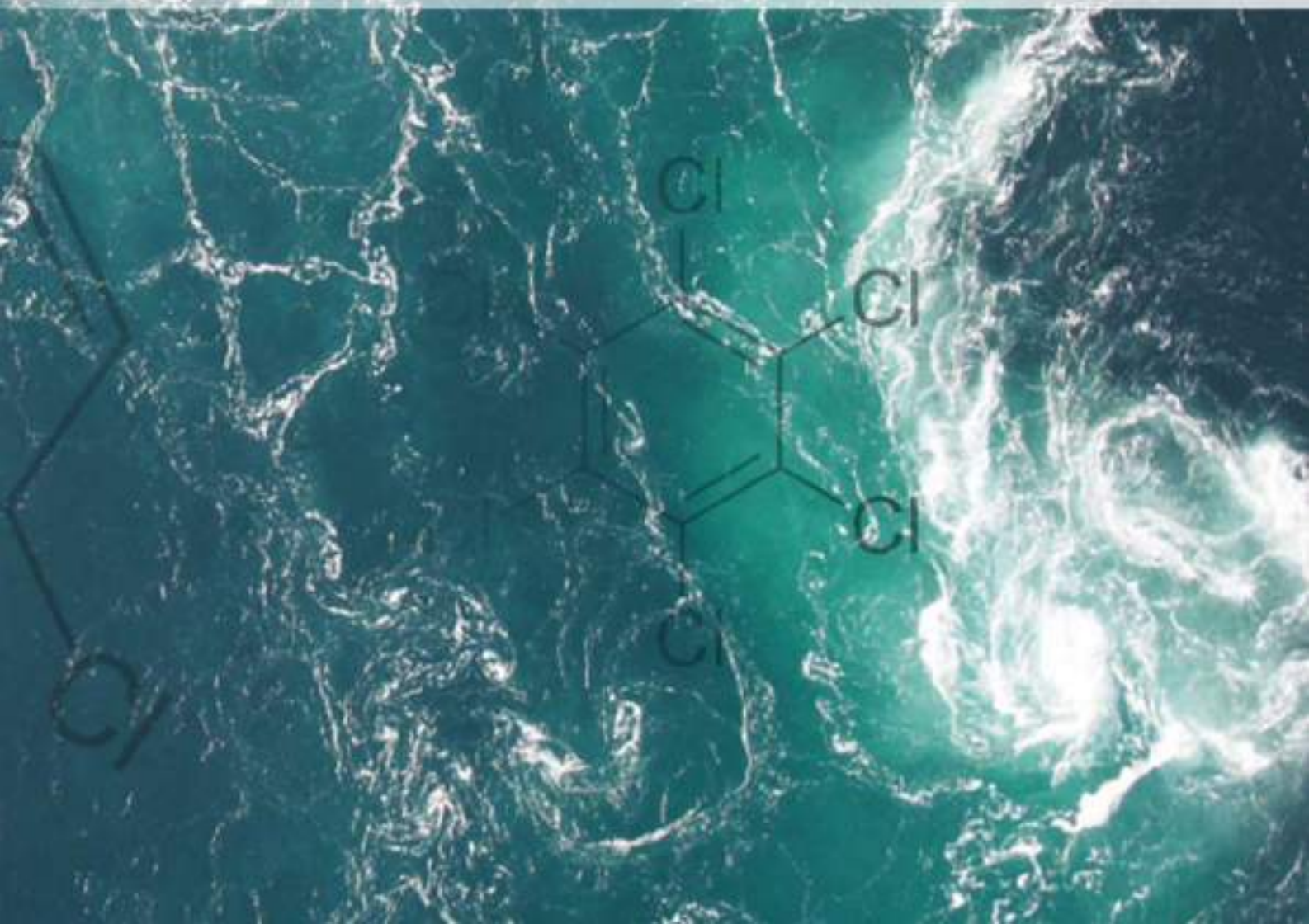




Д.М. Драганов, М.А. Новиков

АТЛАС ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ МАСС БАРЕНЦЕВА МОРЯ



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)

Д.М. Драганов, М.А. Новиков

АТЛАС ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ МАСС БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Мурманск
2020

УДК 628.349.6 (268.45)
Д 72

Драганов, Д.М.

Д 72 Атлас загрязнения водных масс Баренцева моря / Д.М. Драганов, М.А. Новиков; Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича). – Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2020. – 276 с.

ISBN 978-5-86349-250-6

Атлас представляет собой собрание карт, отражающих распределение концентраций тяжелых металлов и органических загрязнителей в воде поверхностного и придонного слоев Баренцева моря. Представлены карты содержания в воде 15 органических (ДДТ, ПХБ, ПАУ, ГХЦГ и др.) и неорганических (тяжелые металлы) загрязняющих веществ. Всего в атлас вошли 446 стандартных карт распределения концентраций загрязняющих веществ на морской акватории с 2003 по 2018 г. включительно и 47 отдельных тематических карт. Последние включают в себя карты расположения станций по годам, средних значений концентраций поллютантов, водных масс Баренцева моря и превышения фоновых уровней для тяжелых металлов. С помощью карт превышения фоновых уровней рассматривается проблема локализации техногенного загрязнения в водах Баренцева моря.

Атлас предназначен для океанологов, экологов, а также специалистов широкого профиля, студентов и аспирантов, интересующихся проблемами загрязнения морских вод Арктики и Северной Атлантики.

*Редакционная коллегия: О.В. Титов (ответственный редактор),
А.Ю. Жилин, М.Ю. Анциферов*

Draganov, D.M. Atlas of the Barents Sea waters pollution / D.M. Draganov, M.A. Novikov; Polar Branch of «VNIRO» («PINRO» named after N.M. Knipovich). – Murmansk: PINRO named after N.M. Knipovich, 2020. – 276 p.

This Atlas presents a collection of maps showing the way concentrations of some heavy metals and organic pollutants are distributed in the surface and bottom layers of the Barents Sea. The Atlas includes maps presenting the content level of 15 organic (DDT, PCB, PAH, HCH etc.) and inorganic (heavy metals) contaminating agents. Totally, this Atlas provides 446 standard maps of the distribution of pollutant concentrations in the marine area from 2003 to 2018, as well as 47 different thematic maps. The latter ones include maps showing the location of stations from year to year, maps of average pollutant concentrations, a map of the Barents Sea water masses, as well as maps of exceed background levels for heavy metals. The maps of exceed background levels were used to consider the issue related to localization of anthropogenic pollution in the Barents Sea waters.

The Atlas is intended to be used by ocean scientists, environmental experts, as well as multi-skilled specialists, students and post-graduate students who are concerned with issues of water pollution in the Arctic and the North Atlantic Ocean.

Editorial board: Titov O.V., Zhilin A.Yu., M.Y. Anciferov

ISBN 978-5-86349-250-6

© Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО»
 («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), 2020.

СОДЕРЖАНИЕ

Об атласе.....	4
Расположение станций отбора проб.....	6
Загрязняющие вещества в поверхностном и придонном слоях воды.....	15
Кадмий.....	15
Хром.....	31
Медь.....	47
Ртуть.....	63
Никель.....	78
Свинец.....	94
Цинк.....	110
ПАУ.....	126
Бен(а)пирен.....	140
н-парафины.....	154
ДДТ.....	168
ГХБ.....	185
ГХЦГ.....	202
Хлорданы.....	219
ПХБ.....	236
Справочные карты.....	253
Водные массы Баренцева моря.....	253
Специальные карты.....	255
Карты усредненного содержания поллютантов.....	255
Карты превышения фоновых уровней.....	270
Список использованной литературы.....	273

ОБ АТЛАСЕ

Настоящий атлас является собранием карт, отражающих распределение концентраций тяжелых металлов и органических загрязнителей в воде поверхностного и придонного слоев Баренцева моря. Составлен на основе собственной постоянно пополняющейся базы данных Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), включающей в себя обработанные пробы воды, собранные в морских экспедициях с 2003 г. по настоящее время (Новиков, Драганов, 2017а). Представленная версия книги – «твердая» копия аналогичного электронного атласа, созданного в «ПИНРО» им. Н.М. Книповича.

Всего в работу вошли 446 типовых (стандартных) карт распределения концентраций загрязняющих веществ на акватории Баренцева моря по годам и 47 отдельных тематических карт, включающих в себя: расположение станций по годам, карты средних значений содержания поллютантов, распределения концентраций, превышающих фоновые уровни, и водных масс Баренцева моря. Представлены типовые аналитические карты загрязнения воды 15 органическими и неорганическими загрязняющими веществами – поллютантами. Семь из них (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) являются тяжелыми металлами, остальные приоритетные токсичные и потенциально опасные для гидробионтов органические соединения: гексахлорциклогексаны, гексахлорбензолы, хлорданы, ДДТ, полихлорбифенилы, полициклические ароматические углеводороды, нефтяные алифатические углеводороды, или *n*-парафины, а также бенз(*a*)пирен.

Объектом исследований были поверхностные и придонные воды Баренцева моря. Выполнено картографирование распределения загрязнения морской акватории по слоям водных масс и по годам с 2003 по 2018 г. включительно. В книгу вошли данные химико-аналитических исследований 986 проб воды, отобранных на 499 станциях, выполненных в ходе работы 39 рейсов научно-исследовательских судов.

Исходные карты электронного атласа выполняли в среде настольного ГИС-приложения ArcMap 10.0 из пакета ArcGIS компании ESRI. В качестве топографической основы использовали глобальную цифровую модель рельефа – Etopo2 (URL: <http://gis-lab.info/qa/etopo2.html>), представленную привязанным растровым слоем в формате TIFF. Данная модель находится в открытом доступе и создана на основе нескольких источников. Для топографии суши применяли данные GLOBE – Global Land One-kilometer Base Elevation (разрешение 30 угловых секунд, 1 км), для батиметрии – обработанные определенным образом данные радарной альтиметрической съемки в 1978 г., совмещенные с данными о гравитационных аномалиях для получения глубин. При создании атласа была выбрана равнопромежуточная коническая проекция, которая хорошо подходит для картографирования географических объектов, расположенных в высоких широтах, она основана на двух стандартных параллелях 70 и 80° с.ш., центральном меридиане 45° в.д.

В основном окне типовой карты атласа представлено распределение концентраций загрязняющих веществ по акватории Баренцева моря. Каждая карта демонстрирует уровень загрязнения каким-либо одним веществом в одном (поверхностном или придонном) слое воды. Для показа количественной информации выбран метод градуированных символов. При классификации числовых данных цифровых карт (концентрации поллютантов) использовался «встроенный» в приложение ArcMap 10.0 метод естественных границ, где границы классов определяются таким

образом, чтобы сгруппировать схожие значения и максимально увеличить различия между классами. Данная классификация основана на алгоритме естественных границ Дженкса (Jenks' Natural Breaks algorithm). Каждый картографируемый элемент или загрязняющее вещество (поллютант) обозначены определенным цветом. Для отображения тяжелых металлов применялась цветовая схема, используемая молекулярным визуализатором Jmol (URL: <http://jmol.sourceforge.net/>), для органических соединений цвета выбирались произвольно.

При написании справочного текста использовалась научная литература. Список источников приводится в конце атласа.

РАСПОЛОЖЕНИЕ СТАНЦИЙ ОТБОРА ПРОБ

В ходе 39 рейсов научно-исследовательских судов (НИС) с 2003 по 2018 г. в разные сезоны были выполнены 499 станций отбора проб воды, сведения о которых освещены в настоящем атласе. Морские экспедиции осуществляли на НИС ПИНРО, главным образом на «Смоленске», «Фритьофе Нансене», «Вильнюсе», «Профессоре Бойко» и «Протее». Выполненные станции представлены по годам проведения морских экспедиций.

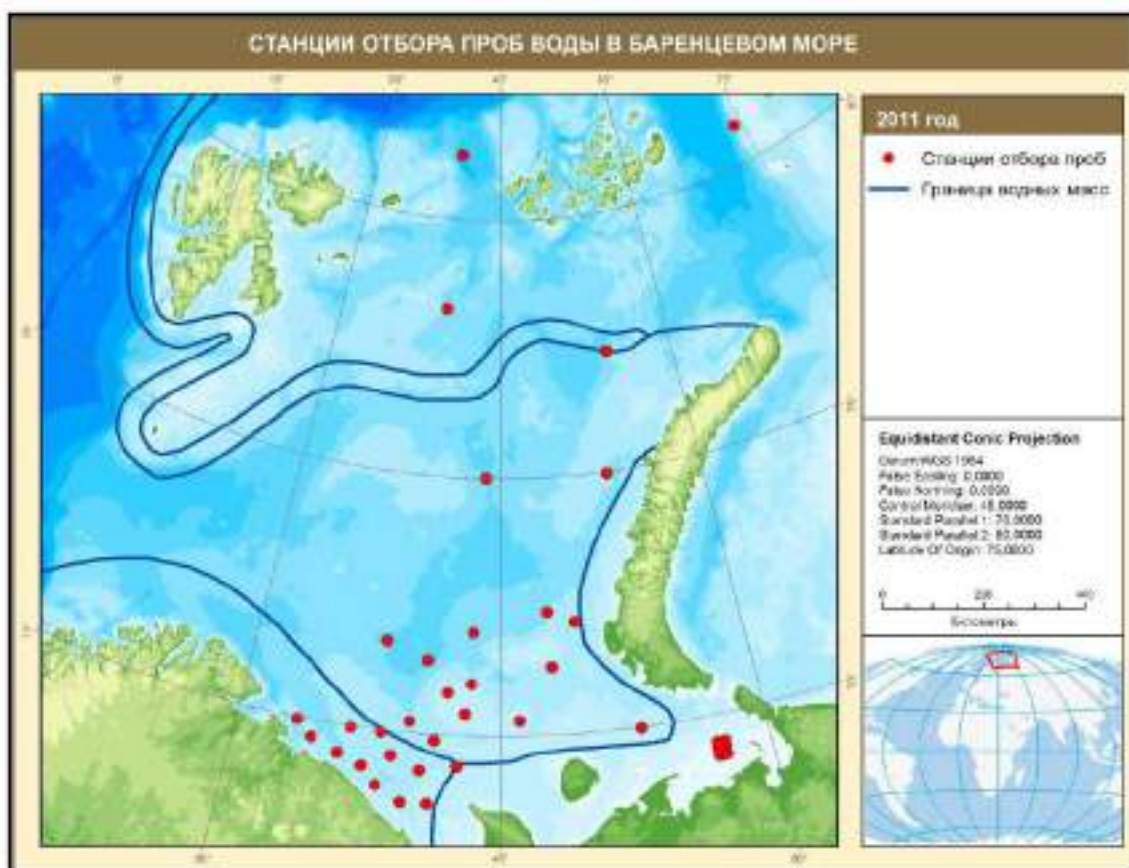
Ниже приводятся карты расположения станций отбора проб в: 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг.

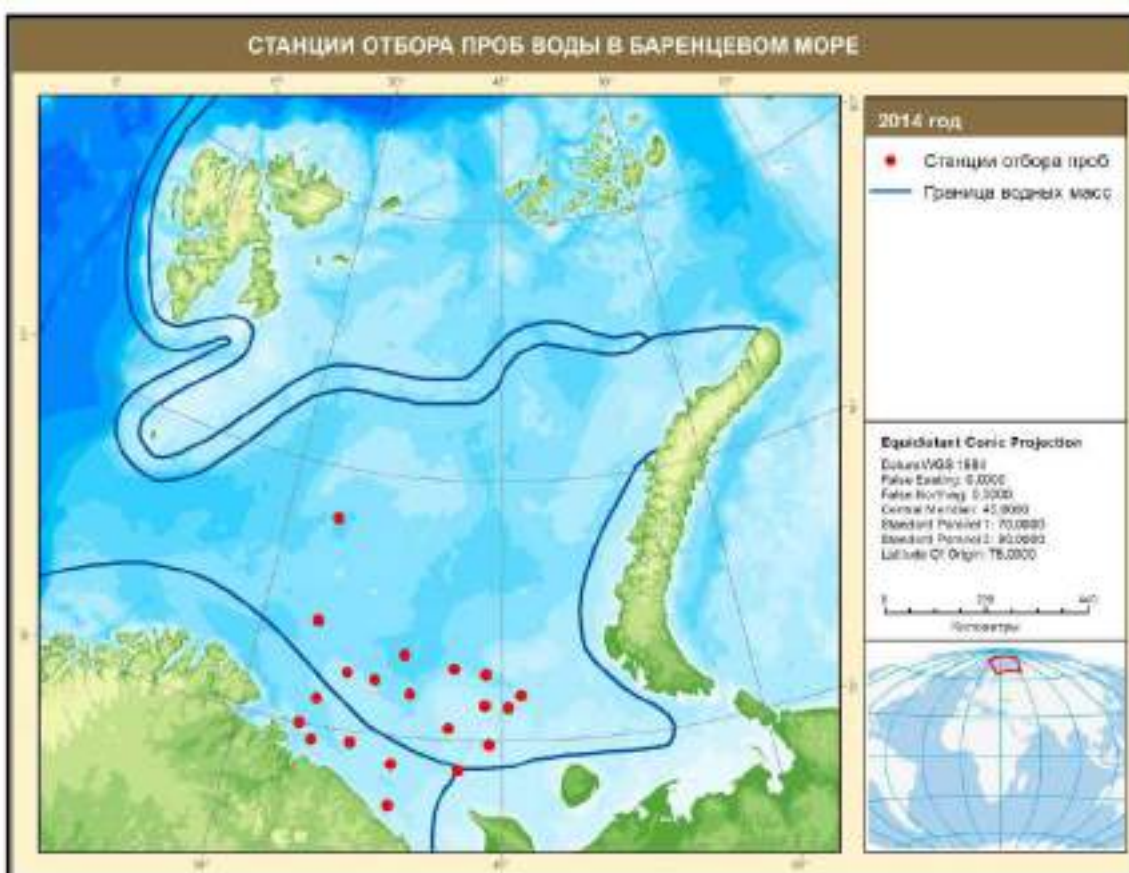


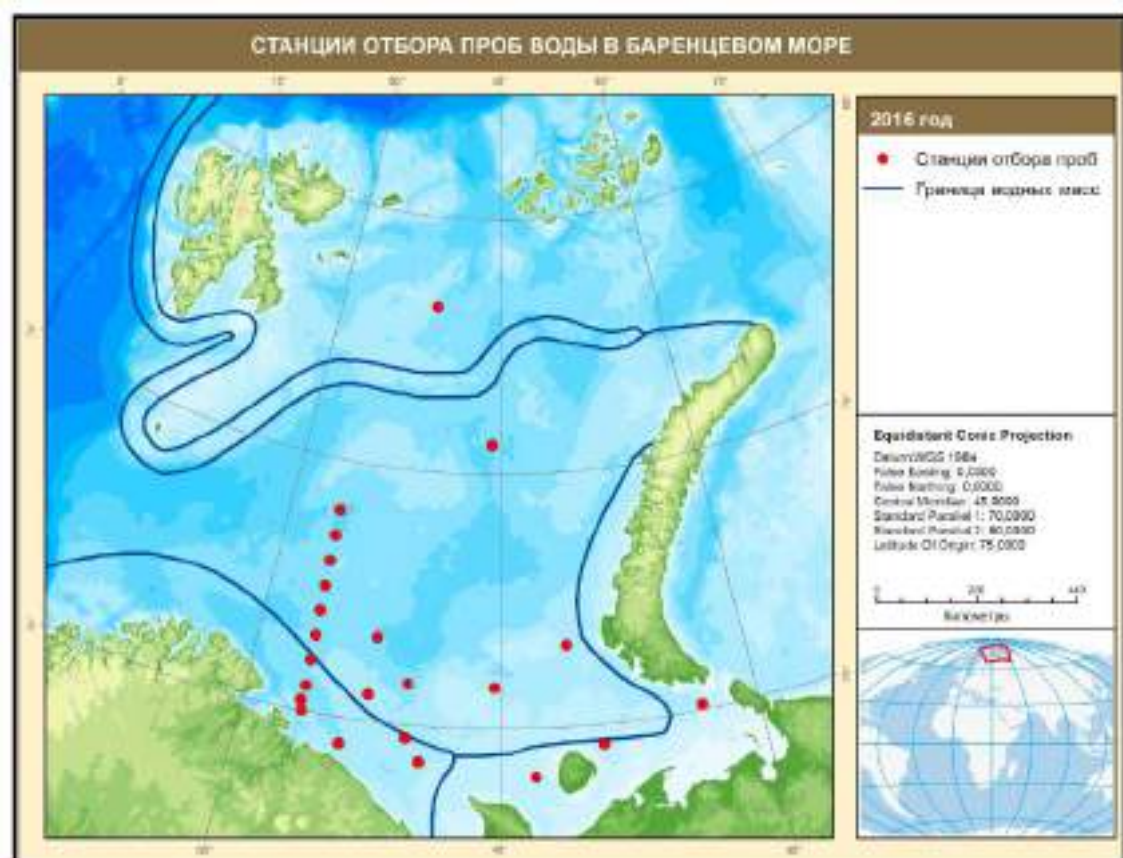


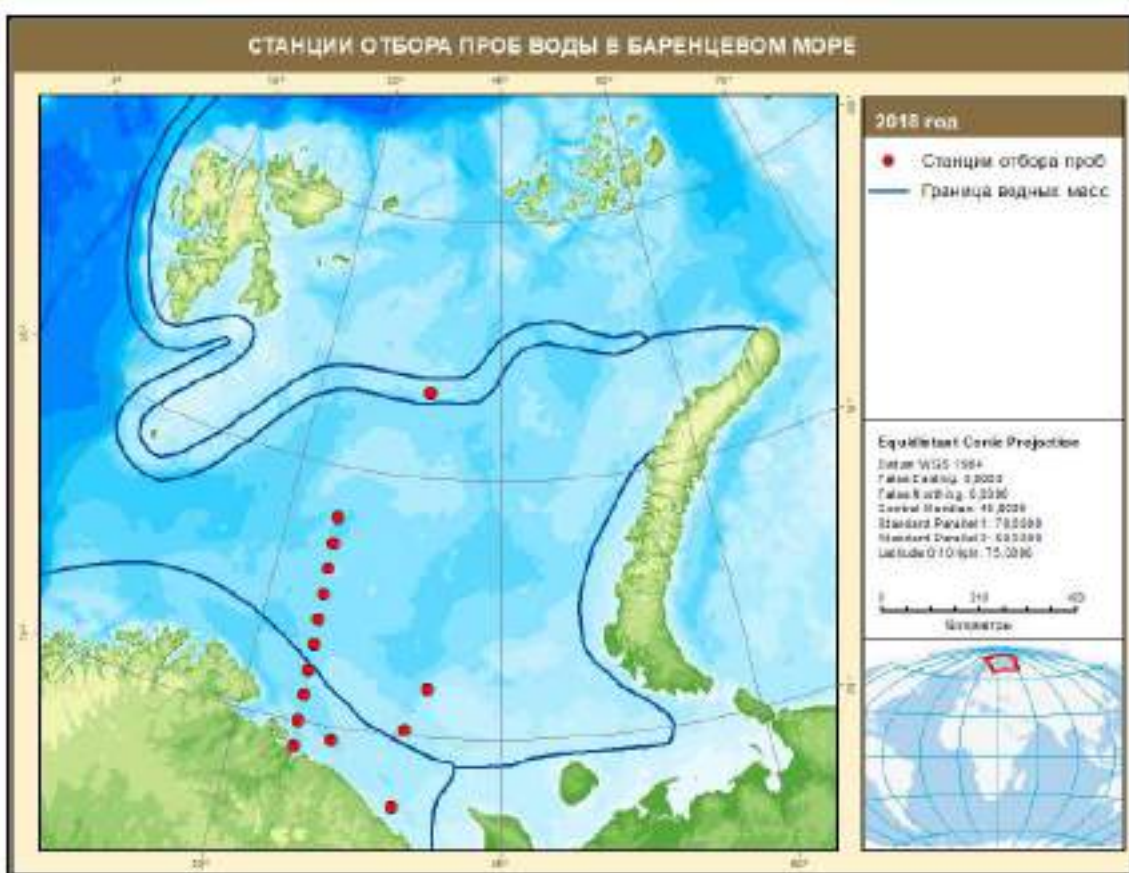












ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА В ПОВЕРХНОСТНОМ И ПРИДОННОМ СЛОЯХ ВОДЫ

Кадмий

Кадмий относится к редким элементам и практически не встречается в земной коре в свободном состоянии (Чибисова, Долгань, 1998). Он присутствует в природе в составе цинк- и свинецсодержащих руд. Одним из источников соединений кадмия в поверхностных водах являются процессы выщелачивания из полиметаллических и медных руд, а также из почв (Войнар, 1953; Резников, Муликовская, Соколов, 1970). К основным антропогенным источникам поступления кадмия в морские воды относятся горнорудные (горно-обогачительные) и металлургические предприятия, а также сточные воды. Для кадмия важнейшим источником эмиссии является цветная металлургия, объемы выбросов которой в 1,5 раза превышают природную эмиссию этого металла. В больших количествах содержится кадмий в фосфатных удобрениях (Руководство по химическому..., 1977; Диагностический анализ состояния..., 2011).

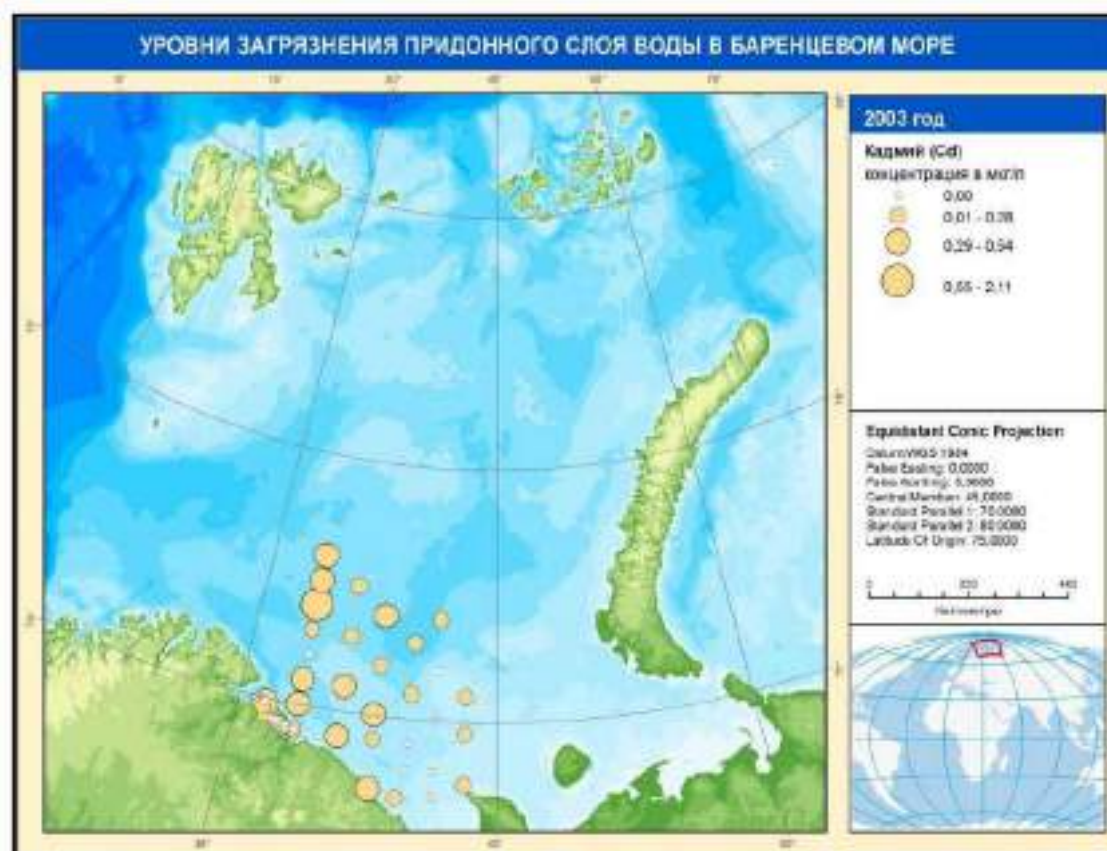
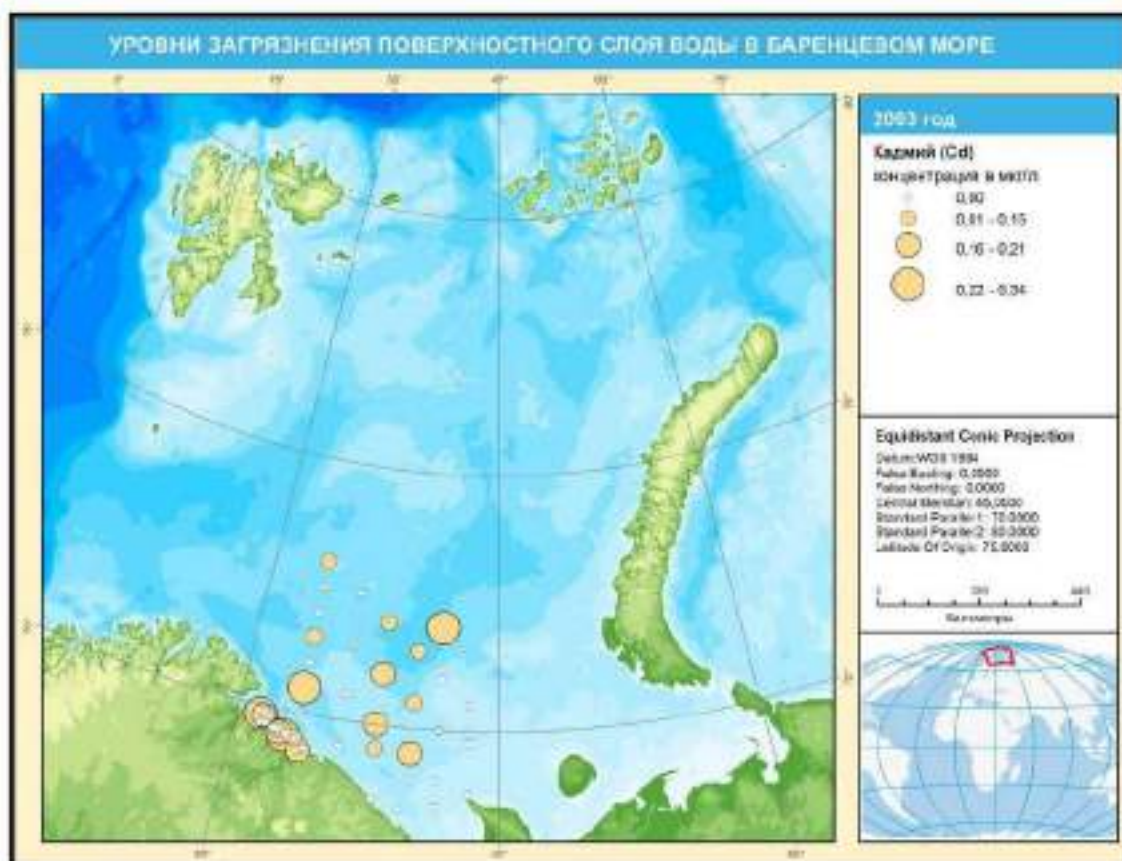
В последнее время увеличивается использование органических соединений кадмия, в основном в полимерной и электротехнической промышленности. Кадмий содержится в мазуте и дизельном топливе, сплавах (в качестве присадки), гальванических покрытиях, кадмиевых пигментах (используемых в производстве лаков, эмалей, керамики), пластмассах (как стабилизатор), электрических батареях и т.д. В результате сжигания отходов пластмасс и промышленных производств кадмий попадает в воздух.

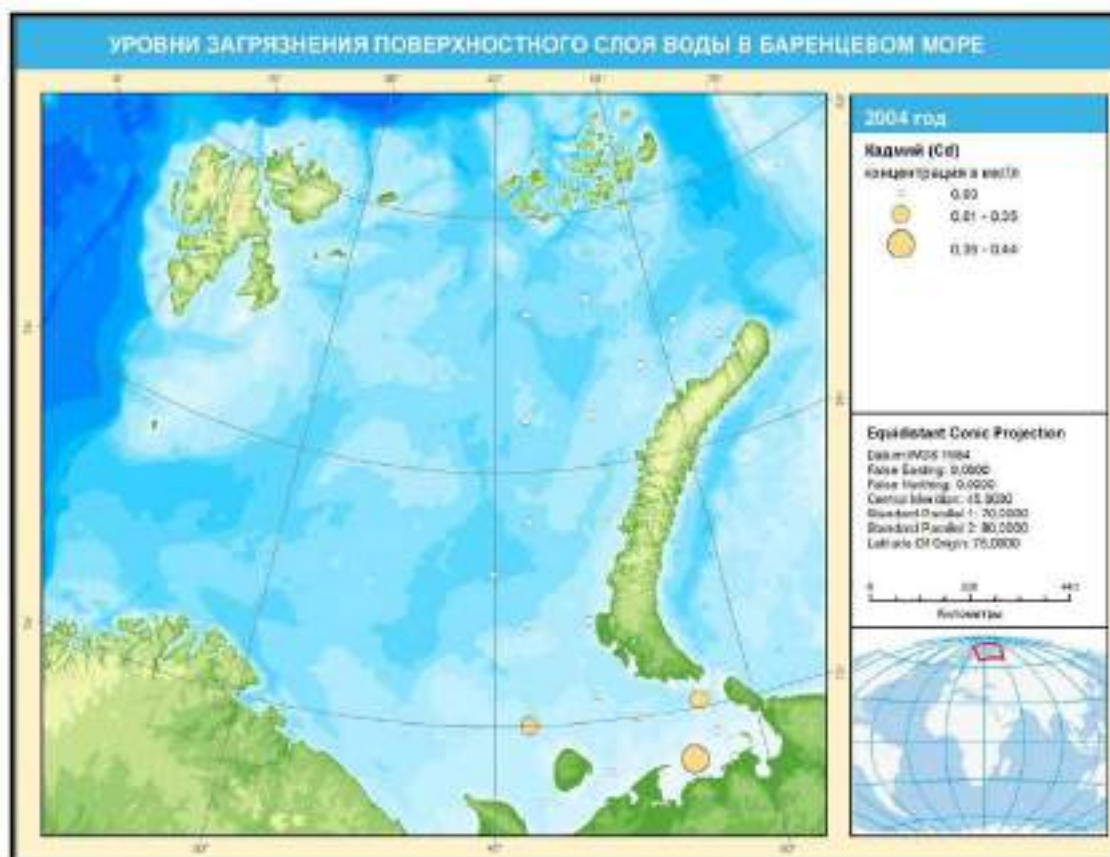
Глобальное годовое поступление из природных источников составляет примерно $8,43 \times 10^5$ кг – это жизнедеятельность растений, ветровой разнос почв, вулканические аэрозоли и лесные пожары. Годовое поступление в атмосферу вследствие работы промышленности оценивается в $7,9 \times 10^6$ кг, из них 76 % приходится на цветную металлургию, остальное – случайные выбросы (Мур, Рамамурти, 1987).

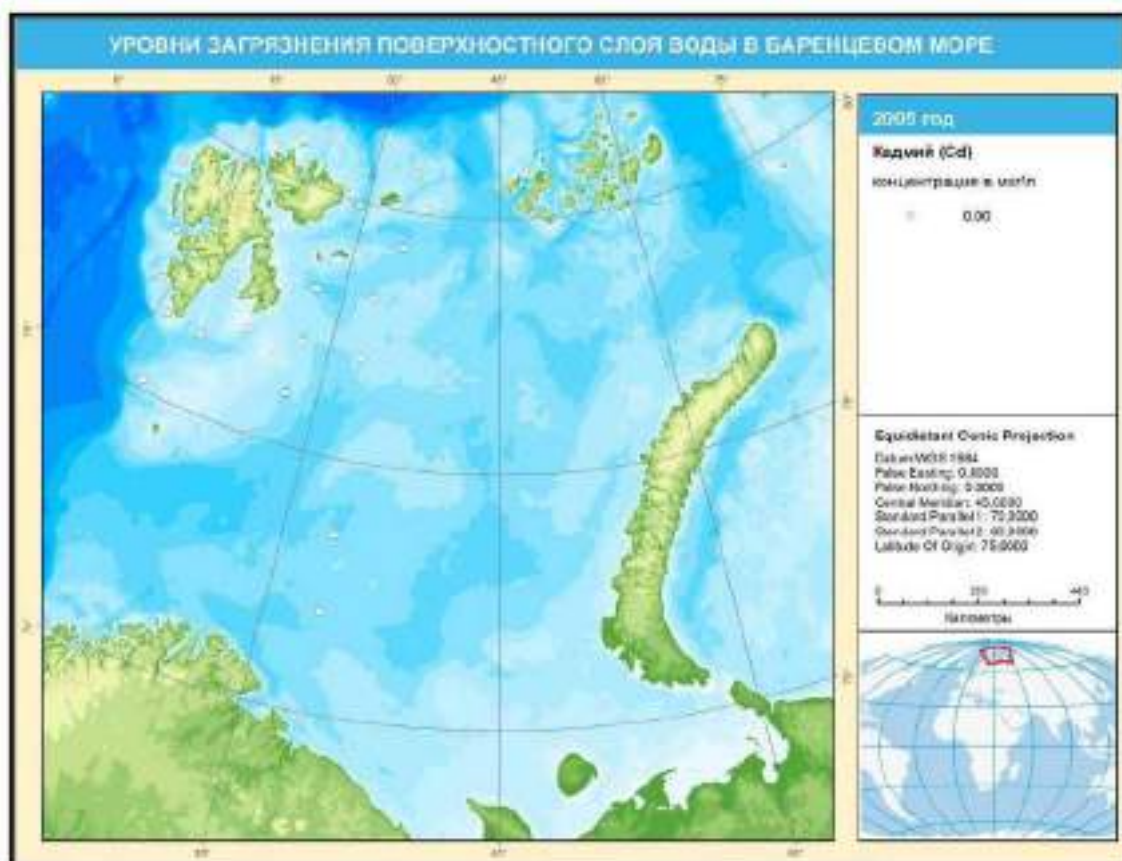
Кадмий присутствует в природных водах преимущественно в элементарной форме, имеют место также неорганические соединения с CO_3 и PO_4 . Во взвеси кадмий преобладает в сорбированном комплексе, который часто десорбируется с поверхности взвеси при смешении речных и морских вод (в зонах эстуариев) (Диагностический анализ состояния..., 2011).

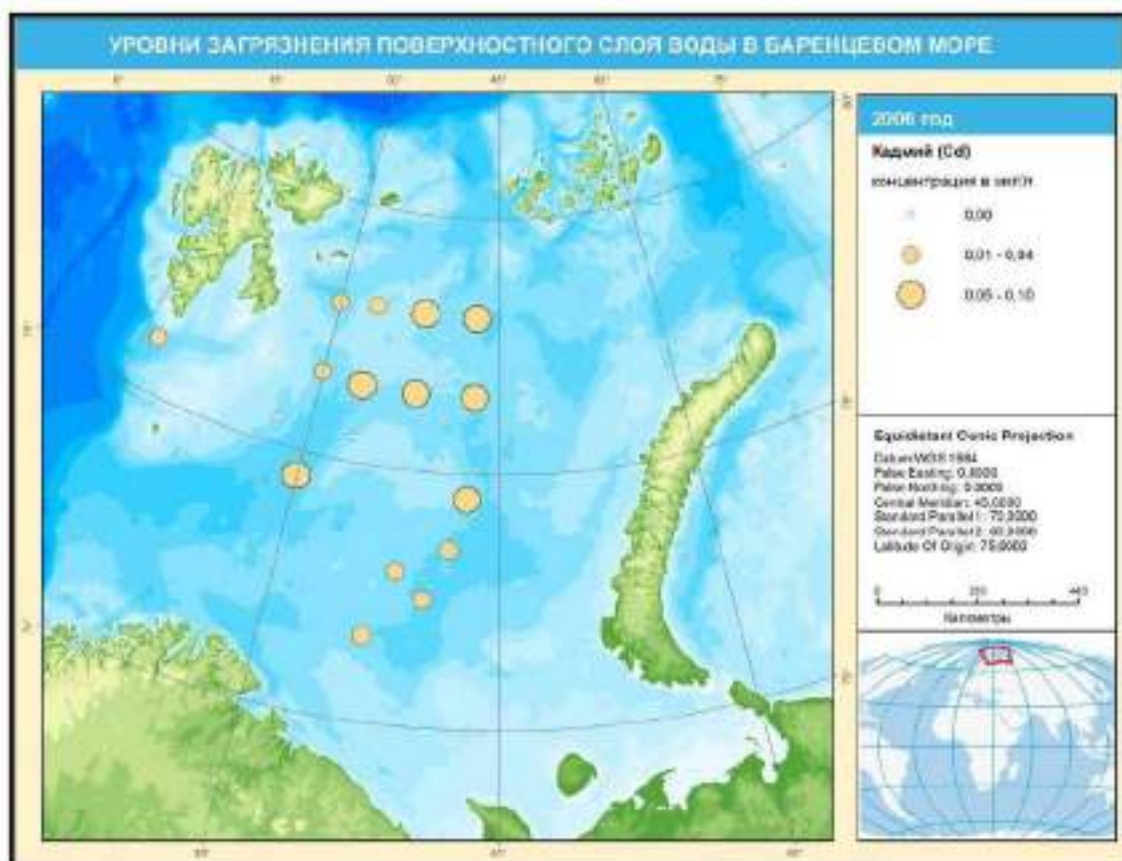
В воде Мирового океана обнаружено заметное обогащение кадмием (до 125 нг/л) на средних глубинах. Предполагают, что в тканях водных организмов присутствует кадмий, и он переносится в глубокие слои воды при опускании их остатков на дно (Израэль, Цыбань, 2009).

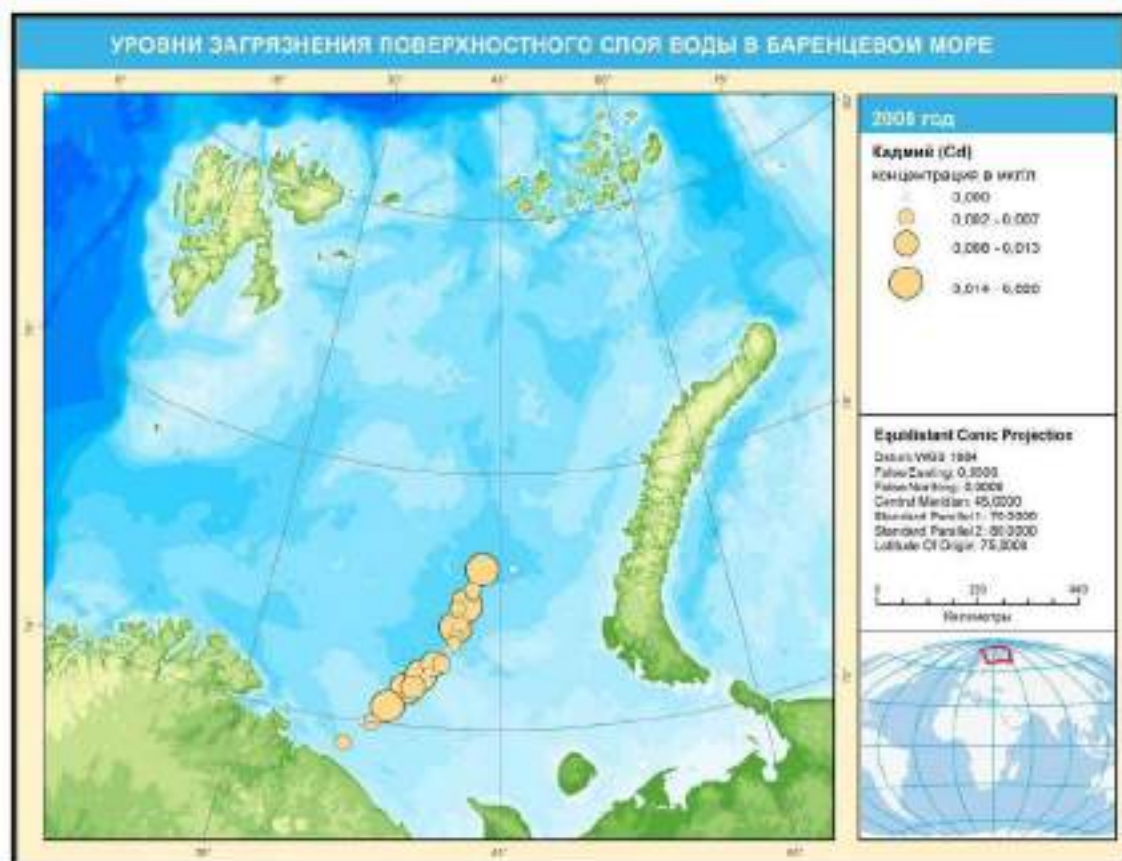
Ниже приводятся карты содержания кадмия (Cd) в: 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг.

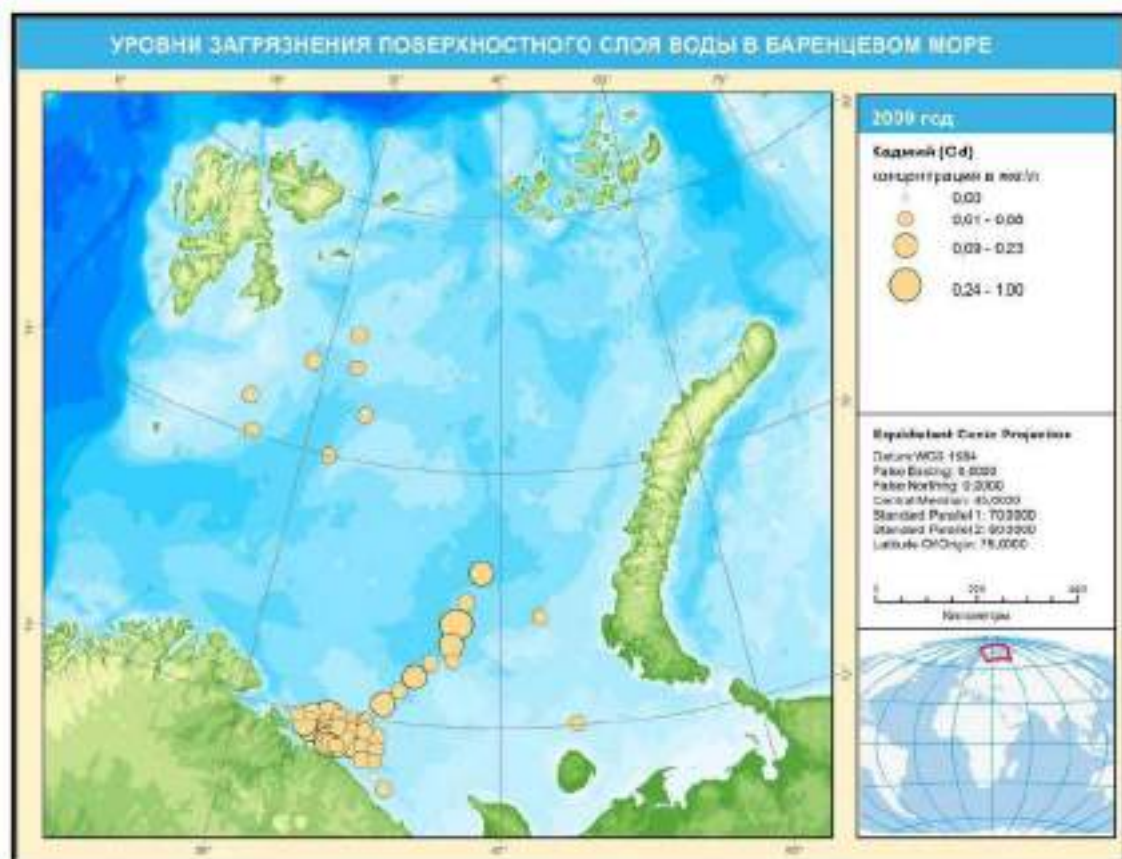


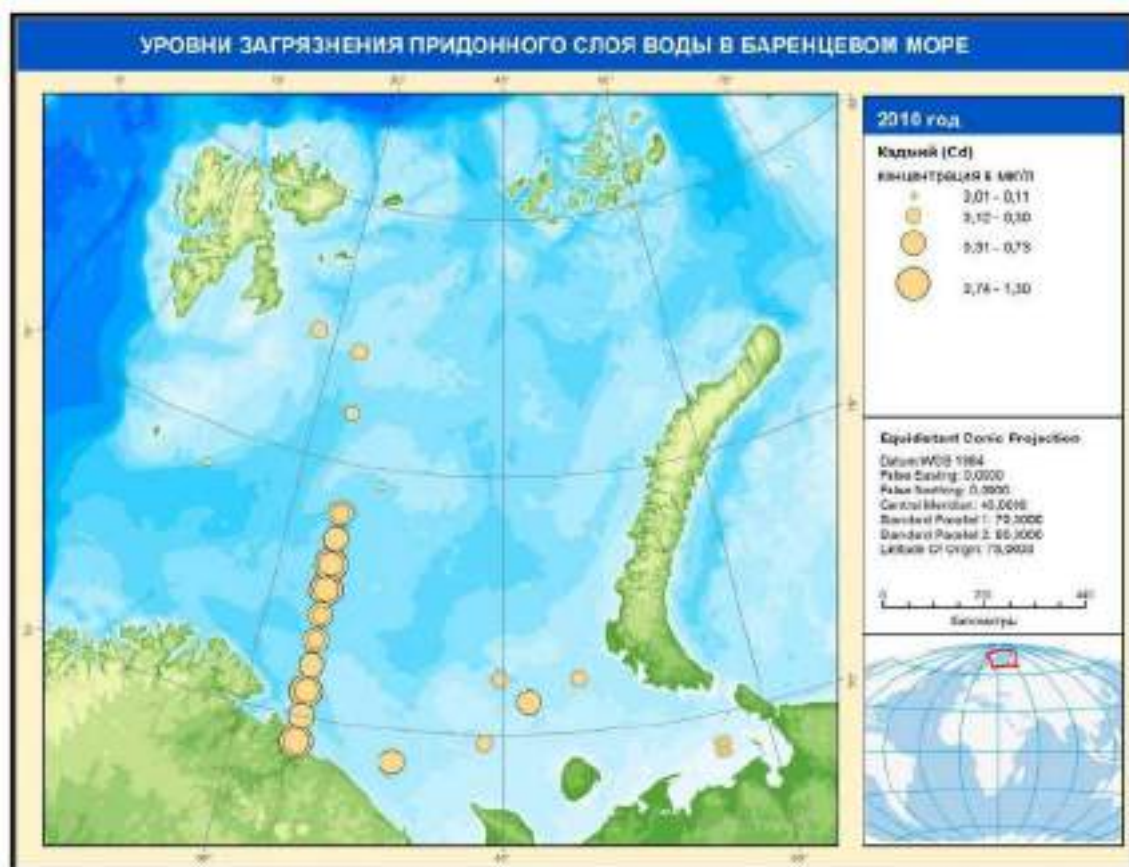
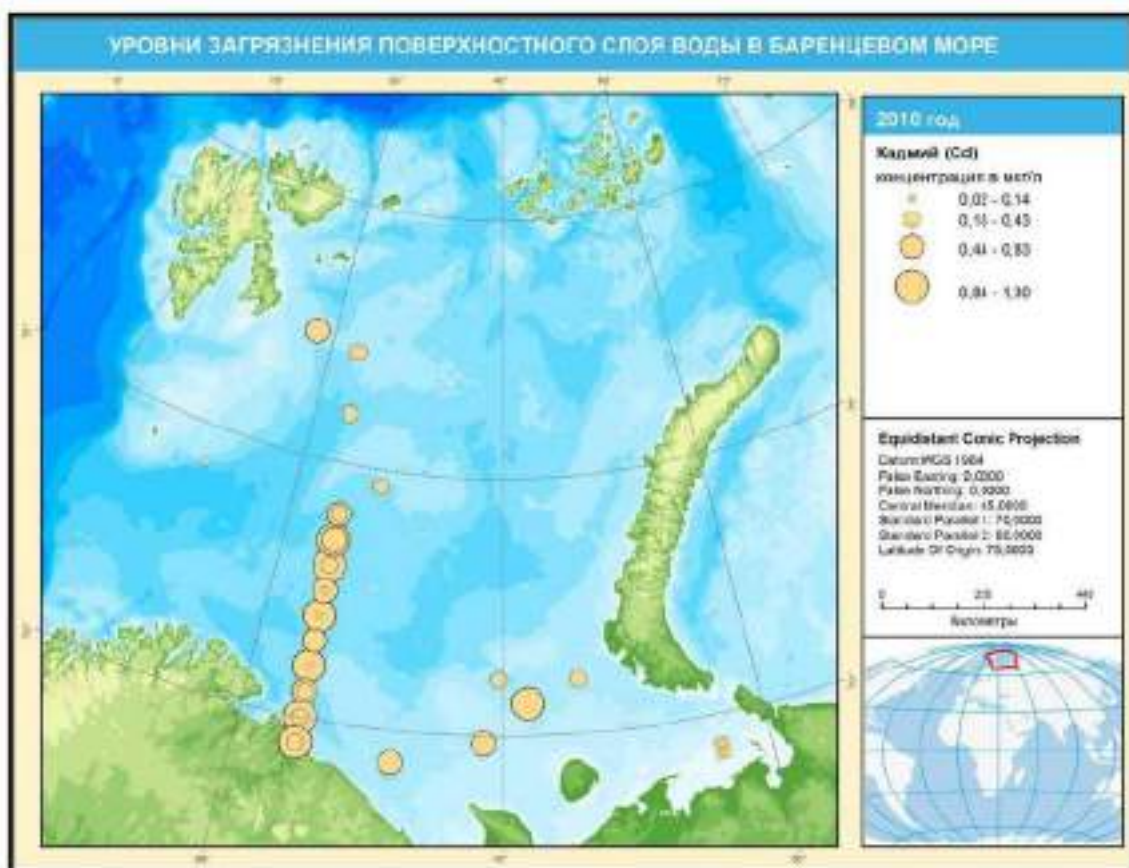


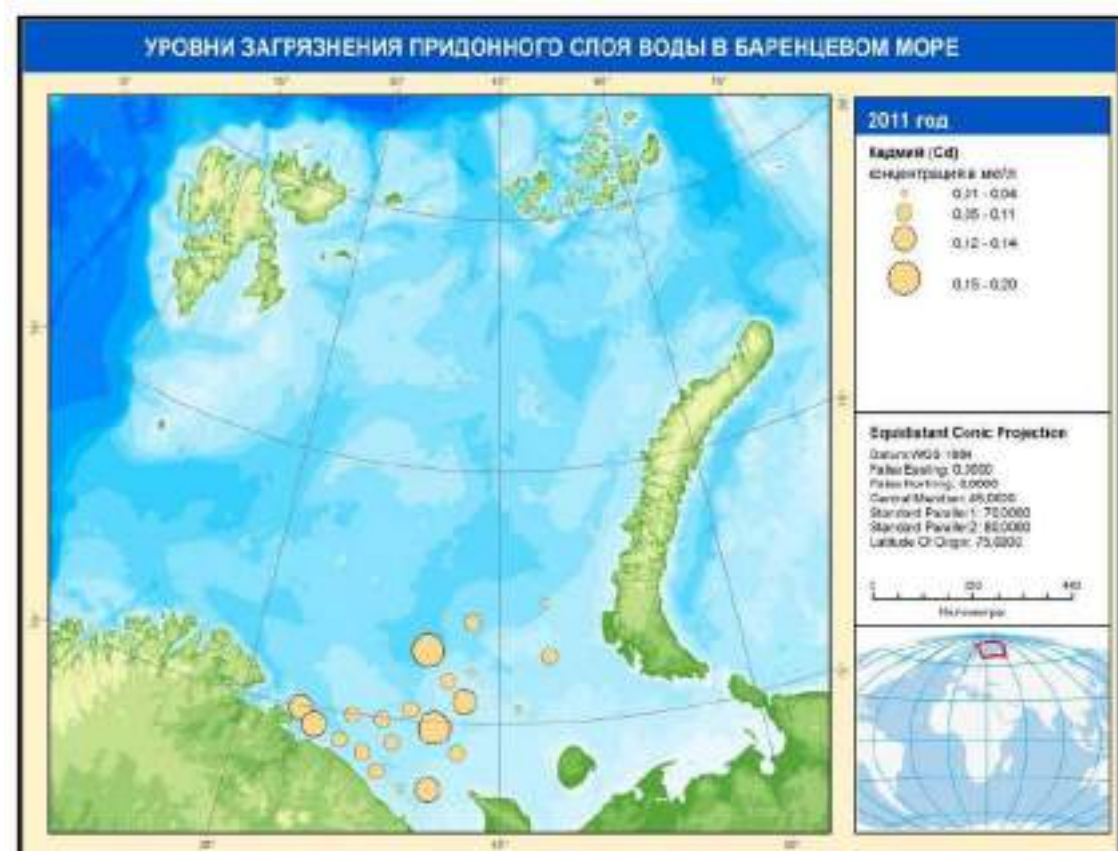
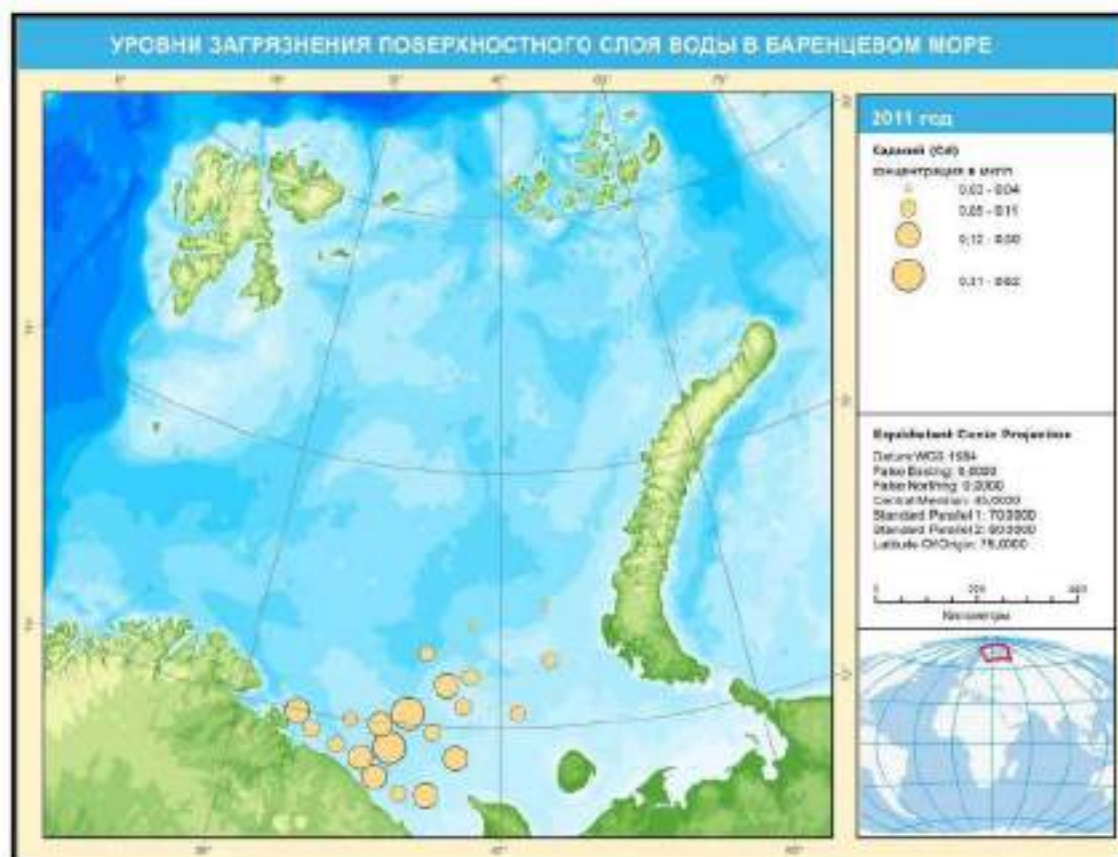


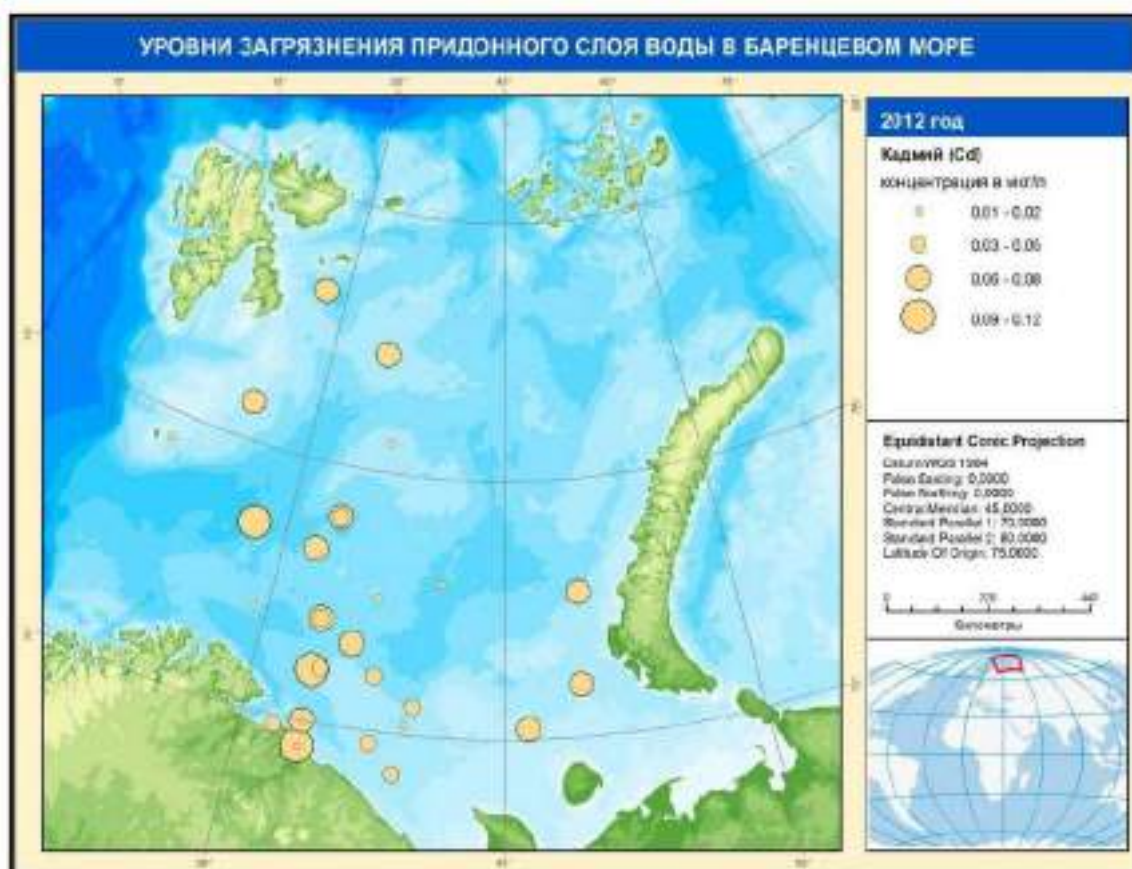
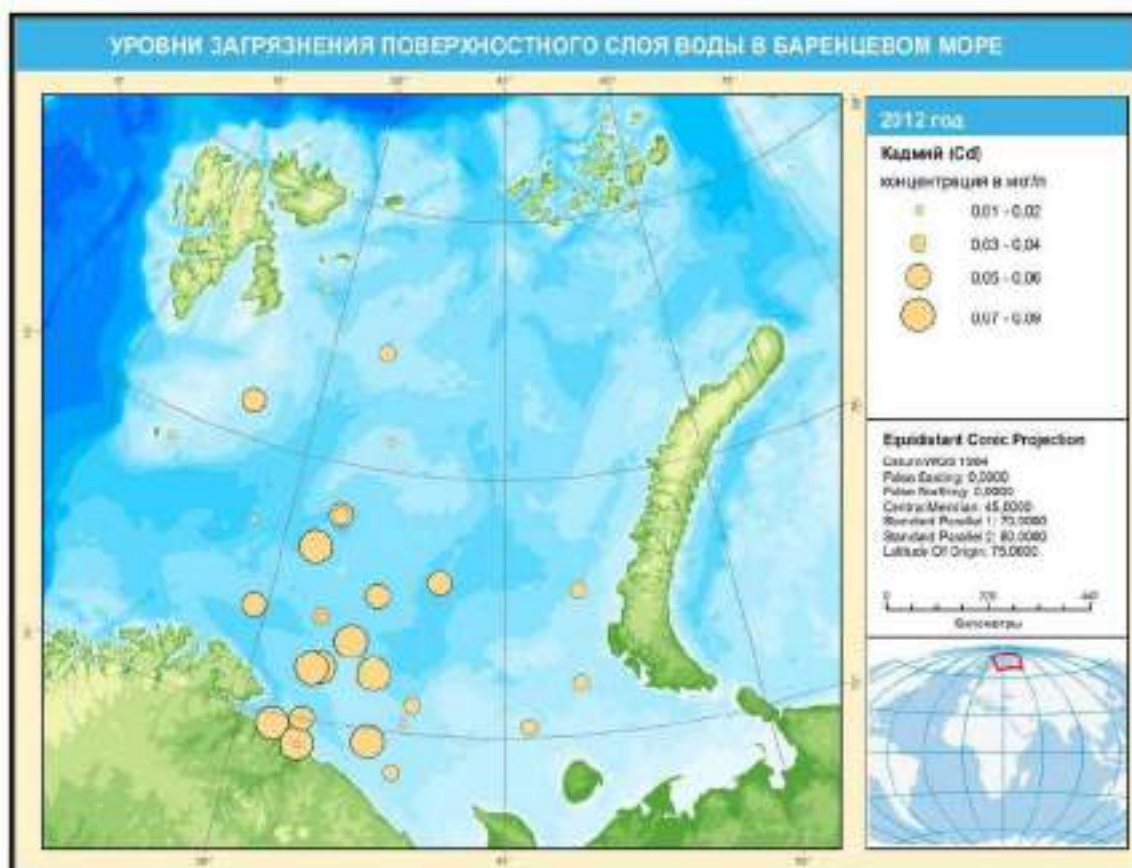


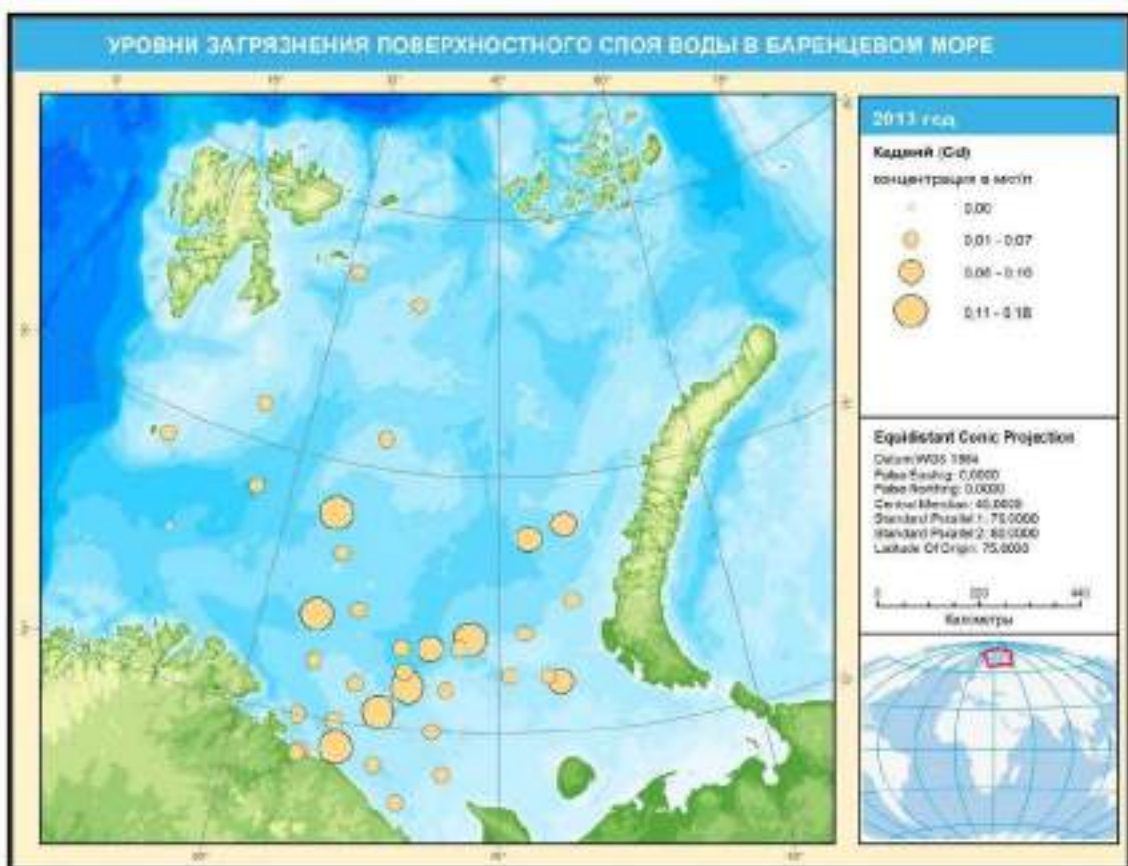


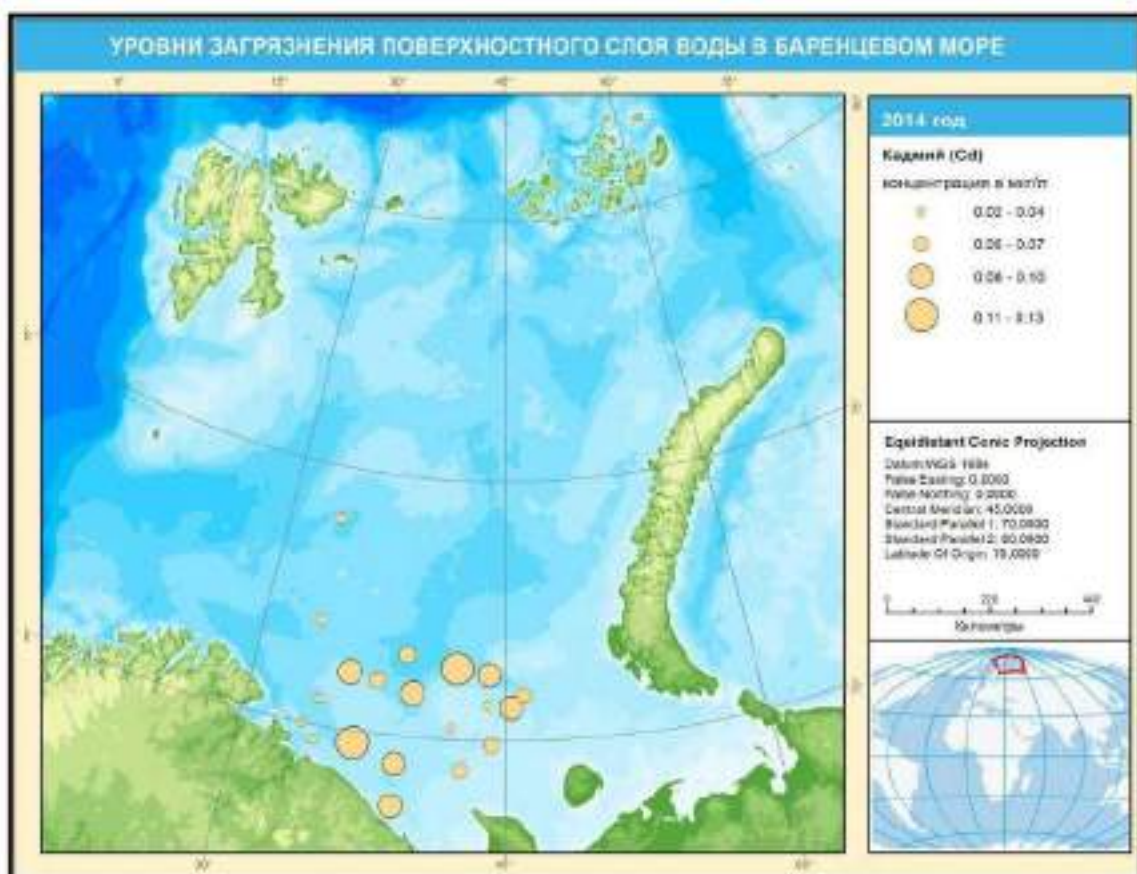
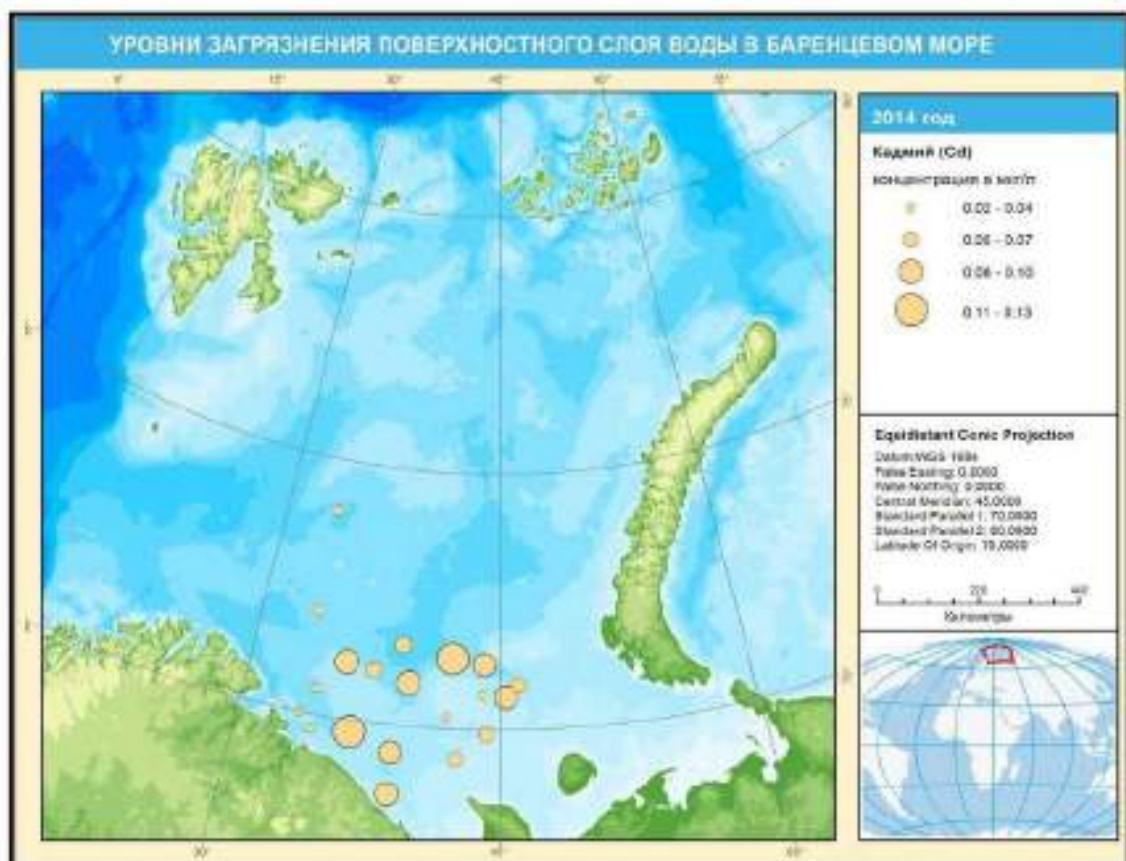


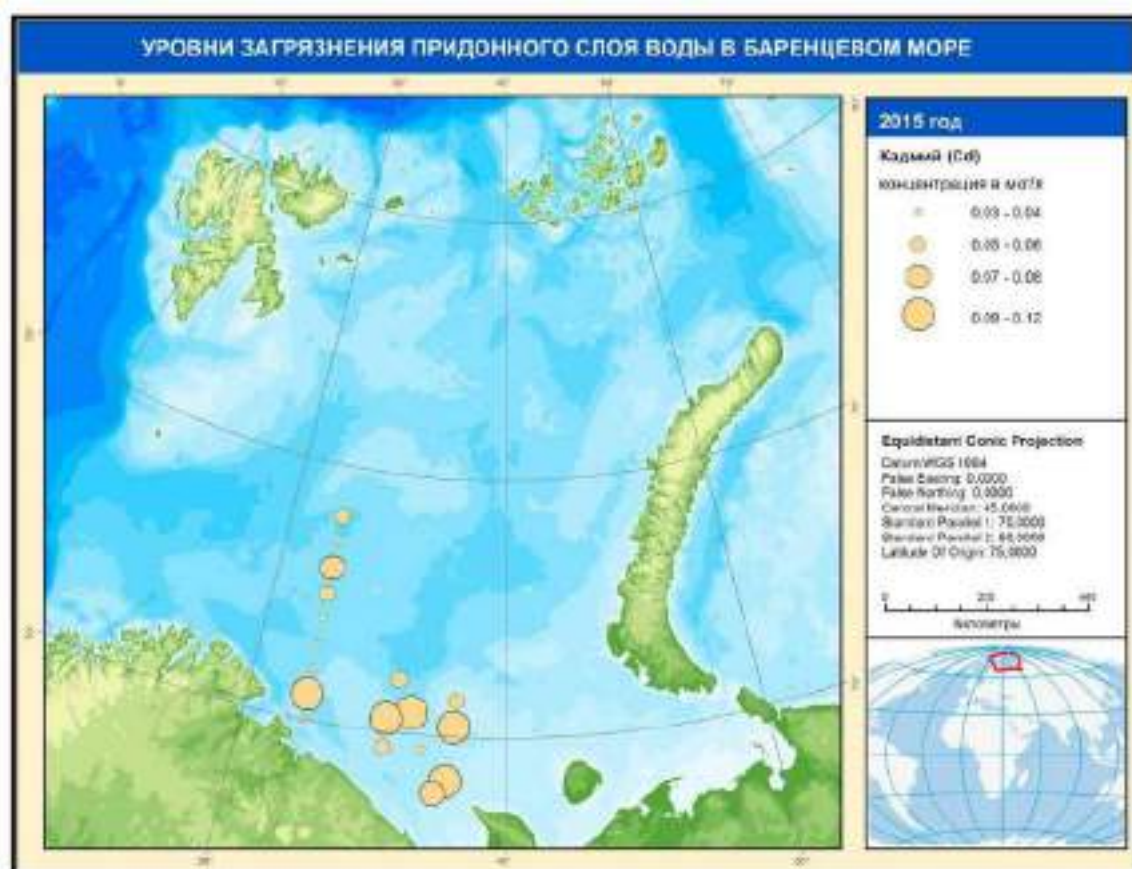


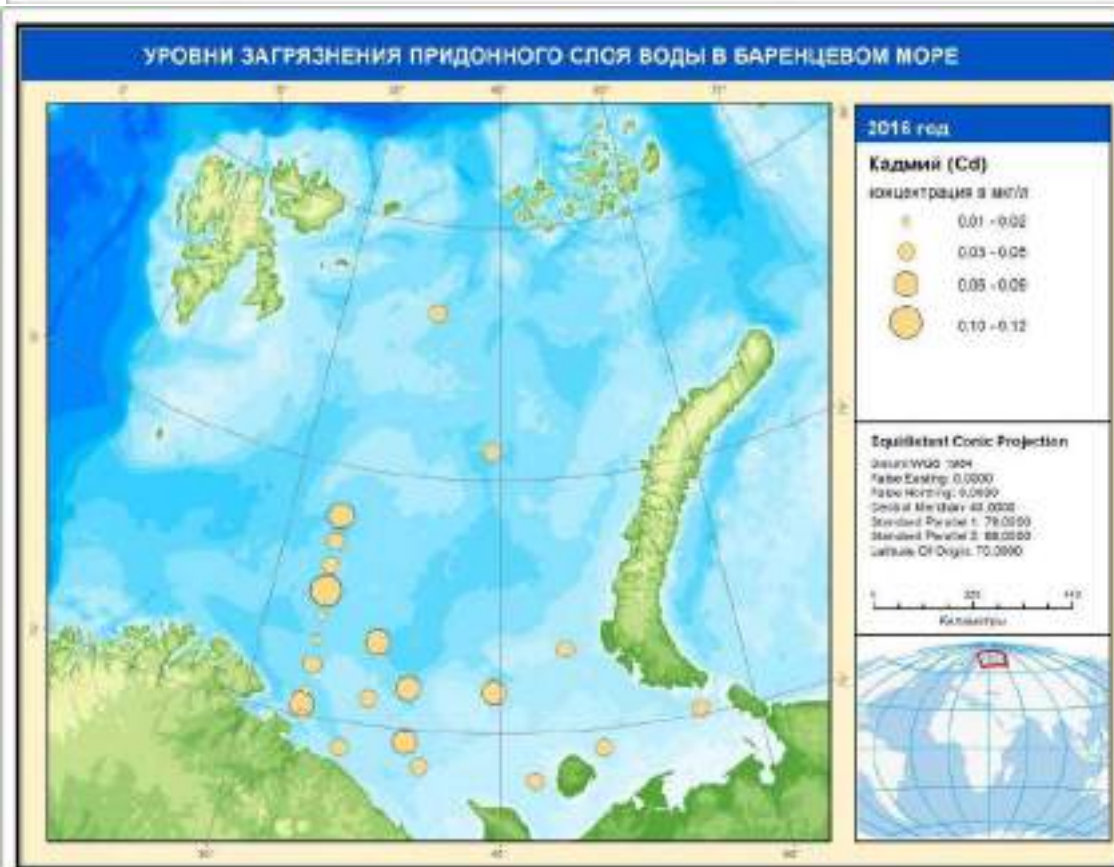
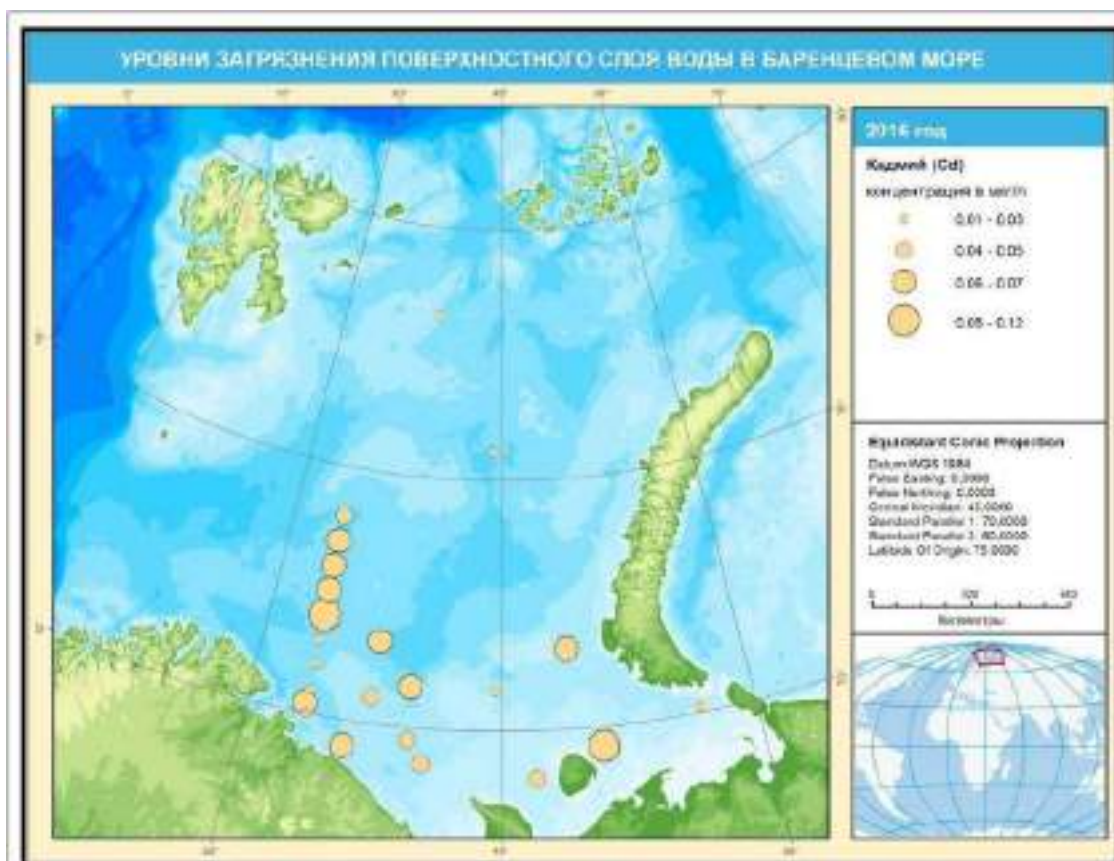


