозяйственных подрайонах

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Рекомендованный вылов, тыс. т	7,5	8,5	9,0	9,0	9,0
Улов, тыс. т	6,249	5,83	6,11	6,676	6,912
Освоение, %	83,3	68,8	67,9	74,2	76,8
Промысловое усилие, км ³	2,1	2,1	2,1	2,2	2,3
Вылов на усилие, тыс. т/км ³	2,98	2,78	2,91	3,03	3,0

В весенний период в последние годы уловы карася по месяцам варьируют от 0,75 до 1,62 тыс. т. Держится он небольшими преднерестовыми косяками, совершая недалекие миграции на нерестилища. Наибольший вылов карася весной приходится на апрель (период его массового нереста). В начале осени он начинает концентрироваться в прибрежной зоне и в сентябре, октябре отмечаются его наибольшие уловы (Ермилова, 2018). В ноябре с понижением температуры происходит их снижение. Наибольшие скопления карася отмечаются в западных районах промысла (53,2 %).

Взросшая численность карася благодаря хорошим условиям обитания способствовала расширению его ареала в слабосоленоватые участки Северного Каспия.

Доля карася в научно-исследовательских уловах трала в 2021 г. летом составляла 13,0 % при среднем вылове на 1 станцию 9,3 экз. на 1 ч траления, осенью – 17,6 %, вылов на 1 станцию – 30,5 экз. на 1 ч траления (рис. 4).

Высокие скопления карася летом (64-160 экз. на 1 ч траления) осенью (100-272 экз. на 1 ч траления) отмечаются в районах, где большое

влияние оказывает пресноводный сток (у банок Средняя Жемчужная, Тюленья) на глубинах от 2,1 до 5,9 м при прозрачности воды от 0,4 до 1,0 м, т.е. в местах, где наибольшее влияние оказывает пресноводный сток.

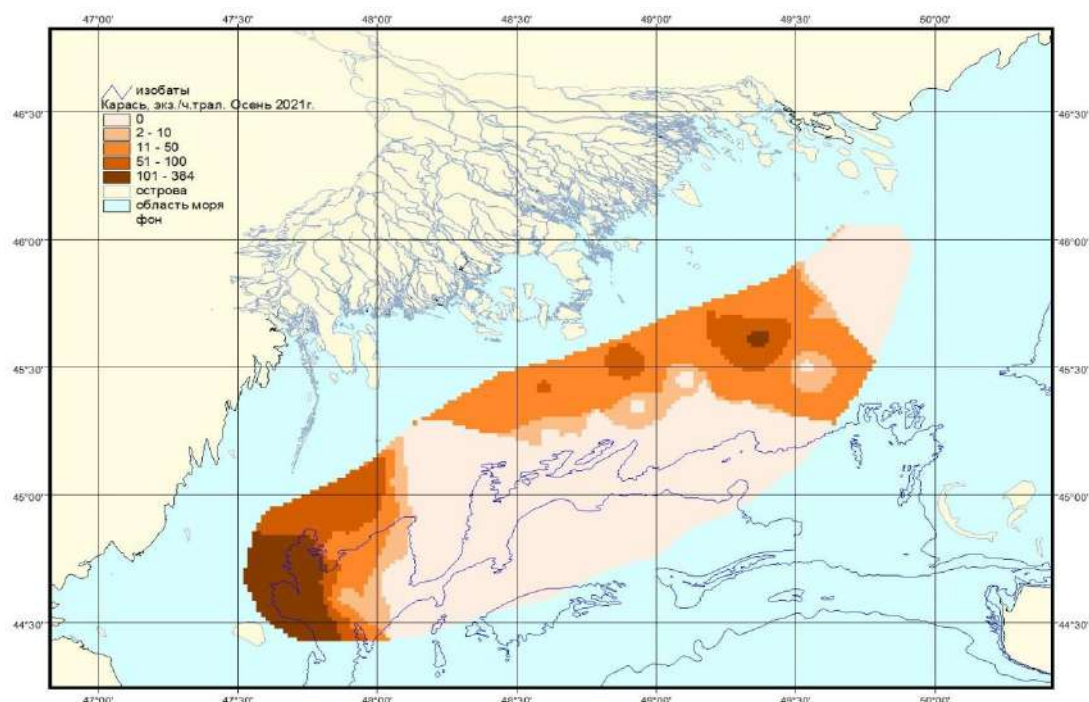


Рис. 4. Распределение карася на акватории Северного Каспия осенью 2021 г., экз. на 1 ч траления

Размерный ряд карася в море в уловах трала в основном состоял из рыб длиной 11-32 см. Средние биологические показатели его длины, массы и возраста составляли 19,5 см, 0,303 кг и 2+ лет соответственно.

Промысловая популяция карася в Волго-Каспийском и Северо-Каспийском рыбохозяйственных подрайонах (Астраханская область) в 2021 г. состояла из 9 возрастных групп (2-10-годовиков), доминировали 4-6-годовики (66,7 %) (рис. 5).

Длина карася в промысловых уловах варьировала от 17 до 39 см, доминировали особи длиной 22-30 см (56,0 %). Средние биологические показатели его длины, массы и возраста составляли 25,3 см, 0,517 кг, 5,4 года соответственно (рис. 6).

Доля самок карася в 2021 г. составляла 75,6 % и была выше, чем в 2020 г. (рис. 7).

Состояние промысловых запасов карася в последние годы в Волго-Каспийском и Северо-Каспийском рыбохозяйственных подрайонах стабильно хорошее, с тенденцией к увеличению. Численность молоди карася в последние годы изменялась от 6,12 (2019 г.) до 20,21 млрд экз.

(2017 г.) (Чавычалова, 2021), составив в 2021 г.-14,45 млрд экз., что выше средней многолетней величины (12,76 млрд экз.)

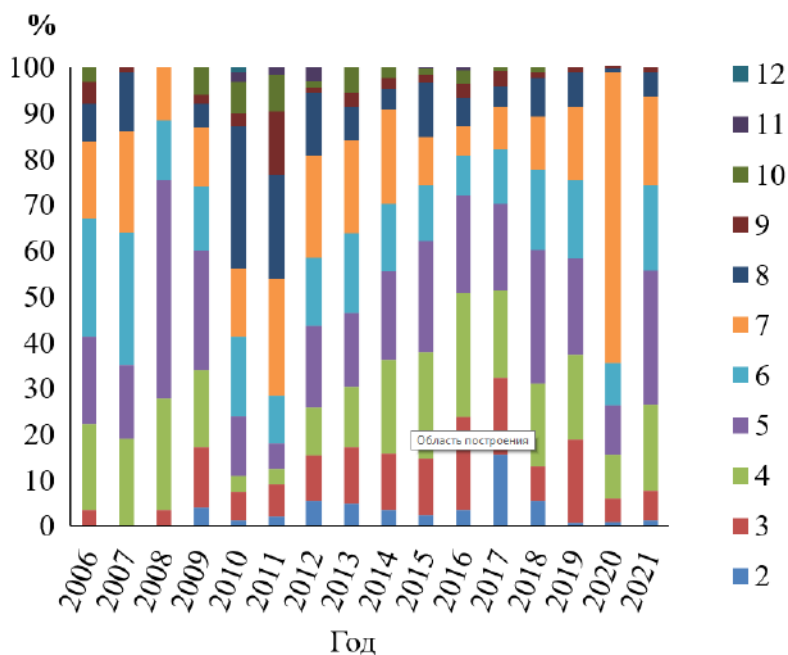


Рис.5. Возрастной состав карася в промысловых уловах в Волго-Каспийском и Северо-Каспийском рыбохозяйственных подрайонах

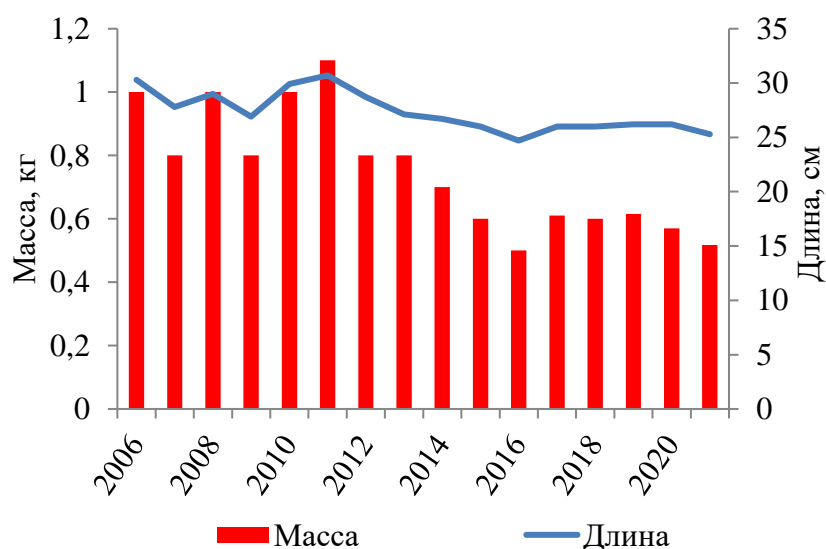


Рис. 6. Размерно-массовый состав карася в промысловых уловах

Промысловые запасы карася в Волго-Каспийском и Северо-Каспийском рыбохозяйственных подрайонах в связи с благоприятными условиями размножения и обитания имеют тенденцию к повышению и с 2006 г. по 2021 г. колебались от 10,5 до 29,2 тыс. т. Минимальный его запас отмечался в 2006 г. и базировался на низкоурожайных поколениях.

Увеличившиеся промысловые запасы в последние годы в основном формировались поколениями с высокой численностью – 15-20 млрд экз.

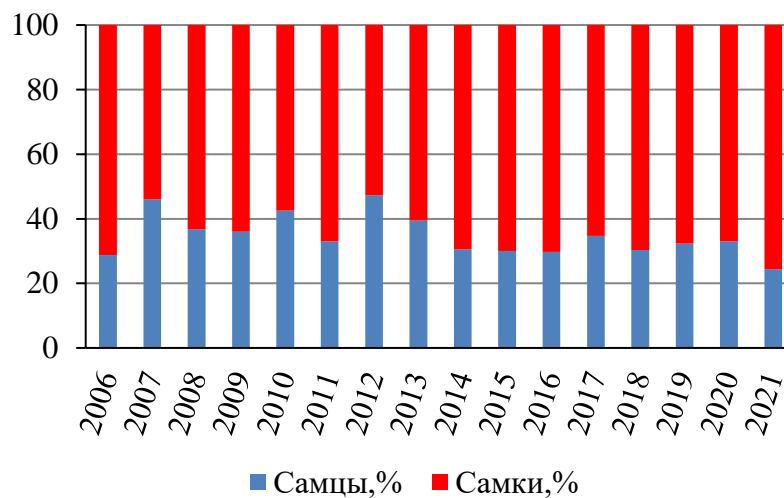


Рис. 7. Соотношение самок и самцов карася в промысловых уловах

При расчете промыслового запаса карася учитываются все наблюдаемые биологические и экологические факторы, кроме этого определяются ареал (площади) распространения, глубина водоема, (Кушнаренко, Лугарев, 1983) и интенсивность промысла (Трещев, 1974).

Таким образом, в последние годы состояние популяции карася в Волго-Каспийском и Северо-Каспийском (Астраханская область) рыбохозяйственных подрайонах оценивается как благополучное. Карась не представляет ценности и при наличии других видов водных биологических ресурсов выбрасывается, что обеспечивает ему меньшую антропогенную нагрузку и лучшее воспроизводство. В настоящее время при достаточно высоких уловах карася отмечается низкая ликвидность, поэтому возникает необходимость разработки эффективной технологии его переработки. Имеющаяся положительная динамика состояния промысловых запасов способствует рациональному управлению промыслом, направленному на увеличение изъятия карася, в целях разработки предложений по орудиям его лова и способам специализированного отлова, а также отмены установленной Правилами рыболовства промысловой меры. Все эти мероприятия приведут к рациональному использованию сырья, снижению возросшей численности популяции, препятствующей благосостоянию более ценных видов рыб, конкурирующих с ним в питании и местах обитания.

Список использованной литературы

Ермилова, Л.С. Биология и промысел серебряного карася (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758) в Волго-Каспийском и Северо-Каспийском рыбохозяйственных подрайонах (Астраханская область) / Л.С. Ермилова // Рыбное хозяйство. – 2018. – № 4.

Казанчев, Е.Н. Рыбы Каспийского моря / Е.Н. Казанчев. – М.: Наука, 1981. – 168 с.

Кушнаренко, А.И. Оценка численности рыб по уловам пассивными орудиями / А.И. Кушнаренко, Е.Г. Лугарев // Вопросы ихтиологии. – 1983. – Т. 23, вып.6. – С. 921-926.

Правила рыболовства Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна от 18.11.2014 г. № 453.

Трещев, А.И. Руководство по измерению промыслового усилия методом обловленных объемов / А.И. Трещев. – М.: ВНИРО, 1974. – 114 с.

Чавычалова, Н.И. Естественное воспроизводство полупроходных и речных рыб в низовьях дельты р. Волги в 2020 году / Н.И. Чавычалова, О.М. Васильченко, Э.В. Никитин, Р.С. Муханова // Влияние изменения климата на биологическое разнообразие и распространение вирусных инфекций в Евразии: материалы XXIII Междунар. науч. конф. с элементами школы для молодых ученых... (Махачкала, 15-16 октября 2021 г.). – Махачкала: АЛЕФ, 2021. – С. 436-438.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ РЕЧНОГО ОКУНЯ *PERCA FLUVIATILIS* (LINNAEUS, 1758) В КРУПНЫХ ВОДОЕМАХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.Ю. Тропин

Вологодский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ВологодНИРО»), г. Вологда

Введение

Внешние морфологические признаки рыб являются неотъемлемой частью их фенотипа (во многом – маркерами внутри) и межпопуляционной изменчивости (Кирпичников, 1987). В наибольшей степени изменчивость морфологических параметров наблюдается у «мирных» рыб, обитающих в слабопроточных водных объектах, в то время как хищники (щука, судак, речной окунь), а также «мирные» рыбы в условиях высокой скорости течения характеризуются незначительной вариабельностью признаков. Кроме того, морфологическая изменчивость наиболее заметно проявляется среди широко распространенных и многочисленных видов рыб, к которым относится и речной окунь. Данный объект населяет разнотипные водные экосистемы, которые существенно варьируют по условиям среды обитания, что в конечном итоге проявляется и в морфологии рыб. Целью настоящей работы является изучение изменчивости морфологических признаков речного окуня в крупных водоемах Вологодской области для оценки его внутривидовой изменчивости.

Материал и методика

Сбор полевого ихтиологического материала проводили в 2006-2010 гг. на акватории крупных рыбохозяйственных водоемов Вологодской области: озера Воже и Кубенское, а также в озерной (оз. Белое) и речной частях Шекснинского водохранилища с использованием трала, закидных неводов, ставных и плавных сетей (Методика изучения биогеоценозов..., 1975). Всего для проведения морфологического исследования было изучено 300 экз. речного окуня.

Все исследуемые рыбы подвергались полному биологическому анализу, который проводили по общепринятым ихтиологическим методикам (Правдин, 1966). В качестве регистрирующих структур для определения возраста окуня использовалась чешуя (Чугунова, 1959; Правдин, 1966). Изучение морфометрических характеристик окуня осуществляли по стандартной схеме измерения меристических (счетных) и

пластических признаков, используемых для окуневых рыб (Правдин, 1966). Статистическая обработка и анализ полученных данных выполняли с помощью программ Microsoft Excel 16 и Past 4.0 (Нохрин, 2018; Hammer, Harper, Ryan, 2001).

Результаты исследования

Результаты многочисленных морфометрических исследований популяций окуня в разнотипных водных объектах европейской части России подтверждают незначительное колебание меристических показателей по сравнению с пластическими, которые в целом не выходят за пределы внутривидовой изменчивости вида (Покровский, 1951; Изменчивость морфологических показателей..., 1993). Наименее изменчивыми среди них являются количество лучей в парных и непарных плавниках, жаберных лучей, а также позвонков в осевом скелете. Все вышеперечисленные признаки формируются на первом году жизни рыб, а их количество не меняется в онтогенезе (Изменчивость морфологических показателей..., 1993), при этом такие морфологические признаки, как количество чешуи в боковой линии рыб и тычинок на первой жаберной дуге относятся к наиболее изменчивым из счетных параметров и могут значительно варьировать в ареале.

Проведенный сравнительный анализ меристических признаков окуня в крупных водоемах Вологодской области показал различную степень варибельности счетных признаков, которая уступает показателям изменчивости пластических параметров (Тропин, Сажин, 2007а,б). К наименее варибельным относятся количество лучей в первом спинном плавнике и позвонков, а к наиболее изменчивым – количество тычинок на первой жаберной дуге, а также мягких ветвистых лучей в анальном плавнике. Кроме того, установлено, что выборки рыб из озер Кубенское и Белое достоверно отличаются от таковых из оз. Воже и речной части Шекснинского водохранилища.

Также выявлено наличие как положительных, так и отрицательных корреляционных связей между некоторыми морфологическими параметрами рыб (табл. 1). Так, окуню оз. Белое присуща отрицательная корреляция между количеством тычинок на первой жаберной дуге и мягких лучей в *A* ($r_s = -0,67$), а также слабая ($r_s = 0,10$) положительная связь между количеством лучей в *ID* и тычинок. Низкими значениями коэффициента корреляции Спирмена ($r_s = -0,29$) характеризуется отрицательная связь между количеством мягких лучей в *A* и *IID*. У окуня оз. Кубенское выявлены слабая отрицательная корреляция ($r_s = -0,22$) между количеством лучей в *A* и *ID*, слабые корреляционные связи между количеством чешуи в боковой

линии и тычинок на первой жаберной дуге ($r_s = 0,28$), а также позвонков и лучей в *A* ($r_s = 0,31$).

Таблица 1

Величина коэффициента корреляции Спирмена (r_s) между меристическими признаками речного окуня крупных водоемов Вологодской области

Признак	<i>l.l</i>	<i>ID</i>	<i>IID</i>	<i>A</i>	<i>sp. br.</i>	Кол-во позвонков
<i>Оз. Белое</i>						
<i>l.l</i>		0,807	0,269	0,162	0,217	0,165
<i>ID</i>	-0,04		0,269	1,000	0,490	0,812
<i>IID</i>	-0,16	-0,16		0,041	0,050	
<i>A</i>	0,20		-0,29		0,000	0,522
<i>sp. br.</i>	-0,18	0,10	0,28	-0,67		0,652
<i>vert.</i>	0,22	0,04		-0,10	-0,07	
<i>Оз. Кубенское</i>						
<i>l.l</i>		0,604	0,696	0,966	0,048	0,476
<i>ID</i>	-0,08		0,713	0,128	0,944	0,056
<i>IID</i>	-0,06	-0,05		0,003	0,267	0,655
<i>A</i>	0,01	-0,22	0,41		0,749	0,030
<i>sp. br.</i>	0,28	0,01	-0,16	-0,05		0,400
<i>vert.</i>	0,10	-0,27	-0,06	0,31	-0,12	
<i>Оз. Воже</i>						
<i>l.l</i>		0,968	0,281	0,358	0,609	0,255
<i>ID</i>	-0,01		0,144	0,129	0,024	0,612
<i>IID</i>	0,16	-0,21		0,000	0,000	0,003
<i>A</i>	0,13	-0,22	0,73		0,000	0,011
<i>sp. br.</i>	0,07	-0,32	0,81	0,76		0,018
<i>vert.</i>	0,19	0,09	-0,48	-0,41	-0,39	
<i>Речная часть Шекснинского водохранилища</i>						
<i>l.l</i>		0,743	0,008	0,006	0,200	0,763
<i>ID</i>	0,05		0,833	0,782	0,050	0,649
<i>IID</i>	-0,37	-0,03		0,000	0,963	0,974
<i>A</i>	-0,38	0,04	0,83		0,811	0,548
<i>sp. br.</i>	0,18	0,28	-0,01	0,03		0,675
<i>vert.</i>	0,04	0,07	-0,005	-0,09	-0,06	

Примечание. Жирным шрифтом выделены статистически значимые корреляционные связи.

В популяции окуня оз. Воже между отдельными меристическими признаками показаны как сильные, так и слабые корреляционные связи. Наиболее сильными положительными корреляциями характеризуются такие пары признаков, как количество тычинок и лучей в *IID* ($r_s = 0,81$), лучей в *A* и тычинок ($r_s = 0,76$), лучей в *IID* и *A* ($r_s = 0,73$). Отрицательные корреляции – между количеством тычинок и лучей в *ID*, позвонков и

тычинок, а также позвонков и лучей в *A* – выражены в слабой степени (см. табл. 1).

У окуня речной части Шекснинского водохранилища обнаружена сильная положительная корреляция между количеством лучей в *A* и *IID* ($r_s = 0,83$) и слабая между количеством тычинок на первой жаберной дуге и лучей в *ID*. Слабые отрицательные корреляционные связи – между количеством чешуи в боковой линии и лучей в *IID* ($r_s = -0,37$), а также между количеством чешуи в боковой линии и лучей в анальном плавнике (Тропин, 2018).

Таким образом, значения меристических признаков речного окуня в крупных водоемах Вологодской области не выходят за рамки внутривидовой изменчивости и имеют между собой отрицательные и положительные корреляционные связи.

Пластические морфологические признаки рыб в меньшей степени определяются генетически и в большей – условиями обитания, при этом вариабельность этих параметров может значительно различаться. Для оценки возможного влияния пола на пластические признаки окуня предварительно разделили выборки на самок и самцов. Результаты показали, что половой диморфизм в морфологических параметрах окуня крупных водоемов Вологодской области выражен слабо и проявляется лишь в нерестовый период, когда пропорции самок меняются в связи с увеличением линейных размеров брюшной части тела (Франтова, 1976; Тропин, Сажин, 2007а, б). В связи с тем, что для морфометрического анализа были взяты экземпляры окуня вне сроков нереста, различия между полами в популяциях окуня крупных водоемов оказались практически не выражены. Регистрировались лишь некоторые небольшие различия ($p < 0,05$) между полами по морфологическим параметрам. Так, у окуня оз. Белое самки отличались от самцов высотой головы у затылка, длиной основания анального плавника, а также наибольшей высотой анального плавника. В оз. Воже половой диморфизм у объекта обусловлен несхожестью длины рыла и горизонтального диаметра глаза, а в речной части Шекснинского водохранилища – ширины лба и заглазничного отдела головы. Для окуней оз. Кубенское значимых различий по полу в морфологии не обнаружено.

Большая часть морфологических параметров рыб имела низкую вариабельность (*CV* менее 10), и лишь незначительная часть относилась к категории со средней изменчивостью (*CV* 10-25). Высокие показатели коэффициента вариации (*CV* более 25) среди пластических признаков исследованных рыб не отмечены. Кроме того, выявлено, что для каждой из исследованных популяций окуня наблюдается изменение набора пластических признаков рыб, относящихся к категории

средневариабельных. Так, в выборке окуня из оз. Белое к таковым относились длина A ($CV = 10,61$) и расстояние между $ID-IID$ ($CV = 20,01$), а из оз. Кубенское – наибольшая высота IID ($CV = 11,87$) и расстояние между $ID-IID$ ($CV = 23,86$). В речной части Шекснинского водохранилища к средневариабельным признакам были отнесены горизонтальные диаметры глаз (от ad) ($CV = 10,26$), (от ao) ($CV = 12,15$) и ширина P ($CV = 12,15$). Наибольшим коэффициентом вариации ($CV = 20,03$) характеризуется и расстояние между $ID-IID$. Популяция речного окуня из оз. Воже по сравнению с остальными окунями отличается значительными (11) пластическими признаками со средней вариабельностью. Более высокие они у окуня из оз. Воже для расстояния между $ID-IID$ ($CV = 23,65$).

Многомерный анализ, проведенный по комплексу из 29 пластических признаков окуня изученных водоемов, позволил выявить основные закономерности, которые определяют формирование локальных популяций рыб, а также параметры, в наибольшей степени влияющие на возникновение морфологических различий. В ходе исследования были выделены три латентные переменные, объясняющие сумму в 46,7 % от общей дисперсии (табл. 2). Большие нагрузки по первой главной компоненте приходятся на признаки головы (ширина лба и высота головы у затылка) и ширину P , наибольшую и наименьшую высоту тела, а также антедорсальное расстояние. Пластические признаки, измеренные в головной части рыб и туловищные, коррелируют между собой положительно. Максимальные нагрузки на вторую главную компоненту сформировались через положительные корреляции горизонтального диаметра глаза, предельной высоты ID и IID , а также длиной V . Отрицательная корреляция была характерна для длины первой жаберной дуги и горизонтального диаметра глаза. Таким образом, анализ главных компонент показал высокую корреляцию (отрицательную и положительную) некоторых пластических признаков, характеризующих морфологию головы окуня. Кроме того, проявляется положительная корреляция между некоторыми признаками, измеренными в туловищной и головной частях рыб.

По результатам многомерного анализа исследованных популяций окуня обнаружены различия между ними. По пластическим признакам выявляется сходное варьирование пластических признаков окуня из озер Белое и Кубенское. Популяции окуня из оз. Воже и речной части Шекснинского водохранилища расположены отдельно как друг от друга, так и от популяций рыб других исследованных водоемов. Таким образом, при рассмотрении пластических признаков популяций окуня крупных водных объектов Вологодской области выявлена сходная изменчивость рыб, которая проявилась в морфологической обособленности выборок из оз. Воже и речной части Шекснинского водохранилища.

Нагрузки 29 пластических показателей речного окуня крупных водоемов Вологодской области на три главные компоненты

Признак	Главная компонента		
	1	2	3
Длина первой жаберной дуги (<i>z</i>)	0,142	-0,348	0,142
Длина рыла (<i>an</i>)	0,154	-0,182	0,185
Диаметр глаза горизонтальный (<i>np</i>)	-0,081	0,218	0,396
Заглазничный отдел головы (<i>po</i>)	0,082	-0,191	-0,035
Высота головы у затылка (<i>lm</i>)	0,258	-0,114	0,271
Ширина лба (<i>io</i>)	0,291	-0,083	0,211
Длина туловища (<i>od</i>)	0,052	0,173	0,168
Наибольшая высота тела (<i>gh</i>)	0,278	0,099	-0,200
Наименьшая высота тела (<i>lk</i>)	0,268	0,076	0,025
Антедорсальное расстояние (<i>aq</i>)	0,268	0,144	-0,016
Постдорсальное расстояние (<i>rd</i>)	-0,093	0,175	0,152
Длина хвостового стебля (<i>fd</i>)	-0,109	0,202	0,156
Длина основания <i>ID</i> (<i>qs</i>)	0,163	0,125	-0,239
Наибольшая высота <i>ID</i> (<i>tu</i>)	0,139	0,255	0,070
Длина основания <i>IID</i> (<i>qisi</i>)	0,136	0,144	0,073
Наибольшая высота <i>IID</i> (<i>tlu_i</i>)	0,066	0,320	-0,079
Расстояние между <i>ID</i> и <i>IID</i> (<i>ID-IID</i>)	0,034	0,063	0,270
Длина <i>P</i> (<i>vx</i>)	0,230	0,196	-0,034
Ширина <i>P</i> (<i>vix_i</i>)	0,294	-0,053	0,051
Наибольшая высота <i>A</i> (<i>ej</i>)	0,177	0,100	0,061
Длина основания <i>A</i> (<i>yui</i>)	0,168	0,218	-0,016
Длина <i>V</i> (<i>zzi</i>)	0,096	0,256	-0,142
Длина головы (<i>ao</i>)	0,043	0,186	-0,429
Длина рыла (<i>an</i>)	0,179	-0,090	-0,051
Диаметр глаза горизонтальный (<i>np</i>)	-0,072	0,327	0,206
Заглазничный отдел головы (<i>po</i>)	0,099	-0,052	-0,365
Высота головы у затылка (<i>lm</i>)	0,294	-0,045	0,108
Ширина лба (<i>io</i>)	0,318	0,002	0,009
Длина первой жаберной дуги (<i>z</i>)	0,181	-0,279	-0,065
Доля объясняемой дисперсии, %	23,2	13,6	9,9

Примечание. Жирным шрифтом выделены нагрузки $\geq 0,25$.

Список использованной литературы

Изменчивость морфологических показателей речного окуня *Perca fluviatilis* L. в пределах ареала / О.А. Попова, В.Л. Андреев, Н.П. Макарова, Ю.С. Решетников // Биология речного окуня. – М.: Наука, 1993. – С. 4-55.

Кирпичников, В.С. Генетика и селекция рыб / В.С. Кирпичников. – Л.: Наука, 1987. – 520 с.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – 239 с.

Нохрин, Д. Ю. Лабораторный практикум по биостатистике / Д.Ю. Нохрин. – Челябинск: Изд-во Челябинского гос. ун-та, 2018. – 289 с.

Покровский, Е.Н. Материалы по исследованию внутривидовой изменчивости окуня / Е.Н. Покровский // Труды Карело-финского отделения ГосНИОРХа. – Петрозаводск, 1951. – Т. 3. – С. 95-149.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Тропин, Н.Ю. Морфологическая характеристика окуня (*Perca fluviatilis* L.) Кубенского озера / Н.Ю. Тропин, Е.В. Сажин // Биоразнообразие пресноводных и морских экосистем: тезисы VI Всероссийской международной конференции (г. Мурманск, 1-2 ноября 2007 г.). – Мурманск ММБИ КНЦ РАН, 2007а. – С. 171-173.

Тропин, Н.Ю. Морфологические особенности речного окуня Шекснинского водохранилища / Н. Ю. Тропин // Волга и ее жизнь: сборник тезисов докладов Всероссийской конференции (п. Борок, 22-26 октября 2018 г.). – Ярославль: Филигрань, 2018. – С. 136.

Тропин, Н.Ю. Морфометрические особенности окуня (*Perca fluviatilis* L.) Белого озера / Н.Ю. Тропин, Е.В. Сажин // Материалы ежегодных смотров – сессии аспирантов и молодых ученых по отраслям наук: Естественные и физико-математические науки. – Вологда, 2007б. – С. 94-100.

Франтова, А.А. Морфологическая характеристика окуня Псковско-Чудского озера / А.А. Франтова // Сырьевые ресурсы озер Псковской области и их рациональное использование. Труды Псковского отделения ГосНИОРХ. – Л., 1976. – Т. 2. – С. 106-120.

Чугунова, Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб / Н.И. Чугунова. – М., 1959. – 162 с.

Hammer Ø. Past: palaeontological statistics software package for education and data analysis / Ø. Hammer, D.A.T. Harper, P.D. Ryan // Palaeontologica Electronica. – 2001. – Vol. i, iss. 1, art. 49 p. URL: http://Palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (дата обращения: 07.06.2022).

ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ВЕКОВОМ РАЗРЕЗЕ «КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН»

**А.Г. Трофимов, А.Л. Карсаков, М.Ю. Анциферов,
В.А. Ившин, М.А. Губанищев**
*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

Введение

Исследование сезонных и межгодовых изменений океанографических условий невозможно без наличия продолжительных рядов наблюдений. Основным источником таких рядов являются наблюдения на стандартных разрезах. Один из самых продолжительных в мире рядов океанографических данных накоплен на разрезе «Кольский меридиан», уникальном не только по длительности, но и по частоте его выполнений (6-12 раз в год). В 2019 г. ему исполнилось 120 лет. Результаты наблюдений на этом разрезе легли в основу большого числа научных работ в области региональной, промысловой и биологической океанографии Баренцева моря. Разрез был принят за реперный, по температуре на котором можно судить о тепловом состоянии вод всей южной части Баренцева моря (Терещенко, 1997).

Принимая во внимание востребованность и практическую значимость информации, полученной на разрезе «Кольский меридиан», в свете современных глобальных изменений климата (Трофимов, Карсаков, Ившин, 2018) необходимо отметить, что задача по обобщению, систематизации и анализу океанографических данных на разрезе с учетом наблюдений последних лет актуальна и практически полезна.

История наблюдений

В августе 1895 г. на 6-м Международном географическом конгрессе в Лондоне профессор Отто Петерсен из Швеции выдвинул идею объединить научные силы европейских стран для решения задач в области исследования моря в целях рационального рыболовства (Карсаков, 2009). Конгресс поддержал эту идею, и после двух международных учредительных конференций, состоявшихся в 1899 г. в Стокгольме (Швеция) и в 1901 г. в Христиании (ныне Осло, Норвегия), 22 июля 1902 г. в Копенгагене (Дания) при участии Великобритании, Германии, Дании, Нидерландов, Норвегии,

России, Финляндии и Швеции был учрежден Международный Совет по исследованию моря (ИКЕС) (Конвенция о Международном совете..., 1964).