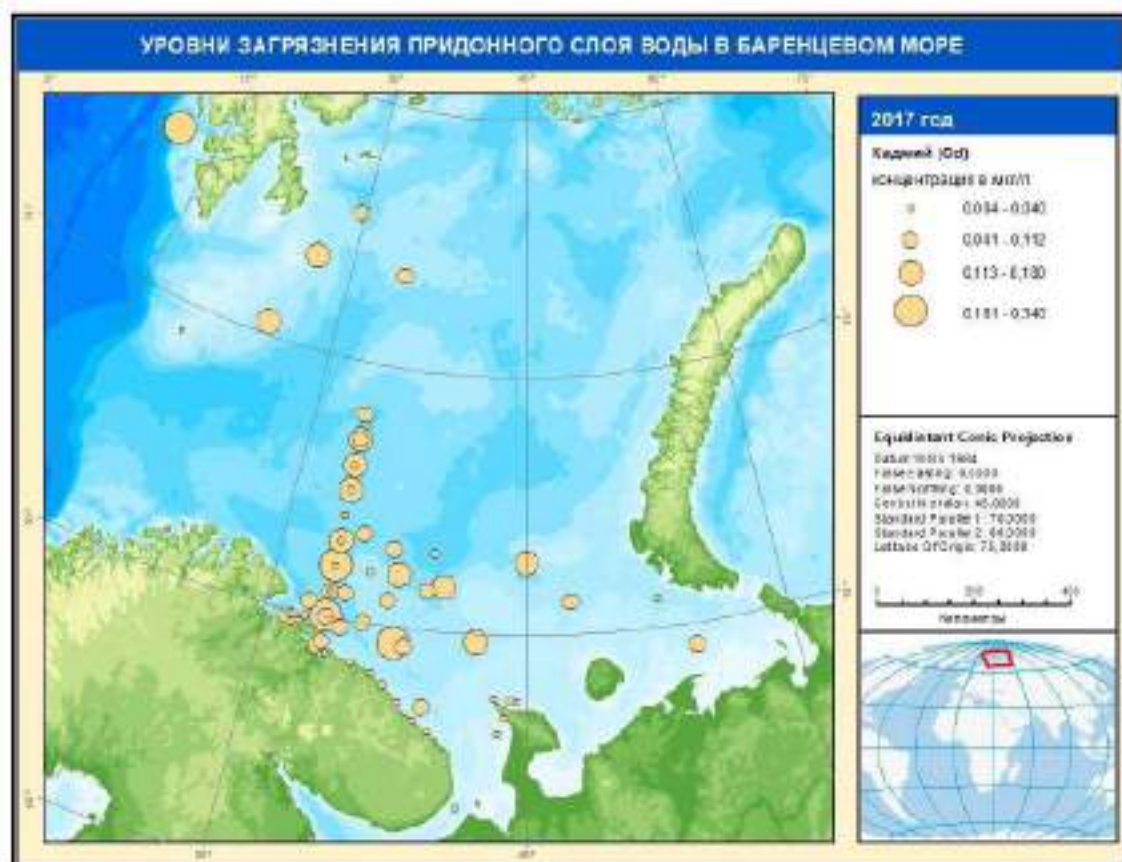
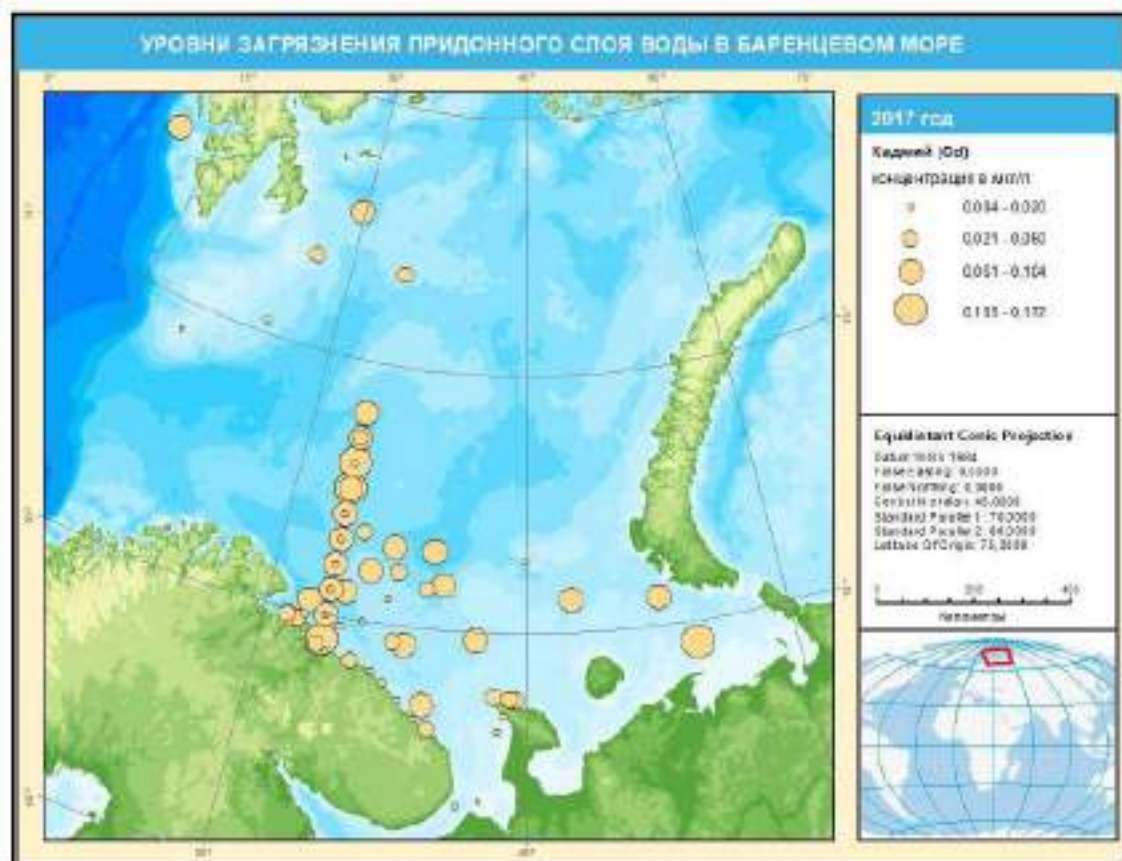










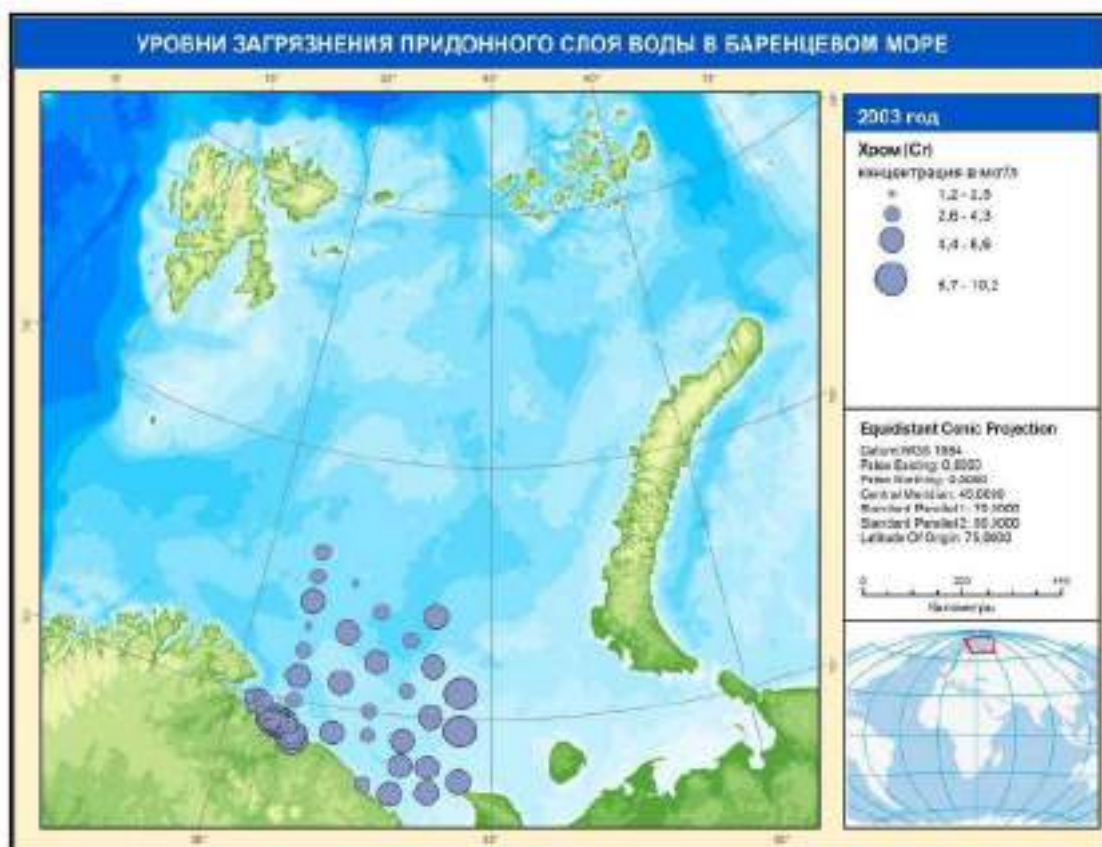
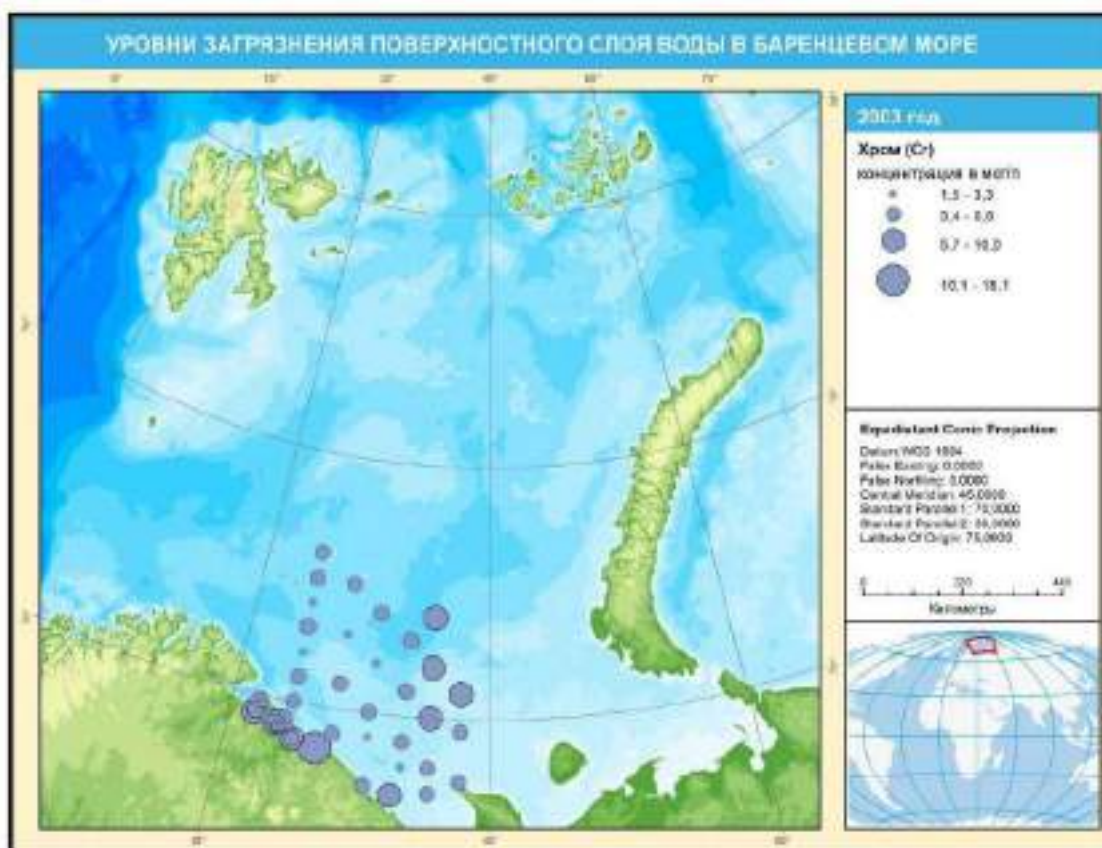


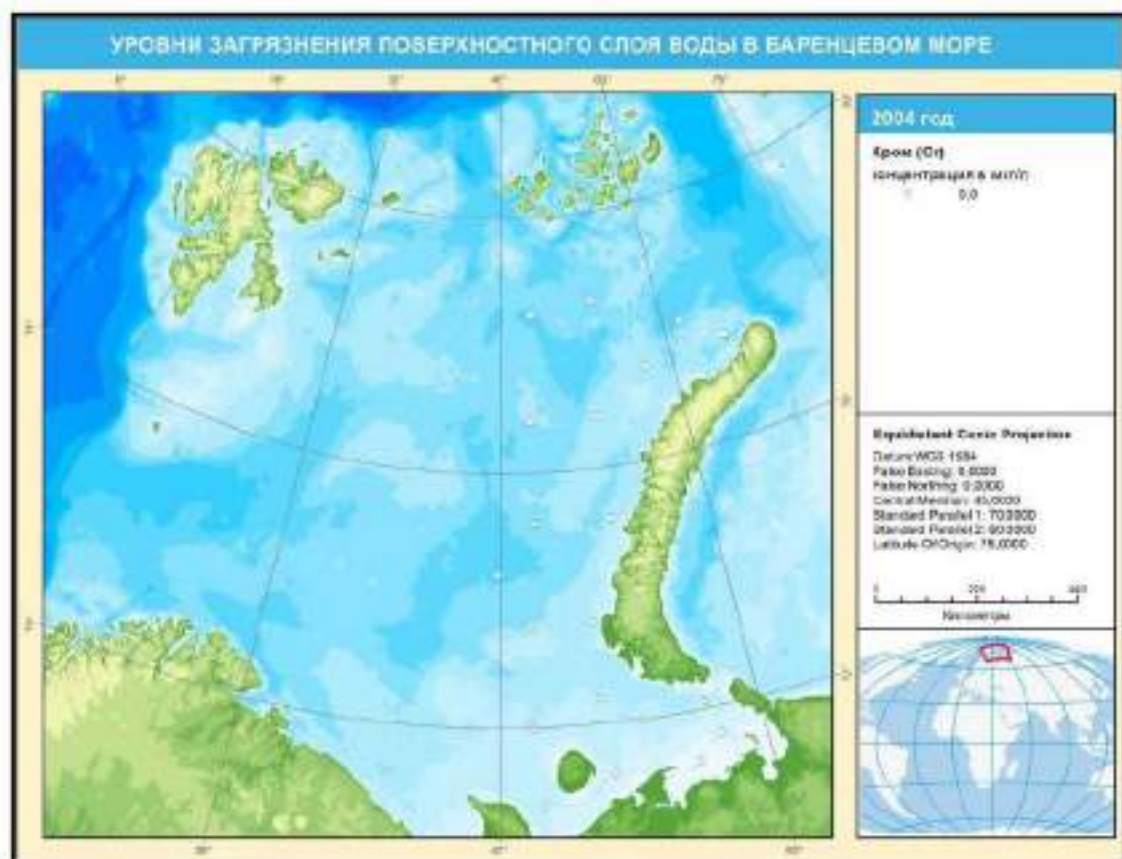
Хром

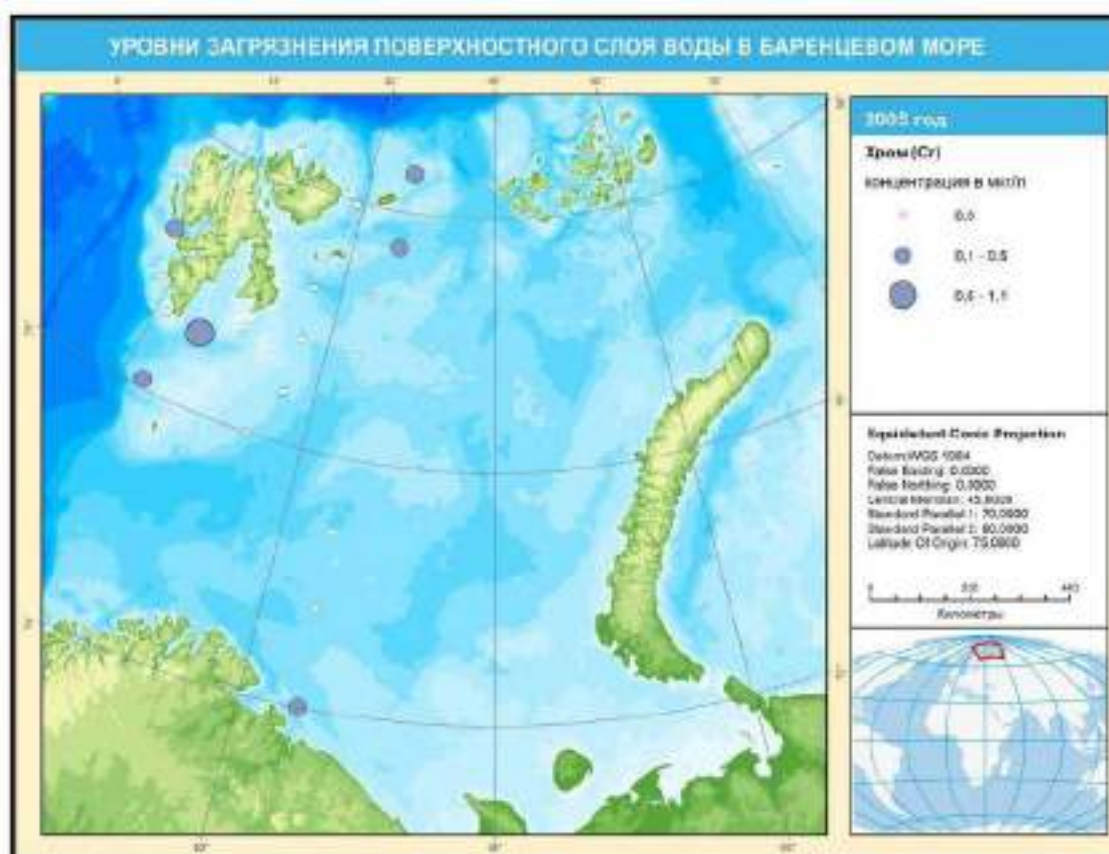
В поверхностные воды соединения хрома (III и IV) поступают в результате выщелачивания горных пород – серпентинитов и других хромосодержащих минералов (Войнар, 1953). Некоторое количество хрома попадает в воду в процессе разложения организмов и растений, из почв, особенно сформировавшихся над обогащенными хромом породах (Руководство по химическому..., 1977). Основные поставщики хромосодержащих аэрозолей в порядке уменьшения масштаба выбросов – это производство и переработка феррохрома, изготовление огнеупоров, сжигание угля и производство хромированных сталей. Для производства нержавеющей стали, красителей, химикатов, хромирования металлических изделий используется огромное количество хромитовых руд. Основные поставщики хромосодержащих аэрозолей в порядке уменьшения масштабов выбросов – это производство и переработка феррохрома, изготовление огнеупоров, сжигание угля и производство хромовых сталей. Уровень содержания в аэрозолях в зоне перерабатывающих хром заводов может достигать 1 мг/м³ при фоновом природном уровне 10-6 мг/м³. В зависимости от климатических условий эти частицы разносятся ветром на большие расстояния или выпадают на поверхность земли в виде дождя и снега. Показатель обогащения атмосферных частиц хромом относительно земной коры равен 11 (Мур, Рамамурти, 1987).

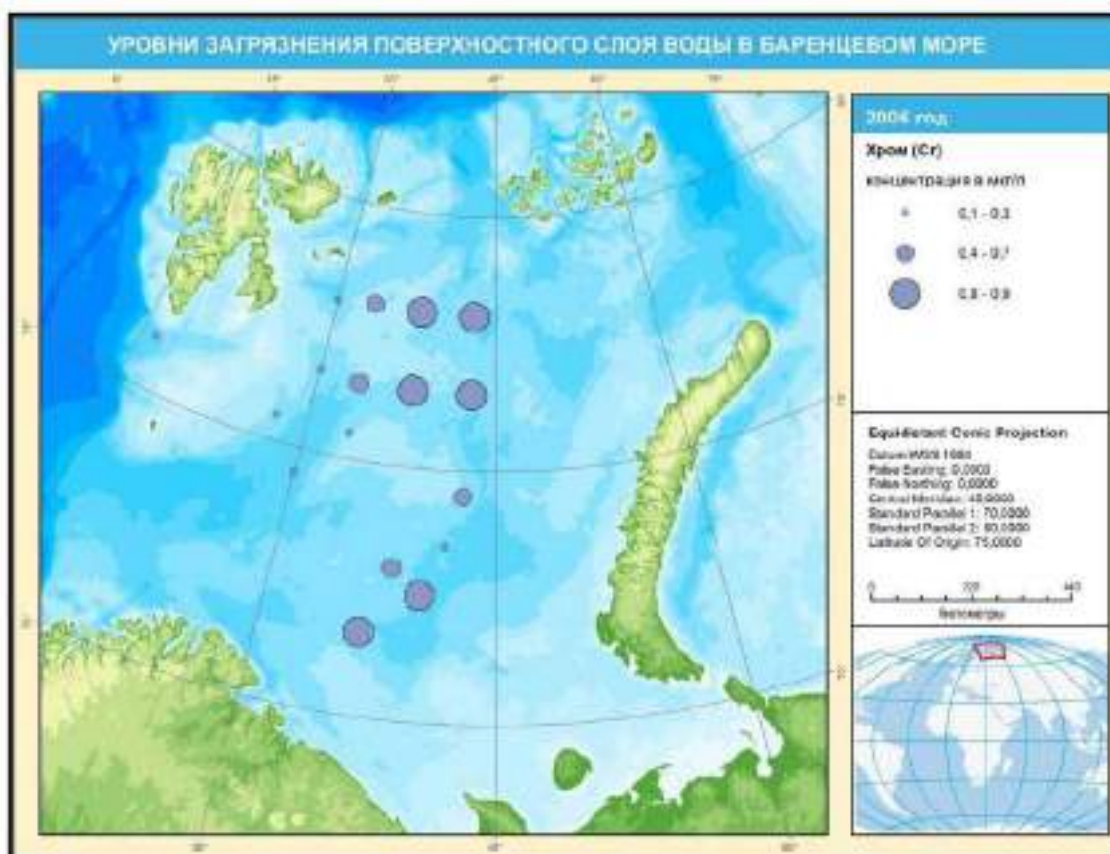
Значительное количество хрома может поступать в водоемы со сточными водами гальванических цехов машиностроительных, станкостроительных, автомобильных, авиационных заводов, красильных цехов текстильных предприятий, кожевенных заводов и предприятий химической промышленности (Диагностический анализ состояния..., 2011). Неконтролируемые выбросы представляют большую опасность загрязнения природных вод относительно токсичной формой Cr⁶⁺. Источники загрязнения Cr³⁺ – жидкие стоки кожевенных производств и красил, содержащие до нескольких граммов хрома на 1 литр.

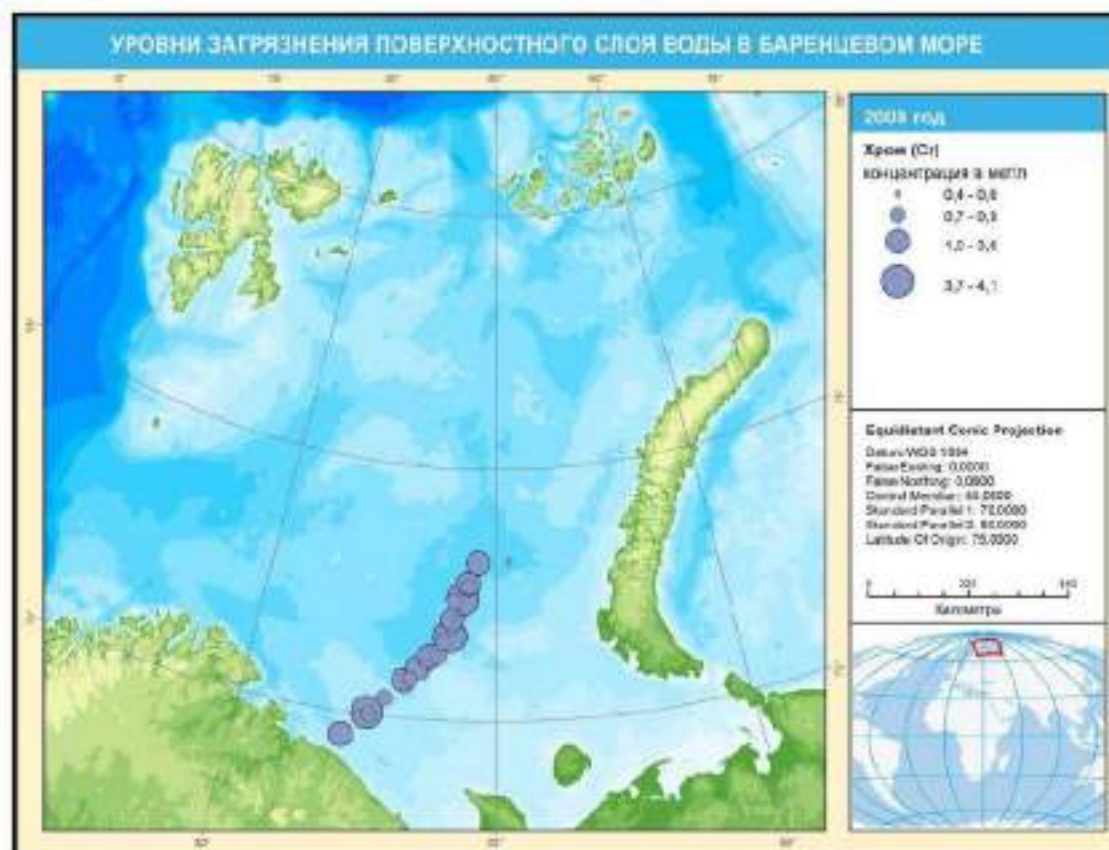
Ниже приводятся карты содержания хрома (Cr) в: 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг.



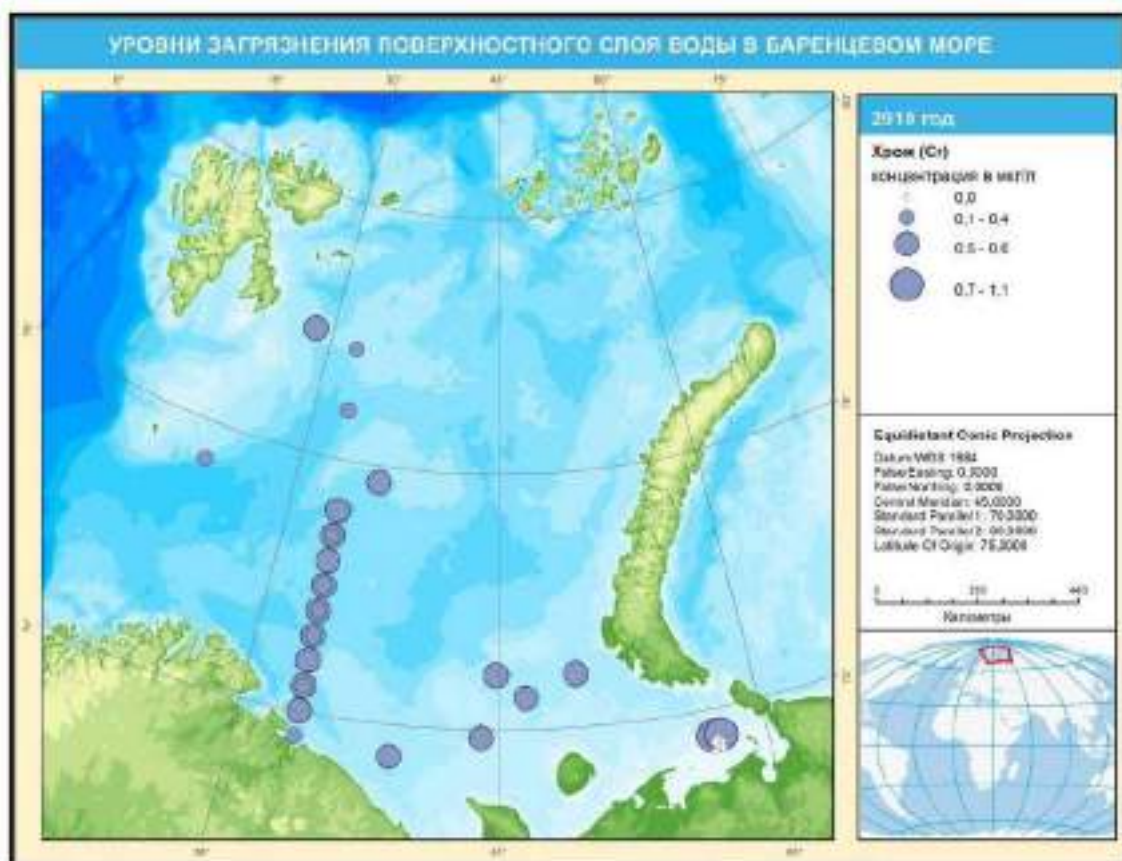


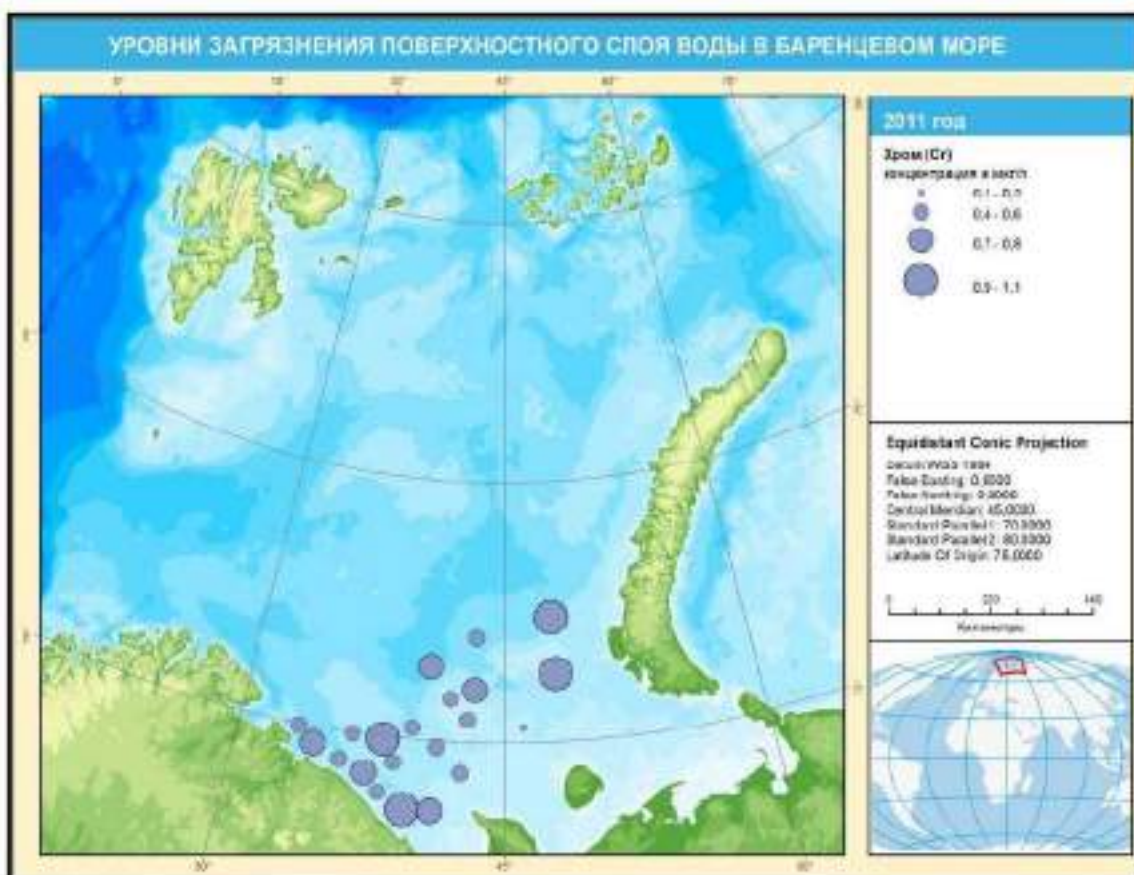


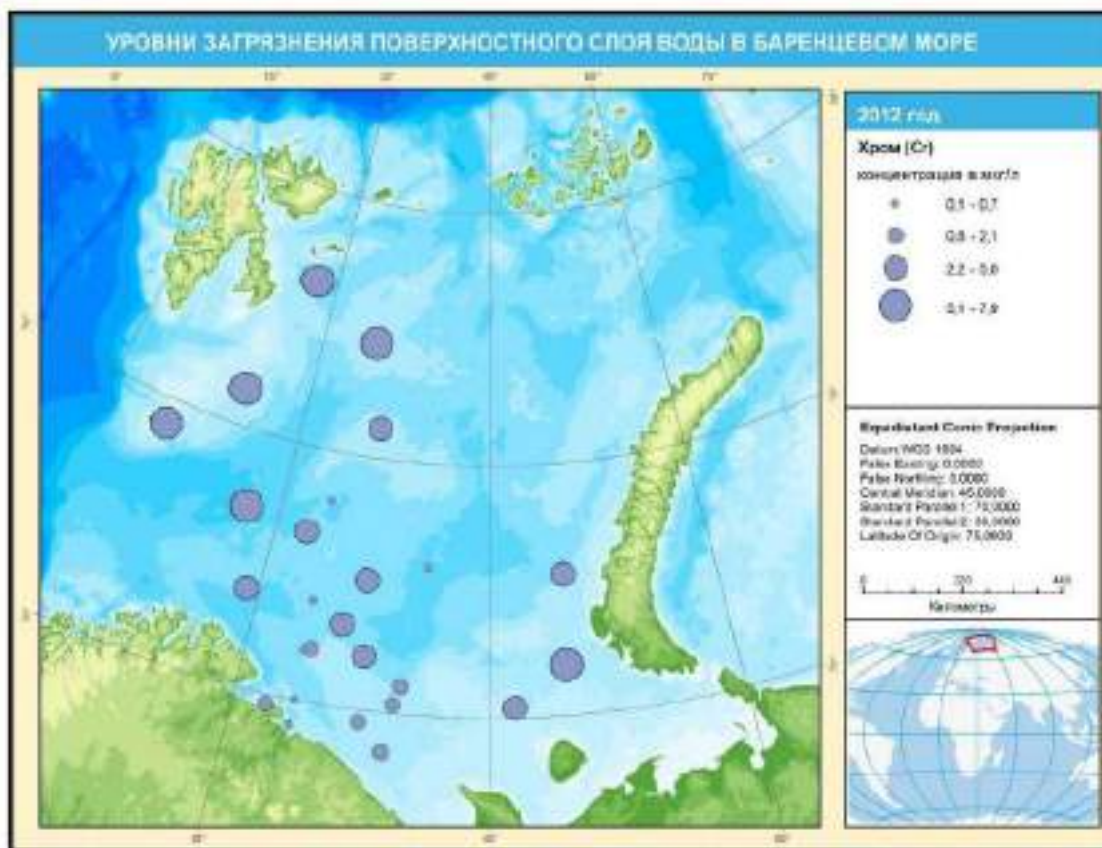


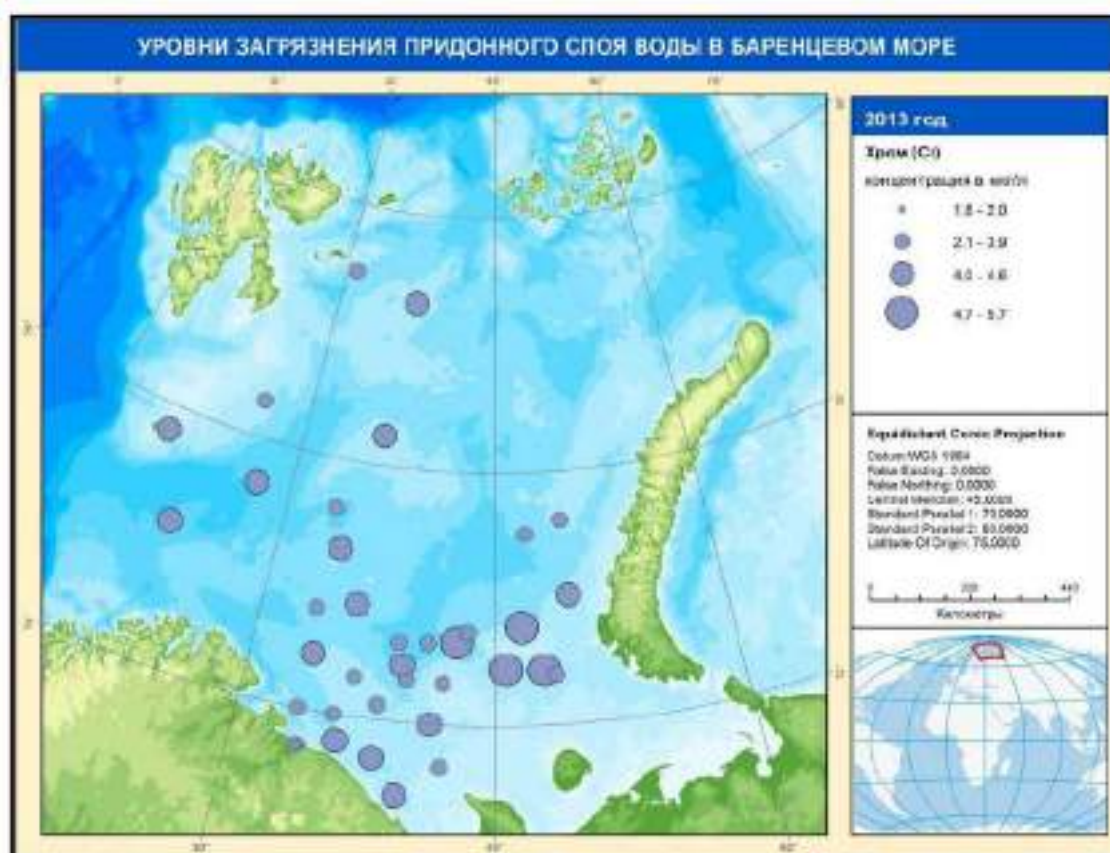
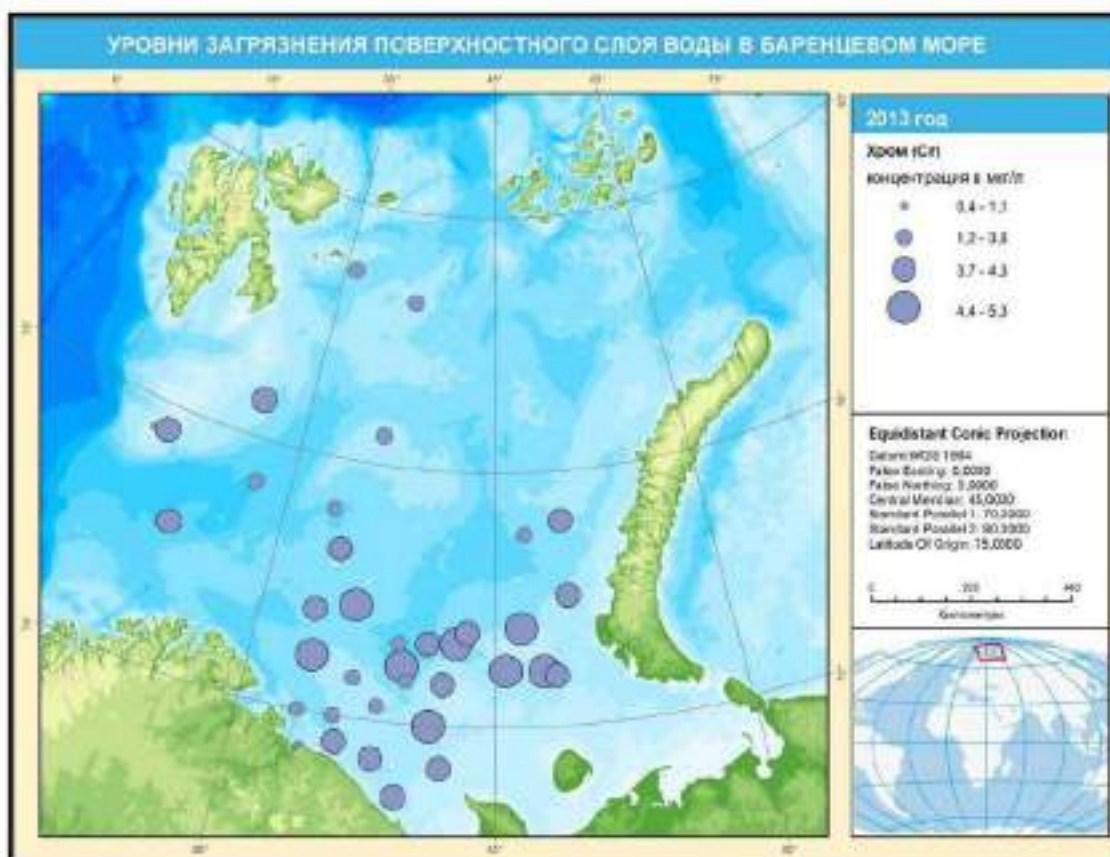


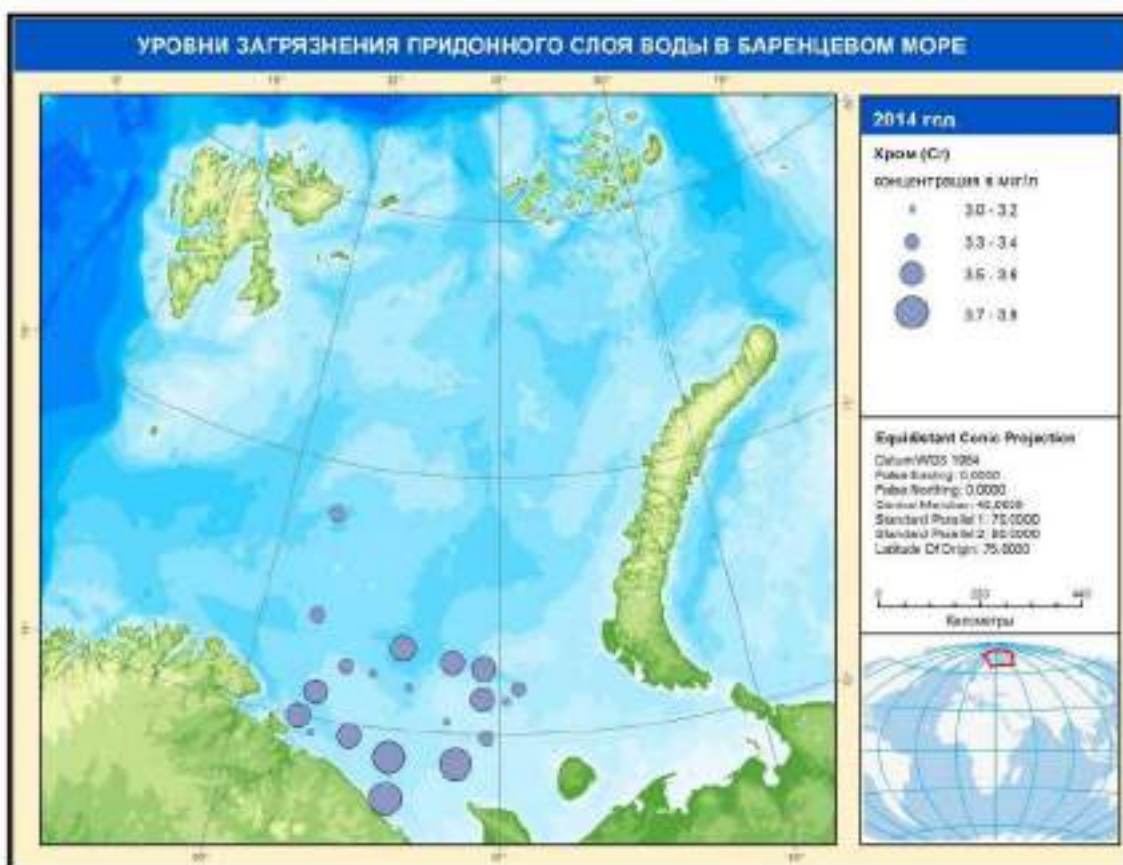
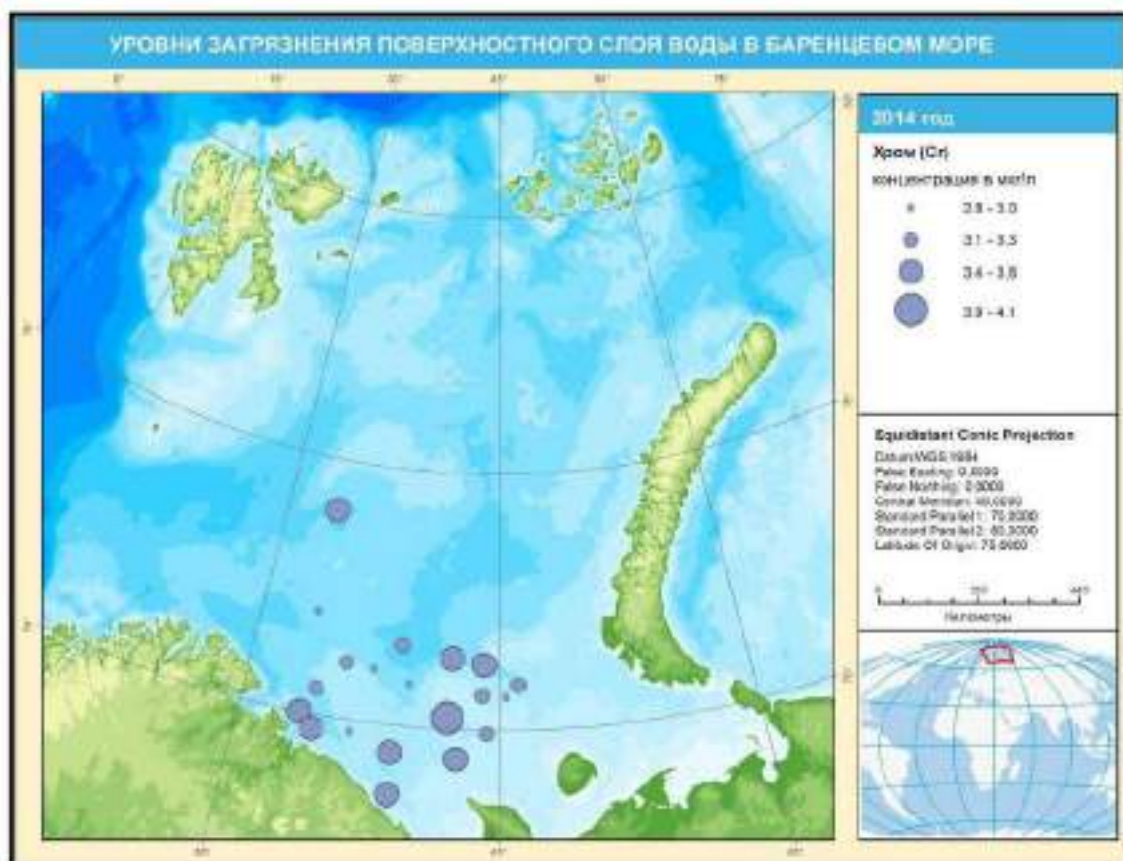


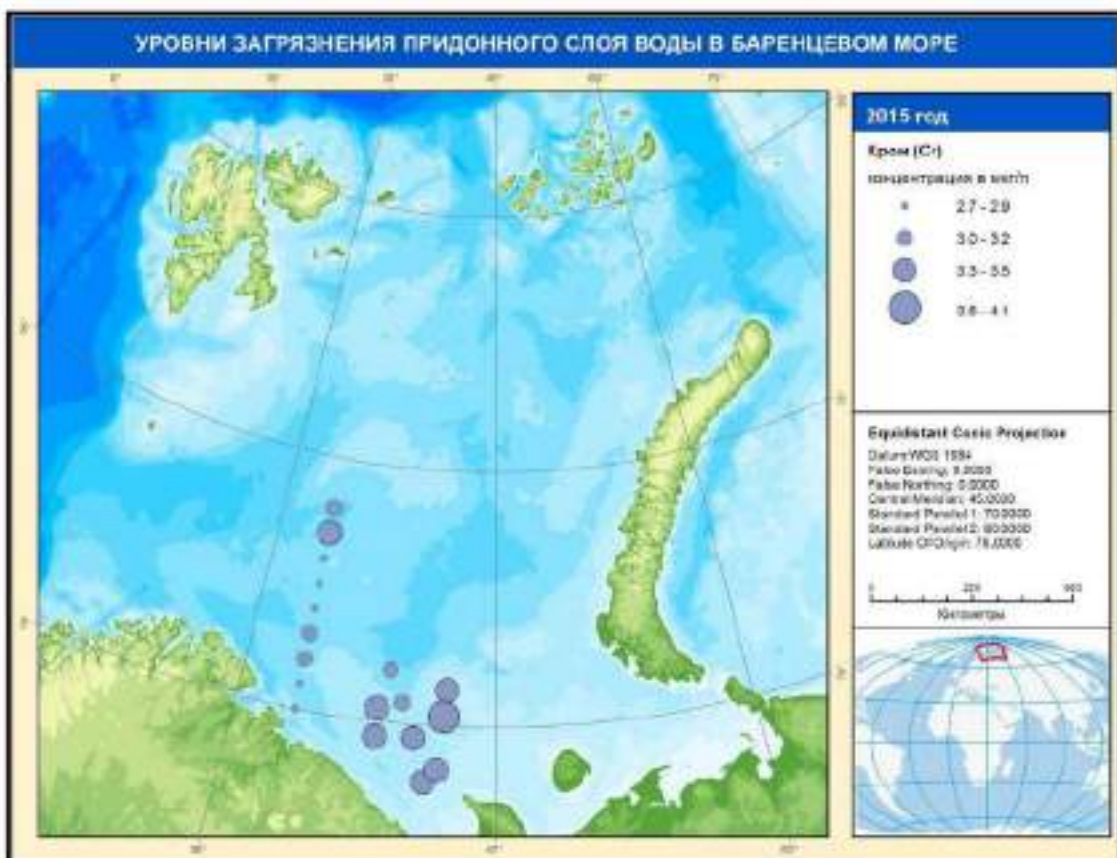
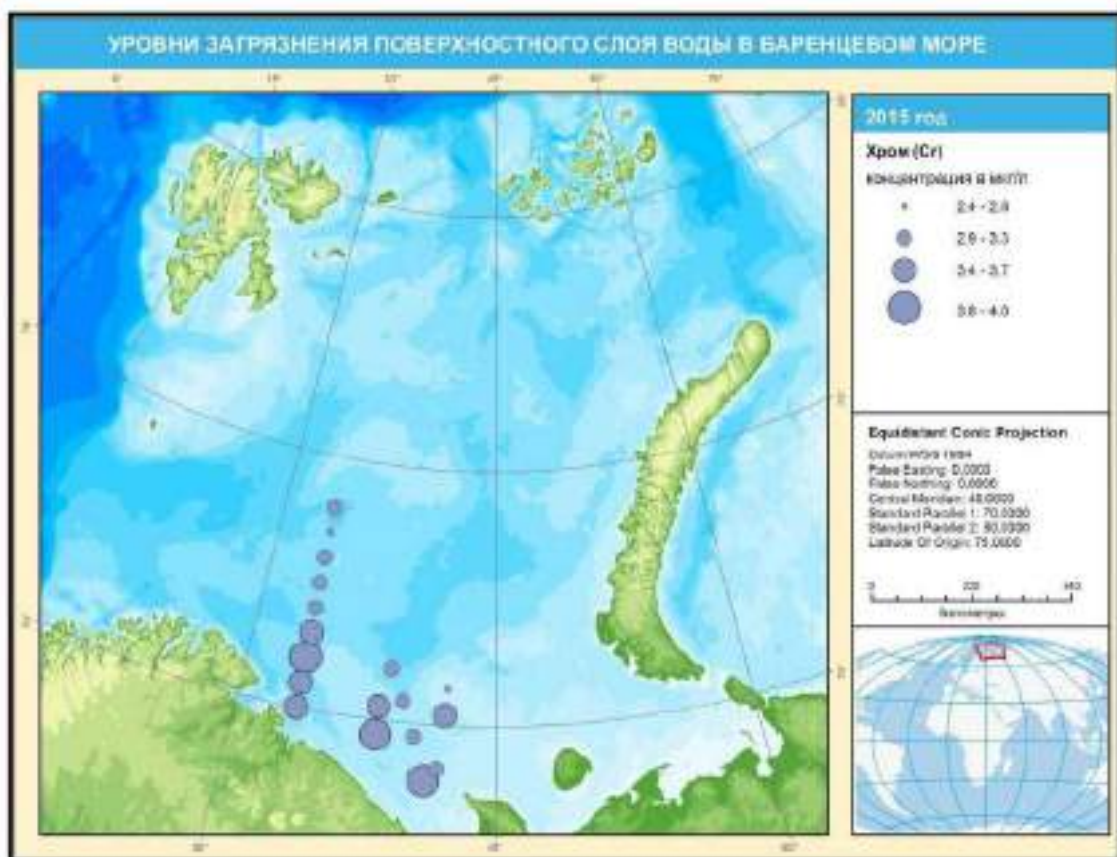


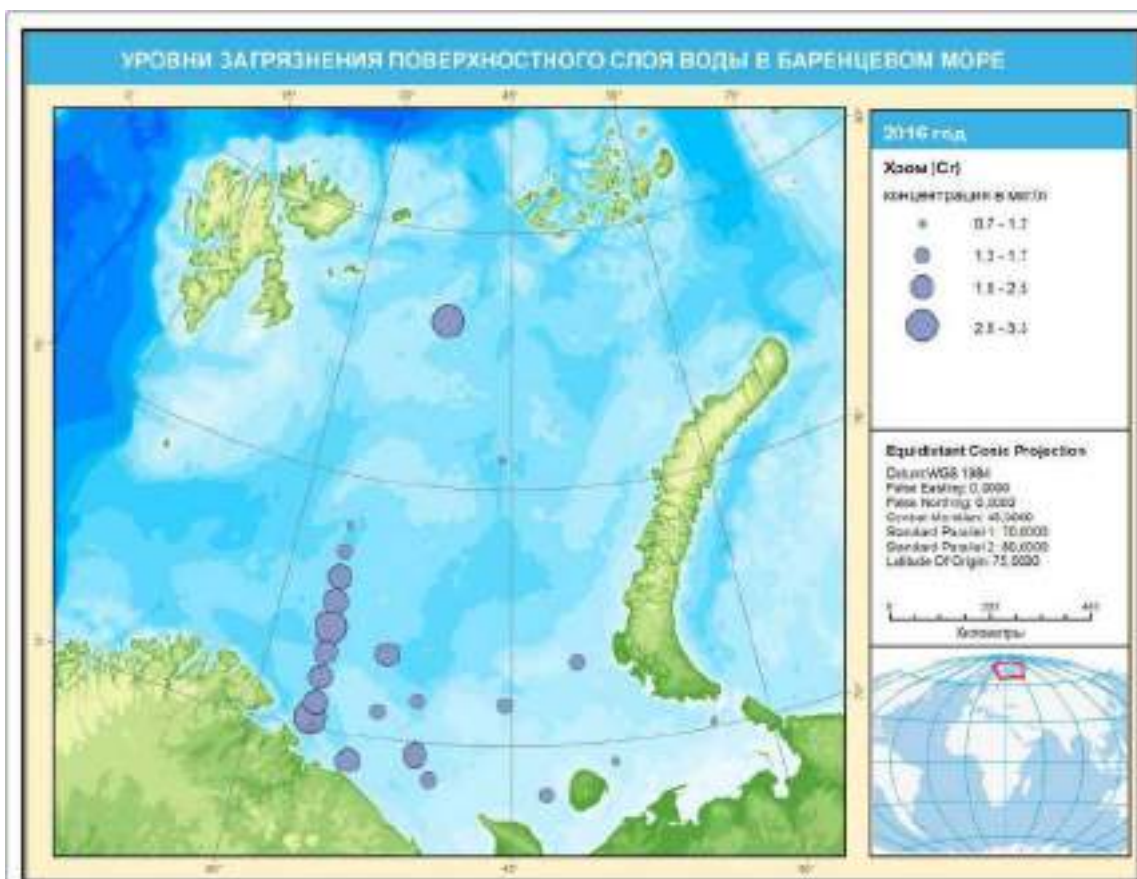


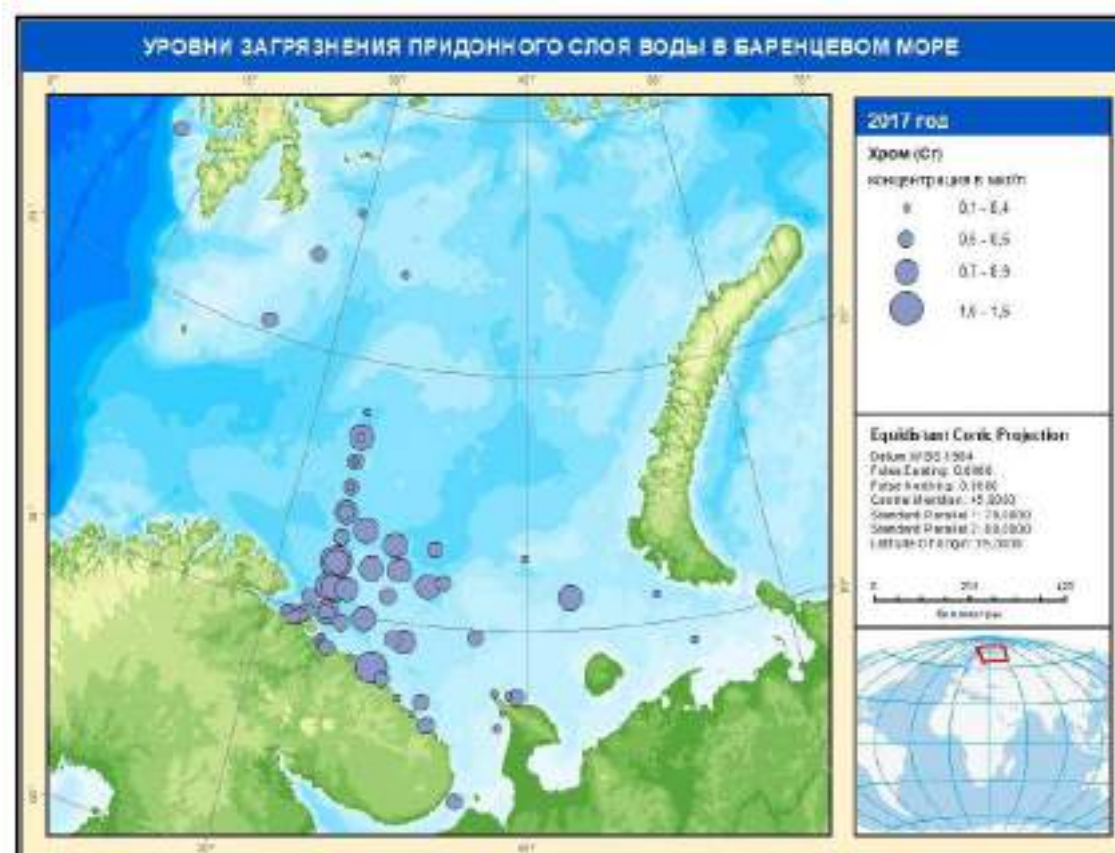
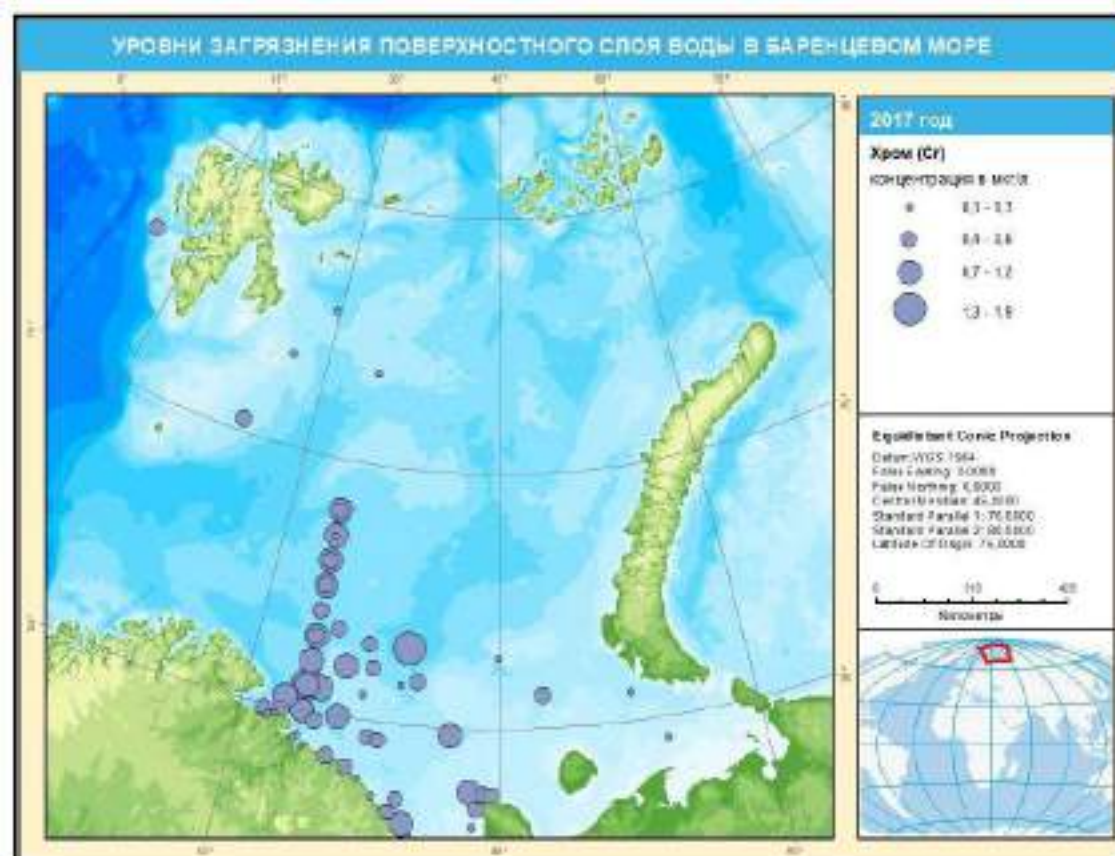


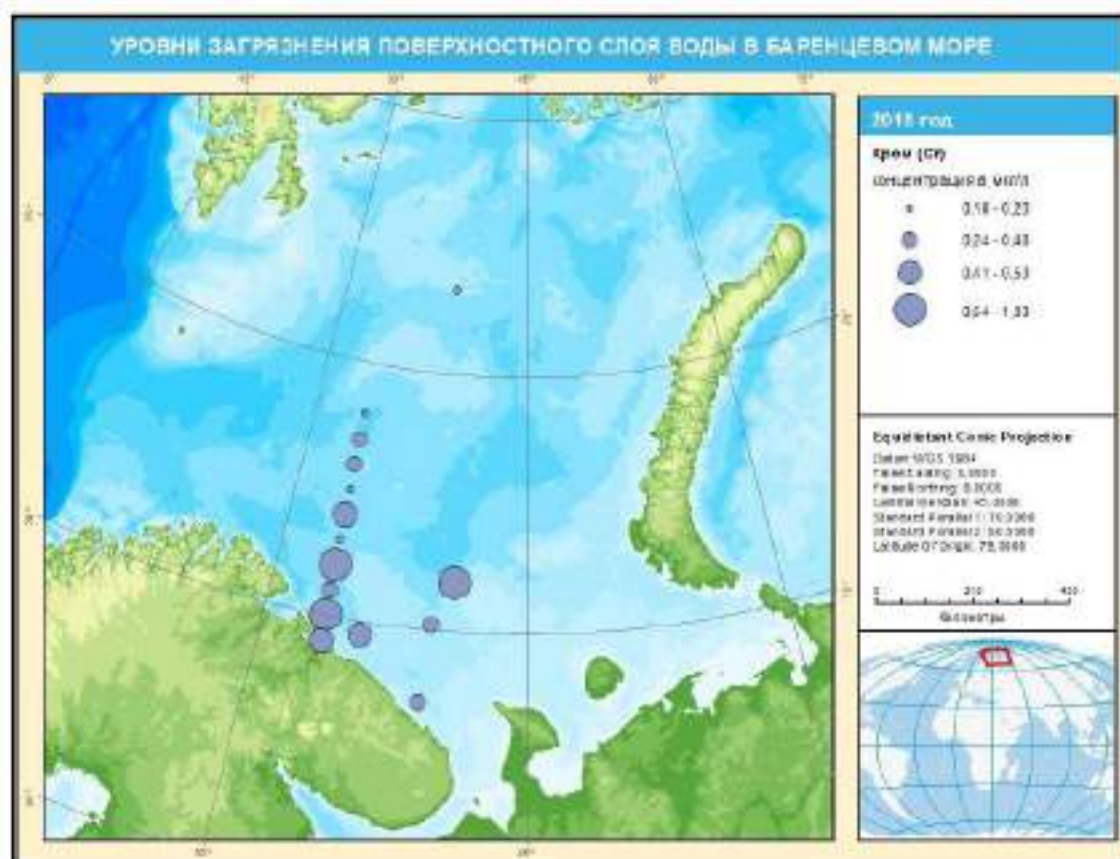












Медь

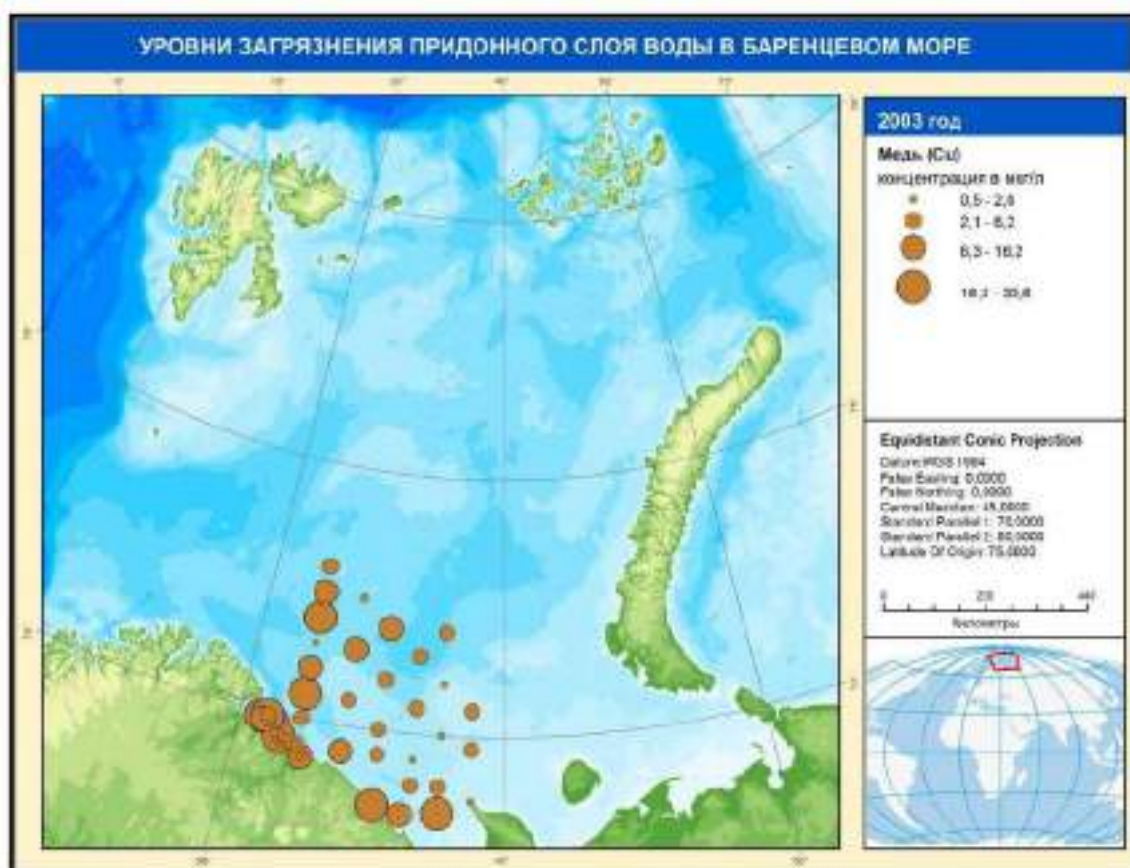
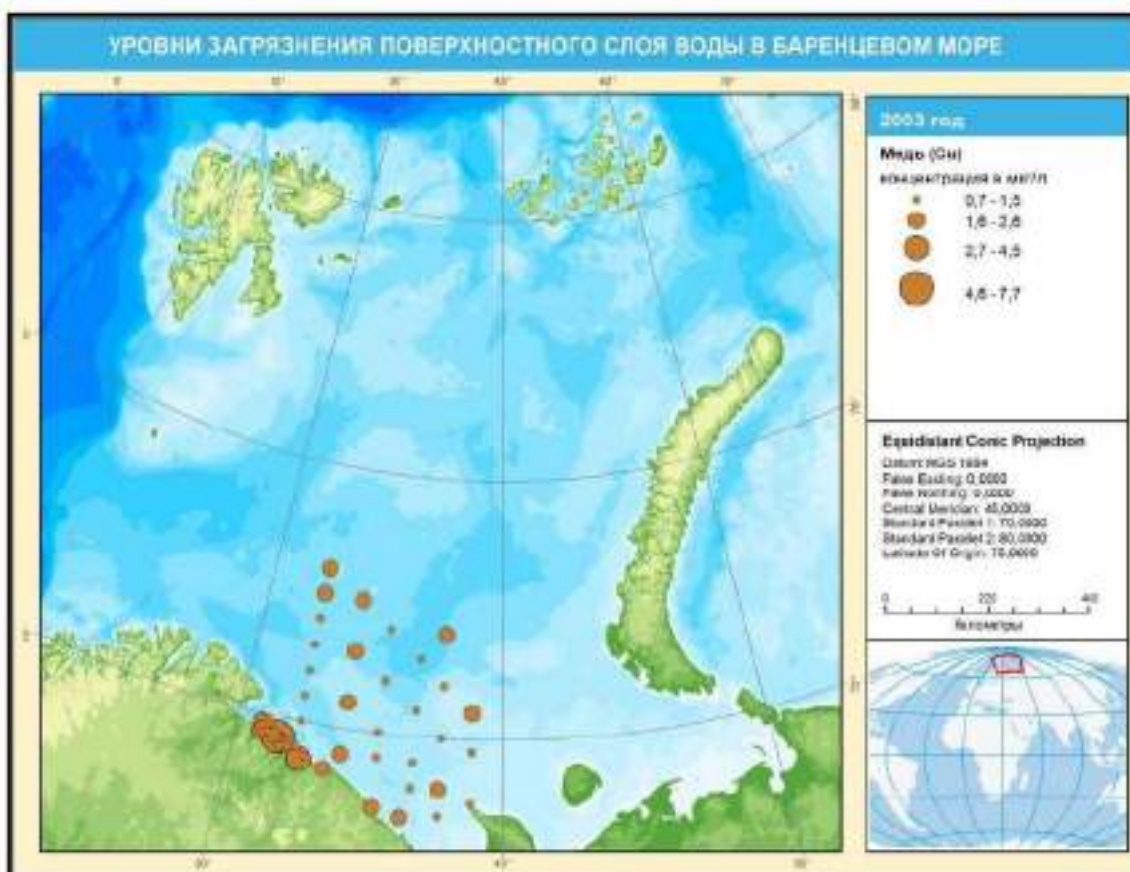
В природе медь встречается как в самородном состоянии, так и в виде сульфидов, арсенидов, хлоридов и карбонатов. Основным источником поступления меди в природные воды являются сточные воды предприятий электротехнической, химической, металлургической промышленности, шахтные воды, альгициды, используемые для уничтожения водорослей. Медь может появляться в воде в результате коррозии медных трубопроводов и других сооружений, используемых в системах водоснабжения. Поступление меди от эрозии минерализованных пород оценивается в 325 000 т в год (Руководство по химическому..., 1977; Clark, 2011). Примерно 75 % поступающей в атмосферу меди имеет антропогенное происхождение. Важнейшим природным источником поступления меди в атмосферу является эоловый перенос (пыль, поднятая ветром) (Мур, Рамамурти, 1987).

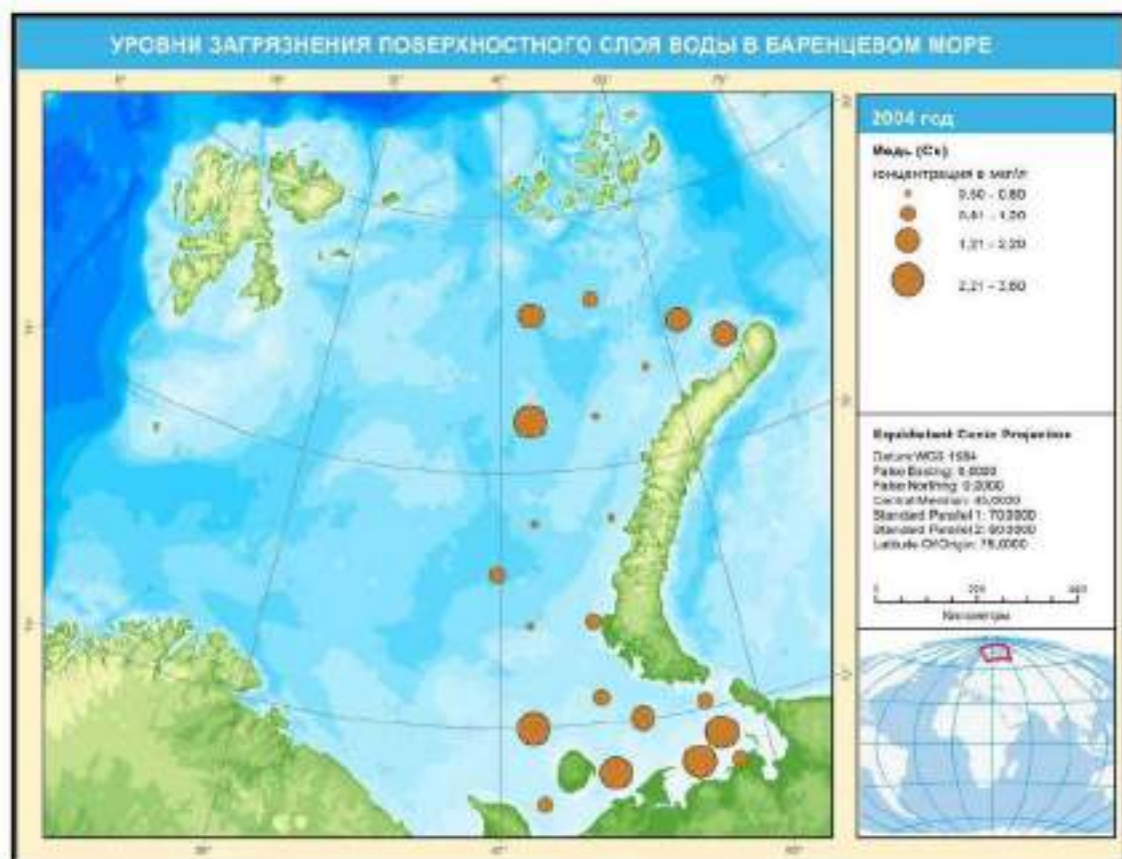
Общее поступление меди в атмосферу составляет около 75 тыс. т/год, из которых от 5 до 13 тыс. т осаждаются в океанах с атмосферными осадками и сухими выпадениями. Примерно 75 % выделяемой в атмосферу меди имеет антропогенное происхождение, а производство цветных металлов является основным источником ее поступления, меньше загрязняющего вещества образуется при сжигании древесины и производстве стали и железа. Важным природным источником попадания меди в атмосферу является ветровая пыль. Около 17 тыс. т меди, находящейся в различных отходах, ежегодно поступает в океаны (Израэль, Цыбань 2009; Химия окружающей среды..., 1982).

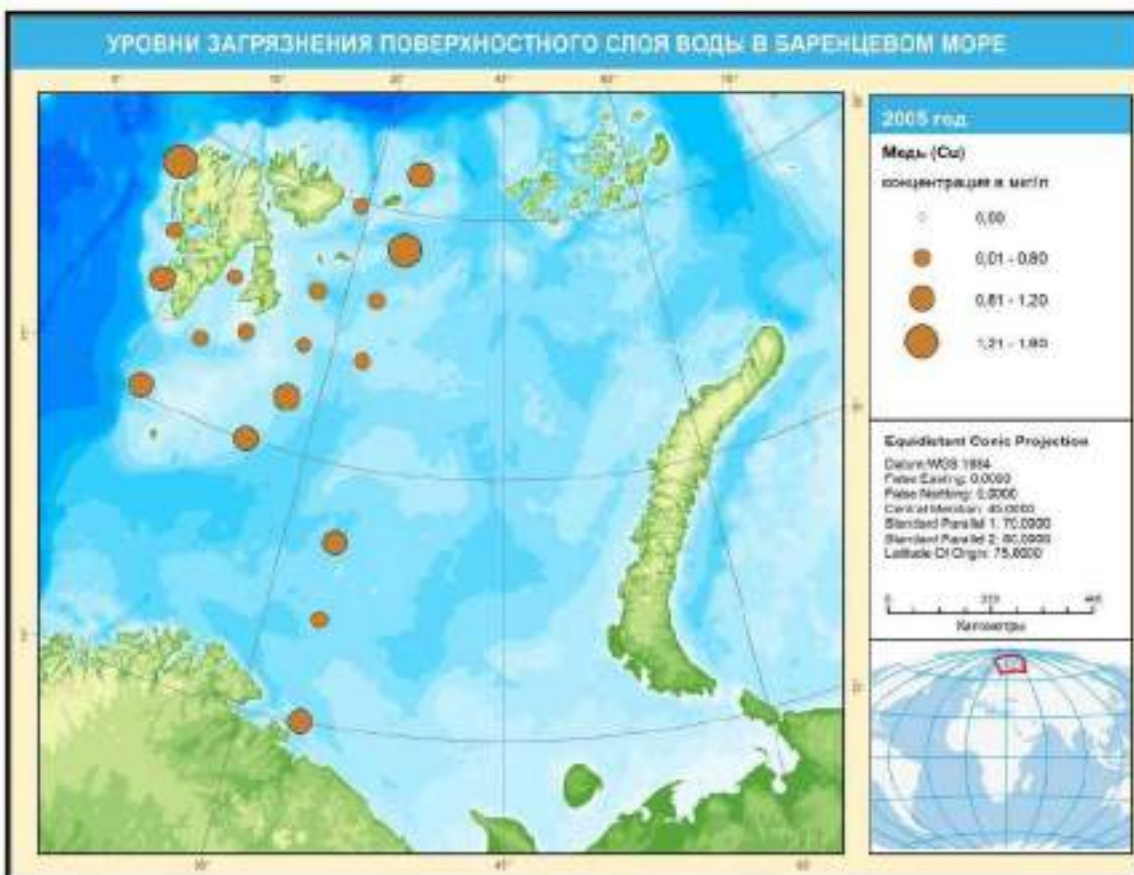
На морских акваториях отмечается постепенное убывание концентрации меди от прибрежных районов в сторону открытого моря. В Средиземном и Балтийском морях ее концентрация составляет 1-5 мкг/л. В то же время на открытой акватории Мирового океана концентрация меди обычно не превышает 2 мкг/л.

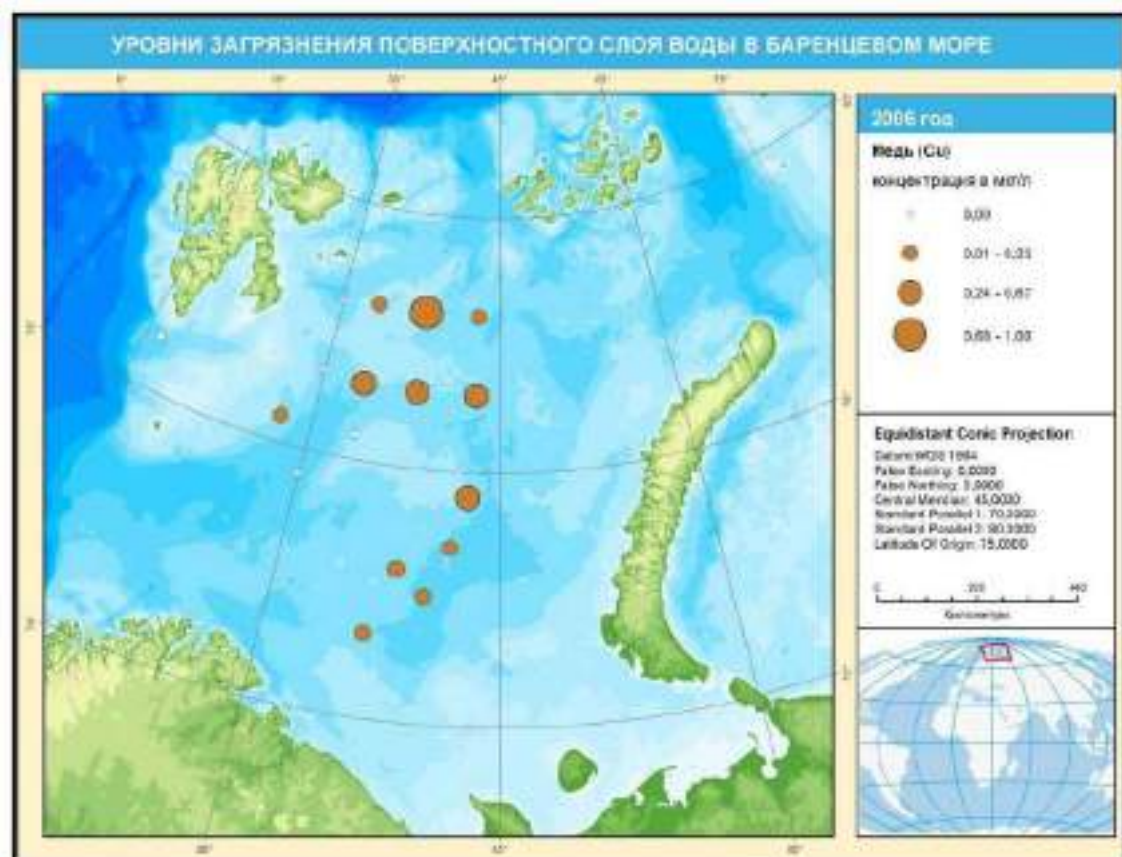
Значение меди в биологических системах достаточно велико (Мур, Рамамурти, 1987).

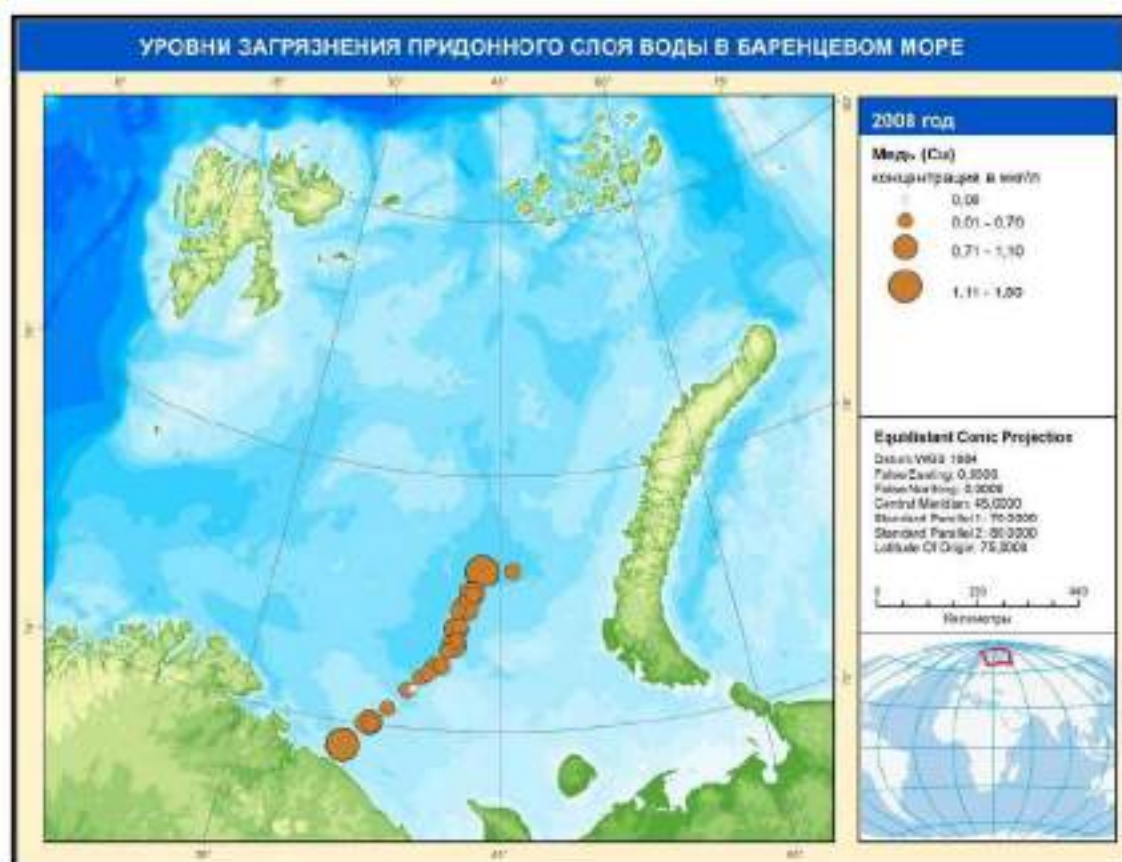
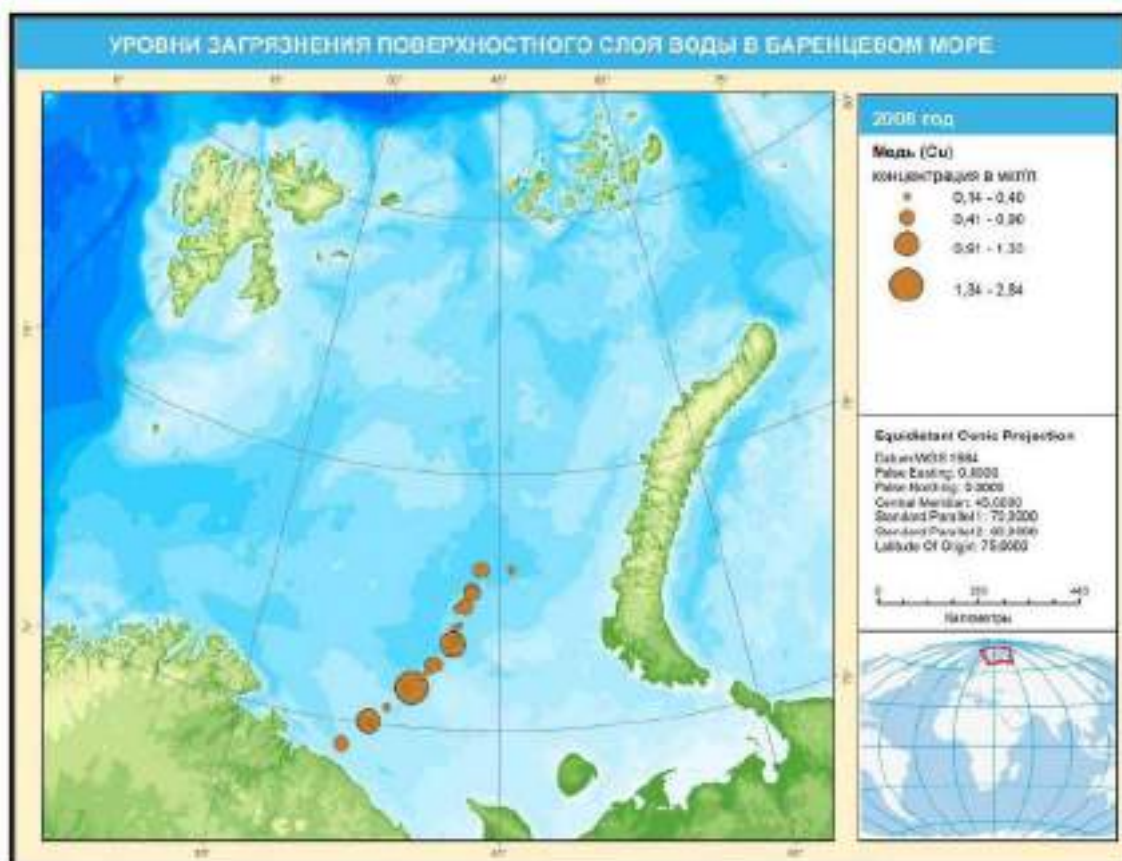
Ниже приводятся карты содержания меди (Cu) в: 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг.