На конференции, состоявшейся в 1899 г. в Стокгольме, для сравнимости результатов наблюдений и в целях оценки сезонных и межгодовых изменений океанографических параметров было предложено проводить наблюдения на стандартных разрезах. В Баренцевом море было рекомендовано выполнять разрез вдоль меридиана $33^{\circ}30'$ в.д. от Кольского залива на север до 75° с.ш., который получил название «Кольский меридиан» и впоследствии был продлен до 77° с.ш. (рис. 1) (Карсаков, 2009). Разрез состоит из 16 станций, его протяженность составляет 450 мор. миль. Располагаясь в южной и центральной частях Баренцева моря, он пересекает прибрежные и атлантические воды, движущиеся с запада, из Норвежского моря, на восток. Глубина на нем изменяется от 140 до 330 м, составляя в среднем 250 м.

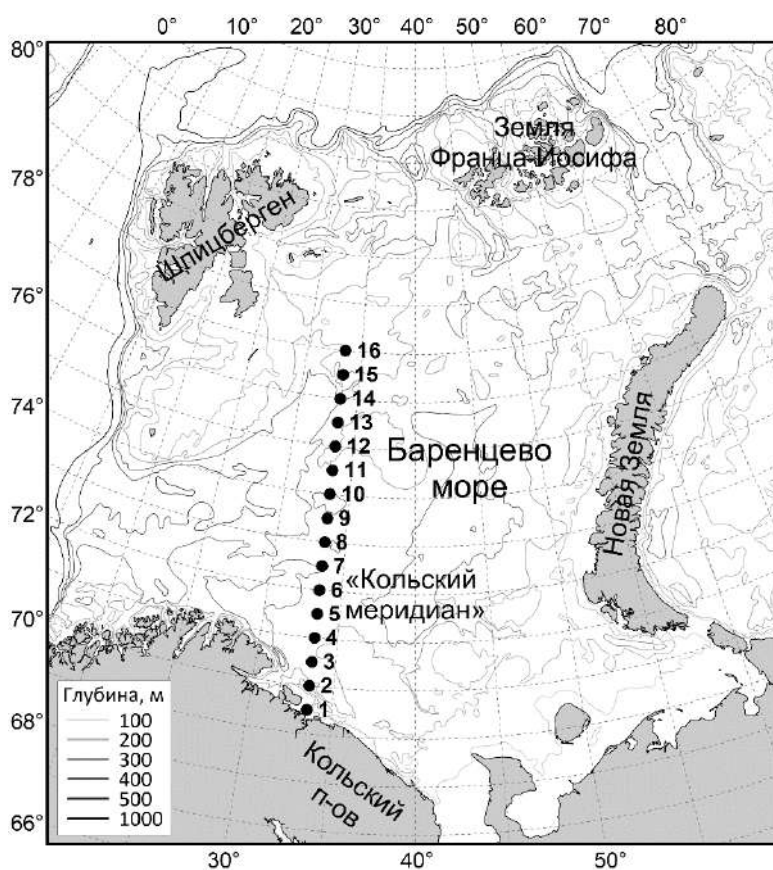


Рис. 1. Положение станций стандартного океанографического разреза «Кольский меридиан» в Баренцевом море (станции 1-16)

Согласно решению конференции 1899 г., в мае 1900 г. Россия впервые провела океанографические и биологические исследования на разрезе «Кольский меридиан» (Книпович, 1906). Работы выполнялись на пароходе

«Андрей Первозванный» под руководством Н.М. Книповича – выдающегося русского ученого и исследователя (Пашкова, 2006). Пароход «Андрей Первозванный» был первым в мире научно-промысловым судном и первым научно-исследовательским российским судном, которое было построено в 1899 г. в Германии по заказу Российской империи (Брейтфус, 1903).

Регулярные наблюдения на разрезе начались с 1928 г. на судах Плавучего морского научного института (Плавморнина), который был создан 10 марта 1921 г. и реорганизован в 1929 г. в Государственный океанографический институт (ГОИН), а в 1934 г. – в ПИНРО (Адров, 2001).

В 1954 г. на заседании бюро бассейновой секции северных морей океанографической комиссии при Президиуме Академии наук СССР разрез «Кольский меридиан», в числе других 40 разрезов, был установлен как стандартный (№ 6) и продлен до 77° с.ш. С 1955 г. к выполнению наблюдений на нем активно подключилось Мурманское управление по гидрометеорологической службе (МУГМС). В 1960 г. приказом Главгидрометслужбы разрез «Кольский меридиан» был включен в число разрезов, закрепленных для наблюдений над вековым ходом элементов океанографического режима, и получил статус «векового», проводить наблюдения на нем было рекомендовано ежемесячно. В 1976 г. приказом Госкомгидромета № 134 от 29.06.1976 ответственность за выполнение разреза «Кольский меридиан» была возложена на МУГМС. Многие годы суда МУГМС и ПИНРО проводили на этом разрезе комплекс океанографических наблюдений (Карсаков, 2009).

В период с 1956 по 1990 г. на разрезе «Кольский меридиан» ежегодно выполнялось от 163 до 283 океанографических станций (в среднем 208 станций в год), а их общее количество за это время составило 59 % от всего объема океанографических наблюдений, которыми располагает ПИНРО по этому разрезу за всю 120-летнюю историю его выполнения (рис. 2).

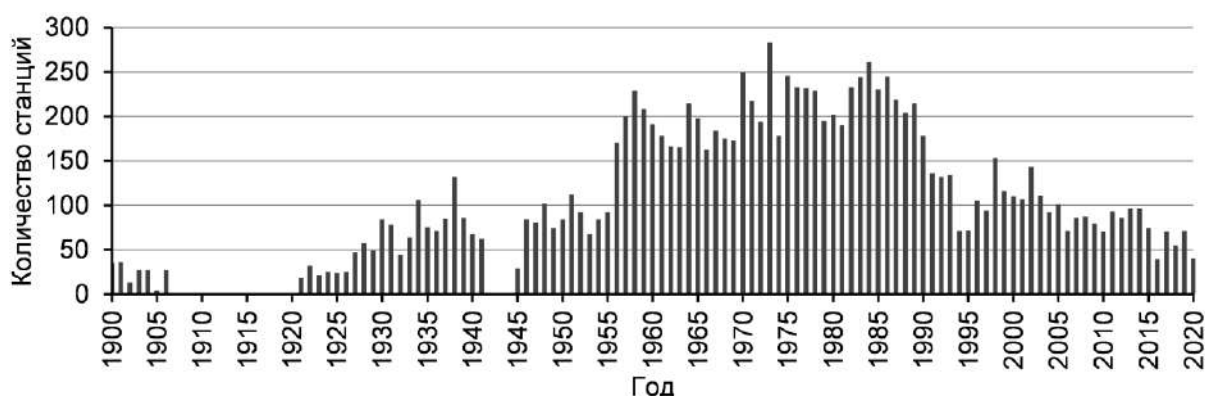


Рис. 2. Количество океанографических станций, выполненных на разрезе «Кольский меридиан» в 1900-2020 гг.

С начала 1990-х годов, в связи с распадом СССР и последовавшей за этим экономической депрессией, началось сокращение объема наблюдений на разрезе «Кольский меридиан». С 1993 г. МУГМС прекратило выполнять экспедиционные океанографические работы. В результате ответственность за продолжение наблюдений на разрезе снова легла на ПИНРО, несмотря на уменьшение объема собственных морских экспедиций. В 1990-2000-е гг., в условиях спада экспедиционной деятельности, ПИНРО приложил немало усилий для продолжения, хотя и с несколько меньшей частотой, наблюдений на разрезе. С начала 2010-х годов по не зависящим от ПИНРО причинам продолжилось сокращение наблюдений на разрезе и он стал выполняться в основном до 74° с.ш. (первые десять станций). Тем не менее, с учетом того, что с конца 1990-х годов наблюдения на остальных стандартных разрезах выполняются крайне редко и нерегулярно, разрез «Кольский меридиан» является сейчас единственным российским разрезом в Баренцевом море, по которому поддерживаются репрезентативные ряды океанографических данных.

В истории разреза «Кольский меридиан» были периоды (1900-1906, 1921-1941 и 1945-2020 гг.), когда наблюдения на нем проводились более или менее регулярно, и периоды (1907-1920 и 1942-1944 гг.), когда они не проводились совсем, причем в разные годы количество выполняемых на нем станций было различным. В результате общее количество лет, когда выполнялся разрез, составило 104. За это время он был выполнен 1263 раза, было сделано 12407 океанографических станций. Основные океанографические параметры, наблюдения за которыми ведутся на разрезе «Кольский меридиан» вот уже в течение 120 лет, – температура и соленость воды.

Сезонные изменения температуры и солености воды

В данной работе рассмотрены только первые десять станций разреза «Кольский меридиан», поскольку эти станции выполняются наиболее часто, и именно они находятся на пути основного потока теплых и соленых атлантических вод, следующих из Норвежского моря в Баренцево и далее в Арктический бассейн. На практике востребованы и удобны в использовании ряды данных по средней температуре и солености воды в слоях 0-50, 0-200, 50-200 и 150-200 м на трех участках разреза: Прибрежная (ст. 1-3) и Основная (ст. 3-7) ветви Мурманского течения и Центральная ветвь Нордкапского течения (ст. 8-10). Среднепогодные значения температуры и солености воды рассчитывались за 70-летний период с 1951 по 2020 г.

Анализ сезонной изменчивости термохалинных условий на разрезе «Кольский меридиан» показал, что сезонный ход у температуры воды

выражен гораздо лучше, чем у солёности (рис. 3, 4). Наибольший размах сезонных колебаний как температуры, так и солёности воды наблюдается в верхнем 30-метровом слое, с максимальными значениями в прибрежных водах. С глубиной и в направлении с юга на север размах сезонных колебаний температуры и солёности уменьшается. Сроки наступления сезонного минимума температуры воды приходятся в основном на апрель, когда выхолаживание вод достигает максимума, и почти не изменяются с глубиной, тогда как сроки наступления сезонного максимума с глубиной запаздывают, и если в верхнем 50-метровом слое максимум температуры наступает в августе-сентябре, то в слое 150-200 м он отмечается примерно на 3 мес. позже, в ноябре-декабре. В отдельные годы сроки начала процессов отдачи тепла поверхностным слоем и/или прогрева вод, а, соответственно, сроки наступления экстремумов температуры воды могут смещаться на 1-2 мес. относительно среднесезонных, и, в результате, период сезонного повышения температуры, например, в слое 0-200 м может удлиняться до 6-9 мес. или сокращаться до 4 при норме 5 мес.

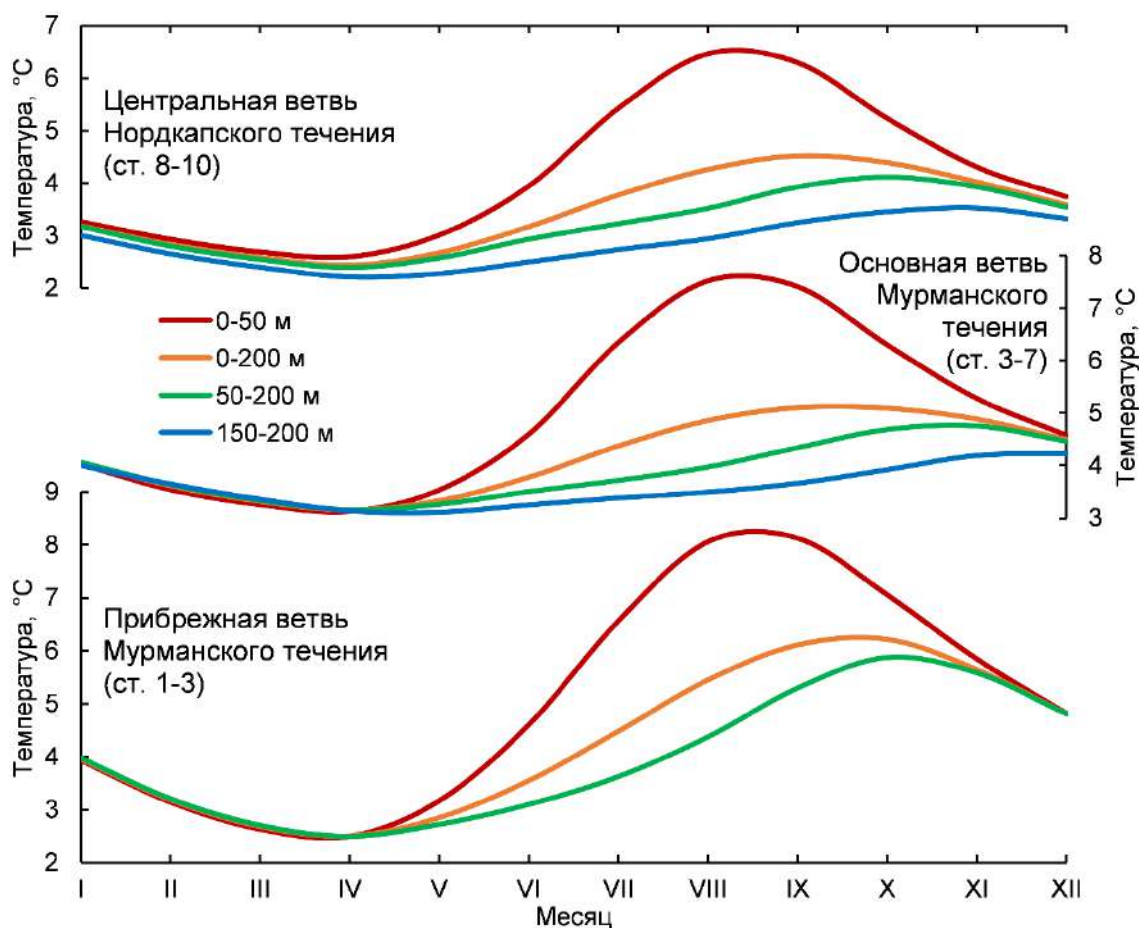


Рис. 3. Сезонный ход среднесезонной температуры воды (°С) в слоях 0-50, 0-200, 50-200 и 150-200 м на разрезе «Кольский меридиан»

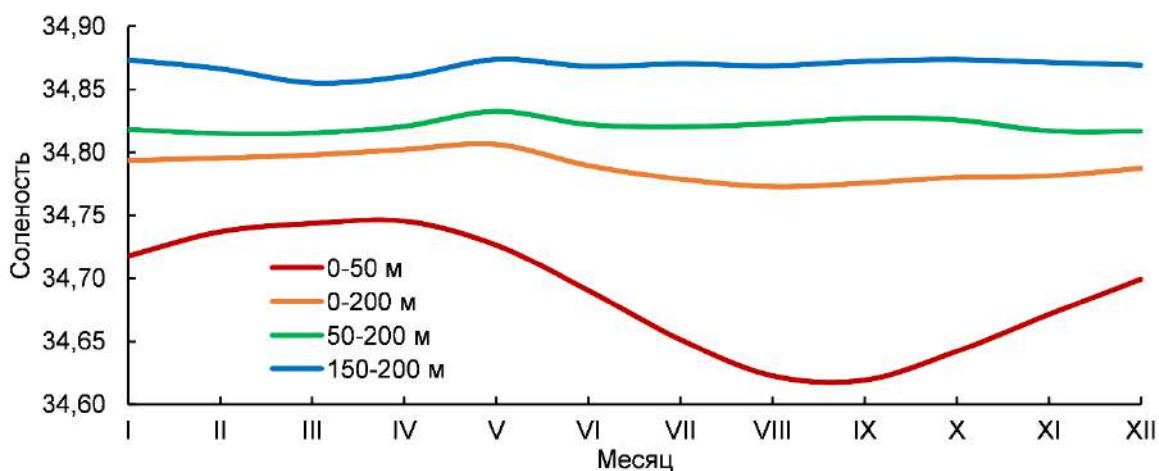


Рис. 4. Сезонный ход среднееголетней солености воды в слоях 0-50, 0-200, 50-200 и 150-200 м на станциях 3-7 разреза «Кольский меридиан»

Годовой ход солености воды наиболее заметен в верхнем 50-метровом слое, где ее минимум наступает в самые теплые месяцы (август-сентябрь), а максимум – в самые холодные (декабрь-апрель). С глубиной наступление сезонного минимума солености запаздывает. При движении вдоль разреза в северном направлении происходят сокращение времени существования термо- и халоклинов (от полугода в южной части разреза до 3-4 мес. – в северной) и уменьшение глубины залегания их нижней границы. Для холодного сезона (декабрь-апрель) характерно квазигоризонтальное вертикальное распределение температуры и солености воды на разрезе.

Межгодовые изменения температуры и солености воды

Анализ межгодовой изменчивости термохалинных условий на разрезе «Кольский меридиан» за 1951-2020 г., когда наблюдения на нем выполнялись наиболее регулярно, показал, что в промежуточных и глубинных водах Основной ветви Мурманского и Центральной ветви Нордкапского течений межгодовые изменения вносят значительный вклад в общую изменчивость температуры этих вод: размах межгодовых колебаний ее среднегодовых значений в 1,5-2,5 раза (на 0,8-1,7 °С) превышает размах среднееголетних сезонных колебаний. В Прибрежной ветви Мурманского течения (во всех слоях) и верхнем 50-метровом слое (на всем разрезе) роль сезонных колебаний гораздо значительнее, чем межгодовых, размах которых на 0,7-3,2 °С меньше, чем у сезонных. Вклад межгодовых колебаний в общую изменчивость солености воды на разрезе преобладает повсеместно: их размах на 0,20-0,42 (в 3-14 раз) превосходит по величине размах сезонных колебаний солености во всех слоях и ветвях течений.

Представленные на рис. 5 среднегодовые аномалии температуры и солёности воды деятельного слоя (0-200 м) Основной ветви Мурманского течения на разрезе «Кольский меридиан» свидетельствуют о их значительных межгодовых колебаниях и позволяют достаточно легко выделить основные теплые и холодные периоды, периоды с повышенным и пониженным солезапасом. Самая низкая температура (ниже нормы на 0,7 °С и более) отмечалась в 1963, 1966, 1978, 1979, 1981 и 1987 гг., самая высокая (более чем на 0,7 °С выше нормы) – в 2006, 2007, 2012 и 2015-2018 гг. Самая высокая солёность (более чем на 0,1 выше нормы) отмечалась в 1953, 1960, 1961 и 1970 гг., самая низкая (ниже нормы на 0,1 и более) – в 1980 и 1989 гг.

С начала 1980-х годов наблюдается повышение температуры и солёности атлантических вод на разрезе «Кольский меридиан». Устойчивый тёплый период начался с 2000 г., наиболее теплые годы наблюдались с 2004 г. Пик потепления пришелся на 2016 г., после чего наблюдается тенденция на понижение температуры атлантических вод. Солёность атлантических вод резко понизилась после 2011 г., достигнув в 2012 г. среднемноголетнего уровня, и остается с тех пор ниже нормы.

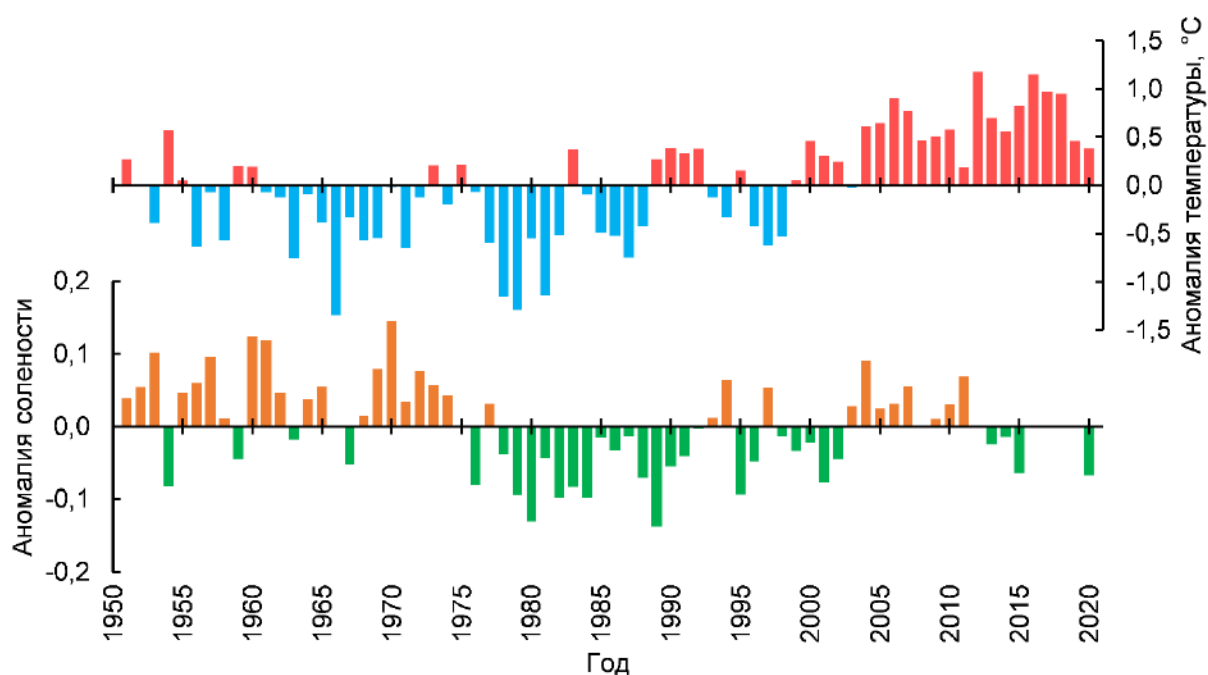


Рис. 5. Среднегодовые аномалии температуры (°С, сверху) и солёности (снизу) воды в слое 0-200 м на ст. 3-7 разреза «Кольский меридиан» в 1951-2020 гг.

Заключение

В результате обобщения и систематизации океанографических данных на разрезе «Кольский меридиан» подготовлен наиболее полный на

сегодняшний день каталог наблюдений на разрезе и создан массив данных по температуре и солености воды на нем за 1951-2020 гг. Обновлено ряды температуры и солености воды в слоях 0-50, 0-200, 50-200 и 150-200 м на трех участках разреза (Прибрежная и Основная ветви Мурманского и Центральная ветвь Нордкапского течений) и пересчитаны их нормы.

Выполнен анализ сезонной и межгодовой изменчивости температуры и солености вод основных течений на разрезе «Кольский меридиан» за 1951-2020 гг. С конца 1980-х годов наблюдается беспрецедентный по продолжительности и уровню теплового состояния вод период потепления, известный как современное «глобальное» потепление Арктики, достигшее пика в 2016 г. и сменившееся затем тенденцией на понижение температуры воды.

Список использованной литературы

Адров, Н.М. Очерки истории изучения и освоения Баренцева моря. Часть III (Первая половина XX века) / Н.М. Адров. – Мурманск: МГПИ, 2001. – 79 с.

Брейтфус, Л.Л. Экспедиция для научно-промысловых исследований у берегов Мурмана / Л.Л. Брейтфус. – Санкт-Петербург, 1903. – 218 с.

Карсаков, А.Л. Океанографические исследования на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море за период 1900-2008 гг. / А.Л. Карсаков; ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2009. – 139 с.

Книпович, Н.М. Основы гидрологии Европейского Ледовитого океана. – Санкт-Петербург, 1906. – 1510 с.

Конвенция о Международном совете по исследованию моря (Копенгаген, 12 сентября 1964 г.). – Копенгаген, 1964.

Пашкова, Т.Е. Николай Михайлович Книпович. Страницы жизни / Т.Е. Пашкова; – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2006. – 60 с.

Терещенко, В.В. Сезонные и межгодовые изменения температуры и солености воды основных течений на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море / В.В. Терещенко; ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1997. – 71 с.

Трофимов, А.Г. Изменения климата в Баренцевом море на протяжении последнего полувека / А.Г. Трофимов, А.Л. Карсаков, В.А. Ившин // Труды ВНИРО. – 2018. – Т. 173. – С. 79-91.

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАПАСОВ СИГОВЫХ РЫБ В БАССЕЙНЕ ТАЗОВСКОЙ ГУБЫ КАРСКОГО МОРЯ

В.Е. Тунёв^{1,2}, В.Р. Крохалевский¹

¹Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), г. Тюмень

*²ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного
Зауралья» (ГАУ Северного Зауралья), г. Тюмень*

Промысловые запасы сиговых рыб в бассейне р. Таз ежегодно сокращаются. Основная причина снижения численности популяций связана с высокой интенсивностью промысла и чрезмерным воздействием на нерестовые стада, что влияет на уровень естественного воспроизводства и пополнения.

Цель работы – предложить меры по снижению промысловой нагрузки на популяции сигов бассейна р. Таз.

Тазовская губа – мелководный, пресноводный эстуарный водоем, имеющий связь с Обской губой. В зимнее время она является местом нагула и зимовки сиговых и частичковых видов рыб, которые после ледостава скатываются из рек Таз и Пур и рассеиваются по акватории губы. К декабрю сиговые вытесняются заморными водами в среднюю часть губы, в район Халмер-Яха – Белые Яры. К марту-апрелю наибольшие концентрации сиговых наблюдаются в районе бухты Двух Чумов и м. Поворотный. После того, как весной вода в губе освежается, рыбы начинают мигрировать в реки на нагул и нерест. В местах скопления сиговых рыб в Тазовской губе организуется зимний промысел ставными сетями, который обеспечивает, по многолетним данным, вылов чира, сига-пыжьяна и пеляди в объеме 70, 60 и 33 % от их суммарной добычи в Тазовском бассейне соответственно.

Для большинства видов рыб промысел представляет собой важнейший лимитирующий фактор, и его воздействие на популяции не уступает воздействию факторов внешней среды (Баранов, 1925; Никольский, 1965; Тюрин 1973), на что неоднократно указывалось при характеристике промысла сиговых рыб в Тазовском бассейне и оценке его воздействия на запасы рыб (Москаленко, 1958, 1971; Петкевич, Польшинский, Замятин, 1966; Князев 2004; Тунёв, Крохалевский, 2014). Поэтому проблема определения оптимальной интенсивности промысла в настоящее время стоит достаточно остро как при разработке долговременной стратегии управления рыболовством, так и при ежегодной подготовке обоснования ОДУ. Для тазовских сигов она усложняется еще и тем, что промысловый запас осваивается различными орудиями лова,

летом – стрежевыми неводами в р. Таз, во время нерестовой миграции сиговых, а зимой – ставными сетями с ячейей 40–60 мм в Тазовской губе.

Важное значение в формировании ресурсной базы рыболовства имеет экологическое состояние водоемов, которое обуславливает продуктивность водных объектов, так как самовосстановление и ежегодное воспроизводство популяций промысловых сиговых видов рыб находятся в прямой зависимости от гидрологического режима водных объектов. В целом состояние популяций полупроходных сиговых видов рыб в водоемах Тазовского бассейна характеризуется как напряженное. В настоящее время повышенное воздействие промысла испытывают следующие виды сиговых рыб: чир, пелядь, сиг-пыжьян.

Значительный диапазон колебания уловов сиговых рыб Тазовского бассейна объясняется не только влиянием гидрологического режима на их рост, размеры, величину пополнения, но и изменениями запасов под влиянием промысла. С 2002 г. наблюдается увеличение уловов пеляди и сига-пыжьяна, что связано с увеличением интенсивности промысла (рис. 1). В летний период это произошло за счет внедрения с 2005 г. на стрежевых песках установок шоковой заморозки рыб, что позволило увеличить количество притонений. В настоящее время приемка рыбы на обработку перестала выступать фактором, сдерживающим промысел.



Рис. 1. Динамика уловов сиговых видов рыб Тазовского бассейна в 1981-2020 гг.

Выполненные расчеты показывают, что на промысловых песках в реке Таз в последние годы совершается 1700-1900 притонений за сезон против около 1000-1200 притонений в 1980-х годах (рис. 2), т.е. интенсивность облова нерестовых стад сиговых рыб возросла как минимум в 1,5 раза.

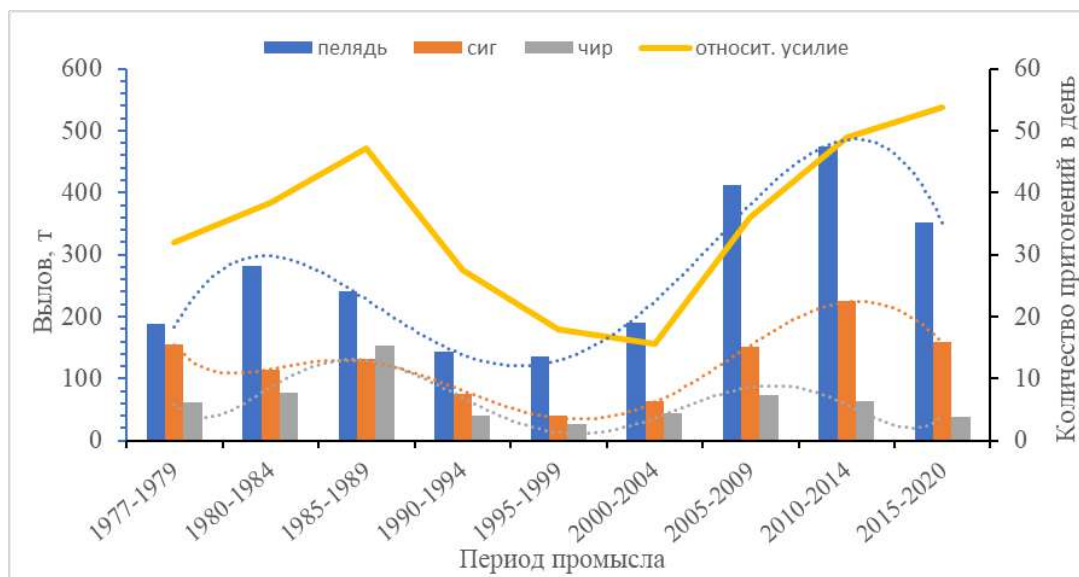


Рис. 2. Интенсивность неводного лова и уловы сиговых рыб на летнем промысле в р. Таз

Промысловая нагрузка на сиговых рыб возросла и при зимнем промысле в Тазовской губе за счет увеличения количества пользователей. Одновременно увеличивались браконьерство (Крохалевский, Жедулев, 2001) и другой незаконный промысел, особенно при осуществлении традиционного рыболовства. Ситуация усложняется тем, что в настоящее время не урегулирован регламент управления промыслом. Пелядь, как и другие сиговые рыбы в бассейне Тазовской губы, представляет единый промысловый запас, однако объемы ее допустимого изъятия устанавливаются различно: в реке Таз – ОДУ и квоты вылова, а в Тазовской губе (морской водный объект) – рекомендованный объем вылова. Наряду с промышленным выловом здесь существует и традиционное и любительское рыболовство в отношении сиговых видов рыб. Регулировать интенсивность такого рыболовства практически невозможно.

Несмотря на то, что, по официальным данным, процент освоения ОДУ пеляди, сига-пыжьяна и чира в целом по водным объектам Ямало-Ненецкого автономного округа не превышает установленный уровень изъятия, тем не менее по бассейну Тазовской губы имеются серьезные проблемы. В Тазовской губе промысел чира, сига-пыжьяна и пеляди в зимний период ведется по заявленному принципу. В результате ежегодно, особенно по чире, рекомендуемые объемы вылова значительно превышаются (табл. 1). Все это негативно сказывается на состоянии запасов сиговых рыб Тазовского бассейна.

**Освоение рекомендуемого Росрыболовством объема вылова сиговых видов рыб
в Тазовской губе, %**

Вид рыбы	Год								
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Чир	113,9	111,7	138,8	114,6	107,5	115,4	194,3	132,0	127,1
Пелядь	111,9	83,5	144,0	115,9	135,5	106,0	142,5	112,0	109,3
Сиг-пыжьян	85,4	66,1	115,0	78,4	103,6	103,8	108,4	112,0	112,6

Возрастная структура промысловых уловов чира, сига-пыжьяна и пеляди в период нагульной миграции свидетельствует об уменьшении доли старшевозрастных групп и размерного состава рыб (табл. 2-4). У чира отмечается снижение средневзвешенного показателя длины до 33 см, а массы до 460 г при одновременном уменьшении средневзвешенного возраста популяции до 5,1 лет (см. табл. 2). Средняя длина чира в промысловых уловах меньше промысловой меры (38 см), что говорит о массовом вылове неполовозрелых рыб и крайне низкой численности производителей чира. Современный промысел в Тазовской губе в значительной степени основан на вылове молоди чира (ввиду использования сетей с ячейей 40-45 мм), доля которой в общем вылове превышает 60 %.

Считаем необходимым отметить следующий важный факт. Промысел в Тазовской губе сетями с ячейей 40-45 мм всегда сопровождался значительным приловом неполовозрелого чира. Но его популяция выдерживала такое промысловое воздействие в силу того, что нерестовое стадо в реке сравнительно слабо осваивалось промыслом. В настоящее время вылов молоди в Тазовской губе и интенсивный облов нерестового стада в реке привели к катастрофическому снижению запаса чира (рис. 3). Численность промысловой части популяции тазовского чира демонстрирует практически непрерывное снижение начиная с 2011 г. Прогноз численности на 2022 г. свидетельствует о том, что этот показатель сократился более чем в два раза по сравнению с периодом 2007-2009 гг.

Аналогичная картина наблюдается и для пеляди Тазовского бассейна. В возрастной структуре уловов пеляди отмечаются уменьшение доли старшевозрастных групп, уменьшение средневзвешенных показателей длины до 24,0 см и массы до 223 г при одновременном снижении возраста промыслового запаса до 4,3 лет (см. табл. 3) и у сига-пыжьяна уменьшение показателей длины до 25,3 см и массы до 245 г при снижении возраста до 5,7 лет (см. табл. 4). Такая ситуация обусловлена высокой промысловой нагрузкой.

Таблица 2

Возрастная структура чира в промысловых уловах р. Таз за ряд лет

Год промысла	Возрастная группа, %											Средневзвешенная (-ый)		
	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	длина, см	масса, г	возраст, лет
2012	1,5	1,4	1,1	8,7	26,8	30,7	22,9	6,3	0,6	–	–	42,8	1425	7,7
2013	0,7	3,2	5,8	8,7	28,3	21,0	19,6	8,0	5,1	2,9	–	41,6	1177	7,9
2014	1,4	1,8	2,4	10,1	33,3	25,7	18,6	5,6	1,1	–	–	44,6	1329	7,7
2015	–	0,8	0,8	2,4	9,5	27,0	28,0	21,4	8,7	1,4	–	42,5	1384	8,9
2016	1,5	13,4	27,0	19,9	11,1	10,4	8,4	4,6	3,7	–	–	37,8	968	7,6
2017	1,2	4,8	9,0	10,3	20,6	21,0	18,7	10,9	3,6	–	–	41,0	1300	7,9
2018	1,5	8,0	23,1	30,9	22,2	8,7	3,6	2,0	–	–	–	37,7	925	6,2
2019	3,0	22,6	39,8	14,5	12,2	6,8	1,1	–	–	–	–	32,6	625	5,6
2020	0,8	18,5	56,8	14,5	9,2	0,2	–	–	–	–	–	33,0	460	5,1

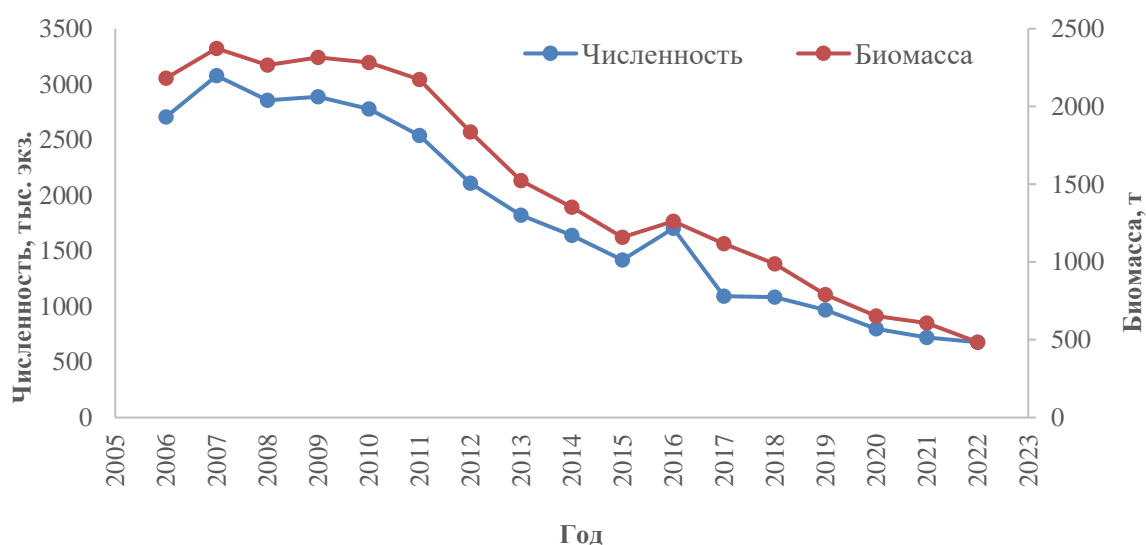


Рис. 3. Динамика численности и ихтиомассы промыслового запаса тазовского чира

Представленный материал и его анализ позволяют сделать вывод о том, что современное управление промыслом тазовских сигов с помощью установления ОДУ и квот вылова для рационального использования биоресурсов в реке Таз и Тазовской губе неэффективно, необходимо регулирование интенсивности промысла (Крохалевский, Матковский, 2015). В результате уловы могут превышать оптимальную, биологически обоснованную величину, что грозит негативными последствиями для запаса и создает предпосылки биологического перелома. В этих условиях Тюменским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» в 2021 г. разработаны предложения по снижению интенсивности промысла сиговых рыб в Тазовском бассейне, что нашло свое отражение в Правилах рыболовства.

Таблица 3

Возрастная структура пеляди в промысловых уловах р.Таз за ряд лет

Год	Возрастная группа, %								Средневзвешенная (-ый)		
	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	длина, см	масса, г	возраст, лет
2012	0,4	7,0	21,2	39,1	28,2	2,7	1,5	-	28,0	380	4,7
2013	0,2	10,3	26,0	35,2	23,9	2,7	1,8	-	28,3	375	4,5
2014	0,3	7,8	27,5	35,0	25,8	2,8	0,8	-	28,8	390	4,6
2015	-	7,6	20,4	30,5	33,1	7,7	0,6	0,1	28,9	388	4,8
2016	-	0,3	13,4	68,3	14,6	1,3	2,1	-	25,2	283	4,1
2017	-	1,6	27,4	23,9	26,8	16,8	3,1	0,4	25,3	292	4,4
2018	0,3	17,8	22,7	28,7	24,7	5,8	-	-	25,2	282	4,0
2019	0,6	8,2	34,6	39,1	13,4	2,4	1,1	0,6	25,4	257	4,0
2020	0,1	17,4	46,5	23,9	11,1	0,9	0,1	-	25,2	255	4,3
2021	0,3	4,9	27,5	58,2	8,8	0,3	-	-	24,0	223	4,3

Таблица 4

Возрастная структура сига-пыжьяна в промысловых уловах р.Таз за ряд лет

Год	Возрастная группа, %									Средневзвешенная (-ый)		
	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	длина, см	масса, г	возраст, лет
2012	-	2,2	17,7	41,8	29,8	7,3	0,1	1,0	0,1	28,7	372	6,2
2013	-	3,8	14,5	47,2	30,8	2,5	1,3	-	-	28,4	374	6,2
2014	-	9,8	27,0	29,0	24,7	7,3	1,7	0,5	-	29,0	380	6,3
2015	-	9,3	34,8	37,0	17,4	1,4	0,1	-	-	29,2	308	6,2
2016	2,3	15,4	23,1	37,7	19,2	2,3	-	-	-	27,4	368	5,6
2017	0,2	2,6	4,4	21,6	35,7	16,2	18,2	0,9	0,2	28,2	370	7,1
2018	0,3	4,4	16,3	32,3	30,8	13,7	2,0	0,1	-	26,5	259	6,3
2019	-	15,8	38,7	29,9	11,9	3,1	0,2	0,4	-	26,1	246	5,5
2020	1,2	11,8	29,4	34,6	17,5	3,9	1,5	0,1	-	27,0	260	5,7
2021	1,3	10,2	31,3	34,6	16,2	5,2	1,2	-	-	25,3	245	5,7

Для исключения перелова сиговых Тазовской губы внесены предложения в изменения в пункт 21.2.1 (б) Правил рыболовства для Западно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна «Запрещается добыча (вылов) всех видов водных биоресурсов в течение всего года в Тазовской губе по южному берегу от мыса Круглый до устья реки Адерпаута и по северному берегу от мыса Трехбугорный до устья реки Тота-Яха и установлен запрет промысла в течение всего года на акватории Тазовской губы от устья р. Таз до линии на севере между мысом Юмпурсаля по восточному берегу и мысом Енсинаяво по западному берегу.

Для ограничения промысла во время нерестовой миграции сигов на р. Таз внесены следующие запреты:

- с 10 августа до 25 августа запрещается неводной лов по магистрали р. Таз с протокой Яунтарка от пос. Тибей-Сале до устья (включительно) р. Худосей;
- с 26 августа по 15 сентября запрещается лов неводами по магистрали р. Таз с протоками от устья р. Худосей до пос. Толька Красноселькупского района;
- с 16 сентября по 25 сентября запрещается неводной лов по магистрали р. Таз от пос. Толька Красноселькупского района до п. Ратта;
- с 1 сентября запрещается лов чира на всем протяжении р. Таз».

Выводы и рекомендации

Учитывая возросшую интенсивность промысла необходимо прекратить формирование в р. Таз и Тазовской губе новых рыбопромысловых участков и уменьшить число пользователей, которым предоставляется право вылова сиговых видов рыб.

Современная система регулирования рыболовства путем весового ограничения объемов вылова не обеспечивает оптимального использования запасов. Предлагается вернуться к хорошо зарекомендовавшей себя ранее системе управления промыслом путем установления ограничений на количество орудий лова: неводов в р. Таз и ставных сетей в Тазовской губе.

Список использованной литературы

- Баранов, Ф.И. К вопросу о динамике рыбного промысла / Ф.И. Баранов // Бюллетень рыбного хозяйства. – 1925. – № 8. – С. 26-38.
- Князев, И.В. Определение оптимальной интенсивности промысла сиговых рыб Тазовского бассейна / И.В. Князев // Вопросы рыболовства. – 2004. – Т. 5, № 1(17). – С. 119-131.
- Крохалевский, В.Р. Проблемы охраны и рационального использования запасов сиговых рыб в Обской и Тазовской губах / Крохалевский В.Р. Жедулёв В.О. // Биология, биотехника разведения и промышленного выращивания сиговых рыб. – Тюмень, 2001. – С. 78-81.
- Крохалевский, В.Р. Проблемы управления промыслом с помощью ОДУ и квот вылова в водоемах Сибири / В.Р. Крохалевский, А.К. Матковский // Вопросы рыболовства. – 2015. – Т. 16, № 4. – С. 506-522.
- Москаленко, Б.К. Биологические основы эксплуатации и воспроизводства сиговых рыб Обского бассейна / Б.К. Москаленко //

Труды Обь-Тазовского отделения ВНИОРХ. – Тюмень, 1958. – Т. 1. – 251 с.

Москаленко, Б.К. Сиговые рыбы Сибири / Б.К. Москаленко. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 183 с.

Никольский, Г.В. Теория динамики стада рыб / Г.В. Никольский. – М.: Наука, 1965. – 382 с.

Петкевич, А.Н. Нерешенные вопросы регулирования рыболовства в Обском бассейне / А.Н. Петкевич // Совещание по биологической продуктивности водоемов Сибири. – Иркутск, 1966.

Тунёв, В.Е. Ретроспективный анализ промысла и динамики запасов пеляди в бассейне Тазовской губы / В.Е. Тунёв, В.Р. Крохалевский // Вестник рыбохозяйственной науки: сб. статей. – Тюмень, 2014. – Вып. 4. – С. 20-34.

Тюрин, П.В. Теоретические основы рационального регулирования рыболовства / П.В. Тюрин. – Изд-во ГосНИОРХ, 1973. – Т. 86.

ЯРУСНЫЙ ПРОМЫСЕЛ НА РОССИЙСКОМ СЕВЕРЕ: СОСТОЯНИЕ, НЕОБХОДИМОСТЬ И ВОЗМОЖНОСТИ РАСШИРЕНИЯ

В.А. Ульченко, С.В. Пьянова, В.М. Борисов

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

Введение

Донный ярусный промысел на Мурмане предположительно был привнесен на Север поморами выходцами из Великого Новгорода в IX в. (Брейтфус, 1913). Они передали свой опыт работы с ярусами норвежцам в конце XVI в. Правительство Норвегии исторически шло по пути развития мощностей ярусного флота. В то же время в СССР рыбопромысловый флот активно прирастал более механизированными и производительными тралями. В итоге упадок отечественного ярусного лова привел к его полному отсутствию с 1950 до 1982 г. (Жеребенков, Козлов, 1990). Политические и экономические реформы в России привели к сокращению численности тралового флота в Баренцевом море и увеличению количества ярусоловных судов. В настоящее время Норвегию можно признать одним из мировых лидеров в области ярусного промысла. В Российской Федерации в Баренцевом море количество российских траулеров в 10-15 раз превосходит количество ярусоловных судов, в то время как в Норвегии соотношение траловых судов к ярусным составляет 2:1 (Чумаков, Лука, 2014).

При сравнении ярусного промысла с траловым становится ясно, что ярусное рыболовство имеет много преимуществ (Рекомендации по ведению..., 2003; Греков, 2012; Чумаков, Лука; 2014). Оно считается одним из природосберегающих видов промысла, экономически более эффективным по расходу топлива, трудозатратам, товарному качеству вылавливаемой рыбы, меньше зависит от погодных условий.

Атлантическая треска *Gadus morhua morhua* – основной промысловый объект Баренцева моря – облавливается как тралями, так и ярусами, ее доля составляет до 80 % от добытой ярусами рыбы. Ослабление интенсивности промысла трески в 2008-2018 гг. привело к накоплению в популяции старших возрастных рыб (Борисов, 2012). При высоком уровне нерестового запаса возрос каннибализм трески, ведущий к сокращению численности рекрутов и всего промыслового запаса (Борисов,

Таранова, Крылова, 2018). При ярусном промысле можно целенаправленно изымать крупную треску, ослабляя пресс каннибализма.

Цель данной работы – анализ состояния сырьевой базы ярусного промысла на российском Севере в 2000-2021 гг., оценка преимуществ и перспектив ярусного промысла донных рыб в Баренцевом море, а также его влияния на изменение возрастной структуры популяции трески как наиболее значимого промыслового объекта в Северном бассейне.

Материалы и методы

При подготовке статьи использованы данные, содержащиеся в отчетах Рабочей группы ИКЕС по арктическому рыболовству за 2000-2021 гг. (Arctic fisheries working..., 2021), отчетах ФГБНУ «ВНИРО» и Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича) за 2000-2021 гг., сведения о вылове водных биоресурсов отечественным ярусоловным флотом в 2003-2021 гг., осредненные по каждому периоду и виду рыб (база данных отраслевой системы мониторинга Росрыболовства).

Результаты

Состояние ярусного промысла в Баренцевом море. Сырьевая база находится в удовлетворительном состоянии, позволяя вести эффективный круглогодичный многовидовой промысел. В Баренцевом море донными ярусами облавливают рыбу 29 видов (Греков, 2007а), среди них атлантическая треска, пикша *Melanogrammus aeglefinus*, зубатки синяя *Anarhichas latifrons* и пятнистая *Anarhichas minor*, синекорый палтус *Reinhardtius hippoglossoides*, добычу которых ярусами ведут как на уровне специализированного промысла, так и в качестве прилова (Греков, Павленко, 2011). Менее доступными для ярусного промысла являются камбала морская *Pleuronectes platessa*, камбала-ерш *Hippoglossoides platessoides*, менек *Brosme brosme*, северный макрурус *Macrourus berglax*, сайда *Pollachius virens*, золотистый окунь *Sebastes marinus*. К малоиспользуемым видам относятся скаты звездчатый *Raja radiata*, колючий *Raja clavata* и северный *Raja hyperborea*.

Следует отметить, что доступность запасов рыб различна для яруса и донного трала. Добычу таких объектов, как треска, пикша и синекорый палтус можно вести обоими орудиями лова, зубаток – ярусами, что в 14-34 раза производительнее по сравнению с добычей тралами (Греков, Шестопап, 2003). При этом ярусами осваивают до 80 % отечественного годового вылова зубаток. Ведение ярусного промысла пикши возможно при облове ее скоплений на нерестилищах в весенний период и путях

отхода с мест нагула в осенне-зимний период (Греков, Шестопап, 2003). Производительность ярусного лова синекорого палтуса возрастает в весенне-летний период, когда рассредоточение рыбы снижает производительность тралового лова (Греков, 2007б).

Районы вылова донных рыб в Баренцевом море отечественными ярусоловными судами расширяются в последние годы – центральная и прибрежная части Баренцева моря, район архипелага Шпицберген и Норвежская подзона Баренцева моря (по данным базы данных отраслевой системы мониторинга Росрыболовства). Мировой ярусный промысел осуществляется судами нескольких стран – Российской Федерации, Германии, Фарерских о-вов, Франции, Польши, Великобритании, при этом наибольший объем вылова рыбы у Норвегии.

Среднегодовой объем ярусного промысла всех донных рыб судами Российской Федерации за последние 20 лет составил 13,1 тыс. т (табл. 1). На долю трески пришлось бóльшая часть годового вылова – в среднем 67 %, на долю пикши – 14 %, синекорого палтуса – 5 %, зубаток – 14 % и на долю камбалы-ерша – 0,1 %.

Таблица 1

Среднегодовой вылов донных рыб судами ярусного лова Российской Федерации в Северо-Восточной Атлантике за 2003-2021 гг., тыс. т

Треска	Пикша	Палтус	Зубатки	Камбала	Всего	Кол-во судов
<u>12,3*</u>	<u>2,2</u>	<u>0,7</u>	<u>2,5</u>	<u>0,02</u>	<u>13,1</u>	<u>16***</u>
4,1-21,5**	0,6-6,3	0,4-1,2	0,4-6,0	0,05-0,1	6,2-20,5	14-21

*Над чертой – средний вылов.

**Под чертой – максимальный и минимальный выловы.

***Над чертой – среднее кол-во судов; под чертой – максимальное и минимальное кол-во судов.

В настоящее время ярусные суда Российской Федерации, участвующие в промысле донных рыб в Северном рыбохозяйственном бассейне, состоят из переоборудованных под ярусные траулеры типа СРТМ, СРТМк и СТР, а также из специализированных ярусных судов зарубежной постройки, общая численность которых в среднем за 20 лет составляет 16 ед. (от 14 до 21 в разные годы).

Доля ярусного промысла от общего вылова всеми орудиями добычи (вылова) в России и других странах на примере трески. Ярусный промысел трески ведется круглогодично как на специализированном промысле, так и в качестве прилова при промысле зубатки и других рыб. По данным ИКЕС, международный промысел атлантической трески всеми орудиями лова за последние 20 лет составляет в среднем 634,8 тыс. т

(Arctic fisheries working..., 2021), из которых доля ярусного вылова – 29,2 % (табл. 2).

Таблица 2

**Доля ярусного лова трески от ее общего мирового вылова
в Северо-Восточной Атлантике в 2000-2020 гг.**

Год	Вылов, тыс. т			Доля ярусного вылова, %
	трал	ярус	общий	
2000	289,3	125,6	414,9	30,3
2001	297,6	128,8	426,4	30,2
2002	300,7	144,3	445	32,4
2003	303,9	133,1	437	30,5
2004	343,5	145,9	489,4	29,8
2005	334,8	140,5	475,3	29,6
2006	333,1	136,1	469,2	29,0
2007	306	139,8	445,8	31,4
2008	313,9	135,2	449,1	30,1
2009	374,2	148,1	522,3	28,4
2010	430,3	179,7	610	29,5
2011	502,6	217,3	719,9	30,2
2012	518,6	209,2	727,8	28,7
2013	685,1	281	966,1	29,1
2014	693,5	292,9	986,4	29,7
2015	614,2	250,3	864,5	28,9
2016	623,5	225,9	849,4	26,6
2017	634,9	233,4	868,3	26,9
2018	553,4	225,2	778,6	28,9
2019	506,1	186,4	692,5	26,9
2020	510,1	183,2	693,3	26,4
Средний	450,9	183,9	634,8	29,2

Если анализировать динамику среднего показателя общемирового вылова трески ярусами всеми странами-участниками, то прослеживается тенденция к незначительному снижению от 30,3 % в 2000 г. до 26,4 % в 2020 г. Вклад ярусных судов в отечественный вылов трески в Баренцевом море с 2003 по 2021 г. варьировал в пределах 4,1-21,5 тыс. т, составляя в среднем 12,5 тыс. т. В последние 5 лет наблюдается рост объемов вылова в среднем до 14,6 тыс. т, при этом удельная доля стабилизировалась на уровне 4 % от общего российского вылова трески всеми орудиями лова за рассматриваемый период (табл. 3). Доля ярусного вылова трески за последние 20 лет в Баренцевом море российскими судами составляет не более 0,5 % от ее международного промысла всеми орудиями лова (за последние 5 лет она увеличилась до 0,6 %).

Таблица 3

Вылов трески рыбодобывающими судами России с использованием тралов и ярусов в 2003-2021 гг.

Год	Международный промысел, тыс. т	Вылов Россией, тыс. т		Доля ярусного вылова Россией, %	
		траловыми судами	ярусными судами	от общего вылова	от международного (всеми типами судов)
2003	2185,16	182,16	4,1	2,2	0,19
2004	2205,52	201,52	6,12	3,0	0,28
2005	2205,07	200,07	6,96	3,5	0,32
2006	2209,78	203,78	7,0	3,4	0,32
2007	2193,22	186,22	7,25	3,9	0,33
2008	2198,22	190,22	9,8	5,2	0,45
2009	2238,29	229,29	11,3	4,9	0,50
2010	2277,54	267,54	12,5	4,7	0,55
2011	2321,32	310,32	12,5	4,0	0,54
2012	2341,94	329,94	15,0	4,5	0,64
2013	2445,31	432,31	16,3	3,8	0,67
2014	2447,47	433,47	15,9	3,7	0,65
2015	2396,18	381,18	18,0	4,7	0,75
2016	2410,10	394,10	21,5	5,5	0,89
2017	2413,18	396,18	19,6	4,9	0,81
2018	2358,36	340,36	14,2	4,2	0,60
2019	2341,08	322,08	12,8	4,0	0,55
2020	2333,99	313,99	12,36	3,9	0,53
2021	2716,94	351,91	14,2	4,04	0,52
<i>Средняя за 2003-2021 гг.</i>	2328,4	298,2	12,5	4,1	0,5
<i>Средний за последние 5 лет</i>	2432,7	344,9	14,6	4,2	0,6

Очевидно, что при данных мощностях российского ярусного промысла в Северном рыбохозяйственном бассейне он не оказывает существенного воздействия на состояние запасов донных рыб, особенно в сравнении с международным.

Преимущества и необходимость ярусного лова рыб в Баренцевом море. Донными ярусными орудиями облавливаются более крупная рыба, и по мере увеличения размеров рыбы относительная селективность яруса возрастает. Так, по данным многолетних наблюдений специалистов ФГБНУ «ВНИРО», основу уловов трески ярусом формируют крупные особи длиной 61-75 см (от 25 до 146 см), а доля молоди непромысловых размеров составляет менее 2 %. При облове ярусами крупная рыба, почувствовав запах наживки, быстрее мелкой достигает яруса и выигрывает конкурентную борьбу у мелких особей (Løkkeborg, Bjordal, 1992). Поскольку количество крючков на ярусе ограничено, крупная рыба занимает их и сокращает количество свободных крючков, поэтому прилов

маломерной рыбы ярусом минимальный (Греков, Павленко, 2011). Треска – активный хищник, она питается плавающими объектами и эффективность ее вылова донным ярусом с хребтиной, имеющей положительную плавучесть, выше, чем при расположении крючков на грунте. Ярус эффективнее трала по размерному составу улова, а также при облове разряженных скоплений (Сеславинский, 2003). Следовательно, эксплуатация запасов рыб ярусными орудиями лова позволит перераспределить промысловую нагрузку с молоди на рыб старших возрастных групп, что биологически оправдано, поскольку позволит реализовать возможность роста и репродуктивный потенциал путем участия в нересте. Например, треска вступает в промысловый запас в возрасте 3+ и ее интенсивно облавливают тралом, а для ярусных орудий лова она еще остается малодоступной.

Необходимость расширения масштабов ярусного промысла диктуется также каннибализмом у трески, особенно в условиях дефицита традиционных кормов (мойва, сайка, сельдь). Это явление – одна из основных причин снижения ее промыслового запаса после 2013 г. и конкурент промыслу (Долгов, 2016; Борисов, Тарантова, Крылова, 2018). В результате нарушается структура популяции, и на долю трески в возрасте 8+ лет приходится до 30,4 % особей (Борисов, Леонтьев, Пьянова, 2021). Ослабление пресса промысла снижением общего допустимого улова лишь увеличивает накопление каннибалов в популяции. Необходим целенаправленный промысловый пресс на старшую возрастную категорию (8+) посредством увеличения масштабов и расширения районов ярусного промысла.

Возможности расширения ярусного промысла в России. Существующий в Баренцевом море промысловый запас трески не полностью осваивается современным траловым флотом. Подсчитано, что сырьевая база, не востребуемая флотом, составляет 100-300 тыс. т для дополнительной работы 7-10 ярусных судов (Борисов Леонтьев, Пьянова, 2021). Проблема организации ярусного промысла заключается в необходимом количестве специализированного флота, ориентированного на промысловое изъятие крупных особей трески и других промысловых рыб. Без изменения ситуации реальный вклад ярусного флота, состоящий из 14-21 судов, в общероссийский вылов трески останется стабильным на уровне 4 %. Для исправления возрастной структуры стада трески путем промысла необходимы как переоборудование имеющихся судов в ярусоловные, так и строительство новых современных ярусных судов для российского Севера.

Кроме запасов рыб, эксплуатируемых совместно с траловым промыслом, ярусным можно осваивать дополнительные (в том числе и

нерегулируемые до настоящего времени) сырьевые ресурсы, малодоступные для трала – зубатки, менек, северный макрурус, скаты. Однако сегодня промысел ориентируется на добычу основных, наиболее ценных видов рыб, а дополнительным сырьевым ресурсам не уделяется должного внимания.

Заключение

Использование ярусных орудий лова в Баренцевом море соответствует как биологическим аспектам рационального рыболовства (вылов крупной рыбы сокращает численность объектов, изъятых из промыслового запаса, приловы молоди минимизируются, значит, восстанавливается естественная возрастная структура популяции), так и экономическим. Ярусный промысел донных рыб в целом (особенно российский) при существующих мощностях добывающего флота не оказывает значительного влияния на состояния запасов донных рыб в Баренцевом море. Необходимо расширить масштабы отечественного ярусного промысла в Баренцевом море для целенаправленного изъятия более крупной рыбы старшего возраста, а также для освоения дополнительных сырьевых ресурсов, малодоступных траловому промыслу.

Список использованной литературы

Борисов, В.М. В Баренцевом море переизбыток трески / В.М. Борисов // Рыбное хозяйство. – 2012. – № 4. – С. 21-23.

Борисов, В.М. О необходимости учета хищничества баренцево-морской трески (*Gadus morhua morhua*) в регулировании ее промысла / В.М. Борисов, И.В. Тарантова, Г.А. Крылова // Вопросы рыболовства. – 2018. – Т. 19, № 1. – С. 20-33.

Борисов, В.М. Оценка неиспользуемой сырьевой базы трескового промысла в Баренцевом море / В.М. Борисов, С.Ю. Леонтьев, С.В. Пьянова // Труды ВНИРО. – 2021. – Т. 183. – С. 27-38.

Брейтфус, Л.Л. Рыбный промысел русских поморов в Северном Ледовитом океане; его прошлое и настоящее / Л.Л. Брейтфус // Материалы к познанию русского рыболовства. – СПб., 1913. – Т. 2, вып. 1. – 46 с.

Греков, А.А. Сырьевая база ярусного рыбного промысла в Баренцевом море: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.А. Греков. – 2007а. – 26 с.

Греков, А.А. Относительная селективность донных ярусов к тралам при облове черного палтуса в Баренцевом море / А.А. Греков // Вопросы рыболовства. – 2007б. – Т. 8, № 2(30). – С. 239-251.

Греков, А.А. Донный ярусный промысел в Баренцевом море и сопредельных водах / А.А. Греков; отв. ред. К.В. Древетняк; ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2012. – 215 с.

Греков, А.А. Сравнение ярусного и тралового донных видов промысла в Баренцевом море для разработки предложений по устойчивому использованию морских биоресурсов Баренцева моря / А.А. Греков, А.А. Павленко. – М.; Мурманск: WWF, 2011. – 52 с.

Греков, А.А. Возможности ярусного лова донных рыб в Баренцевом море и сопредельных водах / А.А. Греков, И.П. Шестопап // Труды ВНИРО. – М.: Изд-во ВНИРО, 2003. – Т. 142: Донные экосистемы Баренцева моря. – С. 272-284.

Долгов, А.В. Состав, формирование и трофическая структура ихтиоценоза Баренцева моря / А.В. Долгов; отв. ред. К.М. Соколов; ПИНРО. – Мурманск: ПИНРО, 2016. – 336 с.

Жеребенков, Ю.Ф. Прогноз развития РПС ярусного лова / Ю.Ф. Жеребенков, А.А. Козлов // Обзорная информация. ЦНИИТЭИРХ – Сер. Промышленное рыболовство. – 1990. – Вып. 1. – С. 56-69.

Рекомендации по ведению ярусного промысла донных рыб на Северном бассейне (календарь промысла) / ПИНРО; сост. И.П. Шестопап, М.С. Шевелев, А.А. Греков; отв. ред. С.Ф. Лисовский. – Изд-во ПИНРО, 2003. – 137 с.

Сеславинский, В.И. Способы повышения эффективности донного ярусного лова / В.И. Сеславинский // Известия ТИНРО. – 2003. – Т. 135. – С. 382-392.

Чумаков, А.К. Перспективы развития ярусного промысла в Баренцевом море / А.К. Чумаков, Г.И. Лука; ред. и авт. предисл. В.К. Зиланов. – СПб.: Наука, 2014. – 336 с.

Arctic fisheries working group (AFWG) [Текст] / J.A. Godiksen, E. Berg, ... A. Filin. – Copenhagen, 2021. – 832 p.

Lókkeborg, S. Species and size selectivity in longline fishing: a review / S. Lókkeborg, A. Bjordal // Fish. Res. – 1992. – № 13. – P. 311-322.

ТЕМП РОСТА МОЛОДИ НОРВЕЖСКО-БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО ОКУНЯ-КЛЮВАЧА *SEBASTES MENTELLA* В РАЗНЫХ ЧАСТЯХ АРЕАЛА

А.А. Филин, М.В. Почтарь

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича),
г. Мурманск

Молодь окуня-клювача (*Sebastes mentella* Travin) норвежско-баренцевоморской популяции встречается на обширной акватории, включающей Баренцево море и прилегающие районы Норвежского и Гренландского морей (Барсуков, Шестова, Мухина, 1986). Распределение вида на ранних стадиях развития обусловлено течениями, разносящими личинок, держащихся после вымета в поверхностных слоях воды, и мальков, в первые месяцы жизни тоже обитающих в пелагиали, из районов размножения. Молодь оседает на дно в декабре; первые годы жизни она держится районов, куда была занесена на стадиях личинки и малька. Лишь с возраста 5-6 лет окунь-клювач способен совершать активные миграции, двигаясь против течения (Барсуков, Шестова, Мухина, 1986).

В ходе пассивных миграций, вызванных потоком теплых атлантических вод, часть молоди окуня-клювача может заноситься на северные и восточные окраины ареала, отличающиеся более суровыми температурными условиями в сравнении с юго-западным и центральным районами обитания изучаемого вида. Это обусловлено влиянием холодных арктических водных масс. В области смещения атлантических водных масс с течениями арктического и баренцевоморского происхождения формируется зона полярного фронта.