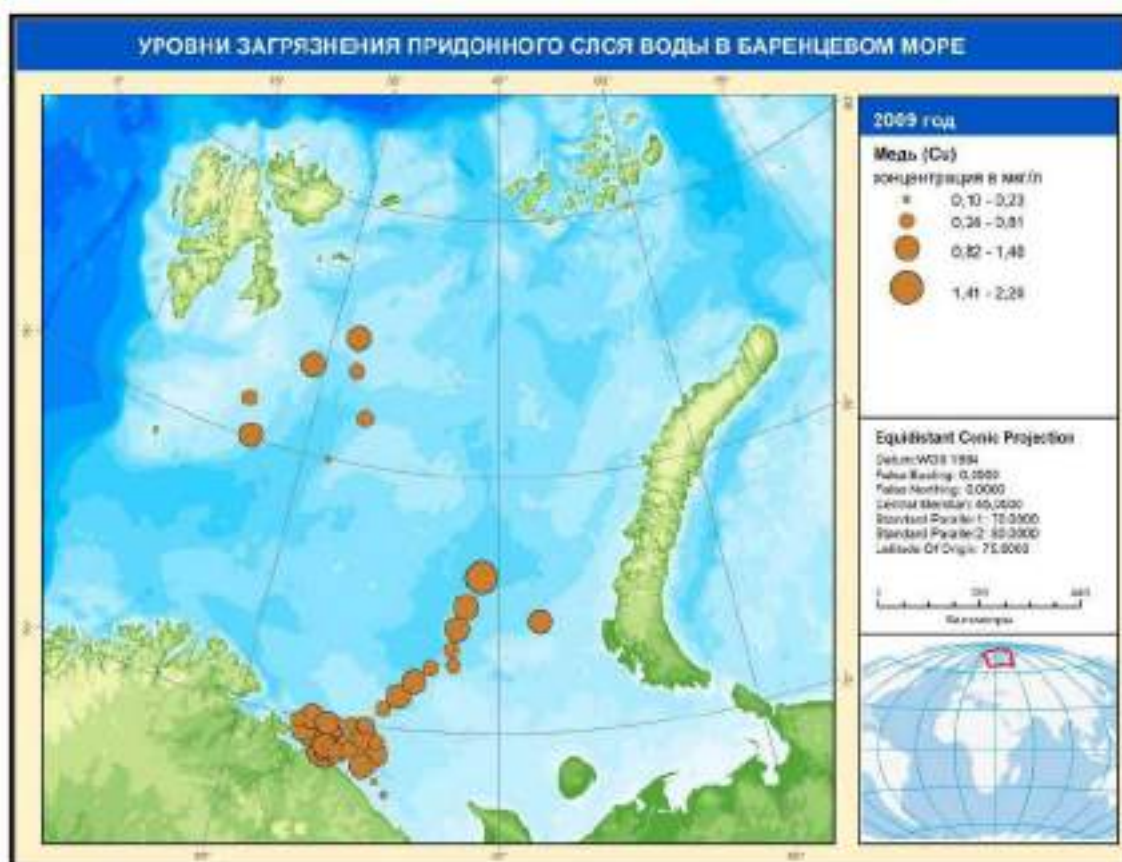
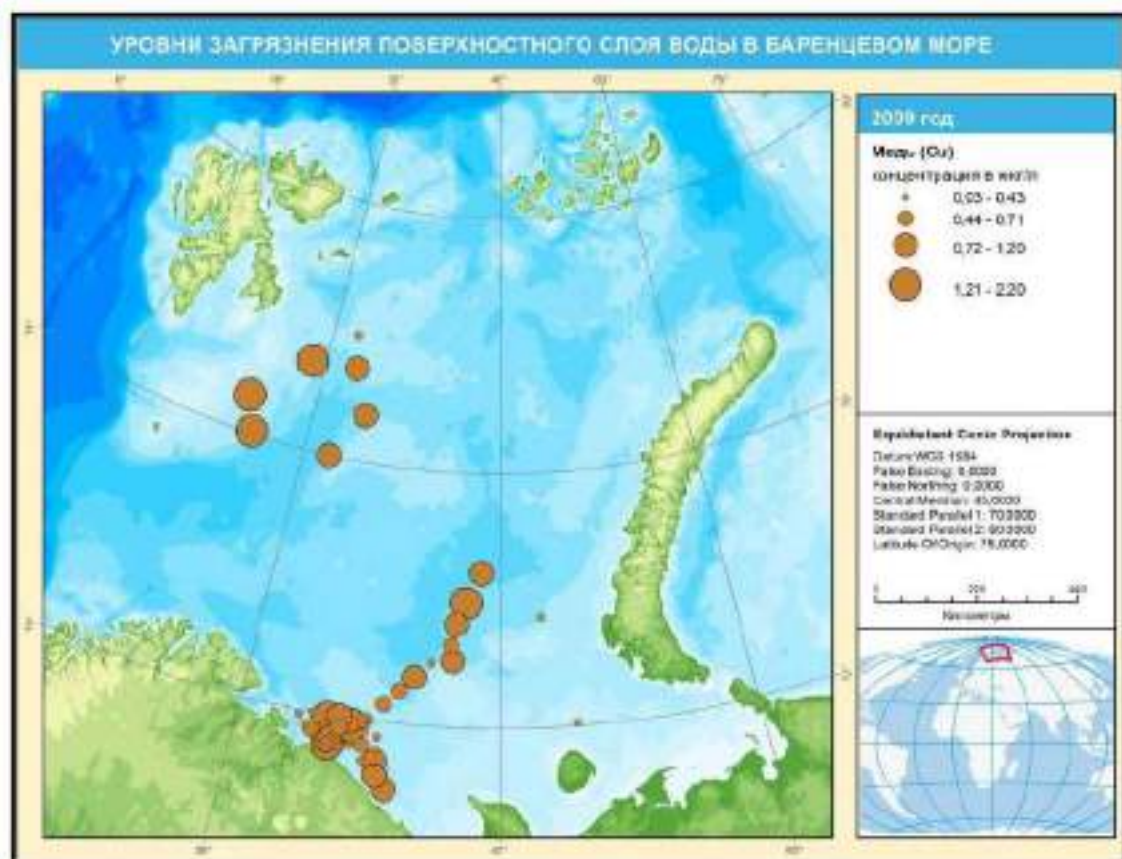


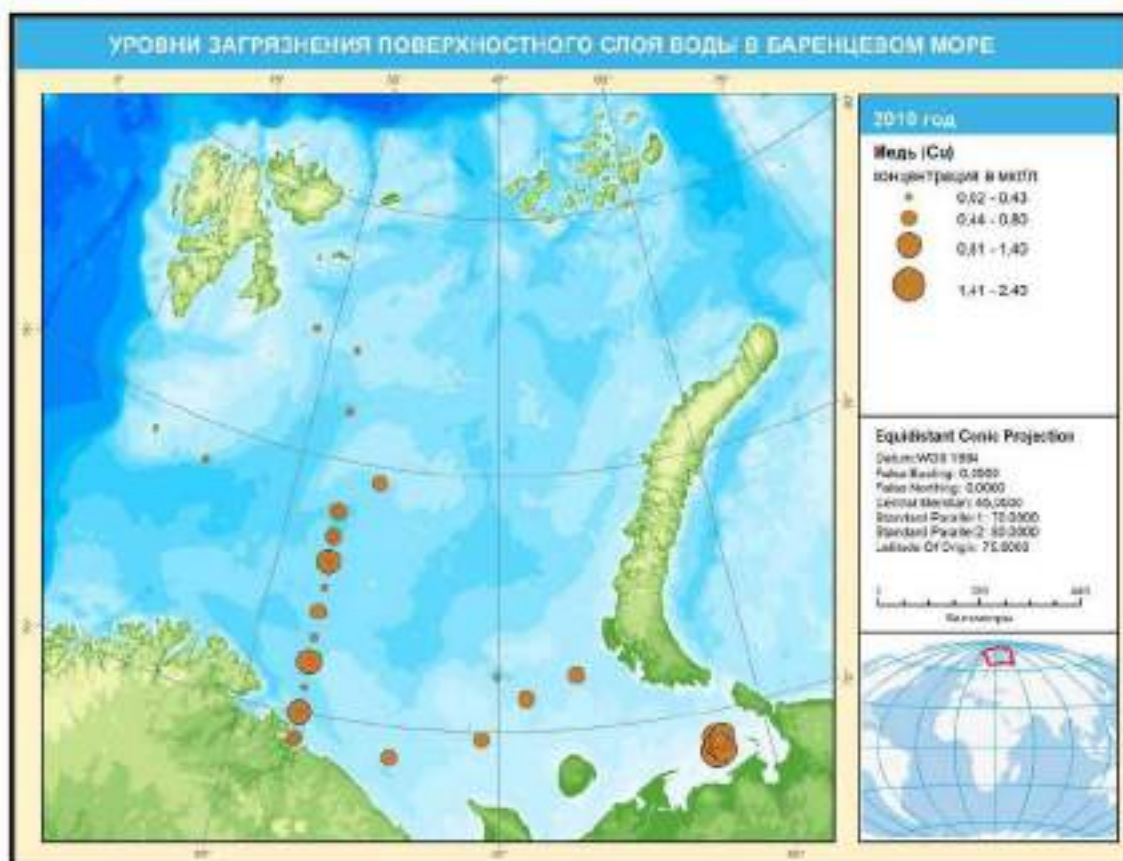


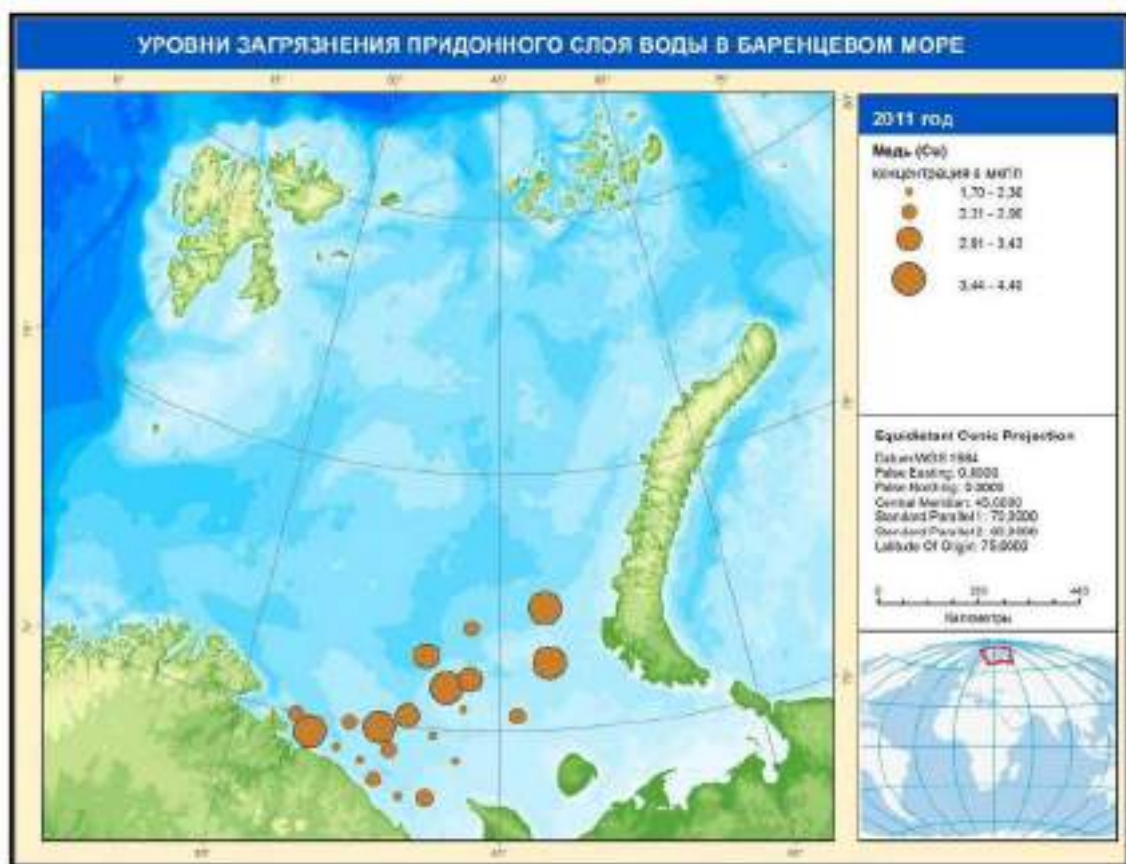
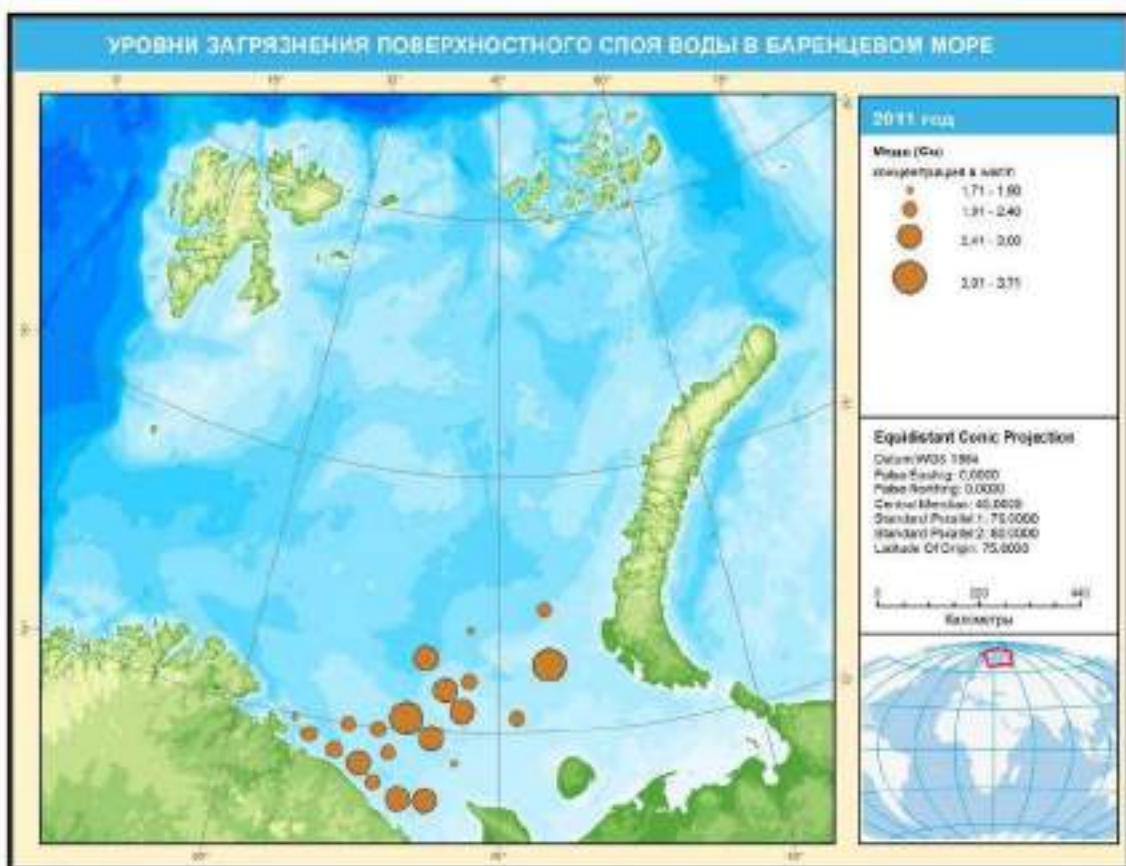


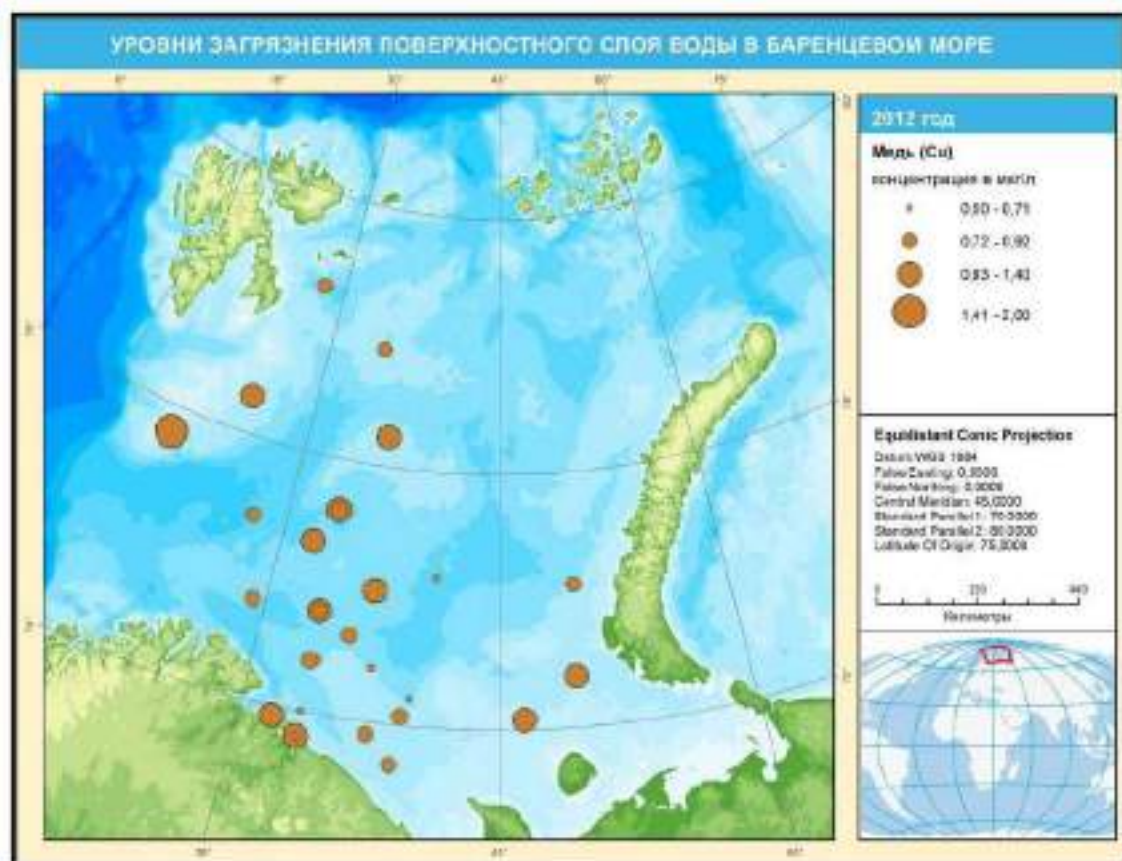


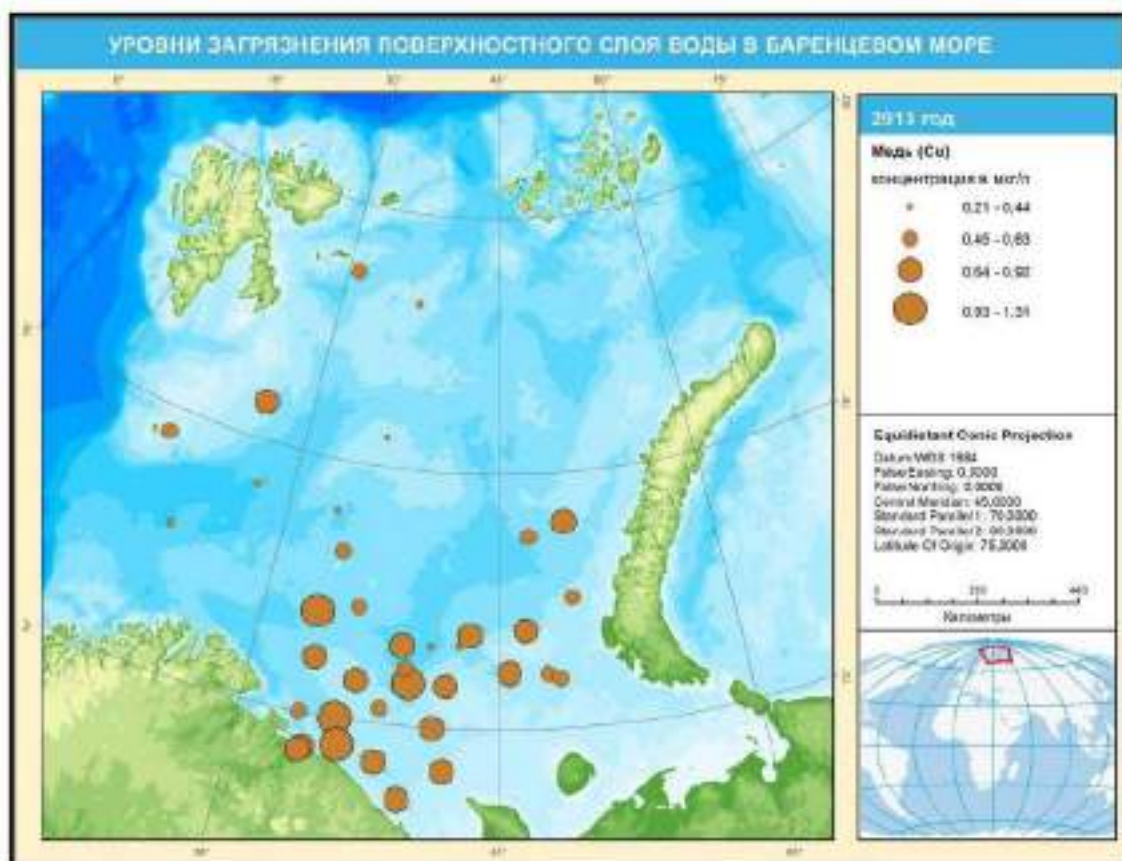


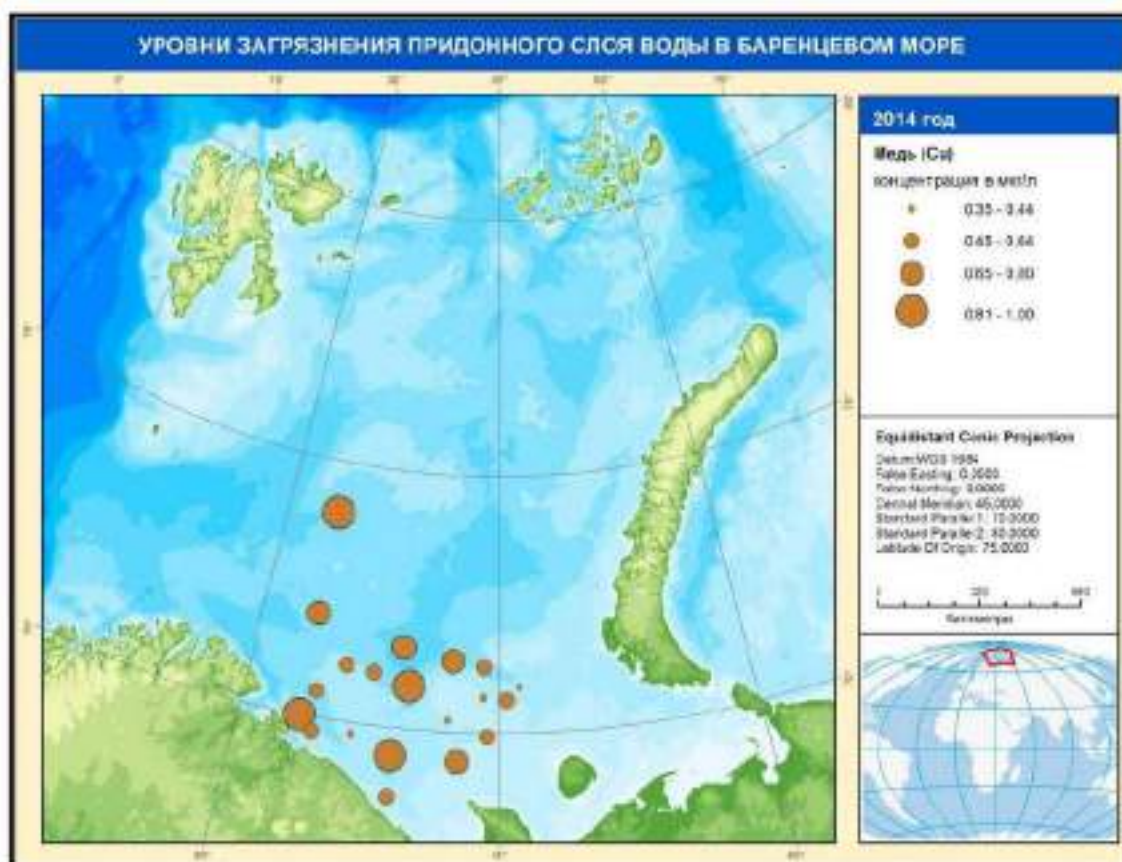
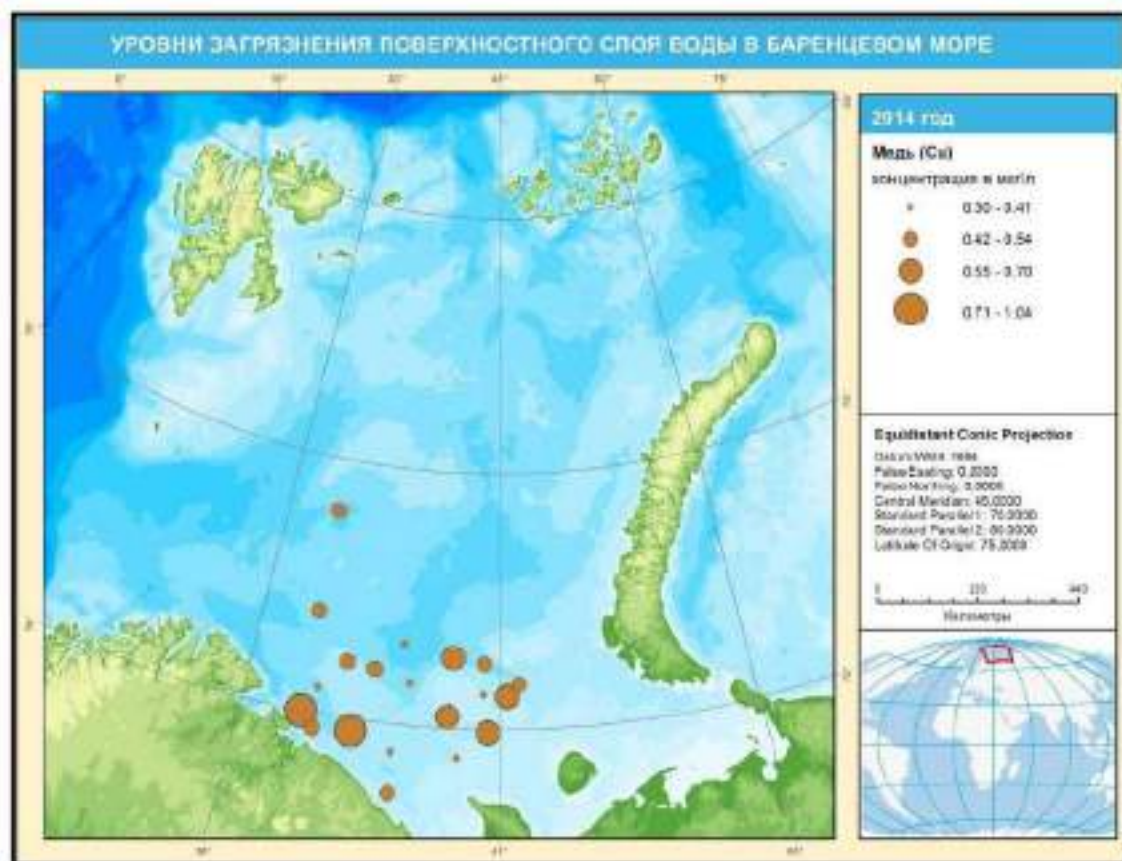


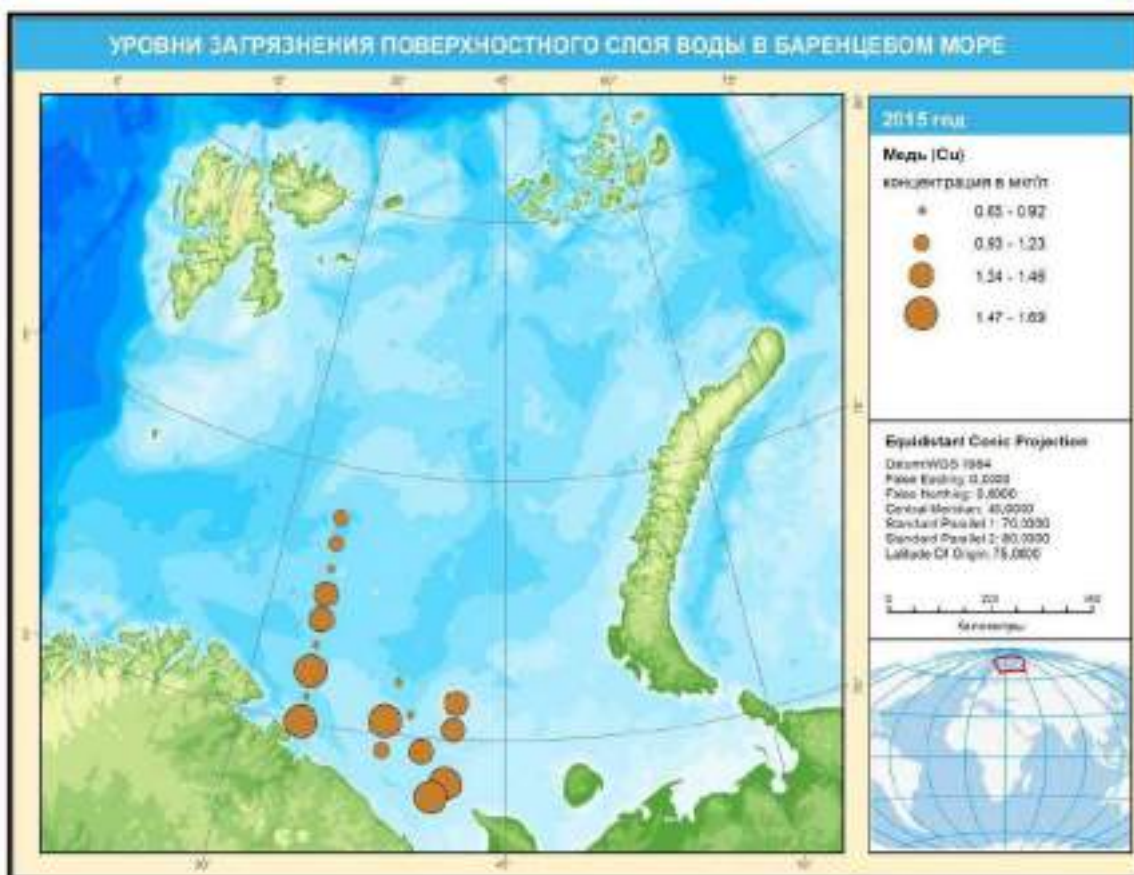


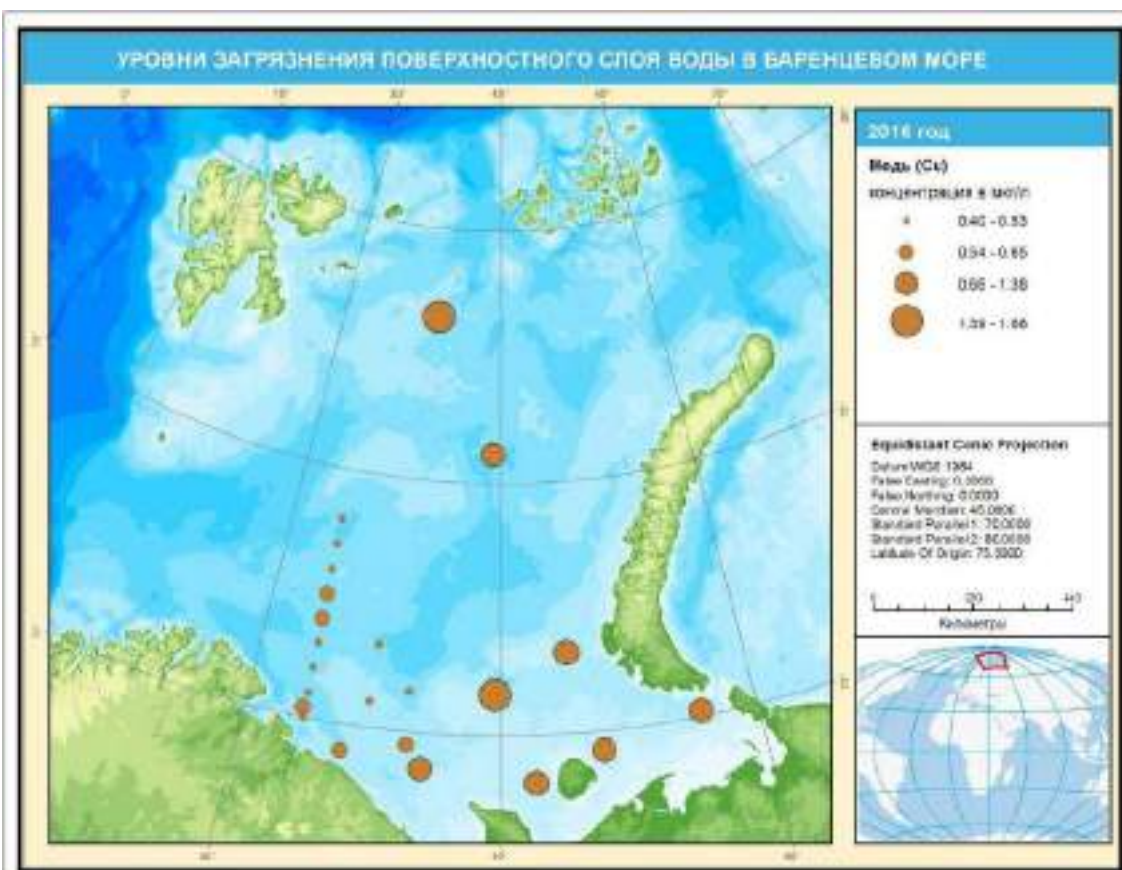


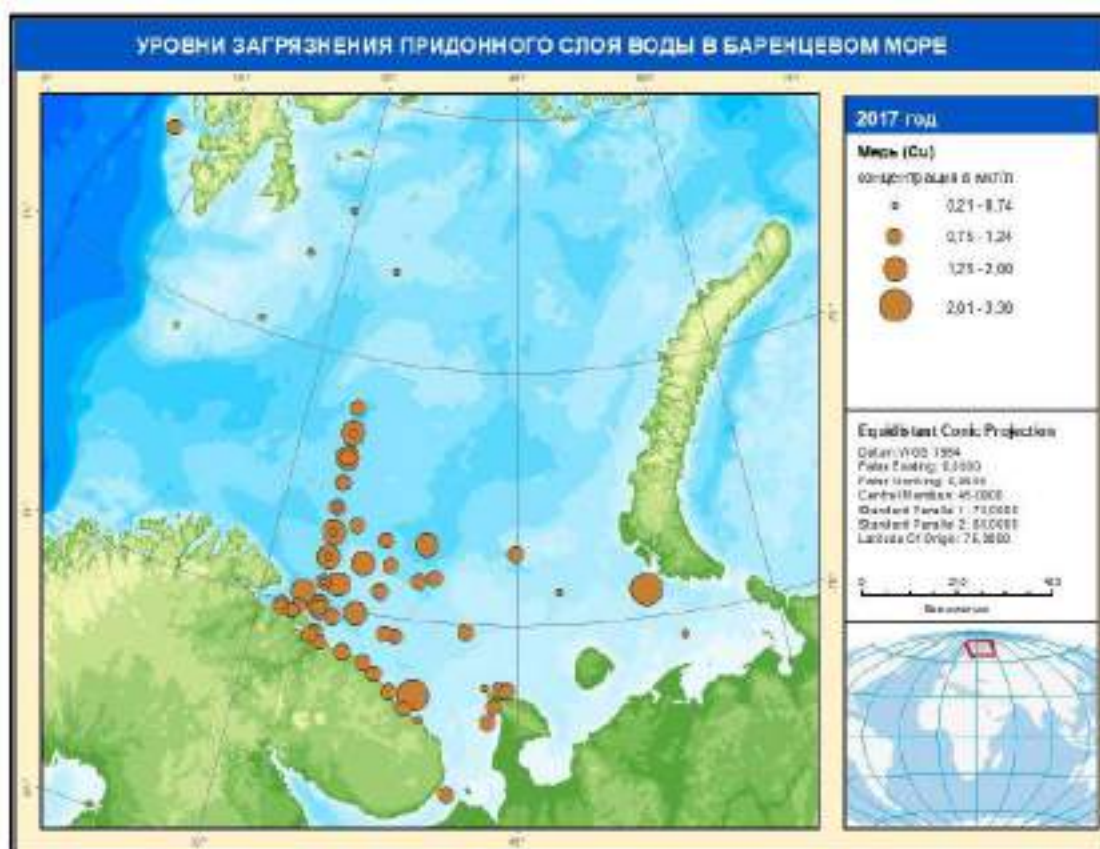
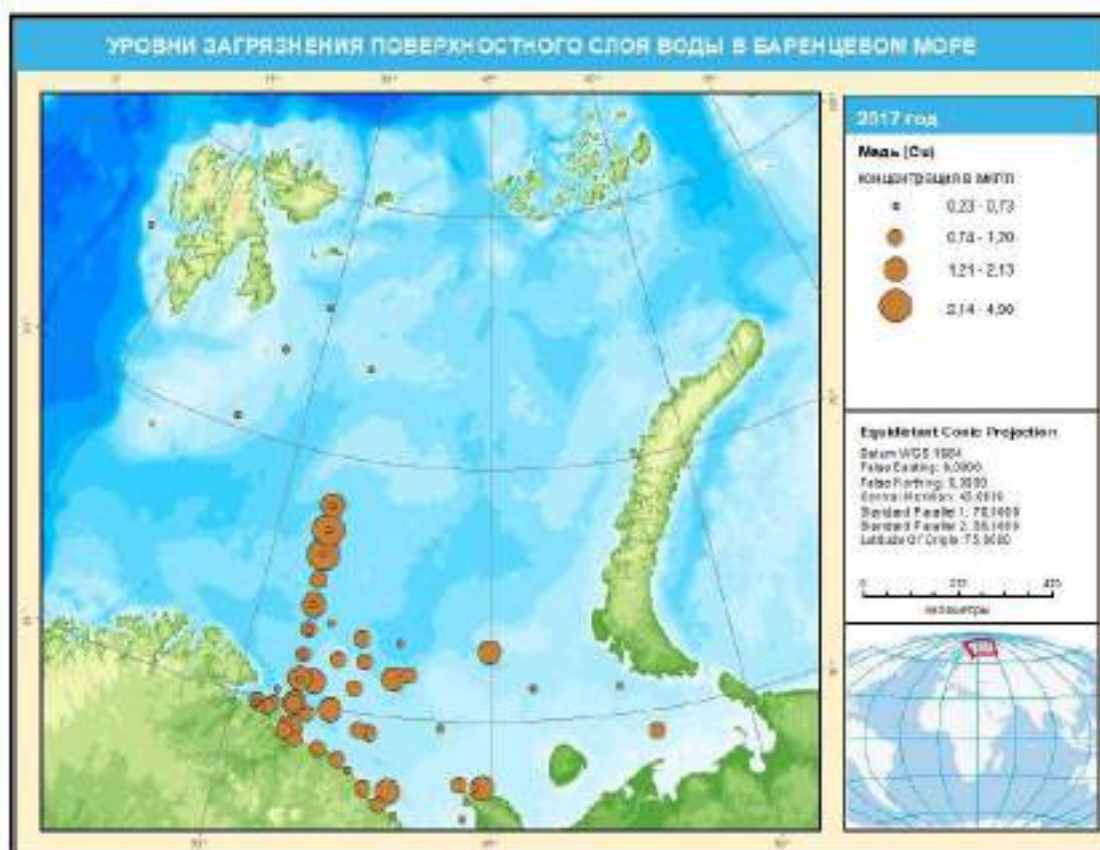


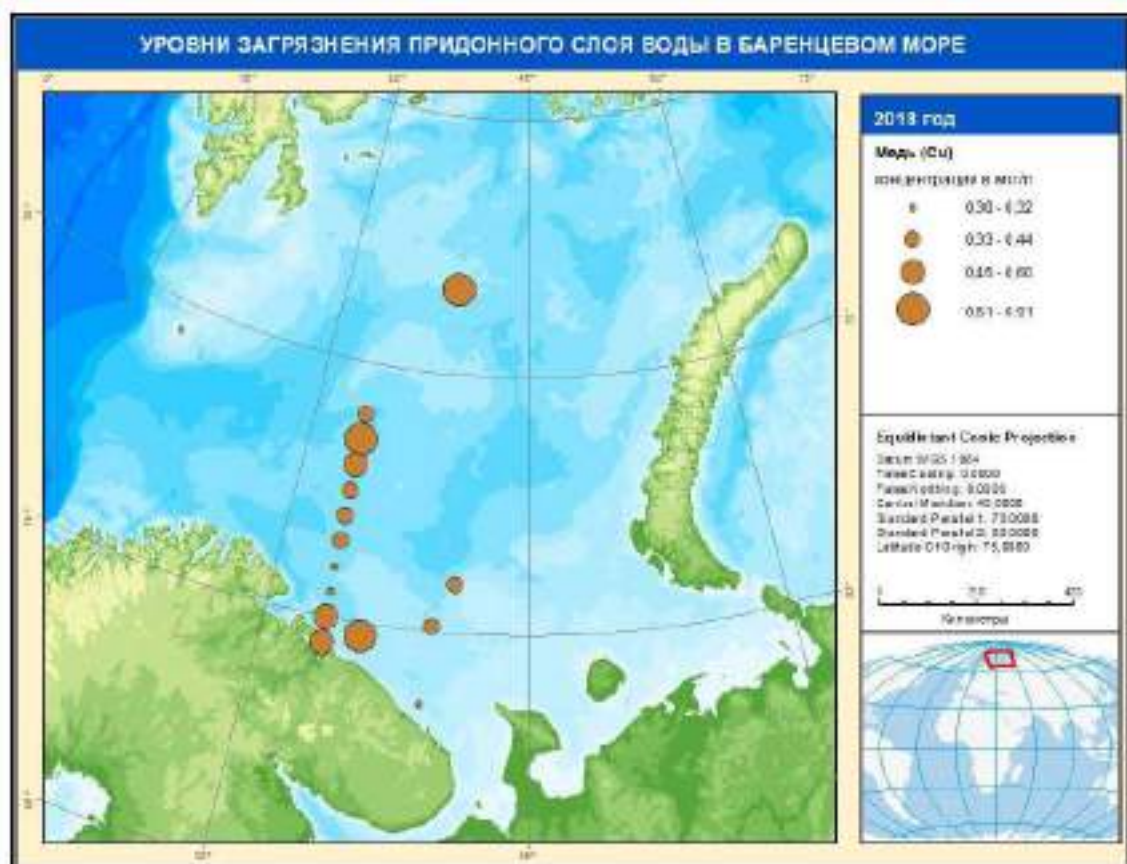
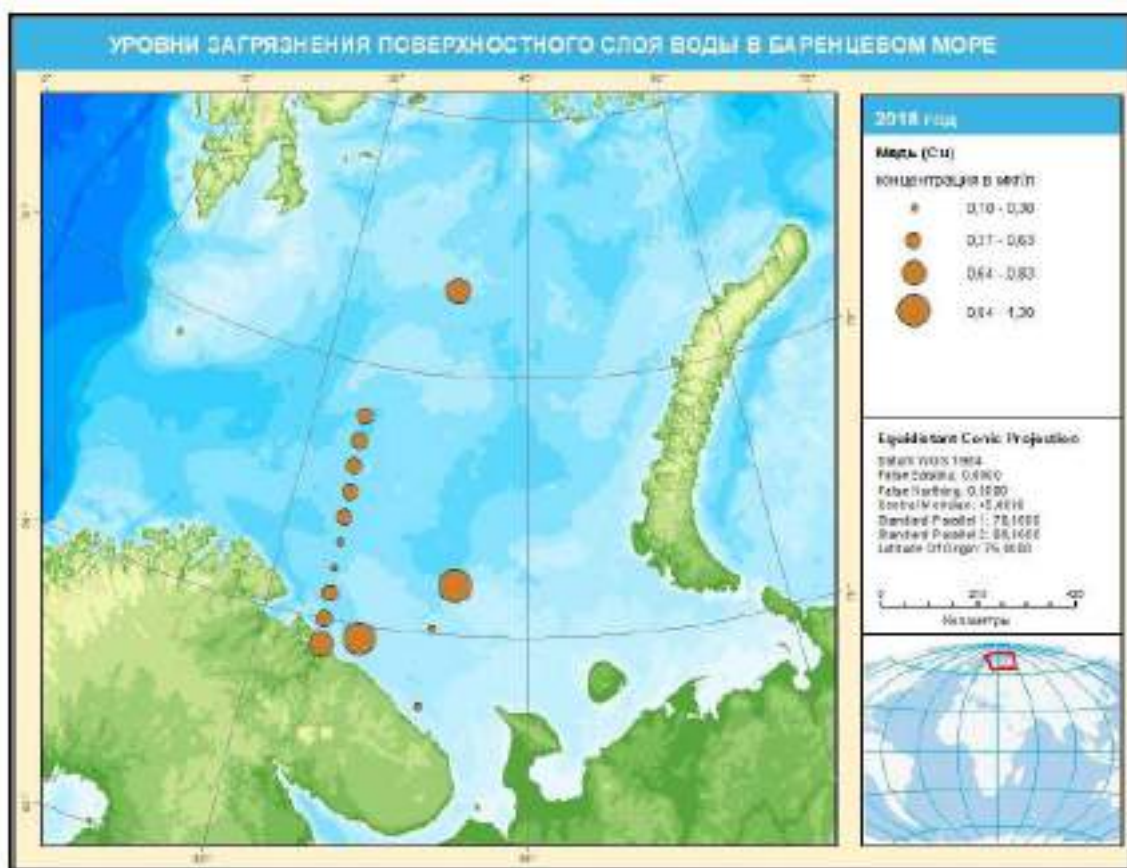












Ртуть

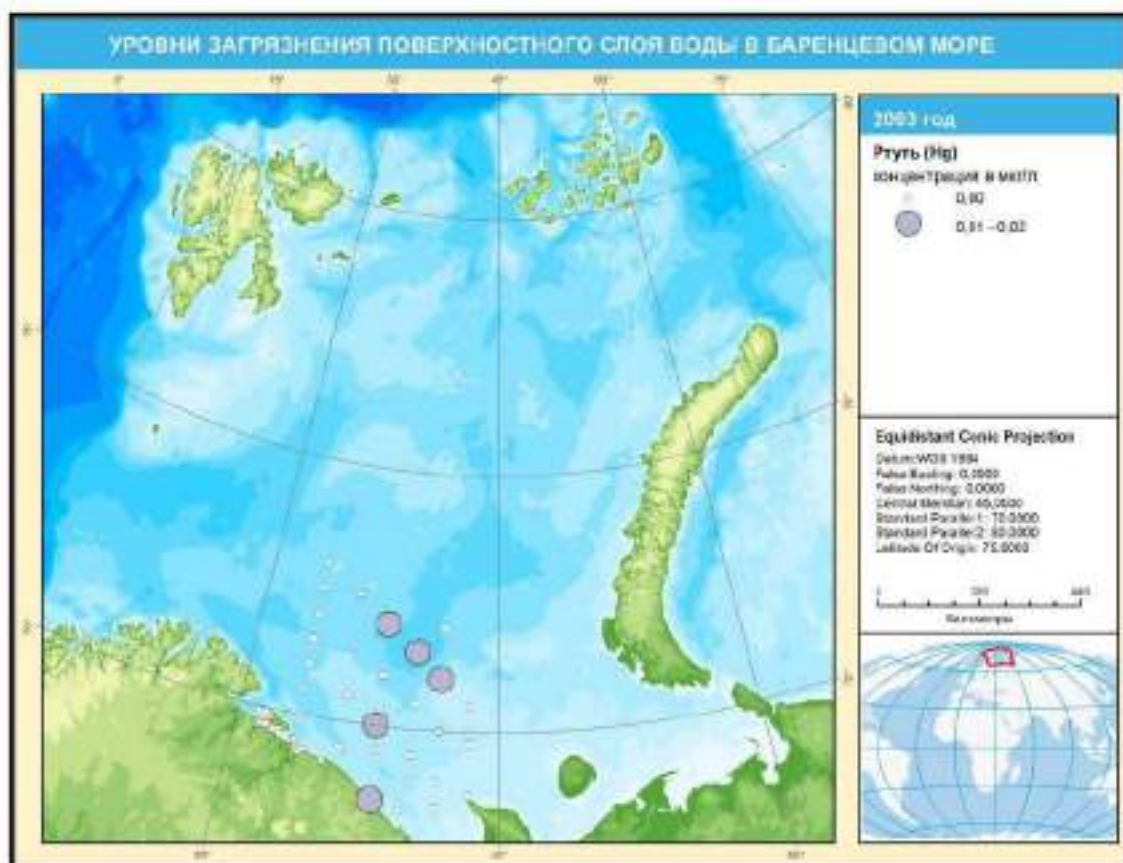
К природным источникам поступления ртути в водоемы относятся процессы выветривания горных пород, а также земная и подводная вулканическая деятельность (Химия окружающей среды, 1982). В поверхностные воды соединения ртути могут также попадать в результате выщелачивания пород в районе ртутных месторождений, в процессе разложения водных организмов, накапливающих ртуть в числе других элементов из водной среды. Значительное количество ртути попадает в водоемы со сточными водами заводов, производящих красители, химикаты, а также фармацевтические препараты и некоторые взрывчатые вещества; при использовании в сельском хозяйстве в составе инсектицидов и фунгицидов (Резников, Муликовская, Соколов, 1970; Руководство по химическому..., 1977).

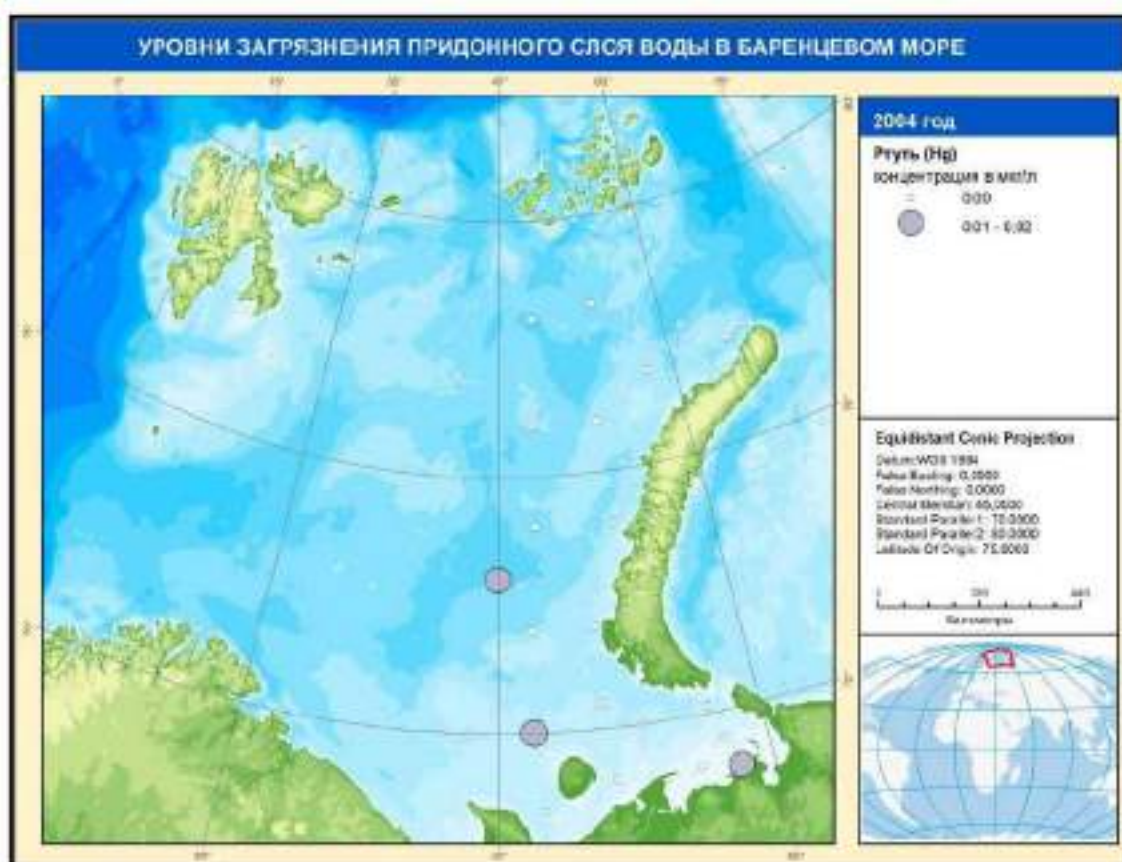
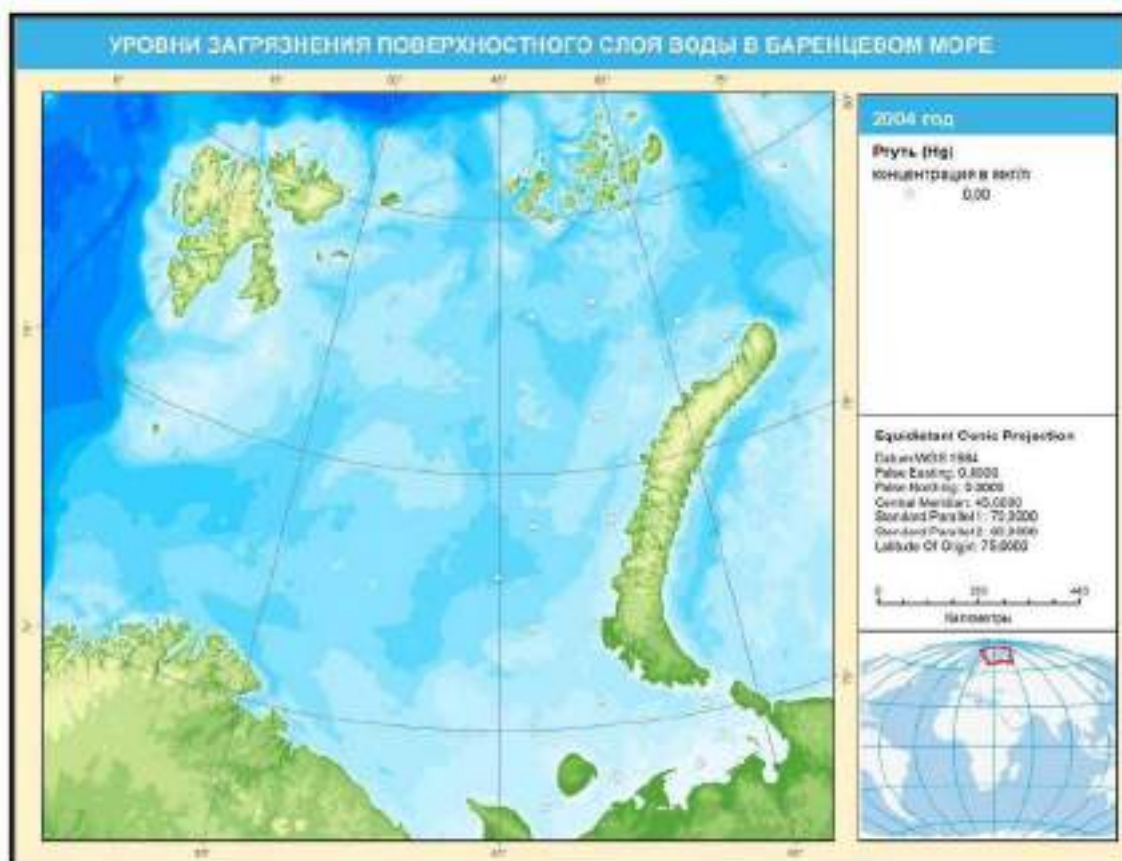
Основными антропогенными источниками ртути в природных водах являются сжигание ископаемого топлива, электротехническая промышленность и выбросы промышленных предприятий, из которых наиболее важны сбросы с хлорщелочных заводов (Израэль, Цыбань, 2009).

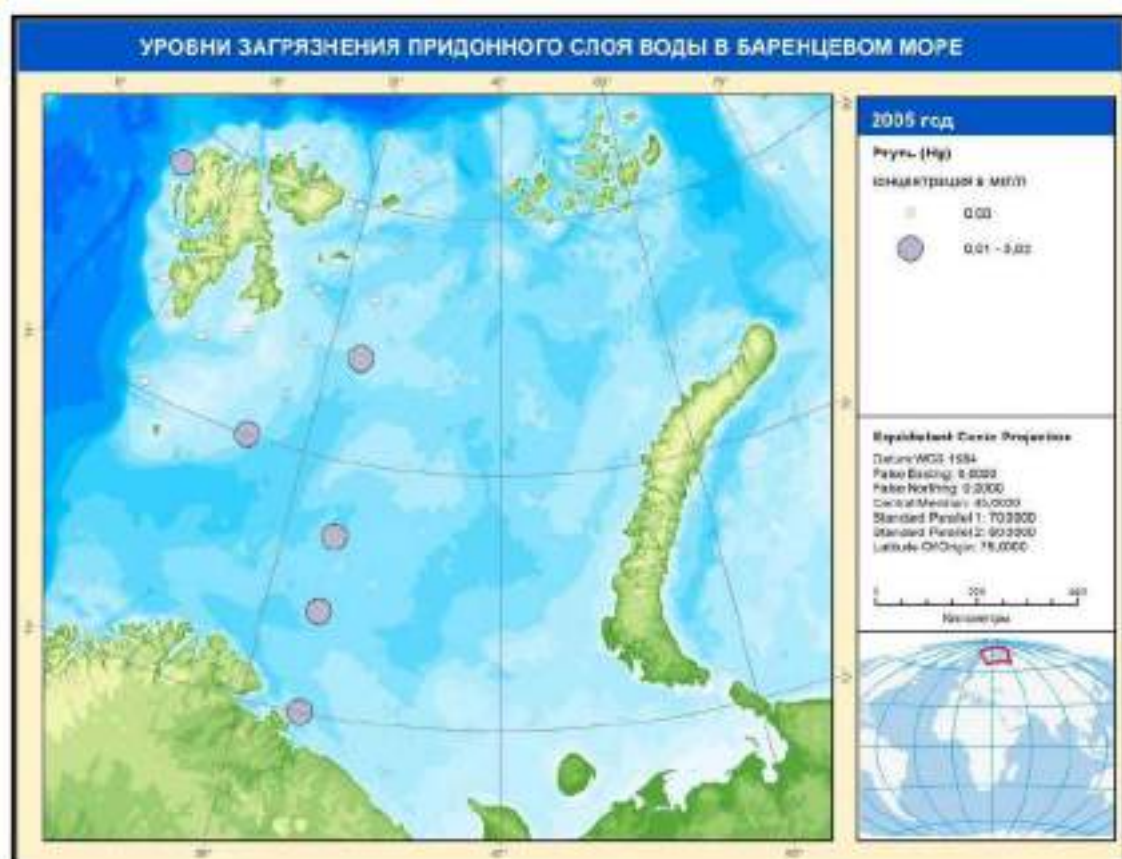
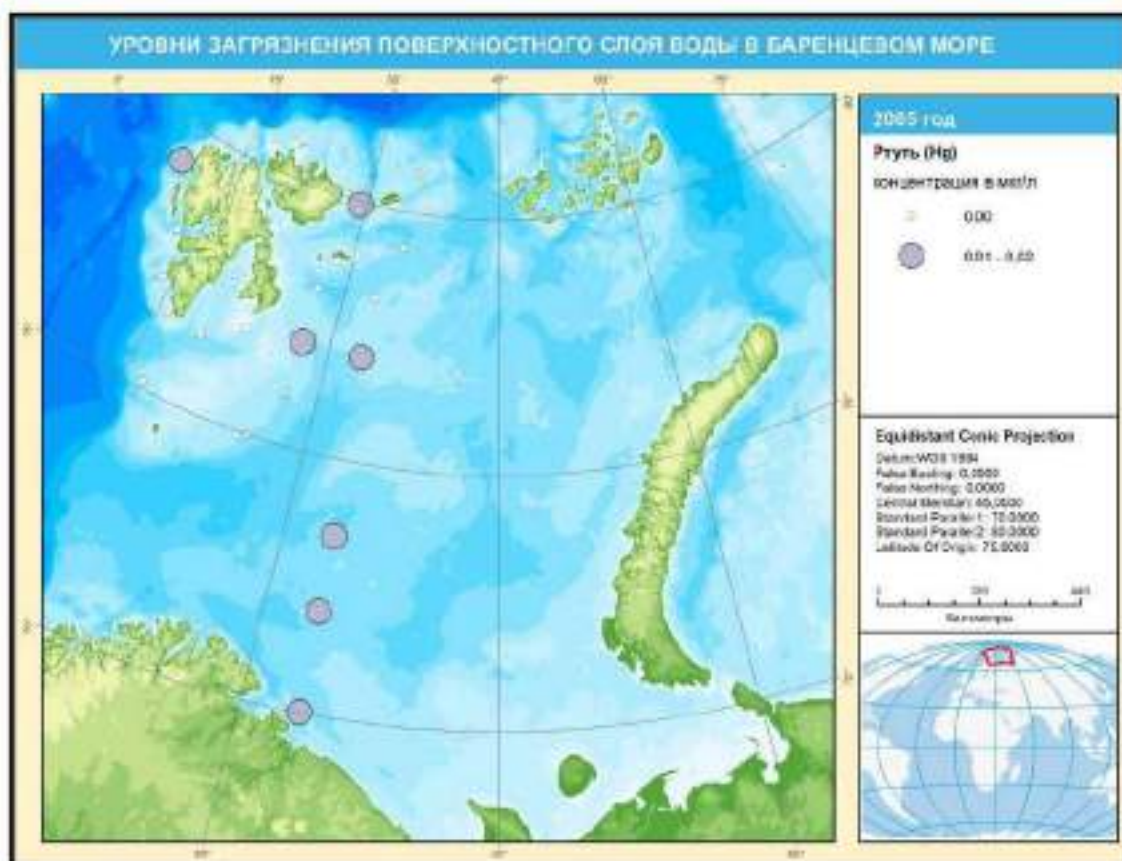
Первоначально ртуть попадает в океан в виде ионов Hg^{2+} , которые быстро взаимодействуют с органическими веществами, содержащимися в морской воде и с помощью анаэробных организмов переходят в токсичные вещества метилртуть (CH_3Hg) и диметилртуть ($\text{CH}_3\text{-Hg-CH}_3$). Так как метилртуть растворима, она быстро внедряется в организмы, живущие в водной среде (Химия окружающей среды, 1982).

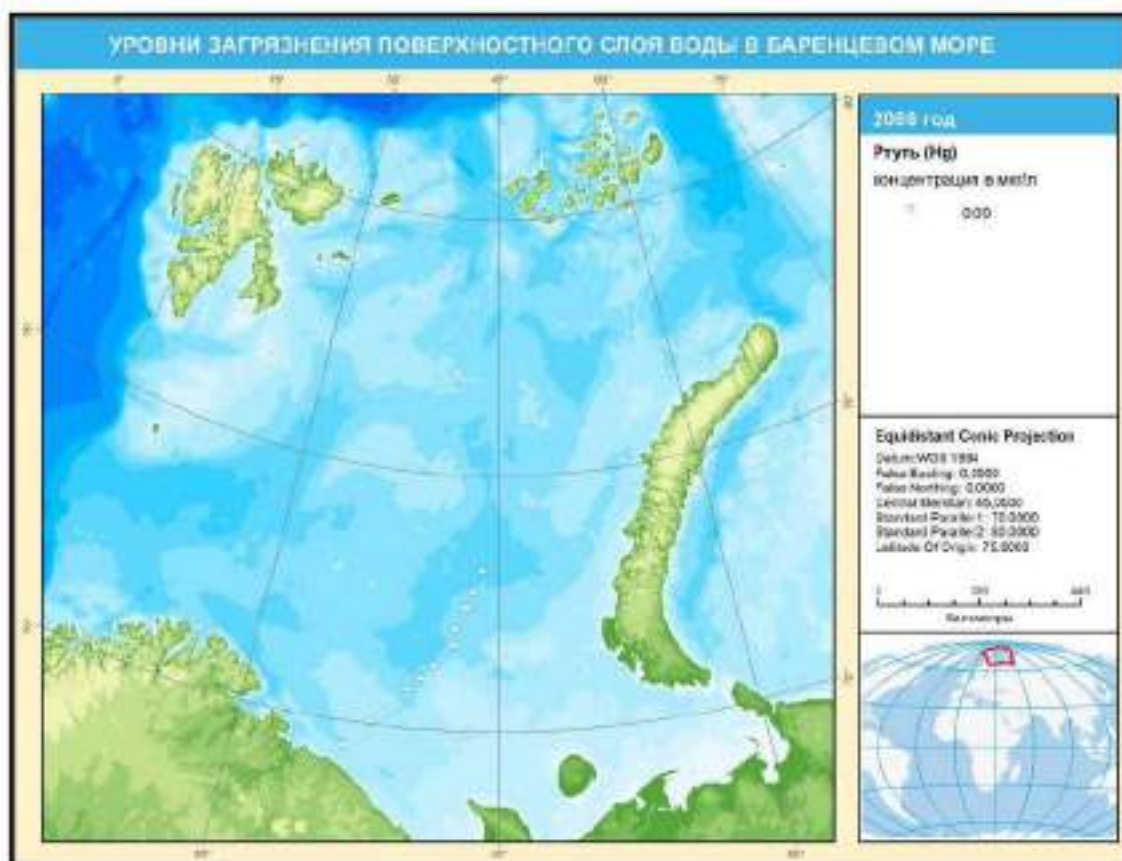
Хотя природные источники вносят основной вклад в загрязнение окружающей среды, доля ртути, попадающая в окружающую среду в результате антропогенной деятельности, значительно увеличивается. Ртуть характеризуется малым временем пребывания в воде и быстро переходит в отложения в виде соединений с органическими веществами. Поскольку ртуть адсорбируется отложениями, она может медленно освобождаться и растворяться в воде, что приводит к образованию вторичных источников хронического загрязнения, действующего длительное время после того, как исчезнет первоначальный источник загрязнения (Химия окружающей среды, 1982). Поступая в атмосферу с промышленными выбросами, в результате сгорания топлива различных видов, с пылью, поднятой ветром, продуктами вулканической деятельности, ртуть переносится воздушными потоками на большие расстояния и оседает на поверхности Земли в виде частиц или с атмосферными осадками. Поэтому основным фактором, определяющим степень антропогенного воздействия ртути на арктические регионы, является глобальный атмосферный перенос и выпадение на подстилающую поверхность (Диагностический анализ состояния..., 2011).

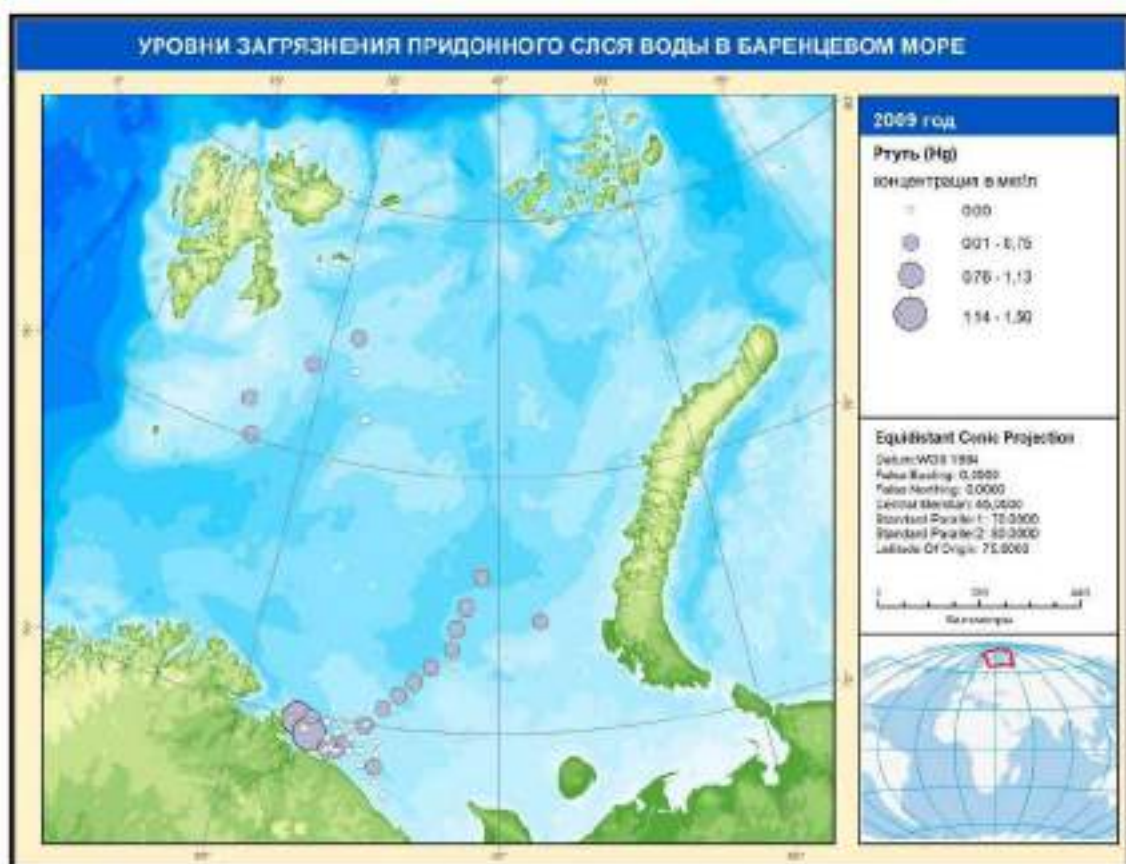
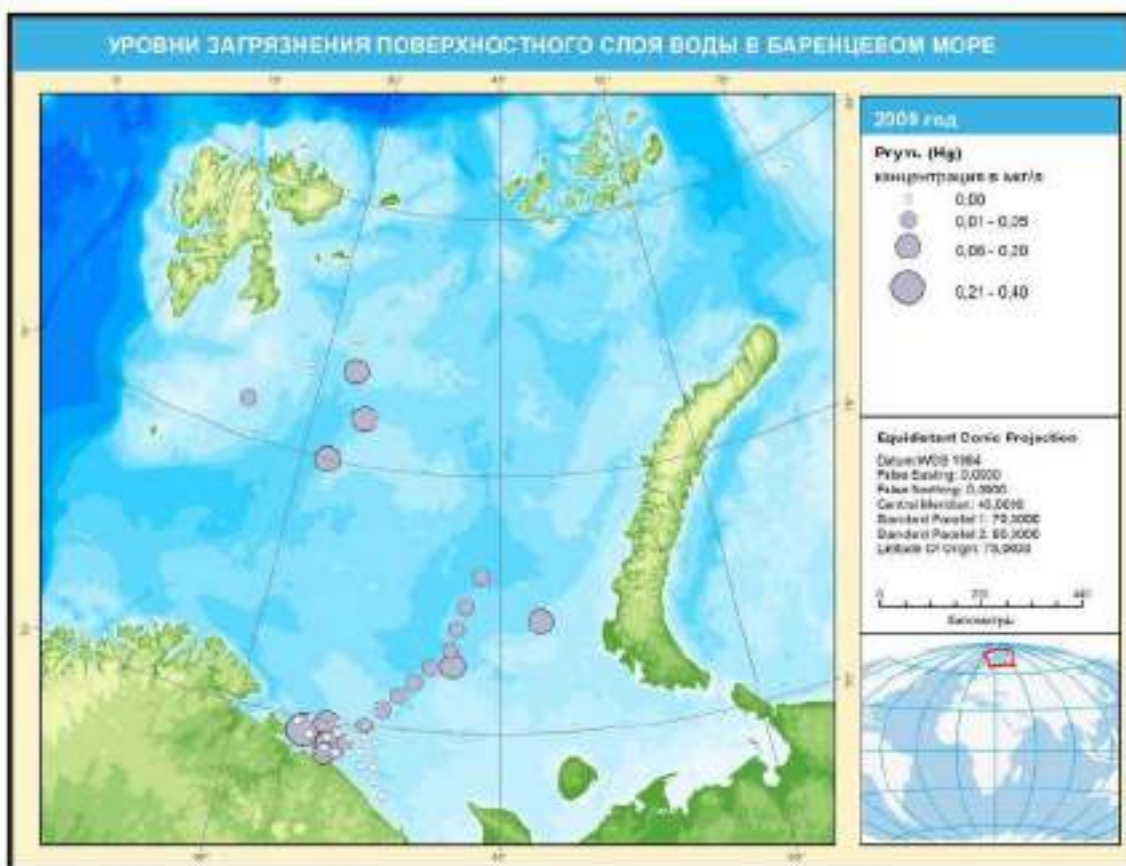
Ниже приводятся карты содержания ртути (Hg) в: 2003, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг.