По данным В.В. Барсукова, Л.М. Шестовой, Н.В. Мухиной (1986), мальки окуня-клювача, занесенные на восток и северо-восток ареала, в массе своей гибнут в первые годы жизни. Литературные сведения об особенностях развития выжившей в этих условиях молоди окуня-клювача, в сопоставлении с молодью из других районов, отсутствуют. Вместе с тем, такая информация способна расширить наши представления о формировании урожайности поколений рассматриваемого вида. Кроме того, она имеет важное значение в оценке перспектив расширения ареала окуня-клювача при наблюдаемом потеплении Арктики. Известно, что для многих видов рыб попадание в неблагоприятные температурные условия приводит к снижению темпа роста, что влияет на их выживаемость, отражается на темпах полового созревания.

В связи с вышеизложенным целью данной работы был сравнительный анализ роста молоди окуня-клювача в разных частях ареала.

В работе использовали данные по пространственному распределению и размерно-возрастному составу уловов молоди окуня-клювача, полученные в рейсах научных судов. Источником информации служила база данных Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО». Материал был собран в 2001-2020 гг., во время проведения российской многовидовой тралово-акустической съемки (с ноября по декабрь) и российско-норвежской осенней экосистемной съемки (с августа по октябрь).

Сравнительный анализ темпа роста молоди окуня-клювача выполнен для четырех районов, условно обозначенных нами как: 1 – юго-западная, 2 – северо-западная, 3 – северо-восточная и 4 – юго-восточная части ареала. Границы этих районов и места сбора возрастных проб молоди окуня-клювача представлены на рис. 1.

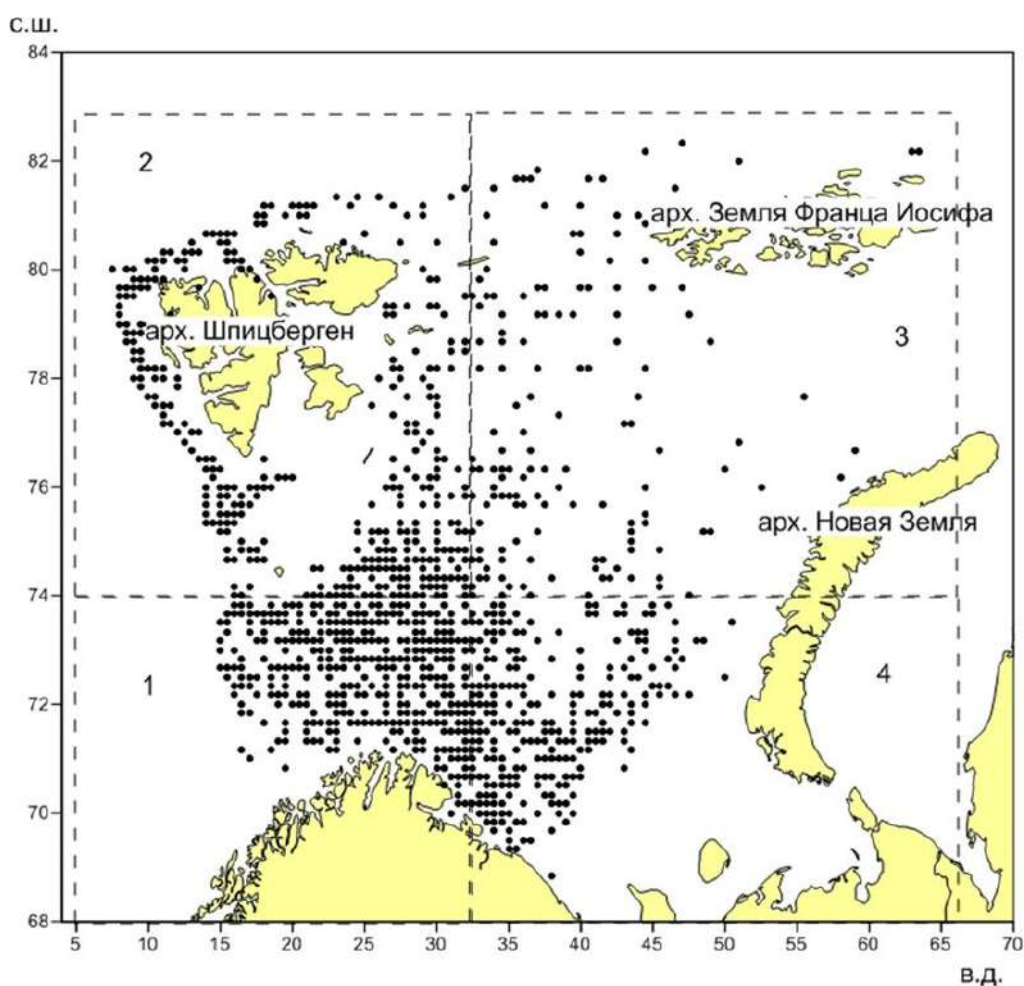


Рис. 1. Места взятия возрастных проб окуня-клювача длиной 5-20 см (обобщенные данные за 2000-2021 гг.; пунктирная линия показывает границы районов, номера которых обозначены на карте цифрами)

Для анализа использовали данные по длине и массе рыб, размер которых не превышал 20 см, а возраст – 5 лет. По литературным сведениям (Барсуков, Шестова, Мухина, 1986), молодь окуня-клювача в возрасте до 5-7 лет и длиной до 18-25 см живет оседло и не совершает сезонных миграций. Поскольку темп роста у неполовозрелых самцов и самок норвежско-баренцевоморского окуня-клювача существенно не различается (Сорокин, Шестова, 1988), для анализа размеров молоди из разных районов использовали данные без разделения рыб по полу. При промерах окуня-клювача измеряли общую длину тела рыбы с расправленным хвостовым плавником с точностью до 1 см.

Возраст определяли по отолитам, которые предварительно распиливали и обжигали по методу «break-and-burn» (Age determination and..., 2005). Спил отолита смачивали спирто-глицериновым раствором и анализировали под стереомикроскопом LEICA MS 5 при 1,6-кратном увеличении. В определении возраста был задействован свет, падающий под углом наклона 30-40°.

За годовое кольцо брали совокупность двух смежных зон: опаковой (зимней) и гиалиновой (летней). Первое мальковое кольцо не учитывали, так как оно формируется при переходе пелагической молоди к придонному образу жизни. Кольца на отолитах подсчитывали по нескольким направлениям: по боковой короткой и длинной осям отолита, в длину. Тонкие, сливающиеся между собой кольца рассматривали как дополнительные и не принимали во внимание при определении возраста. Зону прироста по краю отолита помечали «+» и не учитывали при подсчете количества полных лет (например, 3+ оценивали в 3 года).

Использованные в работе данные по определению возраста окуня-клювача включали собственные и полученные предшествующими учеными оценки. В целях проверки сопоставимости новых и старых оценок возраста молоди окуня-клювача мы повторно определили возраст у 100 рыб, случайно выбранных из базы данных за разные годы, используя отолиты, хранящиеся в лаборатории. Расхождения между оценками оказались незначительными и касались в основном наличия или отсутствия зоны прироста по краю отолита, что не отражалось на подсчете количества полных лет. В целом совпадение наших и первоначальных оценок возраста составило 99 % для рыб в возрасте 1-2 года и 94 % для рыб в возрасте 3-5 лет.

Объем использованного в работе материала представлен в табл. 1.

При статистической обработке полученных результатов применялись стандартные методы (Ивантер, Коросов, 2003). Для оценки статистической значимости различий средних размеров рыб из разных районов

использовали критерий Стьюдента, рассчитанный с учетом величины сравниваемых выборок.

Таблица 1

Количество рыб (экз.) в разном возрасте, использованное в сравнительном анализе роста молоди окуня-клювача в исследованных районах

Возраст, лет	Район 1	Район 2	Район 3	Район 4
1 (1+)	70	93	30	28
2 (2+)	112	189	52	75
3 (3+)	161	172	57	131
4 (4+)	245	244	71	270
5 (5+)	238	334	31	274
Всего	826	1032	241	778

Средние длина и масса тела молоди окуня-клювача в возрасте от 1 до 5 лет в исследованных районах представлены в табл. 2. Их значения во всех рассмотренных возрастных группах были наименьшими в районе 3 (северо-восточная часть ареала), а наибольшими – в районе 2 (северо-западная часть ареала).

Таблица 2

Средняя длина и масса молоди окуня-клювача в рассмотренных районах

Возраст, лет	Район 1	Район 2	Район 3	Район 4
<i>Длина, см</i>				
1	8,9 ± 1,1	9,4 ± 1,6	8,2 ± 1,0	8,2 ± 1,4
2	10,6 ± 1,7	11,3 ± 1,5	9,7 ± 1,4	10,3 ± 1,9
3	13,0 ± 1,1	13,4 ± 1,3	12,0 ± 1,7	13,0 ± 1,6
4	15,8 ± 1,1	16,1 ± 1,0	15,0 ± 1,5	15,8 ± 1,0
5	17,7 ± 1,0	18,0 ± 0,7	16,7 ± 2,6	17,5 ± 0,8
<i>Масса, г</i>				
1	7,5 ± 0,3	10 ± 0,6	5,8 ± 0,3	6,7 ± 0,4
2	14,6 ± 0,7	18,8 ± 0,8	10,2 ± 0,7	13 ± 0,7
3	27,4 ± 0,8	29,8 ± 0,9	22,1 ± 1,5	28,3 ± 1,1
4	48,4 ± 1,0	52,3 ± 1,0	41 ± 1,3	48,3 ± 1,0
5	66,6 ± 1,3	71,8 ± 0,8	57,3 ± 2,5	64,5 ± 0,9

В табл. 3 показаны отклонения длины и массы рыб из разных районов от осредненного показателя для всего ареала. Видно, что разница в размерах рыб из разных частей ареала снижается по мере их роста. Наиболее выражена она в возрасте 1-2 года. Молодь окуня-клювача из разных районов различалась по массе тела в большей степени, чем по длине.

Рис. 2 демонстрирует относительный годовой прирост длины тела у окуня-клювача в возрасте от 2 до 5 лет в исследованных районах.

**Отклонения от средних значений длины и массы тела
(рассчитанных как среднее арифметическое для четырех районов)
молоди окуня-клювача в разных районах, %**

Возраст, лет	Отклонения от СЗ в районе 1	Отклонения от СЗ в районе 2	Отклонения от СЗ в районе 3	Отклонения от СЗ в районе 4
<i>Длина, см</i>				
1	2,6	8,4	-5,5	-5,5
2	1,2	7,9	-7,4	-1,7
3	1,2	4,3	-6,6	1,2
4	0,8	2,7	-4,3	0,8
5	1,3	3,0	-4,4	0,1
<i>Масса, г</i>				
1	0,0	33,3	-22,7	-10,7
2	3,2	32,9	-27,9	-8,1
3	1,9	10,8	-17,8	5,2
4	1,9	10,1	-13,7	1,7
5	2,4	10,4	-11,9	-0,8

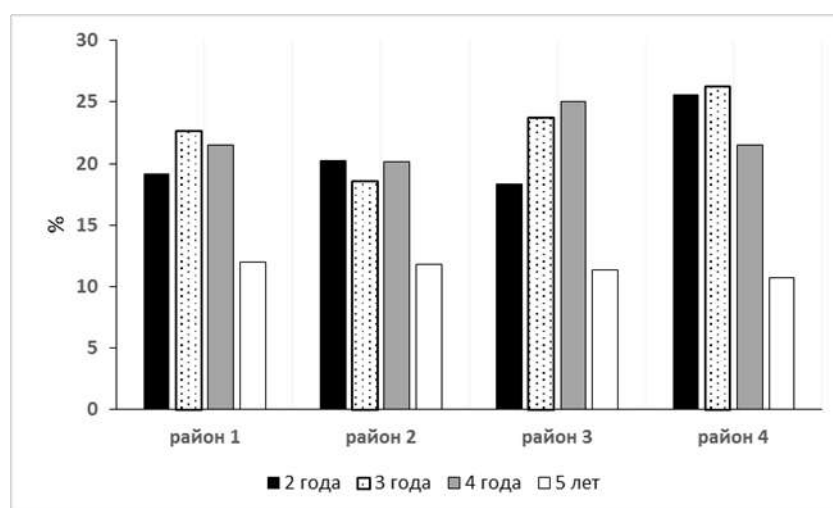


Рис. 2. Относительный годовой прирост длины тела у окуня-клювача в возрасте от 2 до 5 лет в исследованных районах

В качестве общей закономерности можно выделить резкое снижение темпа роста рыб в пятилетнем возрасте. В районе 3 выявлено последовательное увеличение относительного годового прироста длины тела рыб по мере их роста до четырех лет. Это может быть следствием как компенсационного роста (вызванного замедленным развитием в первый год жизни), так и пассивных миграций в этот район молоди из прилегающих акваторий. Для других районов последовательных направленных изменений

относительного годового прироста молоди окуня-клювача в первые четыре года жизни не выявлено (см. рис. 3).

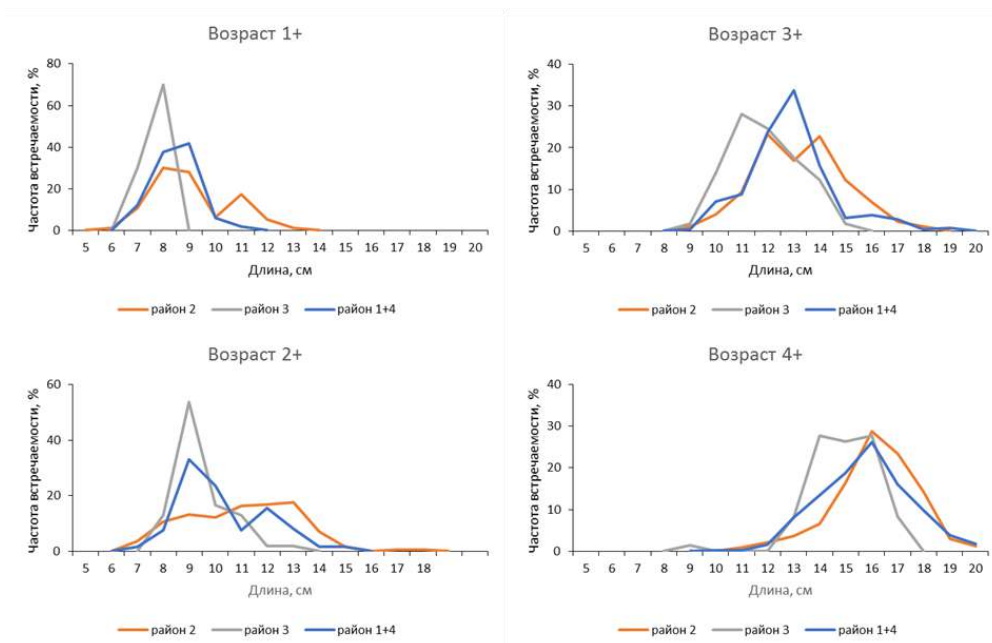


Рис. 3. Размерный состав молоди окуня-клювача в разном возрасте в исследованных районах в 2001-2020 гг.

Результаты теста на основе критерия Стьюдента показали, что различия по средней массе тела у молоди окуня-клювача из разных районов в возрасте 4-5 лет статистически значимы (уровень значимости $\alpha = 0,05$), за исключением районов 1 и 4. Однако в отношении средней длины результаты такого теста указывают на отсутствие статистически значимых различий между рыбами из исследованных районов.

Оценки статистической достоверности разницы размеров рыб из разных районов в возрасте 1-3 года не учитывали в связи с небольшими объемами сравниваемых выборок (см. табл.1).

Молодь в возрасте от 1 до 3 лет, встречающаяся в районе 3, отличалась самым однородным размерным составом по сравнению с другими районами (рис. 3). В районе 2 размерный ряд был наиболее широким и характеризовался двумя численно доминирующими группами рыб, что, возможно, зависит как от пространственной, так и от межгодовой неоднородности условий обитания рыб в этом районе. Размерный состав популяции в возрасте 4 лет отличался противоположными качествами в районах 1,2 и 4 в сравнении с районом 3. В первом случае он был более однородным, чем в возрасте 1-3 года, с одной хорошо выраженной вершиной на графике размерного ряда. Во втором случае, наоборот, основу уловов составляли особи нескольких размерных групп, что не наблюдалось

в более раннем возрасте. Вероятно, здесь имеет место пассивная миграция молоди старше 3 лет в район 3 из прилегающих областей, где ее размеры крупнее.

Таким образом, полученные результаты показывают, что особенности пространственного распределения молоди окуня-клювача, обусловленные дрейфом личинок и мальков, определяют темп индивидуального роста рыб в первые годы жизни. Анализ размерного состава молоди в разных частях ареала также косвенно подтверждает возможность пассивных миграций в северном и восточном направлениях. Все это подлежит учету при оценивании условий формирования численности промыслового пополнения окуня-клювача.

Список использованной литературы

Барсуков, В.В. Морские окуни рода *Sebastes* / В.В. Барсуков, Л.М. Шестова, Н.В. Мухина // Ихтиофауна и условия ее существования в Баренцевом море. – Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1986. – С. 48-55.

Ивантер, Э.В. Введение в количественную биологию: учебн. пособие / Э.В. Ивантер, Ф.В. Коросов. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. – 2003. – 304 с.

Сорокин, В.П. Рост и половое созревание окуня-клювача норвежско-баренцевоморского стада / В.П. Сорокин, Л.М. Шестова // Биология рыб в морях Европейского Севера [сб. научн. тр.] – Мурманск: ПИНРО. – С.97-111.

Age determination and growth of Atlantic redfish (*Sebastes marinus* and *S. mentella*): bias and precision of age readers and otolith preparation methods / C. Stransky, S. Gudmundsdóttir, S. Thorsteinn, S. Svend Lemvig et al. // ICES Journal of Marine Science. – Vol. 62. – Norway, 2005. – P. 655-670.

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О БИОЛОГИИ РЫБ И МОЛОДИ В р. РЫБНАЯ (П-ОВ КАНИН)

Г.В. Фукс, Л.В. Парухина

Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

Р. Рыбная протекает в северо-восточной части п-ова Канин, впадает в Баренцево море (рис. 1). Протяженность реки 77 км. Наиболее крупные притоки: реки Мурсейяга, Менсеяга, Нехайтеяга, Седеяга, Безрыбная, Наръеяга. Река протекает по возвышенности Канин Камень – платообразному кряжу в северной части п-ова Канин. Кряж Канин Камень является продолжением Тиманского кряжа (Гидрологическая изученность. Ресурсы..., 1965).

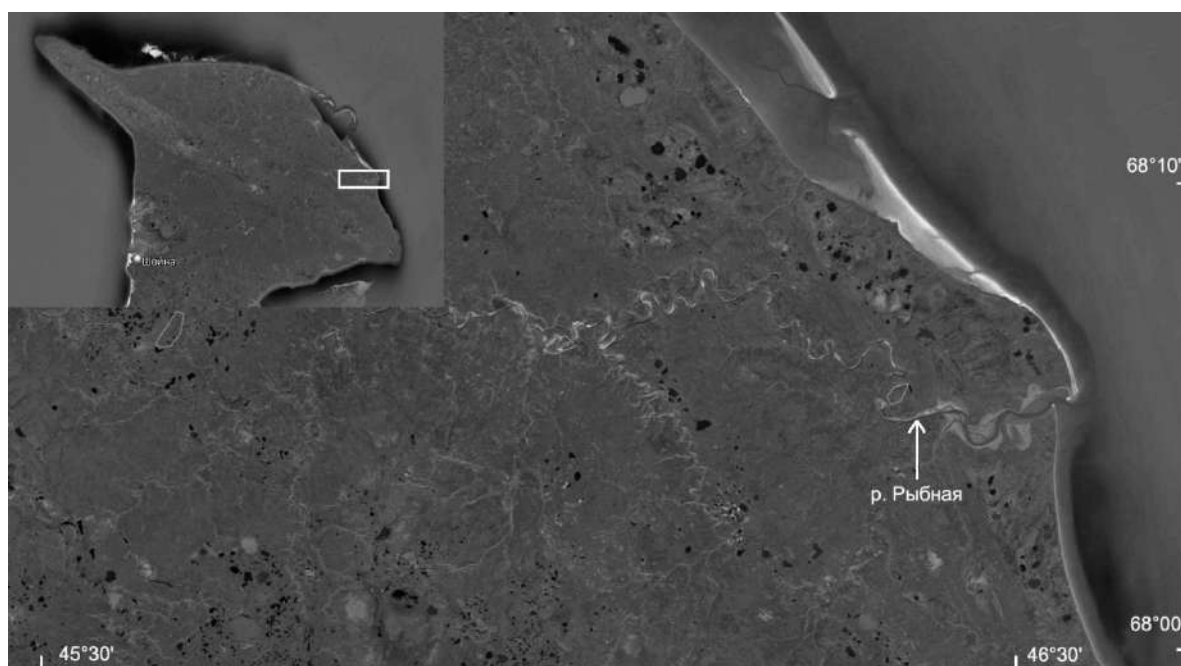


Рис. 1. Карта-схема р. Рыбная

Работы по исследованию видового состава рыб в р. Рыбная в 2021 г. проводились выше приливно-отливной зоны, примерно в 20 км от устья при помощи рыбоучетного заграждения (РУЗ) с ячеей в кутовой части 10 мм, с крыльями длиной 30 м, высотой 2 м и ячеей 16 мм, ставных жаберных сетей с ячеей 35-40 мм и закидных неводов с ячеей 10 и 27 мм, у последнего с ячеей в кутовой части 20 мм.

Биологический анализ рыб проводился по общепринятым методикам (Чугунова, 1959; Правдин, 1966; Сакун, Буцкая, 1968). Возраст определялся по чешуе и отолитам методом слома и обжига (Чугунова, 1959; Фукс, 2015; Christensen, 1964).

В уловах встречались 11 видов рыб (7 из них промысловые), принадлежащих к 7 семействам. В табл. 1 представлен видовой состав из уловов.

Таблица 1

Список семейств и видов рыб, пойманных в р. Рыбная

Вид	Экологический ресурс	
Семейство PETROMYZONTIDAE		
<i>Lethenteron camtschaticum</i> (Tilesius, 1811)	Минога арктическая	Проходной. Преимущественно бореальный
Семейство SALMONIDAE		
<i>Osmerus dentex</i> (Steindachner & Kner, 1870)	Корюшка азиатская	Проходной. Дальневосточные моря и Арктика. Промысловый
Семейство SALMONIDAE		
<i>Salmo salar</i> (Linnaeus, 1758)	Лосось атлантический	Проходной. Преимущественно бореальный атлантический. Промысловый
<i>Salvelinus alpinus</i> (Linnaeus, 1758)	Голец арктический	Проходной и пресноводный. Арктический. Циркумполярный. Промысловый
<i>Coregonus lavaretus</i> (Linnaeus, 1758)	Сиг обыкновенный	Полупроходной. Арктический. Промысловый
<i>Oncorhynchus gorbuscha</i> (Walbaum, 1792)	Горбуша	Проходной. Преимущественно бореальный. Промысловый
<i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758)	Хариус европейский	Пресноводный, реже в солоноватых водах. Промысловый
Семейство CYPRINIDAE		
<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758)	Гольян обыкновенный	Пресноводный. Непромысловый
Семейство NEMACHEILIDAE		
<i>Barbatula barbatula</i> (Linnaeus, 1758)	Голец усатый	Пресноводный. Непромысловый
Семейство GASTEROSTEIDAE		
<i>Gasterosteus aculeatus</i> (Linnaeus, 1758)	Колюшка трехиглая	Пресноводный и солоноватоводный
Семейство PLEURONECTIDAE		
<i>Platichthys flesus</i> (Linnaeus, 1758)	Камбала речная	Морской, также солоноватоводный. Донный. Преимущественно бореальный европейский. Промысловый

Лосось атлантический – семга *Salmo salar* (Linnaeus, 1758). Крупные особи из сетных и неводных уловов, пойманы ниже рюжи, молодь поймана в РУЗ и неводом с ячеей 10 мм. Возраст крупных рыб составил 5 и 7 лет, молоди – 2-4 года (табл. 2). Ввиду небольшой выборки четкой модальной группы нет, выделяются группы особей зоологической длиной 7,5-8, 10 и 13 см (рис. 2). Длина крупных особей составила 48 и 75 см. Соотношение полов 1:1. Стадия зрелости гонад молоди – II, всех крупных особей – III, отмечено несколько экземпляров тугорослых самцов длиной 13-14 см в III стадии зрелости гонад и с расцветкой как у пестрятки. Средний балл наполнения желудка 2,26, крупная рыба не питалась. В питании молоди отмечены мальки рыб, комары, мошки, личинки членистоногих и черви.

Таблица 2

**Некоторые биологические характеристики рыбы
р. Рыбная из уловов, полученных в 2021 г.**

Вид	Длина (АВ), см			Масса, кг			Возраст, лет		Кол-во экз.
	средняя	мин.	макс.	средняя	мин.	макс.	мин.	макс.	
Голец арктический	48,1	17,5	61,0	1,151	0,055	1,82	4	10	36
Голец арктический (молодь)	16,1	12,0	30,1	0,033	0,010	0,206	3	5	2
Голец усатый	8,1	5,9	9,4	0,0036	0,0022	0,0044	4	5	2
Гольян обыкновенный	4,7	2,2	9,1	0,0015	0,0001	0,0046	1	6	6
Горбуша	45,6	35	58,5	1,095	0,44	2,4	2	2	19
Камбала речная, самки	17,9	5,9	32,5	0,12	0,0019	0,405	2	8	11
Камбала речная, самцы	13,0	5,3	26,3	0,051	0,0013	0,172	2	7	9
Колюшка трехиглая	7,6	6,3	8,4	0,0047	0,0028	0,006	2	4	209
Корюшка азиатская	7,6	7,4	7,8	0,0024	0,0022	0,0026	2	2	2
Лосось атлантический	60,1	48,7	75,0	1,736	1,04	2,63	5	7	4
Лосось атлантический (молодь)	12,4	7,9	15,0	0,022	0,006	0,035	2	4	49
Минога арктическая	23,3	18,0	27,0	0,034	0,022	0,043	-	-	3
Сиг обыкновенный	16,1	14,1	18,2	0,033	0,02	0,045	3	3	2
Хариус европейский	33,7	22,6	49,6	0,411	0,102	1,12	4	11	59
Хариус европейский (молодь)	12,8	9,5	19,5	0,021	0,013	0,069	2	3	297

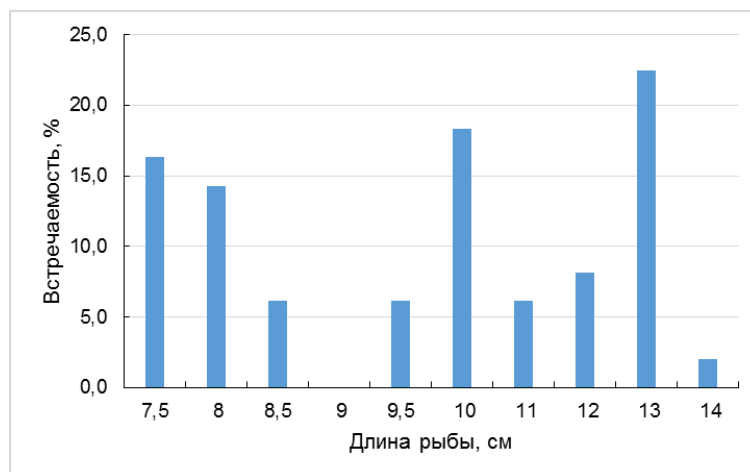


Рис. 2. Размерный ряд молоди атлантического лосося из уловов на р. Рыбная в 2021 г.

Горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792). Абсолютное большинство (96 %) особей из неводных уловов пойманы ниже РУЗ. Модальную группу (72,5 %) составила группа особей зоологической длиной 44-51 см. Соотношение полов 2:3. Все рыбы были преднерестовыми и находились в стадии зрелости гонад IV. Горбуша не питалась. Массовый ход горбуши на нерест начался в середине июля.

Хариус европейский *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758). Крупные особи из сетных и неводных (ячей 27 мм) уловов. Молодь из неводных уловов (ячей 10 мм) зоологической длиной до 20 см составила 81,2 %. Модальная группа молоди длиной 11 см – 48,4 %, взрослых рыб длиной 21-23 см – 38,8 % (рис. 3). Возраст варьировал от 2 до 11 лет, определен по отолитам (см. табл. 2). Соотношение полов 4:1. В питании отмечены жуки, черви, комары.

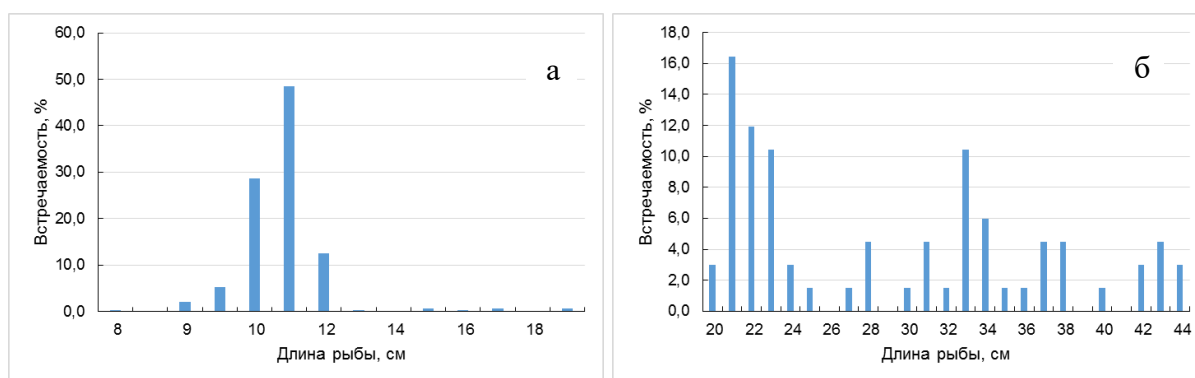


Рис. 3. Размерный ряд хариуса европейского в уловах на р. Рыбная в 2021 г.: а – молодь; б – взрослые особи

Голец арктический *Salvelinus alpinus* (Linnaeus, 1758). Все крупные особи из сетных и неводных уловов. Молодь поймана в РУЗ. Средняя длина

составила 16,0 см, возраст 3-5 лет. Все крупные особи пойманы ниже РУЗ, что обусловлено тем, что голец, как горбуша и семга, поднимался по реке к местам нереста. В июле массового хода не отмечено, в уловах присутствовало до 9 особей в сутки. Нерестовая окраска отсутствовала. Возраст крупных рыб варьировал от 5 до 10 лет, определен по отолитам. Несколько выделяется группа особей возраста 6 лет – 28,6 %. Диапазон длины 42-61 см, средняя – 48,1 см, средняя масса – 1,15 кг. Модальную группу составила группа особей длиной 49-55 см – 63,9 %. Соотношение самок и самцов 2,5:1. Стадия зрелости гонад молоди – II, всех крупных особей – III. Голец не питался, у одной особи в желудке отмечены членистоногие.

Камбала речная *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758). Возрастной состав представлен особями 2-8 лет (см. табл. 2). Основная часть выборки (45 %) – двухлетняя молодь речной камбалы. Размерный ряд составляли особи зоологической длиной от 5,3 до 32,5 см. Средняя длина самцов составила 13,0 см, средняя масса – 51,1 г, у самок средняя длина – 17,9 см, средняя масса – 120,1 г. Соотношение полов 1:1. Средний балл наполнения желудка 1,25. В питании отмечены черви. Одна особь пигментирована, две – левоглазые.

Минога арктическая *Lethenteron camtschaticum* (Tilesius, 1811) Зоологическая длина составила 18-27 см. Средняя масса 34 г.

Корюшка азиатская *Osmerus dentex* (Steindachner, Kner, 1870). Зоологическая длина составила 7,4-7,8 см. Средняя масса – 2,4 г. Возраст (длина отолита до 1,25 мм, определен методом обжига) 2 года.

Гольян обыкновенный *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758). Зоологическая длина взрослых особей составила 5,5-9,1 см. Средняя масса – 4 г. Возраст (длина отолита до 1,25 мм, определен методом обжига) взрослых рыб составил 5-6 лет. Все крупные особи были нерестовыми, имели соответствующую окраску.

Голец усатый *Barbatula barbatula* (Linnaeus, 1758). Средняя зоологическая длина пойманных экземпляров составила 8,1 см, средняя масса – 3,6 г, возраст (длина отолита до 0,9 мм, определен в падающем свете) 4 и 5 лет.