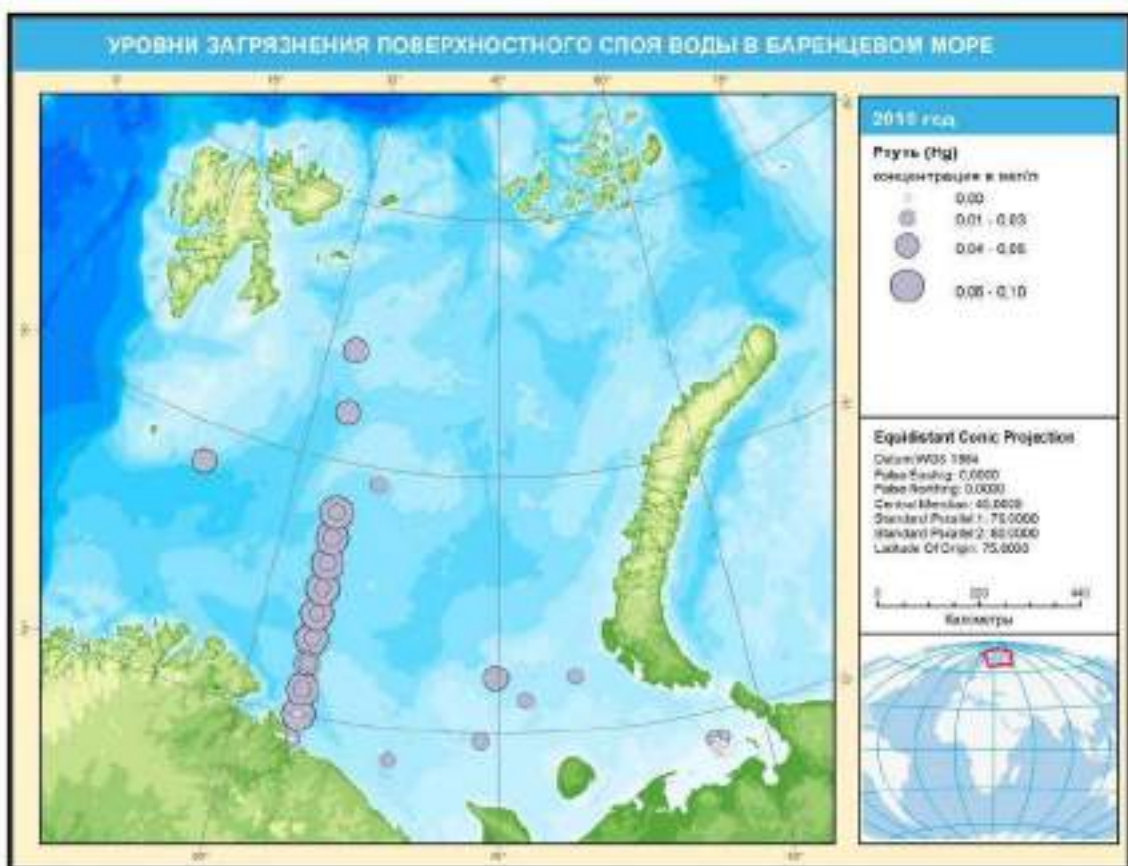


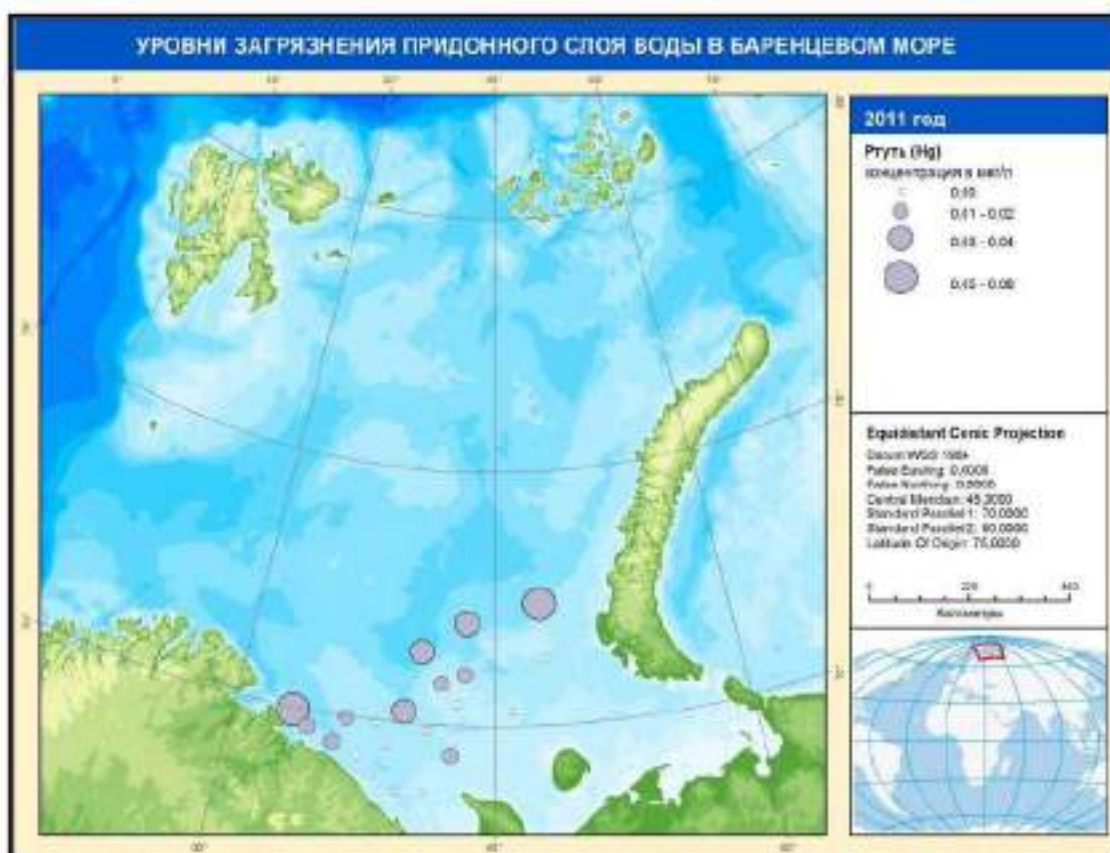
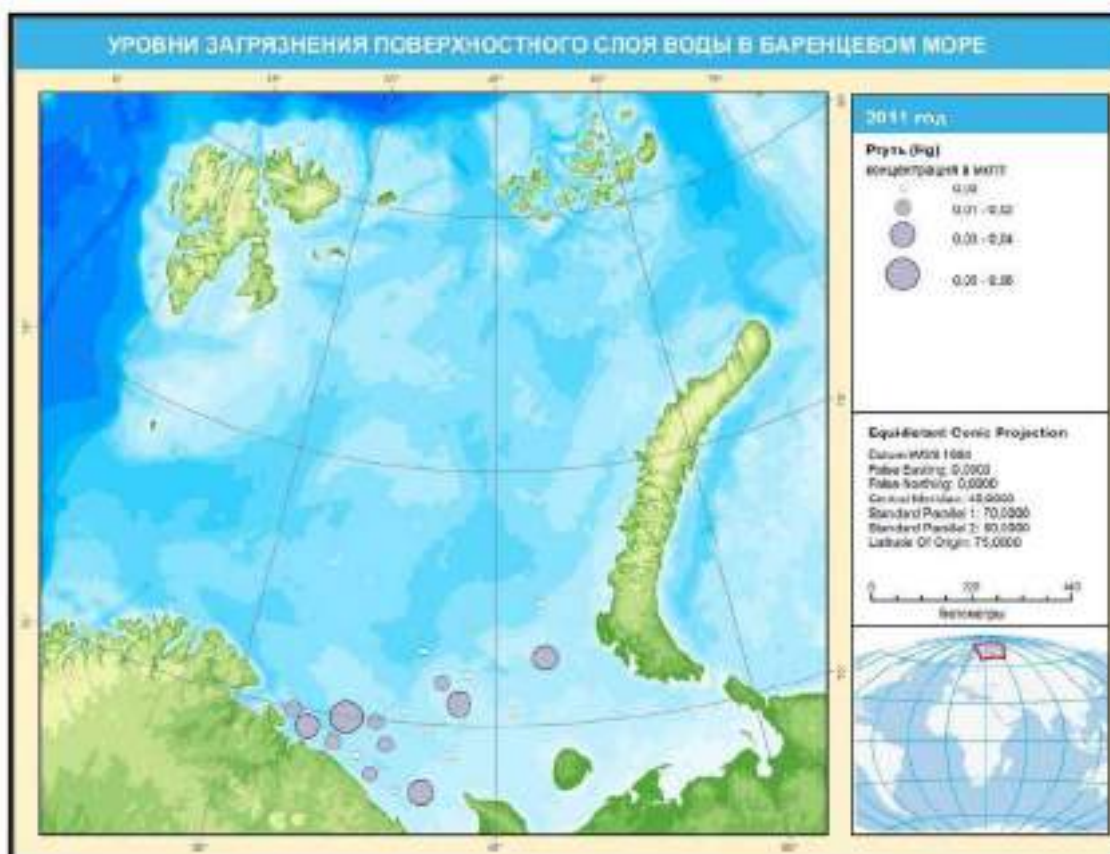


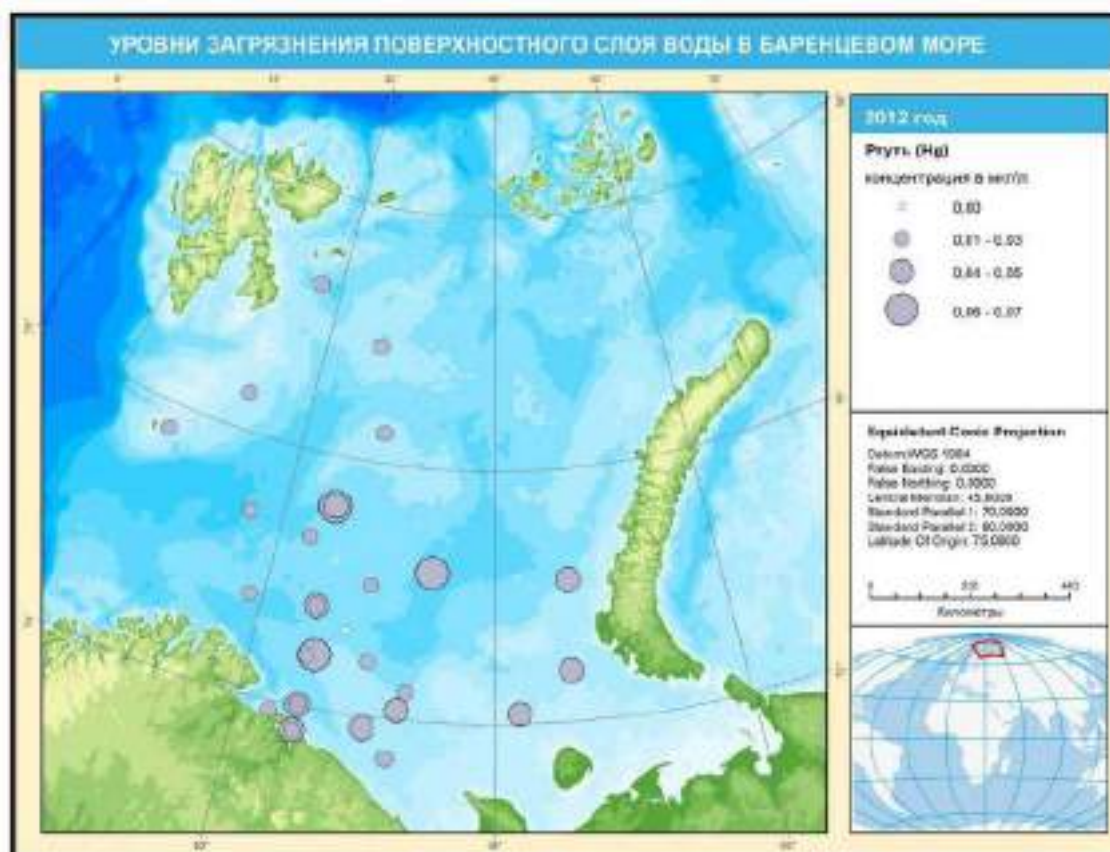












УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ВОДЫ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ



2013 год

Ртуть (Hg)

концентрация в мкг/л

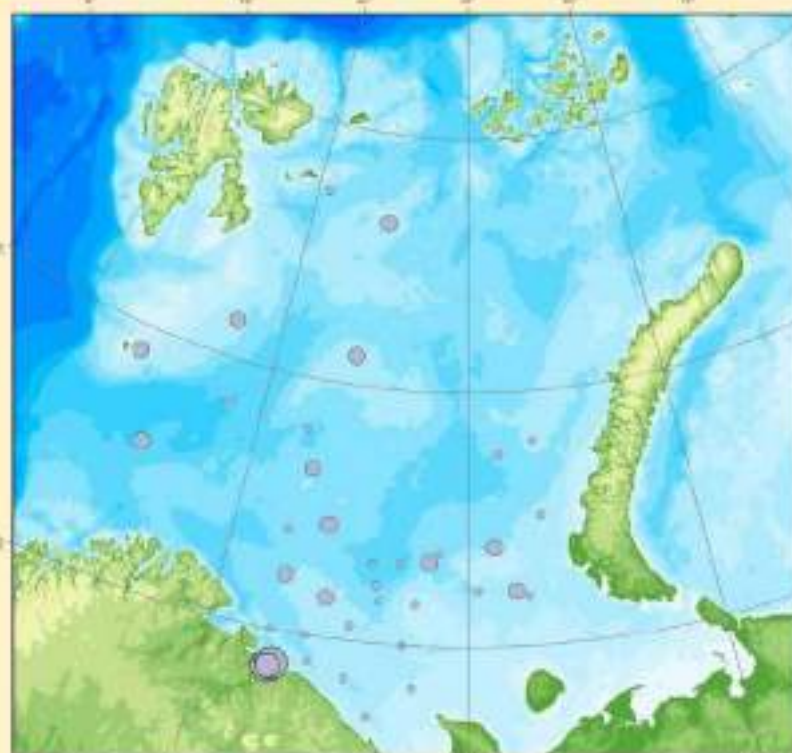


Equidistant Conic Projection

Datum: WGS 1984
False Easting: 0.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: 45.0000
Standard Parallel 1: 70.0000
Standard Parallel 2: 90.0000
Latitude Of Origin: 75.0000



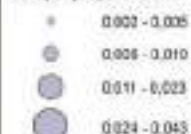
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИДОННОГО СЛОЯ ВОДЫ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ



2013 год

Ртуть (Hg)

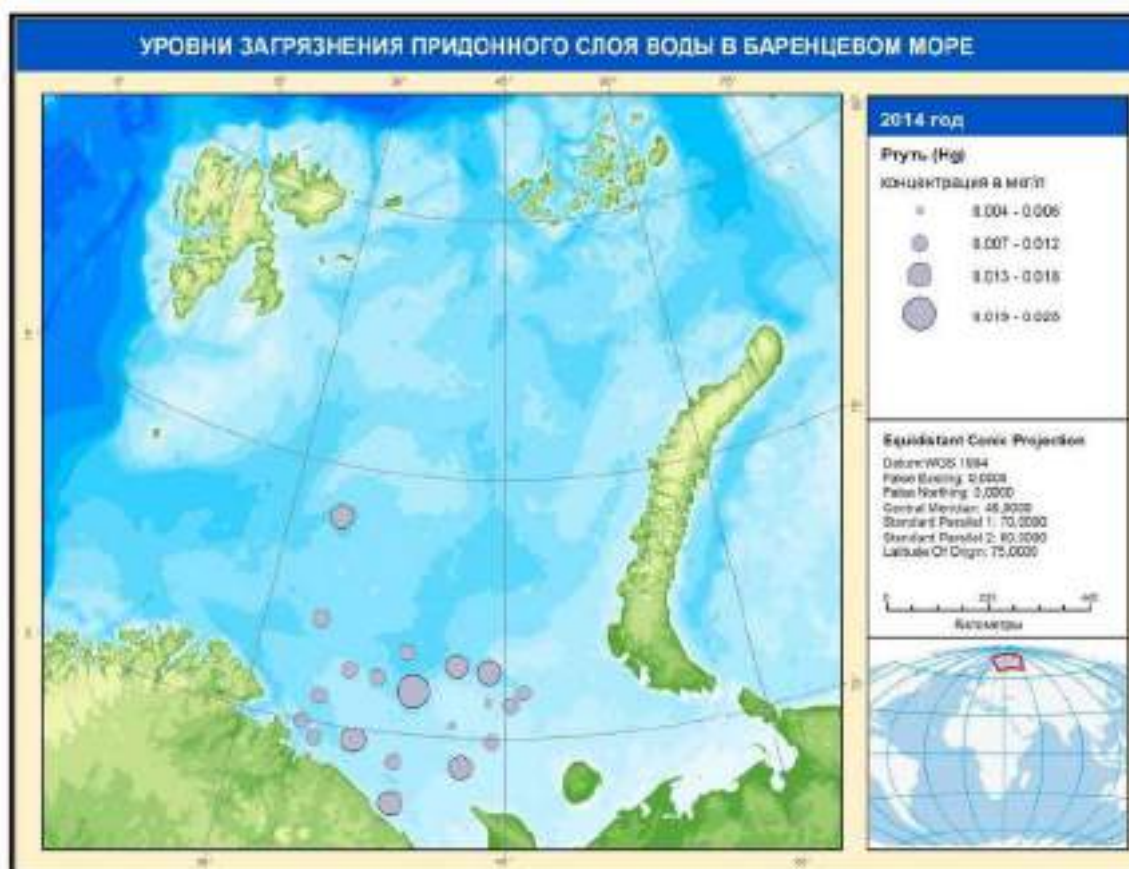
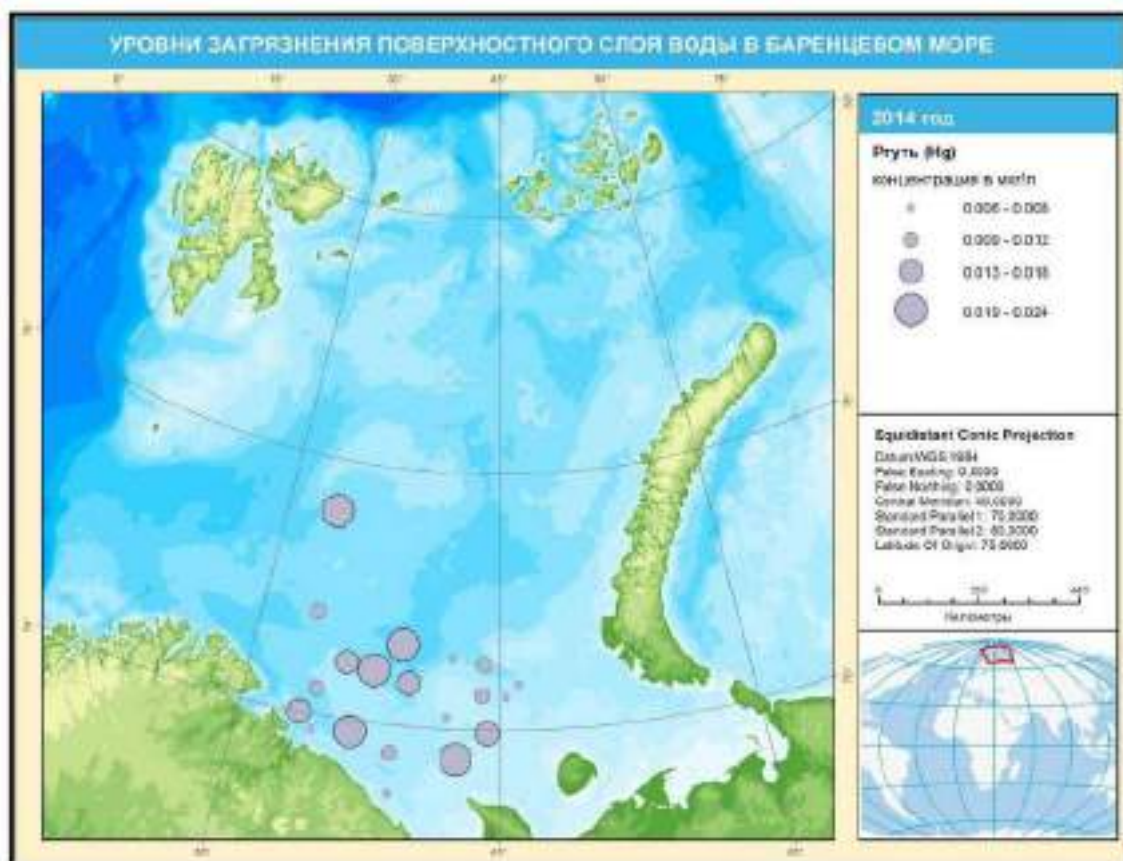
концентрация в мкг/л

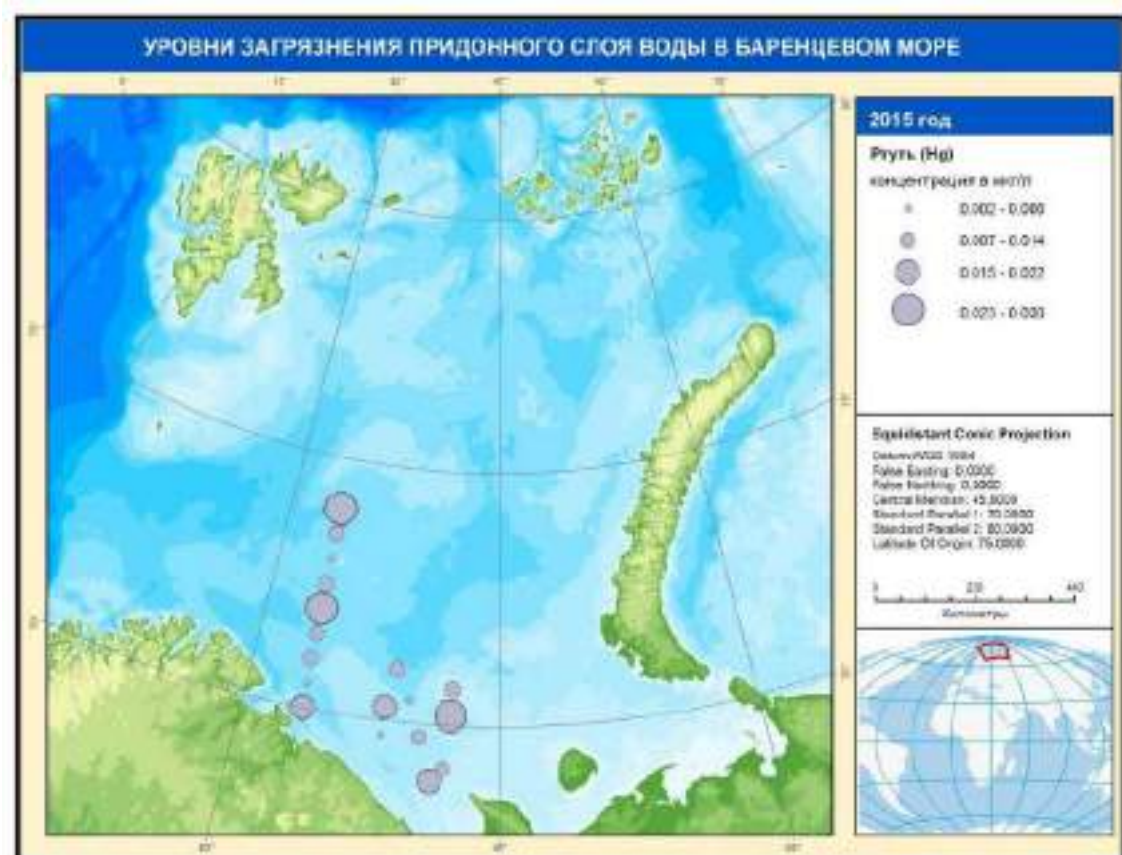
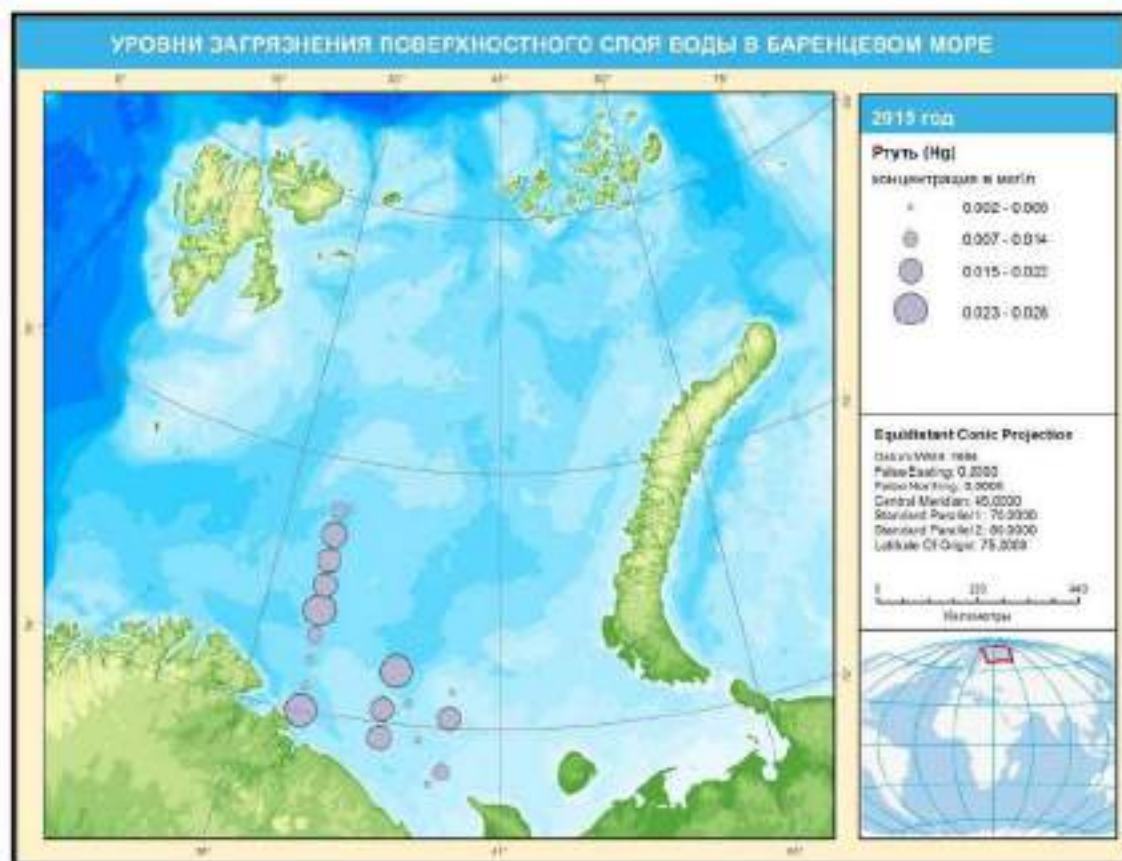


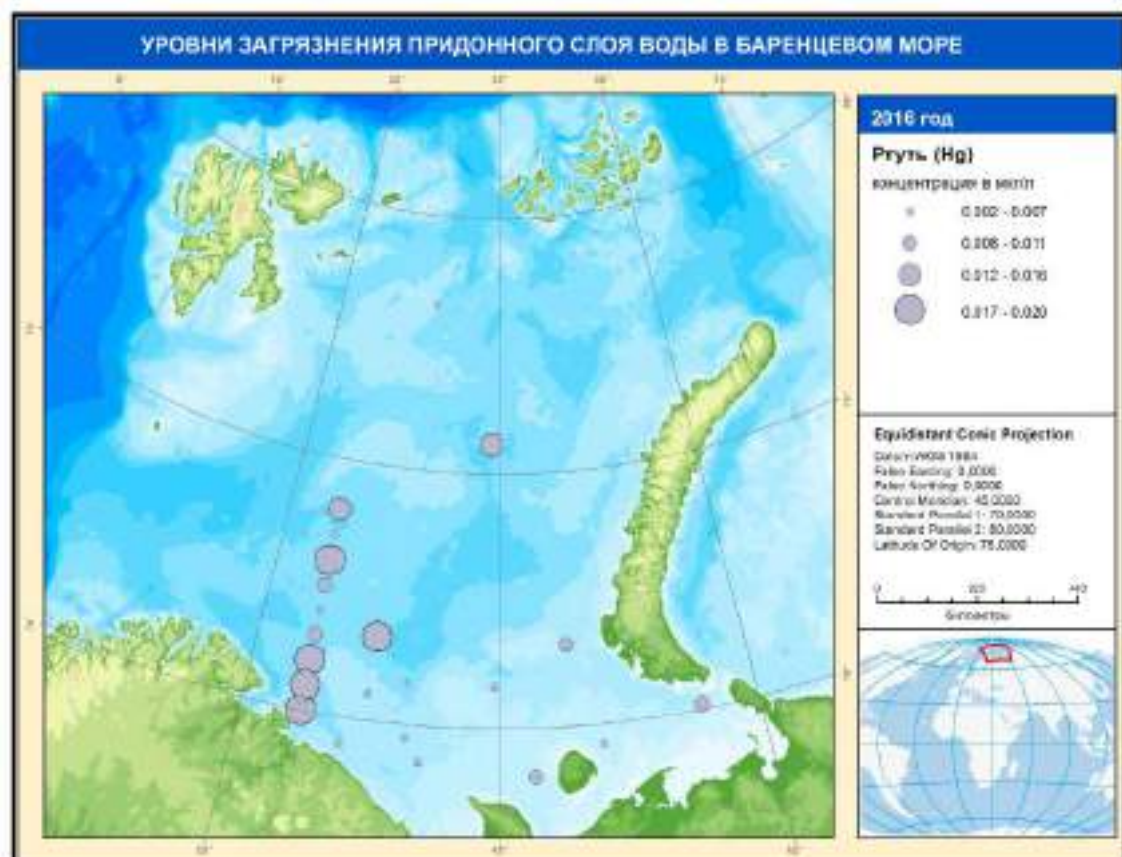
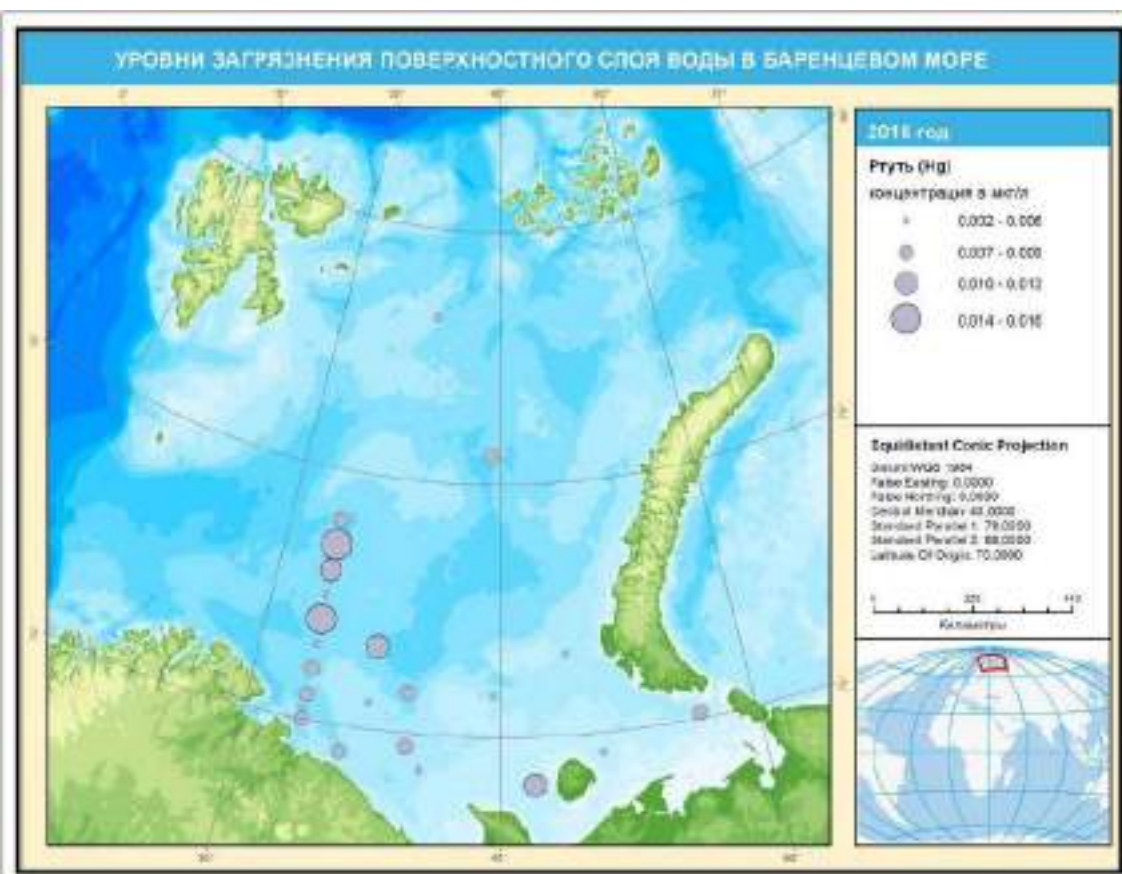
Equidistant Conic Projection

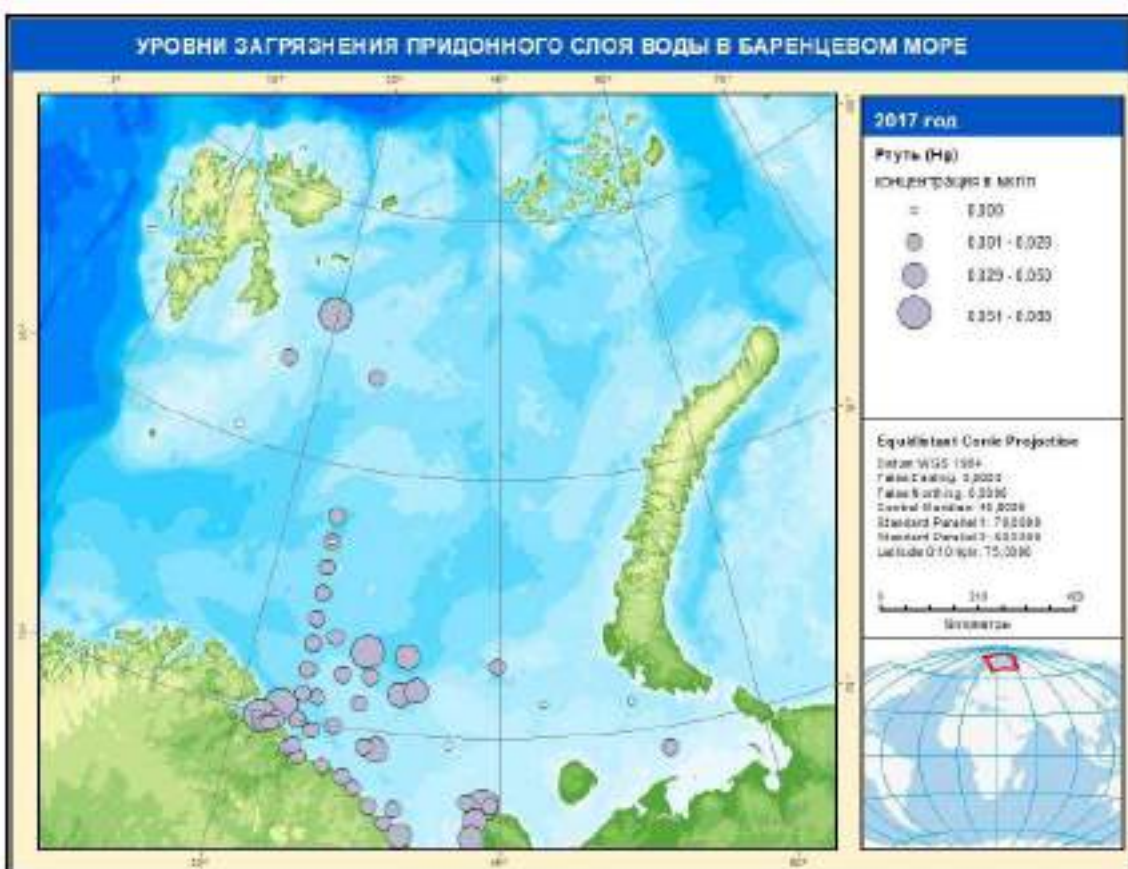
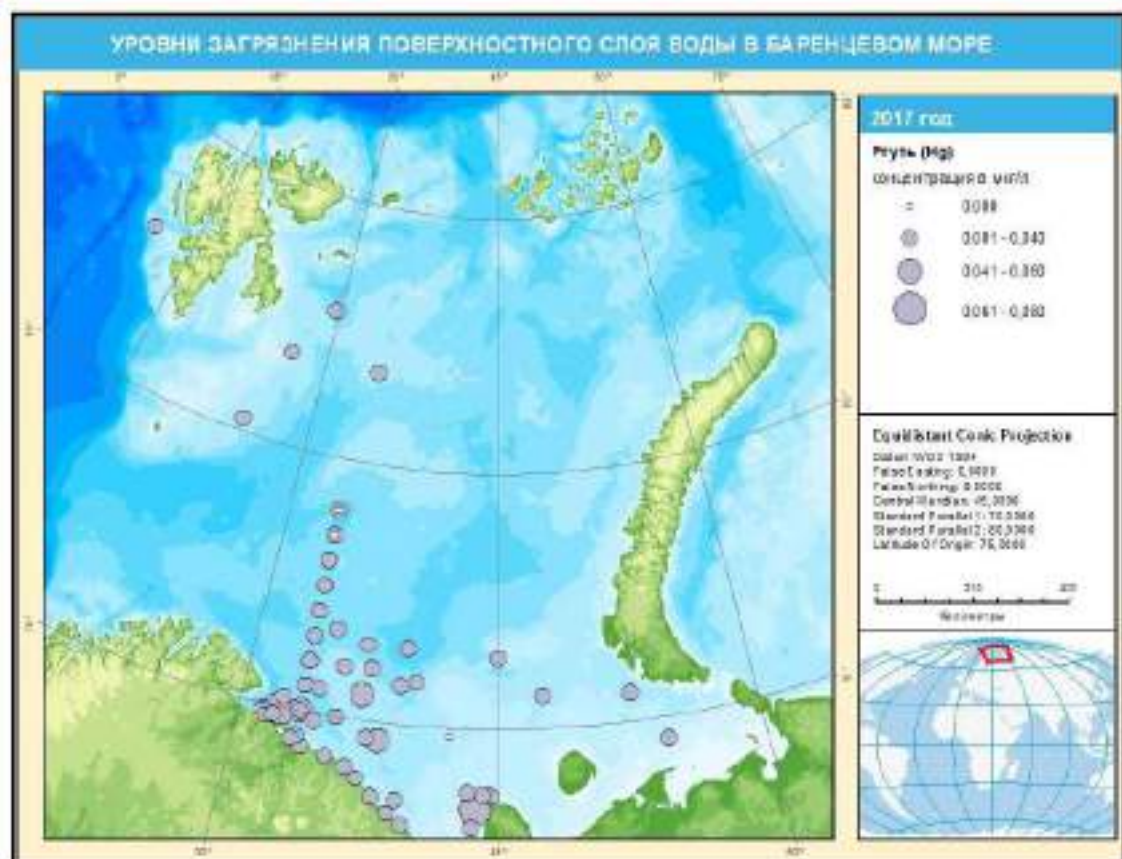
Datum: WGS 1984
False Easting: 0.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: 45.0000
Standard Parallel 1: 70.0000
Standard Parallel 2: 90.0000
Latitude Of Origin: 75.0000

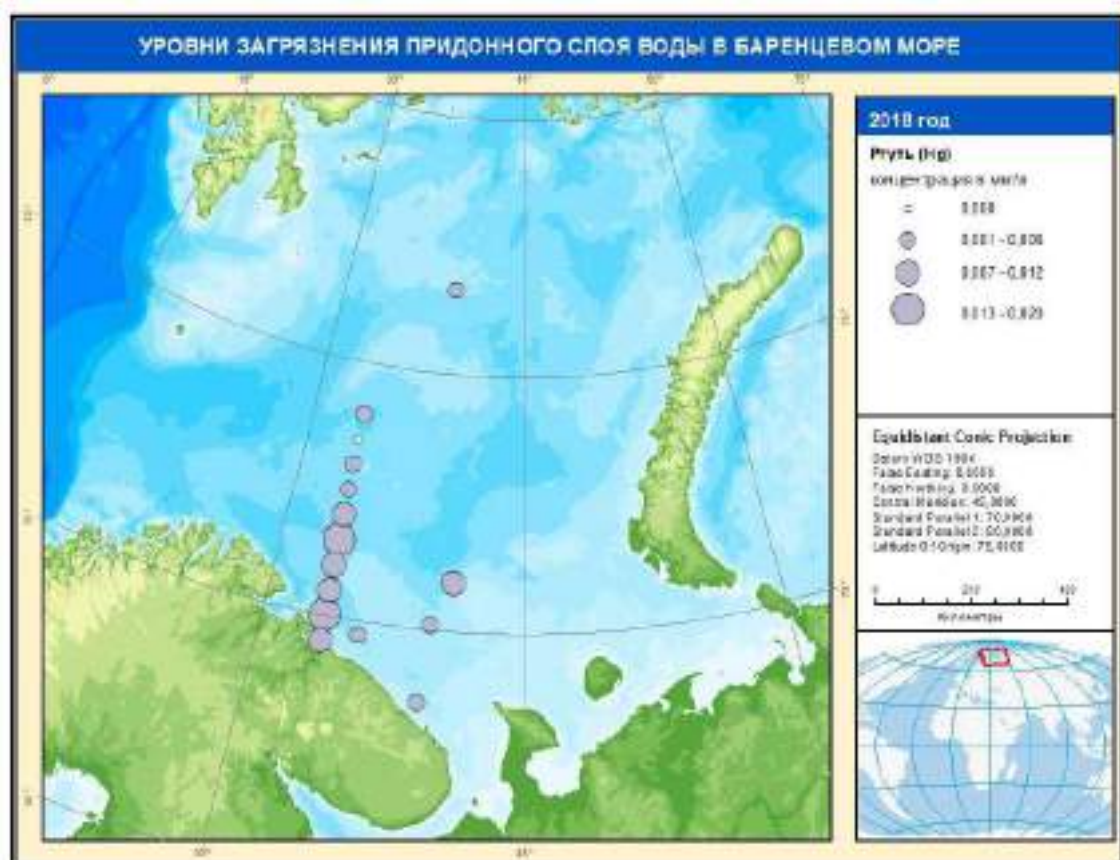
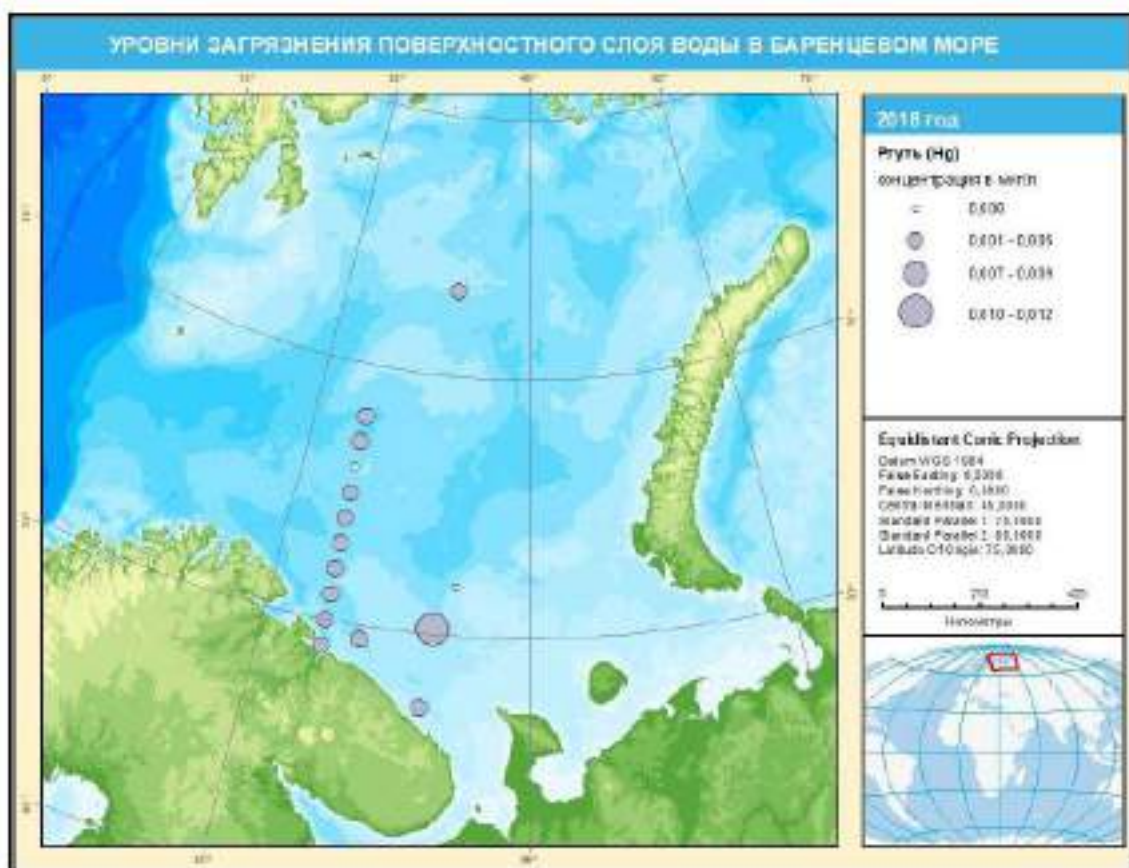












Никель

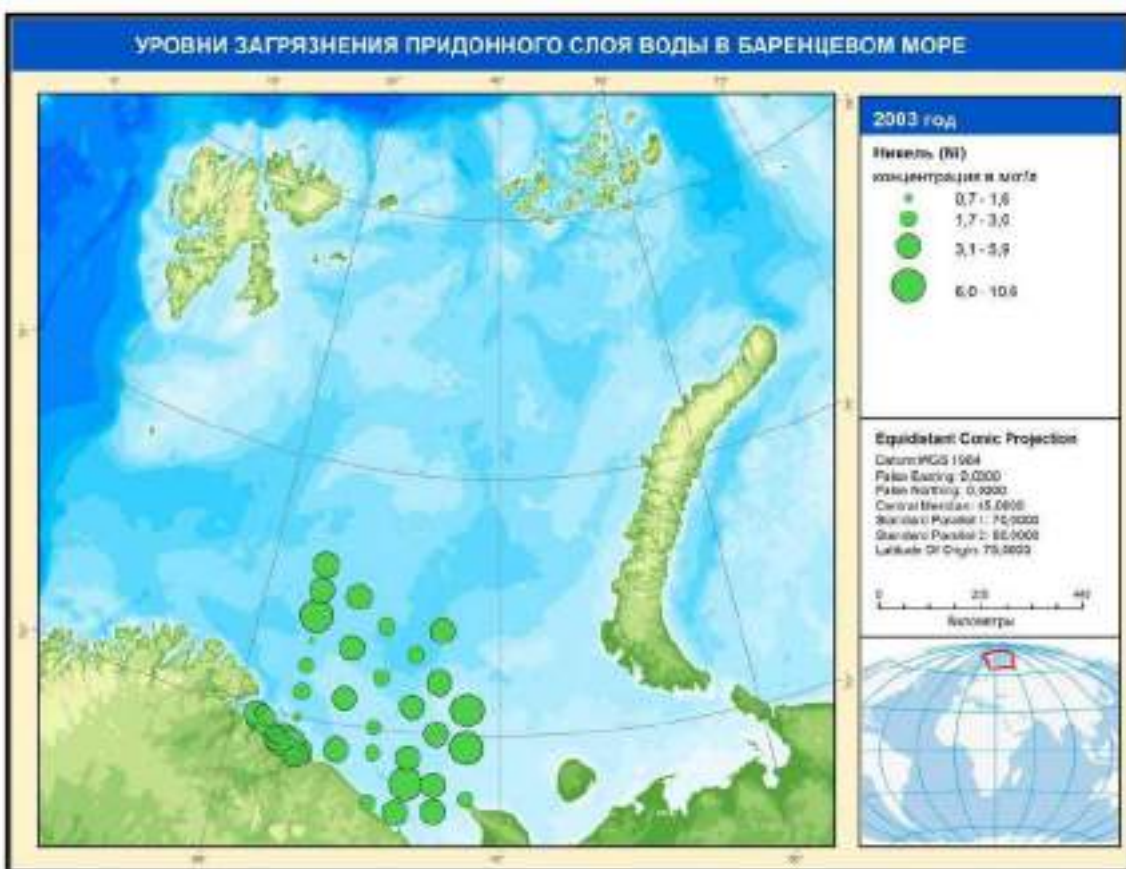
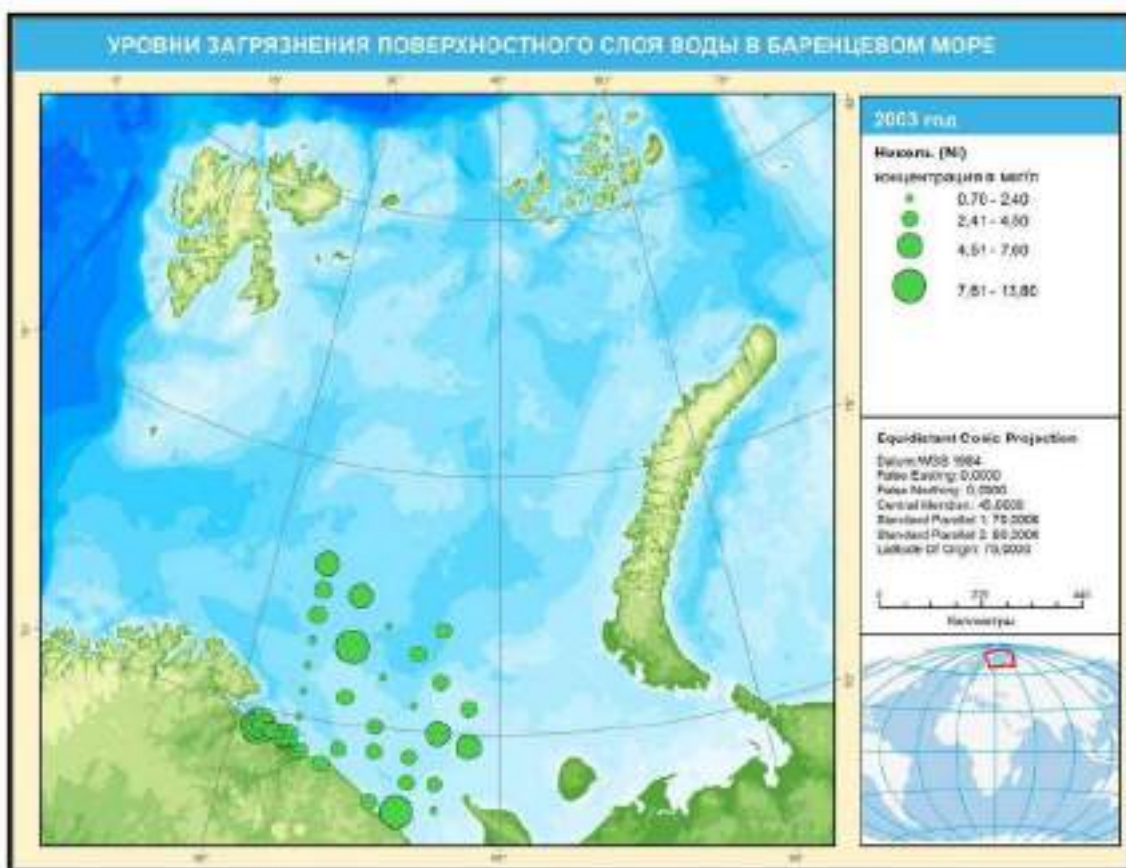
Никель является одним из распространенных компонентов, постоянно присутствующих в природных водах. Нахождение никеля в природной воде обусловлено составом слоев, через которые проходит вода. Например, он обнаруживается в водах рек и озер в местах залегания никельсодержащих горных пород, сульфитных месторождений (Лурье, Рыбникова, 1974). В природные воды никель может попадать из почв, а также в результате разложения растительных и животных организмов, присутствующих в водоемах. В синезеленых водорослях обнаружено повышенное по сравнению с другими типами водорослей содержание никеля (Микроэлементы в СССР, 1974). Эродированные почвенные частицы (эоловый перенос) поставляют до 77 % от общего количества никеля, вулканические частицы – до 15 %. Известно также, что тяжелая нефть часто обогащена металлами-примесями, в том числе никелем. В тяжелой нефти содержание ванадия и никеля сопоставимо с его концентрацией в рудах. Так, среднебассейновое содержание никеля в тяжелой нефти Тимано-Печорской провинции составляет, например, 0,031 % (Яценко, 2011).

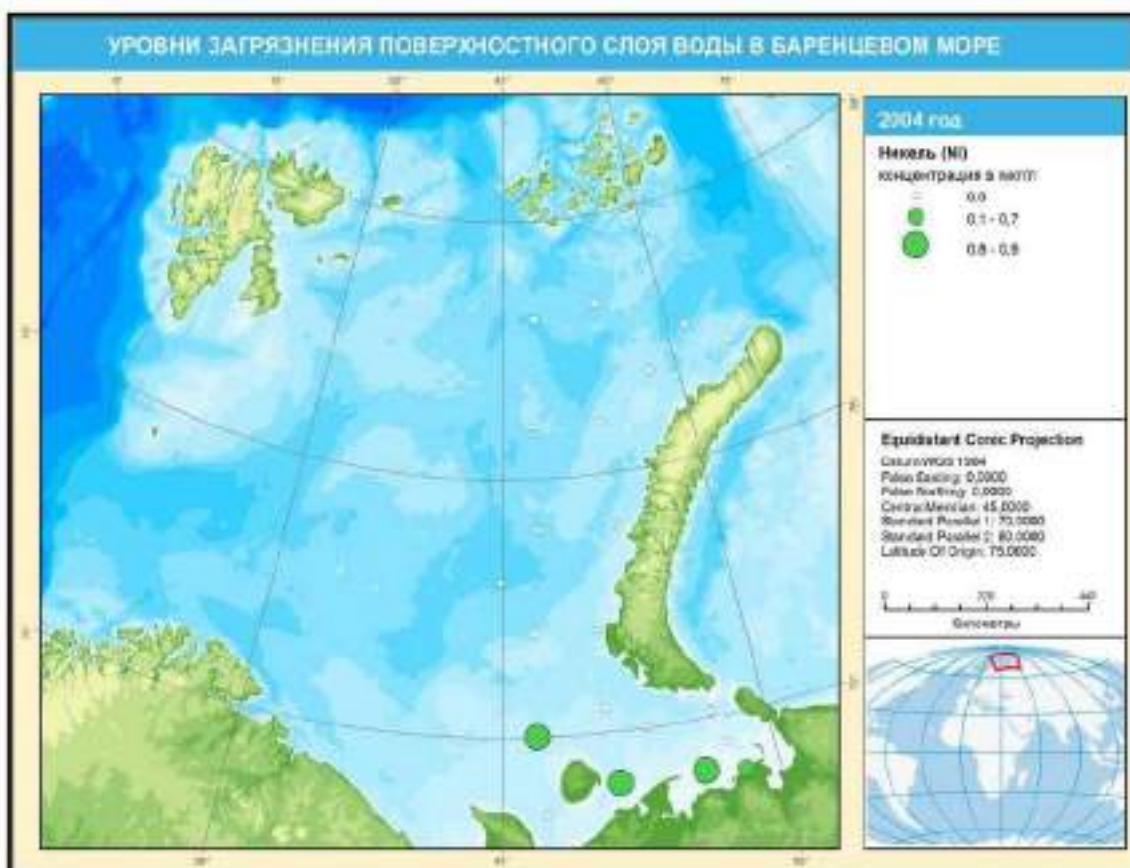
Современное антропогенное поступление никеля в окружающую среду на 180 % превышает природное. Значительная доля никеля удаляется из морской воды в результате связывания с оксидами и гидроксидами железа и марганца (Мур, Рамамурти, 1987).

Никель широко применяется в производстве источников тока и гальванических операциях. Он является общепринятым компонентом сплавов, используемых для чеканки монет (Химия окружающей среды, 1982). Соединения никеля выносятся в водоемы со сточными водами цехов никелирования, заводов синтетического каучука, производства электротехники, никелевых обогатительных фабрик и других производств (Руководство по химическому..., 1977). Одним из наиболее серьезных источников загрязнения никелем являются отходящие газы производства никеля карбонильным методом. Огромные выбросы никеля сопровождают сжигание ископаемого топлива, при этом в атмосферу переходит около 70 тыс. т никеля ежегодно (Химия окружающей среды, 1982).

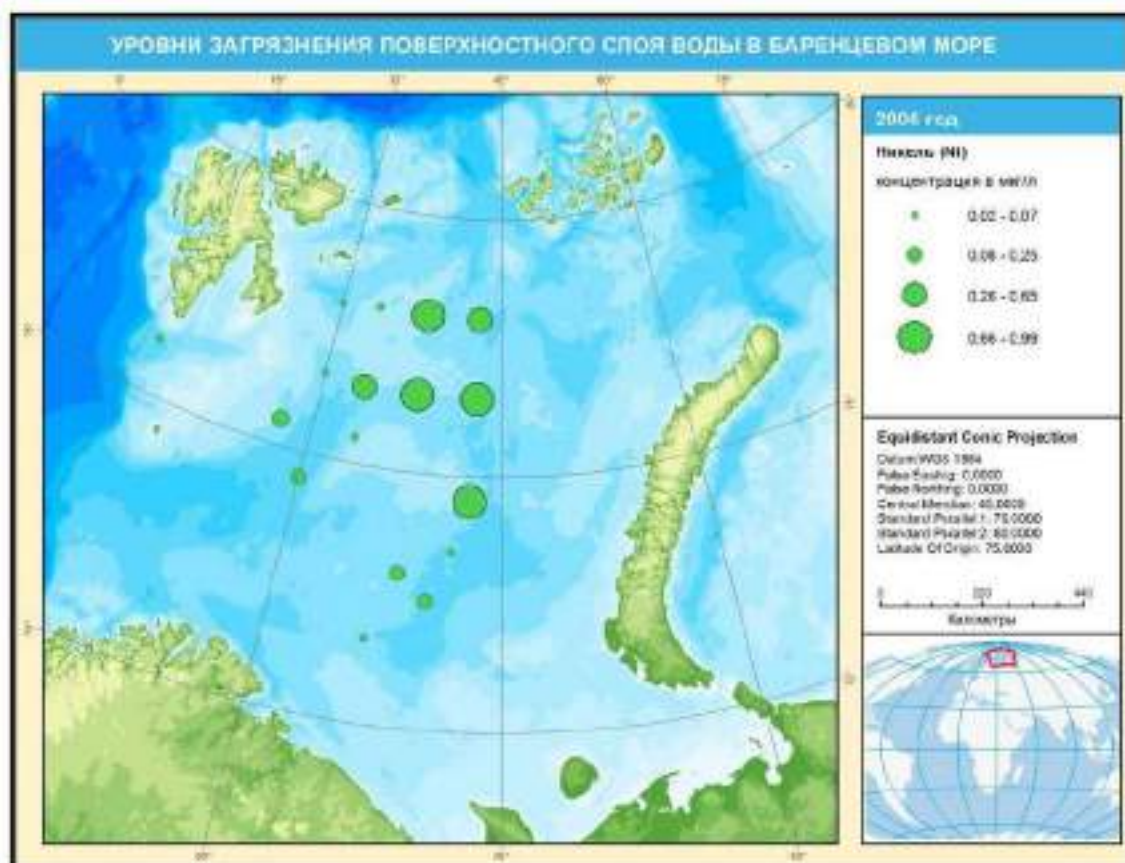
Общее количество никеля в водах Мирового океана в 10^4 раза больше, чем в водах суши, что составляет соответственно $8,4 \times 10^{11}$ и $3,4 \times 10^7$ кг. Источниками поступления никеля в океан являются: речной сток – около $1,35 \times 10^9$ кг/год; атмосферные выпадения – $2,5 \times 10^7$ кг/год; промышленные и городские сбросы – $3,8 \times 10^6$ кг/год (Посохов, 1965).

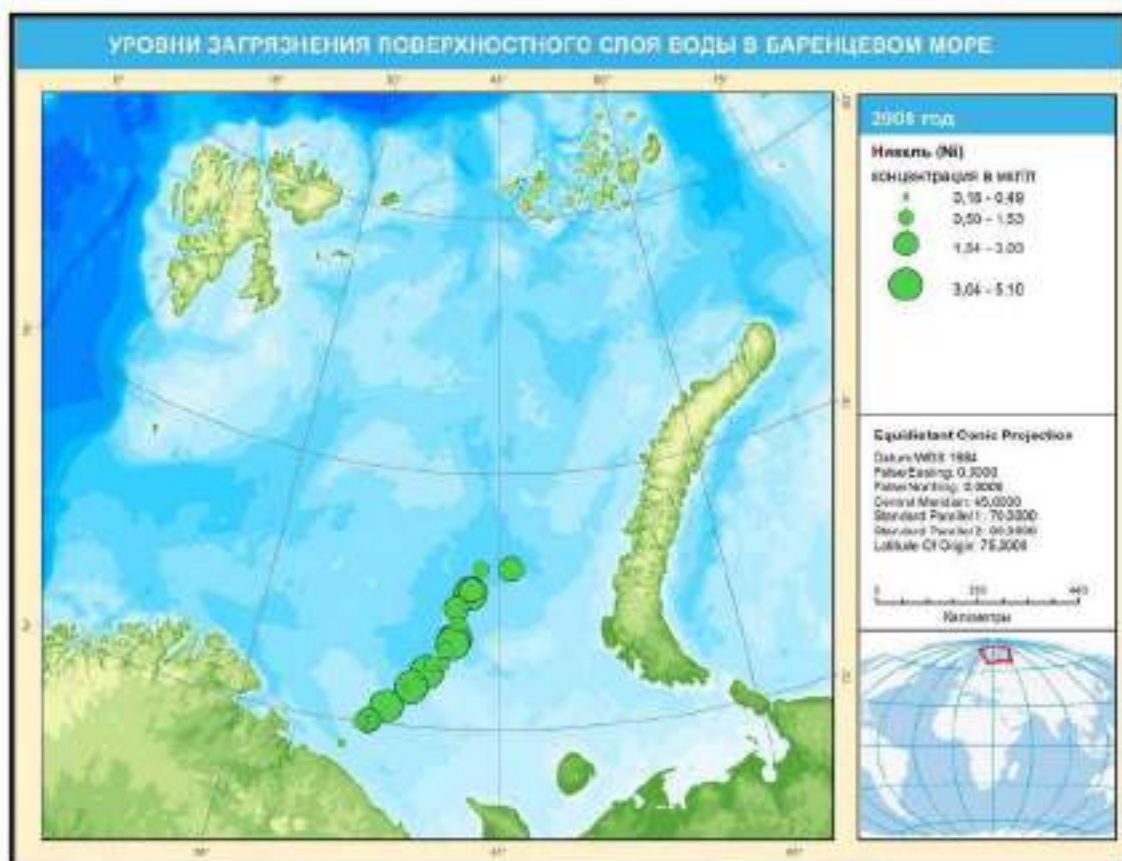
Ниже приводятся карты содержания никеля (Ni) в: 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг.

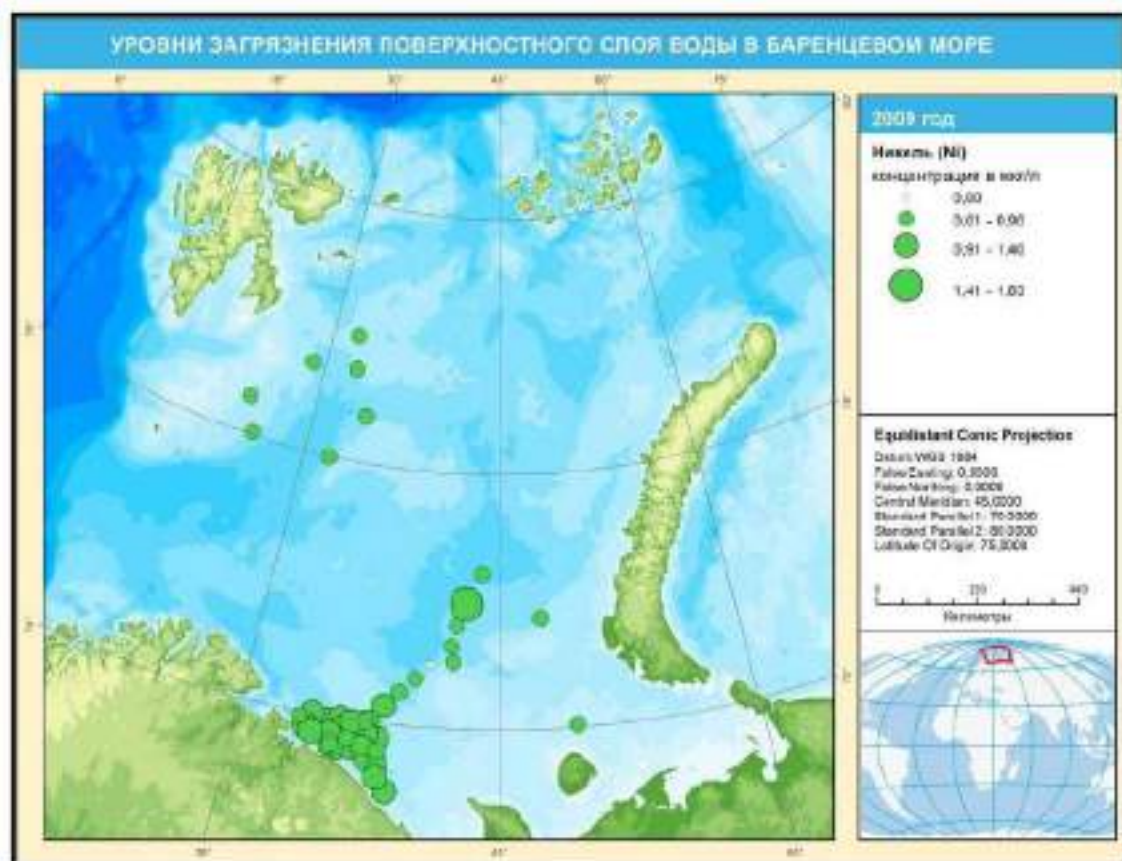


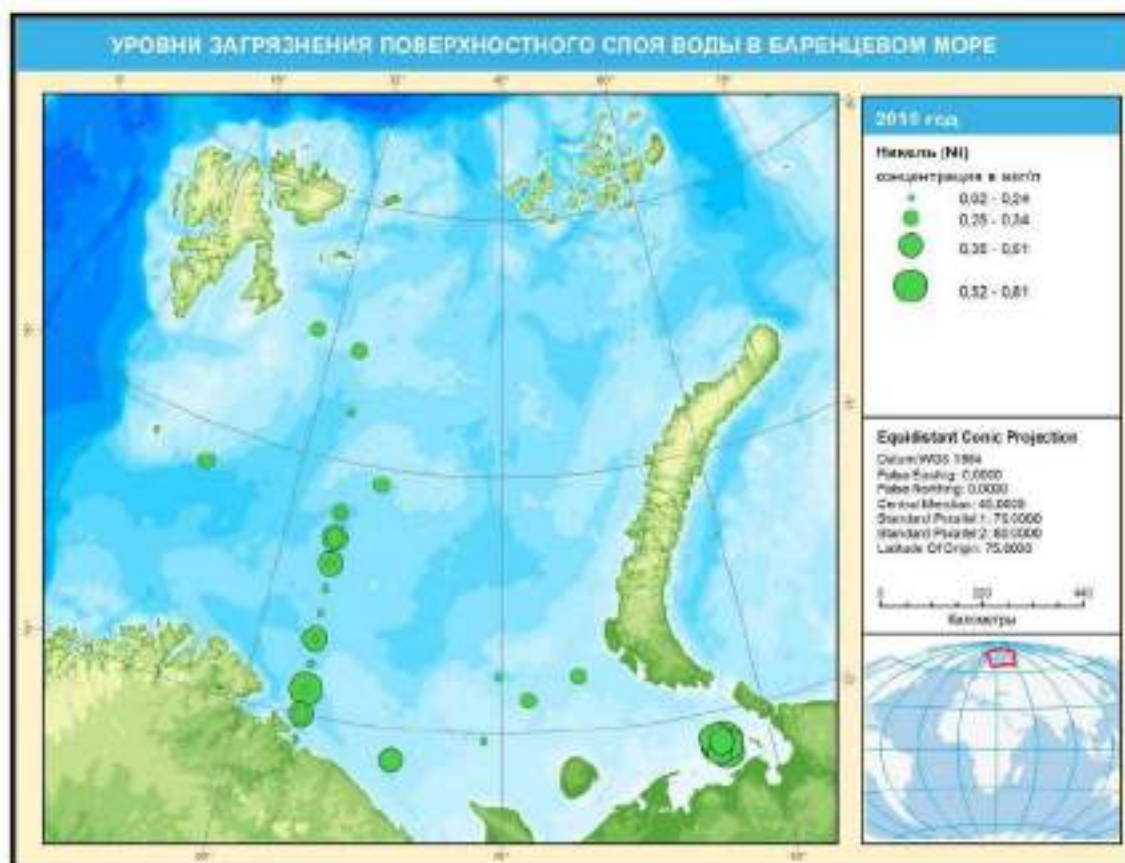


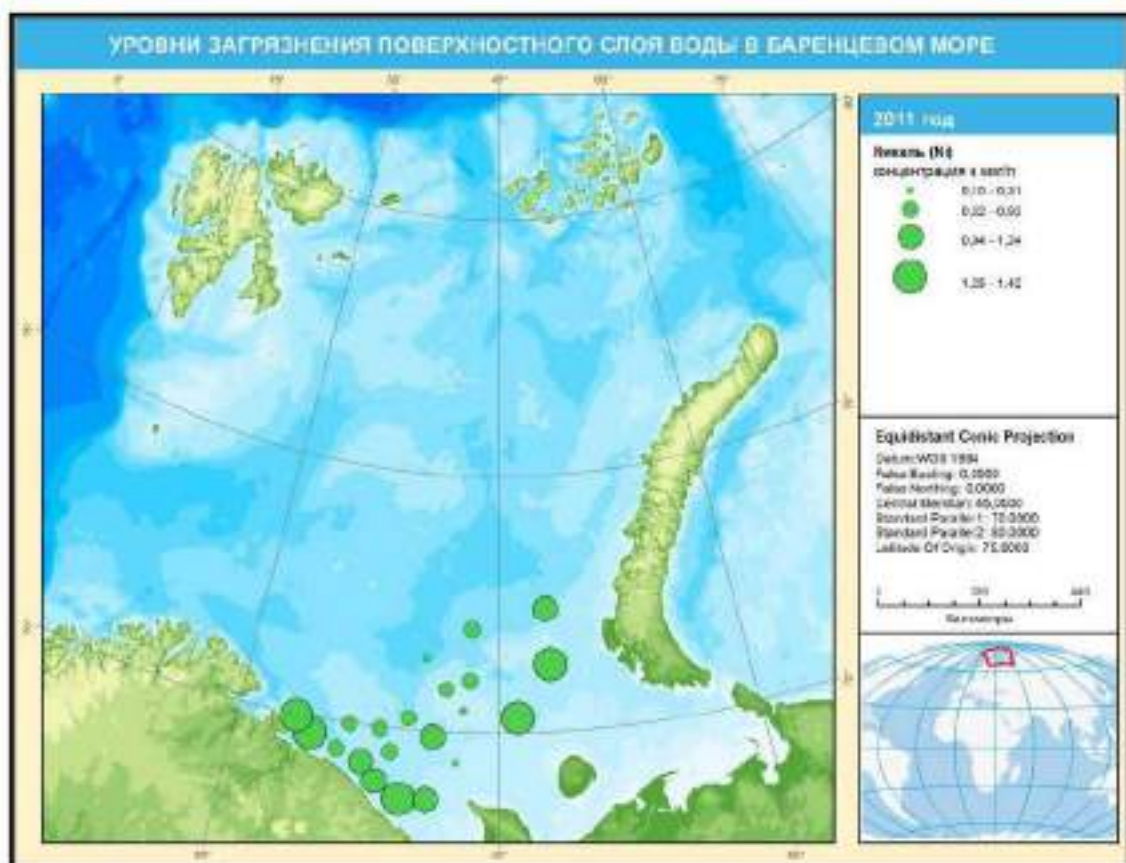


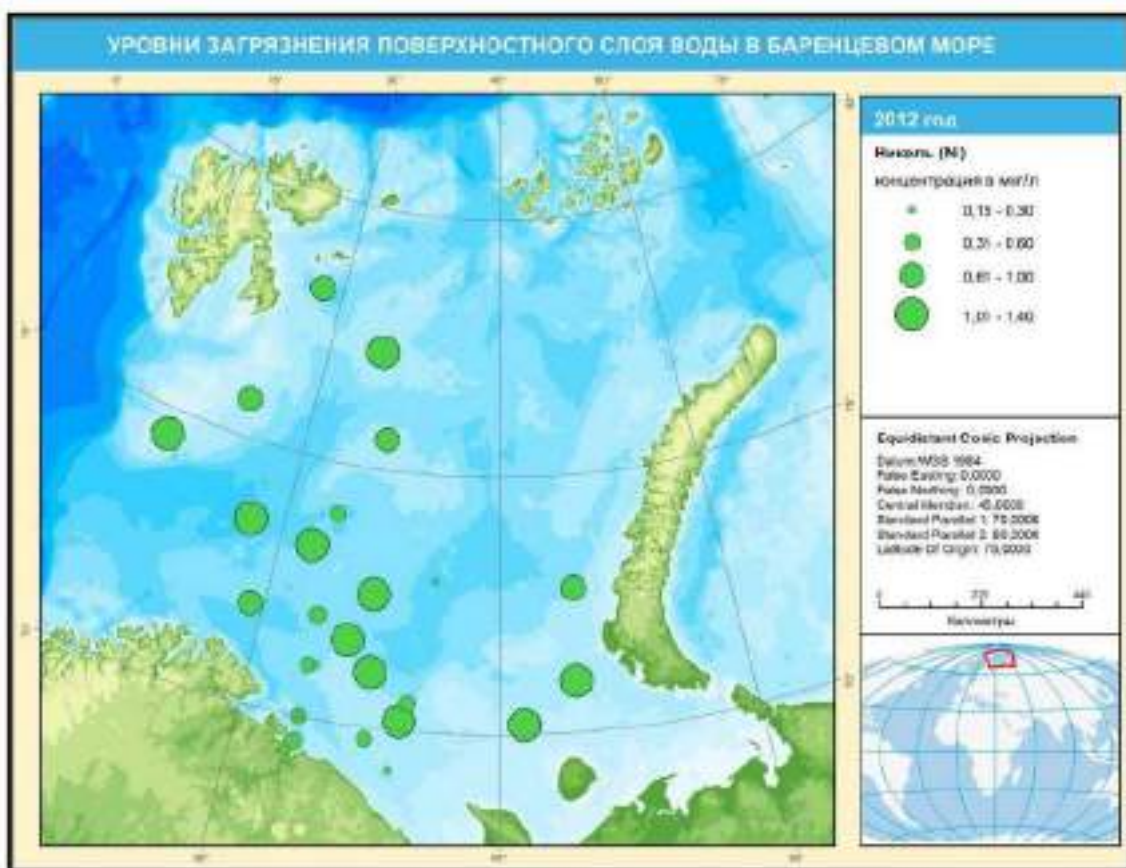


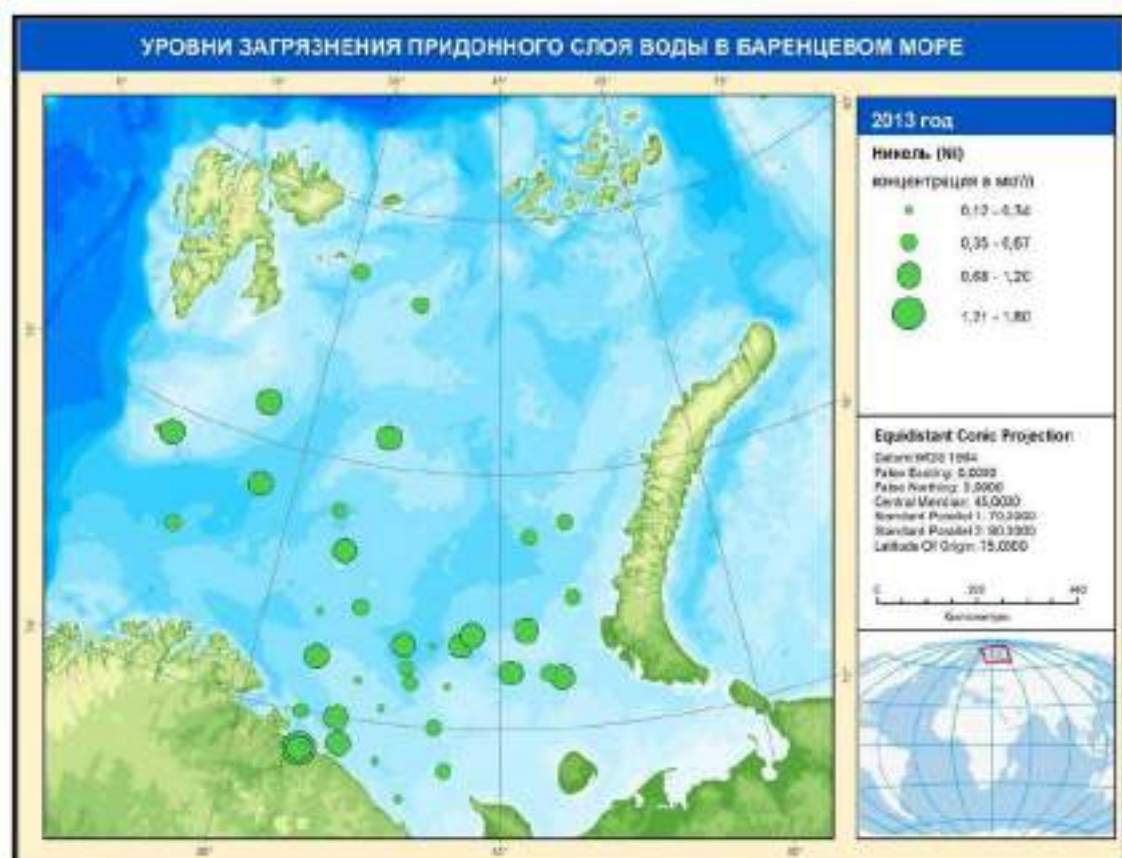
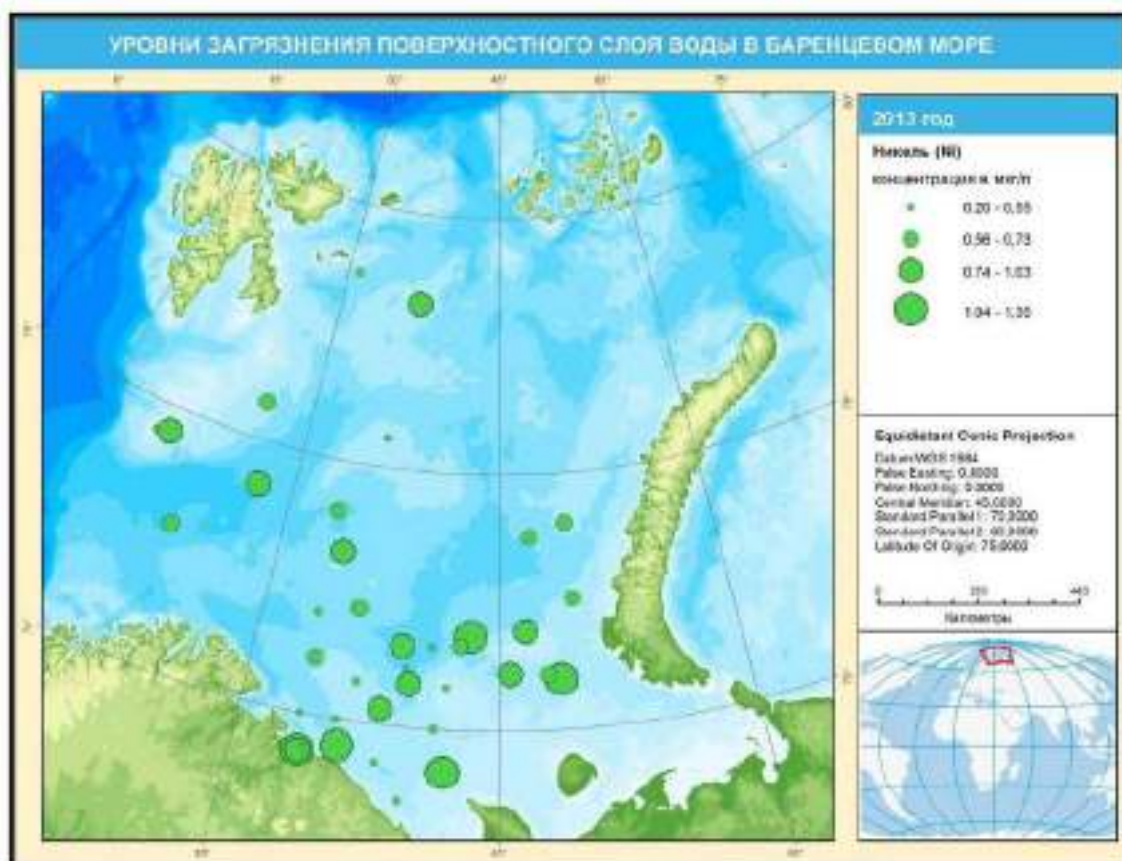


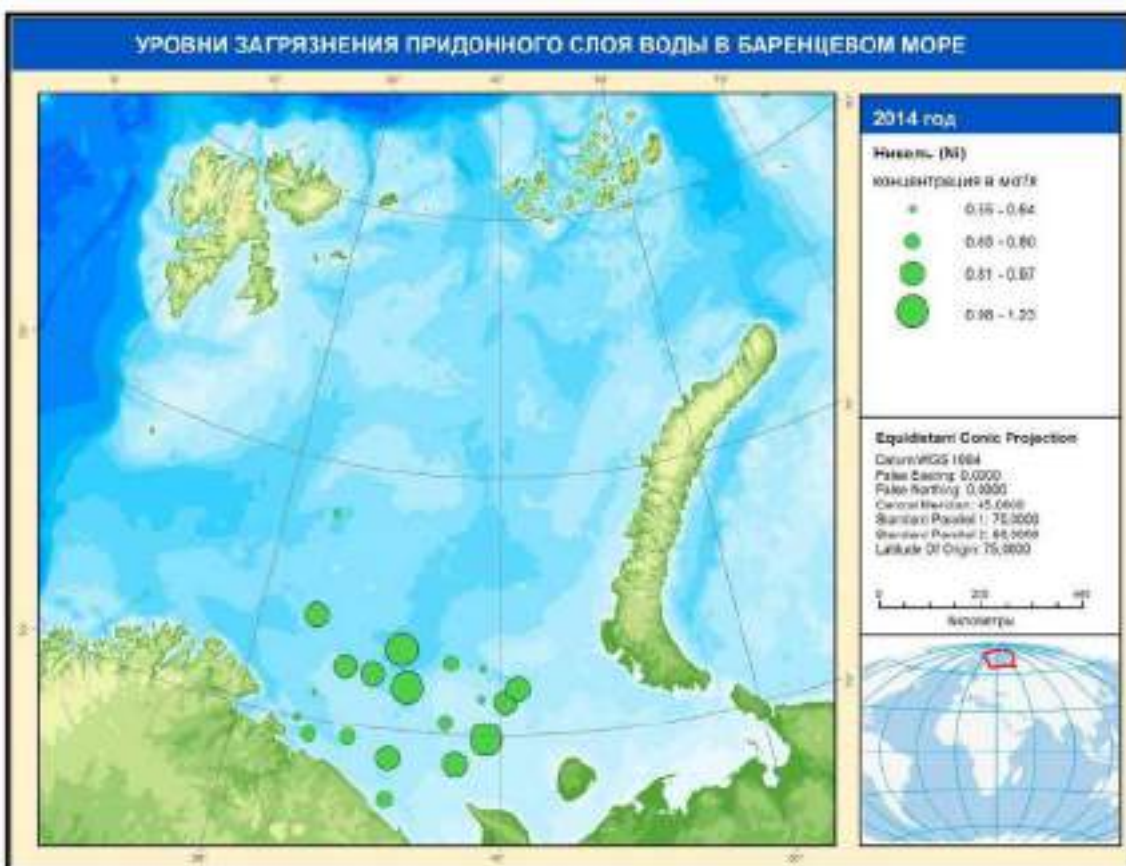
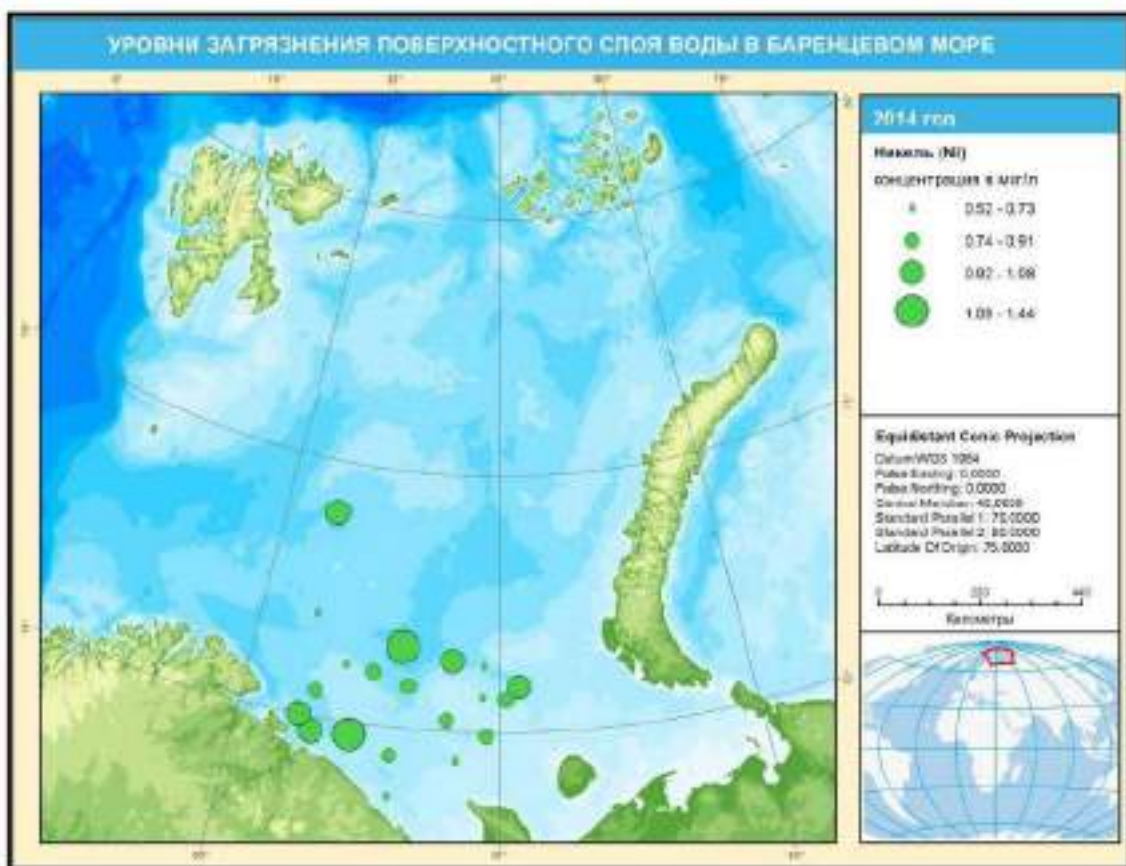


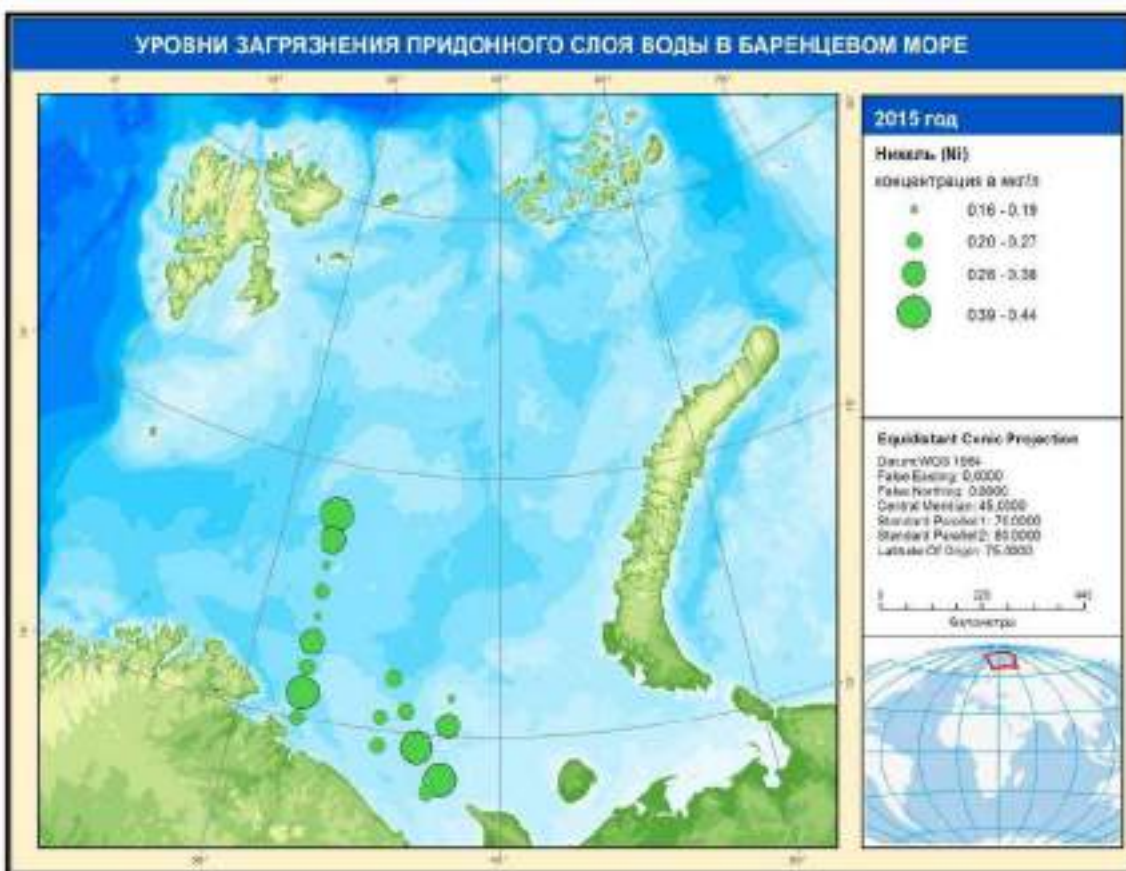
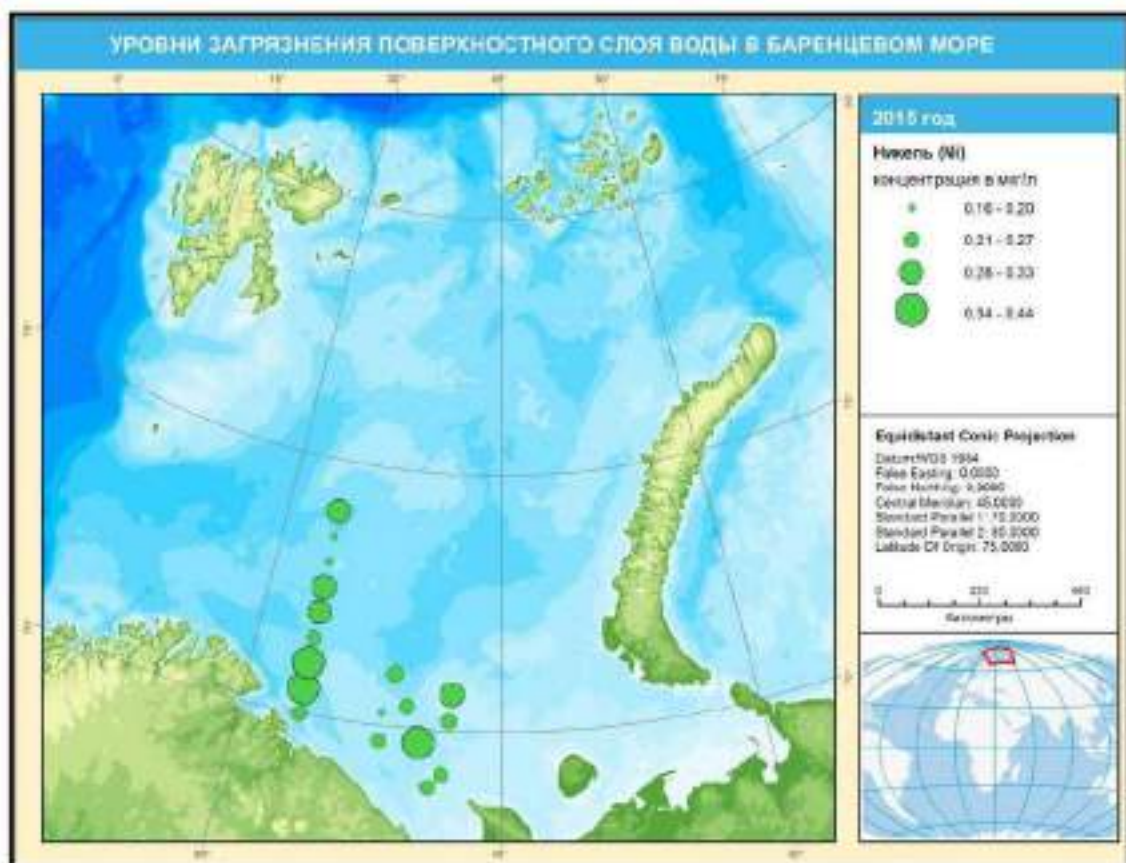