Сиг обыкновенный *Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758). Поймано 2 экз. зоологической длиной 14,1 и 18,2 см, средняя масса – 33 г, возраст 3 года, возраст определен по чешуе. В период проведения исследований крупный половозрелый сиг в уловах отсутствовал, по данным прошлых лет, в это время большое количество сига отмечалось в приливно-отливной зоне р. Рыбная.

Колюшка трехиглая *Gasterosteus aculeatus* (Linnaeus, 1758). Уловы в РУЗ сильно варьировали – от 1 до 27 экз. за одну проверку. Средняя

зоологическая длина составила 7,6 см, средняя масса – 4,7 г. Модальная группа представлена особями длиной 7,5 см – 45 % (рис. 4). Возраст колюшки (длина отолита до 0,7 мм, определен в падающем свете) 2-4 года, основу уловов составили особи в возрасте 3 лет (74 %). Соотношение самцов и самок 1:9. Большинство самок (62,2 %) нерестовые, остальные – преднерестовые.

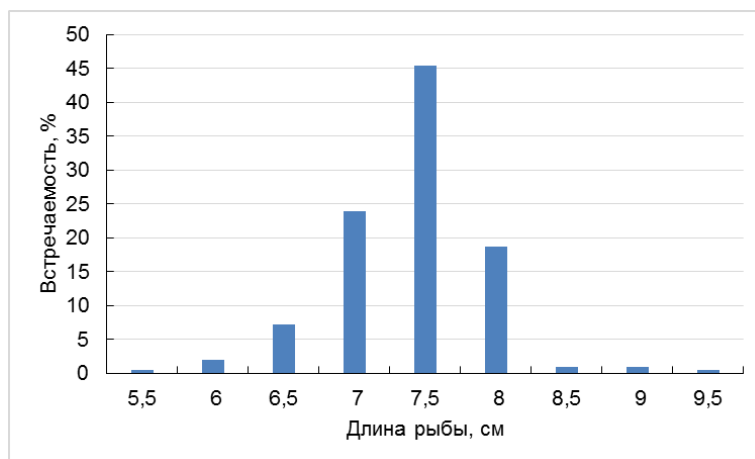


Рис. 4. Размерный ряд колюшки трехиглой в уловах на р. Рыбная в 2021 г.

Молодь рыб. Ввиду низких уровней воды (менее 30 см у берегов, где визуально отмечено большое количество молоди рыб), а также большого количества камней разного размера, мешающих протяжкам или циркуляции, отбор проб по методикам не представлялся возможным. Материал собран с помощью бентосной рамки, с площадью захвата 1/20 м², путем активного лова на мелководье.

В р. Рыбная в период проведения работ поймано два вида молоди: колюшка трехиглая и голян обыкновенный.

Колюшка трехиглая. Средняя промысловая длина составила 10,9 мм, средняя масса – 13,4 мг. Модальная группа представлена особями длиной 11 мм – 35 %. В середине июля на мелководных участках отмечена молодь длиной до 2 см.

Голян обыкновенный. Средняя промысловая длина составила 20,8 мм, средняя масса – 181 мг. Модальная группа представлена особями размерных классов 10-15 и 20-25 мм – 55,6 %. Необходимо отметить огромное количество молоди на мелководьях. Количество особей в стайках визуально доходило до нескольких сотен.

Средняя температура воды в июле 2021 г. составила 15,8 °С, доходя до 23,6 °С в теплые солнечные дни.

По итогам исследований можно сделать следующие заключения. Скот молоди лосося атлантического в р. Рыбная прослежен не полностью,

возможно, он проходит в первой половине июня, что сильно зависит от погодных условий текущего года. Полученные материалы не дают окончательного представления о численности молоди семги. Сроки проведения работ в последующие годы необходимо корректировать исходя из гидрометеорологических условий на р. Рыбная. Ход горбуши на нерест в 2021 г. начался в середине июля. Пойманная молодь корюшки азиатской в зоне проведения работ говорит об использовании водотока как нагульного или возможном нересте вида в реке.

При проведении дальнейших исследований полученные данные могут послужить для составления прогнозов вылова промысловых видов рыб р. Рыбная.

Список использованной литературы

Гидрологическая изученность. Ресурсы поверхностных вод СССР. Северный край. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – Т. 3. – 612 с.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Сакун, О.Ф. Определений стадий зрелости и изучение половых циклов рыб / О.Ф. Сакун, Н.А. Буцкая. – Мурманск: Изд-во Главрыбвод, 1968. – 47 с.

Фукс, Г.В. Методика определения возраста речной камбалы *Platichthys flesus* по отолитам в северо-западных районах арктических морей России / Г.В. Фукс // Educatio: науч. журн. Междунар. науч. института «Educatio». – 2015. – № 11(18), ч. 1. – С. 27-30.

Чугунова, Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб / Н.И. Чугунова: (Метод. пособие по ихтиологии) // Акад. наук СССР. Ихтиол. комис. Ин-т морфологии животных им. А.Н. Северцова. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1959. – 164 с.

Christensen, J.M. Burning otoliths, a technique for age determination of soles and other fish / J.M. Christensen. – DOI 10.1093/icesjms/29.1.73 // ICES Journal of Marine Science. – 1964. – Vol. 29. – P. 73-81.

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОТОЛИТОВ
У РАННИХ ЛИЧИНОК КАМБАЛЫ-КАЛКАНА
SCORPHTHALMUS MAEOTICUS (PALLAS, 1814)**

Е.Б. Фурсенко

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

Отолитовые органы – часть вестибулярного аппарата рыб. Они выполняют функции ориентации в пространстве, детекции линейных ускорений и слуха. В каждой отолитовой камере (расширенной части лабиринта) расположены макула – участок, покрытый сенсорным эпителием, и непосредственно отолиты – твердые кальцинированные структуры, нахождение которых фиксируют сенсорные клетки. Определение положения тела в пространстве достигается за счет трех пар отолитов (сагитта, лапиллюс и астерискус) в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, для передачи импульсов от сенсорных клеток при любых перемещениях. Размеры и форма отолитов отличаются у рыб разных видов и могут служить признаком для видовой идентификации. Ранние сроки формирования отолитов и особенности их роста стали объектами многих научных работ, а сохранность и рост на протяжении всей жизни рыб позволяют использовать их для определения возраста и темпов роста рыб, в филогенетических исследованиях, при анализе рационов питания (Касумян, 2004), исследованиях миграций (Современное состояние исследований..., 2004).

Обычно формирование отолитов у костистых рыб начинается на этапе обособления хвостового отдела эмбриона от желточного мешка (Касумян, 2004). Это общее правило для большинства таксонов, однако сроки закладки центров роста и дальнейшего формирования типичной микроструктуры значительно варьируют.

Развитие отолитов начинается с формирования ядра или нуклеуса, ограниченного первым явным суточным приростом. Центры роста (примордии) формируются путем осаждения частиц-предшественниц (сферул), прикрепляющихся к первым сенсорным волосковым клеткам отического пузырька, которые создают движение жидкости и притягивают частицы-предшественники отолита к двум противоположным полюсам (Mechanistic basis of..., 2011). Нуклеус может иметь разное количество примордиев. В литературе было показано, что количество примордиев зависит от длительности эмбрионального развития (Otolith microstructure analysis..., 2020). Так, для лососевых рыб обычно характерно наличие

множественных центров роста. Однако множественные центры отолитов описаны и у гимноциприса (*Gymnocypris selincuoensis*), эмбриональное развитие которого длится около 12 суток. Подробный анализ ядер отолитов 55 видов светящихся анчоусов (*Myctophidae*) показал, что для них характерны множественные примордии. У американского окуня (*Perca flavescens*) отолит формируется вокруг 2-4 примордиев (Mineralogical approaches to..., 2008), при этом инкубация икры этого объекта длится обычно 8-10 дней (The yellow perch..., 1959).

Для некоторых видов камбалообразных рыб характерно наличие единого центра роста (Anomalous otoliths in juveniles..., 2014), а учитывая короткий период эмбрионального развития, можно предположить, что это свойственно для многих представителей отряда. В то же время описаны и аномальные случаи формирования множественных центров отолитов у тех рыб, которым это не свойственно. Например, при исследованиях нескольких видов морского языка (рода *Solea*) было обнаружено, что от 2 до 4 % рыб имели множественные центры (Anomalous otoliths in juveniles..., 2014).

Анализ доступных литературных источников позволил предположить, что камбалообразным рыбам присуще наличие одного центра роста, в редких случаях – двух, в том числе и для камбалы-калкана, исследование отолитов которой являлось частью выполняемых нами работ по маркированию отолитов в целях определения выживаемости молоди, выпускаемой для пополнения природных популяций (Фурсенко, 2021).

Цель исследования – изучение особенностей формирования и развития отолитов камбалы-калкана в первые сутки жизни. В задачи работы входила оценка сроков формирования отолитов в эмбриогенезе и их размеров, а также особенностей морфологии отолитов ранних личинок азовской и черноморской камбалы-калкана.

Изучение проводили на научно-экспериментальной базе «Заветное» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» в период выполнения работ по совершенствованию технологии выращивания молоди камбалы-калкана для аквакультуры. Были использованы две партии икры, полученные в 2021 и 2022 гг., черноморской камбалы-калкана и две азовской камбалы-калкана в 2022 г. Икру и сперму получали от диких производителей, отловленных в нерестовый период. Оплодотворенную икру инкубировали в аэрируемых бассейнах при температуре 9-17 °С. В зависимости от температуры инкубации выклев происходил на четвертые, пятые или шестые сутки.

Для наблюдения за развитием отолитов ежедневно в одно и то же время суток отбирали по 5-10 икринок или личинок. Просматривали живую икру и личинок в тот же день (всего около 300 экз. эмбрионов и

личинок калкана). Эмбрионы и личинок располагали на предметном стекле, измеряли общую длину, фотографировали и накрывали покровным стеклом. Прозрачное тело позволяло просмотреть отолиты внутри отолитовых органов внутреннего уха. Если отолит состоял из нескольких не слившихся центров роста, то длину считали по наибольшему из них. Отолиты фотографировали камерой «TourCam» при увеличении 400х. Измерения выполняли по фотографиям в программе «ImageJ», откалибровав по объект-микрометру ОМП №712591. Крупные по размеру отолиты интерпретировали как сагитты, меньшие – как лапильюсы (если не было известно иное). Определяли максимальный диаметр – проводили не менее пяти отрезков от одного конца отолита до противоположного, выбирая наибольший. Обработывали данные, в том числе статистические, в программах Microsoft PowerPoint 2010 и Microsoft Excel 2010. Всего измеряли 1334 отолита камбалы-калкана.

Развитие отолитов. Четко сформированные отолиты были обнаружены у эмбрионов на этапе начала нейромышечной моторики при пульсации сердца, когда уже сформировался слуховой пузырек и заметны пигментные клетки на поверхности тела (сутки, предваряющие день вылупления). В поле зрения микроскопа хорошо просматривались 4 отолита. У некоторых эмбрионов будущие примордии еще не слились, видны отдельные центры роста (до 6 экз. у одного эмбриона), они отображены на рис. 1. Подобные явления отмечены у эмбрионов, развивающихся из всех трех партий исследованной икры.

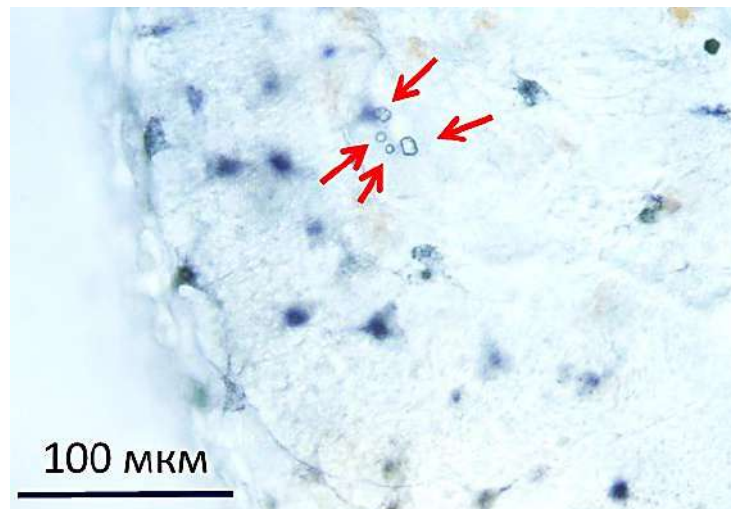


Рис. 1. Отолиты эмбриона камбалы-калкана (около суток до вылупления, 400х)

Интересно, что в исследованиях, выполненных А.Н. Ханайченко и В.Е. Гиригосовым (2019), на этапе начала нейромышечной моторики

эмбриона (нервно-мышечных сокращений мускульных сегментов туловищного отдела) наблюдается пульсация сердца, в полукружных каналах эмбрионов калкана накануне вылупления отмечается формирование одного отолита. Видимо, это связано с двумя факторами: тем, что лапиллюсы еще очень малы и тем, что развитие эмбриона идет настолько быстро, что разница в несколько часов может оказать влияние на полученные результаты.

Динамика развития отолитов и личинок (эмбрионов) черноморской камбалы-калкана отображена в табл. 1.

По мере роста личинок растут и отолиты, при этом существенное изменение в размерах происходит в день вылупления и первые сутки после него. До возраста 1 сут зачастую отолиты имеют неправильную звездчатую форму с острыми углами. В возрасте 1 сут форма меняется, отолиты становятся более округлыми. На следующие сутки почти все отолиты округлой или овальной формы.


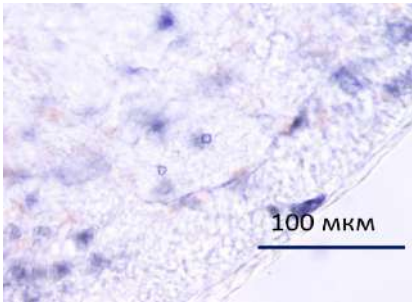

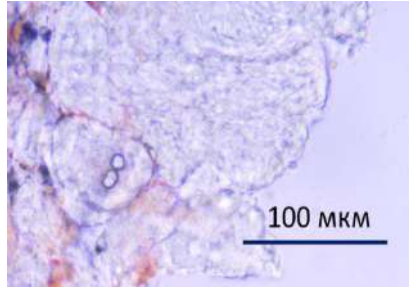

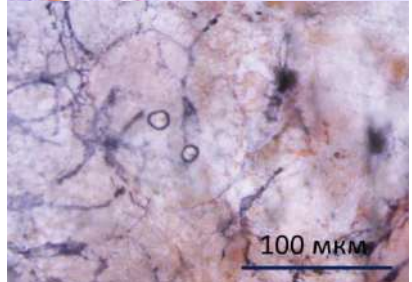
Формирование примордиев. В ходе исследования оценивали размеры отолитов и количество примордиев у всех эмбрионов и личинок. У подавляющего большинства отолитов есть по одному центру роста. Однако было отмечено наличие двойных примордиев у части личинок. Так, доля сагитт с двумя или более примордиями для всех личинок составила около 18 %, подобных лапиллюсов – значительно меньше – 0,5 %, при этом количество сагитт с несколькими центрами варьировало (по партиям) от 9 до 22 %. К этой категории относили и отолиты с еще не слившимися центрами. Интересно, что у обеих партий азовского калкана этот показатель был ниже, чем у черноморского калкана. Примеры отолитов с двойными примордиями отображены на рис. 3.

Отмечены единичные случаи отсутствия одного из отолитов. Наличие нескольких отолитов или центров роста будущих отолитов наблюдали вплоть до 10 сут. Вероятно, что эти центры роста могут уже не слиться, сформировав один отолит с двумя центрами, а остаться отдельными единицами, таким образом возникнет «некомплектный» или лишний отолит.

Рост отолитов. Отолиты личинок всех партий икры отличались по размерам в день вылупления. Размеры отолитов коррелировали с длиной личинок, связь переменных была значительной (коэффициент корреляции для всех партий – выше 0,75). Личинки азовского калкана уступали в длине личинкам черноморского калкана, как и размеры их отолитов (табл. 2).

Таблица 1

Развитие личинок и рост отолитов камбалы-калкана в первые 10 сут жизни

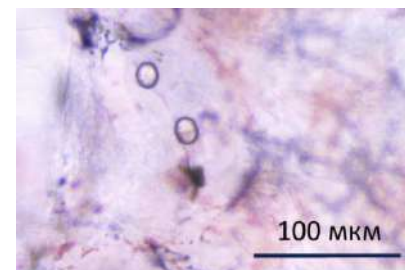
Возраст, сут	Фотография эмбриона (10х) / личинки (4х)	Размеры отолитов, сагитта / лапиллюс, мкм	Отолиты, 400х
До вылупления		7,1 / 5,7	
День вылупления (0 сут)		12,7 / 11,4	
1 сут		14,7 / 12,7	

Окончание табл. 1

3 сут



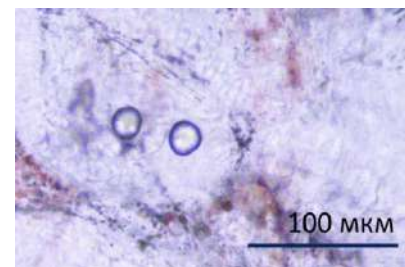
18,6 / 16,2



5 сут



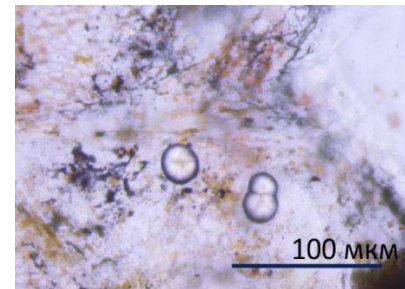
22,2 / 18,9



10 сут



27,5 / 24,7



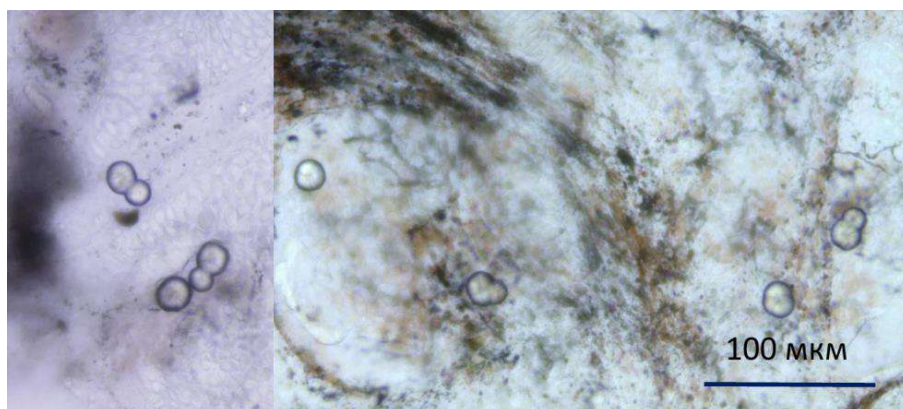


Рис. 3. Отолиты личинок черноморской камбалы-калкана с двойными примордиями, 400х

Таблица 2

Длина личинок и размеры отоликов в день вылупления

Объект	Длина личинок, мм	Размер сагитт, мкм	Размер лапиллюсов, мкм
Черноморский калкан	2,55	12,7±1,0	11,4±0,9
То же	2,84	13,0±1,3	11,7±1,0
Азовский калкан	2,44	11,8±0,9	10,8±0,7
То же	1,99	10,3±1,3	8,8±0,7

В то же время для отоликов всех личинок характерен скачок роста в первые 2-е сут после вылупления (рис. 4), что может быть связано с началом процесса кальцификации, который зачастую активизируется после вылупления эмбриона.

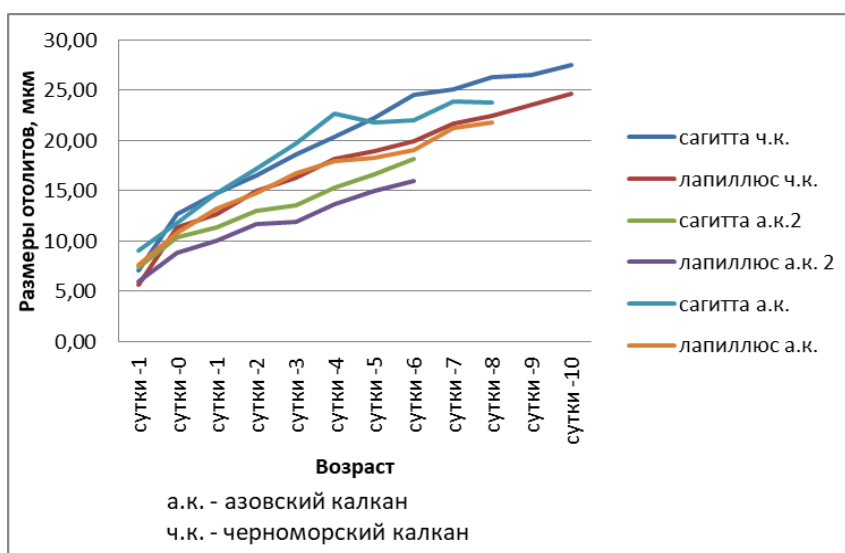


Рис. 4. Рост отоликов личинок камбалы-калкана

Полученные результаты позволяют сделать некоторые обобщения. У камбалы калкана две пары отолитов уже сформированы на этапе начала нейромышечной моторики эмбриона. В день вылупления средние размеры сагитт азовского калкана составляли 11,1 мкм, лапиллюсов – 9,8 мкм. У черноморского калкана на той же стадии развития размеры отолитов были несколько крупнее – 12,7 и 11,6 мкм соответственно.

Количество сагитт с двойными примордиями составило около 18 % от общего количества просмотренных отолитов. Встречались такие явления, как отсутствие одного из отолитов или наличие дополнительного. Вероятно, причиной формирования дополнительных отолитов может быть длительность процессов формирования и слияния примордиев сагитт в постэмбриональный период, даже после перехода на внешнее питание. В то же время глубинные причины развития таких аномалий остаются неясными. Интерес представляет как анализ факторов среды, влияющих на эмбрион, так и другие причины, не зависящие от внешних условий (например, мутации).

Список использованной литературы

Касумян, А.О. Вестибулярная система и чувство равновесия рыб / А.О. Касумян // Учебное пособие. – М.: Издательство Московского университета, 2004. – 100 с.

Современное состояние исследований микроструктуры отолитов рыб / Е.Н. Кузнецова, В.В. Кузнецов, М.Т. Долгих, С.Э. Френкель. – М.: ВНИРО, 2004. – 124 с.

Фурсенко, Е.Б. Опыт термического мечения молоди камбалы-калкана / Е.Б. Фурсенко // 8-я международная конференция молодых ученых НАСЭЕ, посвященная 90-летию Российского государственного гидрометеорологического университета (РГГМУ) и 10-летию совместной деятельности РГГМУ и НАСЭЕ: сборник материалов конференции. – Санкт-Петербург, 2021 – С. 29-33.

Ханайченко, А.Н. Морфологические особенности черноморского калкана (*Scophthalmus maeoticus*) в период эмбрионального развития / А.Н. Ханайченко, В.Е. Гиригосов // Морской биологический журнал. – 2019. – Т. 4, № 4. – С. 62-81.

Anomalous otoliths in juveniles of common sole, *Solea solea*, and Senegal sole, *Solea senegalensis* / C. Vinagre, A. Maia, R. Amara, H.N. Cabral // Marine Biology Research. – 2014. – Vol. 10, Iss. 5. – P. 523-529.

Mechanistic basis of otolith formation during teleost inner ear Development / D. Wu, J.B. Freund, S.E. Fraser, J. Vermot // Development Cell. – 2011. – Vol. 20, Iss. 2. – P. 271-278.

Mineralogical approaches to the study of biomineralization in fish otoliths / S. Melancon, B. Fryer, J. Gagnon, S. Ludsin // Mineralogical Magazine-MINER MAG. – 2008. – Vol. 72. – P. 627-637.

Otolith microstructure analysis based on wild young fish and its application in confirming the first annual increment in Tibetan *Gymnocypris selincuoensis* / Ding C., He D., Chen Y. [et al.] // Fisheries Research. – 2020. – Vol. 221. – P. 1-8.

The yellow perch: Its life history, ecology and management / E. Herman, W. Wiley, L. Wiegert, M. Burdick. – Madison, WI: Wisconsin Conservation Department. – 1959. – 14 p.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТОЛИТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ

О.А. Хорошутина

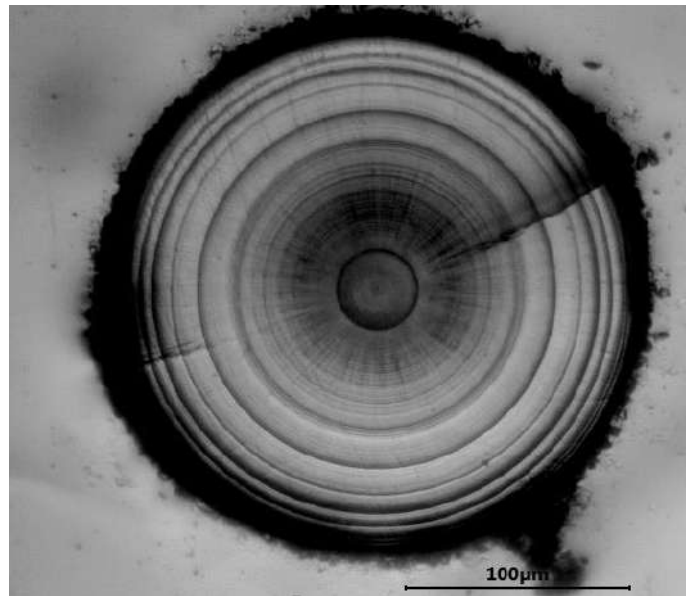
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» («ВНИРО»), г. Москва

Брюхоногие моллюски (Gastropoda) – наиболее многочисленный класс типа Моллюски, насчитывающий около 80 тыс. видов (Classification and nomenclator..., 2005). Морские брюхоногие моллюски имеют большое промысловое значение в России и по всему миру: так, по данным отраслевой системы мониторинга Росрыболовства, в 2021 г. в России их было добыто 6665,3 т. Основные виды, подлежащие промыслу, – из рода *Buccinum*: *B. osagawai*, *B. ectomocuma*, *B. penphigus*, *B. bayani*, *B. verkruzeni*, *B. rossicum* и некоторые другие. Промысловое значение также могут иметь виды рода *Neptunea*, а в Азово-Черноморском бассейне – *Rapana venosa*. Цель настоящей работы – совершенствование управления запасами, для чего в высшей степени необходима оценка темпов роста и половозрастной структуры популяции, дающая возможность определить индивидуальный возраст моллюска. Задачи, решаемые в рамках настоящей работы, состоят в обобщении данных применимости методики выявления индивидуального возраста брюхоногих моллюсков по статолитам (в том числе – на основании собственных данных по определению возраста особей рода *Buccinum* и *Rapana*), а также в расширении применения этого метода в рыбохозяйственной науке.

Для определения возраста у животных широко используются так называемые регистрирующие структуры (Мина, Клевезаль, 1970). К ним относят минералоорганические и органические образования, чей процесс роста варьирует у особей соответственно изменяющемуся физиологическому состоянию (Клевезаль, Смирин, 2016). Одна из регистрирующих структур беспозвоночных животных – статолиты, небольшие парные образования шарообразной формы, состоящие преимущественно из карбоната кальция и расположенные в статоцистах, органах равновесия.

Анатомически статоцисты находятся в непосредственной близости от педальных ганглиев подглоточного ганглионарного комплекса в мускулатуре ноги (Горгиладзе, Носовский, Букия, 2013). У некоторых видов брюхоногих моллюсков в статоцисте имеется большое количество некрупных статоконий (Рецептор гравитации. Эволюция..., 1971), непригодных для определения возраста (Горгиладзе, 2020).

Для статолитов гастропод характерна гладкая внешняя поверхность. На шлифах заметно темное ядро в центре, окруженное концентрическими темными кольцами со светлыми промежутками. Микроструктура такого рода описана в ряде работ (Горгиладзе, Носовский, Букия, 2013; Statoliths of the..., 2018; The naticid gastropod..., 2005); для *Vuccinum morchianum*, *V. polare* (Хорошутина, Лищенко, 2018) и *Rapana venosa* была отмечена идентичная микроструктура статолитов, что представлено на рисунке.



Концентрический рисунок отметок шлифа статолита *Rapana venosa*

Характерный рисунок шлифа статолита образуется в процессе непрерывного формирования нескольких типов ростовых слоев. Наиболее заметные видимые кольца – годовые отметки, чье появление обусловлено замедлением роста зимой (Age and growth..., 2018). Тем не менее, отмечаются и кольца, соответствующие другим периодам или событиям. Так, Дж. Л. Белл (Bell, 1982) сообщает о наличии отметок статолитов велигеров *Littorina scabra*, соответствующих суточным приростам. Существуют отметки, откладывающиеся во время выклева или оседания пелагической личинки. Для *N. reticulatus* зафиксировано наличие «колец возмущения», вызванных стрессовыми событиями (Richardson, 2001).

Формирование кольцевых отметок статолитов с периодичностью в год верифицировано для ряда видов брюхоногих моллюсков посредством нескольких методик. Для *V. undatum* произведена верификация методами лабораторного выращивания и анализа $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ в карбонатах раковины (Statoliths of the..., 2018), а также с помощью микроэлементного анализа (Age and growth..., 2018). Годовая периодичность образования кольцевых отметок статолитов *N. reticulatus* подтверждена методами лабораторного

выращивания, микроэлементного анализа (в том числе изменяющихся отношений Sr/Ca, Mg/Ca и других), а также с помощью анализа размерного состава (Saurel, Barroso, Thain, 2005). Для *Polinices pulchellus* была также произведена верификация путем анализа размерного состава выборки (The naticid gastropod..., 2005), для *Neptunea antiqua* – микроэлементным анализом.

Для фиксации моллюсков и последующего извлечения статолитов обычно используется заморозка; спирт осложняет препарирование из-за значительной дегидратации тканей, фиксаторы на основе формалина растворяют CaCO₃, основу статолита. Общепринятая методика извлечения такова: свежее или размороженное тело моллюска режут в саггитальной плоскости, с помощью препаровальных игл статоцисты вскрываются, из каждого из них извлекается по одному статолиту, которые очищаются от статолимфы и посторонних тканей. Для очистки возможно использование 20 % NaOH (экспозиция от 30 до 60 мин) с последующей промывкой дистиллированной водой и просушиванием (Techniques for Estimating..., 2018; Хорошутина, Лищенко, 2018). Извлеченные статолиты хранятся в 70 или 96 %-ном растворе этанола. Существует также еще одна методика извлечения статолитов, применимая для моллюсков небольших размеров: ткани тела растворяются в NaOH, предварительно может применяться обработка 15 %-ным раствором перекиси водорода.

Внешняя поверхность статолитов исследуется под оптическим микроскопом в отраженном свете. В некоторых случаях (для небольших статолитов) изучение микроструктуры возможно без шлифовки под проходящим светом. Статолиты более крупного диаметра для изучения микроструктуры и определения возраста закрепляются на предметном стекле с помощью термопластической смолы и шлифуются наждачной бумагой мелкой зернистости до центральной плоскости (Хорошутина, Лищенко, 2018; Techniques for Estimating..., 2018); по окончании шлифовки статолиты смотрят под световым оптическим микроскопом, фотографируют; производятся морфологические измерения и выявление периодических отметок.

Преимуществом статолитов является их хорошая читаемость: в анализ включается большинство собранных образцов, что делает выборку репрезентативной. При оценке читаемости статолитов *B. undatum* оценили 48,6 % образцов как «четкие и читаемые», 43 % как «читаемые»; в итоге только 8,4 % образцов исключено из общего анализа (по сравнению с 52 % исключенных крышечек *B. undatum* (Kideys, 1996)). Остатки ткани, сколы и трещины могут затруднять чтение статолита.

Метод выявления индивидуального возраста брюхоногих моллюсков по отметкам на статолитах был использован нами для ряда видов родов

Buccinum и *Rapana*: *B. morchianum*, *B. polare*, *R. venosa*. Были извлечены и обработаны согласно описанной выше методике статолиты 59 экземпляров *R. venosa*, 8 – *B. morchianum*, 11 – *B. polare*, нескольких моллюсков других видов; проведены замеры общих диаметров статолитов, а также – колец, соответствующих выклеву моллюска и каждому году жизни; подсчитано общее число отметок на шлифах. По количеству концентрических отметок был определен возраст моллюсков; для *R. venosa* также проанализированы зависимость диаметра статолита от возраста моллюска и взаимосвязь диаметра статолита и размера раковины.

Полученные результаты согласуются с литературными данными и подтверждают возможность применения рассмотренной нами методики для определения индивидуального возраста брюхоногих моллюсков. Для *R. venosa* продемонстрирована возможность оценки возраста моллюска непосредственно по диаметру статолита, что может упростить применение методики.

Определение возраста брюхоногих моллюсков по концентрическим отметкам на шлифах статолитов – достаточно надежный, подтвержденный рядом исследований метод. Годовая периодичность образования отметок показана для ряда видов и подтверждена лабораторным выращиванием, а также анализами стабильных изотопов кислорода, микроэлементного состава статолитов и размерного – выборки.

Преимуществами метода являются защищенность статолитов как внутренних регистрирующих структур от разрушения под воздействием неблагоприятных факторов внешней среды, хорошая читаемость, согласованность оценок. К недостаткам можно отнести трудоемкость подготовительного этапа и неприменимость в полевых условиях, однако метод с успехом может использоваться в лабораторных исследованиях и при составлении точных размерно-возрастных ключей.

Список использованной литературы

Горгиладзе, Г.И. Статолит *Pomatias rivulare* / Г.И. Горгиладзе, А.М. Носовский, Р.Д. Букия // Сенсорные системы. – 2013. – Т. 27, вып. 3. – С. 216-223.

Горгиладзе, Г.И. Пластичность инерциальной массы в органе равновесия в изменяющемся гравитационном поле / Г.И. Горгиладзе // Сенсорные системы. – 2020. – Т. 34, вып. 4. – С. 267-282.

Клевезаль, Г.А. Регистрирующие структуры наземных позвоночных. Краткая история и современное состояние исследований / Г.А. Клевезаль, Э.М. Смирин // Зоологический журнал. – 2016. – Т. 95. – С. 872-896.

Мина, М.В. Принципы исследования регистрирующих структур / М.В. Мина, Г.А. Клевезаль // Успехи современной биологии. – 1970. – Т. 70, вып. 3. – С. 341-352.

Рецептор гравитации. Эволюция структурной, цитохимической и функциональной организации / Я.А. Винников, О.Г. Газенко, Л.К. Титова [и др.; под ред. В.Н. Черниговского] – Л.: Наука. – 1971. – Т. 12. – 523 с

Хорошутина, О.А. Микроструктура статолитов трубачей (*Buccinidae*, *Rafinesque*, 1815) Дальневосточных морей России / О.А. Хорошутина, Ф.В. Лищенко // Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире: материалы III научной школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвященной 140-летию со дня рождения К.М. Дерюгина. – Звенигород: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии. – 2018. – С. 144.

Age and growth rate estimations of the commercially fished gastropod *Buccinum undatum* / P. Hollyman, S. Chenery, M. Leng [et al.] // *ICES Journal of Marine Science*. – 2018. – P. 75.

Bell, J.L. Daily increments in the statoliths of gastropod larvae: their use in age determination / J.L. Bell // *American Zoologist*. – 1982. – Vol. 22. – P. 86.

Classification and nomenclator of gastropod families / P. Bouchet, J. Rocroi, B. Hausdorf [et al.] // *Malacologia*. – 2005. – Vol. 47. – P. 1-397.

Kideys, A.E. Determination of age and growth of *Buccinum undatum* L. (Gastropoda, Prosobranchia) of Douglas, Isle of Man / A.E. Kideys // *Helgol. Meeresunters.* – 1996. – Vol. 50 (3). – P. 353-368.

Richardson, C.A. Mollusks as archives of environmental change / C.A. Richardson // *Oceanography and Marine Biology*. – 2001. – Vol. 39. – P. 103-164.

Saurel, C. Evaluation of the age of the red whelk *Neptunea antiqua* using statoliths, opercula and element ratios in the shell / C. Saurel, C.M. Barroso, J. Thain // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. – 2005. – Vol. 325. – P. 55-64.

Statoliths of the whelk *Buccinum undatum*: a novel age determination tool / P. Hollyman, M. Leng, S. Chenery [et al.] // *Marine Ecology Progress Series*. – 2018. – Vol. 598. – P. 261-272.

Techniques for Estimating the Age and Growth of Molluscs: Gastropoda / P. Hollyman, V. Laptikhovsky, C. Richardson [et al.] // *Journal of Shellfish Research*. – 2018. – Vol. 37. – P. 773-782.

The naticid gastropod *Polinices pulchellus* (Gastropoda: Naticidae) based on length frequency analysis and statolith growth rings / C.A. Richardson, R. Seed, P.R. Kingsley-Smith [et al.] // *Marine Biology*. – 2005. – Vol. 148. – P.319-326.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БИОДИАГНОСТИКА ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ В 2003-2021 гг.

С.А. Черкашин¹, Т.С. Пряжевская²

¹ Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток

² Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток

Продолжающееся загрязнение водоемов ставит Федеральное агентство по рыболовству перед необходимостью учитывать негативные рыбохозяйственные последствия, предусматривать меры по их смягчению и рациональному использованию биоресурсов, разрабатывать методику решения данных задач. Особо неблагоприятно загрязнение для планктона и бентоса в прибрежных акваториях, в том числе в заливе Петра Великого Японского моря (Черкашин, Вейдеман, 2005; Лукьянова, Черкашин, Симоконь, 2012; Современное загрязнение донных..., 2019).

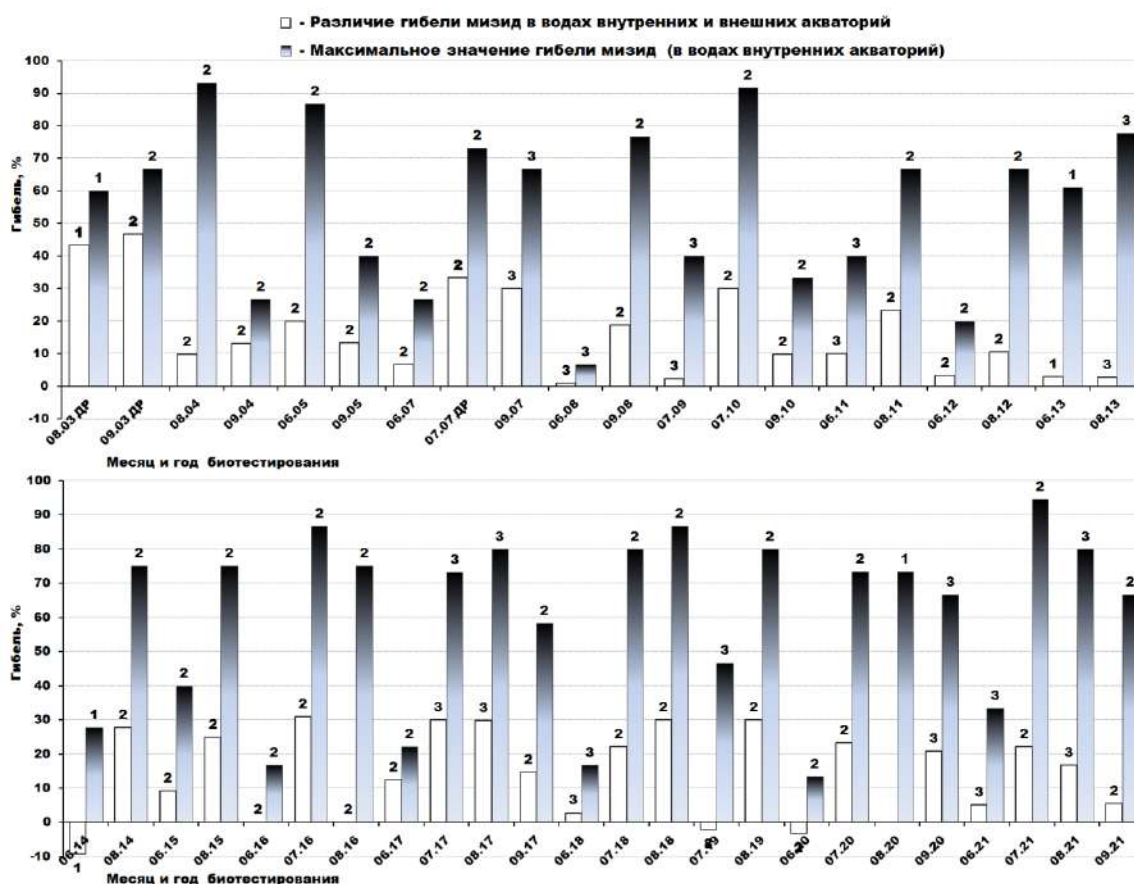
В настоящее время значительная роль в оперативной биодиагностике состояния биоты и среды ее обитания принадлежит экспериментальным методам, называемым биотестированием, основанным на регистрации биологических откликов. Считается, что действие загрязняющих веществ на сообщества и составляющие их популяции не может быть понято без знания индивидуальных ответов тест-организмов, ведь особи в первую очередь подвергаются воздействию измененной среды обитания (Черкашин, 2001). Пониженной устойчивостью к воздействию многих токсикантов по сравнению с большинством эстуарных и морских организмов обладают некоторые виды мелкоразмерных ракообразных – мизид (Черкашин, 2001; Черкашин, Вейдеман, 2005; Черкашин, Блинова, 2010; Пряжевская, Черкашин, 2014; Черкашин, 2020; Cripe, 1994). Доказана повышенная уязвимость для поллютантов двух массовых в дальневосточных морях России видов мизид *Neomysis mirabilis* и *Paracanthomysis shikhotaniensis* по сравнению с большинством тест-организмов Японского моря и рачками *Artemia salina*, которые широко используются многими организациями. Цель настоящей работы – провести экспериментальную биодиагностику, выявив тенденции изменчивости экотоксикологического состояния вод залива Петра Великого в 2003-2021 г. с использованием этих видов мизид.

Материалы для оценки состояния прибрежных акваторий – пробы воды, отбираемые ежемесячно с мая по сентябрь, иногда октябрь

включительно, из поверхностного слоя (до 0,7 м) в 2003-2021 гг. на 22 станциях, расположенных у побережья Амурского залива и в 2006-2007 гг. на 5 станциях в Уссурийском заливе. Опыты проводились на научно-экспериментальной базе «ТИНРО-Центра» (о-в Рейнеке); с сентября 2020 г. – в новом инновационном научно-производственном центре марикультуры (о-в Попова). Острова расположены в заливе Петра Великого на границе между внешними акваториями Амурского и Уссурийского заливов. Пробы объемом по 2,5 л, собранные как в более загрязненных районах, так и в условно-фоновом районе (у о-вов Рейнеке или Попова), доставляли в аквариальную, где тестировали в трех повторностях с применением мизид в качестве тест-объектов. Опыты выполняли на мизидах, отловленных в прибрежной зоне условно-фоновом районе, после их акклимации к лабораторным условиям (освещению и температуре). В каждую емкость с 600 мл пробы помещали тест-организмы (по 6 мизид *Neomysis mirabilis* в мае, июне и *Paracanthomysis shikhotaniensis* в июле, августе и сентябре), выдерживали их 96 ч в тестируемой воде и ежедневно фиксировали смертность рачков. Эти массовые виды мизид играют существенную роль в прибрежных экосистемах и являются перспективными промысловыми объектами. В течение биотестирования рачков не кормили. Критерий токсичности вод – статистически достоверные различия смертности организмов в пробах по сравнению с водой из условно-фоновом районе.

Общий спад производственной деятельности в Приморском крае (и, как следствие, снижение антропогенной нагрузки в 1990-е годы) способствовал заметному улучшению экотоксикологического состояния залива Петра Великого (Черкашин, Вейдеман, 2005; Лукьянова, Черкашин, Симоконь, 2012). Тем не менее, и в последующие годы в кратковременных опытах удалось выявить негативное влияние загрязненных вод отдельных, обычно внутренних, акваторий залива на выживаемость мизид (см. рисунок). Физиологическая нагрузка (например, преждевременный нерест под влиянием загрязнения и повышения температуры тестируемой воды) значительно увеличивает смертность даже эврибионтных мизид *N. mirabilis*. Многолетнее биотестирование состояния Амурского залива показало токсичность исследованных проб из отдельных участков внутренней акватории, прилегающей к центральной части г. Владивостока и подверженной интенсивному антропогенному загрязнению, но лишь в августе и сентябре 2003 г. и июле 2007 г. показатели выживаемости мизид в водах из этого района в среднем были достоверно ниже, чем таковые в водах внешней части залива. Дальнейшее биотестирование вод выявило улучшение экотоксикологического состояния большинства исследованных акваторий залива, вероятно, из-за снижения загрязнения (Черкашин,

Симоконь, Пряжевская, 2019). С 2008 по 2021 г. различие гибели мизид в пробах из поверхностного слоя вод внутренней и внешней акваторий Амурского залива в среднем не превышало 30 % (см. рисунок). Смертность тест-организмов в пробах из внутренних акваторий в июне 2014, 2018, 2020 и в июле 2019 гг. в среднем была даже незначительно ниже, чем в воде из внешних участков залива. В последние годы смертность мизид в водах из внутренних акваторий достигала максимальных значений (до 95 %) лишь к завершению 96-часовых опытов, тогда как в 2003-2010 гг. подобную гибель рачков отмечали уже при 72-часовой экспозиции. В 2019-2021 гг. качество вод в заливе не улучшается, оставаясь на удовлетворительном уровне.



Временная изменчивость гибели мизид при биотестировании вод открытых и внутренних районов Амурского залива (1 – 48-, 2 – 72-, 3 – 96-часовая экспозиция; ДР – достоверное различие между гибелью мизид в условно-фоновых и загрязненных районах)

Сопоставление гидрохимических и токсикологических показателей состояния вод не выявило существенного воздействия на выживаемость тест-организмов в пробах воды из внутренних наиболее загрязненных

акваторий залива температурного режима. Значит, рост смертности рачков вызывали токсичные концентрации поллютантов.

Экспериментальная биодиагностика состояния качества вод Уссурийского залива, проведенная в 2006-2007 гг. с использованием мизид *P. shikhotaniensis*, не выявила существенной токсичности вод большинства обследованных акваторий. Однако вода, отобранная в вершинной части залива (в бухте Муравьиной) в первой декаде сентября 2006 г., вызывала гибель всех тест-организмов в течение первого часа экспозиции. Хотя в этом случае отмечено опреснение пробы до 21,4, тем не менее, при такой солености ранее в опытах не обнаружено столь высокой смертности тест-объектов. Следовательно, обнаруженная токсичность проб воды из бухты вызывалась, вероятно, загрязнением акватории. Менее токсичной оказалась вода из бухты Промежуточная, в которую стекает крупный ручей, идущий из-под золоотвалов ТЭЦ-2. После 72-часовой экспозиции гибель рачков в отобранной здесь воде составляла 73 %, а у о-ва Рейнеке (условно-фоновом районе) – лишь 20 %. Существенные превышения фона для большинства поллютантов металлической природы наблюдали в водорослях именно этих районов – мысов Геллера и Муравьиный в вершине залива, бухт Промежуточная и городская зона Владивостока. Однако 96-часовое биотестирование состояния вод вершинной части Уссурийского залива, проведенное в августе 2007 г., не выявило токсичности проб для мизид, несмотря на те же условия биотестирования. Высокая температура проб (19,9-22,3 °С), отсутствие кормления тест-организмов и их низкая резистентность по-прежнему приводили к скорой гибели рачков во всех пробах (20-40 % к концу опытов).

Анализ сезонной изменчивости результатов биотестирования выявил токсичность наиболее загрязненных вод локальных участков акватории Амурского и Уссурийского заливов, обычно в июле-августе (см. рисунок) при более высокой температуре тестируемых проб воды (17-23 °С). С мая по июнь и с сентября по октябрь, учитывая условия биотестирования и температурный режим, отсутствие достоверных различий смертности рачков в тестируемых пробах говорит о хорошем качестве вод. В целом с мая по октябрь показано отсутствие токсичности вод большинства исследованных акваторий этих заливов для двух использованных нами массовых видов мизид.

Существенные, но кратковременные повышения загрязнения после залповых сбросов, происходивших в последние годы, значительно снижали выживаемость мизид в опытах. Например, во второй декаде сентября 2008 г. биотестирование последствий загрязнения Амурского залива, выполненное после замора гидробионтов во внутренних районах, показало достоверное увеличение смертности рачков при 48-часовой экспозиции в

пробах, взятых в бухте Новик и у нефтебазы; при 72-часовой экспозиции достоверное увеличение количества погибших особей до 77 % сохранялось лишь в пробе, отобранной у нефтебазы. В то же время в среднем качество вод более загрязненной внутренней зоны Амурского залива в сентябре 2008 г. достоверно не отличалось от условно-фоновой акватории, в отличие от 2003 г. и июля 2007 г. Гибель мизид в водных пробах у о-ва Рейнеке, как и обычно, была меньше, чем в других пробах. Однако, по сравнению с предыдущим годом, выживаемость рачков в воде из этого района уменьшилась в 2 раза, то есть в контроле (фоновая акватория) смертность мизид увеличилась до 44,5 %. Замор был не настолько масштабен, чтобы привести к дефициту кислорода в поверхностном слое вод, следовательно, загрязнение вызвало токсичность вод, которые распространились с течениями во внешние акватории залива. Ухудшение качества вод вызвало ускоренную гибель рачков в опытах.

Подводя итоги экспериментальной биодиагностики состояния мелководных районов залива Петра Великого, важно отметить отсутствие токсичности вод большинства исследованных акваторий Амурского и Уссурийского заливов для двух массовых видов мизид. В то же время достоверна токсичность проб из отдельных наиболее загрязненных участков. Температурный, кислородный режимы биотестирования и отмечаемое опреснение некоторых проб не оказывали существенного воздействия на выживаемость тест-объектов. Очевидно, ускорение гибели рачков вызывало загрязнение, степень влияния которого зависит от свойств различных поллютантов и физико-химических параметров вод. Биотестирование, проводившееся в 2003-2021 гг., выявило уменьшение негативных последствий загрязнения, но кратковременное его повышение после залповых сбросов, случавшиеся в последние годы, снижало выживаемость мизид в опытах. Эти и другие факты подтверждают значительную изменчивость состояния прибрежных акваторий. В 2019-2021 гг. качество вод в исследуемых районах залива Петра Великого не улучшалось, оставаясь на удовлетворительном уровне. Так как ранее нами доказана повышенная уязвимость использованных видов мизид к поллютантам по сравнению с большинством тест-организмов из дальневосточных морей России и с рачками *Artemia salina*, широко используемыми в токсикологических исследованиях, то в большинстве районов залива качество вод в настоящее время вполне благоприятно и для других гидробионтов. Лучшие экотоксикологические условия были и остаются в открытой островной зоне залива Петра Великого.

Список использованной литературы

Лукиянова, О.Н. Обзор современного экологического состояния залива Петра Великого (2000-2010 гг.) / О.Н. Лукиянова, С.А. Черкашин, М.В. Симоконь // Вестник ДВО РАН. – 2012, № 2. – С. 55-63.

Пряжевская, Т.С. Влияние меди на выживаемость мизид *Neomysis mirabilis* и *Paracanthomysis* sp. (Crustacea: Mysidacea) / Т.С. Пряжевская, С.А. Черкашин // Известия ТИНРО. – 2014. – Т. 177. – С. 219-226.

Современное загрязнение донных отложений и экологическое состояние макрозообентоса в прибрежной зоне Владивостока (залив Петра Великого Японского моря) / А. В. Мощенко, Т. А. Белан, Б. М. Борисов [и др.] // Известия ТИНРО. – 2019. – Т. 196. – С. 155-181.

Христофорова, Н.К. Уссурийский залив: загрязнение прибрежных вод тяжелыми металлами и его оценка с использованием бурых водорослей / Н.К. Христофорова, А.Д. Кобзарь, Р.А. Григоров // Вестник ДВО РАН. – 2020. – № 3. – С. 116-125.

Черкашин, С.А. Биотестирование: терминология, задачи, основные требования и применение в рыбохозяйственной токсикологии / С.А. Черкашин // Известия ТИНРО. – 2001. – Т. 128, ч. 3. – С. 1020-1035.

Черкашин, С.А. Влияние цинка на выживаемость некоторых видов мизид, десятиногих и веслоногих ракообразных из залива Петра Великого Японского моря / С.А. Черкашин // Биология моря. – 2020. – Т. 46, № 3. – С. 200-206.

Черкашин, С.А. Воздействие тяжелых металлов на выживаемость ракообразных (обзор) / С.А. Черкашин, Н.К. Блинова // Гидробиологический журнал. – 2010. – Т. 46, № 4. – С. 84-97.

Черкашин, С.А. Экотоксикологический анализ состояния прибрежных экосистем залива Петра Великого (Японское море) / С.А. Черкашин, Е.Л. Вейдеман // Вопросы рыболовства. – 2005. – Т. 6, № 4 (24). – С. 637-652.

Черкашин, С.А. Анализ экотоксикологического состояния Амурского залива (Японское море) на основе химических и токсикологических показателей / С.А. Черкашин, М.В. Симоконь, Т.С. Пряжевская // Водные ресурсы. – 2019. – Т. 46, № 3. – С. 308-317.

Cripe, G.M. Comparative acute toxicities of several pesticides and metals to *Mysidopsis bahia* and postlarval *Penaeus duorarum* / G.M. Cripe // Environment, Toxicology and Chemistry. – 1994. – Vol. 13, № 11. – P. 1867-1872.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОДКОМИТЕТА ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ СЕВЕРНОГО РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАССЕЙНА, НАПРАВЛЕННАЯ НА РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

Л.А. Шаповалова, М.В. Федотова

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича)
г. Мурманск*

Подкомитет по стандартизации ПК 5 «Северный рыбохозяйственный бассейн» функционирует на базе Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича) почти 20 лет. В начале деятельности он выполнял функции, находясь в составе двух межгосударственных комитетов по стандартизации: МТК 299 «Консервы и пресервы из рыбы и нерыбных объектов, тара, методы контроля» (г. Санкт-Петербург, Гипрорыбфлот) и МТК 300 «Рыбные продукты пищевые, кормовые, технические и упаковка» (г. Москва, ВНИРО). После их объединения в 2017 г. и создания единого межгосударственного комитета по стандартизации ПК 5 входит в состав МТК 300, название которого осталось прежним (рис. 1). Помимо ПК 5 в МТК 300 включены еще шесть подкомитетов, а также представители федеральных органов исполнительной власти (Минсельхоз России, Росрыболовство, Роспотребнадзор), органов по сертификации (ФБУ «Ростест-Москва»), хозяйствующих субъектов различных форм собственности в области добычи и переработки водных биологических ресурсов (ООО «Антей», ОАО ПКП «Меридиан», ГК «ФЭСТ», ПАО «Мурманский траловый флот» и др.), предприятий торговли и некоммерческих организаций.

Действующие подкомитеты по стандартизации созданы по территориальному принципу с учетом видовой принадлежности водных биологических ресурсов, в отношении которых осуществляется промышленное, прибрежное рыболовство и рыбоводство в рыбохозяйственных бассейнах страны, а также применительно к объектам стандартизации. Основные задачи, возложенные на подкомитеты, заключаются в разработке проектов межгосударственных, национальных стандартов Российской Федерации и иных документов по стандартизации, технических документов; подготовке предложений для формирования программы разработки межгосударственных и национальных стандартов Российской Федерации; проведении научно-технической и нормативной экспертизы проектов стандартов в рамках компетентности; популяризации достижений отраслевой стандартизации среди предпринимателей,

руководителей и инженерно-технических работников, занимающихся добычей (выловом), выращиванием, переработкой рыбы и нерыбных объектов.



Рис. 1. Состав межгосударственного технического комитета по стандартизации МТК 300

Цель настоящих исследований заключается в проведении анализа деятельности ПК 5, направленной на решение вопросов рационального использования водных биоресурсов средствами стандартизации, учитывающими требования передовых технологий и основанными на обобщенных результатах научно-исследовательских работ и практического опыта.

В ходе разработки стандартов предлагаются апробированные и несущие меньший риск технические и технологические решения, учитываются новые достижения в области рыбопереработки, преимущества современных видов упаковки, различных материалов и реагентов, направленных на установление более продолжительных сроков годности продукции, новые методы контроля качества готовой продукции. При необходимости проводится гармонизация требований с международными нормами и правилами.

Особая роль отводится межгосударственным стандартам, обладающим статусом региональных, применение которых способствует устранению административных барьеров и разногласий в торговле и созданию благоприятных условий для продвижения отечественной продукции на всем пространстве стран, входящих в Содружество Независимых Государств (СНГ). Межгосударственные стандарты активно применяют и для целей подтверждения соответствия требованиям технических регламентов Таможенного союза (ТС)/Евразийского экономического союза (ЕАЭС). В связи с этим повсеместно в отраслях народного хозяйства, включая рыбную, наблюдается тенденция к разработке преимущественно межгосударственных стандартов. При этом подготавливаются и национальные стандарты Российской Федерации, проекты которых, в отличие от межгосударственных, проходят этапы публичного обсуждения и согласования только в нашей стране, на основании этого срок их принятия значительно сокращается.

В зависимости от поставленных задач и уровня сложности документов, количество проектов стандартов и технологических инструкций каждый год подвержено изменению. За период функционирования ПК 5 в составе «ПИНРО» им. Н.М. Книповича самый насыщенный по количеству разработанных проектов стандартов был 2011 г., когда остро стояла проблема актуализации устаревших межгосударственных стандартов для создания доказательной базы технического регламента ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (рис. 2). Были пересмотрены межгосударственные стандарты, устанавливающие требования к таким видам продукции, как консервы из обжаренной рыбы в масле; мороженая рыба; тунец, парусник, макрель, марлин и меч-рыба мороженые; сельди горячего копчения; тугун, ряпушка и пелядь пряного посола, а также национальный стандарт на рыбы анчоусовые и мелкие сельдевые соленые и пряного посола. В 2003 и 2004 гг. еще разрабатывали и отраслевые стандарты до принятия требований, ограничивающих их действие как документов в области стандартизации.

Поскольку часто для решения вопросов, связанных с практической реализацией положений стандартов, требуются знания, затрагивающие сферы промышленного рыболовства, товарной аквакультуры, рыбопереработки и др., периодически возникает потребность во взаимодействии подкомитета с промышленным сектором отрасли. Участники рыбного бизнеса – крупные компании, мелкие предприятия, индивидуальные предприниматели – все те, кто стремятся вывести свою продукцию на высокий уровень потребления, стараются в той или иной степени принимать участие в создании отраслевой стандартизации.

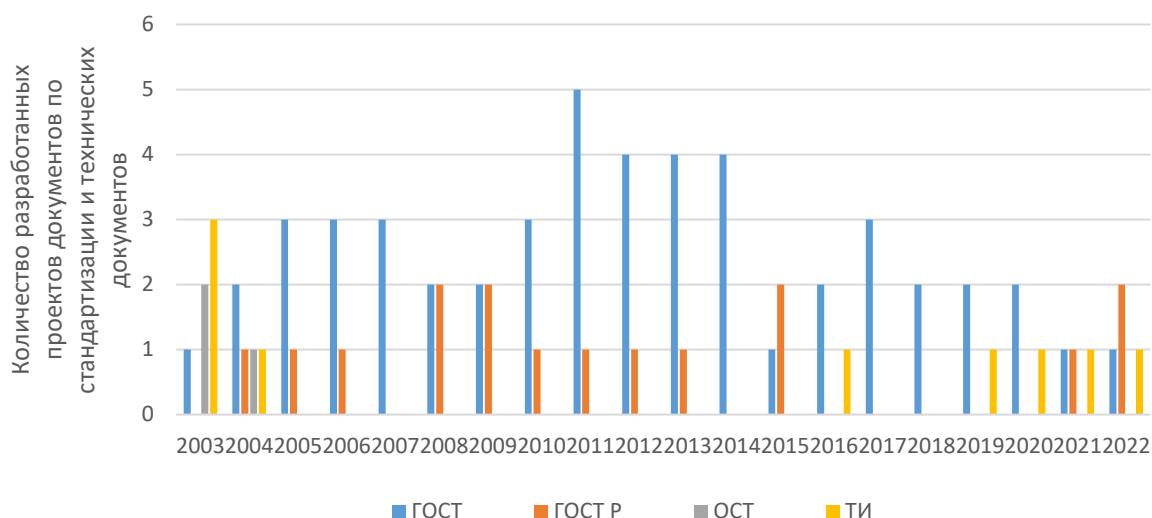


Рис. 2. Динамика разработки документов по стандартизации подкомитетом ПК 5 в 2003-2022 гг.

В частности, при разработке ГОСТа 32366-2013 «Рыба мороженая. Технические условия» компании предоставляли членам ПК 5 данные для установления в стандарте предельных положительных отклонений содержимого нетто от номинального количества в упаковочной единице (перевес) для продукции, изготавливаемой в морских условиях на судах рыбопромыслового флота. Таким образом, была решена проблема перевеса мороженой рыбы, производимой именно в морских условиях, когда обеспечить точное соответствие фактической массы нетто одной упаковочной единицы, заявленной в маркировке, не всегда возможно. В стандарте также были внесены коррективы в описание наиболее актуальных видов разделки с учетом особенностей технологии переработки отдельных видов рыб, обновлены характеристики показателя «Внешний вид рыбы после размораживания» в целях исключения возможности возникновения спорных случаев в органолептической оценке качества мороженой рыбы. В итоге в работе над стандартом приняли участие многие отечественные предприятия рыбной промышленности, которые сейчас используют его в производственной деятельности.

В целях формирования нормативной базы для оценки качества пищевой рыбной продукции в рамках системы добровольной сертификации подтверждения качества российской продукции в 2015 г. при активной поддержке группы компаний «ФЭСТ» (г. Мурманск), был разработан и утвержден национальный стандарт ГОСТ Р 56417-2015 «Филе тресковых рыб мороженое «Экстра». Технические условия», требования которого распространяются на мороженое филе, изготовленное в морских условиях из сырца (свежей) трески, пикши и сайды. Позже на основе этого стандарта

подготовили и утвердили одноименный межгосударственный стандарт ГОСТ 34813-2021. Помимо этого, группа компаний «ФЭСТ» выступила инициатором и непосредственным участником разработки еще одного национального стандарта ГОСТ Р 56418-2015 «Консервы из печени, икры и молок рыб «По-мурмански». Технические условия». Со стороны изготовителя проведены необходимые исследования продукции в рамках производственного контроля предприятия и установления пролонгированных сроков годности рыбных консервов. Качество продукции оценивалось на дегустационных совещаниях, проводимых на базе «ПИНРО» им. Н.М. Книповича с привлечением сотрудников отдела экспертизы качества товаров и услуг Северной торгово-промышленной палаты (г. Мурманск).

В настоящее время при поддержке и участии этой же группы компаний МТК 300/ ПК 5 работает над новым стандартом, устанавливающим титриметрический метод определения кислотного числа жира в пищевой рыбной продукции. Необходимость в этом обусловлена отсутствием стандартизованного метода определения указанного показателя для подтверждения соответствия рыбных консервов из измельченной печени трески [пикши] «По-мурмански» требованиям ГОСТа Р 56418-2015.

Еще одним примером практического взаимодействия ПК 5 с предприятиями региона является привлечение ООО «Тресковый берег» (г. Мурманск) к разработке ГОСТа 32772-2014 «Клипфиск. Технические условия». Технологи предприятия высказывали аргументированные предложения и замечания в отзывах к проекту, предоставляли документацию, в соответствии с которой осуществлялся выпуск клипфиска, знакомили разработчиков стандарта с производством, акцентируя внимание на особенностях современной технологии клипфиска.

Накопленный положительный опыт сотрудничества ПК 5 и представителей рыбацкого бизнес-сообщества свидетельствует о необходимости его дальнейшего развития для того, чтобы стандарты были востребованными, отвечали запросам и желаниям современного пользователя. Следование наилучшим практикам за счет применения различных видов стандартов позволяет сделать бизнес эффективнее без особых вложений в модернизацию производства и технологий. Выпуск продукции в соответствии с требованиями стандартов открывает широкие возможности при осуществлении закупок товаров для обеспечения государственных и муниципальных нужд.

ПК 5 участвует также в совместных с другими подкомитетами разработках стандартов, например, ГОСТ «Рыба, водные беспозвоночные, водные млекопитающие, водоросли и продукция их них. Термины и

определения». Данный стандарт призван стать одним из важных и основополагающих стандартов в рыбной отрасли. В дополнение к техническому регламенту ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» он направлен на создание условий функционирования однозначно понимаемой и непротиворечивой терминологии, связанной с изготовлением, реализацией, хранением и транспортированием продукции из рыбы, водных беспозвоночных, водных млекопитающих и водорослей.