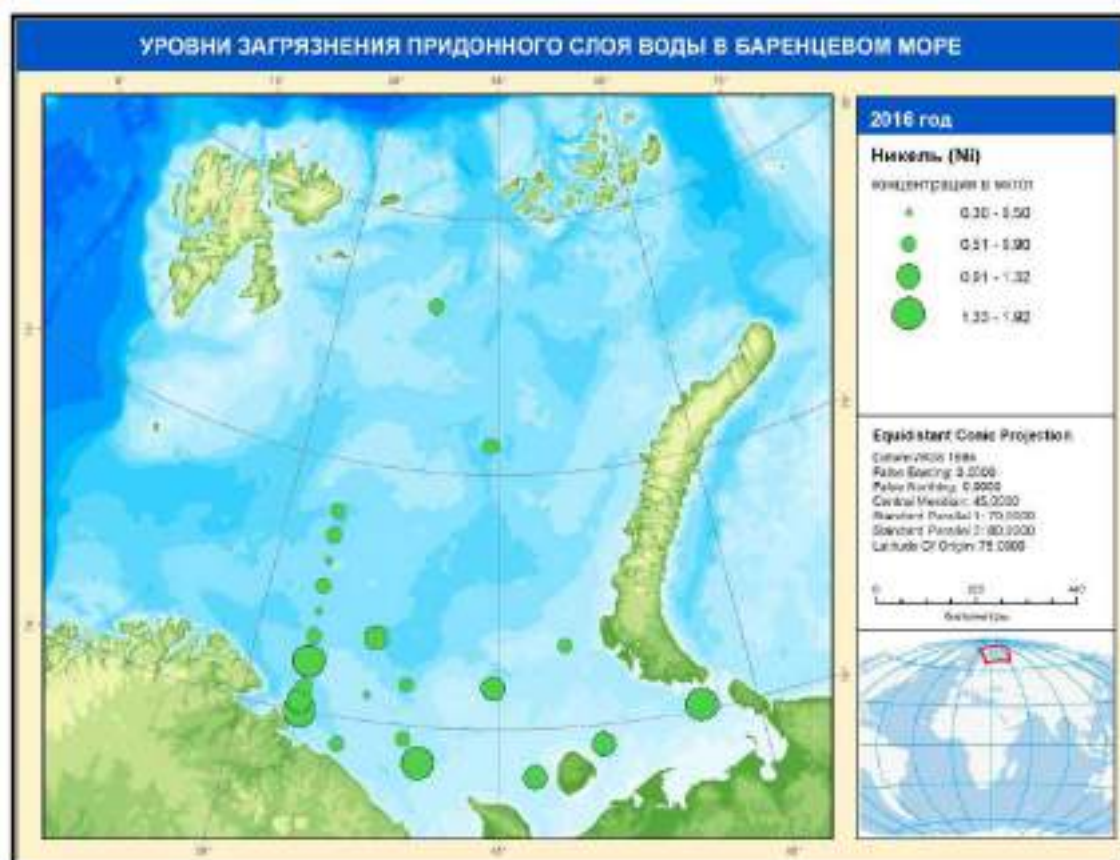
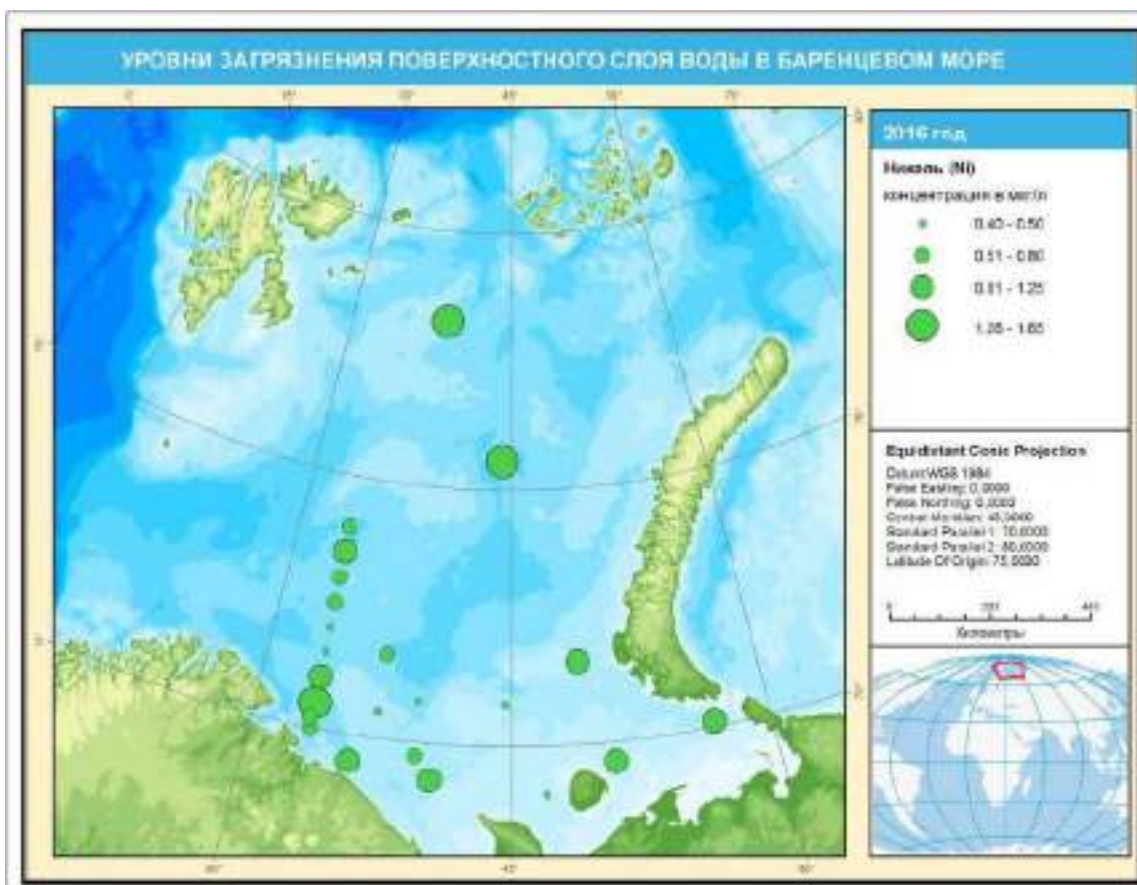


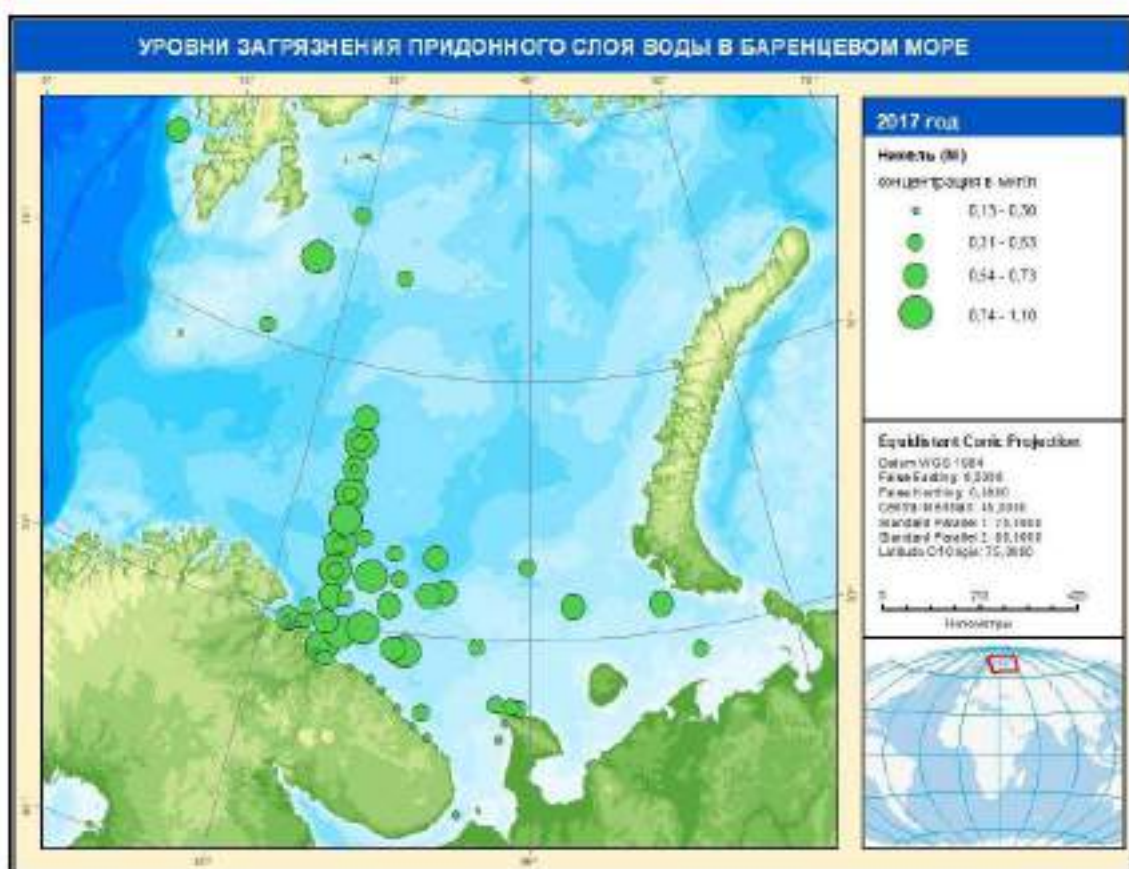
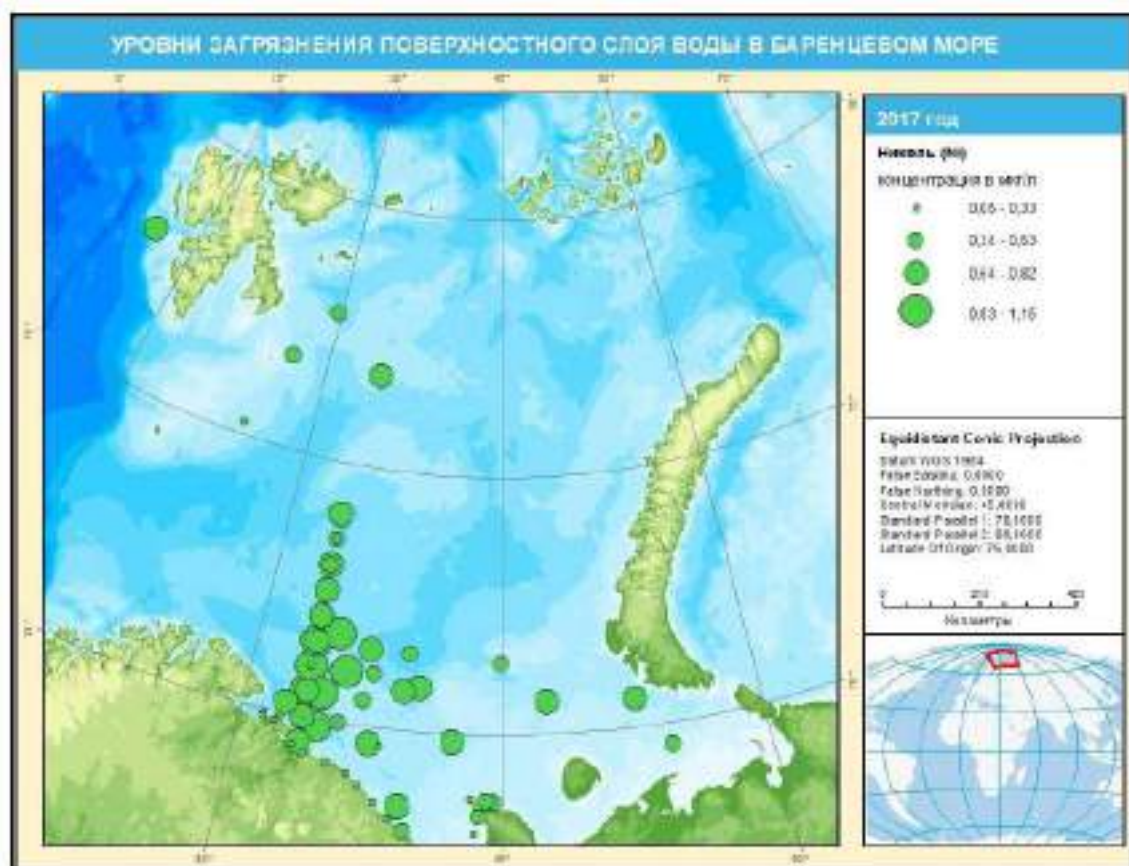


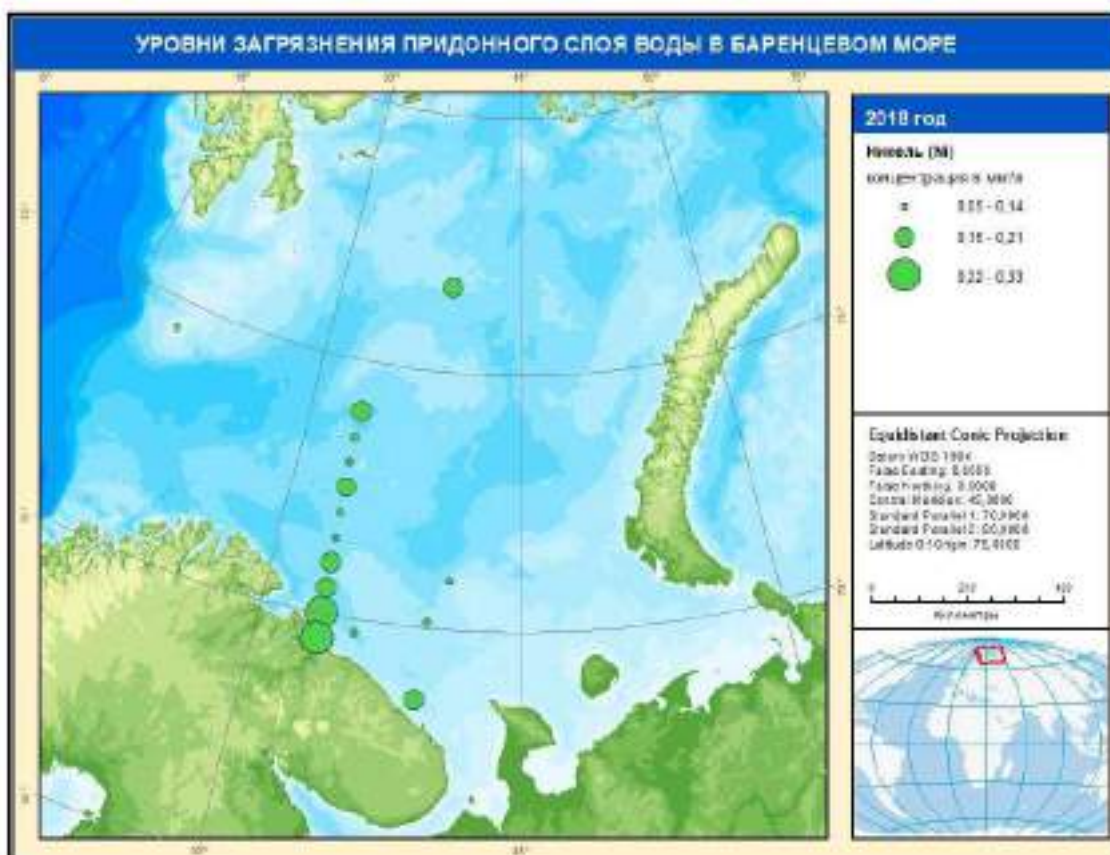
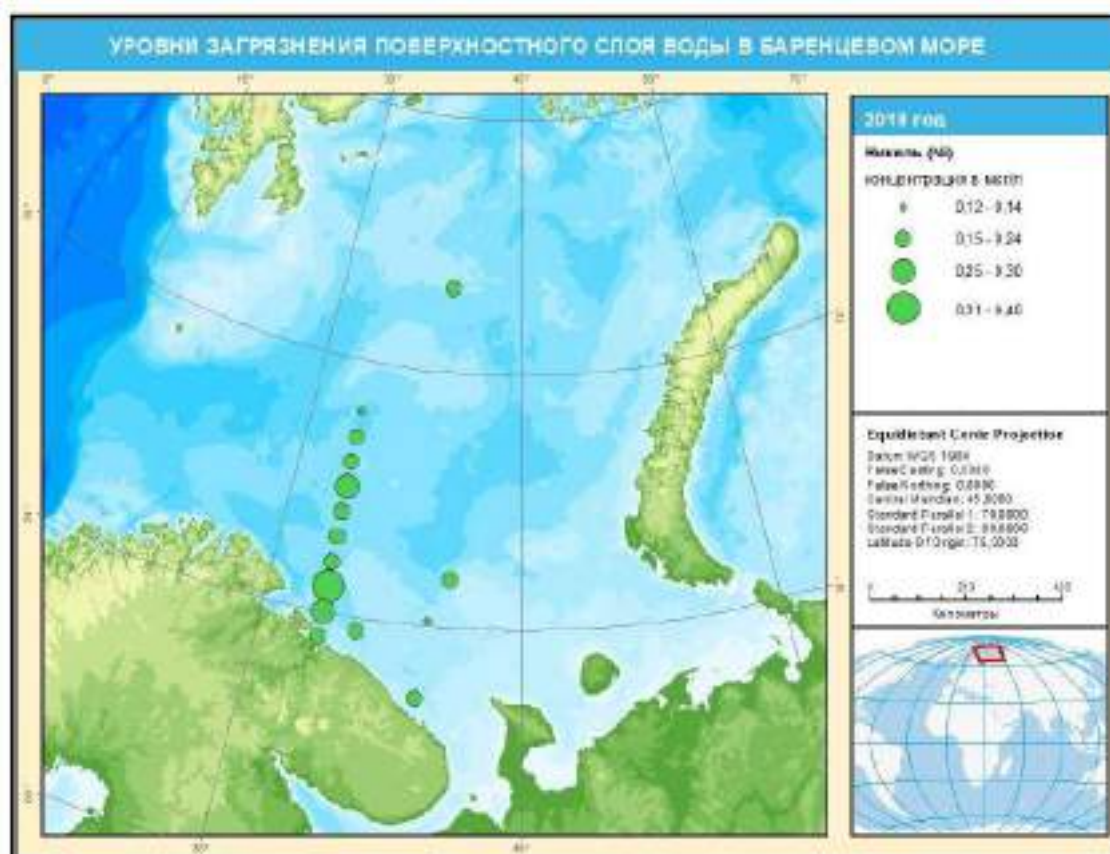












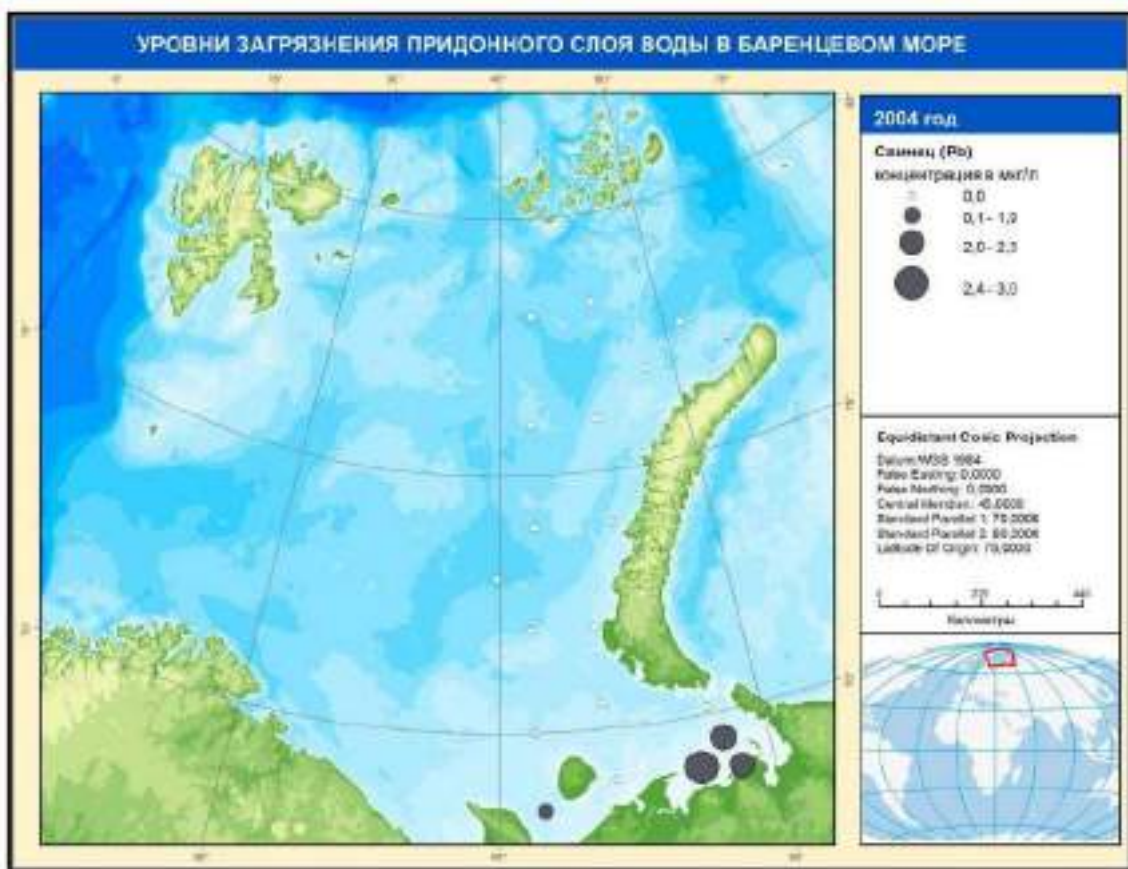
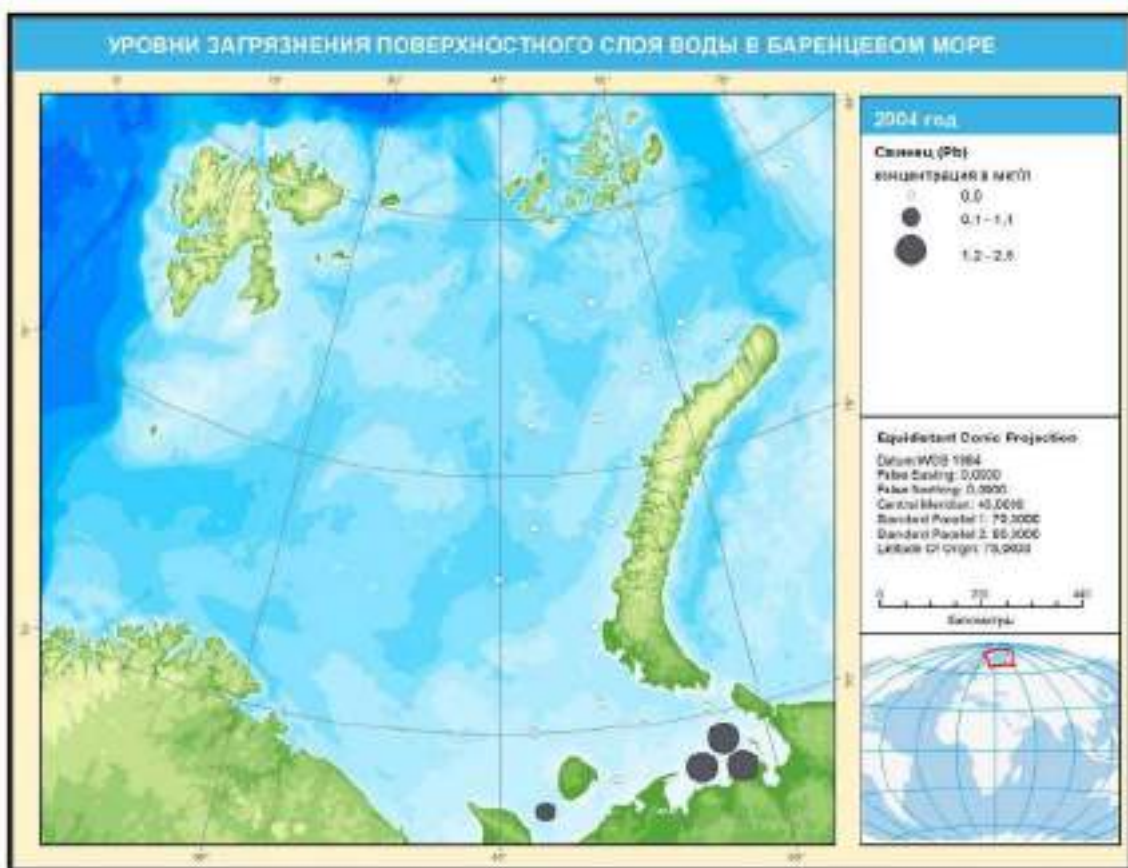
Свинец

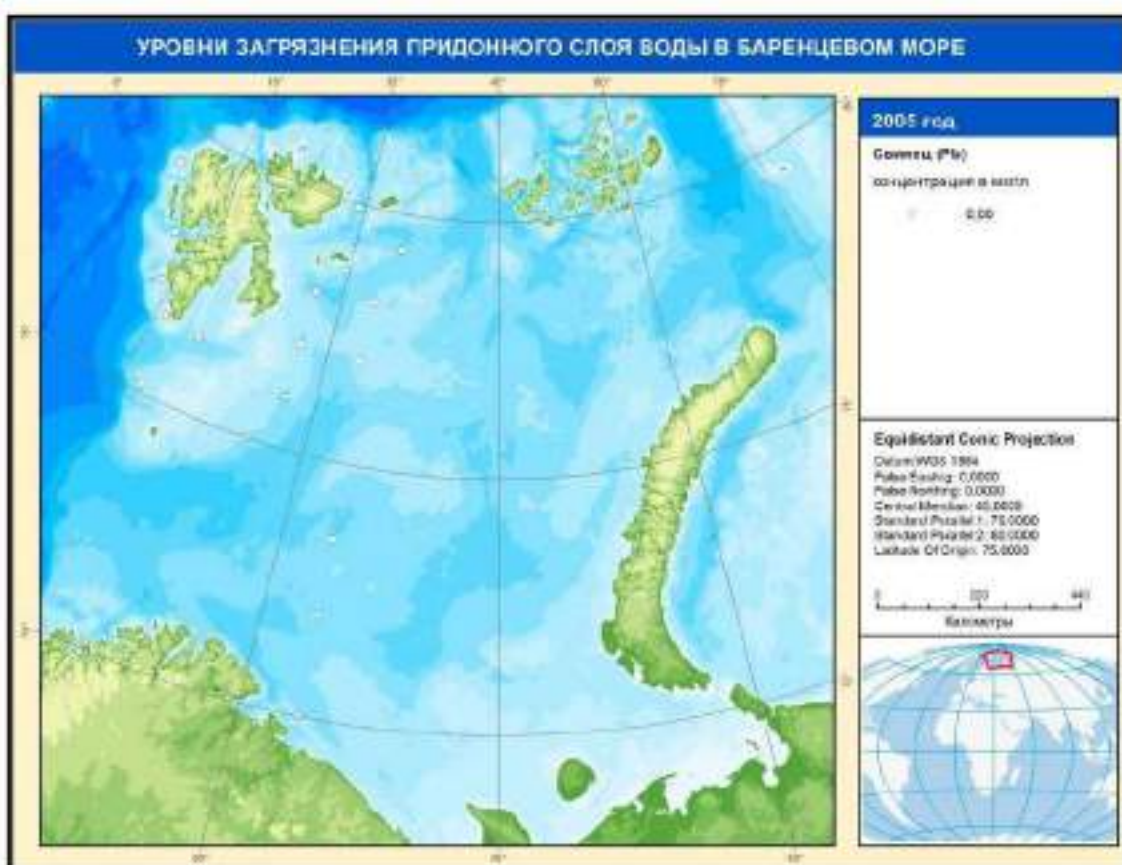
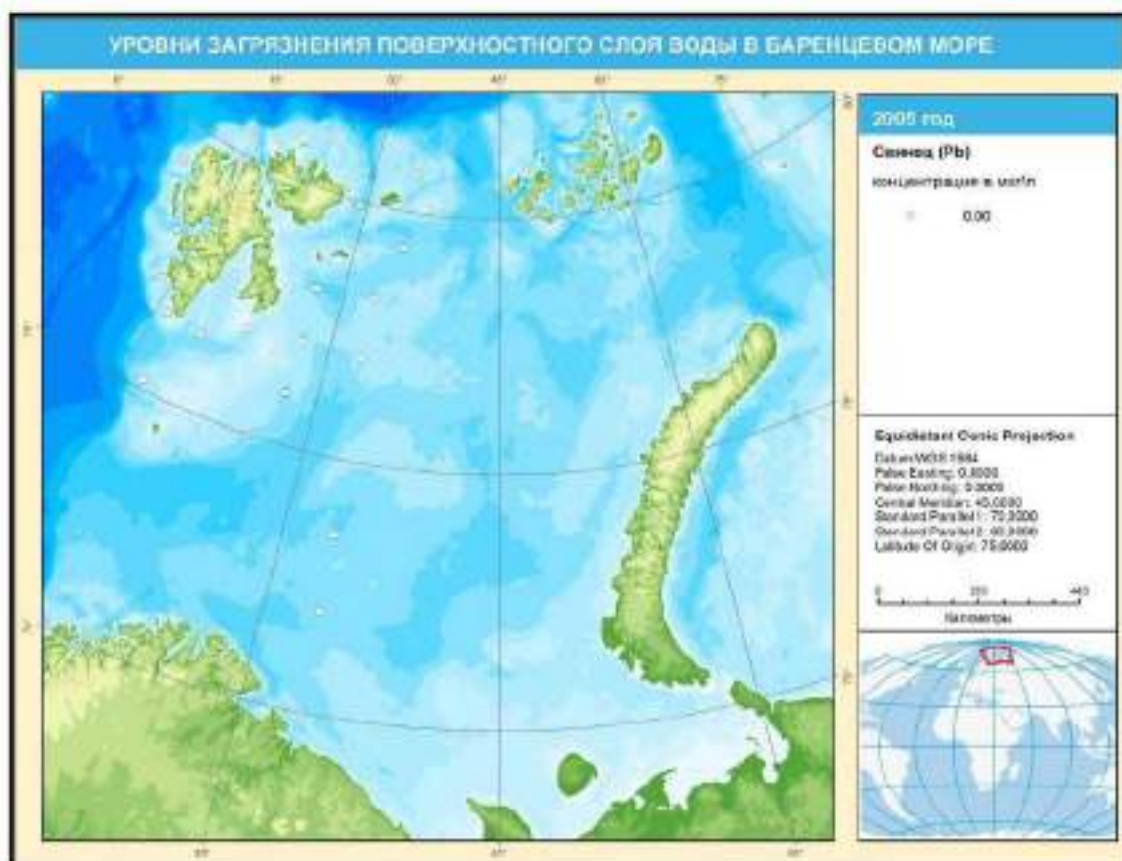
Естественными источниками поступления свинца в поверхностные воды являются процессы растворения эндогенных (галенит PbS) и экзогенных минералов (англезит $PbSO_4$, церуссит $PbCO_3$ и др.). Содержащая свинец силикатная пыль природных почв, вулканические галогенные аэрозоли и силикатный дым, попадая в атмосферу, возвращаются на землю с атмосферными осадками (Руководство по химическому..., 1977).

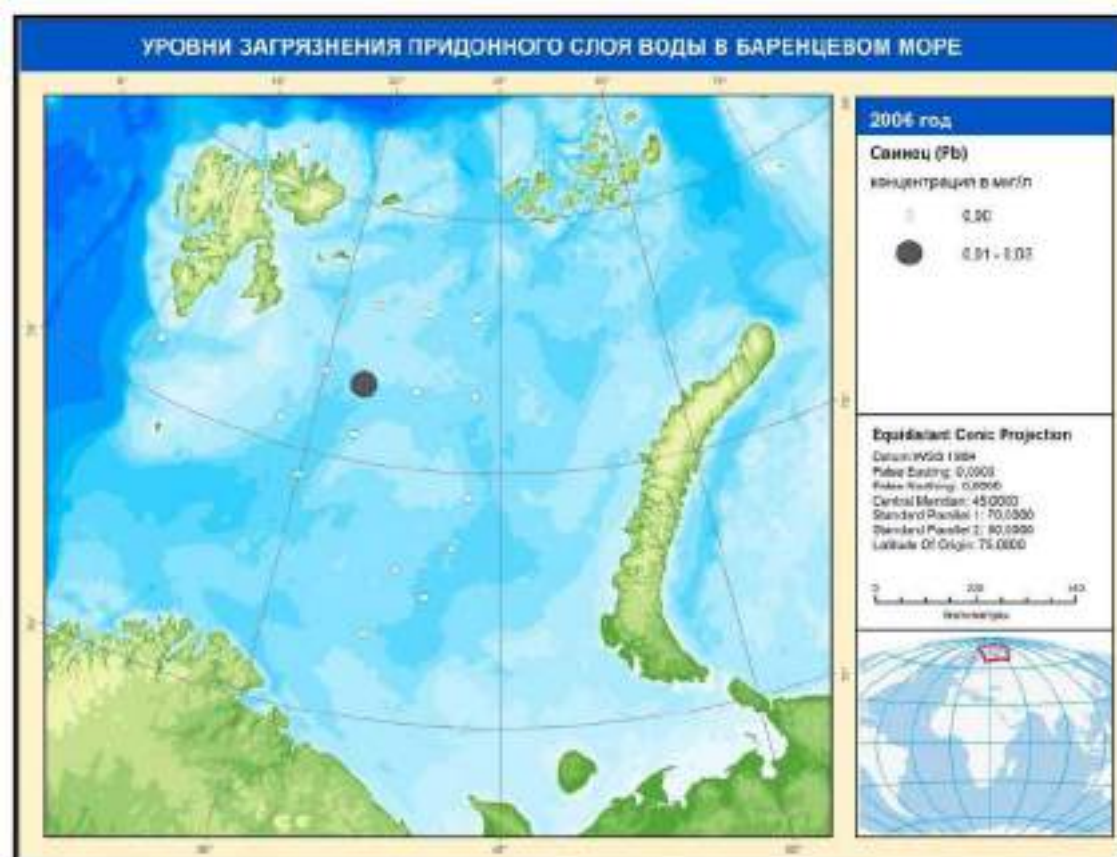
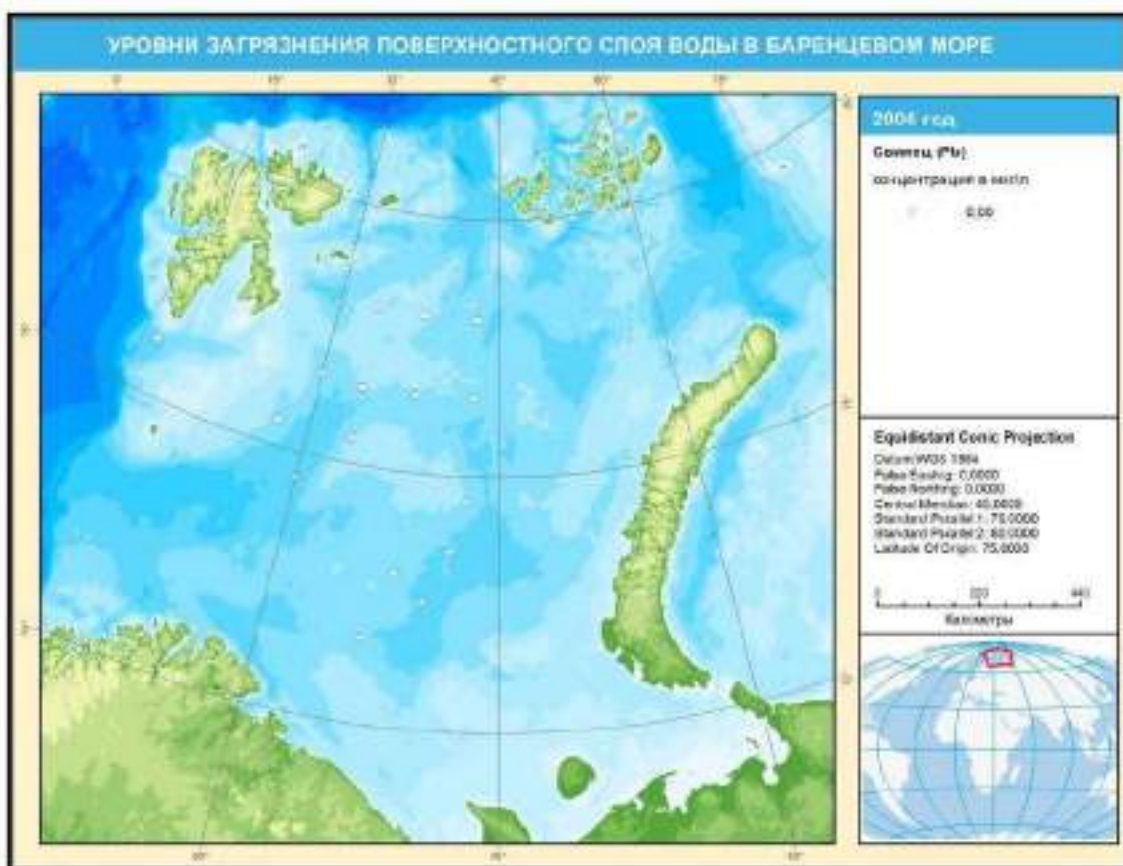
Техногенное загрязнение природных вод и воздуха свинцом происходит в результате процесса обжига и плавки свинцовых руд в целях получения металлического свинца (Израэль, Цыбань, 2009). Значительное повышение концентрации свинца в окружающей среде (в том числе и в природных водах) является следствием широкого применения его в промышленности, сжигания углей, древесины и других органических материалов, включая городские отходы. Важнейшим источником поступления свинца в окружающую среду является автомобильный транспорт. Почти в 10 раз ниже вклад сжигания топлива в цветной металлургии. Применение тетраэтилсвинца в качестве антидетонатора в моторном топливе сопровождается загрязнением воздуха и воды. При движении автомобиля от 25 до 75 % свинца выбрасывается в атмосферу в зависимости от условий движения. Хотя основная масса его осаждается на землю, заметное количество этого загрязняющего вещества может оставаться в воздухе. Во всем мире ежегодно в результате человеческой деятельности в атмосферу попадает 450 тыс. т свинца (Химия окружающей среды, 1982; Диагностический анализ состояния..., 2011; Clark, 2011). Его соединения выносятся в водоемы со сточными водами рудообогатительных фабрик, некоторых металлургических предприятий, химических производств и шахт (Руководство по химическому..., 1977; Израэль, Цыбань, 2009). Свинец в значительной части присутствует в природных водах в виде иона, а кроме того участвует в реакциях с сульфатами и гидрокарбонатами. Образует стабильные формы с органическими лигандами, содержащими серу, фосфор, азот (Диагностический анализ состояния..., 2011). Содержание растворенного свинца в незагрязненных водах суши, как правило, не превышает 3 мкг/л; уровень общего содержания свинца в атмосферных осадках обычно колеблется от 1 до 50 мкг/л (Мур, Рамамурти, 1987).

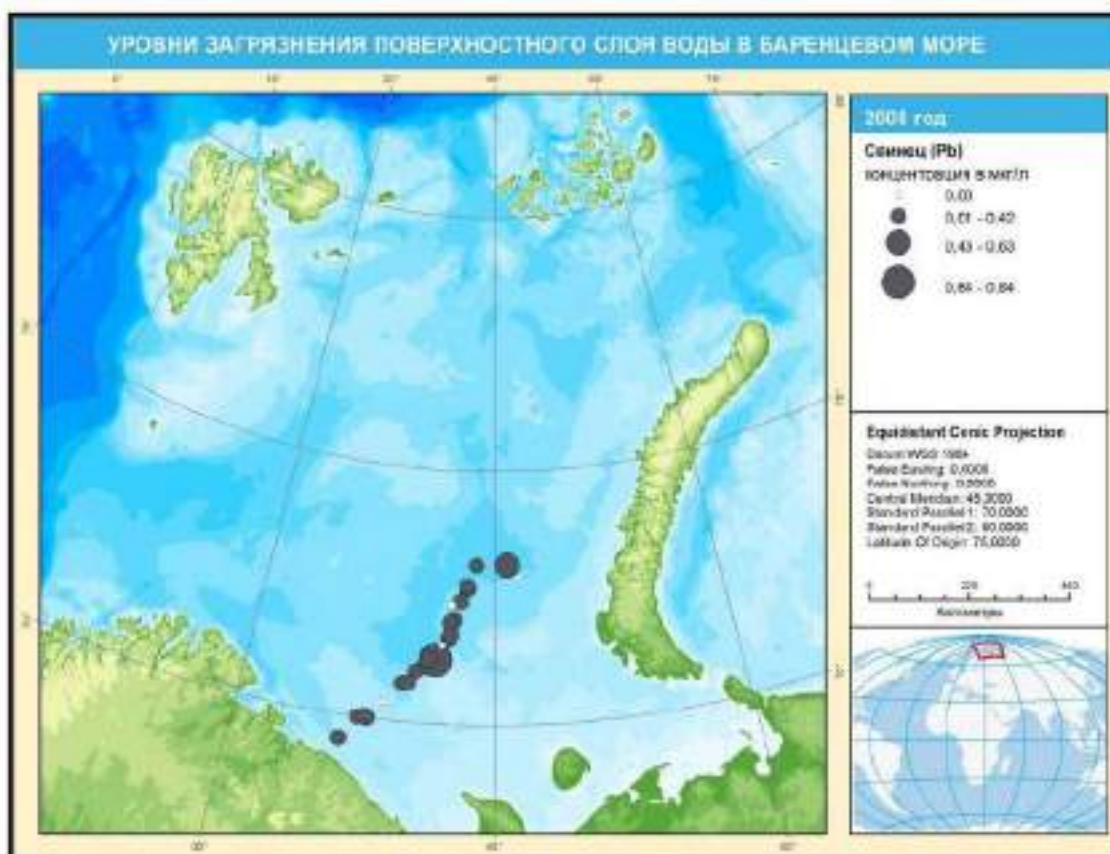
Ниже приводятся карты содержания свинца (Pb) в: 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг.

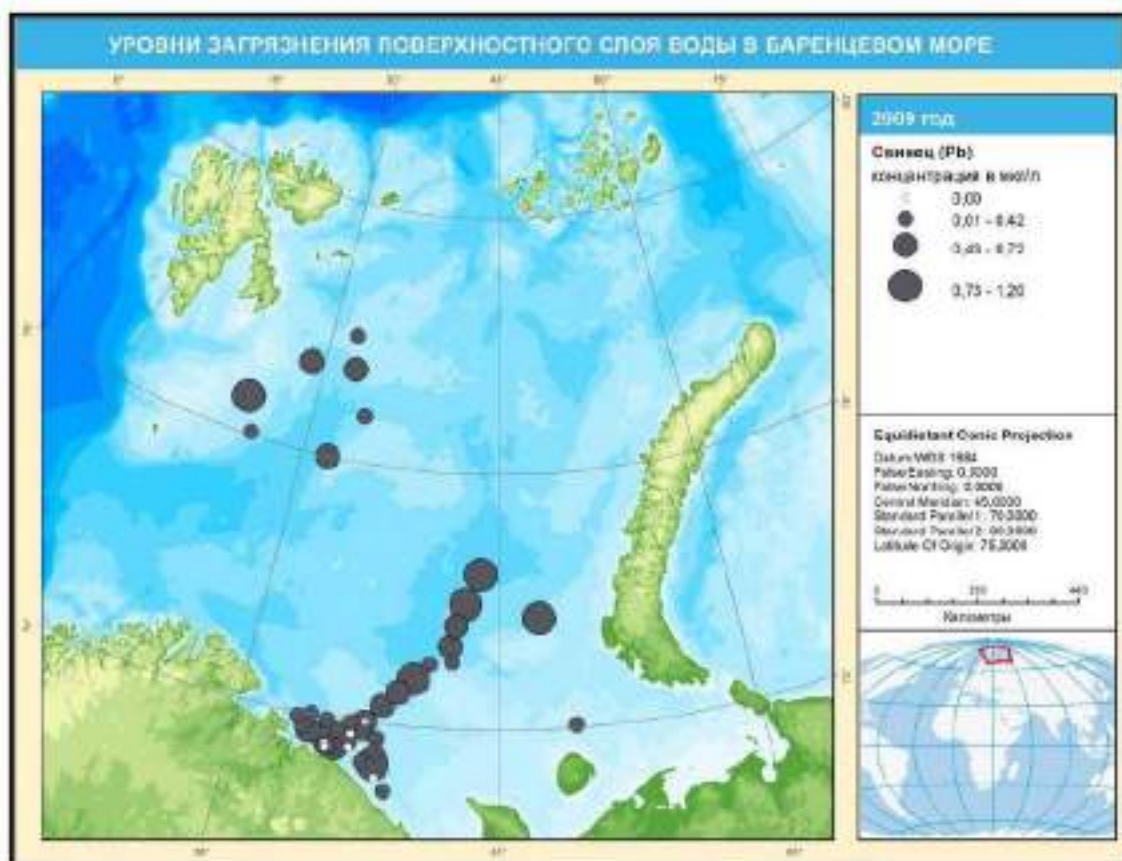


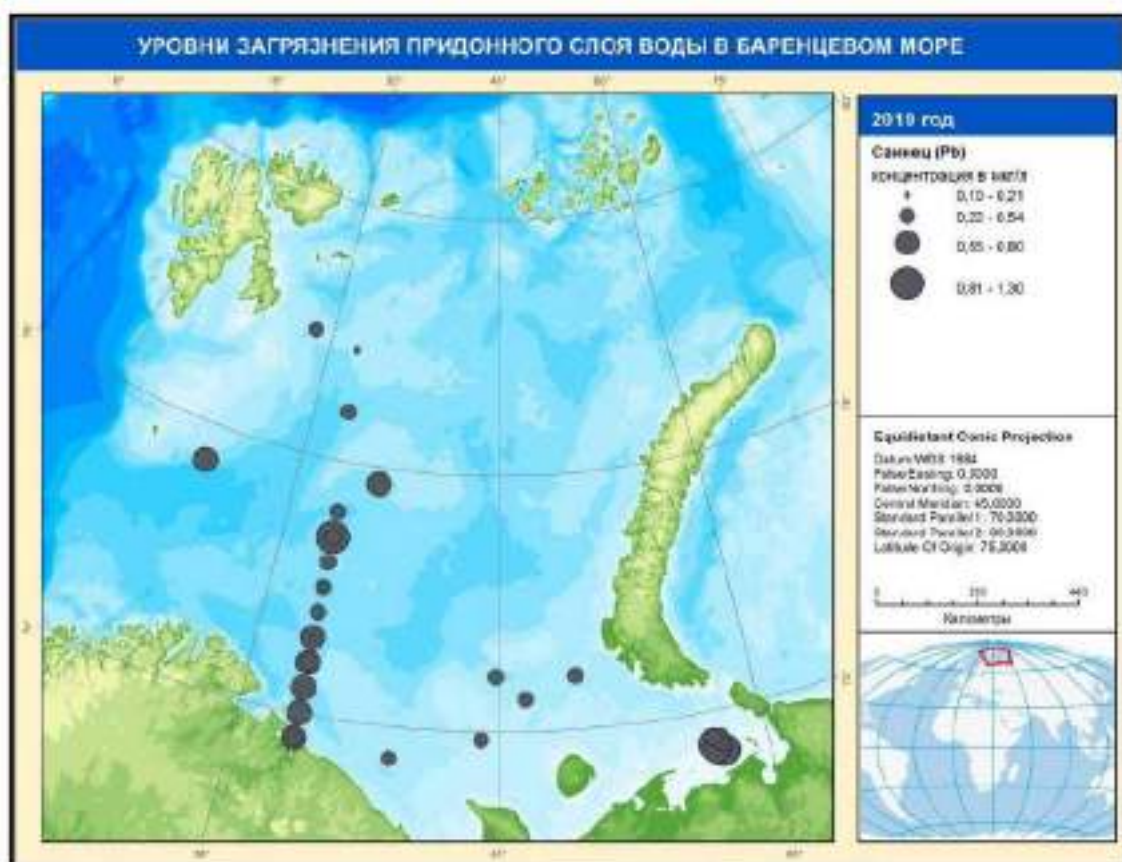
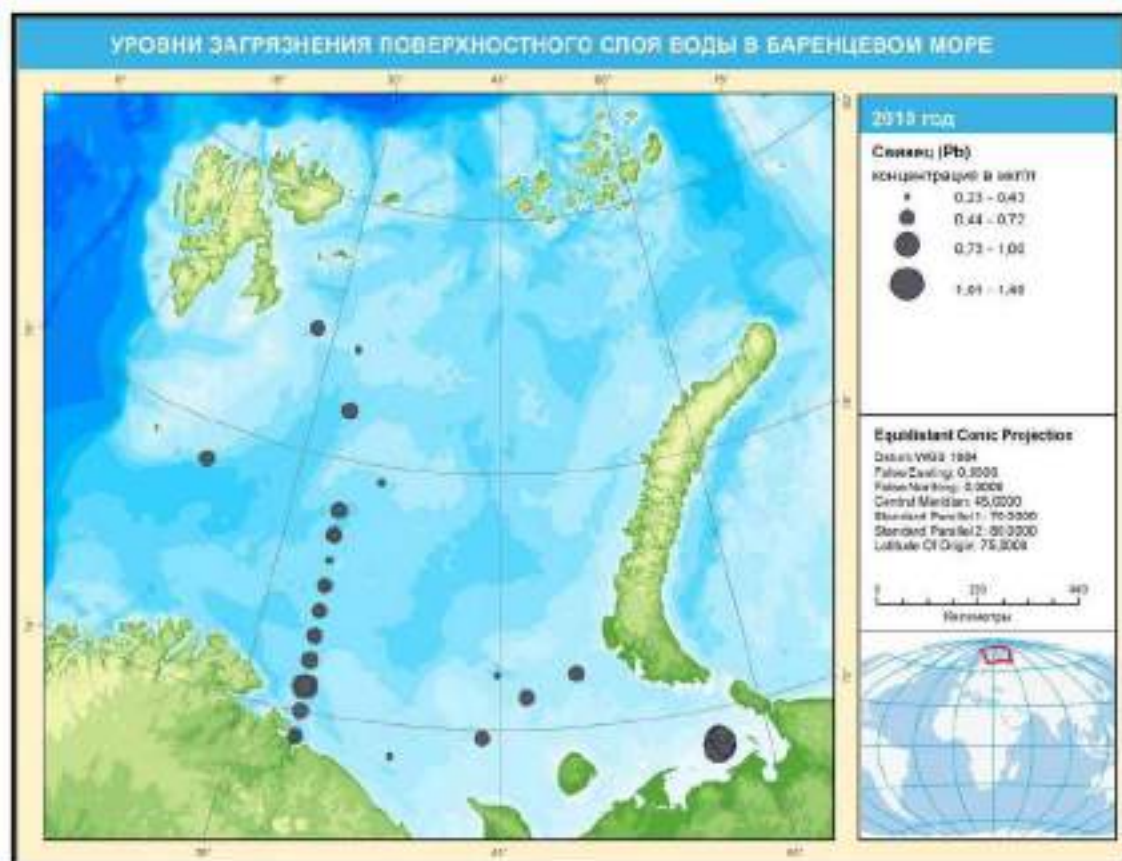


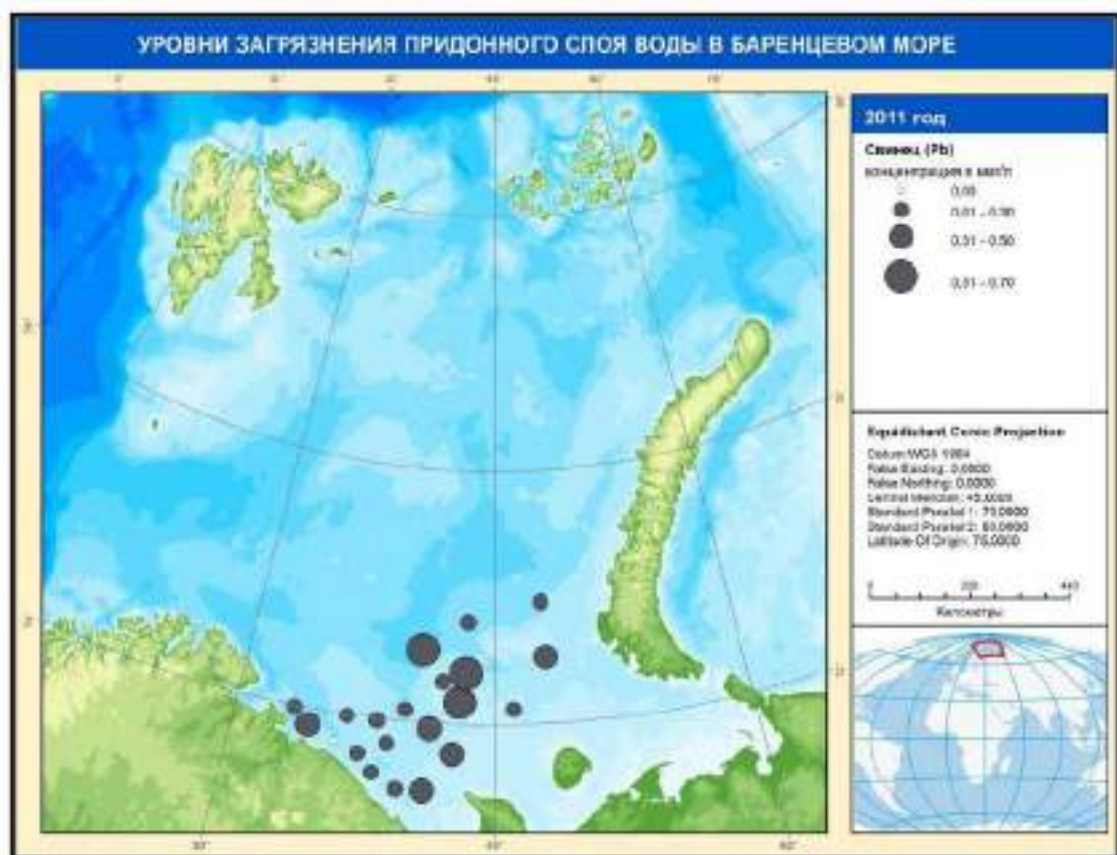
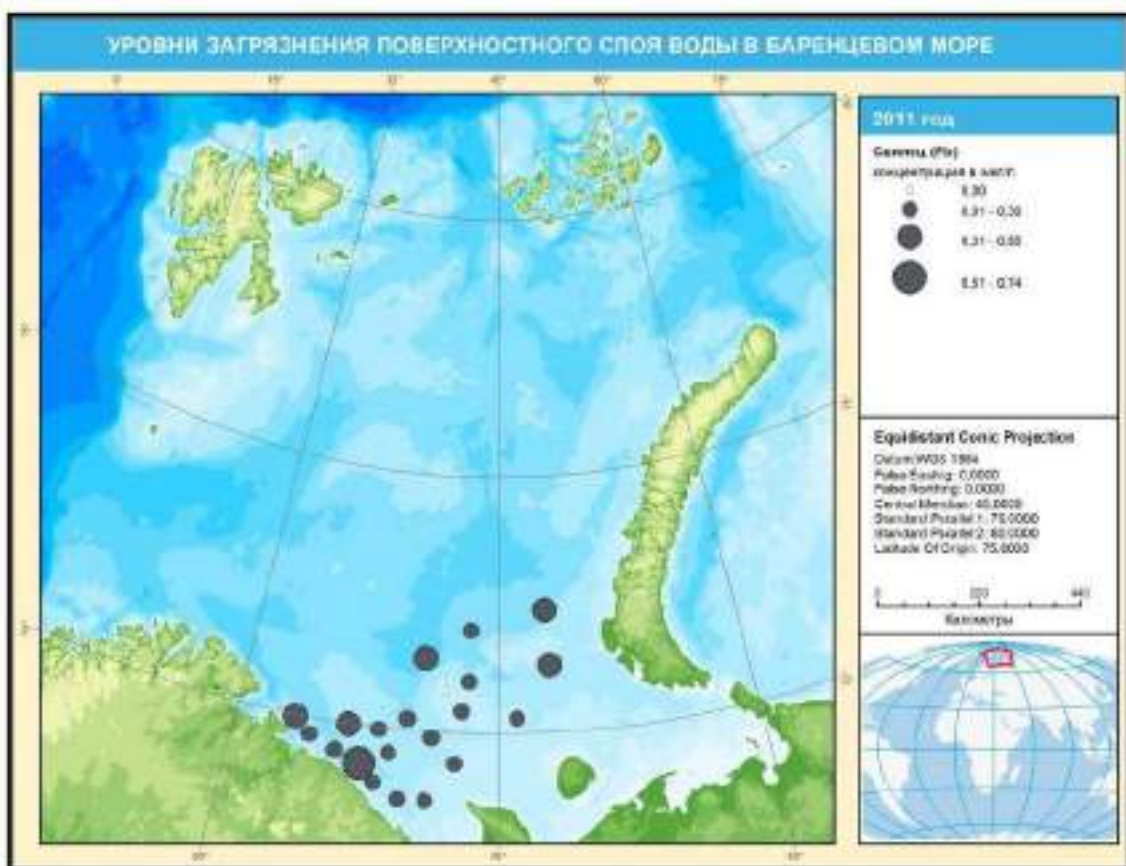


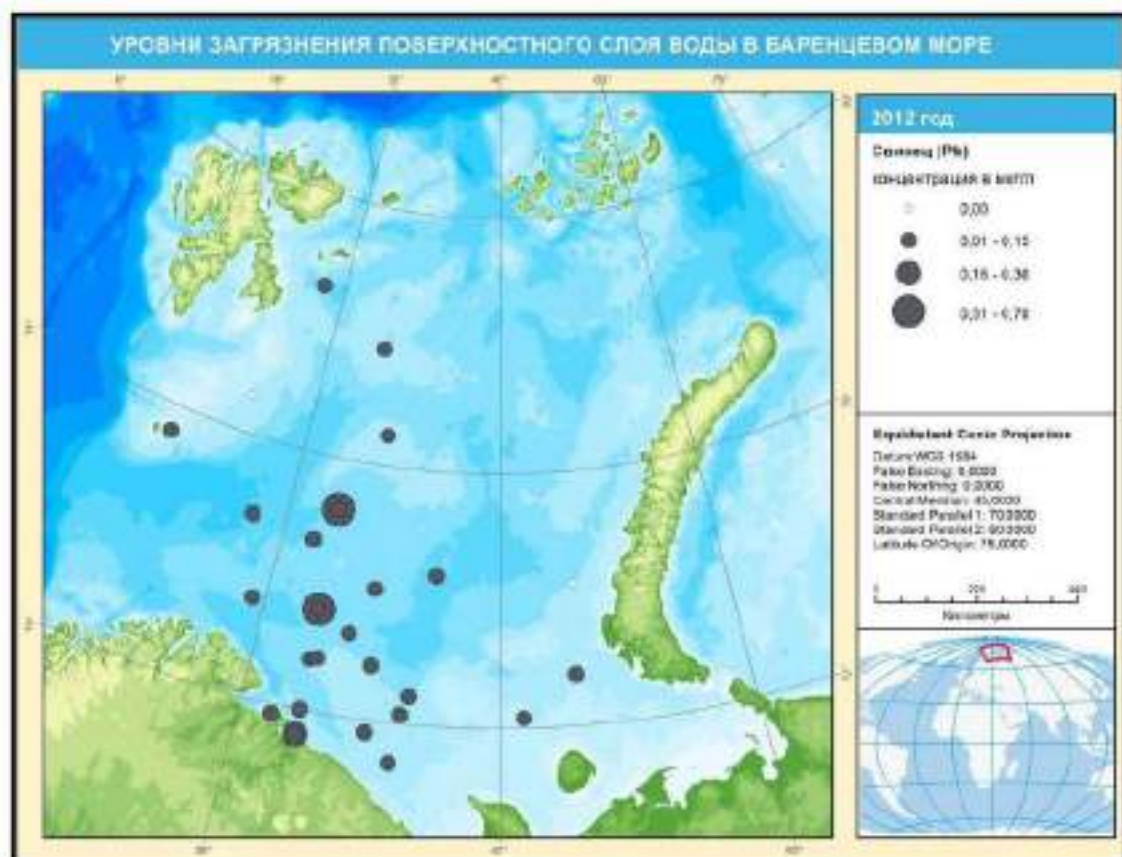


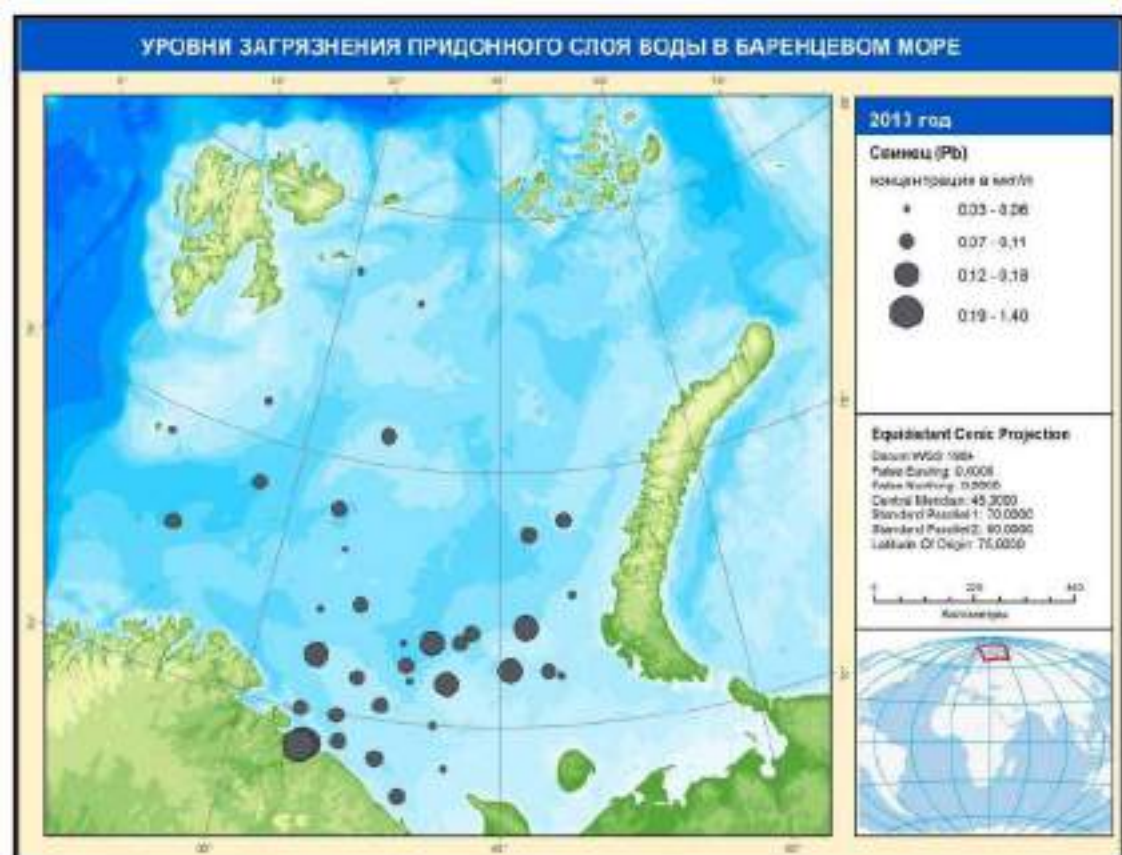
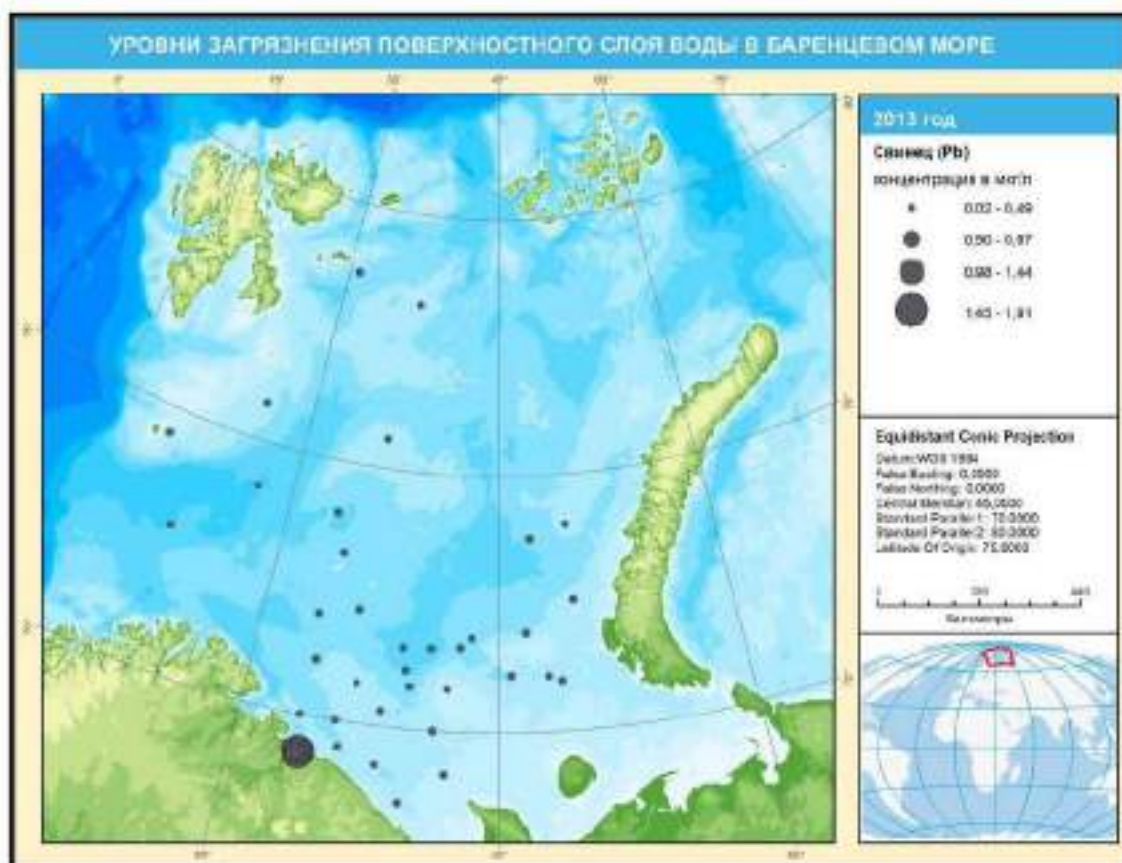


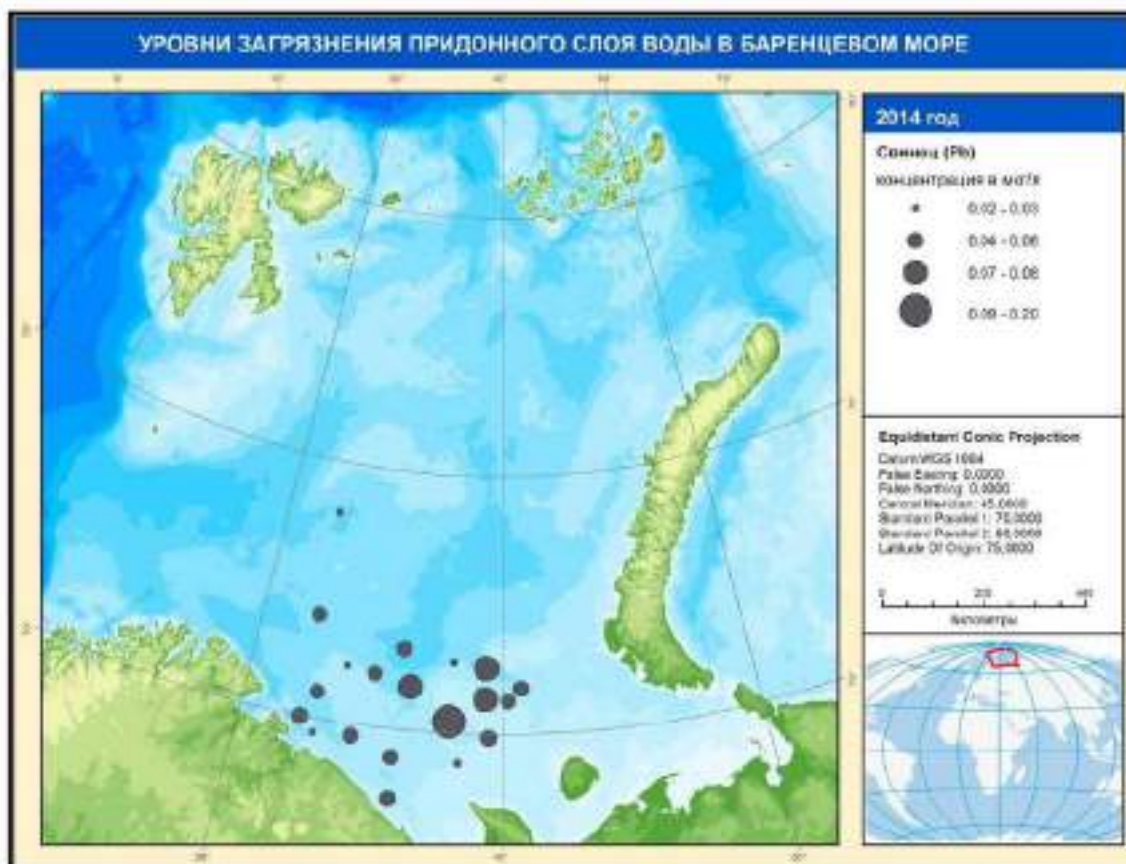
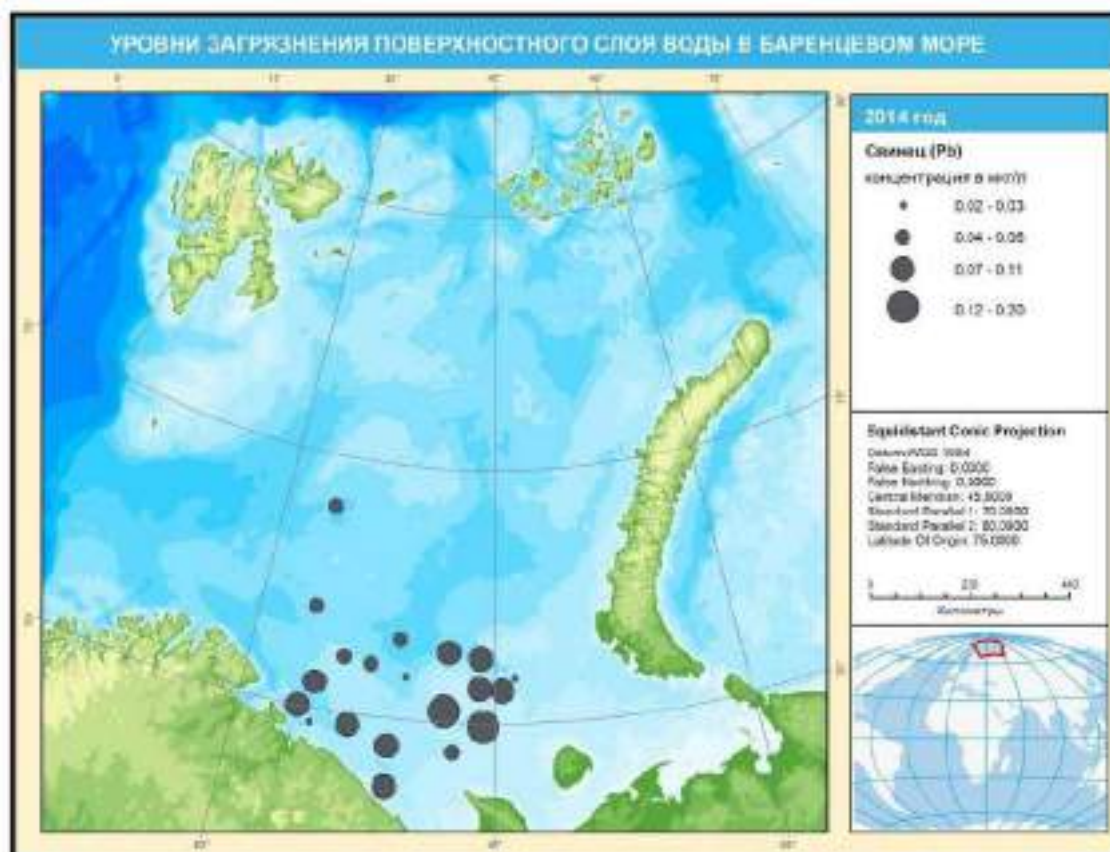


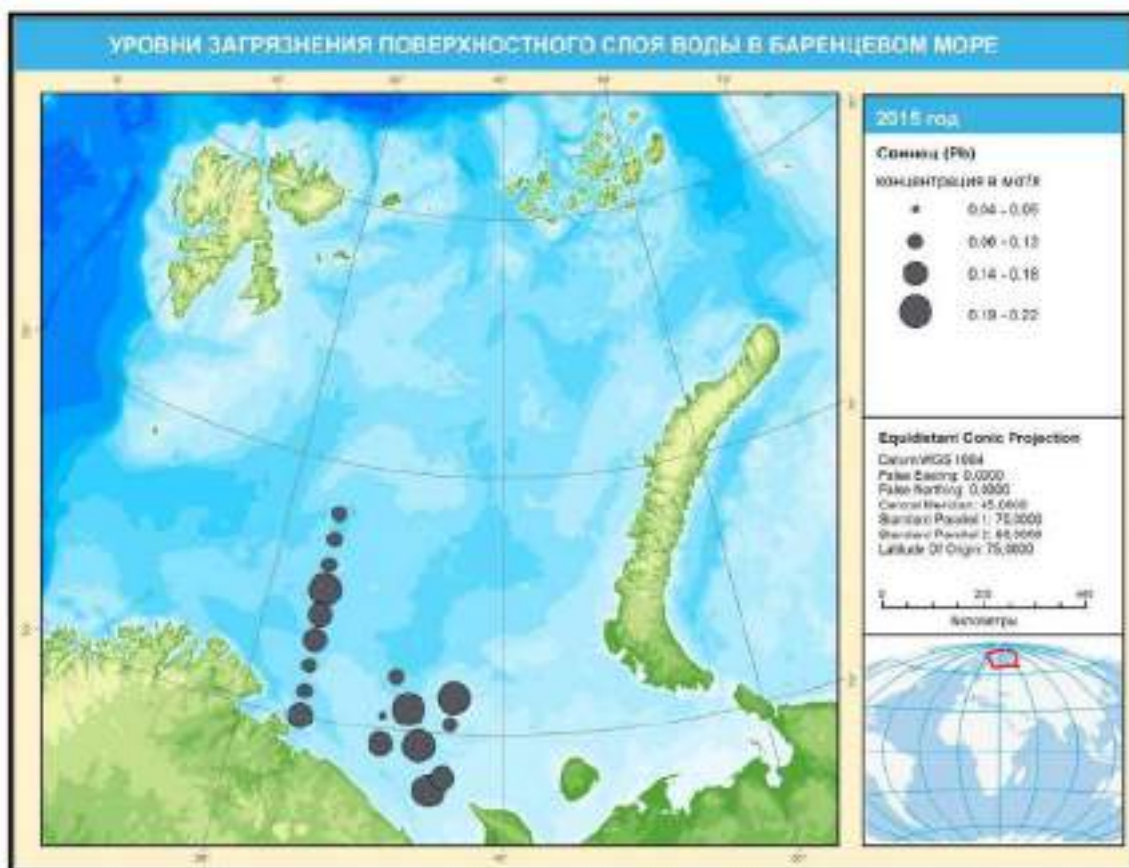


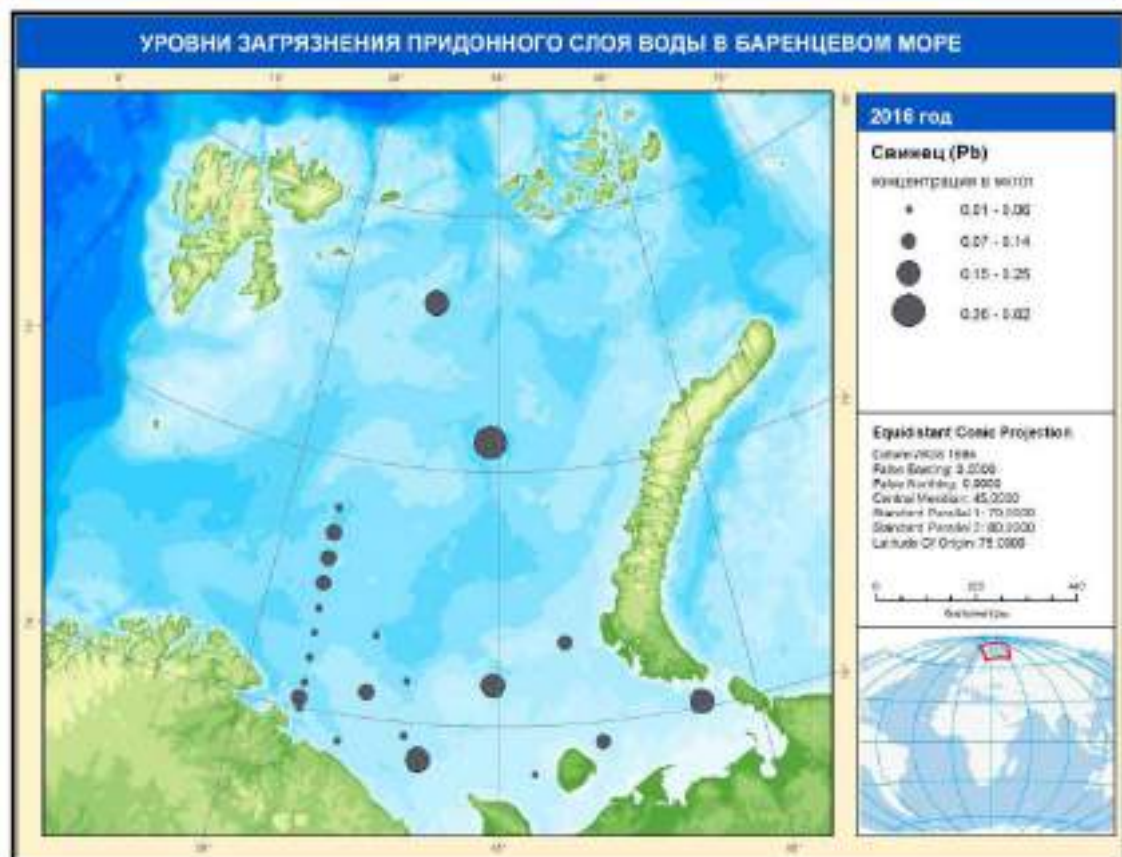
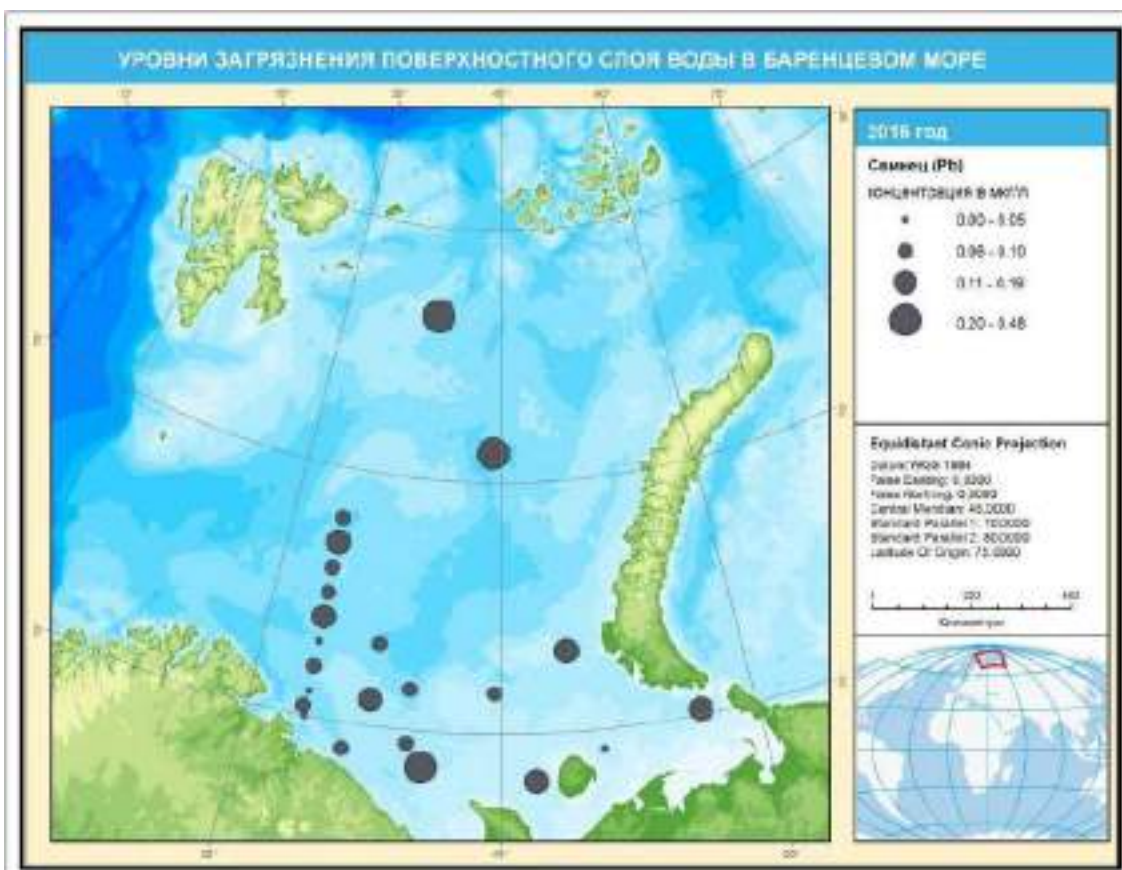


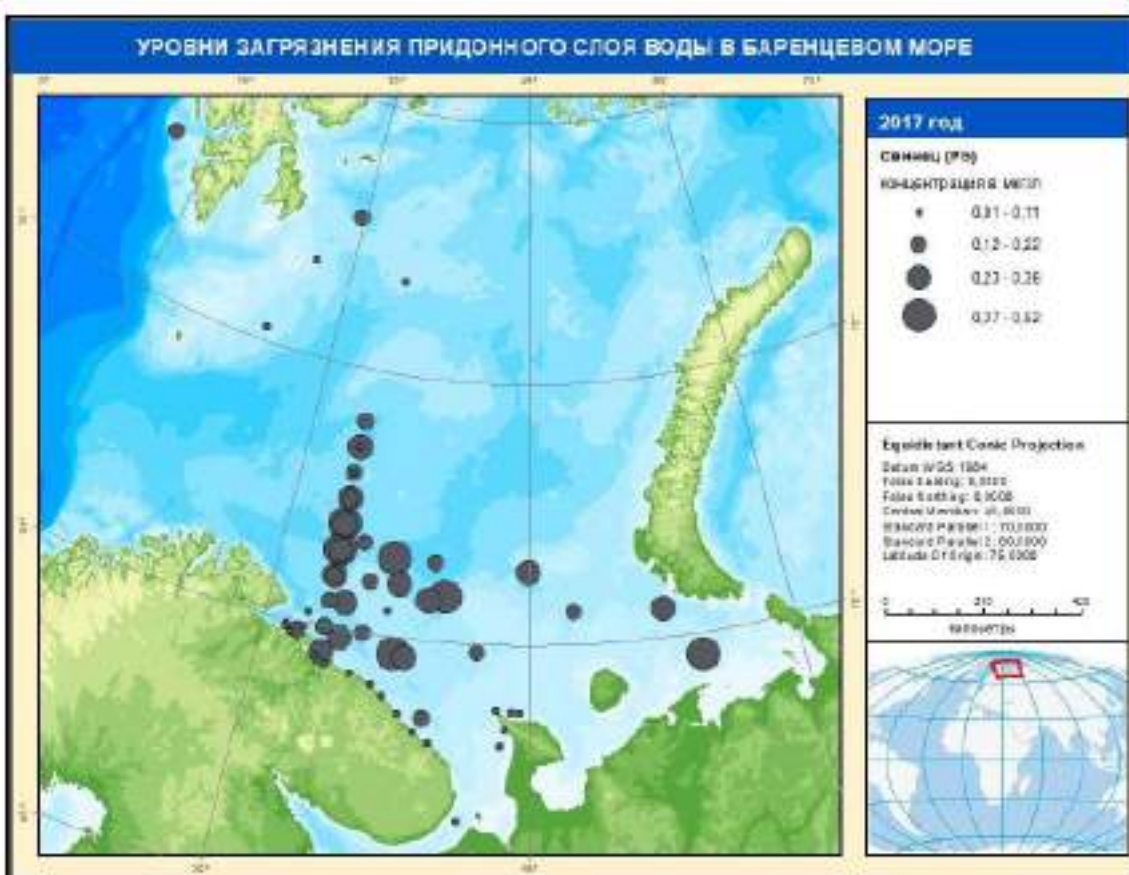
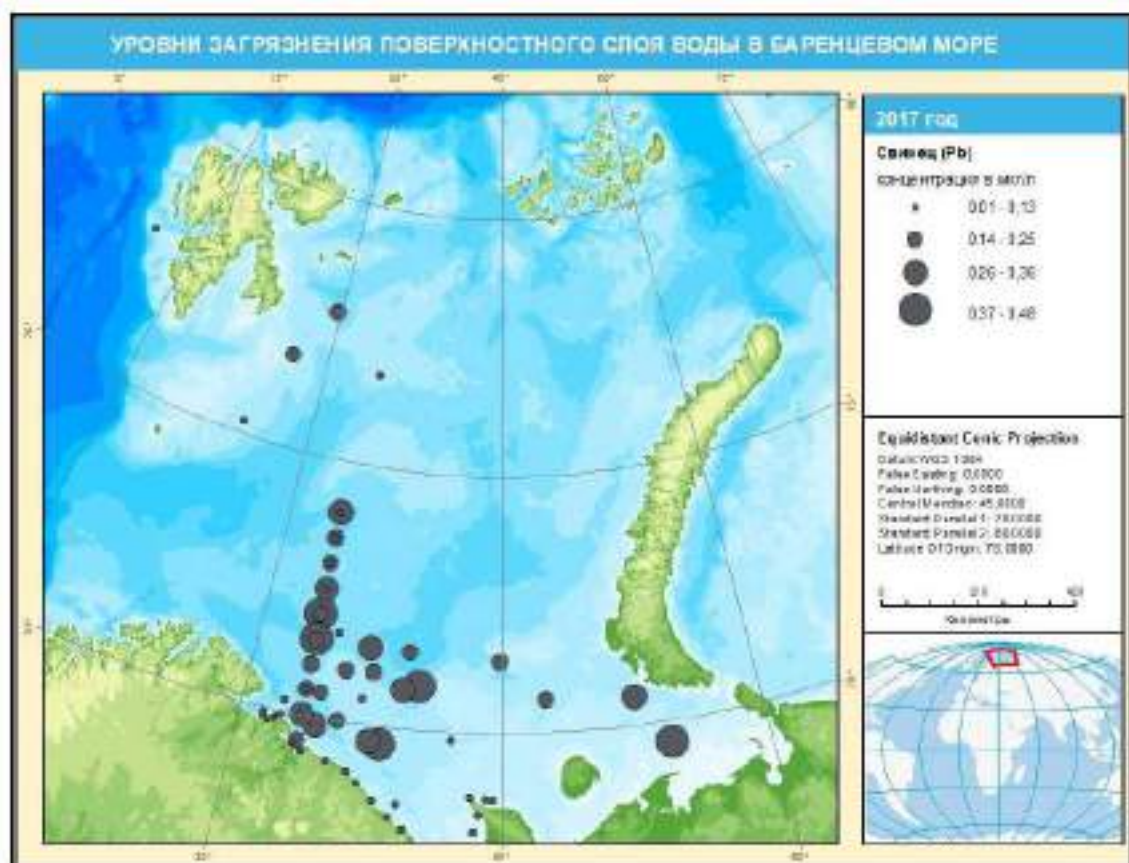


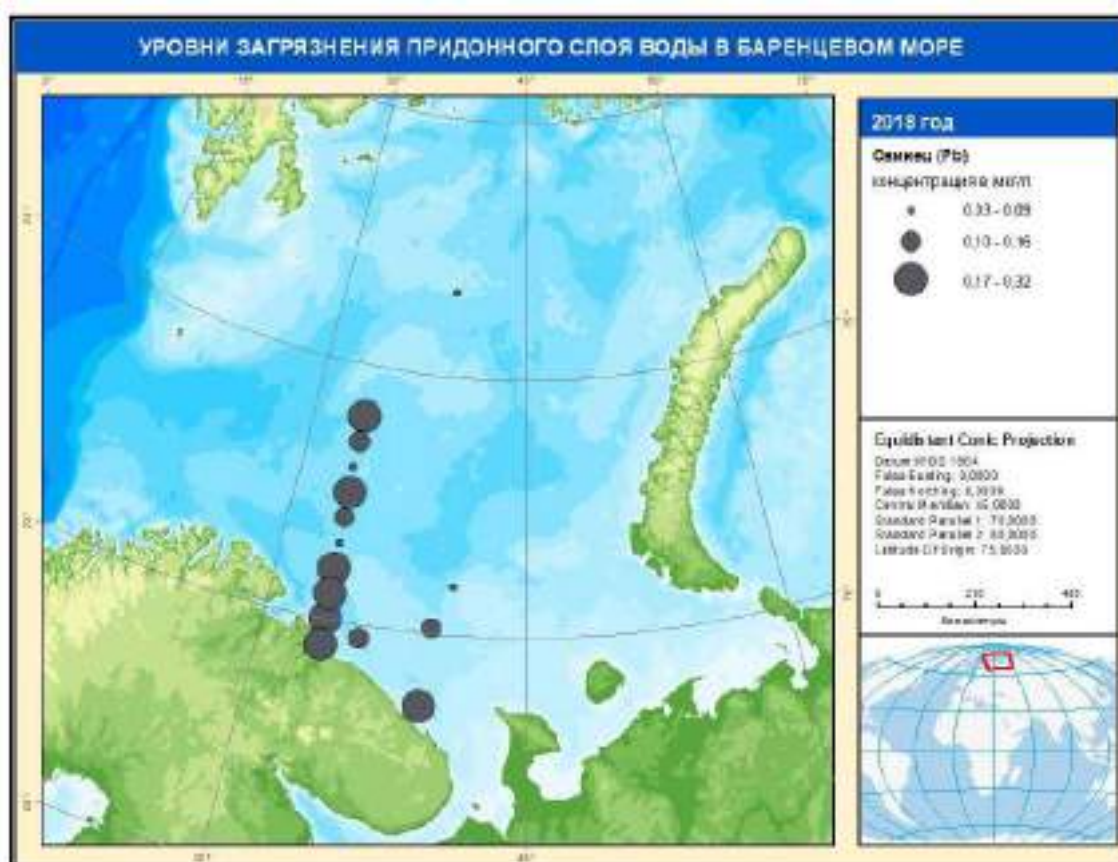
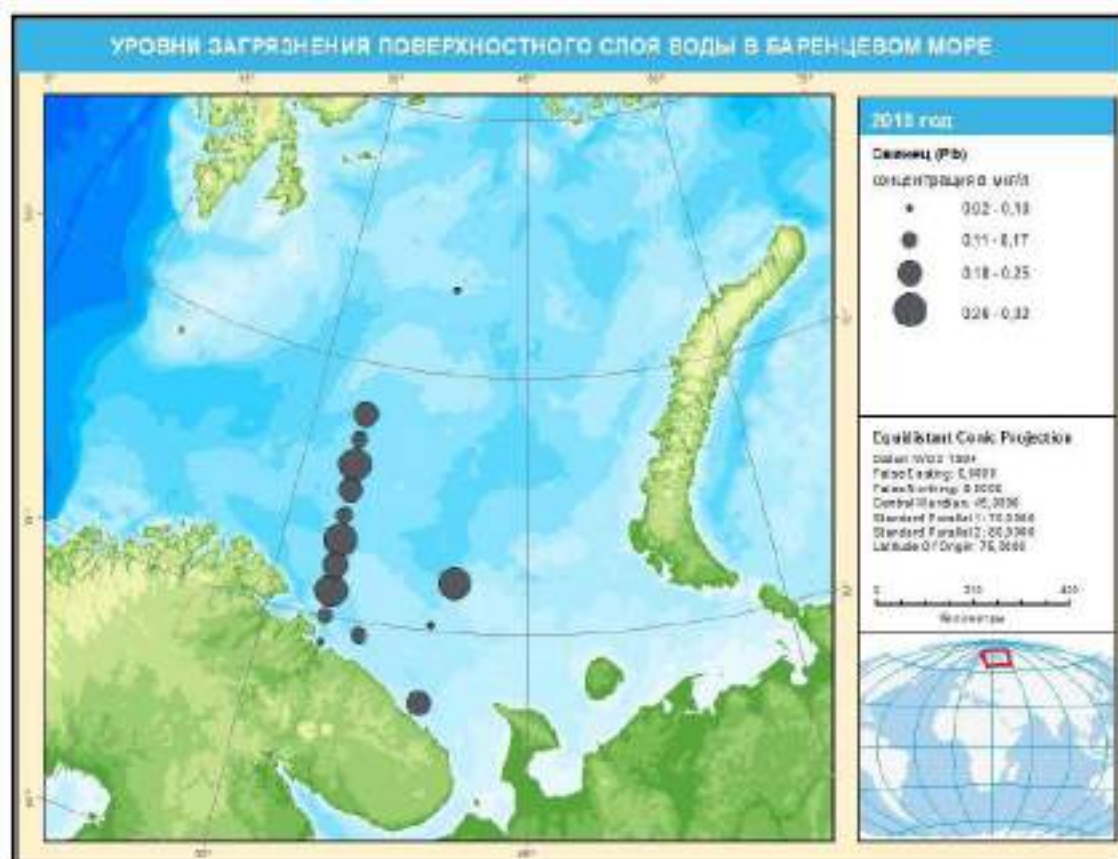












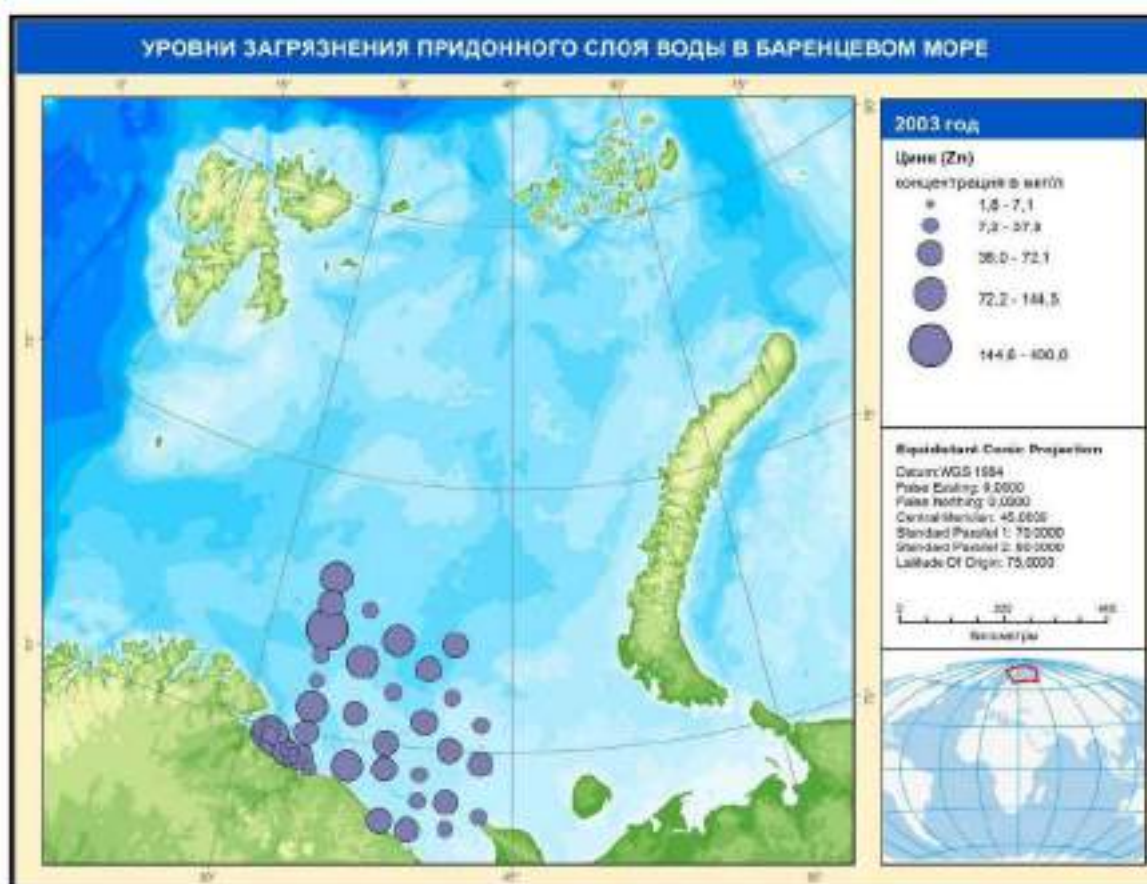
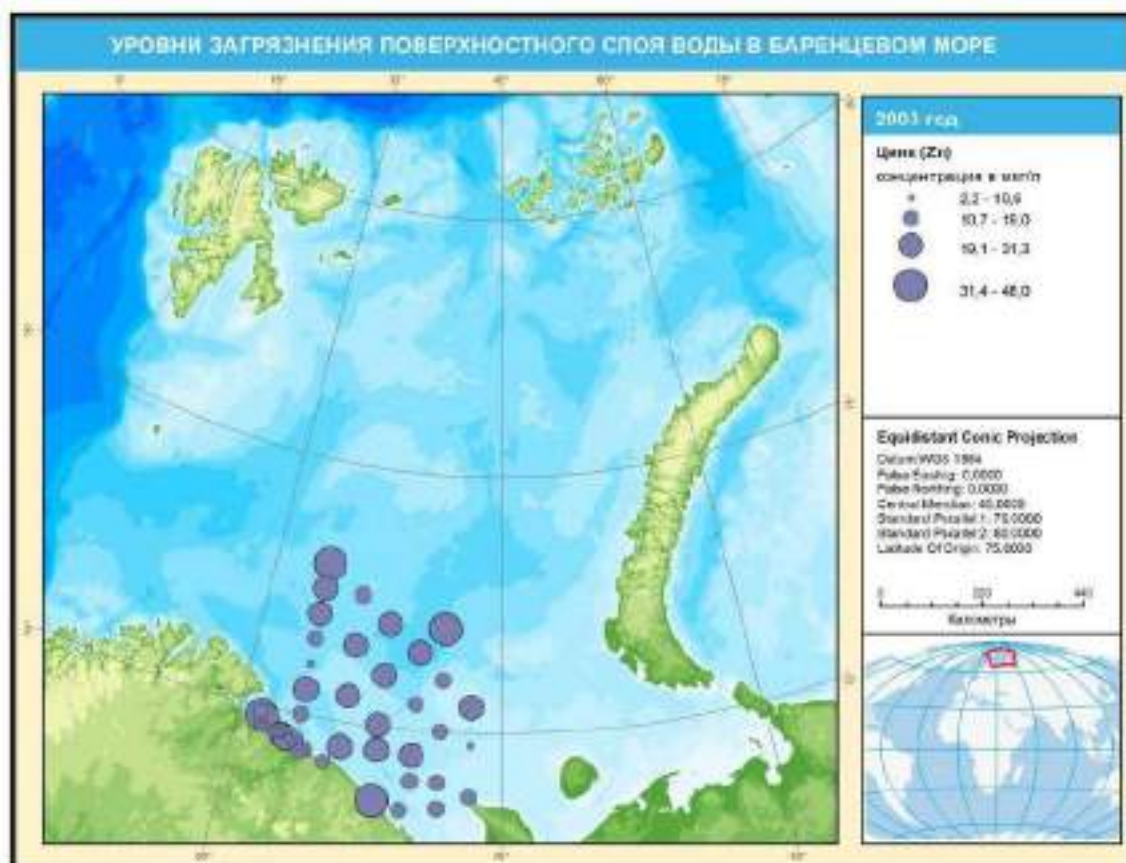
Цинк

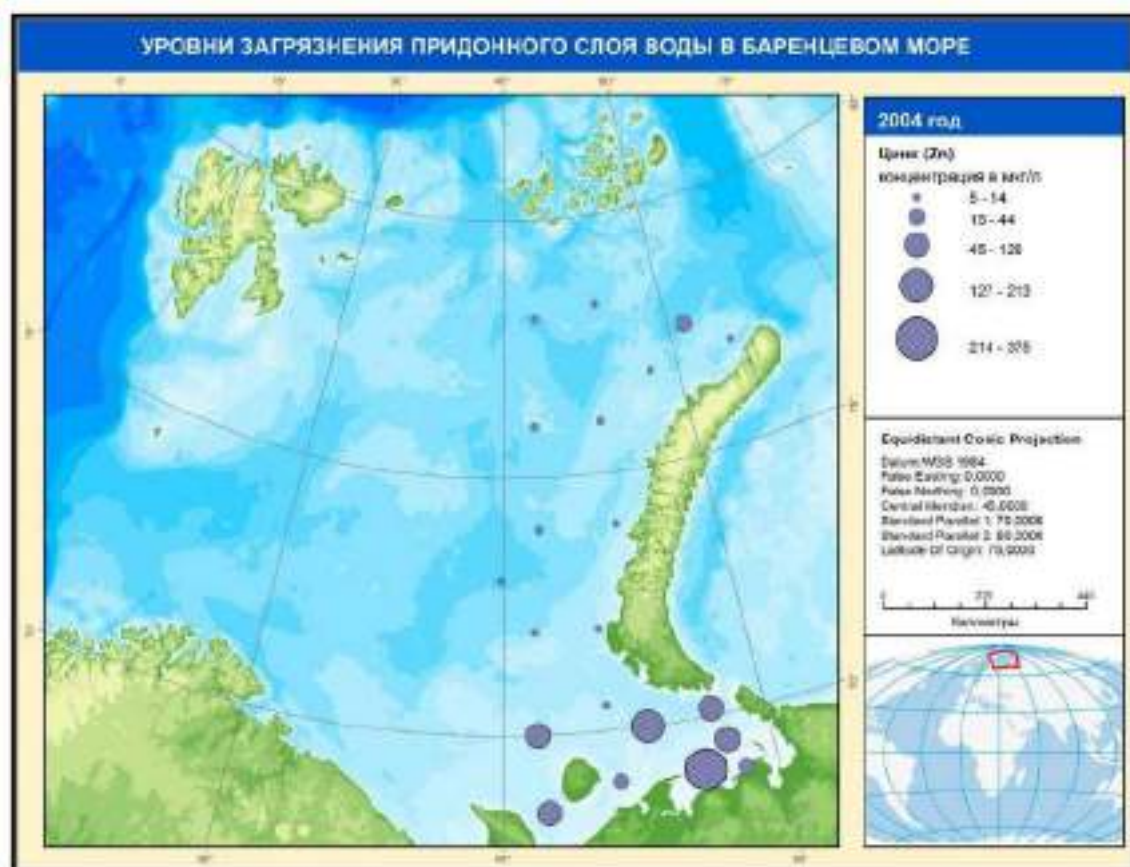
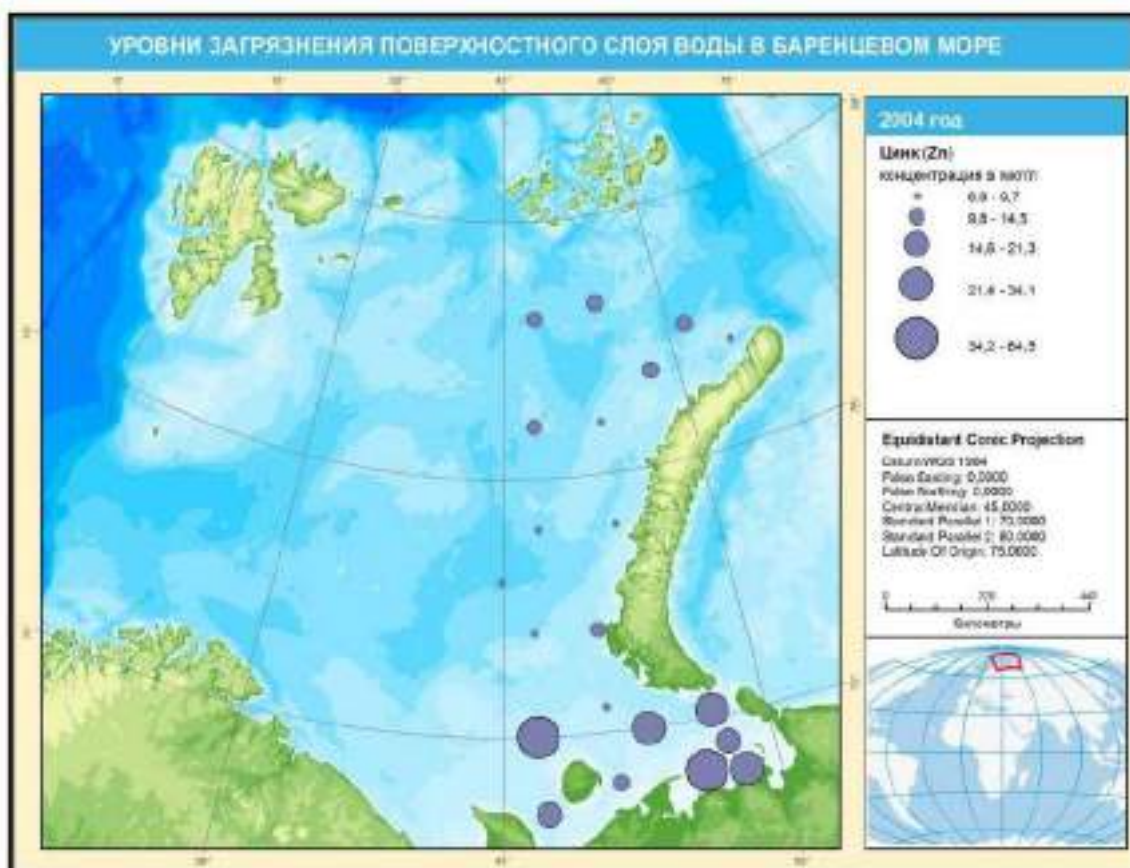
Цинк относительно мало распространенный в природе элемент. Он попадает в воду в результате процессов разрушения и растворения горных пород и минералов, главным образом сфалерита ZnS , сульфидных комплексных железных руд и коррозии трубопроводов. Эродированные ветром почвенные частицы образуют до 58 % цинка, попадающего из природных источников. Поступление с растительной продукцией составляет около 20 %, с морскими солями, поднимаемыми ветром, оно незначительное, несмотря на их большой объем (Мур, Рамамурти, 1987).

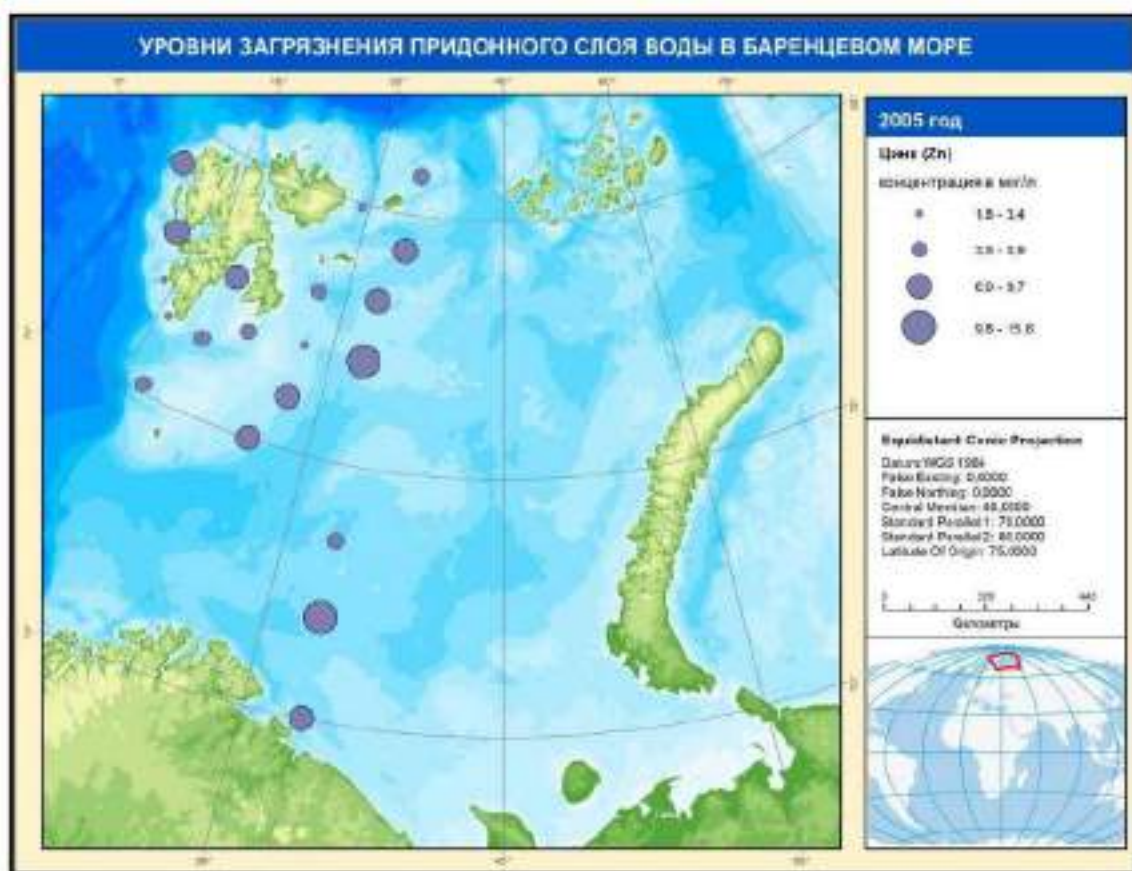
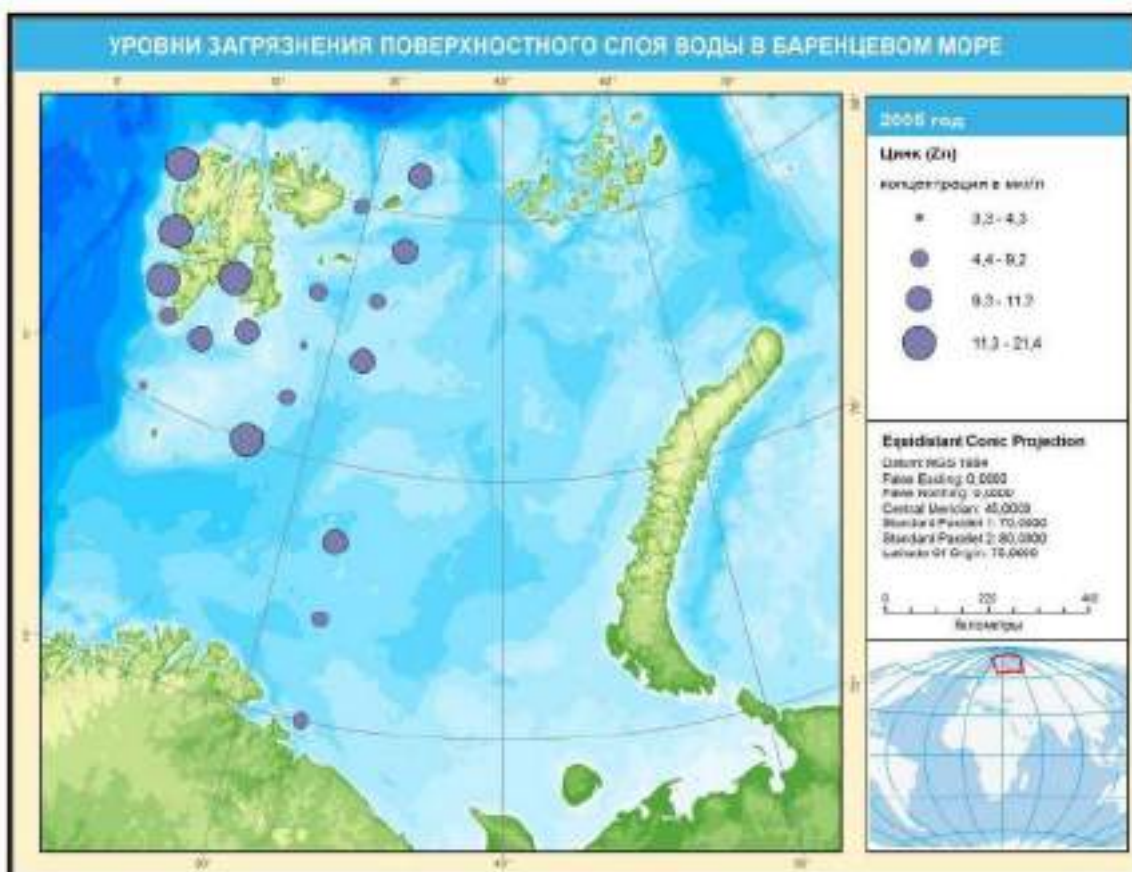
Цинк интенсивно используют во многих отраслях промышленности. Существующее антропогенное поступление цинка в окружающую среду на 700 % превышает природное, причем на производство и использование цветных металлов приходится до 43 % от общего антропогенного выброса цинка в атмосферу. Важным источником цинка является также сжигание древесины и отходов. Значительное количество цинка попадает со сточными водами рудообогатительных фабрик, гальванических цехов многих предприятий, производств сплавов, электрических элементов (батареек), пергаментной бумаги, минеральных красок, искусственного волокна и др. (Лурье, Рыбникова, 1974; Руководство по химическому..., 1977; Химия окружающей среды, 1982).

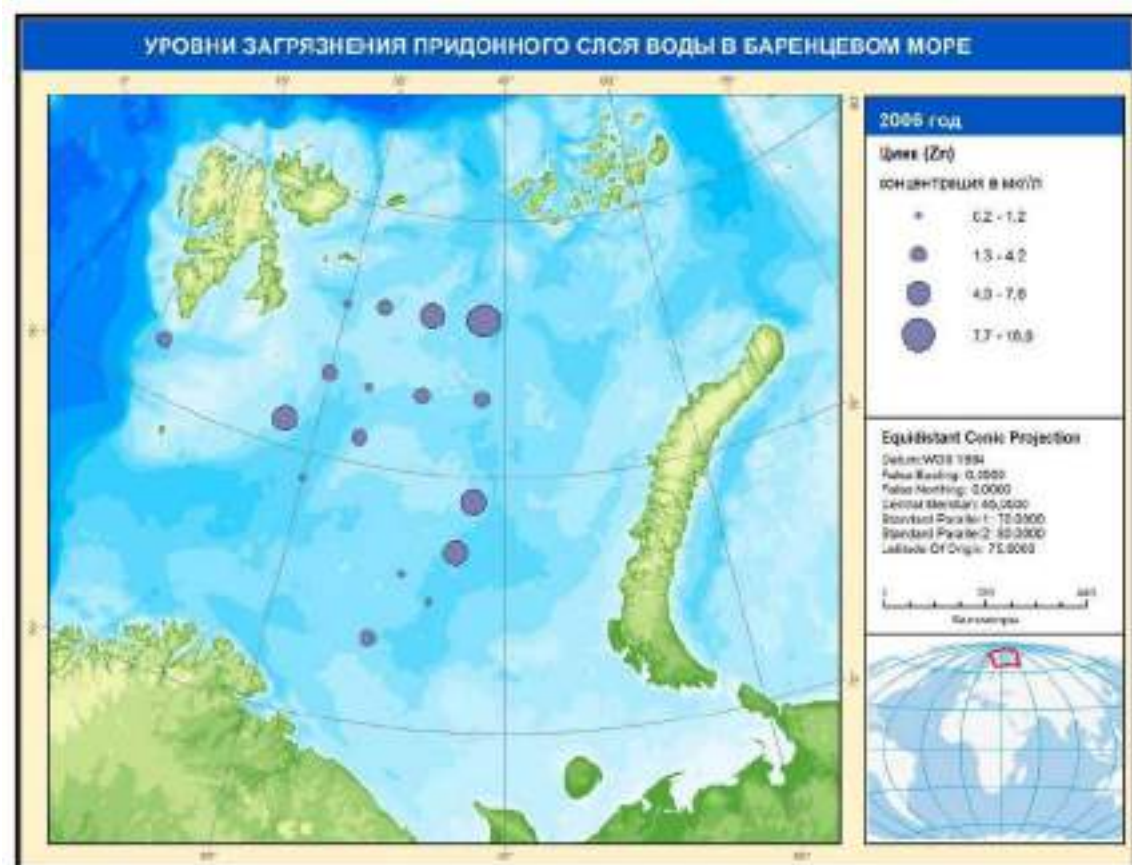
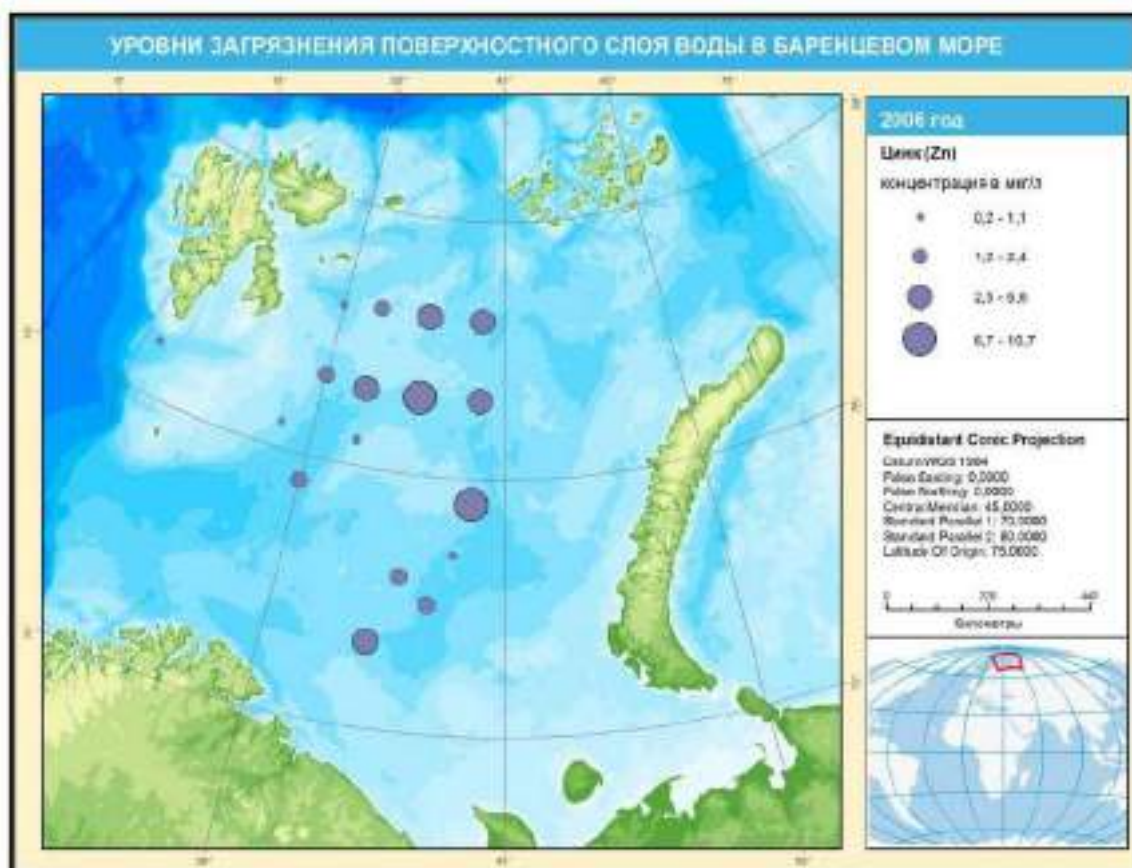
Большое количество цинка переносится и выпадает с атмосферными осадками. Так, в снеге из южных районов Норвегии его содержание составило 10-205 мкг/л. В зависимости от местонахождения доля атмосферного цинка в водных экосистемах может быть более 50 % от общего его поступления (Мур, Рамамурти, 1987). Ряд исследователей отмечают, что для Zn характерно глобальное распространение преимущественно океаническим путем (с течениями), а также реками, такими, например, как Енисей (Диагностический анализ состояния..., 2011; АМАР, 2005).

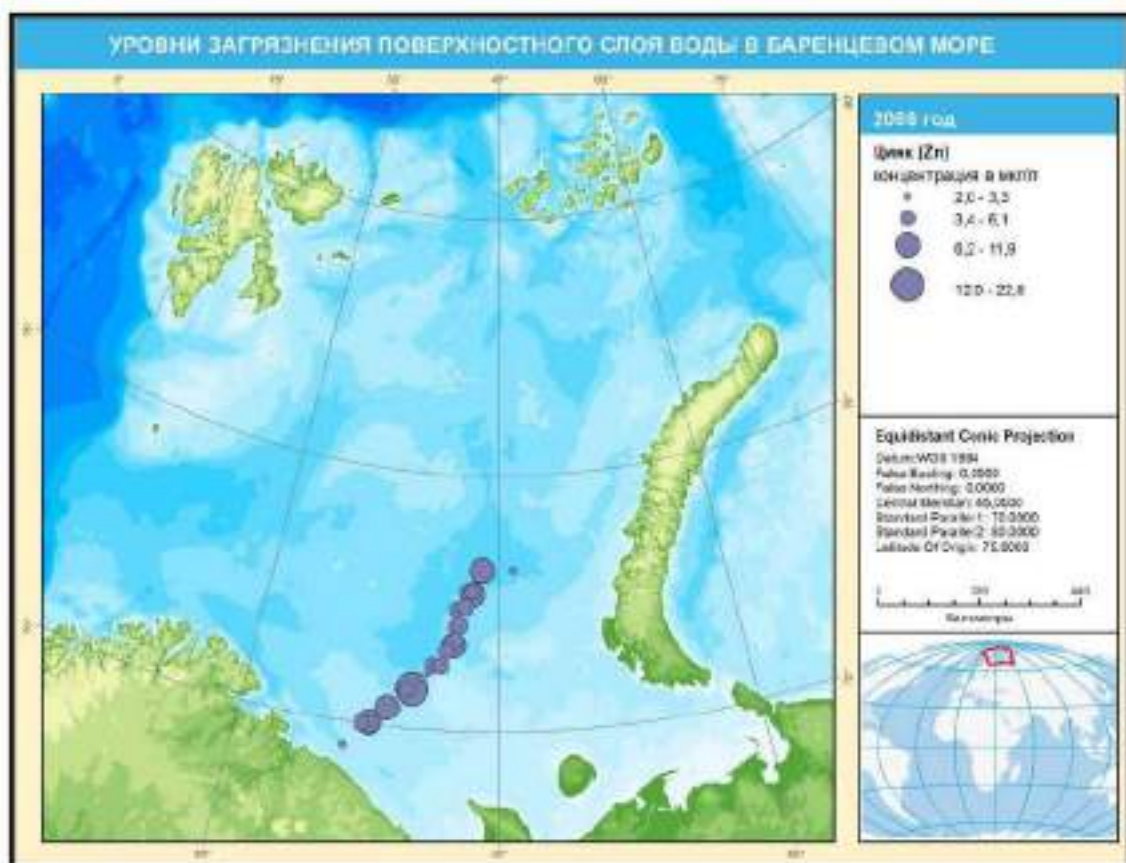
Ниже приводятся карты содержания цинка (Zn) в: 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг.

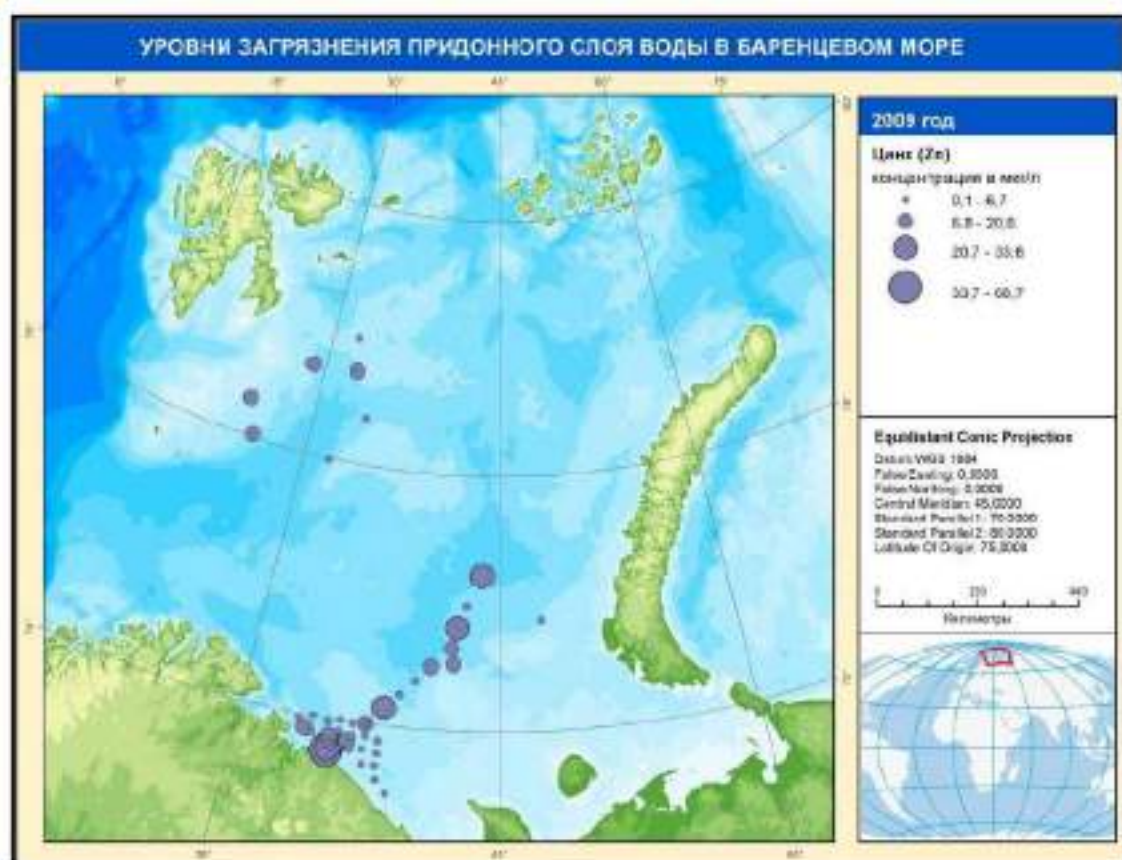
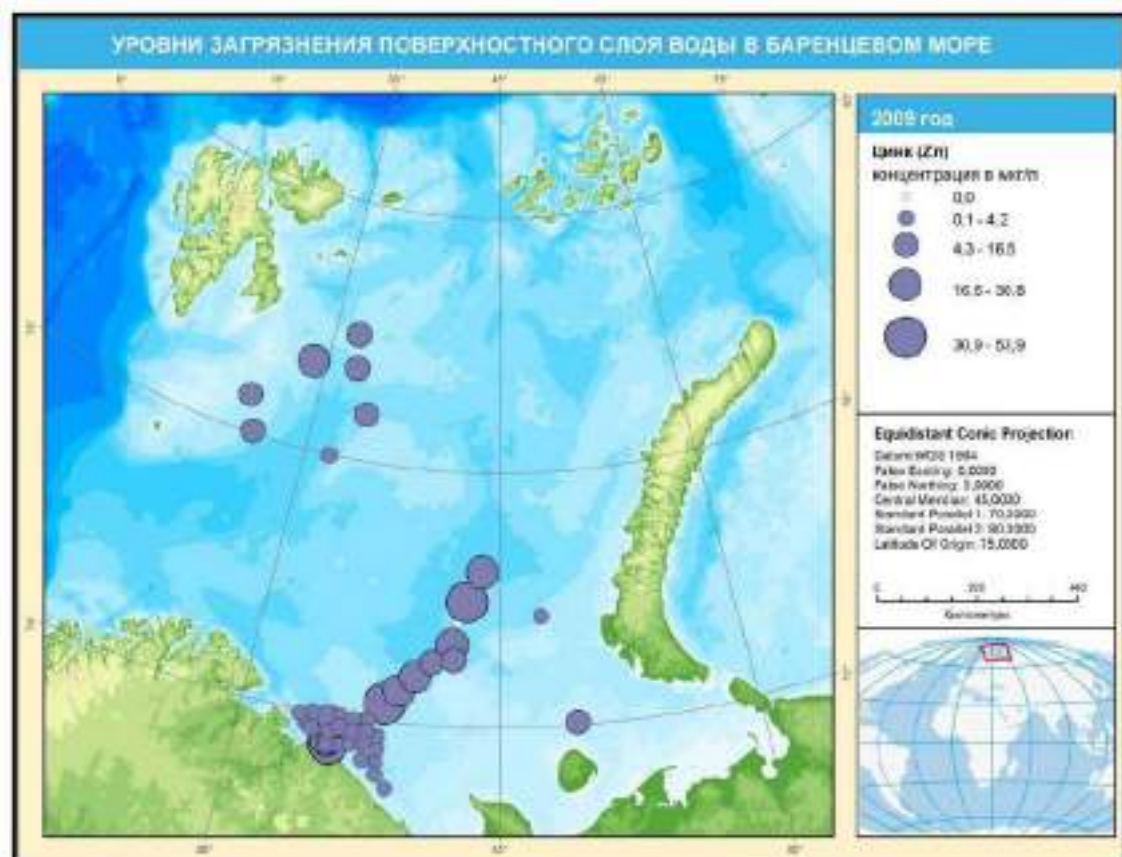


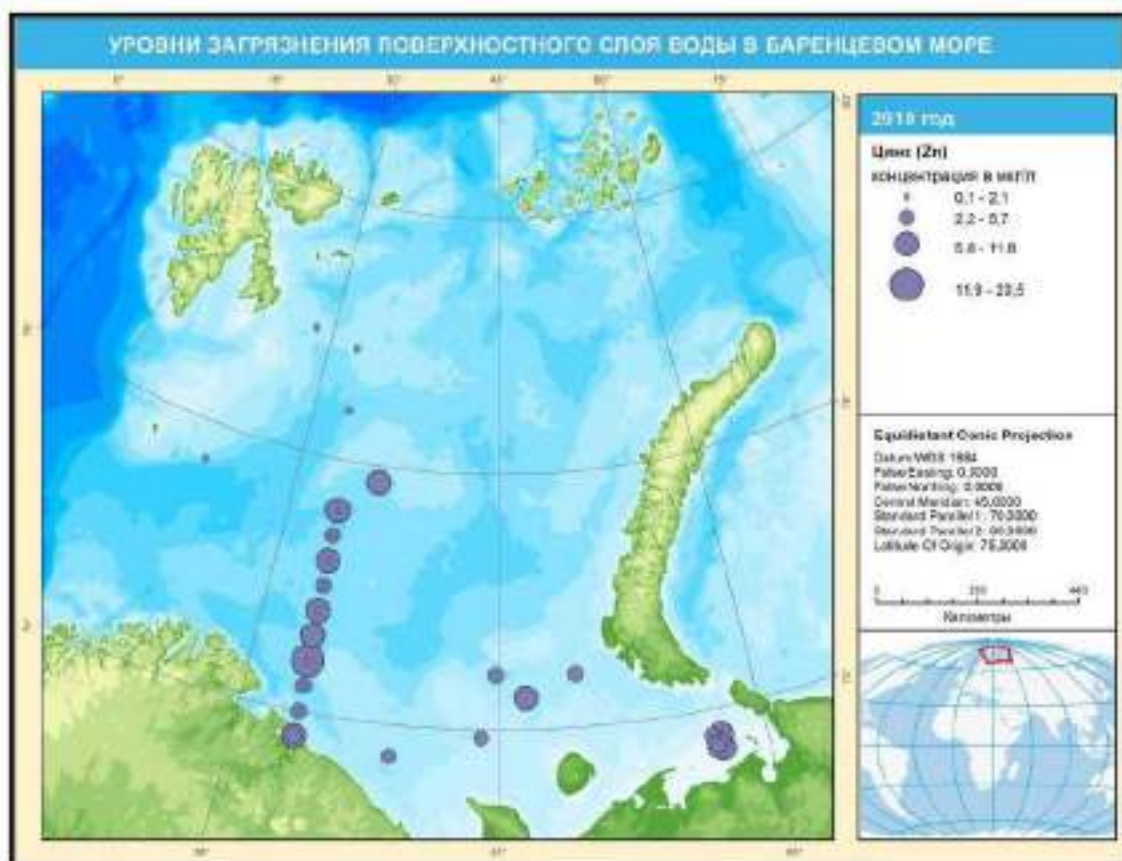


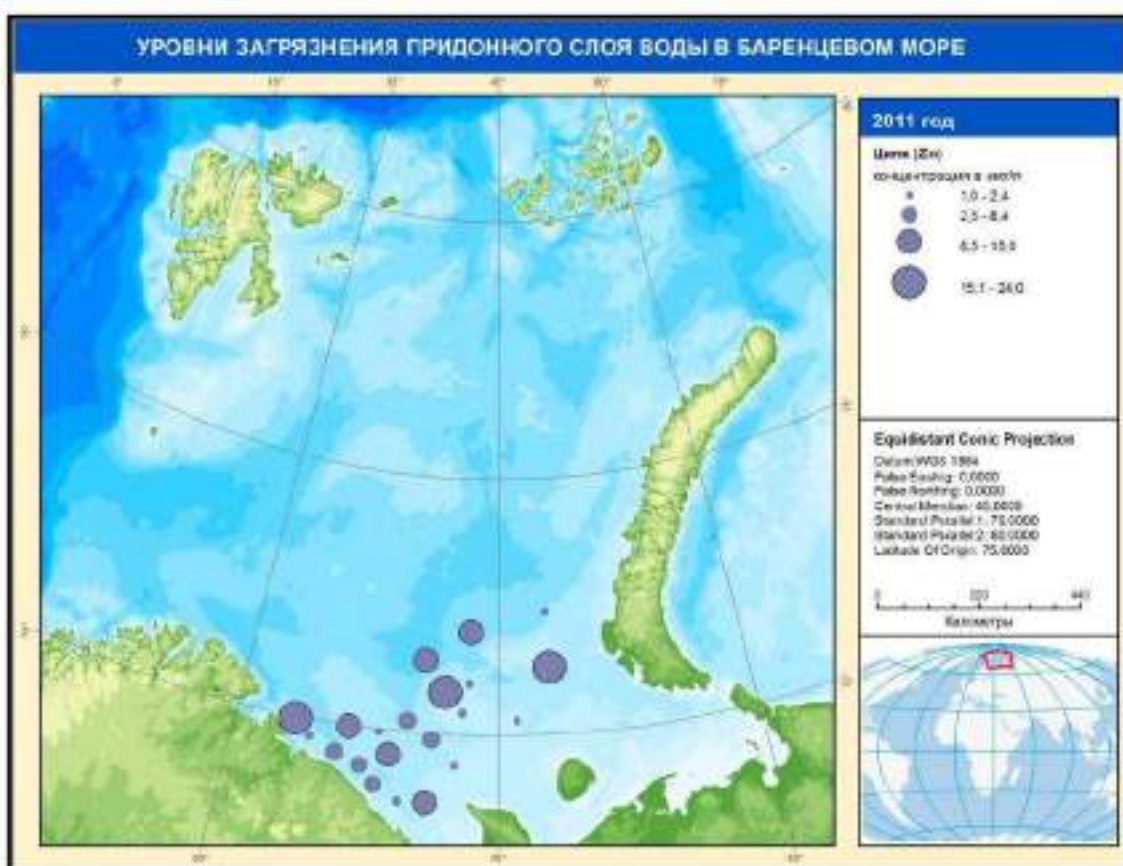
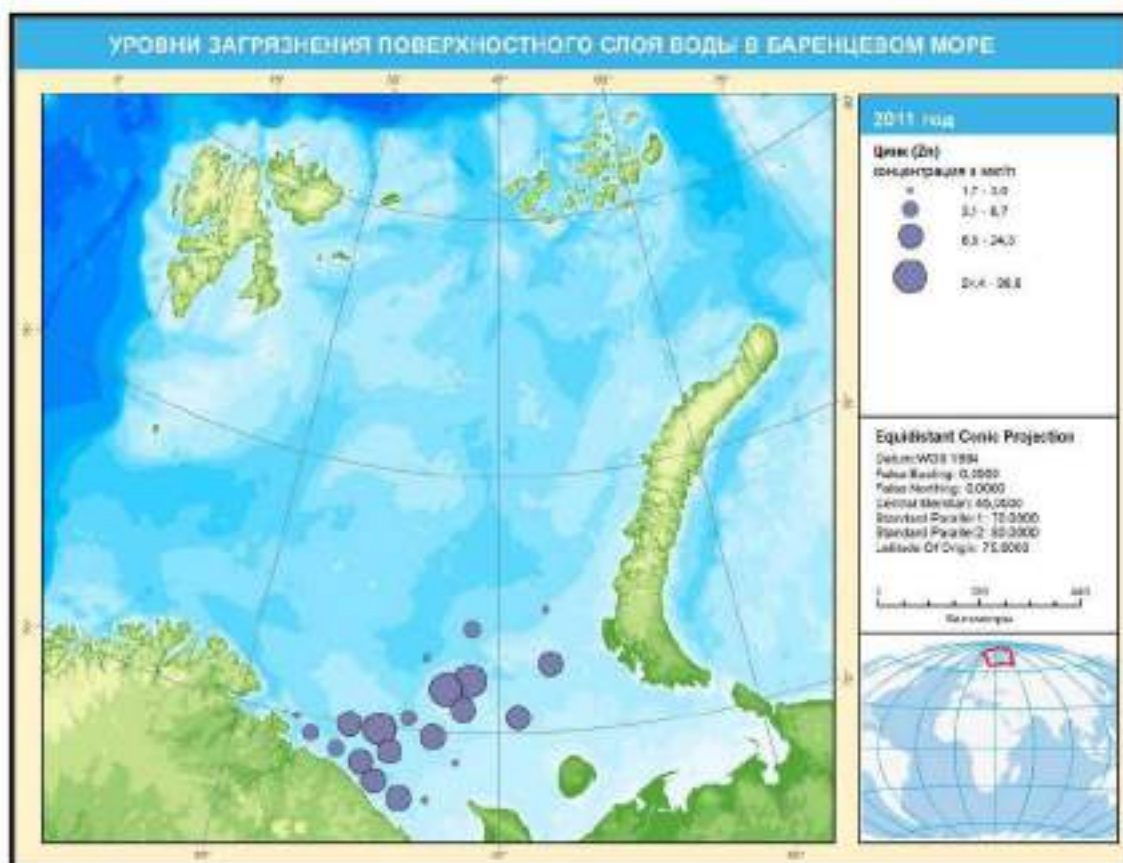


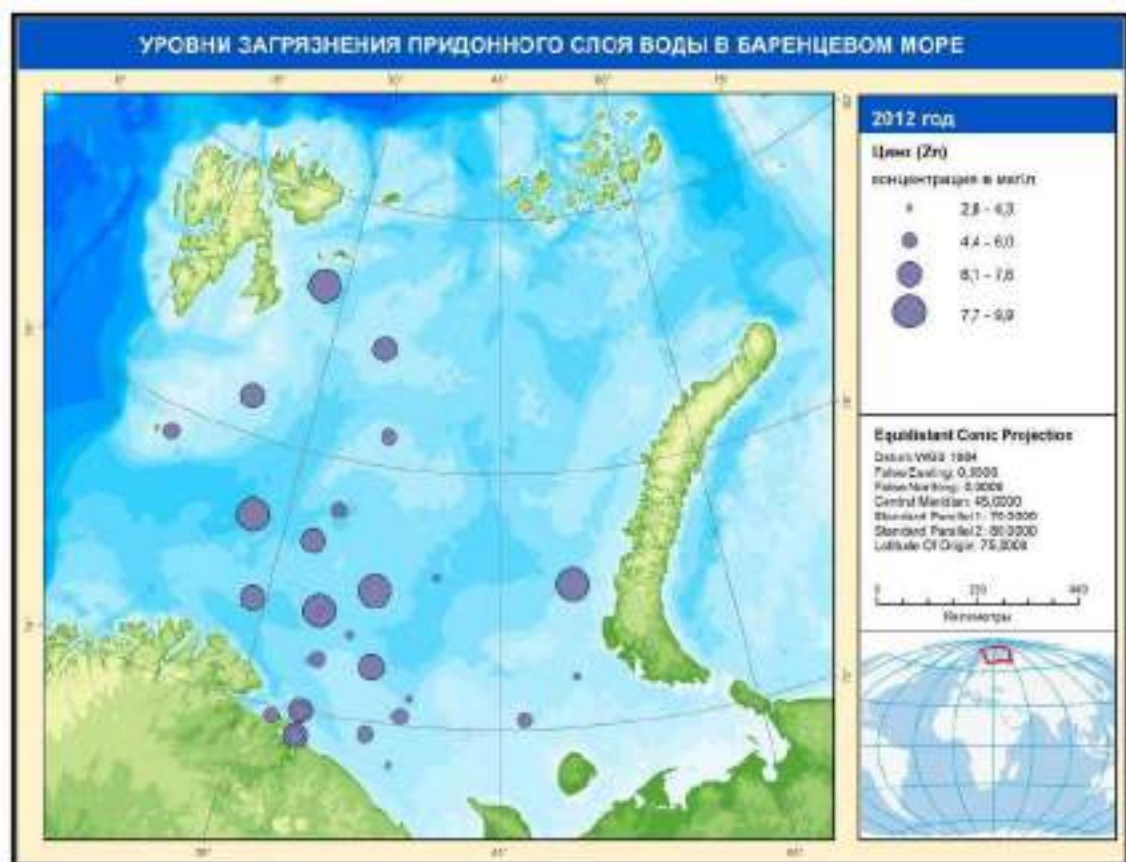
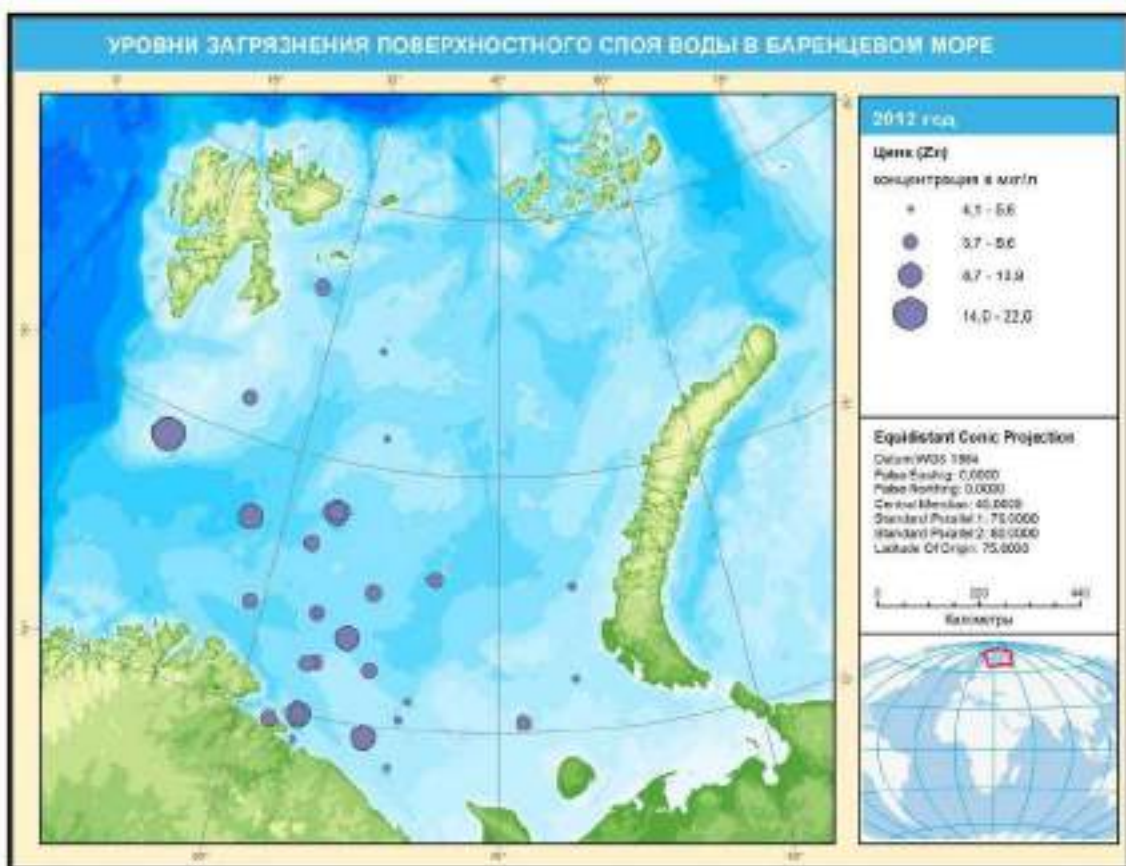


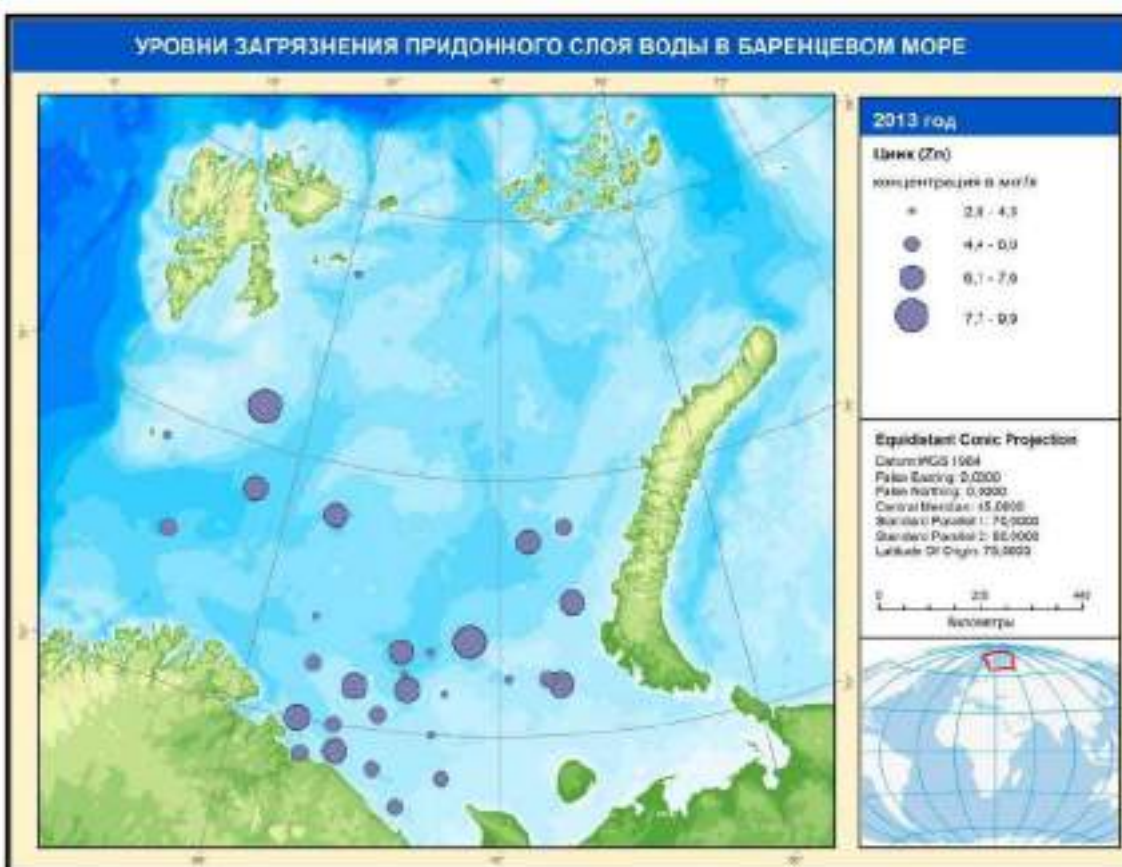
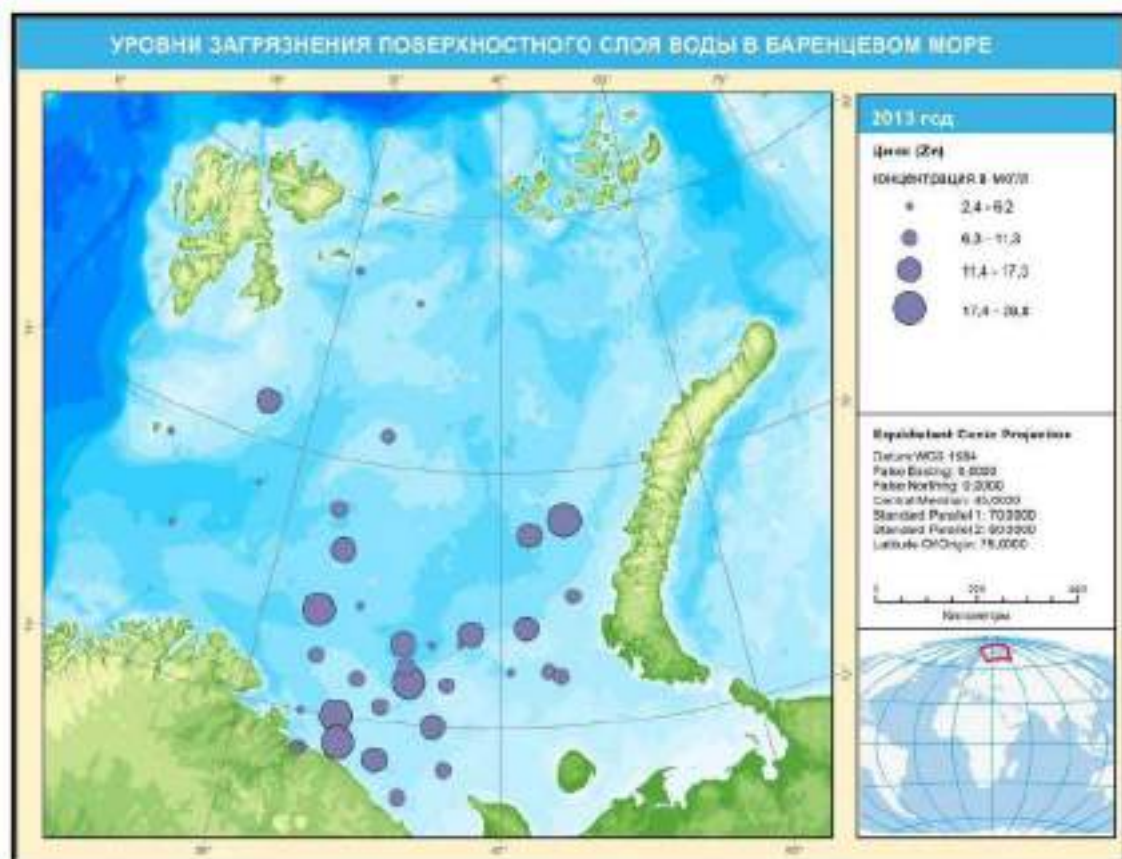


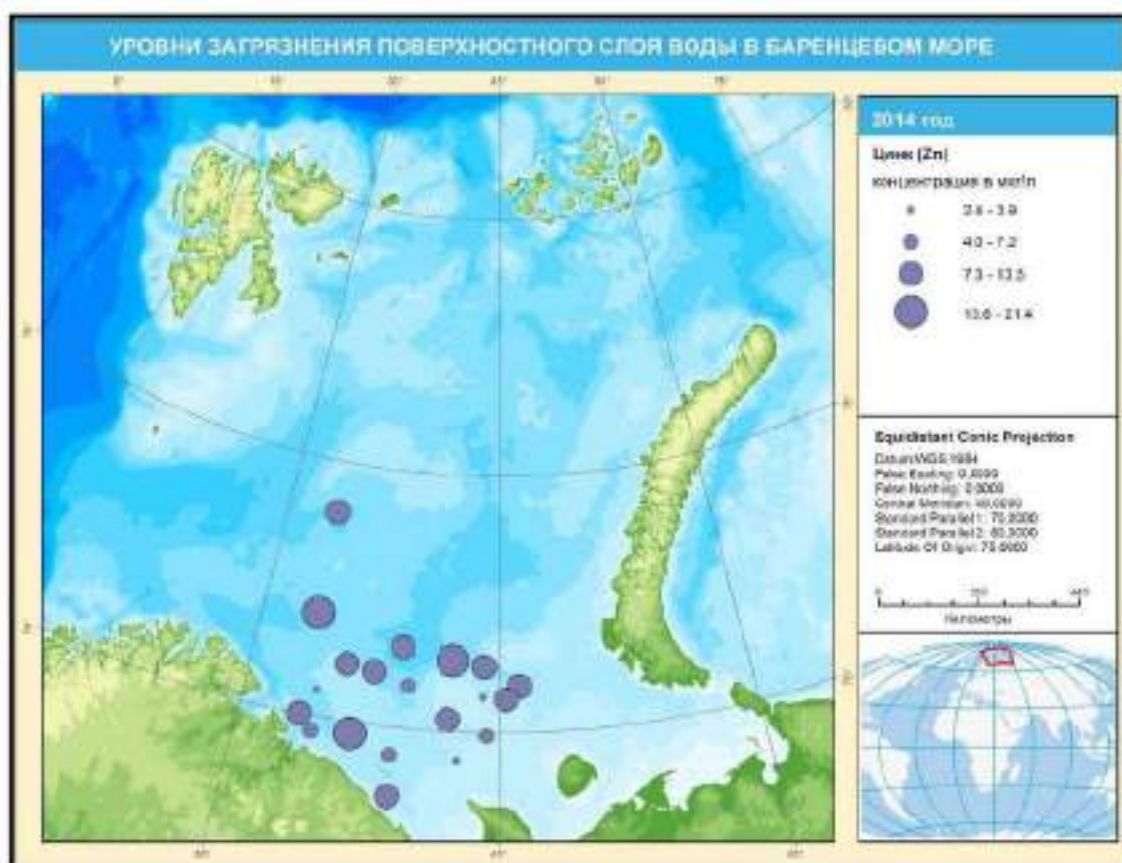


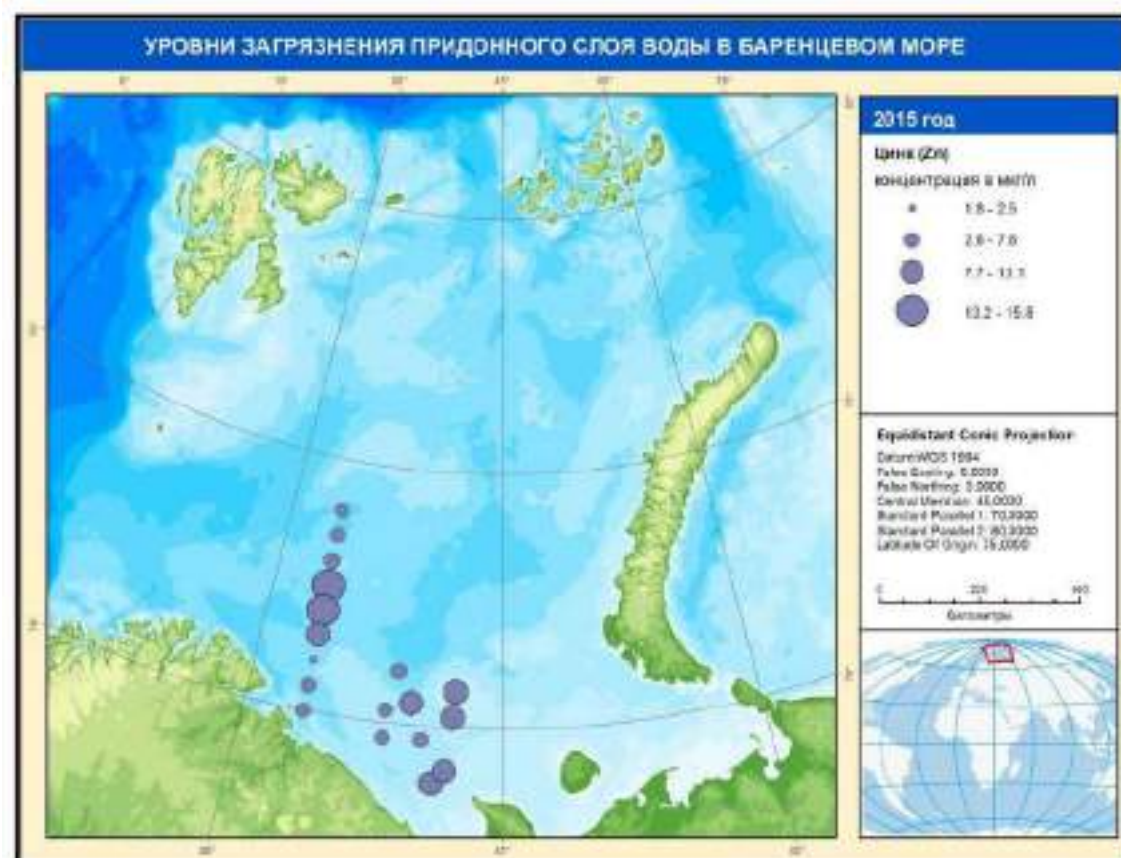
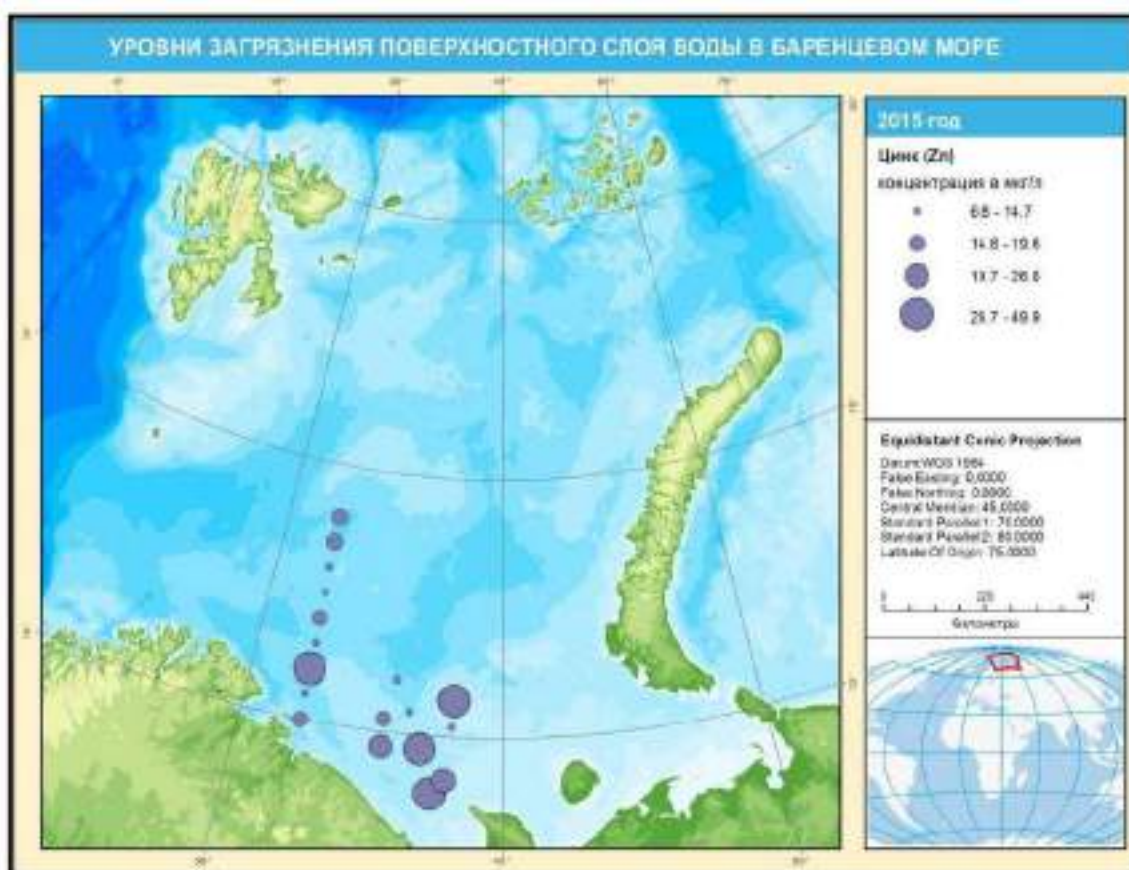


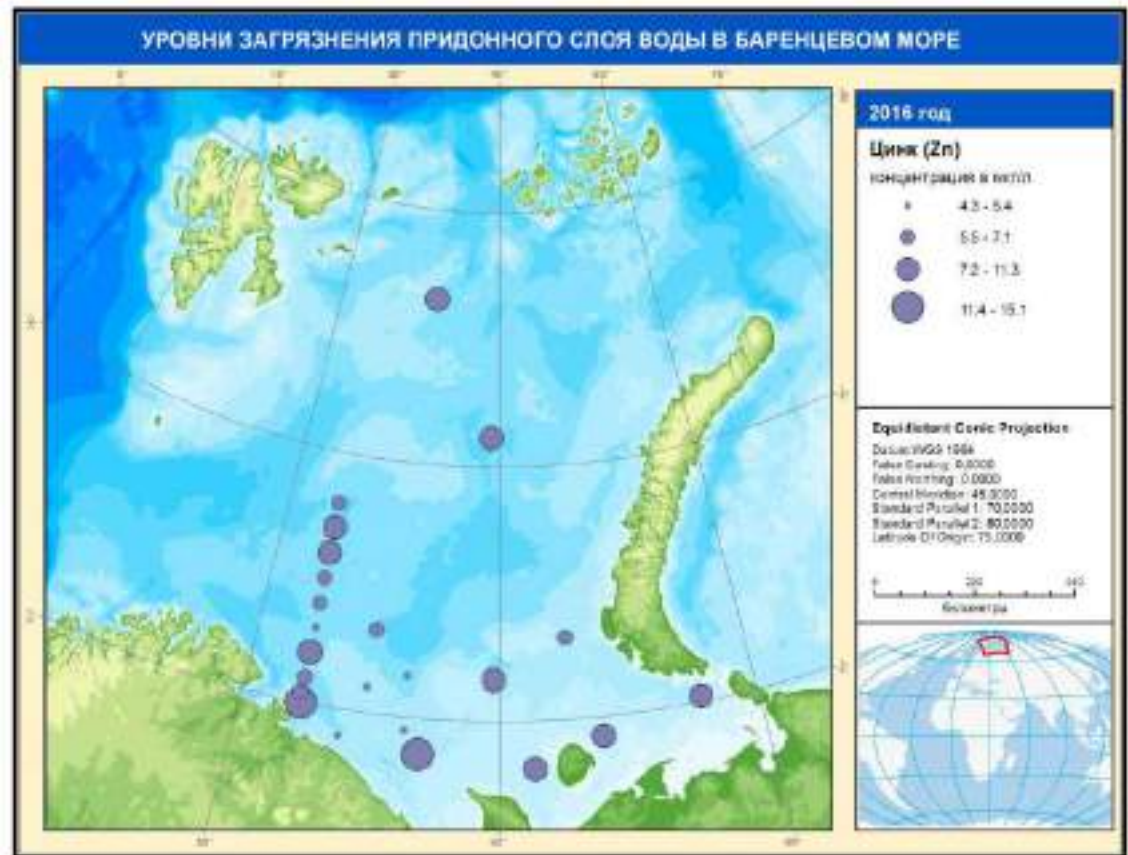
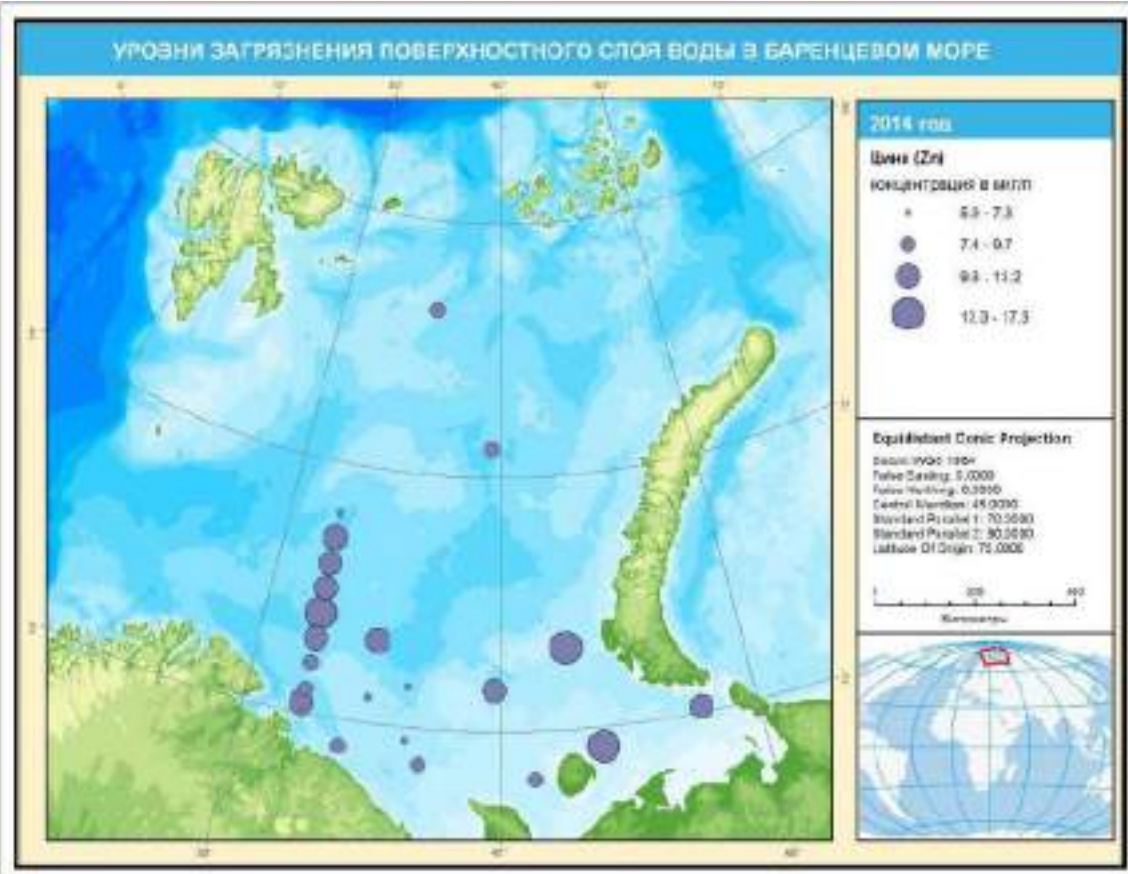


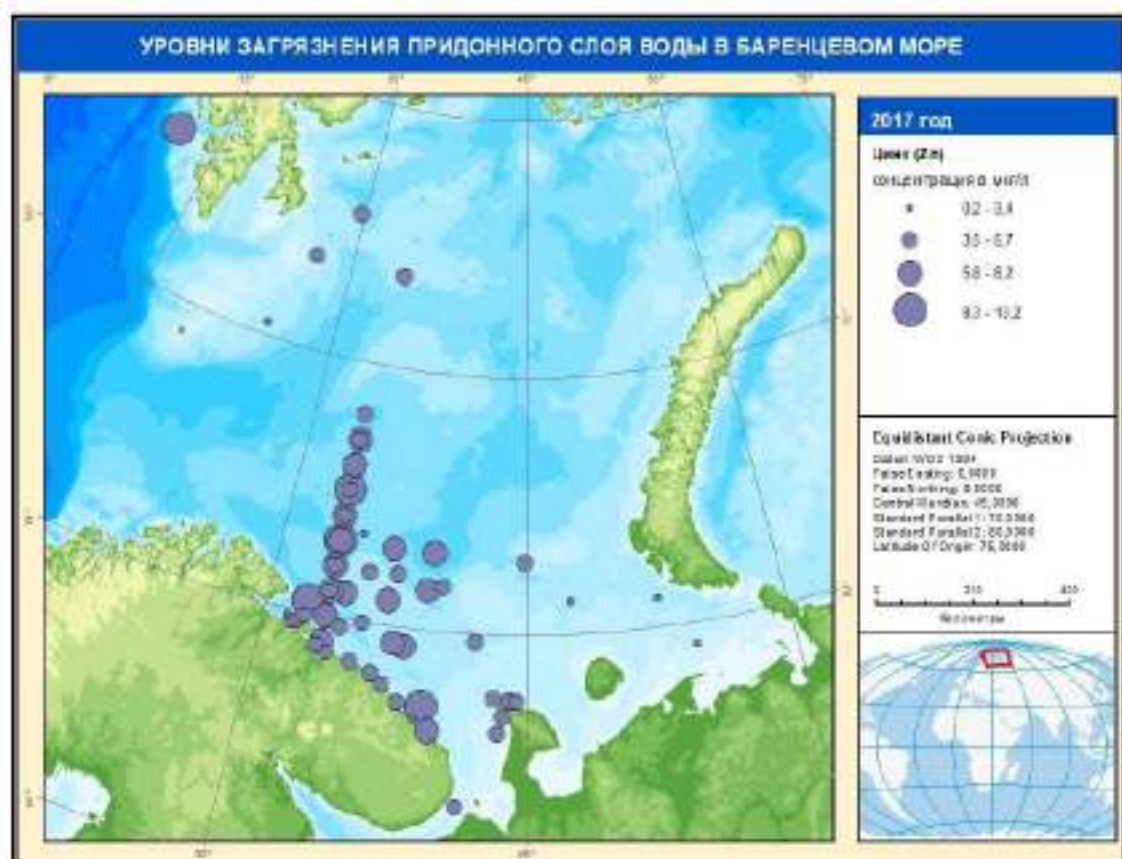
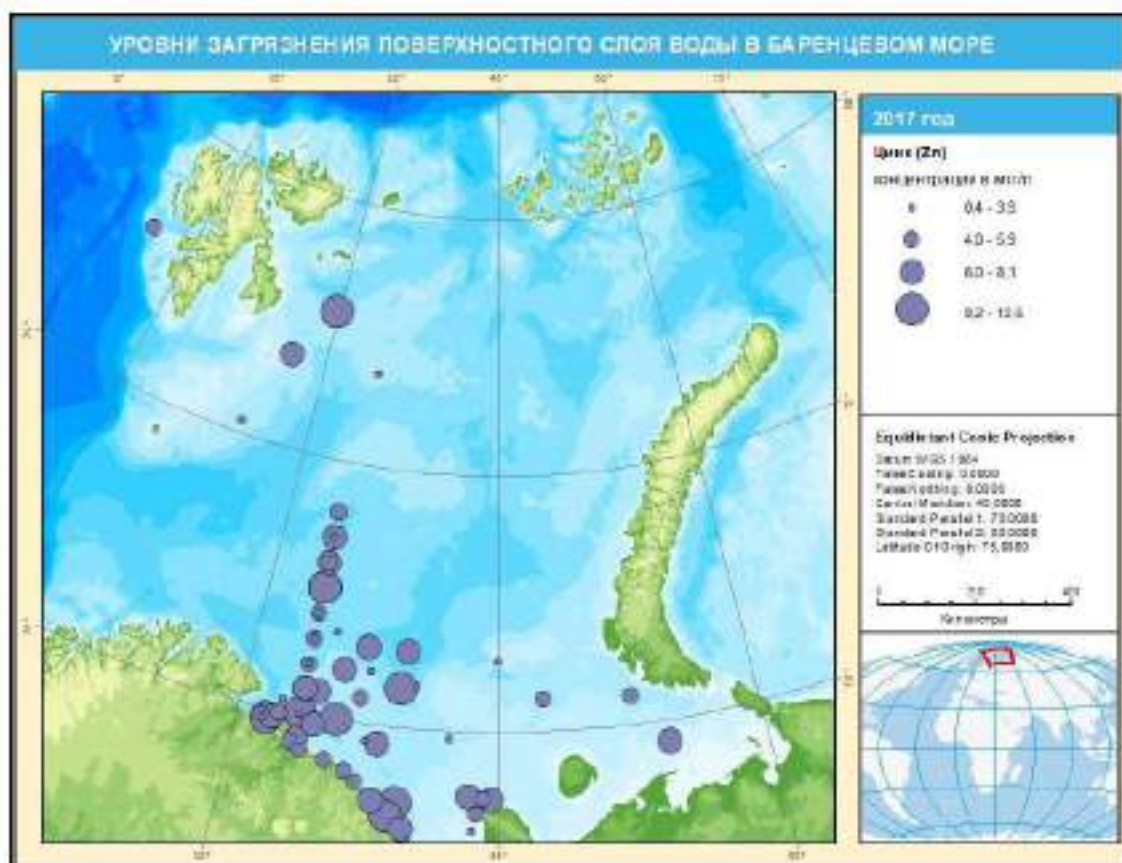


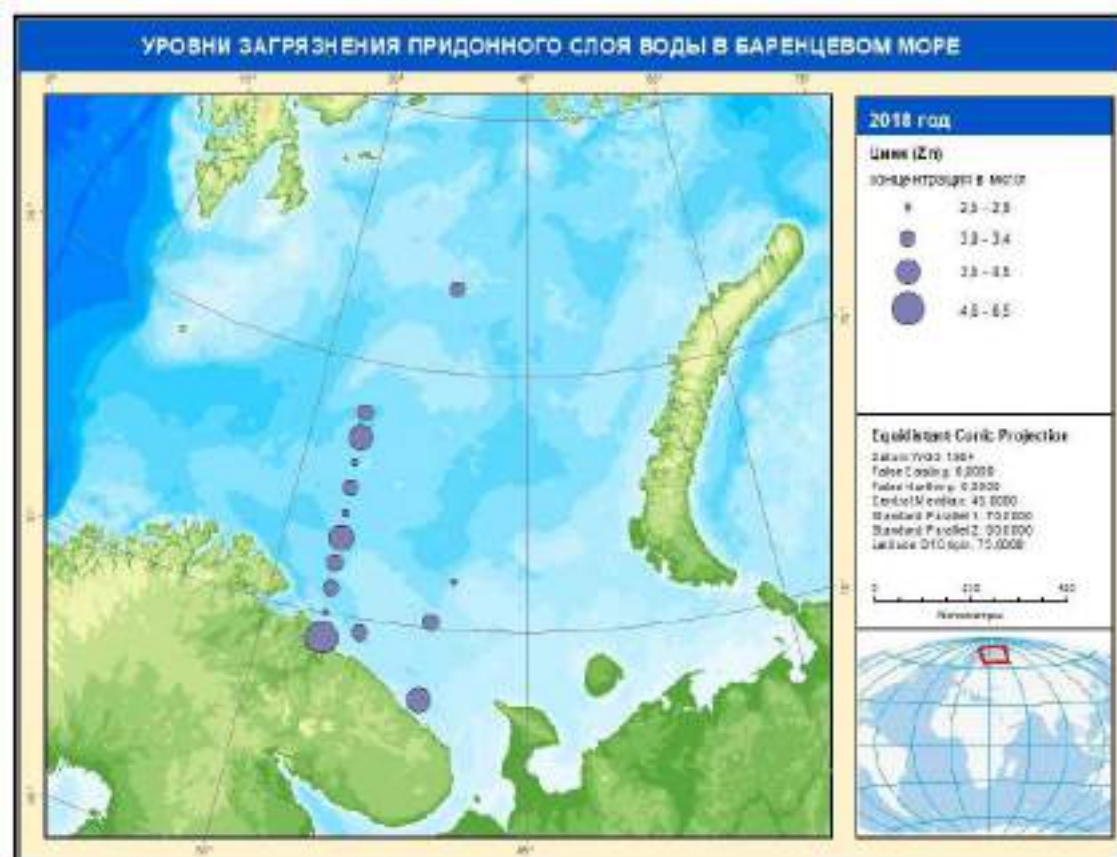
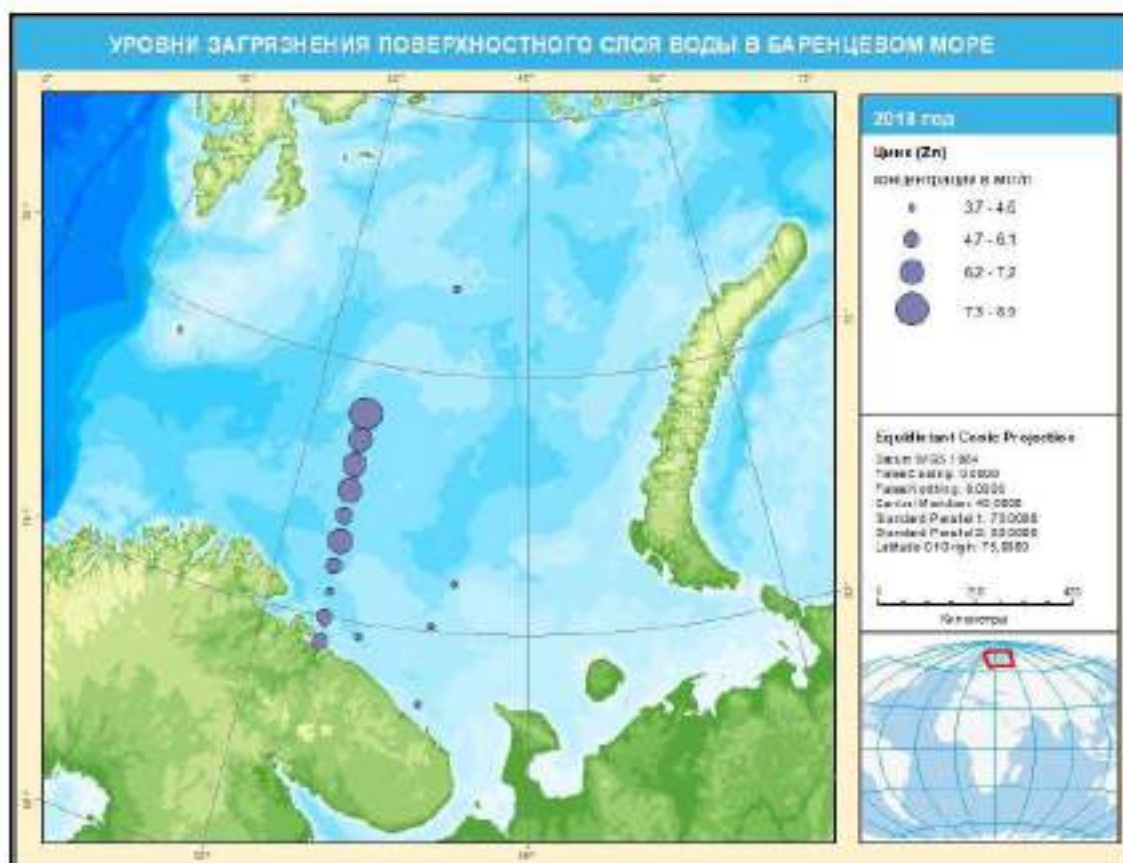












ПАУ

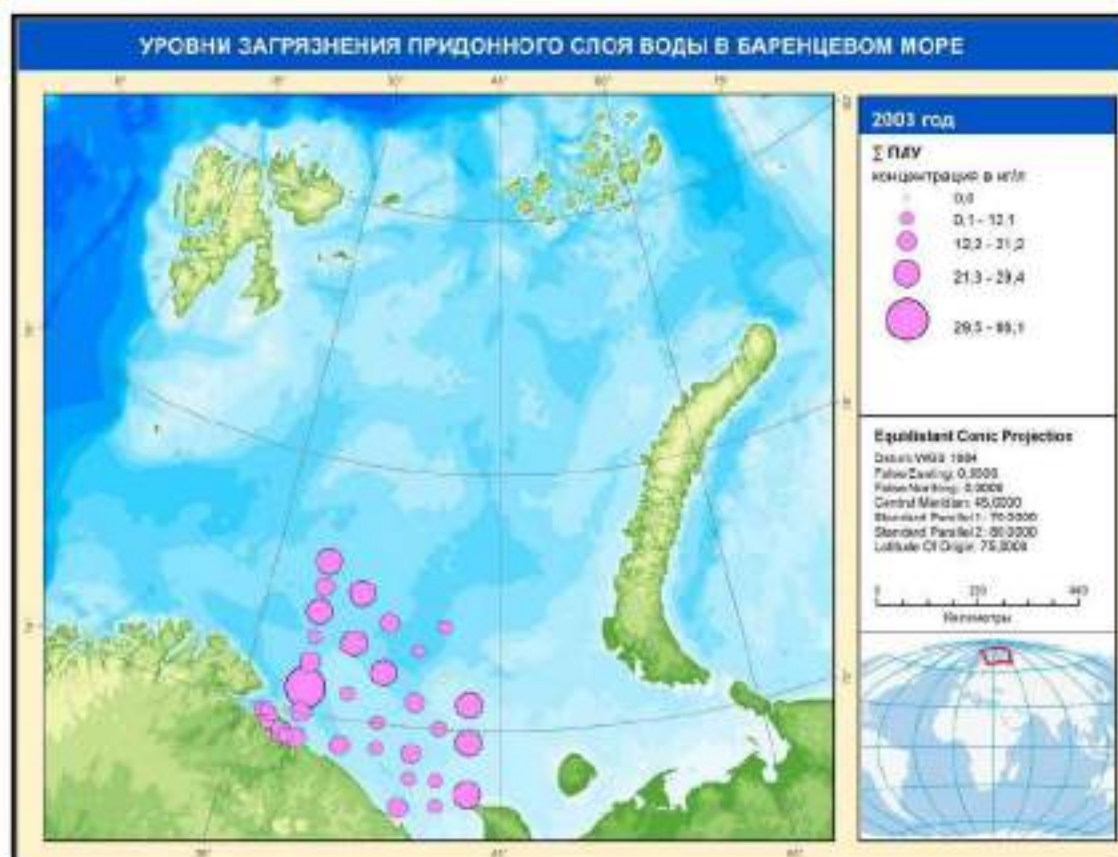
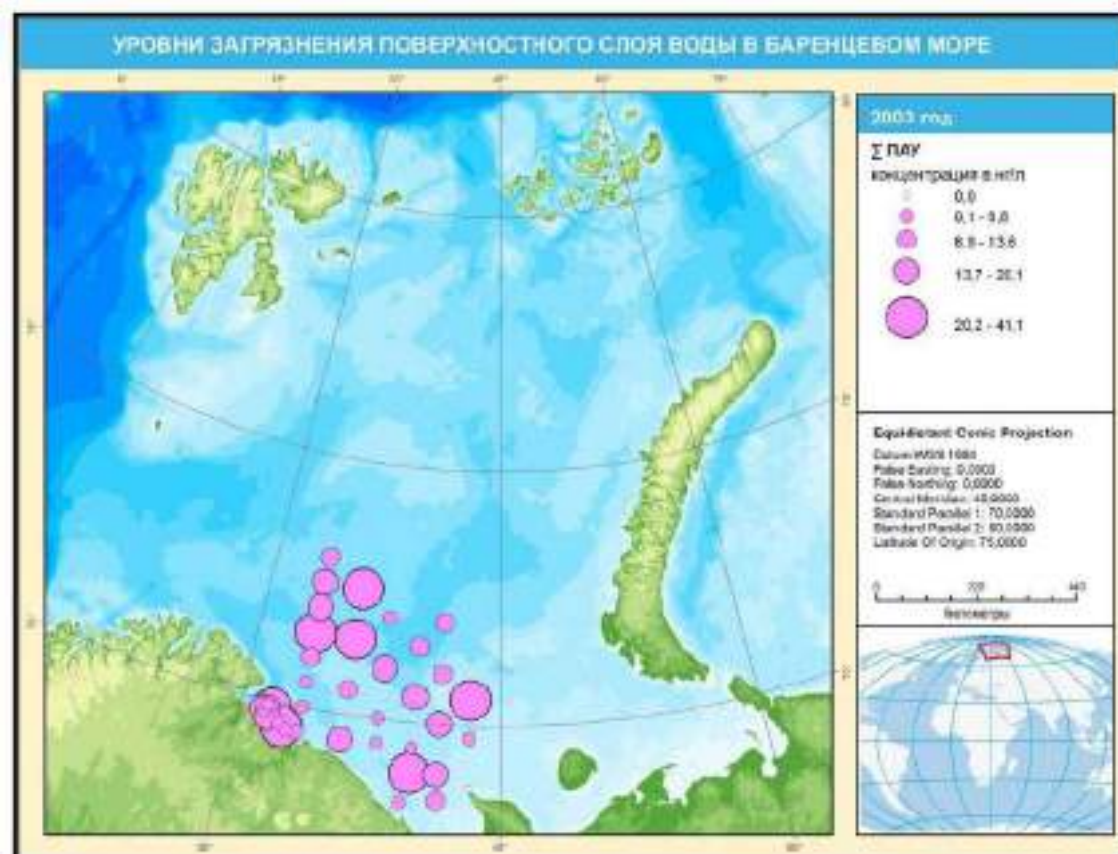
Полициклические ароматические соединения (ПАУ) обычно составляют до 10 % сырой нефти, тогда как в нефтеносных сланцах из каменного угля их количество может достигать 15 %. ПАУ рассматривают как приоритетные загрязняющие вещества, подлежащие контролю при мониторинге состояния окружающей среды. Их содержание в различных природных средах интенсивно изучается, так как они проявляют канцерогенную и мутагенную активность (Ровинский, Теплицкая, Алексеева, 1988). ПАУ поступают в окружающую среду в процессе разливов нефти, сжигания топлива, лесных пожаров и промышленных выбросов. Этот класс химических соединений образуется в процессе термального изменения органического вещества, поэтому ПАУ практически всегда присутствуют в органической фракции аэрозолей (АМАР, 2007).