С учетом изменений в сырьевой базе, технике вылова, хранении, использовании и переработке водного сырья возникла необходимость в пересмотре действующих и подготовке новых отраслевых технологических инструкций по добыче и обработке водных биологических ресурсов. Связано это с тем, что разработку и внедрение в производство отвечающих современным требованиям стандартов и технологических инструкций, определяющих порядок и последовательность технологических процессов изготовления продукции с соблюдением принципа рационального использования водного сырья, необходимо осуществлять одновременно. Любой изготовитель, ориентированный на применение стандарта в производственной практике, должен иметь возможность ознакомиться с необходимыми техническими требованиями, обеспечивающими выпуск продукции с заданными свойствами.

С 2016 г. подкомитетом ПК 5 были разработаны технологические инструкции по изготовлению филе рыбы мороженого, мойвы жирной соленой, пельменей рыбных мороженых, консервов из печени, икры и молок рыб «По-мурмански» и наборов из рыбы для ухи мороженых. В них определена область применения, представлен перечень сырья, составлена оптимальная схема технологического процесса и дано его описание, установлены требования в части метрологического обеспечения технологического процесса, контроля производства, санитарной обработки и безопасности. Впоследствии на основе разработанных техническим комитетом и подкомитетами по стандартизации технологических инструкций будет сформирован актуализированный сборник.

Поскольку формат деятельности межгосударственного технического комитета предполагает всестороннее коллегиальное обсуждение всех положений и требований разрабатываемых стандартов и технологических инструкций, неотъемлемой и достаточно значимой частью работы ПК 5 является проведение научно-технической и нормативной экспертизы подготовленных другими подкомитетами проектов межгосударственных, национальных стандартов и технических документов. Также осуществляется экспертиза проектов стандартов, разрабатываемых иными МТК Российской Федерации и национальными органами по стандартизации государств-членов ЕАЭС.

Кроме стандартов, в производственной практике по-прежнему широко применяются собственные документы товаропроизводителей – технические условия. Во многом это связано с необходимостью установления пролонгированных сроков годности, использования новых видов и способов упаковки продукции, регламентирования дополнительных показателей качества, а также с отсутствием на определенный ассортимент продуктов национальных стандартов Российской Федерации или межгосударственных стандартов, действующих в качестве национальных. При этом требования, вводимые в технические условия, не должны противоречить таковым технических регламентов ТС/ЕАЭС, законов и других нормативных правовых актов Российской Федерации. Порядок разработки, содержание, оформление и обозначение документа должны соответствовать требованиям основополагающих стандартов. В связи с этим ПК 5 оказывает в рамках договорной деятельности услуги сторонним организациям по разработке, актуализации и проведению экспертизы как технических условий, так и технологических инструкций, действующих в комплекте с ними или со стандартами.

С введением в действие ТР ТС 005/2011 «О маркировке пищевой продукции» и ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» у добывающих и перерабатывающих компаний региона возникают различного рода вопросы в части нанесения в маркировке достоверной и полной информации о пищевой рыбной продукции с учетом всех требований законодательства в сфере технического регулирования. Правильная маркировка, содержащая все необходимые сведения, способствует исключению возникновения претензий и санкций к изготовителю со стороны контролирующих органов. Руководствуясь этим, хозяйствующие субъекты Северного бассейна обращаются к специалистам ПК 5 для проведения экспертизы макетов маркировки транспортной и потребительской упаковки на соответствие требованиям вышеупомянутых технических регламентов. Осуществляются другие экспертизы, связанные с нормативным обеспечением выпуска пищевой рыбной продукции, проводятся консультации и предоставляется различный справочно-информационный материал по заявкам заказчиков.

Создание новых продуктов, в том числе за счет вовлечения в технологический процесс отходов, образующихся при разделке водных объектов, требует наличия документов по стандартизации для организации их производства и оборота. К тому же научно-исследовательские работы в области технологии переработки водных биологических ресурсов, результаты которых реализованы в конкретных документах по стандартизации, например, технических условиях, являются более привлекательными для заинтересованных в них потенциальных

пользователей. Из последних разработок в этом плане показательна подготовка членами ПК 5 с последующим утверждением и введением в действие технических условий и технологических инструкций на продукцию из камчатского краба и краба-стригуна опилио Баренцева моря – краб живой, гепатопанкреас мороженный для промышленной переработки, панцирь мороженный для промышленной переработки. Поскольку водных беспозвоночных реализуют и перерабатывают только в живом виде согласно требованиям отраслевого технического регламента, а стандартов на этот вид продукции из большинства водных беспозвоночных нет, специалисты ПК 5 разработали технические условия, устанавливающие требования к живым: кукумарии, трубачу, исландскому гребешку, зеленому морскому ежу, обыкновенной мидии, а также технологические инструкции по их добыче (вылову), транспортированию и хранению. При этом учитывались биологические особенности жизненных циклов указанных гидробионтов, размерно-половая структура популяций, действующие ограничения вылова в соответствии с Правилами рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна, их идентификационные признаки. С 2003 г. по настоящее время подкомитетом ПК 5 подготовлено 50 технических условий и 54 технологических инструкций, держателем подлинников которых является «ПИНРО» им. Н.М. Книповича.

Соблюдая принципы обеспечения соответствия общих характеристик и правил, устанавливаемых в документах по стандартизации, современному уровню развития науки, техники и технологий, передовому отечественному и зарубежному опыту; комплексности и системности отраслевой стандартизации; открытости разработки проектов стандартов с привлечением всех заинтересованных лиц и достижением консенсуса в процессе их согласования; соответствию документов по стандартизации техническим регламентам ТС (ЕАЭС), средствами стандартизации решаются вопросы рациональной переработки добываемых водных биологических ресурсов для получения качественной продукции, отвечающей запросам потребителя. Для реализации этой цели подкомитет по стандартизации Северного рыбохозяйственного бассейна успешно выполняет поставленные перед ним задачи, способствующие планомерному развитию отраслевой стандартизации и более тесному сближению научных исследований с рыбохозяйственным комплексом страны.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

З.И. Шмакова, С.С. Ускова

*Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» (ВНИИПРХ),
Московская обл., пос. Рыбное*

Важной задачей развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах является пастбищное рыбоводство. Изучение состояния экосистем водных объектов, оценка кормовой базы, проведение работ по реконструкции ихтиофауны и улучшению качественного состава рыбного населения за счет увеличения численности наиболее ценных видов рыб – наиболее значимые аспекты данного направления.

В соответствии с планом ресурсных исследований и государственного мониторинга биологических ресурсов и среды их обитания проведены исследования по изучению экологического состояния Можайского, Рузского и Озернинского водохранилищ, расположенных в Московской области. Активный промысел рыб (рекреационное рыболовство) в сочетании со специфическими для многомиллионного мегаполиса другими антропогенными факторами оказывает существенное влияние на экологическое состояние водоемов.

Наблюдения проведены в сезон 2021 г. с учетом гидрохимического и гидробиологического режимов, оценки качества воды с использованием интегрального показателя индекса загрязнения (ИЗВ) и олигохетного индекса Гуднайт-Уотлея.

Гидрохимические исследования выполнены сотрудниками отдела экологической токсикологии Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» (ВНИИПРХ) под руководством начальника отдела А.В. Здрок. Выражаем искреннюю благодарность сотрудникам отдела за предоставленные данные.

Гидробиологический материал собран в весенний, летний и осенний периоды по сетке станций, охватывающих разнообразные участки биотопа (рис. 1). Сбор и обработка материала проведены общепринятыми в гидробиологической практике методами (Методика изучения биоценозов..., 1974; Указания по контролю..., 1980, Абакумов, 1983).



Рис. 1. Карты-схемы отбора проб на водохранилищах в сезоне 2021 г.

Оценка качества воды проведена с использованием ИЗВ (Гидрохимические показатели состояния..., 2000). Для оценки биоиндикации применен олигохетный индекс Гуднайт-Уотлея (Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2003).

Характеристика водных объектов

Можайское водохранилище – водоем руслового типа, берега с небольшим уклоном, изрезаны множеством заливов. Площадь водного зеркала 3070 га. Средняя глубина 8 м, максимальная – 22,5 м.

Рузское водохранилище введено в эксплуатацию в 1966 г. Площадь 3300 га, используется для водоснабжения г. Москвы и регулирования стока р. Руза. Максимальная глубина 21,2 м. Замерзает в конце ноября, вскрывается в конце апреля.

Озернинское водохранилище образовано в 1967 г., входит в систему водоснабжения г. Москвы. Площадь 2310 га, средняя глубина 6,2 м,

максимальная 20,5 м. Замерзает в конце ноября, вскрывается в середине апреля.

Состав ихтиофауны водохранилищ сходен. В уловах встречаются лещ, судак, плотва, густера, окунь пресноводный, реже попадает налим.

Гидрохимический режим

Гидрохимические показатели воды водохранилищ приведены в табл. 1.

Таблица 1

Гидрохимические показатели воды водохранилищ

Водохранилище	Гидрохимический показатель, мг/дм ³							рН, ед. рН	ИЗВ
	азот аммонийный	нитрит-ион	нитрат-ион	фосфат-ион	ПО**	железо общее	БПК ₅		
Можайское	<u>0,38*</u> 0,16-0,71	<u>0,04</u> 0,02-0,07	<u>0,92</u> 0,42-1,50	<u>0,08</u> 0,05-0,14	<u>8,2</u> 6,9-9,6	<u>0,10</u> 0,18-0,60	<u>1,7</u> 1,1-2,7	<u>8,1</u> 7,1-8,7	<u>0,7</u> 0,6-1,5
Рузское	<u>0,38</u> 0,19-0,70	<u>0,04</u> 0,02-0,07	<u>1,34</u> 0,36-2,1	<u>0,06</u> 0,05-0,08	<u>6,0</u> 3,4-7,4	<u>0,14</u> 0,08-0,25	<u>2,2</u> 1,2-3,5	<u>7,9</u> 7,0-8,7	<u>0,7</u> 0,5-1,1
Озернинское	<u>0,34</u> 0,23-0,57	<u>0,05</u> 0,03-0,08	<u>1,29</u> 0,43-2,50	<u>0,06</u> 0,05-0,08	<u>6,9</u> 5,9-8,9	<u>0,16</u> 0,05-0,25	<u>2,5</u> 1,1-4,8	<u>7,6</u> 7,4-7,7	<u>0,8</u> 0,5-1,1
ПДКр/х	0,4	0,08	40,0	0,15	10,0	0,1	3,0	-	-

*Над чертой – средние значения по станциям отбора проб, под чертой – минимальные и максимальные значения.

**ПО – Перманганатная окисляемость.

Превышение рыбохозяйственных ПДК отмечено по аммонийному азоту (максимальные значения 0,57-0,71 мг/дм³), БПК₅ (1,2-1,6 раз) и железу общему (от 0,2 до 6,0 раз). ИЗВ в Рузском и Озернинском водохранилищах изменился от 0,5 до 1,1. Класс качества воды менялся от 2-го («чистые») к 3-му («умеренно загрязненные»). В Можайском водохранилище минимальные и максимальные значения ИЗВ составили соответственно 0,6 и 1,5, что соответствует качеству воды «чистая» и «умеренно загрязненная». Содержание растворенного в воде кислорода было довольно высоким – от 5,9 до 13,6 мг/дм³.

Олигохетный индекс Гуднайт-Уотлея в Можайском водохранилище весной колебался по станциям от 10 до 78 %, летом – от 24 до 85 %, осенью – от 22 до 88 %. Класс качества придонных слоев воды в летний период изменялся от 3-го («умеренно загрязненная») до 5-го («значительно загрязненная»). В Рузском водохранилище также отмечены участки со слабым и сильным органическим загрязнением.

В среднем по станциям отбора проб олигохетный индекс изменялся в зависимости от временного аспекта от 0 до 82 %, что соответствует классу качества от «слабого загрязнения» до «значительного загрязнения». В Озернинском водохранилище значения олигохетного индекса составили в среднем по водоему 30-51 %, были выявлены участки со «слабым» (олигохетный индекс от 0 до 68 %) и «сильным» (до 100 %) органическим загрязнением.

Гидробиологический режим

Весной в составе фитопланктона исследуемых водохранилищ доминировали диатомовые водоросли (преимущественно р. *Cyclotella*, р. *Asterionella*, р. *Nitzschia*), были обнаружены также золотистые (р. *Chrysococcus*, р. *Pseudokephyrion*), синезеленые (р. *Anabaena*, р. *Microcystis*, р. *Aphanizomenon*) и эвгленовые (р. *Euglena*, р. *Trachelomonas*). Летом отмечено увеличение видового разнообразия и количественного развития водорослей, осенью – снижение развития фитопланктона, в его составе преобладали пиропитовые и синезеленые.

Биомасса фитопланктона в Можайском водохранилище в течение сезона изменялась от 0,57 до 6,45 мг/л, Рузском – от 0,78 мг/л до 7,01 мг/л, Озернинском – от 0,04 мг/л до 6,03 мг/л (рис. 2), что соответствует состояниям от слабого «цветения» водоемов весной до «умеренного» летом.

Зоопланктонное сообщество представлено тремя группами организмов: коловратки (*Rotatoria*), ветвистоусые (*Cladocera*) и веслоногие (*Sopropoda*) ракообразные. Весной численность составила в Можайском водохранилище 98,7 тыс. экз./м³, Рузском – 34,05 тыс. экз./м³, Озернинском – 20,05 тыс. экз./м³; биомасса была равна соответственно 0,51; 0,15 и 0,2 г/м³. Летом количественные показатели возрастали, осенью происходило снижение развития зоопланктона в Можайском и Озернинском водохранилищах. В Рузском, напротив, отмечено увеличение количественного развития зоопланктона (табл. 2).

По уровню развития зоопланктона и его динамике Можайское и Озернинское водохранилища отличались незначительно. В Рузском водохранилище численность была в 1,3 раза, биомасса – примерно в 1,8 раза выше.

В составе зоопланктонного сообщества доминировали веслоногие ракообразные, в основном циклопы (*Cyclopidae*) и науплиусы копеподит. Водоемы, согласно классификации М.Л. Пидгайко и др. (Краткая биолого-продукционная характеристика..., 1968) характеризуются как

малокормные в весенний период, с изменением до средnekормных летом и осенью.

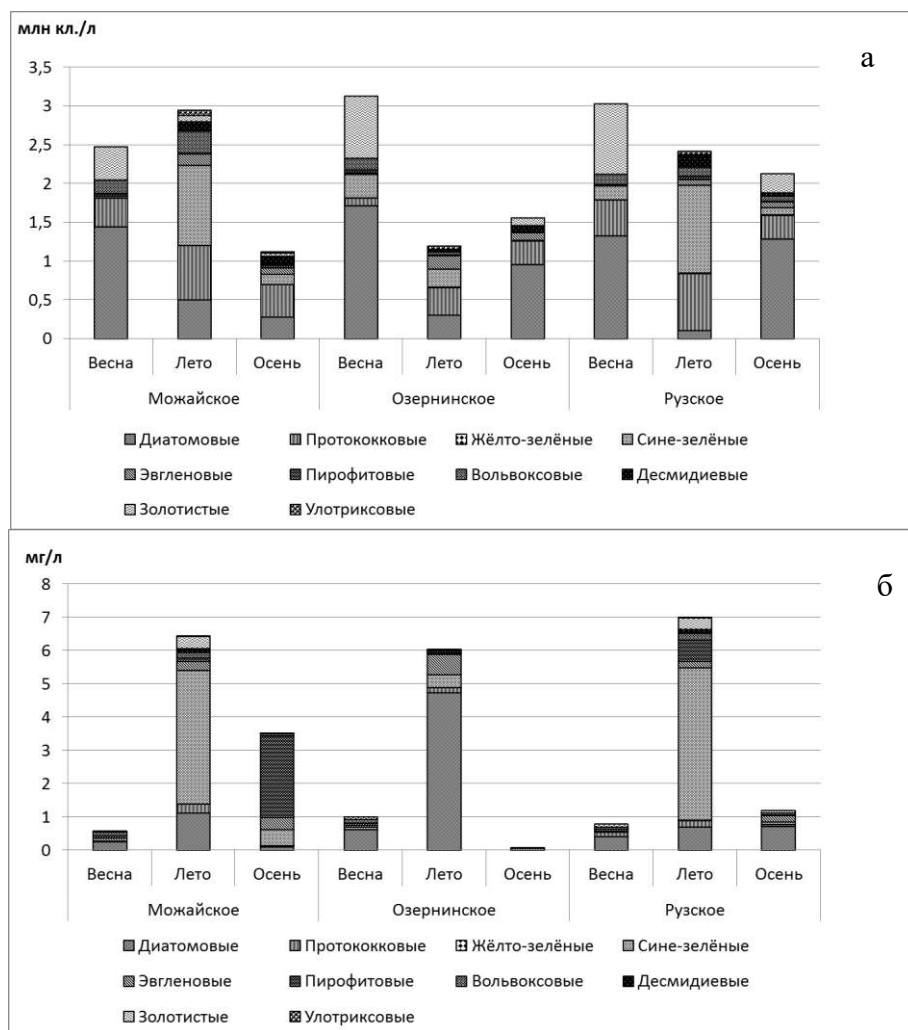


Рис. 2. Динамика численности (а) и биомассы (б) фитопланктона в водохранилищах

Таблица 2

Численность (N) и биомасса (B) зоопланктона в исследуемых водохранилищах в сезон 2021 г.

Водохранилище	Весна		Лето		Осень	
	N, тыс. экз./м ³	B, г/м ³	N, тыс. экз./м ³	B, г/м ³	N, тыс. экз./м ³	B, г/м ³
Можайское	98,7	0,51	208,45	1,95	148,75	1,56
Рузское	34,05	0,15	211,85	1,96	368,01	5,44
Озернинское	20,05	0,2	363,80	3,17	88,69	1,08

Макрозообентос водохранилищ характеризуется присутствием в его составе личинок хирономид, олигохет, личинок и куколок прочих

насекомых (хаборусов, мокрецов, ручейников), моллюсков (брюхоногих и двустворчатых), пиявок, нематод. Количественное развитие зообентосных организмов приведено в табл. 3.

Таблица 3

Численность (N) и биомасса (B) макрозообентоса в сезон 2021 г.
(средние значения по станциям отбора проб)

Водохранилище	Весна		Лето		Осень	
	N, тыс. экз./м ²	B, г/м ²	N, тыс. экз./м ²	B, г/м ²	N, тыс. экз./м ²	B, г/м ²
Можайское	1,71	6,51	1,06	4,9	0,89	2,35
Рузское	2,24	7,28	6,72	4,1	1,45	3,49
Озернинское	1,25	4,31	0,79	5,48	0,52	2,25

Для рыб-бентофагов кормовые условия были благоприятными. Биомасса в течение сезона изменялась от 2,35 до 6,51 г/м² (Можайское вдхр.), от 3,49 до 7,28 г/м² (Рузское вдхр.) и от 2,25 до 5,48 г/м² (Озернинское вдхр.). По уровню развития зообентоса водоемы характеризуются как среднекормные.

Заключение

Оценка экологического состояния трех водохранилищ Московской области проведена с учетом гидрохимических, гидробиологических показателей и биоиндикации. Анализ гидрохимических данных показал, что в воде водохранилищ отмечены превышения ПДК_{р/х} по аммонийному азоту, БПК₅ и общему железу. Индекс загрязнения воды поверхностных слоев соответствовал качеству воды «чистая» и «умеренно загрязненная». Олигохетный индекс Гуднайт-Уотлея колебался от 0 (олигохеты в пробах отсутствовали) до 100 %, что указывает на участки «чистой» воды и «сильного» органического загрязнения.

Фитопланктон представлен довольно широким спектром видового разнообразия. Количественное развитие не отличалось высокими показателями. Биомасса водорослей изменялась в течение сезона от 0,04 до 7,01 мг/л, что соответствует «слабому» цветению воды весной и «умеренному» в летний период.

В составе зоопланктонного сообщества обнаружены коловратки, ветвистоусые и веслоногие ракообразные. Прослежена пространственно-временная динамика количественного развития и рассмотрен качественный состав основных групп зоопланктонных организмов. По уровню развития зоопланктона и его сезонной динамике Можайское и Озернинское водохранилища отличались незначительно. В Рузском

водохранилище развитие зоопланктона было выше в 1,3 раза по численности и 1,8 раза по биомассе.

Макрзообентос характеризовался присутствием в его составе личинок хирономид, прочих насекомых (мокрецов, хаоборусов, ручейников), олигохет, моллюсков (брюхоногих и двустворчатых), пиявок и нематод. В течение вегетационного периода биомасса кормового для рыб зообентоса изменялась от 2,35 до 6,51 г/м² (Можайское вдхр.), от 2,25 до 4,31 г/м² (Озернинское вдхр.) и от 3,49 до 7,28 г/м² (Рузское вдхр.). Полученные данные указывают, что в целом состояние экосистем исследуемых водохранилищ характеризуется как удовлетворительное.

Список использованной литературы

Абакумов, В.А. Руководство по методикам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В.А. Абакумов. – М.: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.

Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / Т.В. Гусева, Я.П. Молчанова, Е.А. Заика [и др.] // Справочные материалы. – 2000. – 78 с.

Краткая биологопродукционная характеристика водоемов Северо-Запада СССР / М.Л. Пидгайко, Б.М. Александров, Ц.И. Иоффе [и др.] // Известия ГосНИОРХ. – 1968. – Т. 67. – С. 205-228.

Методика изучения биоценозов внутренних водоемов / Под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовской. – М.: Наука, 1974. – 241 с.

Указания по контролю за гидрохимическим и гидробиологическим режимами прудов товарных хозяйств // Всесоюз. науч.-произв. об-ние по рыбоводству. – М.: ВНПО по рыбоводству, 1980. – 54 с.

Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко; Рос. акад. наук, Ин-т экологии Волж. бассейна. – Тольятти: Изд-во Самар. науч. центра РАН, 2003. – 463 с.

СИБИРСКИЙ ГОЛЕЦ *BARBATULA TONI* (CYPRINIDAE) – НОВЫЙ ВИД В ИХТИОФАУНЕ НОРИЛО-ПЯСИНСКОГО БАССЕЙНА

С.В. Яковлев¹, В.С. Болдырев², Ю.Н. Грозеску³

¹Нижневолжский филиал ФГБУ «Главрыбвод», г. Волгоград

²Волгоградский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Волгоград

³Астраханский государственный технический университет,
г. Астрахань

В сводках о составе ихтиофауны Норило-Пясинского бассейна, опубликованных в прошлом столетии (Пирожников, 1933; Остроумов, 1937; Ольшанская, 1965; Разнообразие рыб Таймыра..., 1999), указывалось до 33 видов рыбообразных и рыб. Согласно фаунистическим исследованиям последних лет, в нем насчитывается 38 таксонов (Заделёнов, Званцев, Форина, 2019).

В 2021 г. исследовательские работы проводили на разнотипных водоемах бассейна рр. Норильская и Пясина на участке между их притоками (рр. Рыбная и Дудыпта), включая такие крупные озера, как Пясино, Половинное, Коренное, Усун-Кюель, Мелкое, Глубокое, Собачье и Лама (рис. 1). В качестве орудий лова использовали сети с размером ячеей от 5 до 80 мм и мальковую волокушу длиной 6 м и ячеей 3 мм.

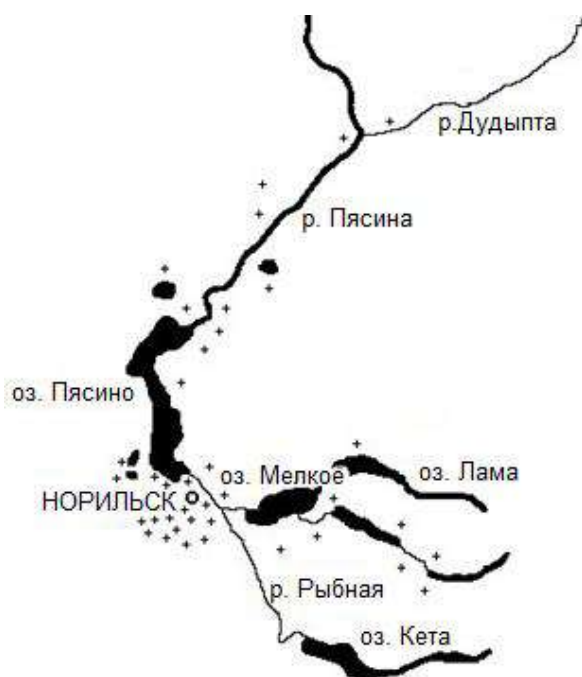


Рис. 1. Точки отбора (+) ихтиологических проб в Норило-Пясинском бассейне

В уловах были отмечены: 21 вид и видовой комплекс рыб 10 семейств: арктический голец *Salvelinus alpinus complex*, обыкновенный сиг *Coregonus lavaretus complex*, муксун *Coregonus muksun*, чир *Coregonus nasus*, пелядь *Coregonus peled*, сибирская ряпушка *Coregonus sardinella*, тугун *Coregonus tugun*, обыкновенный валец *Prosopium cylindraceum*, нельма *Stenodus nelma*, сибирский хариус *Thymallus arcticus*, обыкновенная щука *Esox lucius*, обыкновенный елец *Leuciscus leuciscus*, гольяны Чекановского *Rhynchocypris czekanowskii* и речной *Phoxinus phoxinus*, обыкновенная плотва *Rutilus rutilus*, налим *Lota lota*, девятииглая колюшка *Pungitius pungitius*, обыкновенный ерш *Gymnocephalus cernuus*, речной окунь *Perca fluviatilis*, сибирский подкаменщик *Cottus sibiricus* и сибирский голец *Barbatula toni*. Таксономический статус последнего объекта и границы его распространения дискуссионны (Прокофьев, 2014; Kottelat, 2012). Он хорошо известен в сибирских реках от Оби до Колымы, но в Норило-Пясинском бассейне отмечается впервые в оз. Мелкое (N 69°21'45,73", E 88°58'34,80"), р. Гремячка (N 69°11'41,86", E 88°57'53,66") и притоке р. Рыбной.

Ювенильный экземпляр сибирского гольца из оз. Мелкое имел стандартную длину 26 мм (абсолютная – 31 мм), особь из р. Гремячка – 39 мм (абсолютная – 48 мм) (рис. 2). Количество ветвистых лучей у обеих рыб в спинном (D) плавнике равно 8 (последние два сближены), грудных (P) – 10-11, брюшных (V) – 6-7. Тело невысокое, умеренно вальковатое. Голова маленькая, широкая. Рыло длинное, невысокое, тупое, усиков 6. Рот маленький, нижний. Верхняя губа со слабой срединной выемкой. Ноздри разобщены. Начало V немного впереди вертикали начала D. Среди ветвистых лучей V третий имеет максимальную длину, среди P – второй. Задний край хвостового плавника со слабой выемкой. Поперечные дорсальные полосы хорошо выражены, бока с неоднородными пятнами. Брюшина сероватая.



Рис. 2. Сибирский голец из р. Гремячка

Сибирского гольца характеризуют небольшие размеры, короткий жизненный цикл, высокая реофильность, экологическая пластичность и относительно низкая способность к расселению. Его численность обычно возрастает по мере удаления от устья вверх по реке, а нижнее течение крупных водотоков может служить барьером. Широкий спектр питания совместно с обилием позволяют ему осваивать самые небольшие речки, где он бывает субдоминантным или доминантным видом. Эти факторы, вместе с незначительной гастрономической ценностью и сложностью отлова, способствуют устойчивости естественного ареала и обуславливают ценность гольцов для реконструкции биогеографических событий (Семенченко, Зырянов, Веляев, 2017).

Новые места находок сибирского гольца, по-видимому, являются одними из наиболее северных (Атлас пресноводных рыб..., 2002). Отсутствие сведений об этом объекте в водоемах Норило-Пясинского бассейна в предыдущих фаунистических сводках, скорее всего, объясняется относительной сложностью учета из-за мелких размеров, невысокой численности и расположения популяции на периферии ареала. В результате полученных данных уточнено распространение этой рыбы в Сибири и несколько расширено представление о ее адаптивных возможностях.

Список использованной литературы

Атлас пресноводных рыб России: в 2 т. / под ред. Ю.С. Решетникова. – М.: Наука, 2002. – Т. 1. – 379 с.

Заделёнов, В.А. Рыбы бассейна р. Пясины / В.А. Заделёнов, В.В. Званцев, Ю.Ю. Форина // Современное состояние водных биоресурсов: материалы V Междунар. конф. (Новосибирск, 27-29 ноября 2019 г.) / НГАУ; под ред. Е.В. Пищенко, И.В. Моружи. – Новосибирск, 2019. – С. 77-80.

Ольшанская, О.Л. Обзор ихтиофауны р. Пясины / Ольшанская О.Л. // Вопросы ихтиологии. – 1965. – Т. 5, вып. 2(35). – С. 262-278.

Остроумов, Н.А. Рыбы и рыбный промысел р. Пясины / Н.А. Остроумов // Тр. Полярной комиссии. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1937. – Вып. 30. – 115 с.

Пирожников, П.Л. Река Пясины и ее рыбные ресурсы / П.Л. Пирожников // За индустриализацию Советского Востока. – М.: Изд-во об-ва изучения Советской Азии, 1933. Кн. 3. – С. 166-209.

Прокофьев, А.М. [Рецензия] / А.М. Прокофьев // Вопросы ихтиологии. – 2014. – Т. 54, № 2. – С. 243-248. – Рец. на кн.: *Conspectus cobitidum: an inventory of the loaches of the World (Teleostei: Cypriniformes: Cobitoidei)* / M. Kottelat. 2012. 199 p. (Raffles Bull. Zool. Suppl. № 26).

Разнообразие рыб Таймыра (систематика, экология, структура видов как основа биоразнообразия в высоких широтах, современное состояние в условиях антропогенного воздействия / Д.С. Павлов, К.А. Савваитова, М.А. Груздева [и др.]. – М.: Наука, 1999. – 207 с.

Семенченко, А.А. Предварительные данные по фитогеографии сибирских усатых гольцов *Barbatula toni* (Dybowski, 1869) (Cypriniformes, Nemacheilidae) юга российского Дальнего Востока / А.А. Семенченко, Н.А. Зырянов, О.А. Веляев // Чтения памяти В.Я. Леванидова. – Владивосток: Дальнаука, 2017. – Вып. 7. – С. 213-226.

Kottelat, M. Conspectus cobitidum: an inventory of the loaches of the World (Teleostei: Cypriniformes: Cobitoidei) / M. Kottelat // Raffles Bull. Zool. Suppl. – 2012. – № 26. – 199 p.

СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В ТЕМРЮКСКОМ ЗАЛИВЕ ЛЕТОМ 2019 г.

О.Н. Ясакова

Южный научный центр РАН (ЮНЦ РАН), г. Ростов-на-Дону

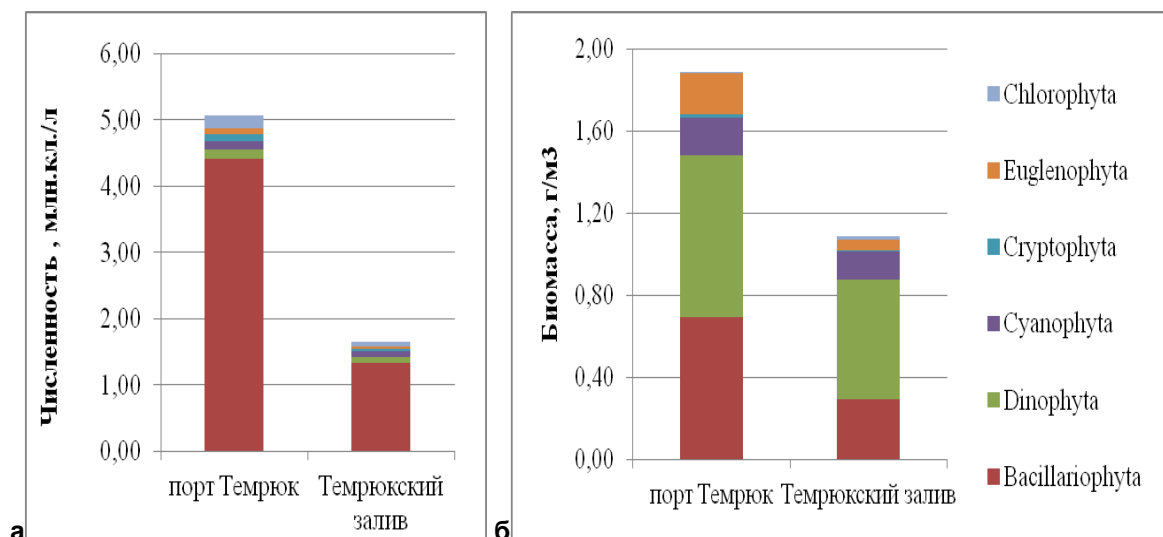
Введение

Современное состояние планктонных альгоценозов в юго-восточной части Азовского моря в научной литературе освещено достаточно хорошо (Глущенко, 2012; Фитопланктон и его изменения..., 2015; Ясакова, 2015). Однако опубликованных данных о состоянии фитопланктона, вегетирующего внутри порта Темрюк, крайне мало. Цель нашей работы – провести исследования таксономического состава и уровня количественного развития планктонных микроводорослей в районе Темрюкского залива в летний период 2019 г.