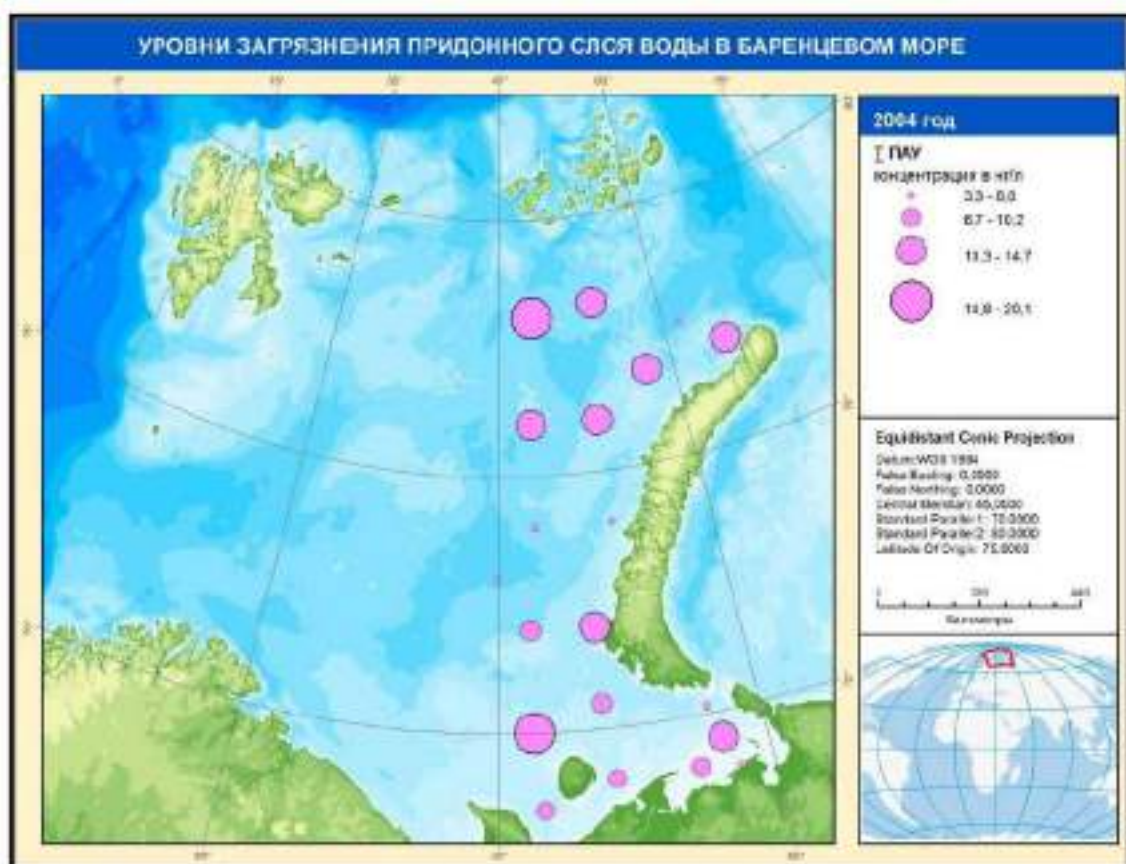
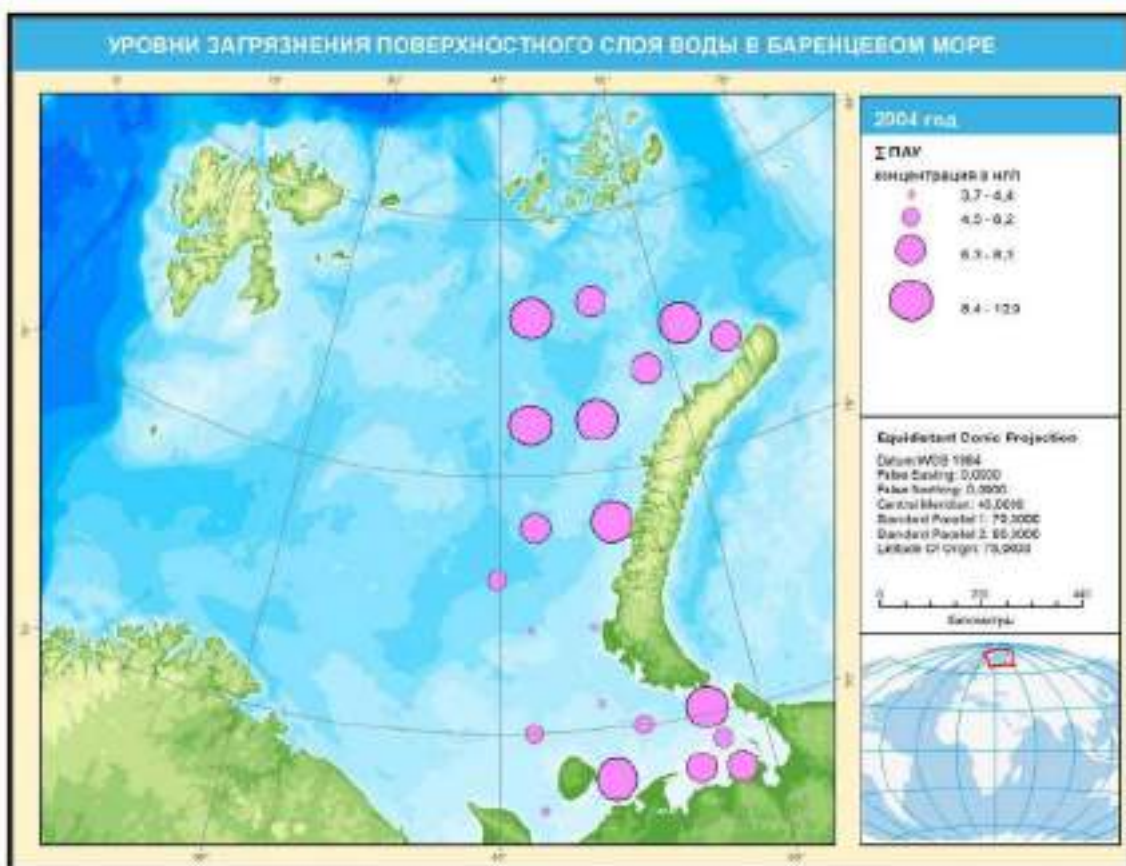
При горении материалов, содержащих углерод и водород, таких как нефть и нефтепродукты, уголь, древесина, бумага и т.д., образуется смесь углеводородов УВ, в которой доминируют ПАУ. Считается, что пиролитическое образование ПАУ происходит в основном при относительно высоких (650-6900 °С) температурах и недостатке кислорода в пламени (Ровинский, Теплицкая, Алексеева, 1988).

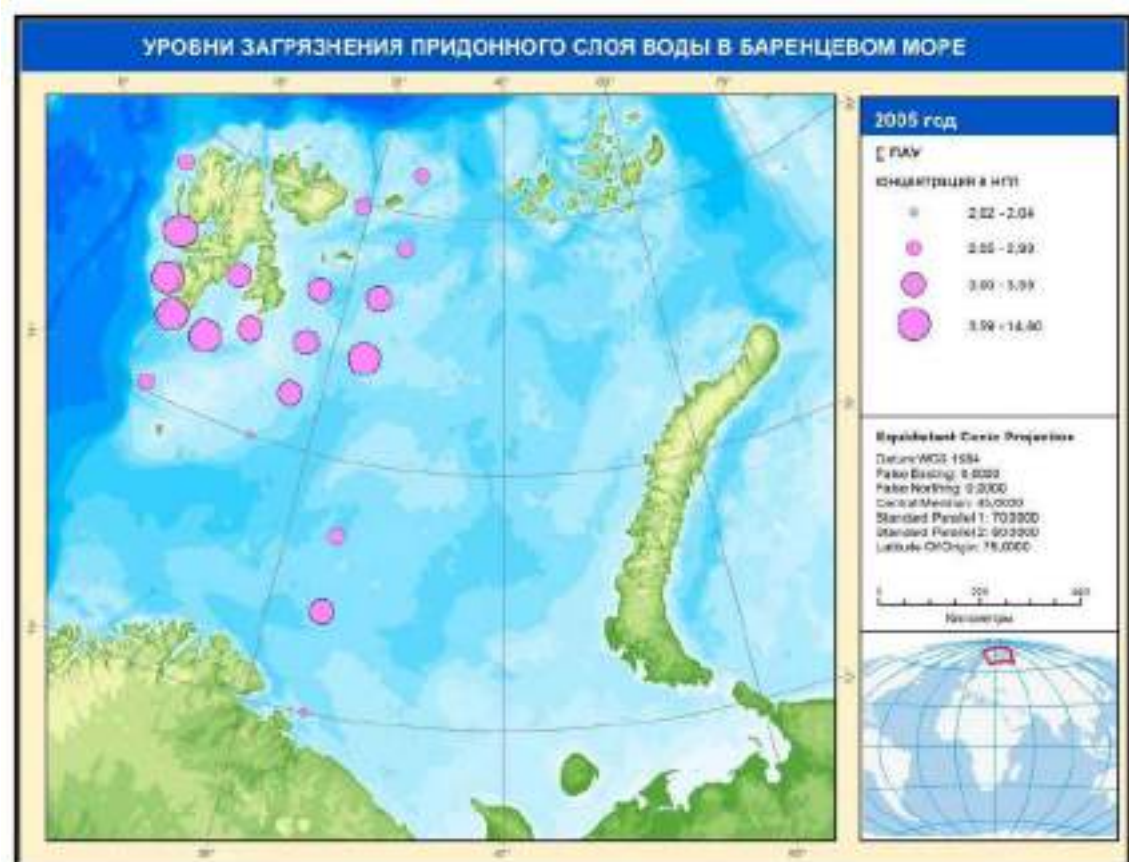
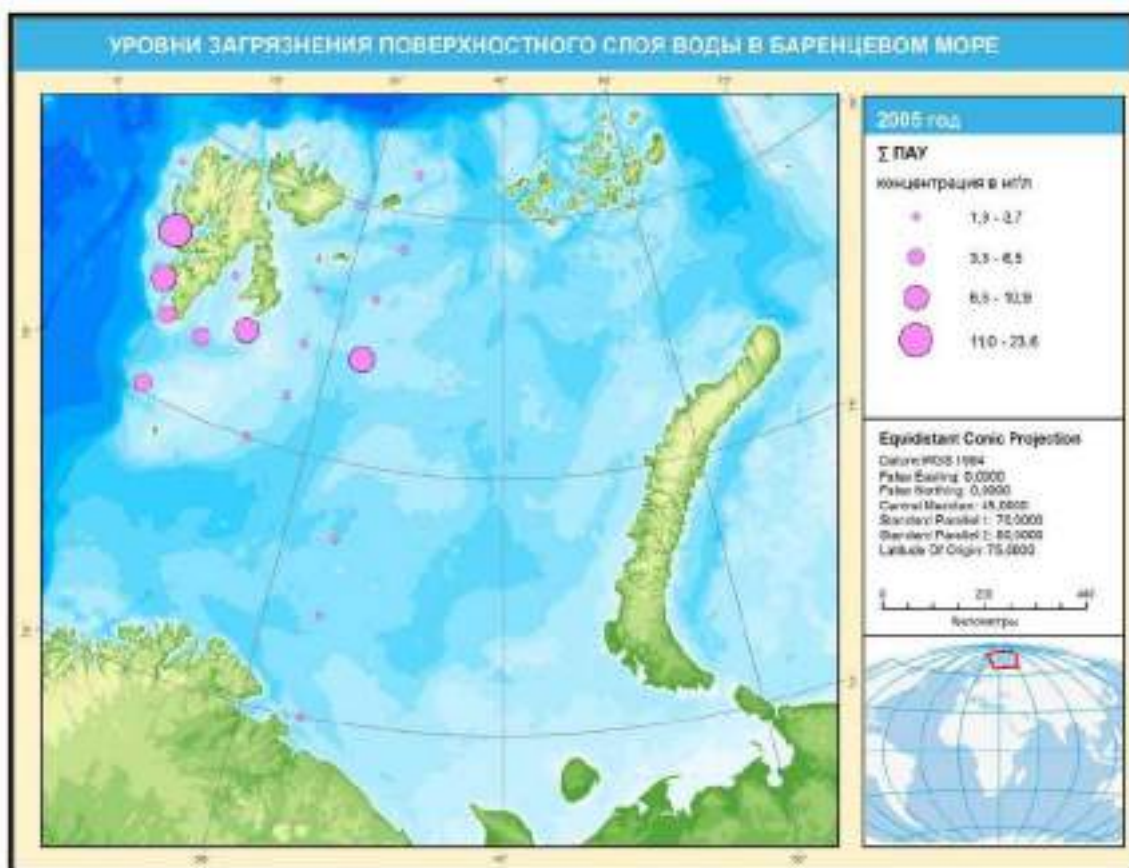
В распространении ПАУ важную роль играют процессы атмосферного переноса и выпадения (Диагностический анализ состояния..., 2011). При этом, надо учесть, что основная часть органического вещества и алифатических углеводородов в аэрозолях над Арктикой имеет природное (биогенное) происхождение (Лисицын, 2001). Углеводороды ароматической структуры обычно присутствуют в морской воде в очень малых концентрациях. Рыбохозяйственные нормативы содержания ПАУ в морской воде отсутствуют, поэтому данные о концентрациях ПАУ в морской воде чистых районов Антарктики могут служить приблизительным ориентиром для оценки минимальных концентраций, соответствующих глобальному фоновому уровню. В качестве такого ориентира можно принять среднюю концентрацию ПАУ, составляющую 20 нг/л (Stipps, 1995).

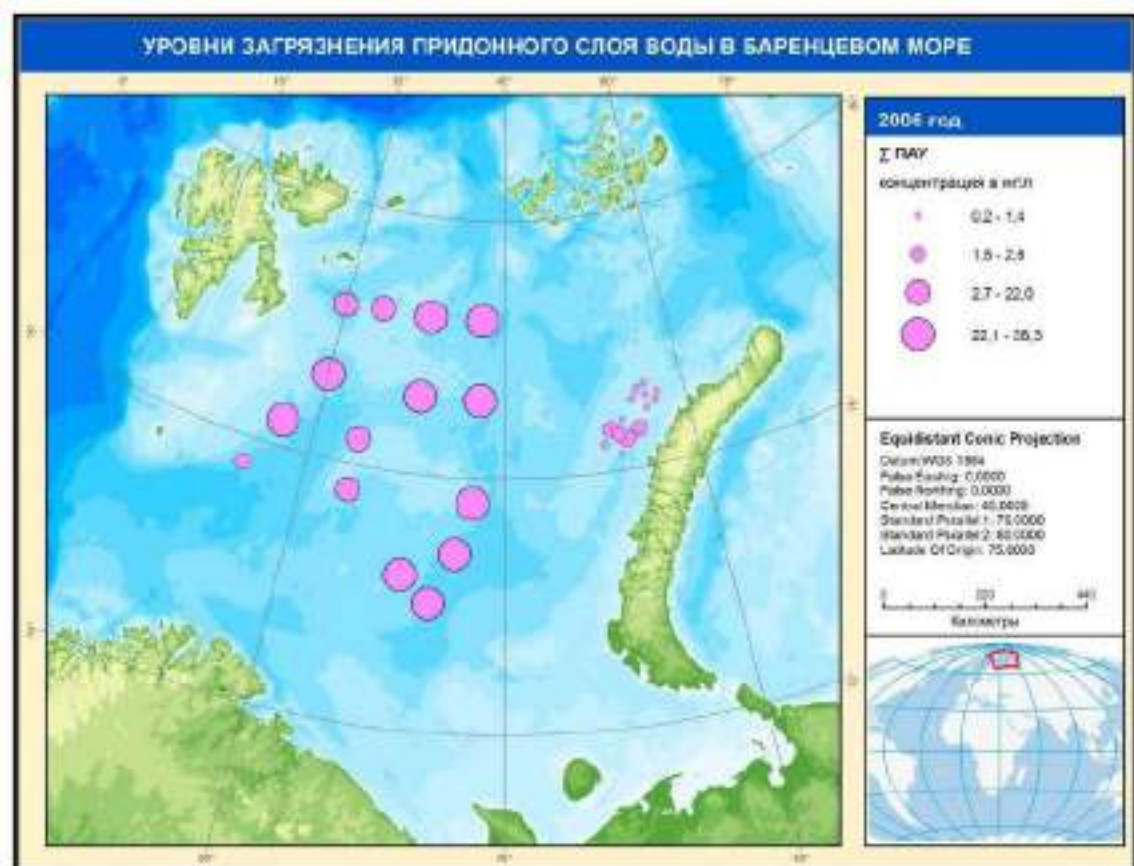
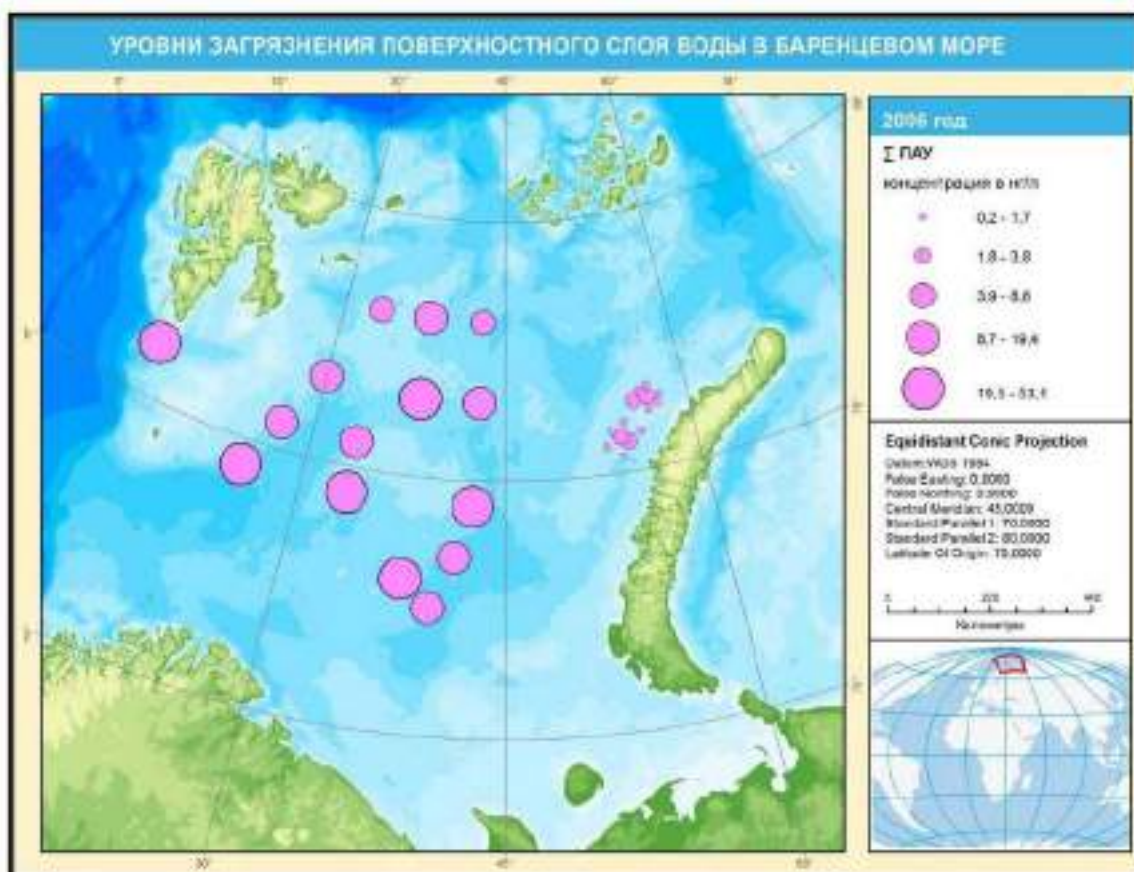
За общую концентрацию ПАУ (Σ ПАУ) в воде Баренцева моря, отображенную на картах атласа, принимали сумму концентраций следующих 19 соединений: нафталин, 2-метилнафталин, 1-метилнафталин, аценафтилен, аценафтен, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(*a*)антрацен, хризен, бенз(*b*)флуорантен, бенз(*k*)флуорантен, бенз(*a*)пирен, перилен, индено(1,2,3-*cd*)пирен, дибенз(*a,h*)антрацен, бенз(*g,h,i*)перилен.

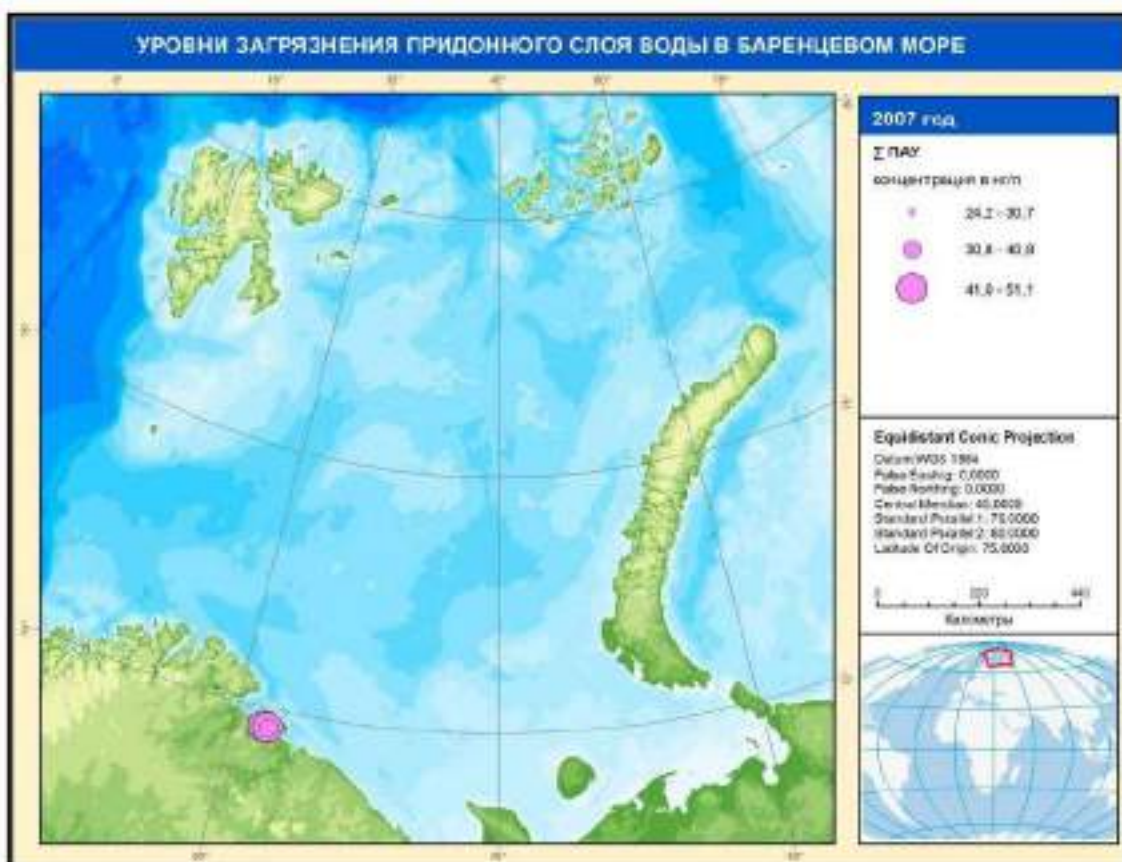
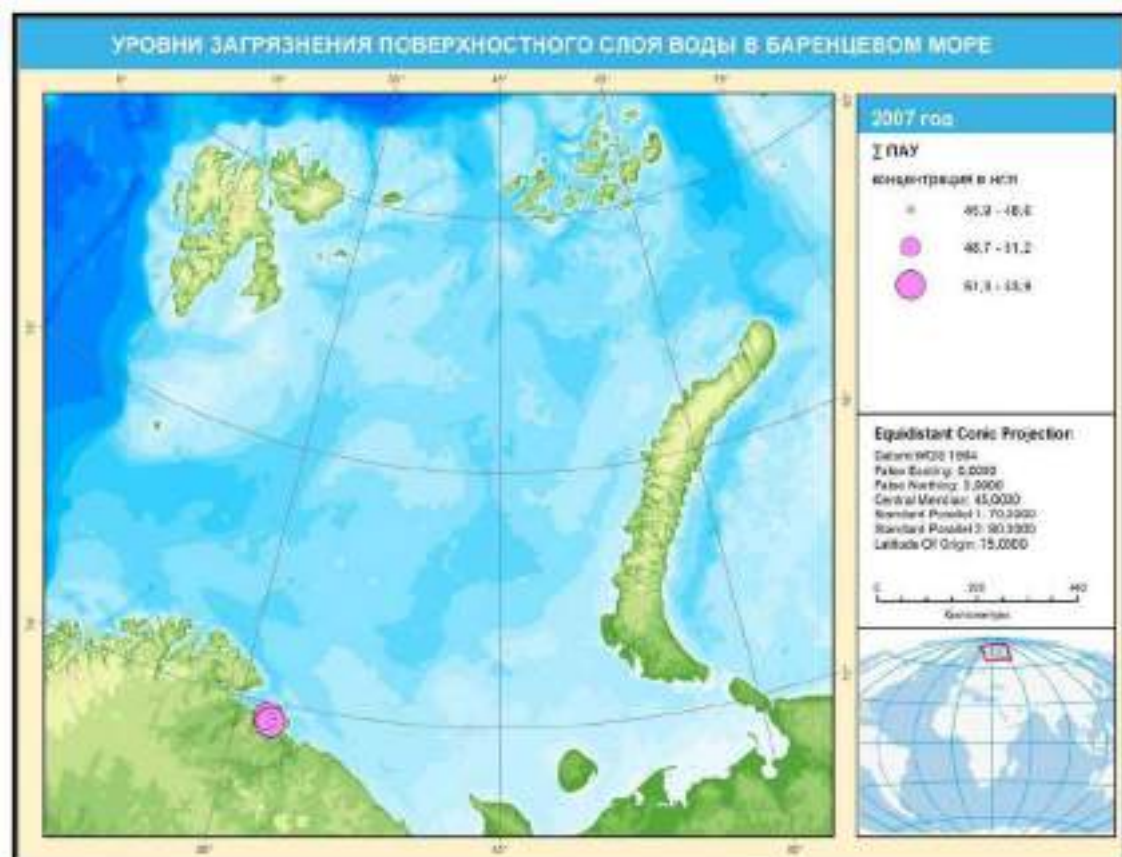
Ниже приводятся карты содержания ПАУ в 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015 и 2016 гг.

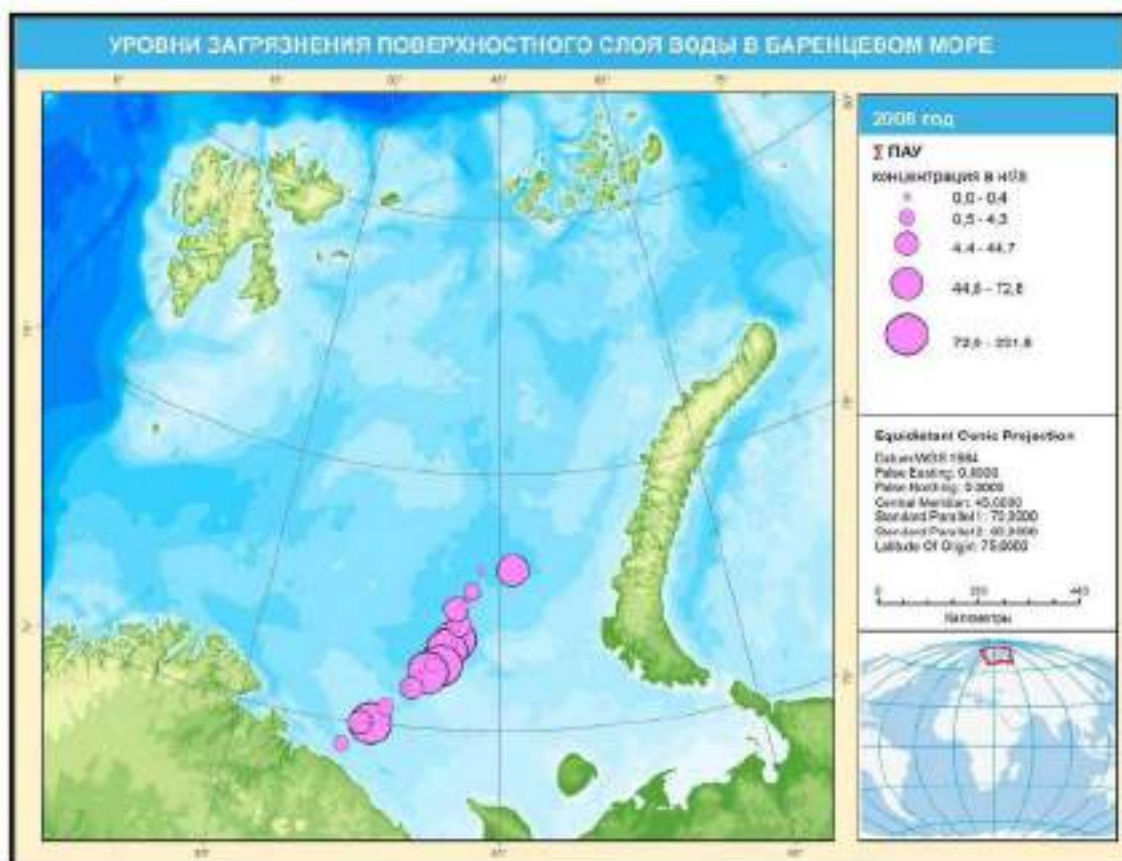


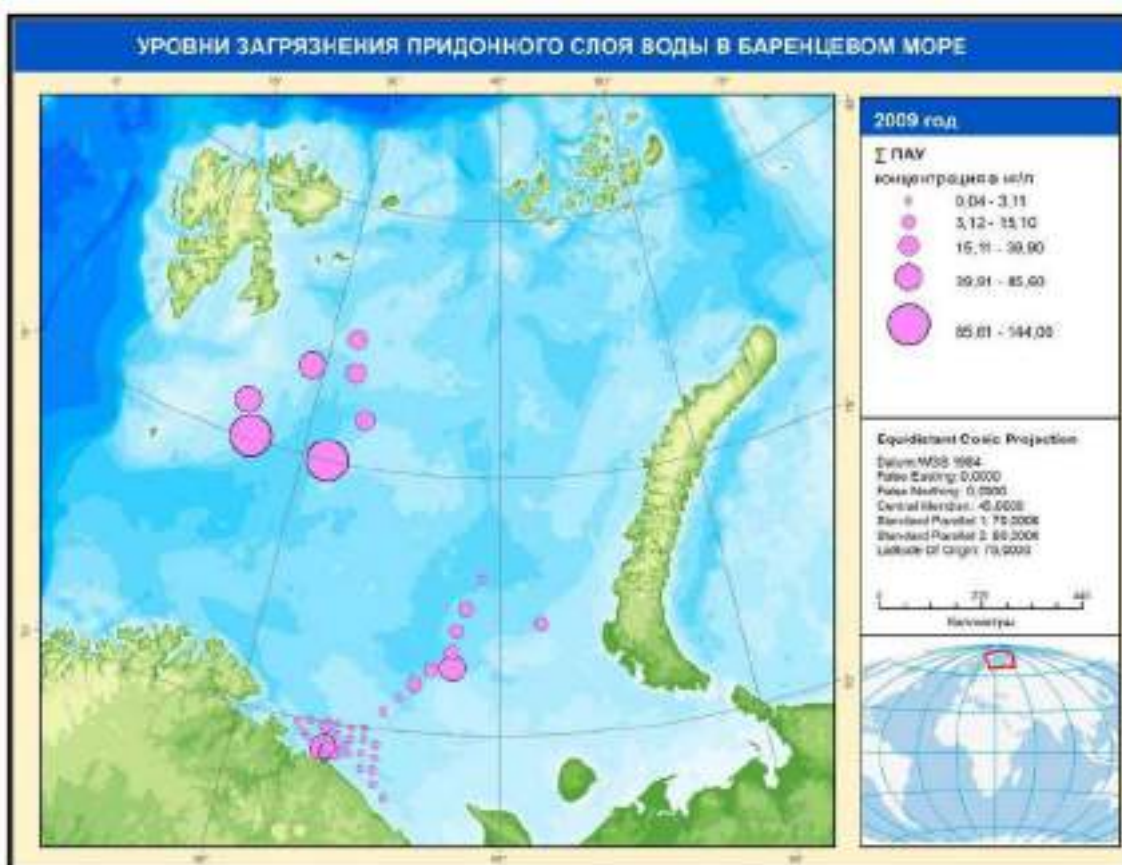
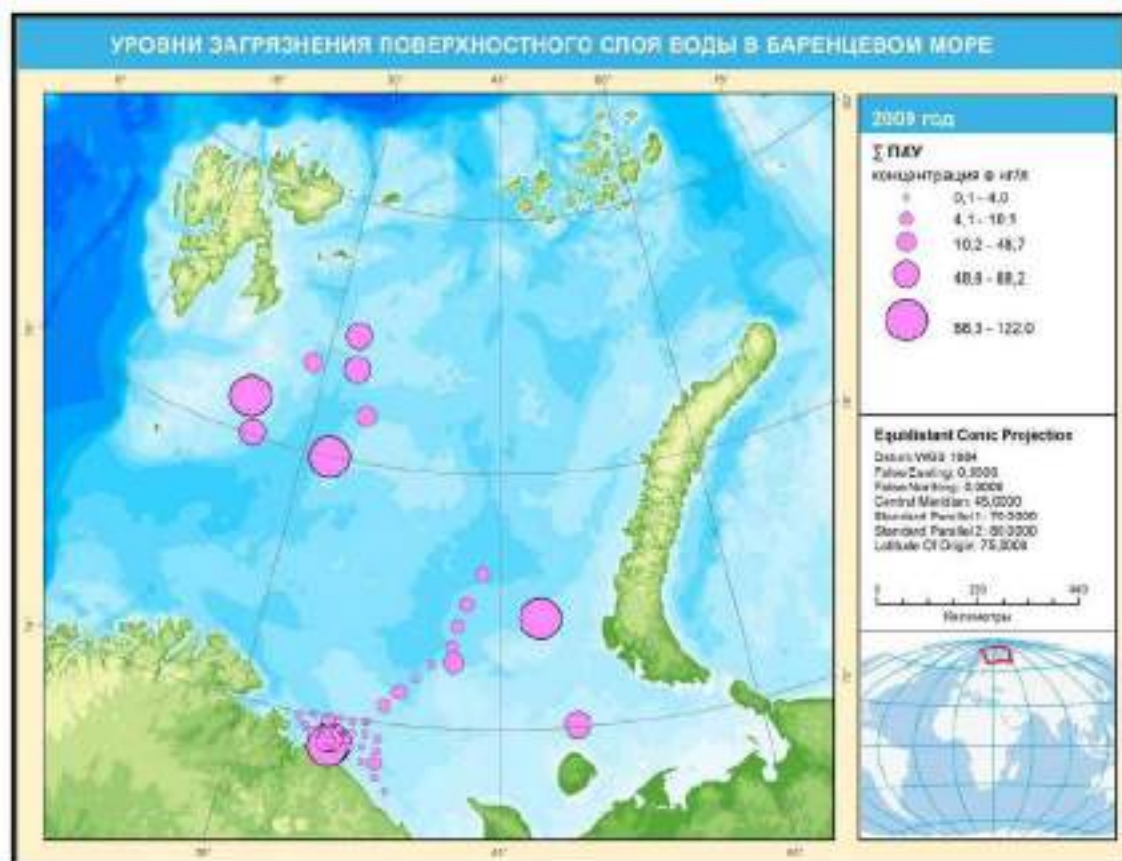




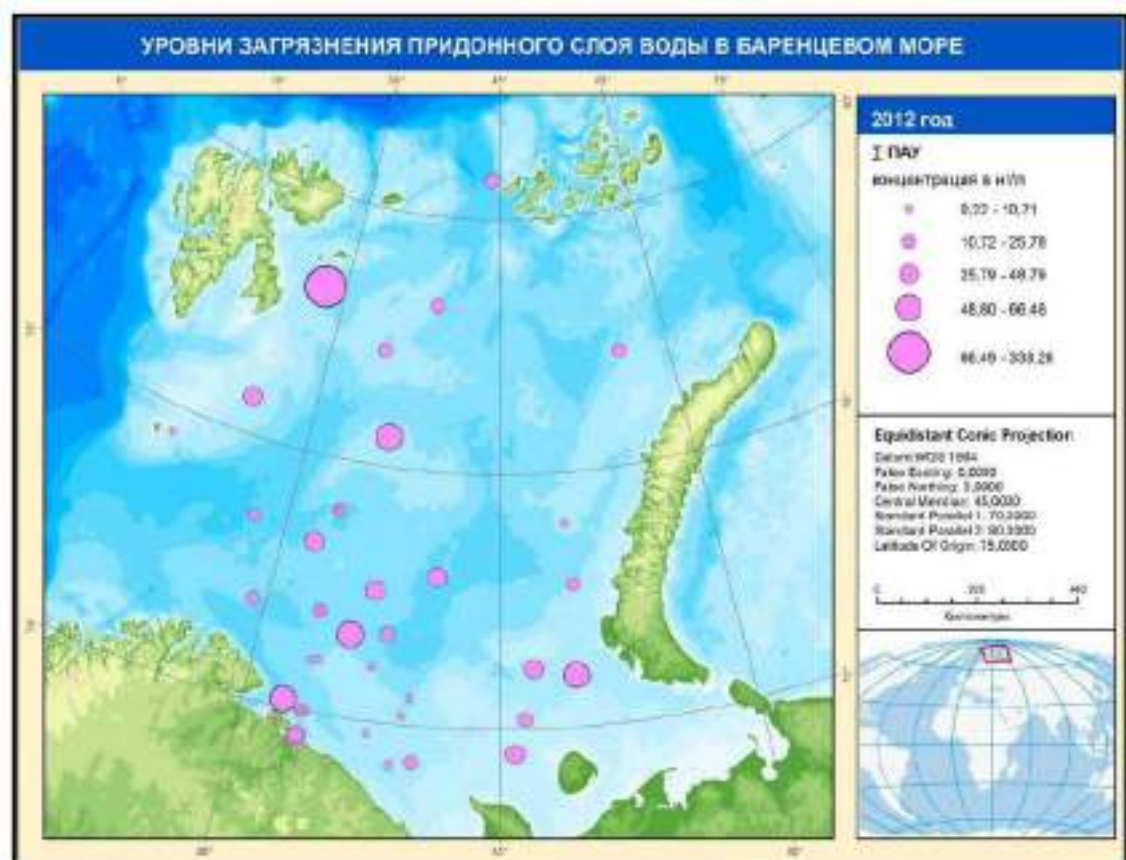
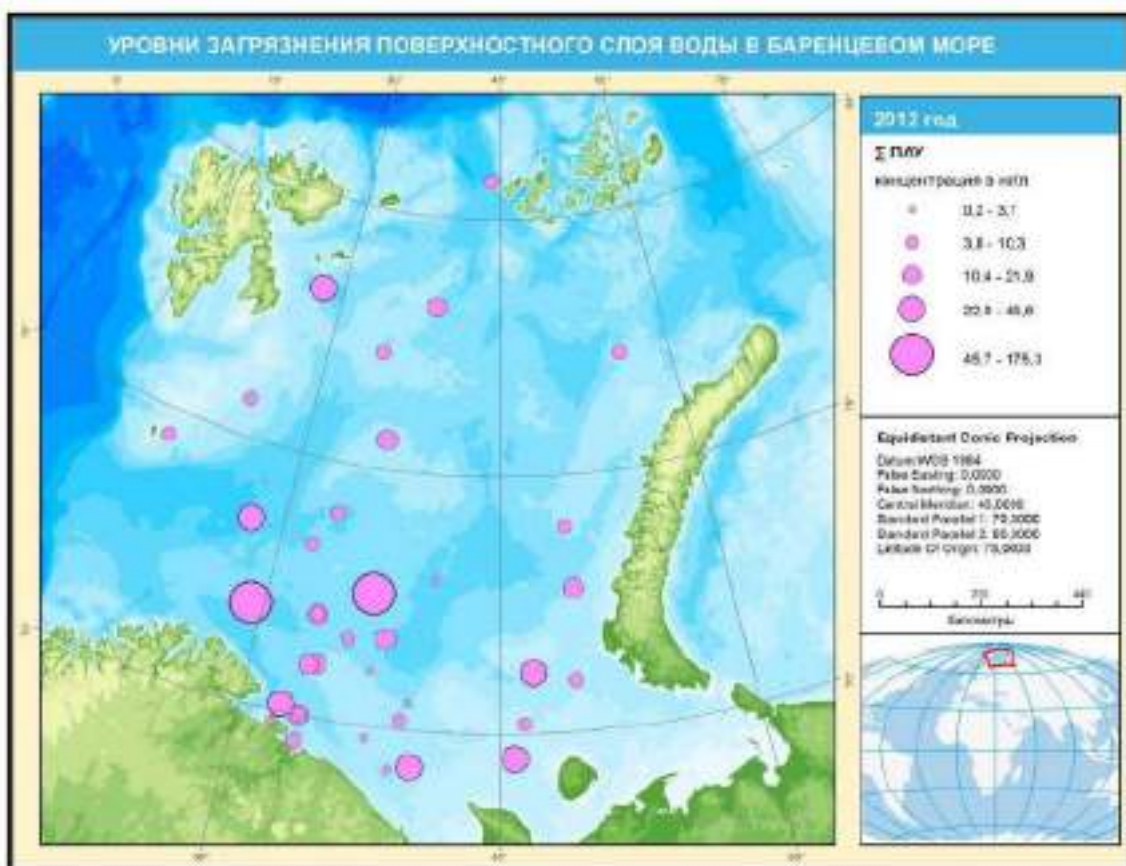


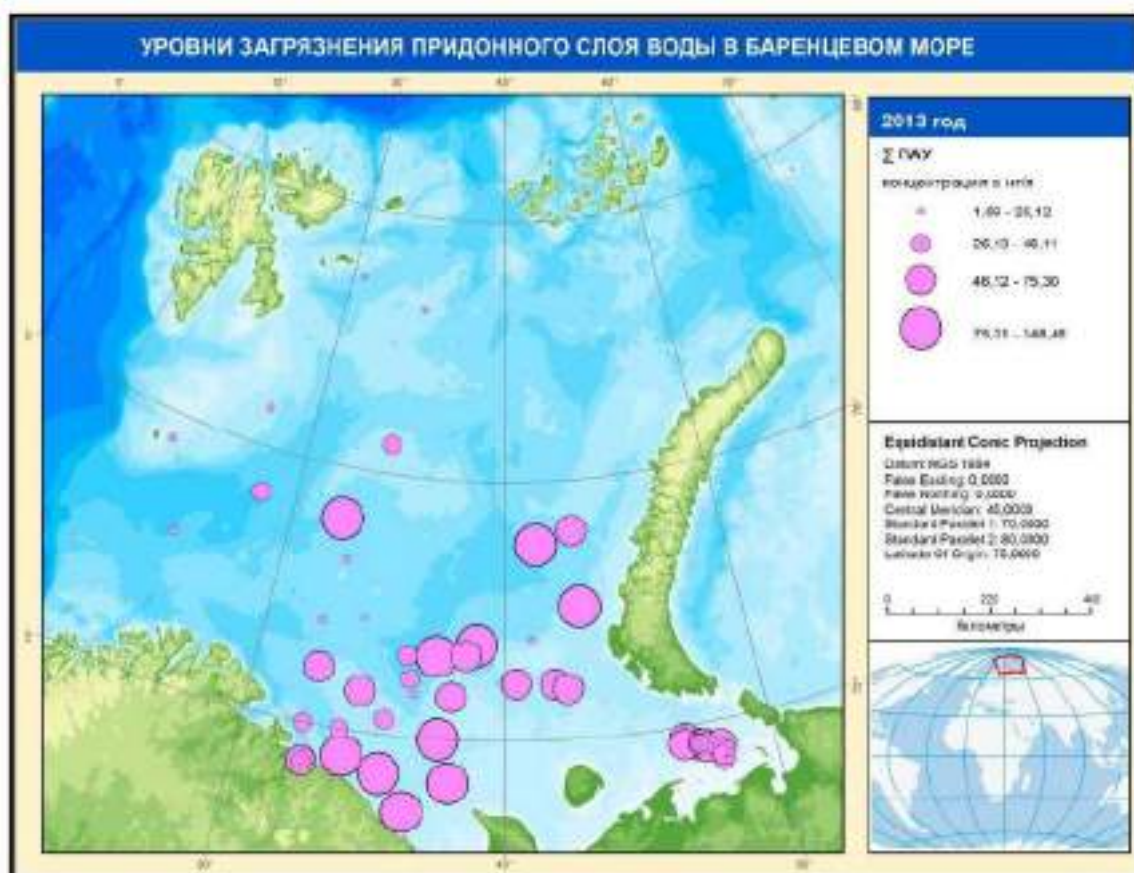
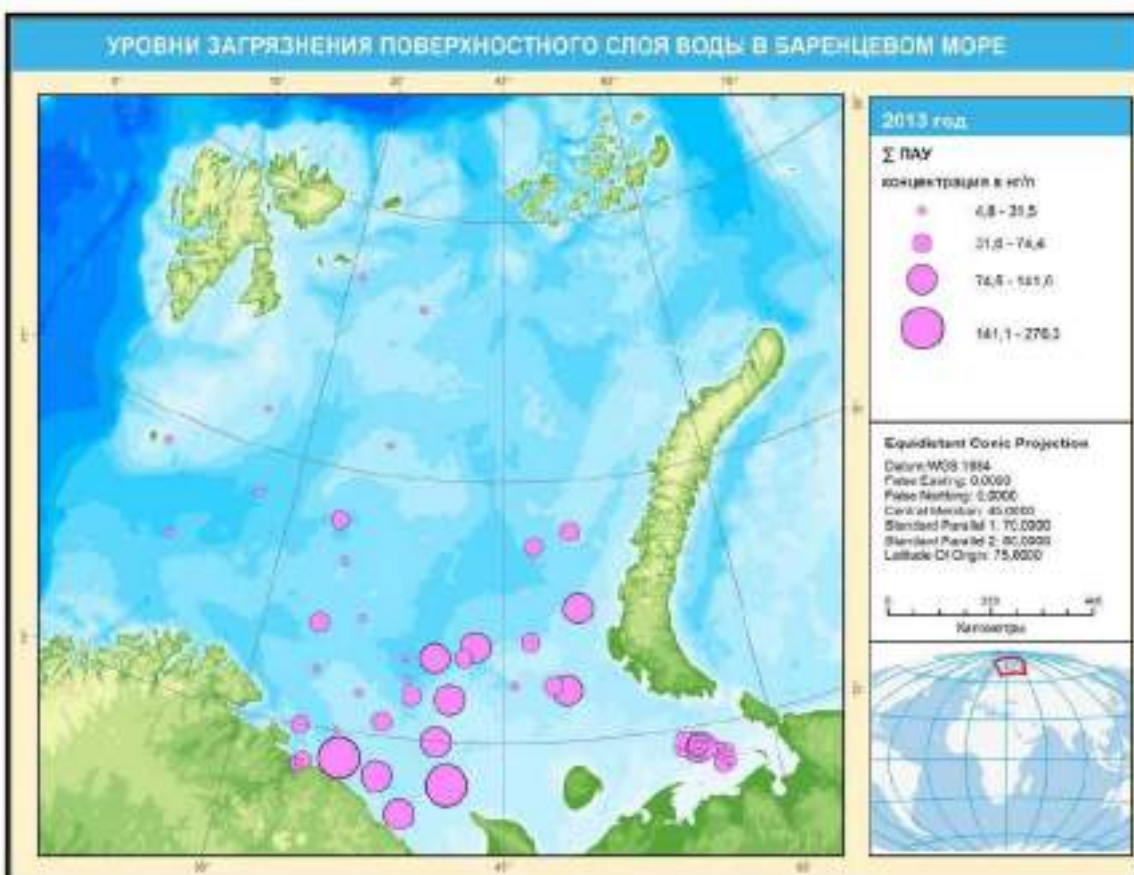


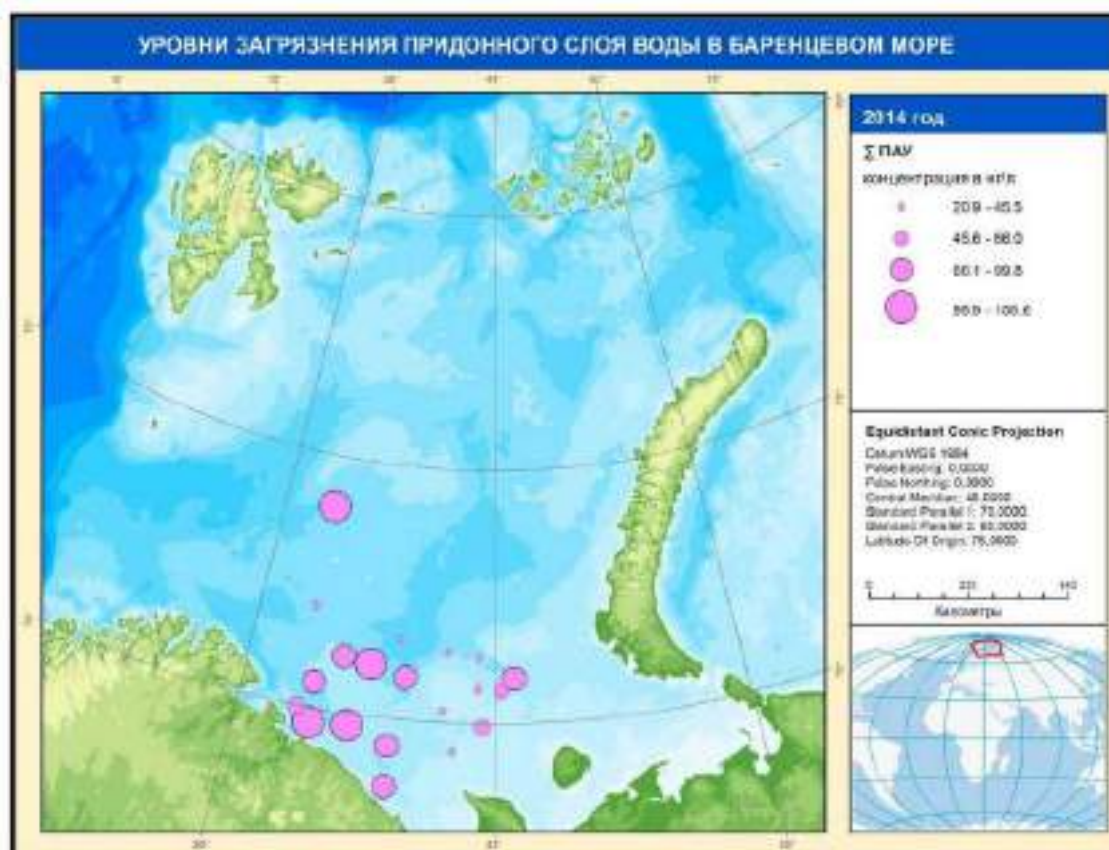
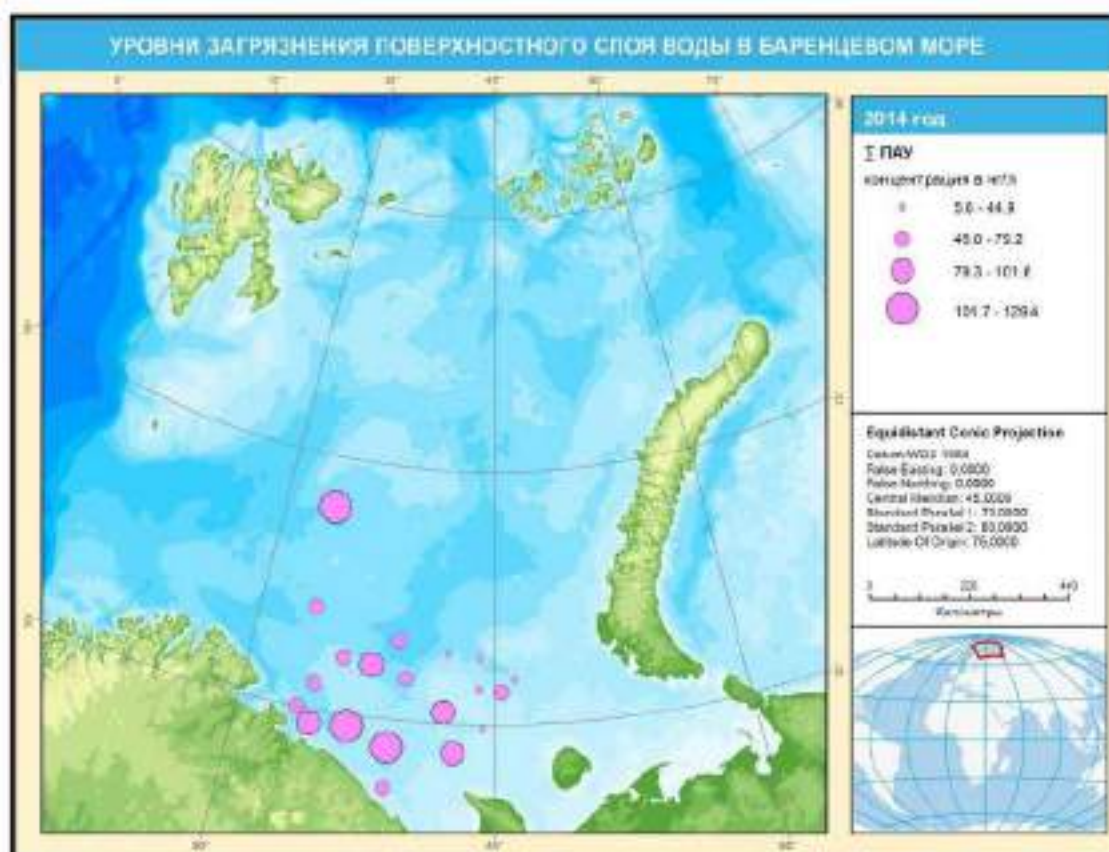


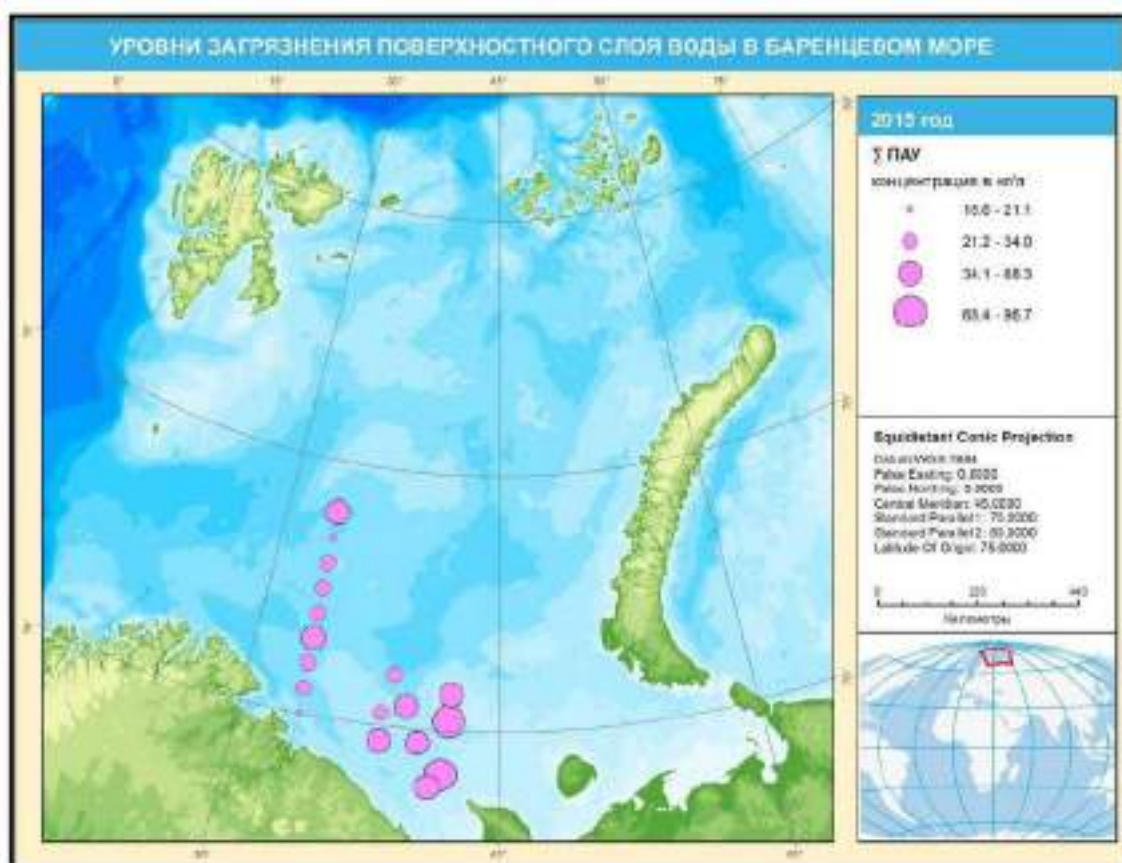


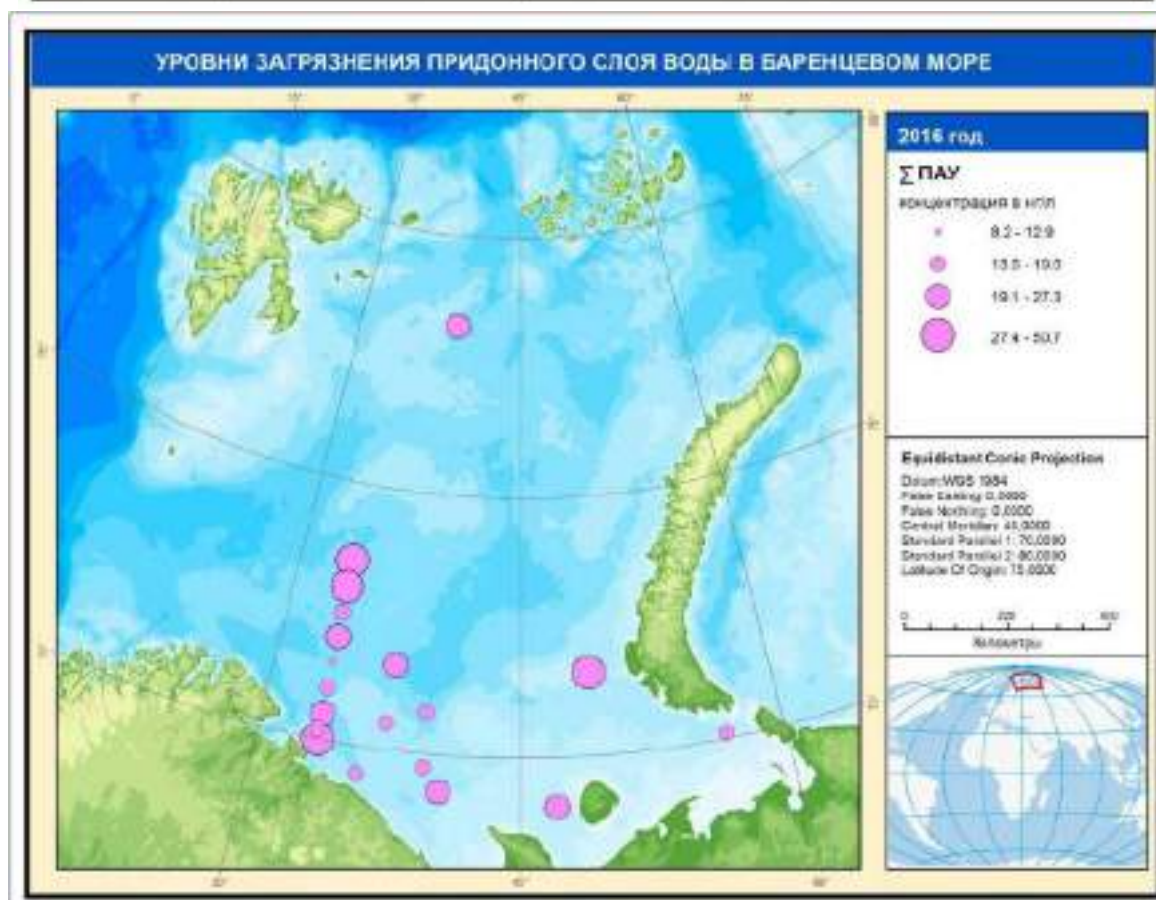
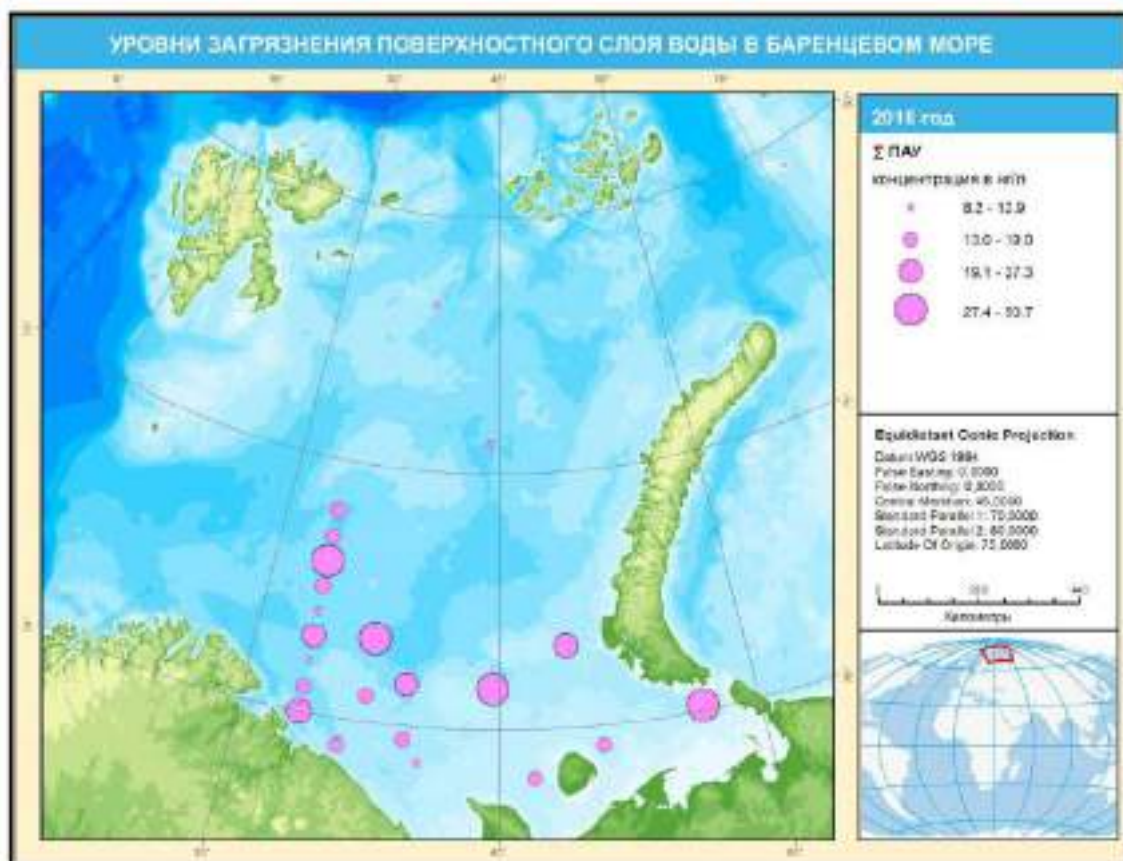












Бенз(а)пирен

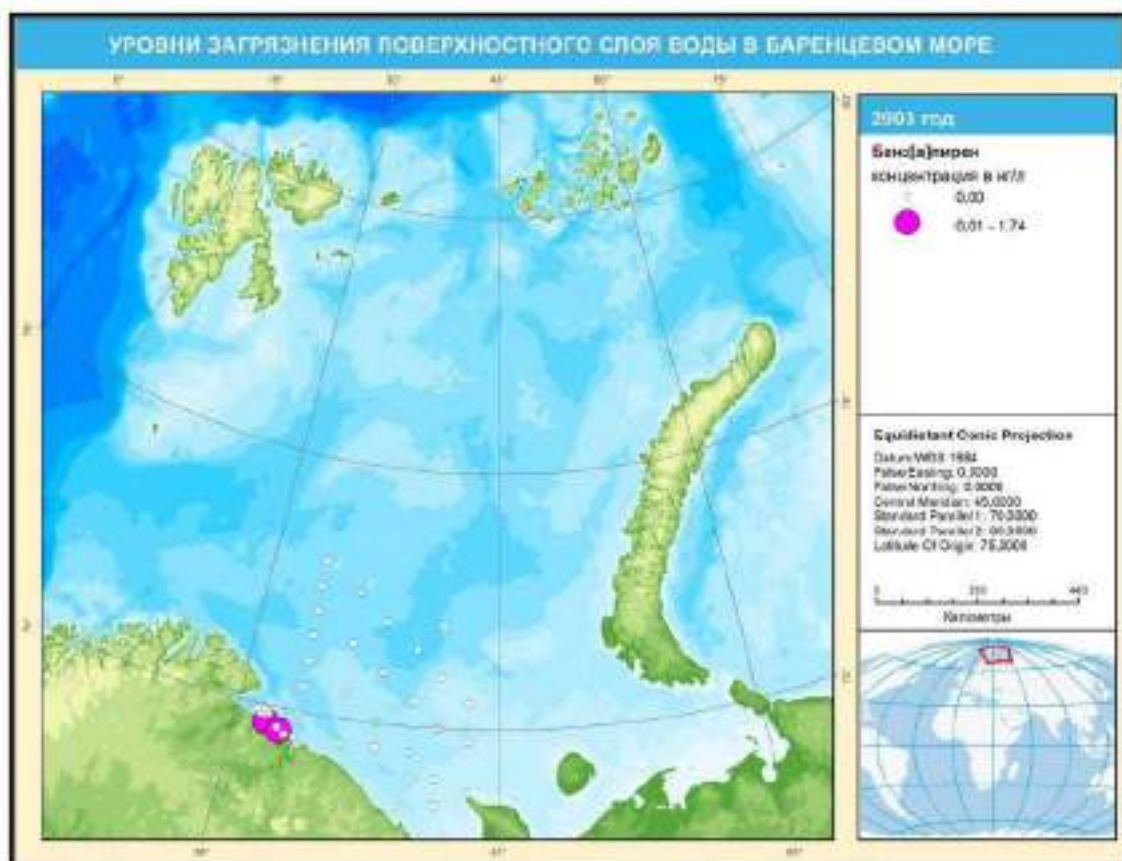
Наиболее характерным и распространенным соединением в ряду ПАУ является бенз(а)пирен. Доля бенз(а)пирена в различных природных объектах обычно не превышает 15 % от общего количества ПАУ. Вместе с тем активная циркуляция бенз(а)пирена в биосфере, его высокая молекулярная устойчивость к воздействию инактивирующих факторов и выявленная в экспериментах значительная проканцерогенная активность позволяют считать бенз(а)пирен индикаторным соединением, по содержанию которого оценивается степень загрязнения среды канцерогенными ПАУ (Ровинский, Теплицкая, Алексеева, 1988; Израэль, Цыбань, 1989; Ильницкий, Белицкий, Шабад, 1975). В 1977 г. это положение получило международное признание.

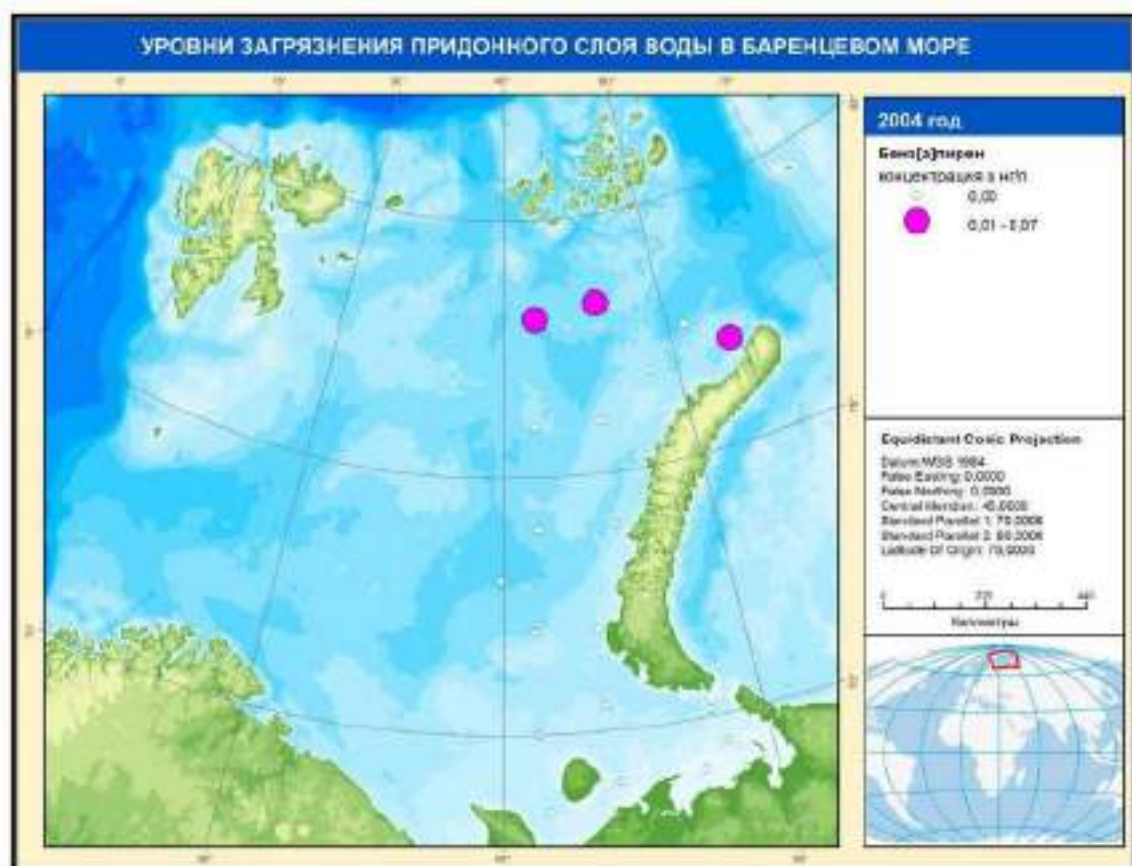
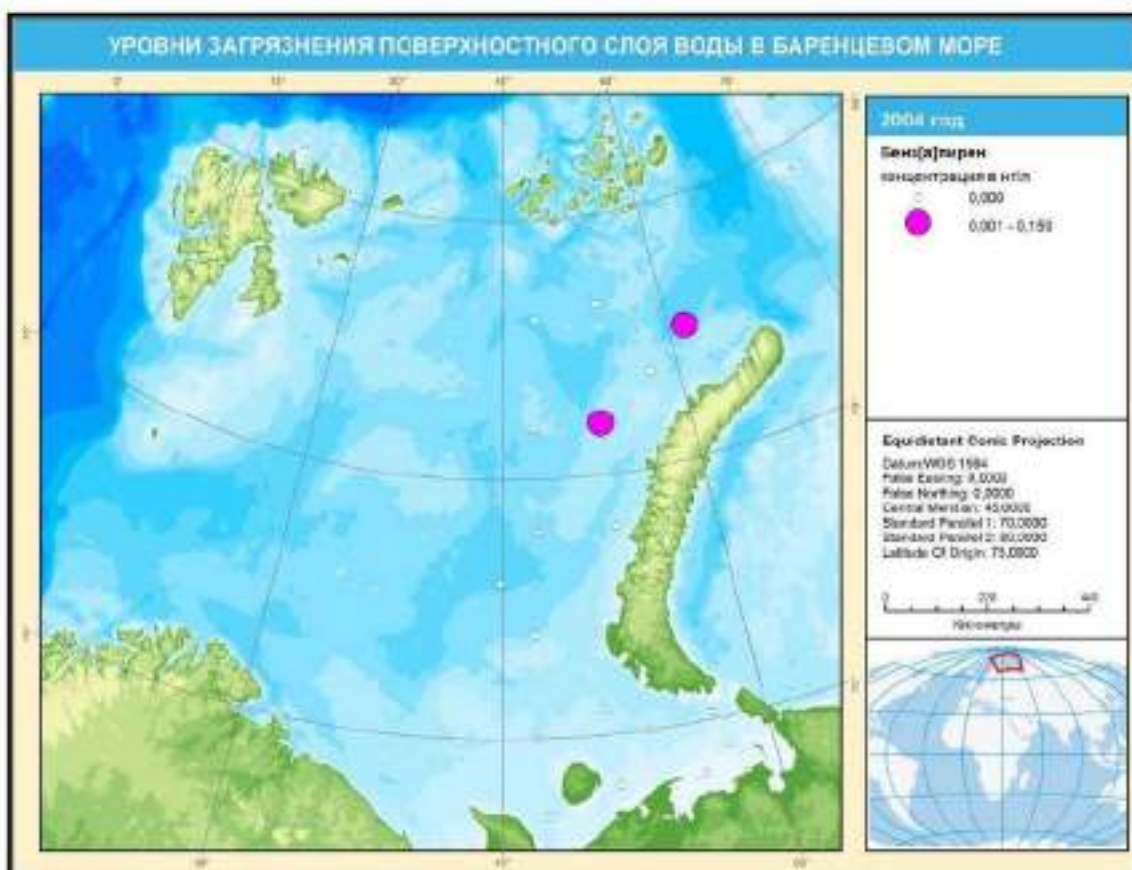
Биотические и абиотические природные процессы способствуют формированию современного биогенного фона бенз(а)пирена и ПАУ в целом. Их присутствие прослеживается даже во льдах Антарктиды (Becker, Glavin, Bada, 1997), а также в слоях вечной мерзлоты 10000-летнего возраста (Диагностический анализ состояния..., 2011).