Материалы и методы

Фитопланктон отбирали на 10 станциях, расположенных непосредственно на акватории порта Темрюк, и на 4 в открытой части Темрюкского залива в конце августа 2019 г. Пробы (объемом 1,5 л) извлекали из поверхностного слоя воды с помощью пластикового батометра и сгущали методом осаждения, фиксировали раствором Люголя до конечной концентрации 5 % (Цыбань, 1980; Современные методы количественной..., 1983; Макаревич, Дружков, 1989). Для учета отдельных групп водорослей, легко разрушающихся под воздействием раствора Люголя, дубликат проб (объемом 0,1 л) фиксировали раствором нейтрального формальдегида до конечной концентрации 1-2 %. Клетки фитопланктона просматривали в счетной камере Нажотта при увеличении $\times 200$, $\times 400$. Биомассу водорослей оценивали объемным методом, используя оригинальные и литературные данные измерений объема клеток для каждого вида (Кольцова, 1970; Сеничкина, 1978; Брянцева, Лях, Сергеева, 2005). Доминирующими считали виды, численность и биомасса которых составляла не менее 20 % от общего количества видов в фитопланктоне, субдоминантными – не менее 10 % соответственно (Коновалова, 1984). При идентификации видов использовали руководства (Косинская, 1948; Определитель пресноводных

водорослей..., 1954; Киселев, 1950; Прошкина-Лавренко, 1955, 1963; Tomas, 1997).



Распределение численности (а) и биомассы (б) фитопланктона между водорослями основных отделов на акватории порта Темрюк и открытом районе Темрюкского залива в августе 2019 г.

Результаты исследования

В августе 2019 г. на акватории порта Темрюк и в Темрюкском заливе было обнаружено 47 видов планктонных водорослей из 6 отделов: *Bacillariophyta* (диатомовые), *Dinophyta* (динофитовые), *Chlorophyta* (зеленые), *Cryptophyta* (криптофитовые), *Euglenophyta* (эвгленовые) и *Cyanophyta* (синезеленые водоросли) (см. таблицу). Максимальное видовое разнообразие наблюдали среди динофитовых (14 видов) и диатомовых (15 видов) водорослей, зеленые и синезеленые насчитывали соответственно 5 и 8 видов, криптофитовые и эвгленовые представлены двумя-тремя видами.

Порт Темрюк. Численность и биомасса водорослей на акватории порта Темрюк варьировали от 0,96 до 10,79 млн кл./л, от 925 до 4051 мг/м³ и в среднем составили 5,07 млн кл./л и 1890 мг/м³ соответственно (см. рисунок). Показатели количественного развития фитопланктона указывают на наблюдавшееся умеренное «цветение воды» в данном районе моря.

Диатомовые водоросли составили 87 % от общей численности и 36 % от биомассы фитопланктона, доминировали мелкоклеточные виды *Leptocylindrus minimus* и *Skeletonema subsalsum* (в сумме 93 и 65 % соответственно от биомассы отдела). Существенную биомассу имели виды рода *Thalassiosira*, крупноклеточные виды *Cerataulina pelagica* и *Pseudosolenia calcar-avis* (в сумме 26 % от биомассы отдела).

Значительную часть общей биомассы (41 %) и численности (3 %) фитопланктона формировали динофитовые водоросли, среди них преобладали *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, представители родов *Oxyrrhis*, *Heterocapsa*, *Gymnodinium* и *Amphidinium* (в сумме 92 % от численности отдела). Основу биомассы (в сумме 84 % от биомассы отдела) формировали два вида *Diplopsalis lenticula* и *P. micans*.

Другие отделы планктонных водорослей составили 10 % от общей численности и 23 % от биомассы. Среди зеленых доминировали *Monoraphidium contortum* и *Binuclearia lauterbornii*. Основу сообщества синезеленых водорослей формировали следующие виды: *Anabaena spiroides*, *Merismopedia punctata* и *M. minima*; в меньшем количестве были отмечены *Planktolyngbya limnetica*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Anabaena flos-aquae* и *Oscillatoria* sp. Среди эвгленовых встречались *Euglena acusformis* и *Eutreptia lanowii*. Крпифитовые водоросли представлены двумя видами: *Plagioselmis punctata* и *P. prolunga*.

Темрюкский залив. Средние величины количественного развития планктонных водорослей в открытом районе Темрюкского залива равнялись 1,65 млн кл./л и 1089 мг/м³ (см. рисунок). Численность фитопланктона варьировала от 0,69 до 2,85 млн кл./л, значения биомассы изменялись от 552 до 1604 мг/м³. Показатели количественного развития фитопланктона в 3,0 и 1,7 раза уступали величинам численности и биомассы, отмеченным в период исследования на акватории порта Темрюк.

Так же, как и в порту в заливе количественно доминировали диатомовые водоросли – 80 % от общей численности, при этом они формировали 27 % от биомассы фитопланктона, преобладали среди них *Leptocylindrus minimus* и *Skeletonema subsalsum* (в сумме 86 % от численности и 41 % от биомассы отдела). Основную биомассу водорослей отдела (51 %) в сумме формировали виды рода *Thalassiosira* и относительно крупноклеточные виды *Aulacoseira granulata*, *Cerataulina pelagica* и *Pseudosolenia calcar-avis*.

Значение динофитовых водорослей в открытом море было выше, чем на акватории порта: они формировали 53 % от общей биомассы и 5 % от численности фитопланктона, среди них преобладали *Prorocentrum micans*, виды родов *Gymnodinium* и *Amphidinium* (в сумме 94 % от численности отдела). Основу биомассы (88 %) формировали два вида: *Prorocentrum micans* и *Polykrikos kofoidii*.

Существенную часть общей численности (15 %) и биомассы (20 %) формировали представители других отделов планктонных водорослей. Среди зеленых доминировали *Monoraphidium contortum*, *Binuclearia*

lauterbornii, *Golenkinia radiata* и виды рода *Scenedesmus*. Основу сообщества синезеленых водорослей составили виды родов *Gomphosphaeria* и *Merismopedia*, в меньшем количестве – колонии *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*. Среди эвгленовых превалировала мелкая форма *Euglena* sp., встречались *Euglena acusformis* и *Eutreptia lanowii*. Крeптофитовые водоросли в заливе, как и в районе порта, представлены двумя видами: *Plagioselmis punctata* и *P. prolonga*.

Таксономический состав фитопланктона Темрюкского залива в августе 2019 г.

Таксон	Район исследования	
	порт Темрюк	Темрюкский залив
<i>Bacillariophyta:</i>		
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim.	+	+
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	+	+
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	–	+
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld	+	+
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell	+	+
<i>Chaetoceros scabrosus</i> Proshkina-Lavrenko	+	–
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough	+	+
<i>Coscinodiscus subtilis</i> Ehrenberg	+	–
<i>Coscinodiscus</i> sp.	+	+
<i>Cyclotella</i> sp.	+	+
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow	–	–
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran	+	+
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mer.	+	+
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G.Sundström	+	+
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle	–	+
<i>Skeletonema subsalsum</i> (A. Cl.) Bethge	+	+
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	+	+
<i>Thalassiosira</i> sp.	+	+
<i>Dinophyta:</i>		
<i>Akashiwo sanguinea</i> (K.Hirasaka) G.Hansen et Moestrup (= <i>Gymnodinium sanguineum</i> Hirasaka)	+	+
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphaenoides</i> Wülf	+	+
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh	+	–
<i>Ensiculifera carinata</i> Matsuoka, Kobayashi et Gains	+	–
<i>Glenodinium</i> spp.	+	–
<i>Gymnodinium</i> spp.	+	+
<i>Gymnodinium agiliforme</i> Schiller	+	–
<i>Gymnodinium wulffii</i> Schiller	–	+
<i>Gyrodinium</i> spp.	+	–
<i>Katodinium glaucum</i> (Lebour) Loeblich	+	+
<i>Katodinium fungiforme</i> (Anissimova) Fott	+	+

Таксон	Район исследования	
	порт Темрюк	Темрюкский залив
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) G.Hansen (= <i>Katodinium rotundatum</i> (Lohm.) Loeblich)	+	–
<i>Oxyrrhis marina</i> Dujardin	+	+
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D. Dodge	+	+
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	+	+
<i>Protoperdinium</i> sp.	+	+
<i>Polykrikos kofoidii</i> Chatton	+	+
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich spora Dinophyta	+	–
Цианопхита:		
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	+	+
<i>Anabaena flos-aquae</i> Brébisson ex Bornet et Flauhault	+	+
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet et Flauhault	+	–
<i>Gomphosphaeria lacustris</i> Chodat	+	+
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen	+	+
<i>Merismopedia tenuissima</i> Ler.	+	+
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	+	+
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová et Cronberg	+	+
<i>Oscillatoria</i> sp.	+	+
Криптофита:		
<i>Plagioselmis punctata</i> Butcher	+	+
<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex G. Novarino	+	+
Еугленопхита:		
<i>Euglena acusformis</i> Schill	+	+
<i>Euglena</i> sp.	+	+
<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer	+	+
Хлорофита:		
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	+	+
<i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Proschkina-Lavrenko	+	+
<i>Golenkinia</i> sp.	–	+
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat	+	–
<i>Scenedesmus bicaudatus</i> Dedusenko	–	+
<i>Scenedesmus quadricauda</i> Chodat	+	+

Примечание. «+» – обнаружен; «–» – отсутствует.

Таким образом, величины численности планктонных водорослей, вегетирующих в исследуемой акватории Темрюкского залива в августе 2019 г., были в 2,5 раза выше, а значения биомассы в 4 раза ниже, чем в августе 2006 г. (2,09 млн кл./л и 7500 мг/м³) (Ясакова, 2015).

Доминирующими в 2019 г. были диатомовые и динофитовые водоросли, в то время как основу количественных величин (80 % от численности и 75 % от биомассы) фитопланктона в 2006 г. формировали синезеленые водоросли.

Публикация подготовлена в рамках государственного задания ЮНЦ РАН №122011900153-9.

Список использованной литературы

Брянцева, Ю.В. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря: препринт / Ю.В. Брянцева, А.М. Лях, А.В. Сергеева; Институт биологии южных морей. – Севастополь, 2005. – 25 с.

Глуценко, Г.Ю. Количественные характеристики ультрафитопланктона Азовского моря в современный период / Г.Ю. Глуценко // Вестник Южного научного центра РАН. – 2012. – Т. 8, № 1. – С. 54-59.

Киселев, Н.А. Панцирные жгутиконосцы / Н.А. Киселев. – М.-Л.: АН СССР. – 1950. – 280 с.

Кольцова, Т.Н. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона / Т.Н. Кольцова // Биол. науки, 1970. – № 6. – С. 114-119.

Коновалова, Г.В. Структура планктонного фитоценоза залива Восток Японского моря / Г.В. Коновалова // Биология моря, 1984. – № 1. – С. 13-23.

Косинская, Е.К. Определитель морских синезеленых водорослей / Е.К. Косинская. – Л.: АН СССР, 1948. – 279 с.

Макаревич, П.Р. Методические рекомендации по анализу количественных и функциональных характеристик морских биоценозов северных морей. Ч.1. Фитопланктон. Зоопланктон. Взвешенное органическое вещество / П.Р. Макаревич, Н.В. Дружков. – Апатиты, 1989. – 50 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР. В 14 выпусках. Вып. 2. Синезеленые водоросли / М.М. Голлербах, Е.К. Косинская, В.И. Полянский. – 1953. – 651 с.

Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Азовского моря / А.И. Прошкина-Лавренко. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – 190 с.

Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря / А.И. Прошкина-Лавренко. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1955. – 222 с.

Сеничкина, Л.Г. К методике вычисления объемов клеток планктонных водорослей / Л.Г. Сеничкина // Гидробиологический журнал, 1978. – Т. 14, вып. 5. – С. 102-106.

Современные методы количественной оценки распределения морского планктона / Под. ред. М.Е. Виноградова. – М.: Наука, 1983. – 278 с.

Фитопланктон и его изменения в юго-восточном районе Азовского моря летом 2007-2014 годов / С.П. Воловик, И.Г. Корпакова, Л.Ю. Налетова, Т.О. Барабашин // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – Т. 11. – С.21-27.

Цыбань, А.В. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / А.В. Цыбань. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – С. 91-99.

Ясакова, О.Н. Динамика фитопланктона в районе Темрюкского залива Азовского моря / О.Н. Ясакова // Ботанический журнал. – СПб., 2015. – Т.100, № 10. – С.1015-1029.

Tomas C.R. (ed.). Identifying marine phytoplankton. San Diego: Academic Press. Harcourt Brace Company. – 1997. – 821 p.

СОДЕРЖАНИЕ

Пашкова Т.Е., Бензик А.Н. К 160-летию со дня рождения Николая Михайловича Книповича (1862-1939). Жизнь и творческая деятельность ученого (краткий очерк).....	5
Абдуллина Г.Х., Бондарь М.С., Шевчук Л.С. Зоопланктон Обской губы (Карское море) в районе Арктического терминала.....	12
Алексеев Г.В., Вязилова А.Е., Глок Н.И. Влияние из тропиков Северной Атлантики на приток атлантической воды в северные моря и Арктический бассейн.....	18
Анисимова Л.А., Кравченко Ю.Н., Левашов Д.Е., Мазникова О.А., Тырин Д.В. К вопросу об использовании оптоэлектронных методов в исследованиях мезопланктона <i>in situ</i>	25
Ардабьева А.Г., Зимица Т.Н. Видовое разнообразие фитопланктона Нижней Волги и Каспийского моря.....	32
Архипов А.Г. Оценка состояния водных биоресурсов и перспективы отечественного промысла в разных районах Атлантики.....	38
Базарова З.М., Торопыгин И.Ю., Васильев А.С., Гарина Д.В., Андреева А.М. Использование методов протеомного анализа для идентификации осмотически активных белков плазмы атлантической трески <i>Gadus morhua</i>	45
Балыкин П.А. Состояние и ресурсы рыболовства морей восточной Арктики.....	50
Барabanов В.В., Левашина Н.В., Никитин Э.В., Васильченко О.М., Лардыгина Е.Г. К вопросу пропуска производителей воблы на нерестилища дельты р. Волги.....	56
Белокобыльский И.Ф. Особенности содержания косаток и белух при круглогодичном нахождении в сетевых морских вольерах.....	59
Бензик А.Н., Буданова Л.К., Орлов А.М., Прозоркевич Д.В. Функциональный ареал черного палтуса в российской Арктике по данным исследований размерного состава и состояния гонад.....	64
Бензик А.Н., Четыркин А.А. Особенности питания звездчатого ската в Баренцевом море.....	75
Бетин О.И. Основные направления научных исследований, связанных с экологически безопасным рыболовством в морях Арктики.....	81
Бойцов В.Д. Тепловое состояние климата на побережье Норвежского и Баренцева морей в 1880-2021 гг.	88
Бондаренко Л.Г., Кульба С.Н., Петрашов В.И., Смирнов С.С., Матвеева Е.И., Рудакова Н.А. К вопросу о снижении зарастания макрофитами водоемов Восточно-Ахтарского нерестово-выростного хозяйства.....	94
Боровков А.В. История океанографических исследований ФГБУ «Мурманское УГМС» и современное состояние гидрометеорологического обеспечения морской деятельности в морях Северо-Европейского бассейна.....	100
Бугаев Л.А., Войкина А.В., Небесихина Н.А., Негода С.А. Морфологические особенности отолитов европейского анчоуса <i>Engraulis encrasicolus</i> из разных районов Черного моря.....	107
Валькова С.А. К фауне макрозообентоса эстуария р. Тулома.....	114

Вараксина В.В., Романова Н.Н., Головина Н.А., Головин П.П., Ефремова Е.В. Гематологические маркеры для оценки физиологического состояния муксуна	119
Воронин В.П., Артеменков Д.В., Орлов А.М., Мурзина С.А. Сравнительно-видовое исследование жирнокислотного состава некоторых видов мезопелагических рыб моря Ирмингера.....	125
Греков А.А. Современное состояние отечественного ярусного промысла донных рыб в Баренцевом море и сопредельных водах.....	132
Демиденко Н.А., Саввичев А.С. Гидрологические, гидрохимические и микробиологические условия меромиктических водоемов губы Канда, отделенных от Белого моря.....	140
Долотов С.И. Характеристика рыболовства при освоении запасов пресноводных рыб в Мурманской области в 2010-2021 гг.	150
Долотов С.И., Самохвалов И.В. Видовая структура уловов пресноводных рыб в Мурманской области в 2010-2021 гг.	157
Емельянова О.Р., Григоров И.В., Орлов А.М., Орлова С.Ю. Полиморфизм фрагмента гена <i>Syt b</i> сайки российской Арктики и сопредельных вод.....	164
Жильцова Л.В., Кузнецов М.Ю., Шевцов В.И., Убарчук И.А. Оценка состояния промысловых полей анфельдии залива Петра Великого (Японское море) гидроакустическим методом.....	172
Забавников В.Б. Об использовании мультиспектральной технологии авиасъемки для оценки численности пополнения беломорской популяции гренландского тюленя <i>Phoca groenlandica</i>	179
Заботкина Е.А., Копылов А.И., Романенко А.В. Вирусы в пелагиали сибирских арктических морей: численность вириопланктона, вирусная инфекция и смертность гетеротрофных прокариот.....	185
Зданович В.В. Рост, энергетика и эффективность использования пищи молодью стерляди <i>Acipenser ruthenus</i> в гетеротермальной среде.....	190
Золотницкий А.П., Михайлов В.В. Морфологические особенности роста триплоидов тихоокеанской устрицы <i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg, 1792) при акклиматизации в Черном море.....	197
Казаринов С.Н., Михеев П.Б., Мерзляков И.Н., Комарова Л.В. Результаты исследования абсолютной плодовитости леща Камского водохранилища в 2019 и 2021 гг.	201
Калинина М.В., Табельская А.С. Получение личинок тихоокеанской устрицы <i>Crassostrea gigas</i> заводским способом в южном Приморье.....	207
Карасева Т.А., Голикова Л.Н. Результаты изучения язвенного дермального некроза у атлантического лосося в реках Кольского полуострова.....	212
Каширин А.В. Сравнительный анализ реализации продукционного потенциала водоемов с разной степенью интенсивности рыбохозяйственного использования.....	218
Киселева М.Н., Митрюшкина Д.К., Филатова Т.А. Об уникальных генетических ресурсах сига на Кольском полуострове.....	225
Клепиковский Р.Н. Краткое описание современных исследований, видового состава, численности и распределения морских млекопитающих в Российской зоне Баренцева моря.....	230

Князева О.В., Корсун С.А. Концентрация кислорода в поверхностном слое морских приледниковых осадков фьордов Шпицбергена и распределение фораминифер.....	237
Кобяков К.А. О питании креветки <i>Sabinea septemcarinata</i> из Карского моря.....	243
Ковалев Ю.А., Ившин В.А., Ярагина Н.А., Трофимов А.Г., Сентябов Е.В., Анциферов М.Ю. Оценка изменчивости распределения запаса трески в Баренцевом море в период 1980-2021 гг.	248
Колончин К.В. Экономические основы управления промышленным рыболовством в Арктике в условиях комплексного морепользования.....	255
Коляда М.Н., Осипова В.П., Берберова Н.Т., Пименов Ю.Т. Влияние криоконсервации на уровень перекисидации липидов спермы осетровых рыб в условиях спонтанного и индуцированного окисления.....	262
Копылов А.И., Заботкина Е.А., Романенко А.В., Косолапова Н.Г. Микробные сообщества в донных осадках Карского моря и моря Лаптевых.....	268
Кудряшова А.С., Манушин И.Е., Сенников А.М., Блинова Д.Ю. Промысел мидии в Баренцевом море.....	272
Кузнецов М.Ю., Сыроваткин Е.В., Поляничко В.И. Гидроакустические исследования распределения и обилия сайки <i>Boreogadus saida</i> в море Лаптевых в августе-сентябре 2015 г.	279
Лабутин А.В. Динамика численности и распределения морских ежей в прибрежной зоне Баренцева моря.....	287
Лебедева Н.В., Таскаева А.А. Роль антропогенного фактора в формировании уникального сообщества почвенных беспозвоночных на Шпицбергене: случай с теплицами в пос. Баренцбург.....	293
Лепилина И.Н., Коноплева И.В., Сафаралиев И.А., Чаплыгин В.А., Войнова Т.В., Чакалтана Д.А., Имантаев А.Б., Раков А.М. Влияние гидрологических факторов на особенности нагульных и нерестовых миграций осетровых рыб в Волжско-Каспийском рыбохозяйственном бассейне.....	296
Лукерина Г.В., Пяткова Я.С., Сурков Д.А., Косачева Ю.Н. Современное состояние озер соляно-озерной степи и системы Танатар Алтайского края.....	308
Лукин Н.Н., Сенников А.М. Распределение и промысел зеленого морского ежа в прибрежной зоне Мурмана.....	315
Лукина Е.В., Антонов П.В., Левшина И.Е.О., Шокина Ю.В. Сравнительный анализ комплексных изменений в лососевых при поселе инъектированием с использованием пищевых добавок.....	323
Лютиков А.А., Барышников А.В., Королев А.Е., Трифонов А.Е., Шумская Н.В., Новиков В.Ю. Применение продуктов микробиосинтеза и их гидролизатов в качестве источника доступного белка в стартовых кормах для судака.....	331
Мазникова О.А., Емелин П.О. Некоторые черты пространственного распределения тихоокеанского черного палтуса <i>Reinhardtius hippoglossoides matsuurae</i> в Чукотском море.....	338
Макарова Е.Г., Козлова Н.В. Генетический контроль искусственного воспроизводства осетровых рыб в условиях Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна.....	345
Македонская И.Ю., Отченаш Н.Г., Медведева Е.В. Фитопланктон Кандалакшского залива Белого моря (по результатам наблюдений в 2001-2020 гг.)...	351

Мартынов В.Г. Проблемы лососевого хозяйства р. Печора.....	358
Матвеев В.И. Особенности продукционных процессов шельфовой зоны Охотского моря.....	362
Матуль А.Г., Новичкова Е.А., Киреенко Л.А., Корсун С.А., Кравчишина М.Д., Рахаман В. Природные условия голоцена в желобе Воронина Карского моря.....	367
Махлун А.В., Перунова М.Е., Козлова Н.В. Физиологическое состояние анчоусовидной кильки в Каспийском море.....	371
Медведева Е.В., Отченаш Н.Г., Студенов И.И. Биоразнообразие планктонных сообществ малых водоемов муниципального образования «г. Северодвинск»	377
Митрюшкина Д.К., Киселева М.Н., Филатова Т.А., Аналикова О.В. Перспективная система генетических маркеров для выявления межвидовой дифференциации сиговых рыб.....	383
Мишин А.В., Кобылянский С.Г., Орлов А.М. Состав и структура сообществ глубоководных пелагических рыб северной части моря Уэддела и пролива Брансфилда в «летний» период 2022 г.	390
Мохова О.Н., Мельник Р.А. О содержании биогенных веществ в Двинском и Онежском заливах Белого моря.....	401
Мурзина С.А., Воронин В.П., Битютский Д.Г., Зуев О.А., Орлов А.М. Сравнительный анализ жирнокислотного состава антарктического криля <i>Euphausia superba</i>	406
Немировская И.А., Иванов А.Ю. Загрязнение и природные потоки углеводородов в Норвежско-Баренцевоморском бассейне.....	413
Новиков М.А., Горбачева Е.А., Лантева А.М., Зимовейскова Т.А. Исследования ПИНРО в области мониторинга загрязнения Баренцева моря в последнее десятилетие.....	419
Орлова С.Ю., Расторгуев С.М., Емельянова О.Р., Курносов Д.С., Недолужко А.В. Что за рыба – сельдь Карского моря? Генетические взаимосвязи тихоокеанской сельди Карского моря и Северо-Западной Пацифики.....	426
Осипова А.Д., Половинкина М.А., Осипова В.П., Пименов Ю.Т. Уровень накопления продуктов перексидного окисления липидов печени и спермы русского осетра <i>in vitro</i> в присутствии хлоридов тяжелых металлов.....	433
Павлов Д.А. Зубатка (<i>Anarhichas</i>) как потенциальный объект морской аквакультуры в России: оценка ситуации в мире через 30 лет после разработки технологии культивирования.....	439
Паутова Л.А., Силкин В.А., Кравчишина М.Д., Клювиткин А.А., Кудрявцева Е.А., Чульцова А.Л., Артемьев В.И. Фитопланктон котловины Нансена.....	443
Переладов М.В. Влияние типа паводка на структуру бентоса в прибрежной зоне Баренцева моря.....	448
Перунова М.Е., Козлова Н.В. Морфофункциональное состояние гонад карповых рыб в реке Волге в период нерестовой миграции.....	455
Петкевич А.Э. Обзор пищевых отношений полярной акулы <i>Somniosus microcephalus</i> в Баренцевом море и у побережий Гренландии и Исландии.....	461
Петрушикиева Д.С., Бугаков А.А., Панфилий С.А., Панфилий А.М. Видовой состав и качественные характеристики молоди промысловых рыб Состинских озер Республики Калмыкия в 2018-2021 гг.	466

Пискунович Д.И., Шаповалова Л.А., Двинин М.Ю. Исследования в области отраслевого технологического нормирования на Северном рыбохозяйственном бассейне.....	472
Половинкина М.А., Осипова В.П., Степанова Е.В., Великородов А.В., Берберова Н.Т. Исследование нового производного халкона в качестве ингибитора перекисидации липидов рыбных кормов.....	479
Пономарев В.И., Лоскутова О.А., Кононова О.Н. Результаты ихтиологических и гидробиологических исследований горных озер западных склонов Приполярного и Полярного Урала.....	485
Пономарева Е.В., Волков А.А., Малютина А.М., Строганов А.Н. Исследования видов рыб Белого моря методом ДНК-штрихкодирования (баркодинга).....	491
Поротикова Е.Ю., Дяченко М.М. Вопросы стандартизации пищевой продукции из минтая.....	496
Прищепина А.С., Репина О.И., Соловьева Е.М., Быстрова А.А. Санитарно-микробиологическая оценка рыб восточной части Финского залива Балтийского моря.....	504
Пыльнов В.А., Бычкова Л.И., Бурлаченко И.В., Яхонтова И.В. Разработка метода иммунофлуоресцентного анализа для диагностики вируса геморрагической септицемии лососевых рыб.....	510
Русяев С.М., Карасев А.Б. Особенности встречаемости массовых паразитов у пинагора в южной части Баренцева моря.....	515
Рысакова К.С., Новиков В.Ю., Шумская Н.В. Получение ферментативных гидролизатов коллагена морских беспозвоночных Баренцева моря и их использование в качестве основ для микробиологических сред.....	521
Савкина К.Н., Шокина Ю.В. Сравнительный анализ химического состава ламинарии дикорастущей и выращенной и обоснование ее использования в технологии обогащенных мучных изделий.....	527
Саушкина Д.Я. Ихтиопланктон Карагинского и Олюторского заливов Берингова моря в мае 2020 г.	535
Семенова Л.А., Бондарь М.С., Ядуванкина М.А. Фитопланктон Обской губы (Карское море) в районе Арктического терминала.....	542
Сентягов Е.В. Крупномасштабные изменения распределения атлантических и субарктических вод в Норвежском море в XXI веке.....	549
Силкин В.А., Паутова Л.А., Кравчишина М.Д., Глуховец Д.И., Ключиткин А.А., Чульцова А.Л., Артемьев В.И. Карбонатный насос в Баренцевом и Черном морях.....	556
Сонина Е.Э., Зотова Е.А., Макаров С.Н., Пудовкина А.С., Гузеева Л.В. Роль компенсационных мероприятий в повышении рыбопродуктивности водных объектов Нижнего Поволжья.....	561
Степанова В.Б. Макрозообентос Обской губы (Карское море) в районе Арктического терминала.....	567
Строганов А.Н., Смирнов А.А., Рыбаков М.О., Семенова А.В. Об истоках формирования зоны межвидовой интрогрессивной гибридизации сельди в акваториях Баренцева и Белого морей.....	573
Сумкина А.А., Кивва К.К., Иванов В.В. Взаимосвязь между датой полного очищения ото льда и датой начала нагрева поверхности Баренцева моря.....	578

Тащценко Е.А., Новожилова Е.А., Шокина Ю.В. К вопросу о разработке рецептуры обогащенного йодом ламинарии беломорской рыбного кулинарного продукта «Суфле из зубатки синей с овощами, обогащенное йодом».....	583
Терентьев А.С. Динамика численности и биомассы анадары <i>Anadara kagoshimensis</i> (Tokunaga, 1906) в Керченском проливе.....	589
Титова Г.Д. Современные методы защиты «здоровья» экосистем арктических морей.....	596
Ткач В.Н., Никифоров С.Ю. Современное состояние популяции карася <i>Carassius auratus</i> (Linnaeus, 1758) в Волго-Каспийском и Северо-Каспийском рыбохозяйственных подрайонах Южного рыбохозяйственного района Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна.....	602
Тропин Н.Ю. Изменчивость морфологических признаков речного окуня <i>Perca fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758) в крупных водоемах Вологодской области.....	610
Трофимов А.Г., Карсаков А.Л., Анциферов М.Ю., Ившин В.А., Губанищев М.А. Океанографические исследования на вековом разрезе «Кольский меридиан».....	617
Тунёв В.Е., Крохалевский В.Р. Проблемы использования запасов сиговых рыб в бассейне Тазовской губы Карского моря.....	625
Ульченко В.А., Пьянова С.В., Борисов В.М. Ярусный промысел на российском Севере: состояние, необходимость и возможности расширения.....	633
Филин А.А., Почтарь М.В. Темп роста молоди норвежско-баренцевоморского окуня-клевача <i>Sebastes mentella</i> в разных частях ареала.....	641
Фукс Г.В., Парухина Л.В. Первые данные о биологии рыб и молоди в р. Рыбная (п-ов Канин).....	648
Фурсенко Е.Б. Особенности развития отолитов у ранних личинок камбалы-калкана <i>Scophthalmus maeoticus</i> (Pallas, 1814).....	655
Хорошутина О.А. Использование статолитов для определения возраста брюхоногих моллюсков.....	664
Черкашин С.А., Пряжевская Т.С. Экспериментальная биодиагностика экотоксикологического состояния прибрежных морских акваторий в 2003-2021 гг.....	669
Шановалова Л.А., Федотова М.В. Деятельность подкомитета по стандартизации Северного рыбохозяйственного бассейна, направленная на решение вопросов рационального использования водных биоресурсов.....	675
Шмакова З.И., Ускова С.С. Экологическое состояние водохранилищ Московской области.....	683
Яковлев С.В., Болдырев В.С., Грозеску Ю.Н. Сибирский голец <i>Barbatula toni</i> (Surginidae) – новый вид в ихтиофауне Норило-Пясинского бассейна.....	690
Ясакова О.Н. Состояние фитопланктона в Темрюкском заливе летом 2019 г.	694

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Материалы всероссийской конференции
ученых и специалистов,
посвященной 160-летию Н.М. Книповича**

(г. Мурманск, 27-28 октября 2022 г.)

Редакторы Е.Н. Кривошеева, Л.Н. Нестерова

Технический редактор Е.Н. Кривошеева

Подписано в печать 07.03.2023 г.

Уч.-изд. л. 49,4.

Заказ 4.

Усл. печ. л. 41,1.

Формат 60x84/16.

Тираж 25 экз.

183038, Мурманск, ул. Академика Книповича, 6, «ПИНРО» им. Н.М. Книповича.

**Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«ПИНРО» им. Н.М. Книповича)**