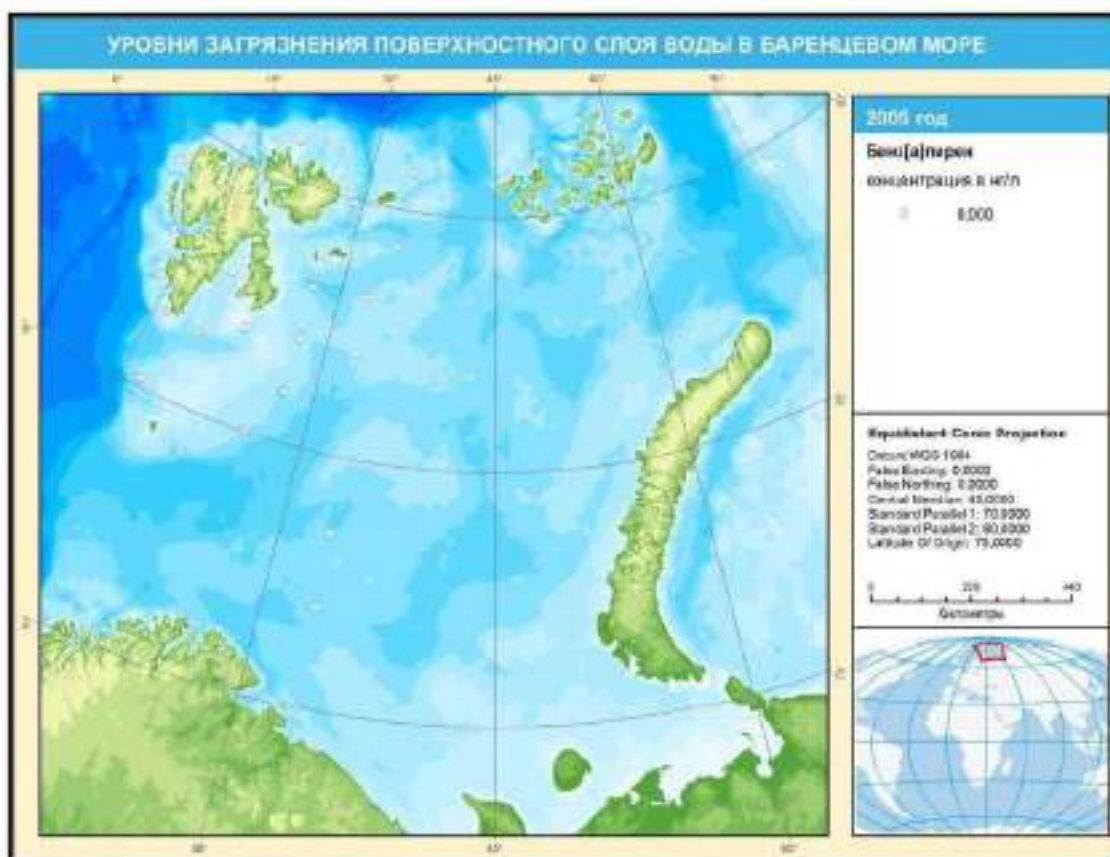
Среди индивидуальных ПАУ в России установлена предельно допустимая концентрация для поверхностных вод только для бенз(а)пирена – 5 нг/л. Сам по себе бенз(а)пирен канцерогенными свойствами не обладает, однако в процессе его метаболизма в качестве промежуточных продуктов распада образуются соединения – дигидродиолы, которые обладают значительной канцерогенной активностью.

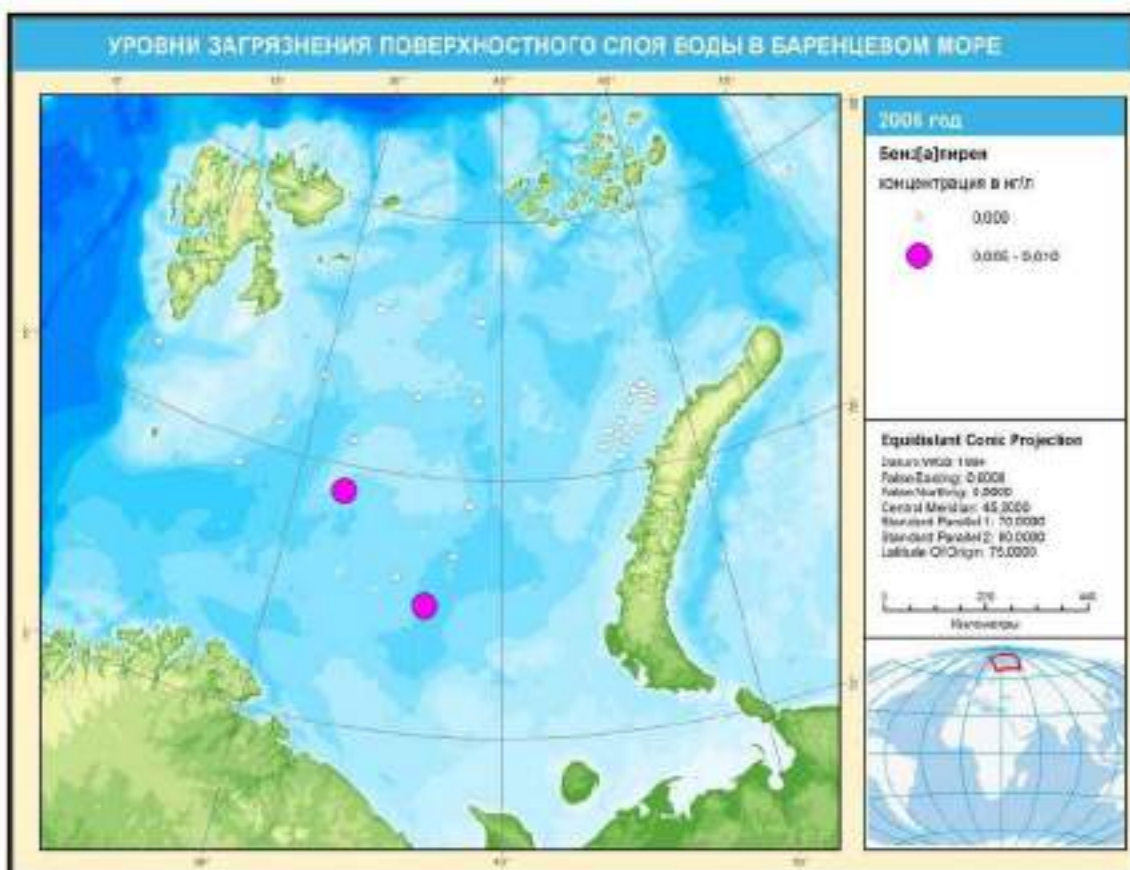
Повышенная концентрация бенз(а)пирена, наблюдаемая в настоящее время в Мировом океане, обусловлена в основном источниками антропогенного происхождения: континентальные стоки, содержащие бытовые, промышленные сбросы и смывы с загрязненных территорий; транспортное и индустриальное освоение акваторий, а также процессы дальнего атмосферного переноса (Израэль, Цыбань, 2009).

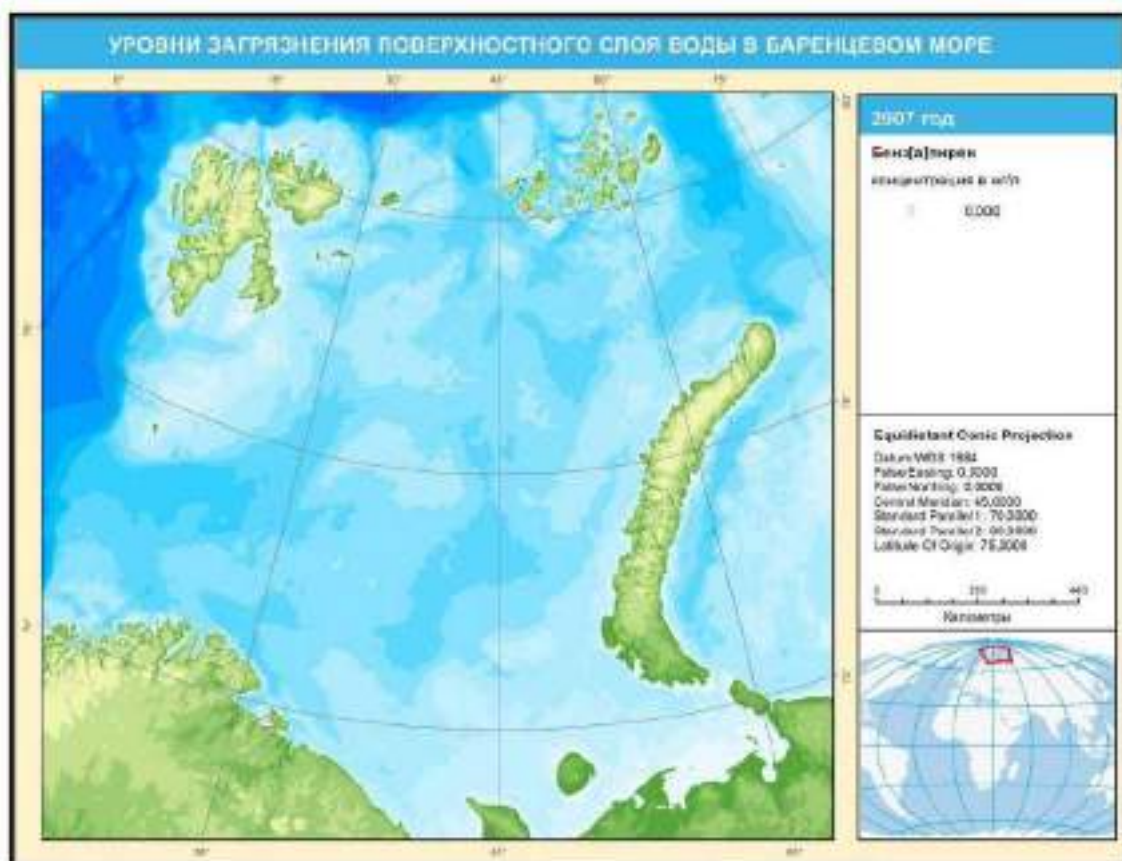
Ниже приводятся карты содержания бенз(а)пирена в 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015 и 2016 гг.



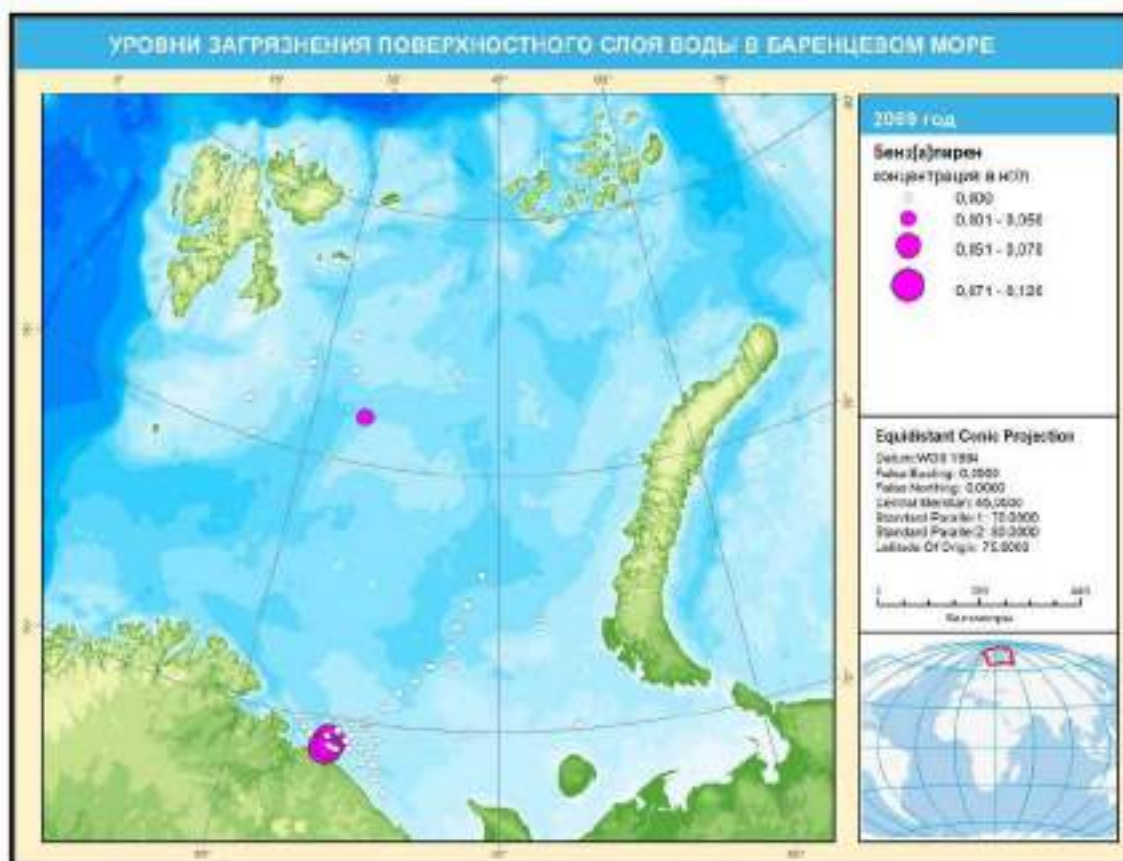


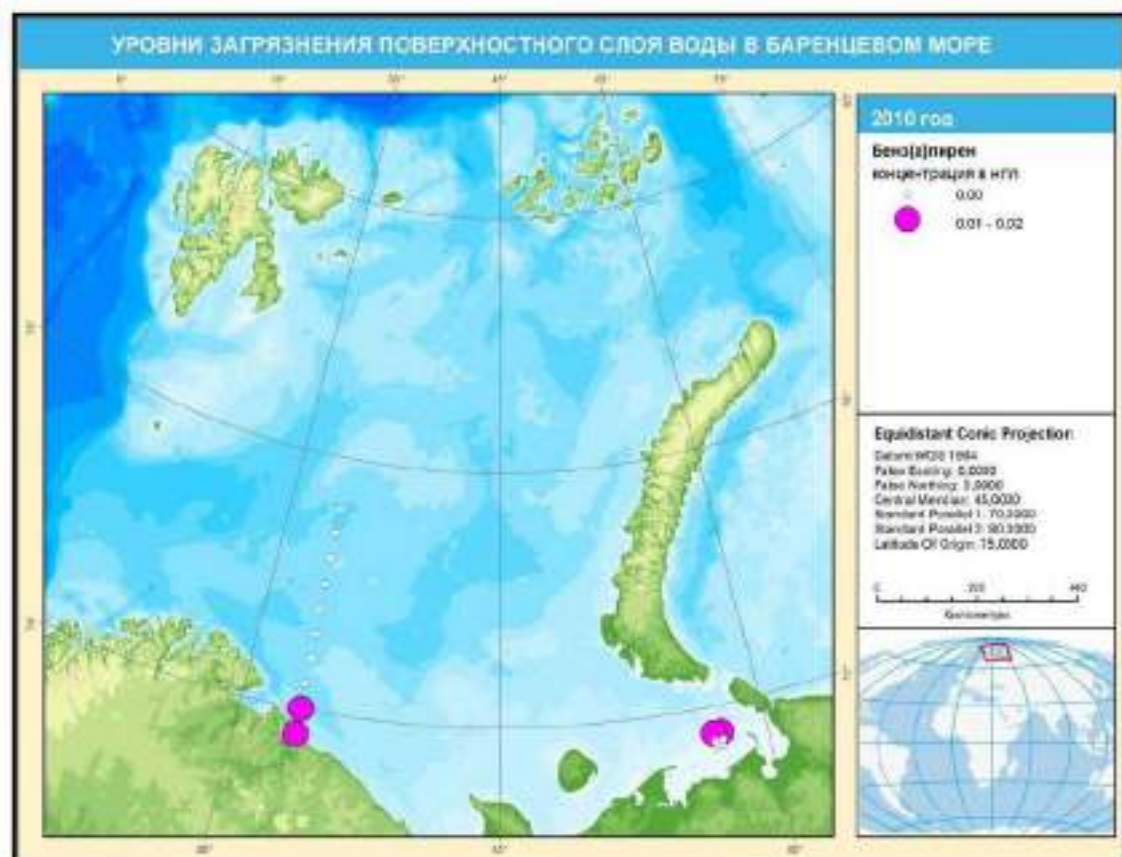


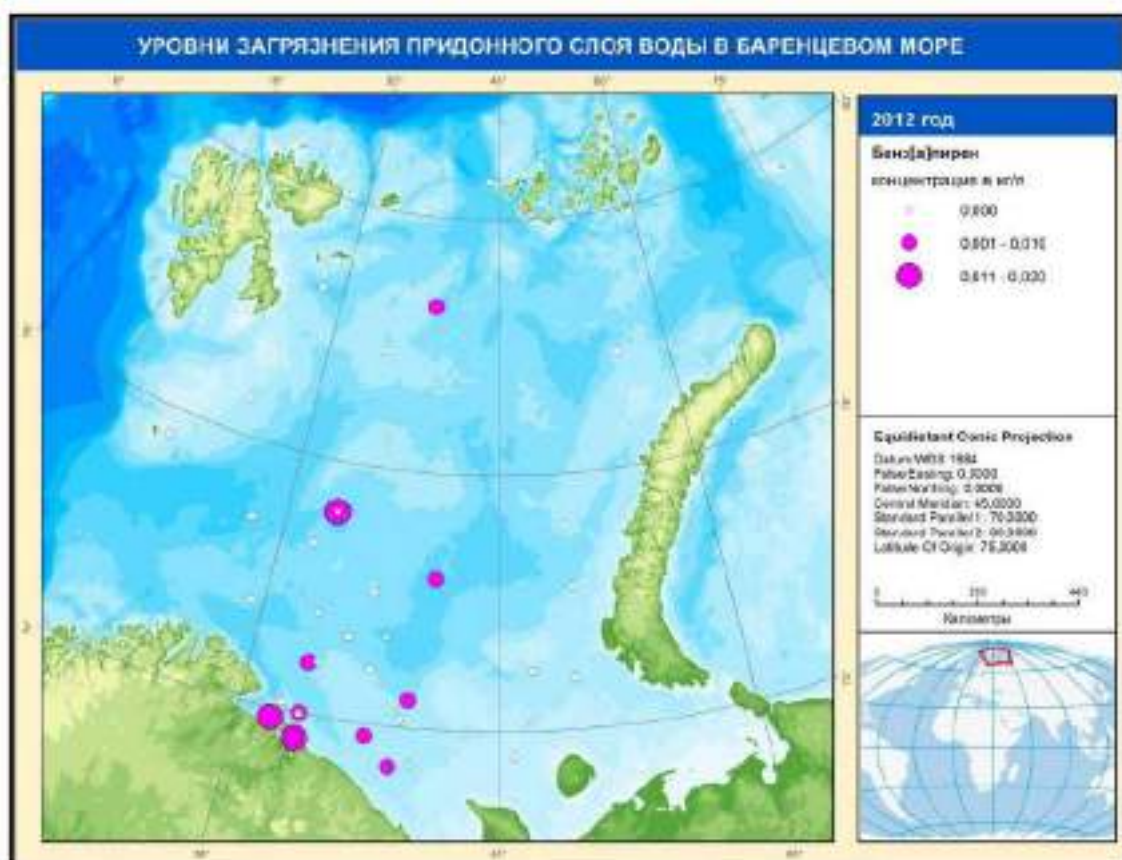
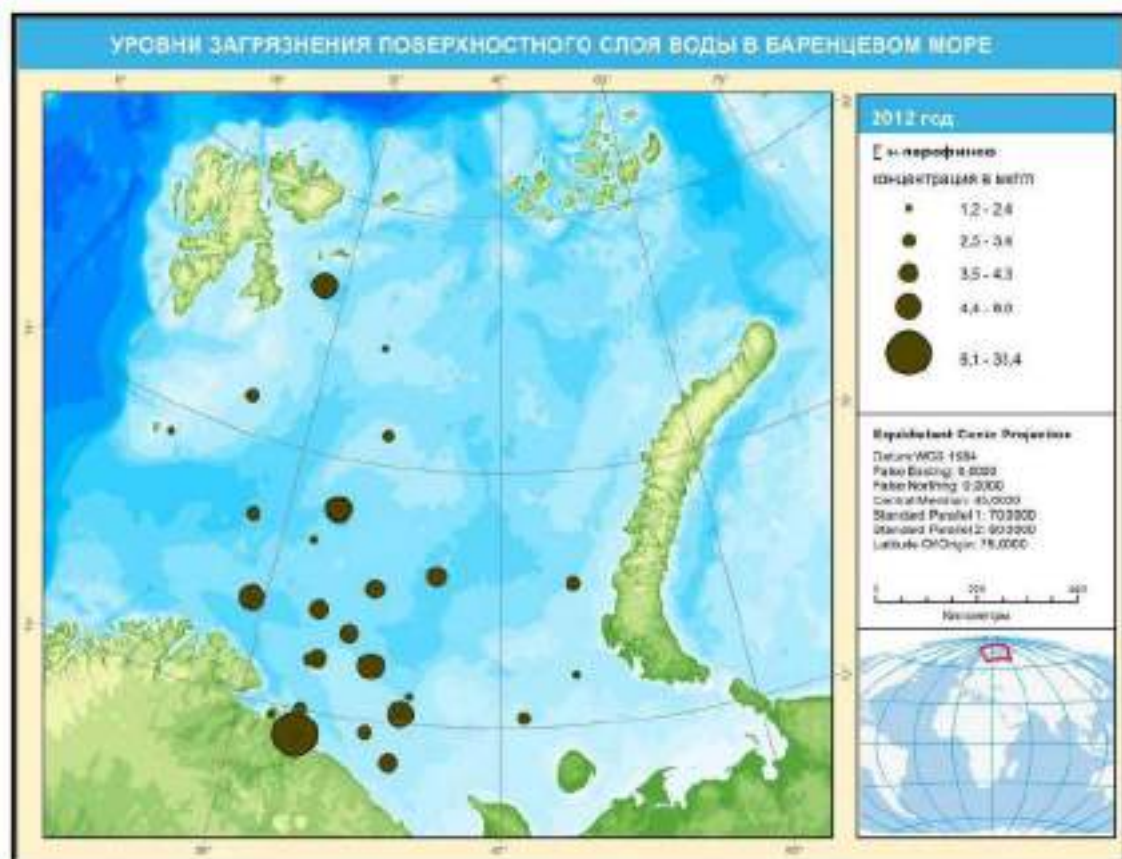


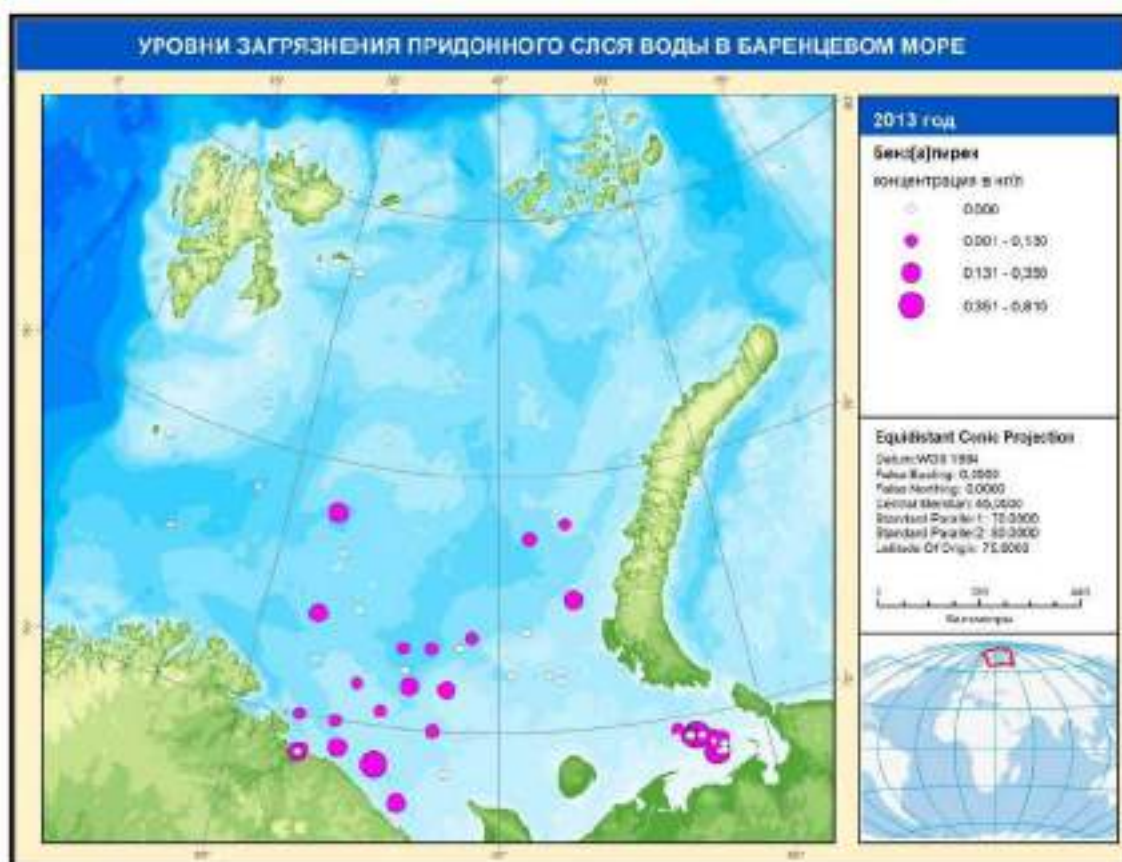
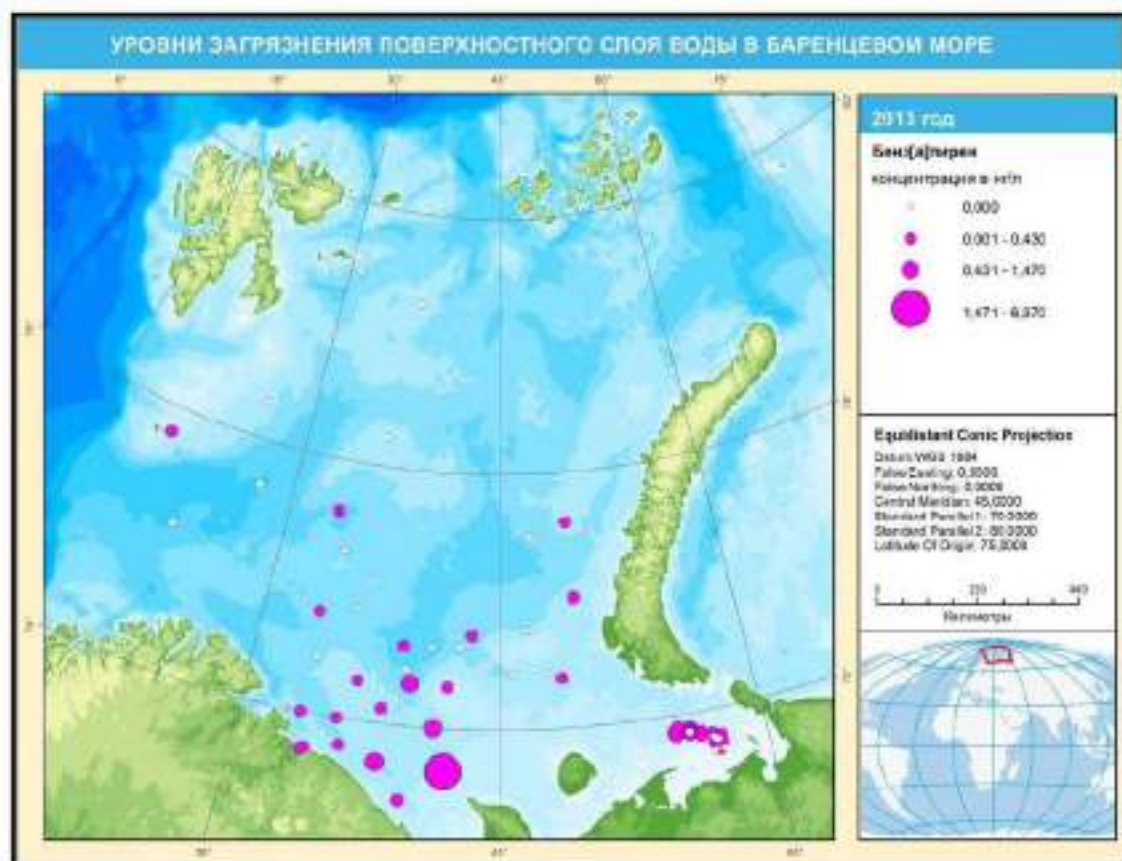


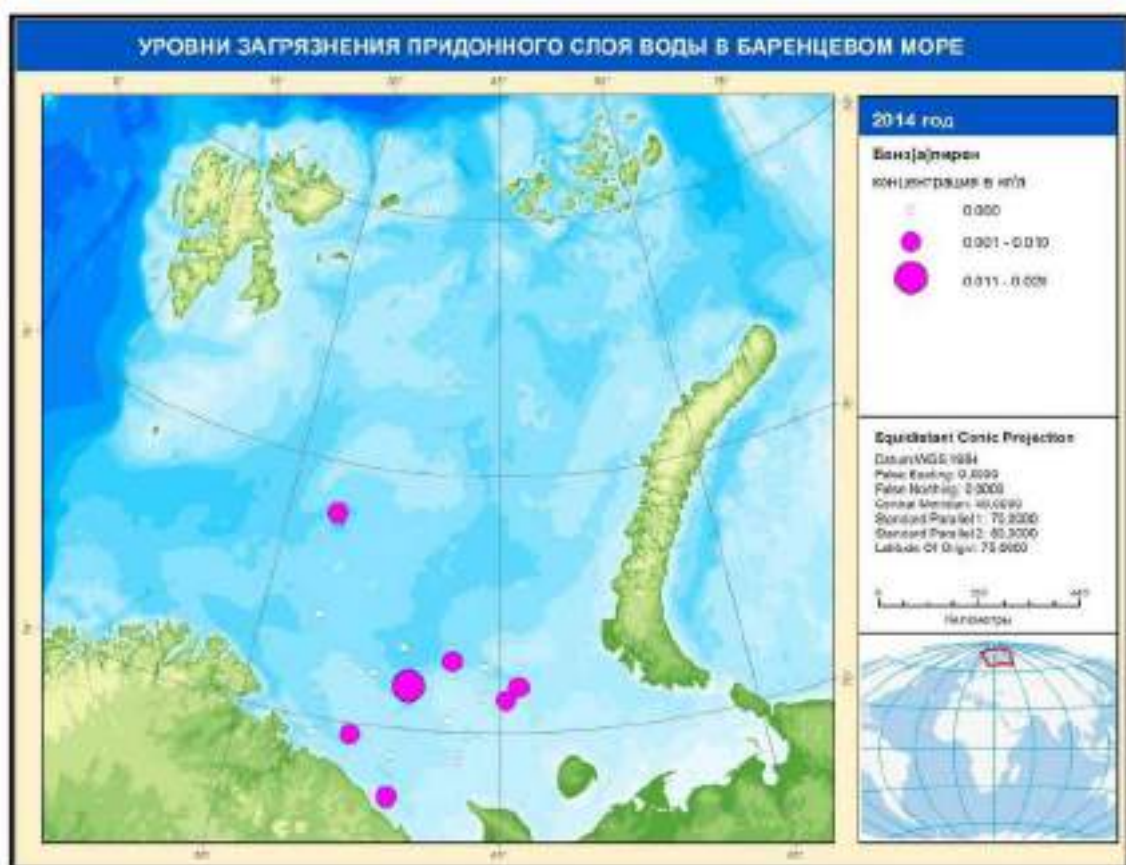
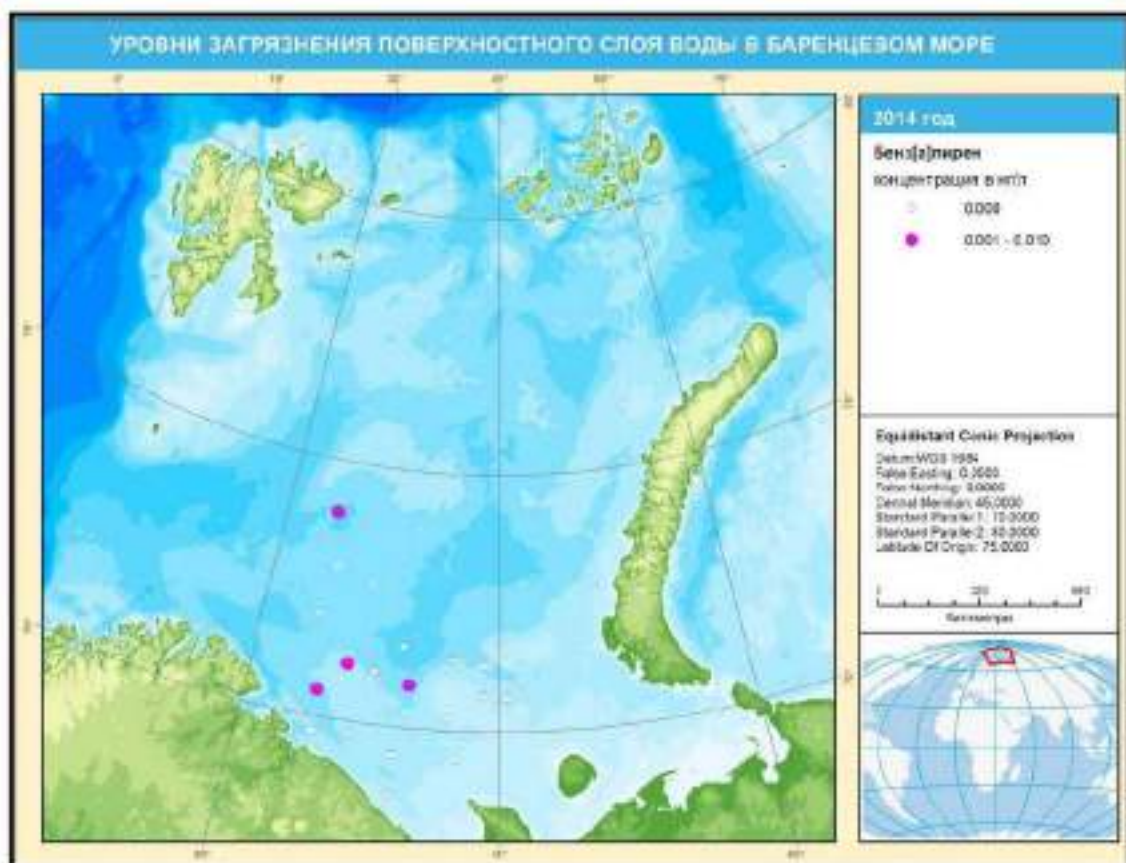


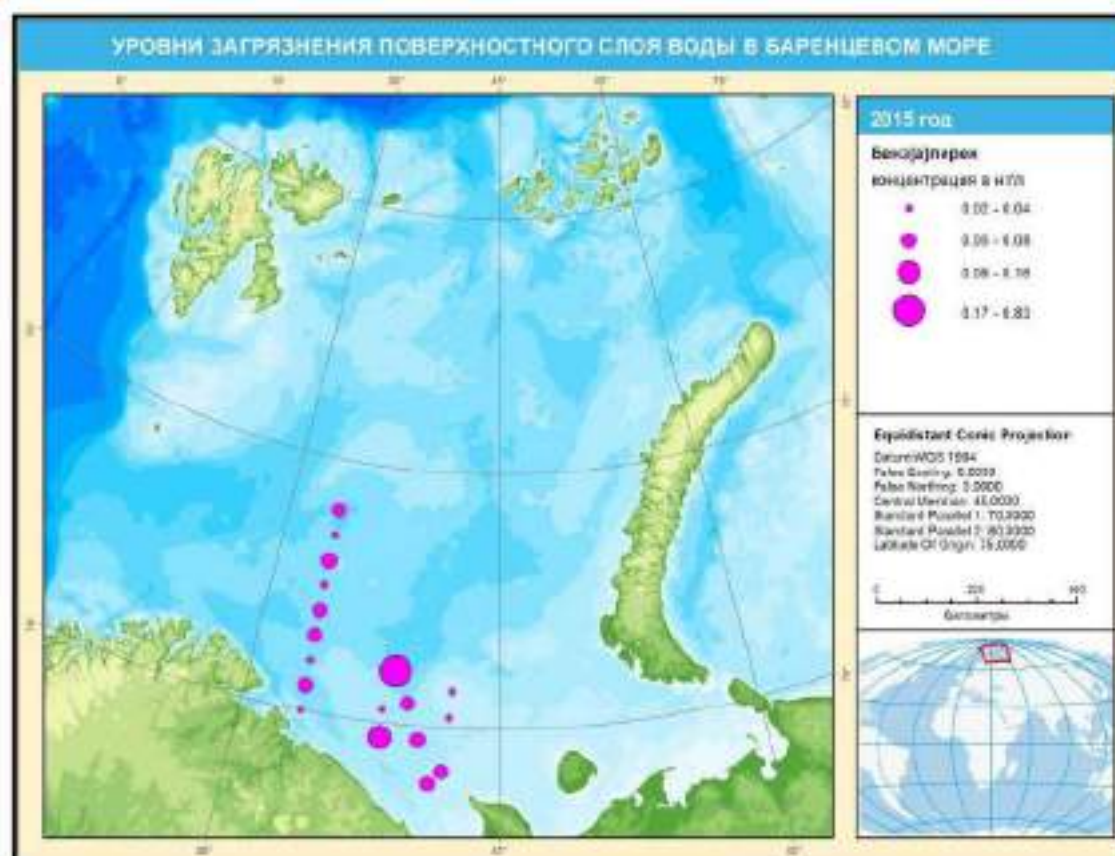


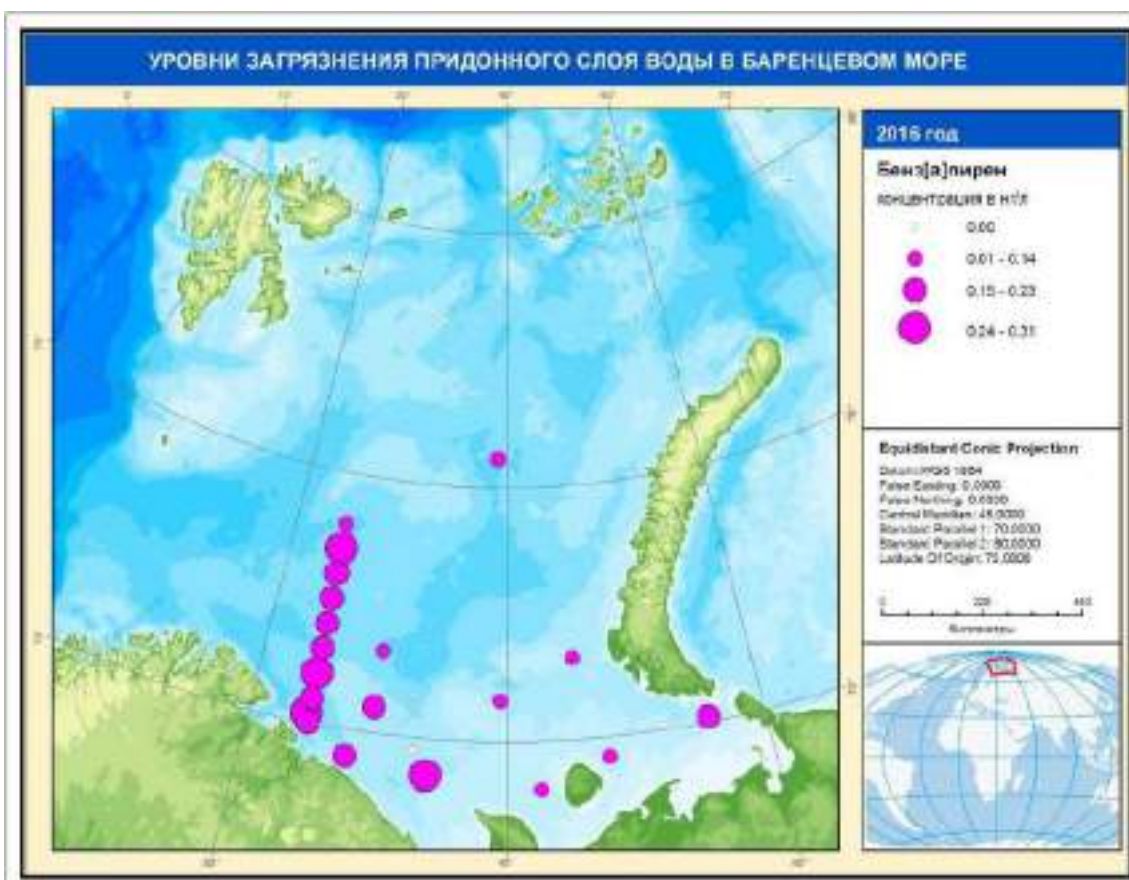
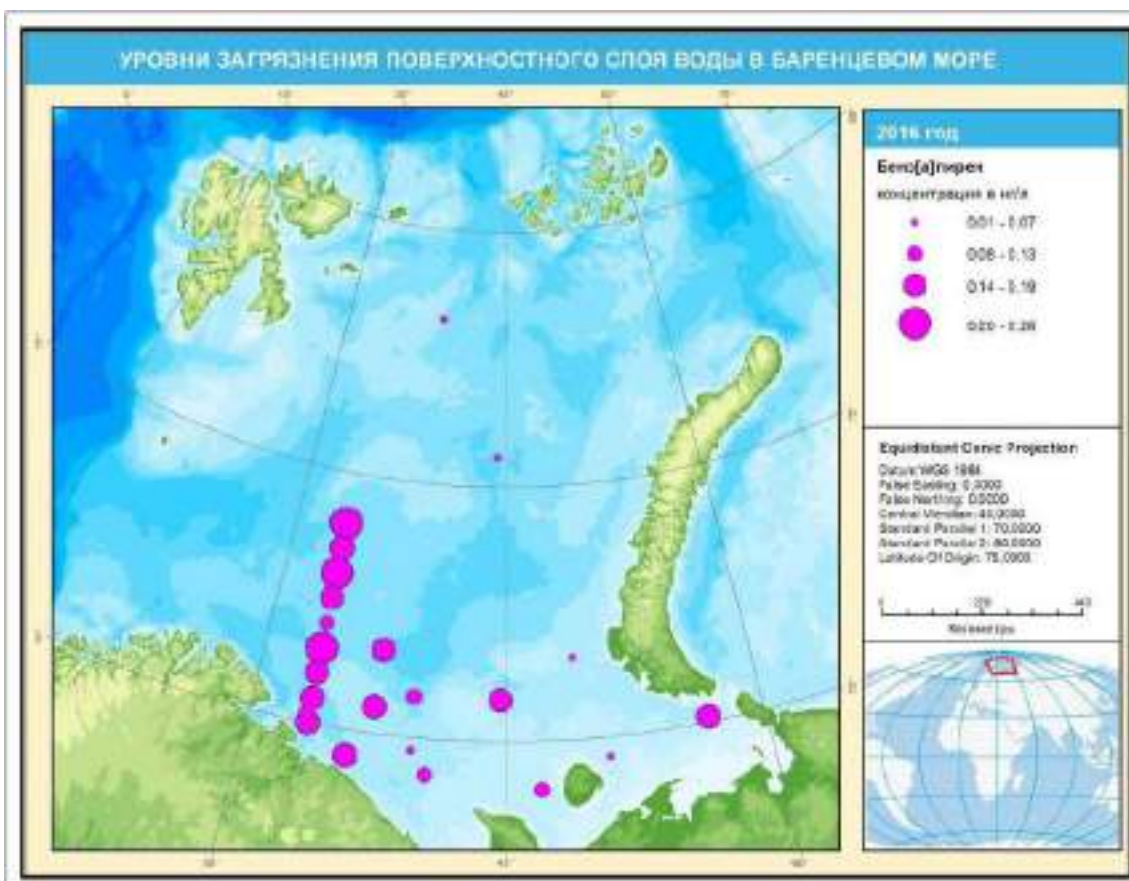












н-парафины

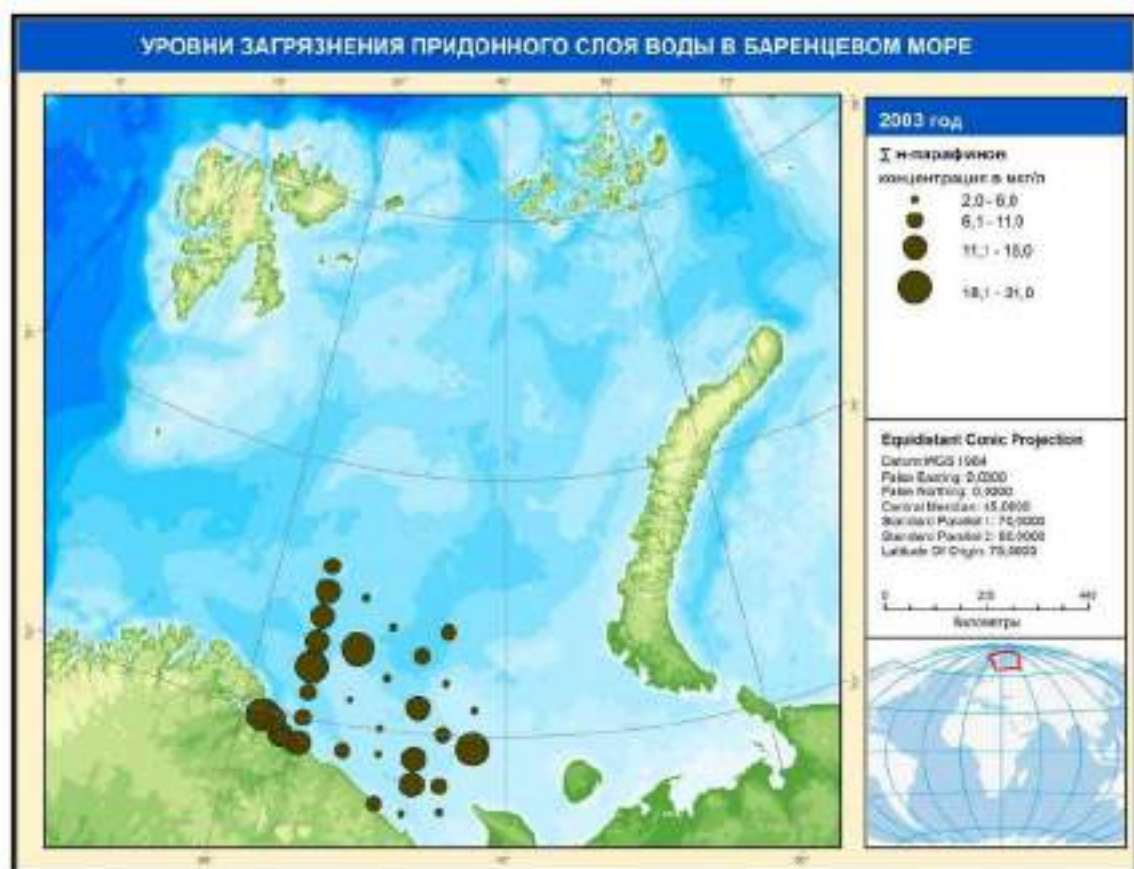
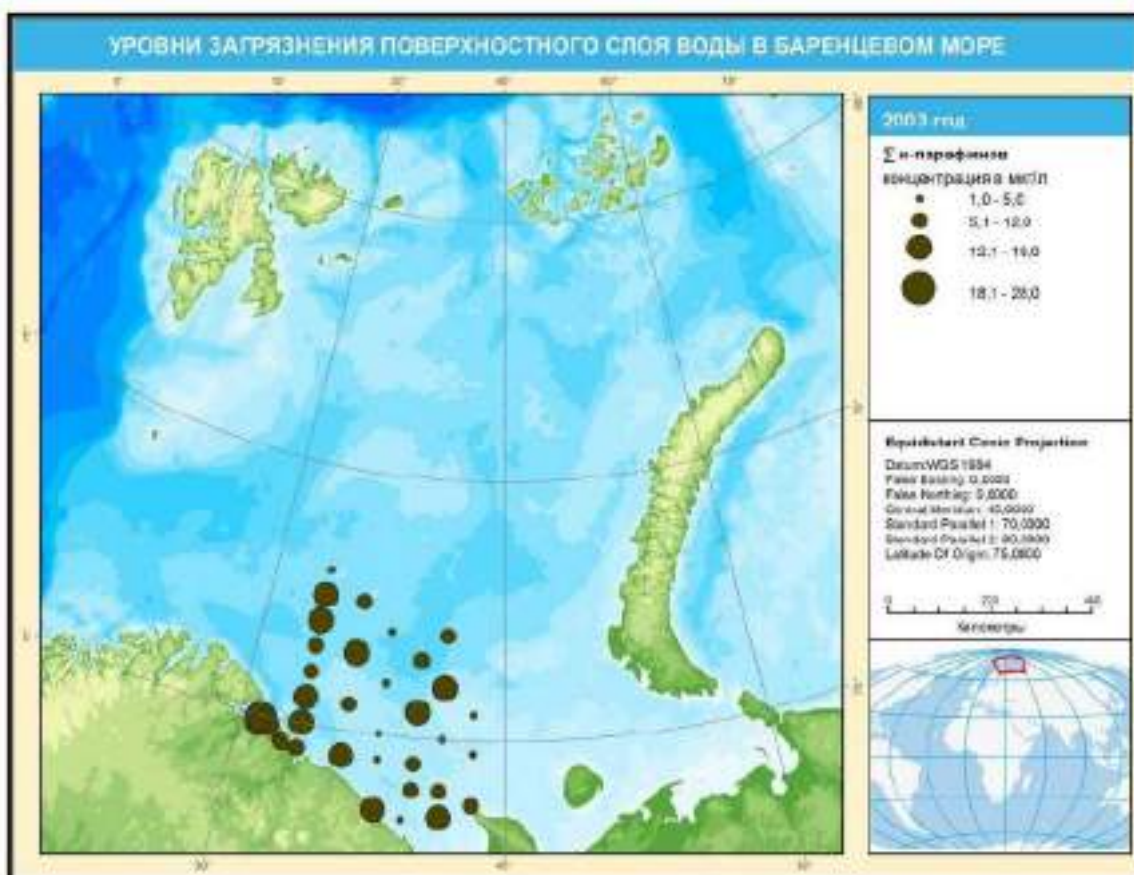
Количество нефтяных углеводородов, попадающих непосредственно в океан, небольшое по сравнению с тем количеством, которое выбрасывается в атмосферу в результате испарения и неполного сгорания топлива. Большая часть этих углеводородов вступает в фотохимические реакции и превращается в другие вещества. Однако оставшаяся часть существует в виде жидких капель или адсорбируется на маленьких атмосферных частицах. Жидкие и твердые частицы неизбежно выпадают из атмосферы и оседают на поверхности океана, внося значительный вклад в общее загрязнение углеводородами (Химия окружающей среды, 1982).

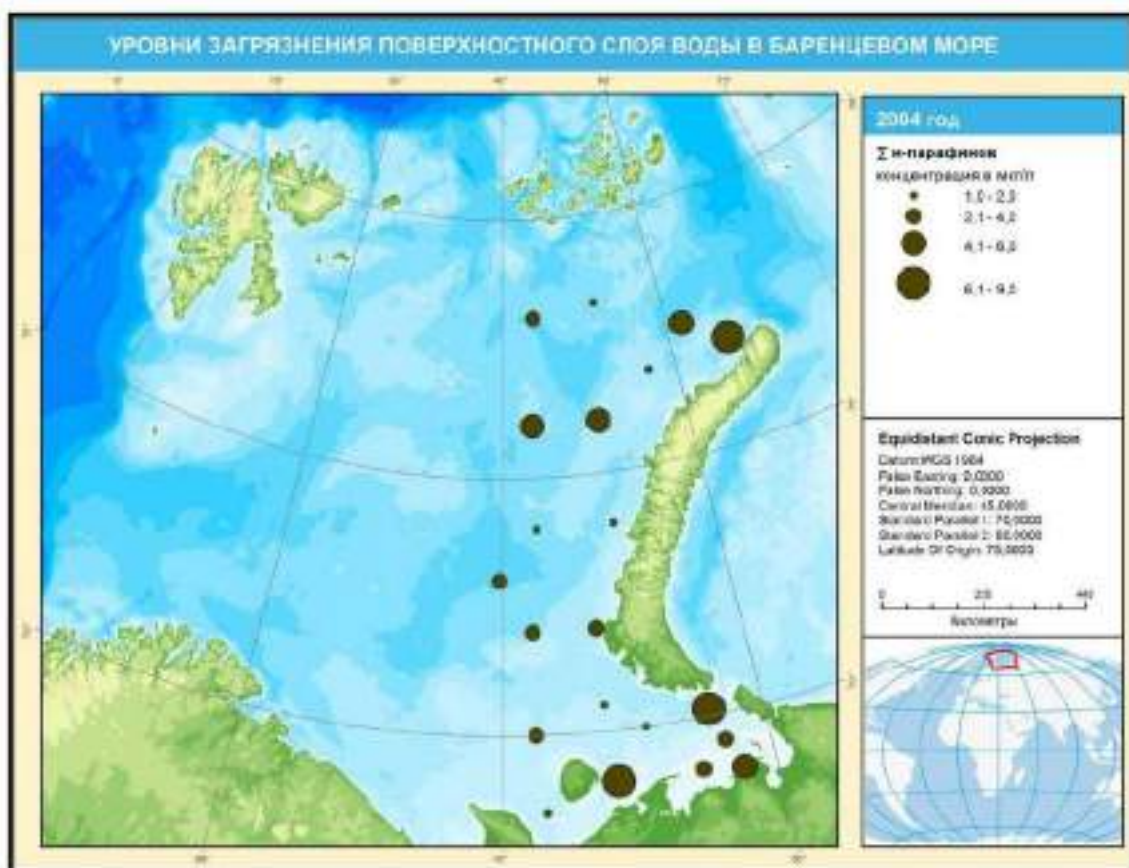
По ориентировочной оценке, в органическом веществе аэрозолей в атмосфере арктических морей России содержится около 20 % н-парафинов, или алифатических углеводородов, а их поток на поверхность этих морей составляет 77 тыс. т/год (Романкевич, Ветров, 2001; Немировская, 2004). Этот же источник формирует в значительной мере фоновые уровни пирогенных ПАУ в открытых акваториях и ледовом покрове всех арктических морей.

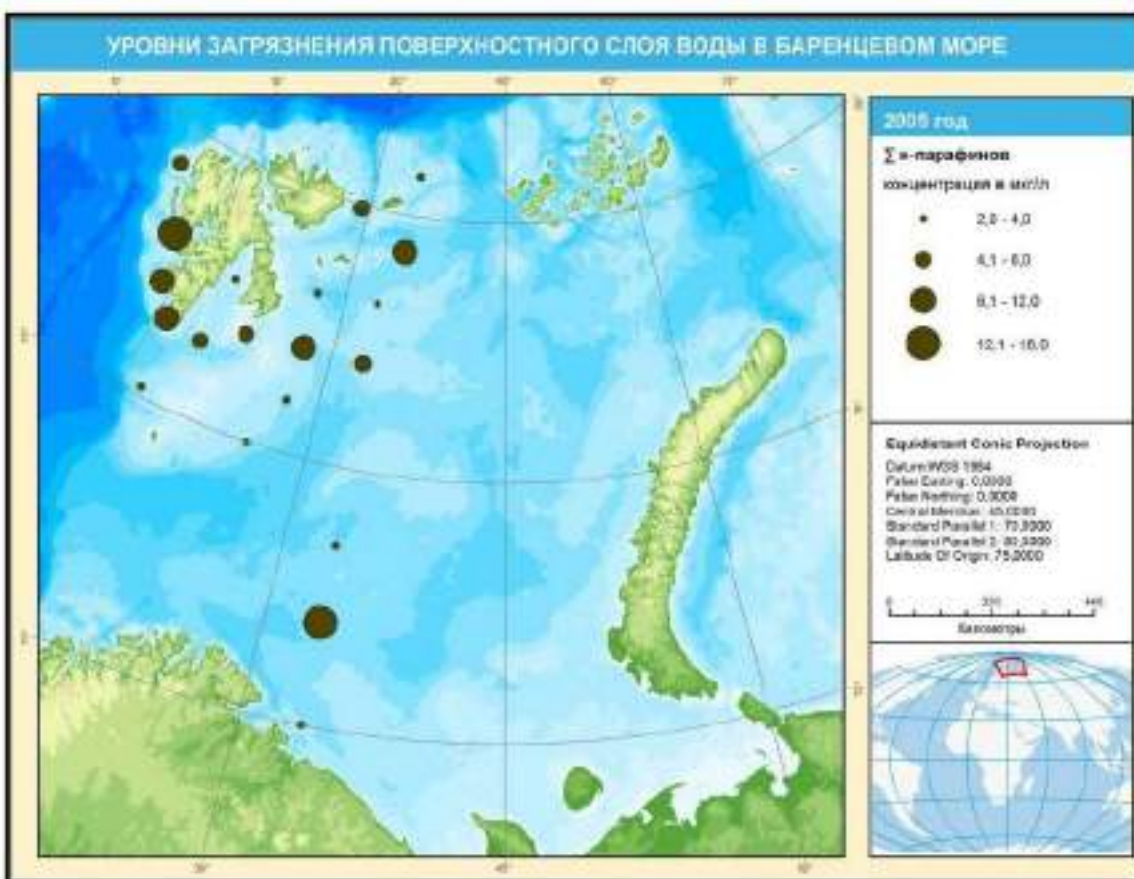
Для малозагрязненных районов морей характерны концентрации алифатических углеводородов порядка 5-25 мкг/л. В результате жизнедеятельности морских организмов в морской воде могут накапливаться алифатические углеводороды биогенного происхождения, поэтому в слабозагрязненных районах концентрация нефтяных углеводородов оказывается меньшей или соизмеримой с концентрацией продуктов жизнедеятельности морских организмов, образующих естественный «углеводородный фон» морской воды (О дифференциации углеводородов..., 1981). Основная доля нефтяных загрязнений приходится на транспортировку нефти. Обычные танкерные операции сопровождаются большой потерей нефти. К таким операциям относятся загрузка балласта, очистка танков (освобождение от балласта), погрузка и разгрузка. Около половины потерь нефти при транспортировке приходится на загрузку балласта и очистку танков. После разгрузки пустые танки танкера заполняют морской водой, которая служит стабилизирующим балластом на обратном пути. Морская вода образует эмульсию с нефтепродуктами, оставшимися в танках. Содержащий нефтепродукты балласт сливается в море на небольшом расстоянии от порта назначения. Вклад несчастных случаев, при столкновении танкеров или посадки на мель, не превышает 15 % от объема загрязнений мирового океана при транспортировке нефти. Реки и городские стоки дают почти такой же вклад в загрязнения, как и транспортировка (Химия окружающей среды, 1982).

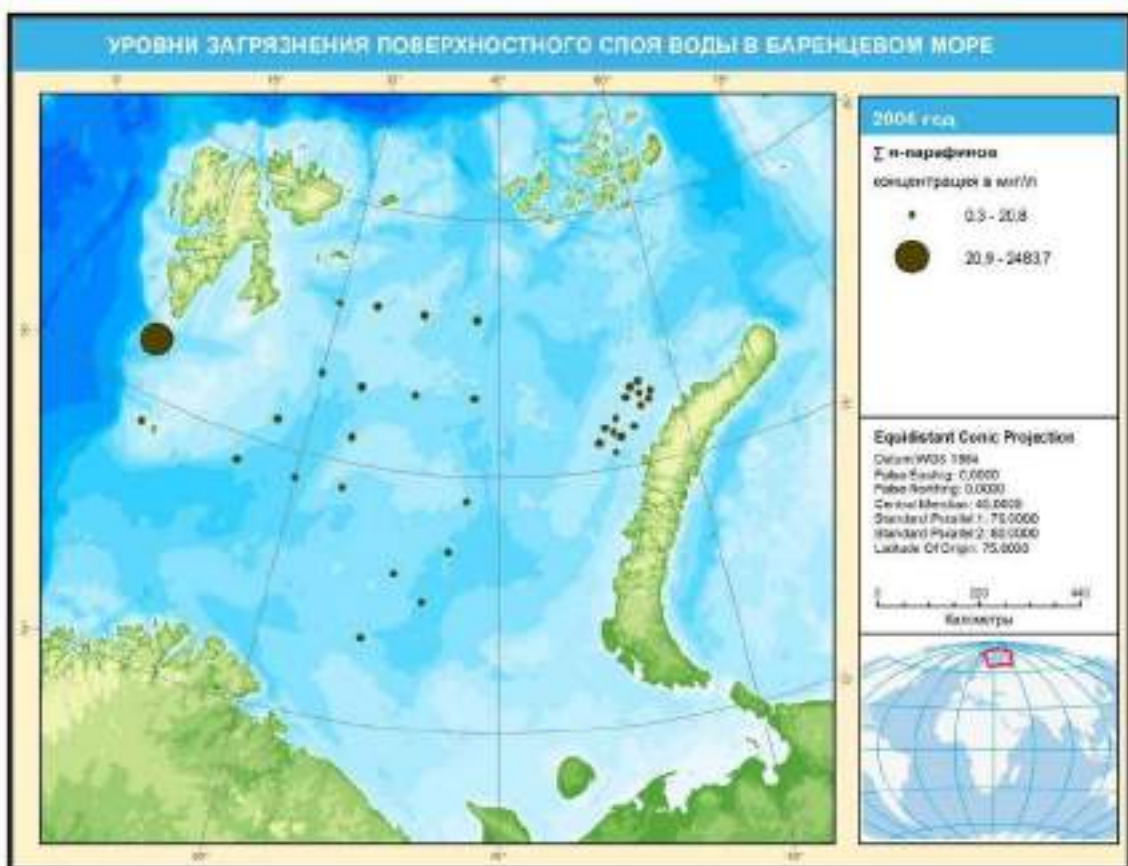
За концентрацию алифатических углеводородов (н-парафинов) в воде Баренцева моря, отображенную на картах атласа, принимали сумму концентраций индивидуальных соединений от 10 до 31 атомов углерода включительно ($\sum C_{10}-C_{31}$).

Ниже приводятся карты содержания н-парафинов в 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 и 2015 гг.

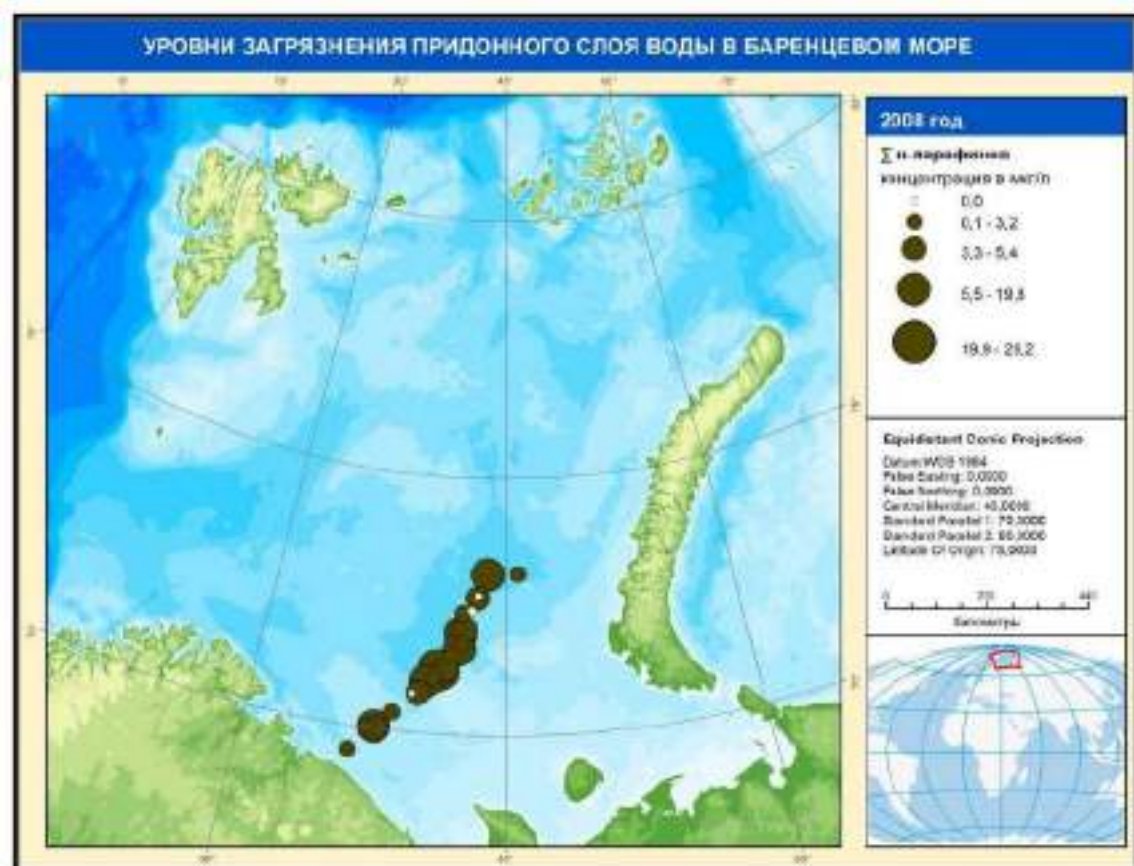
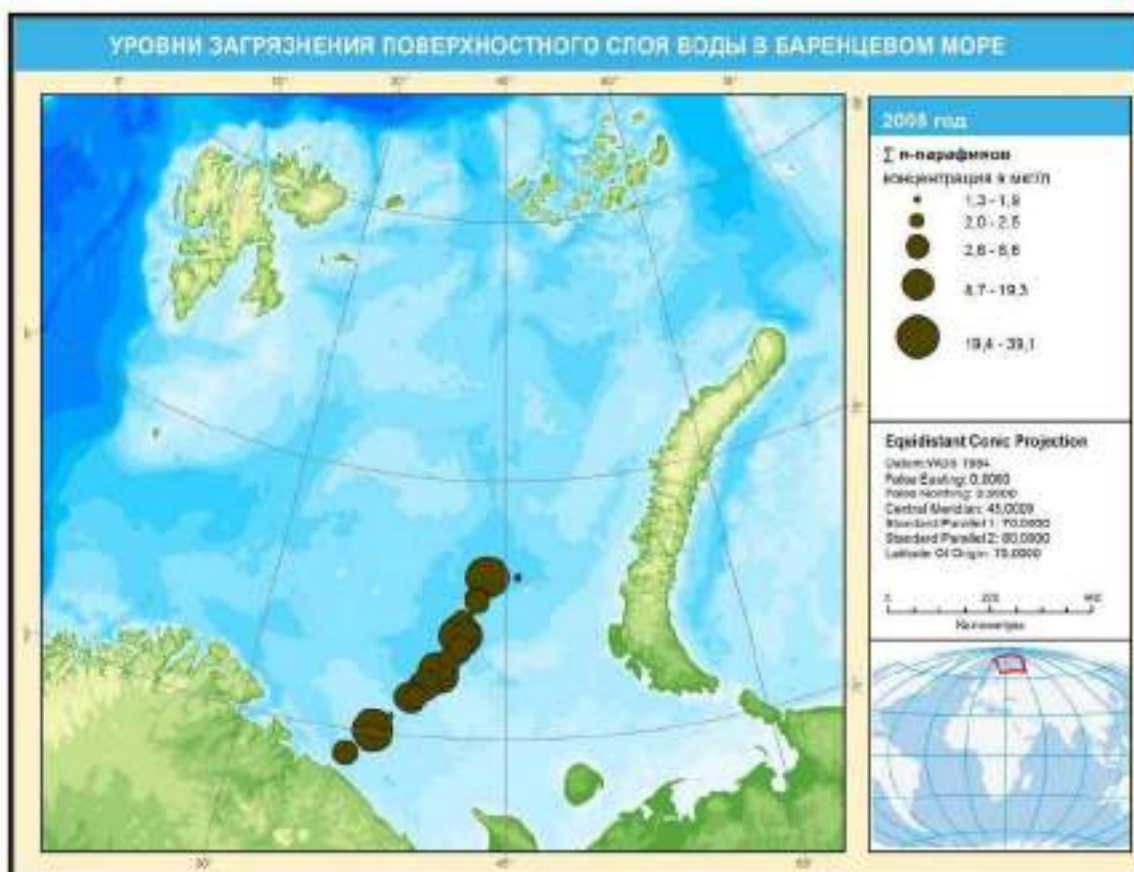


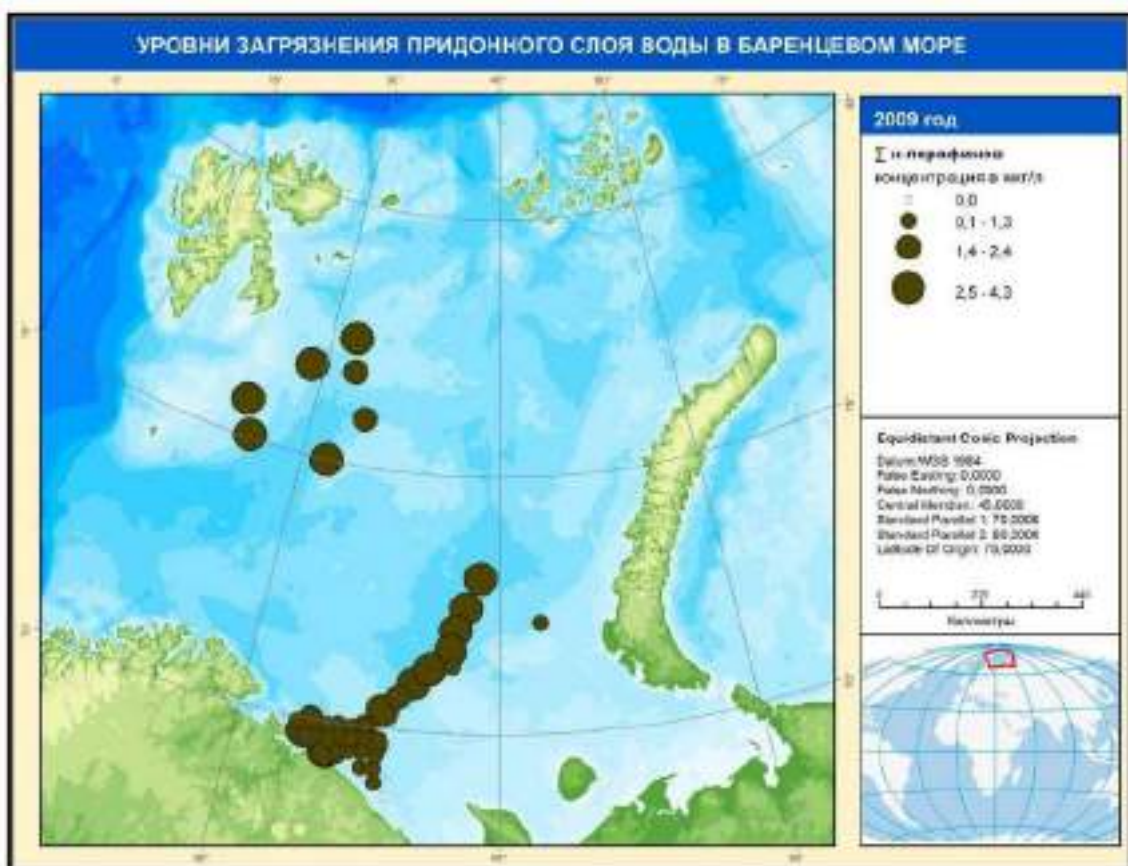
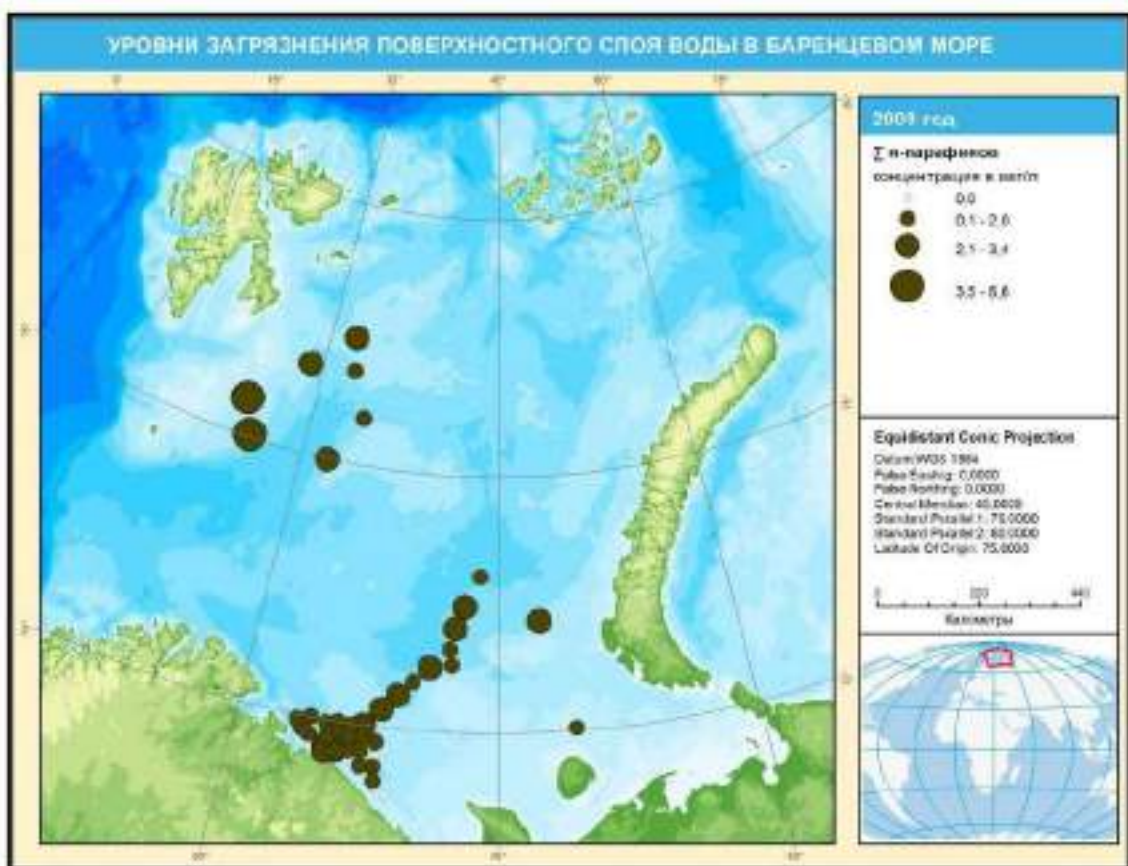


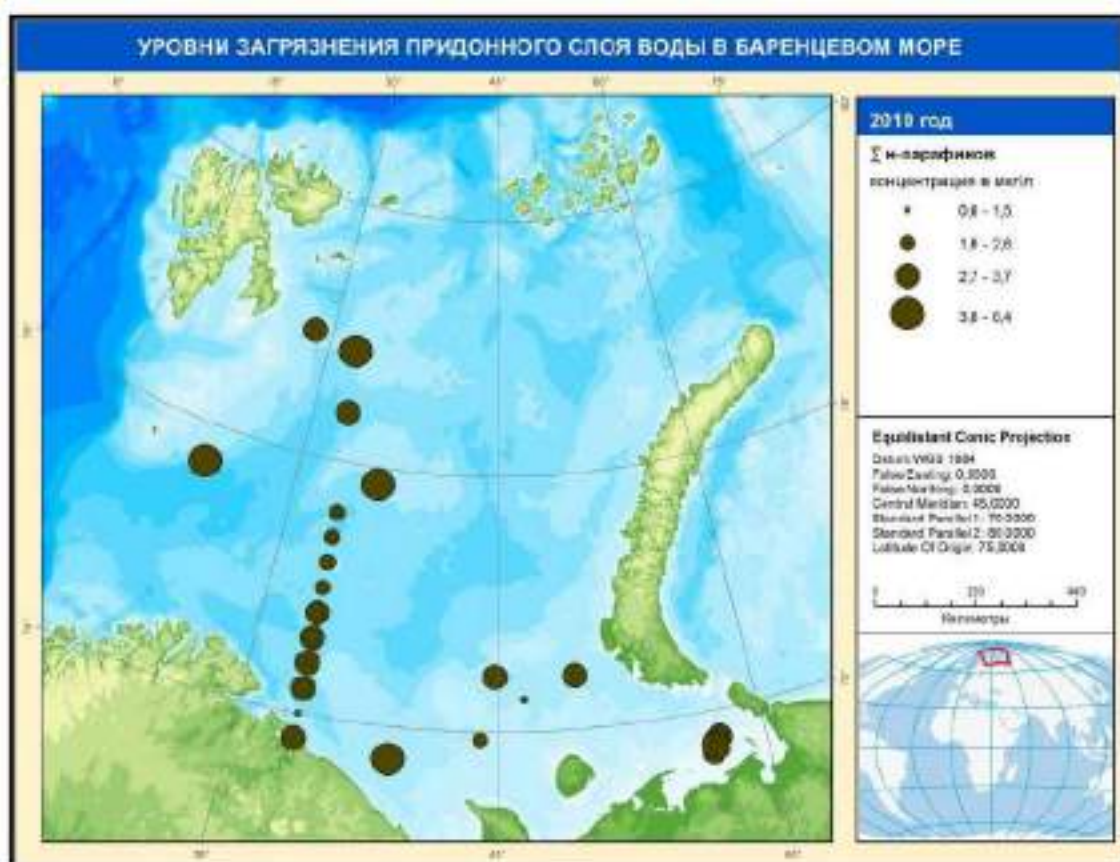
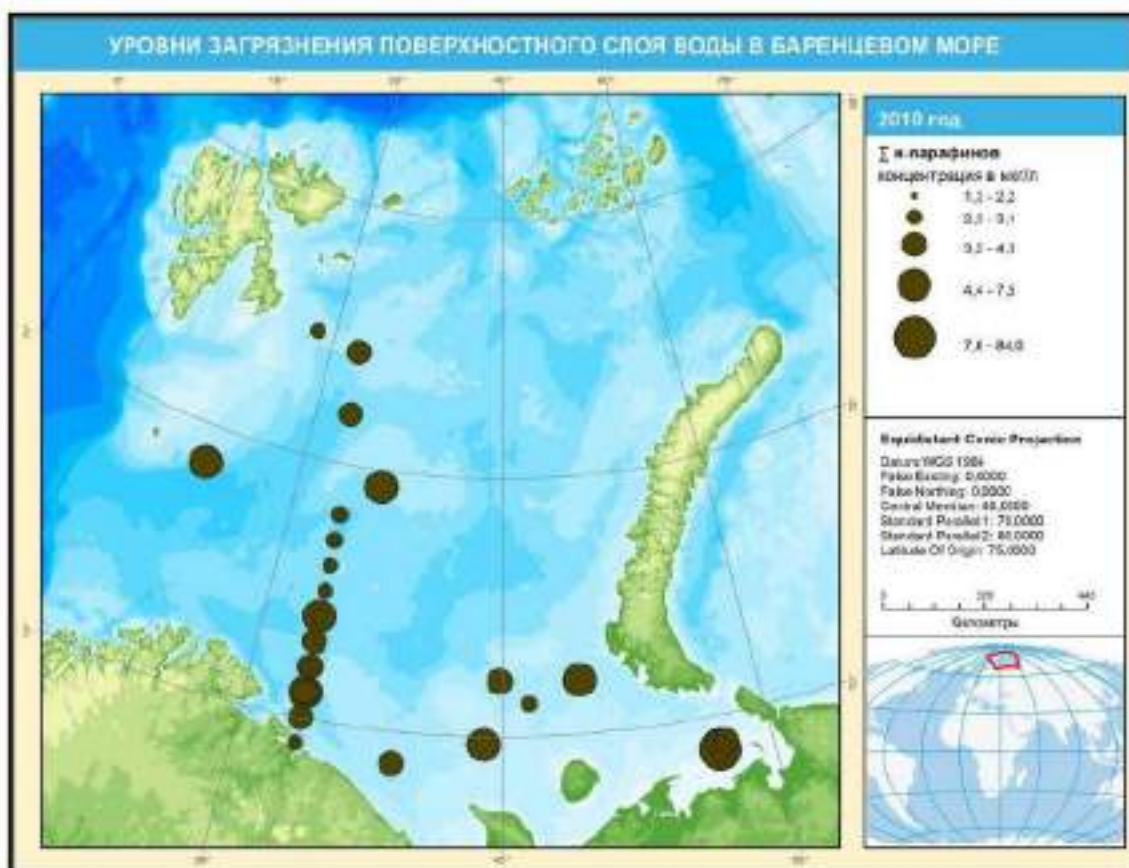


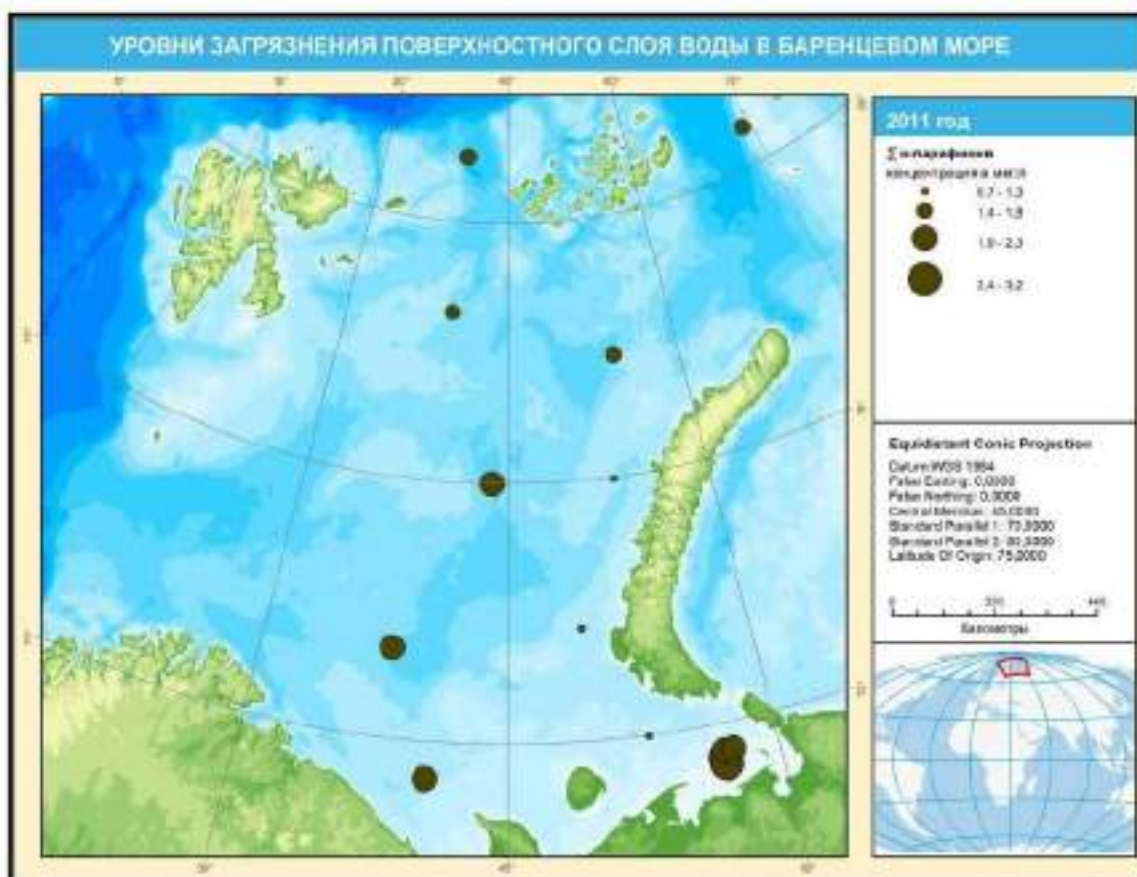


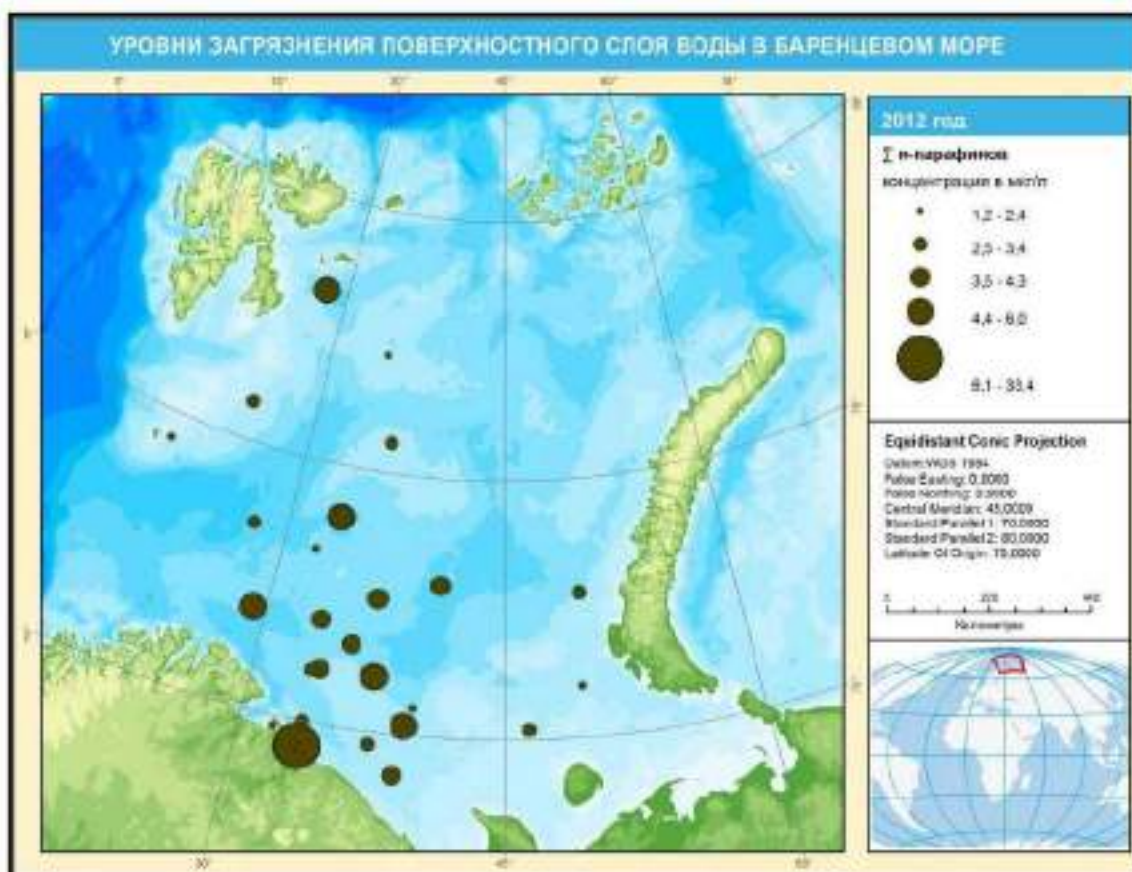


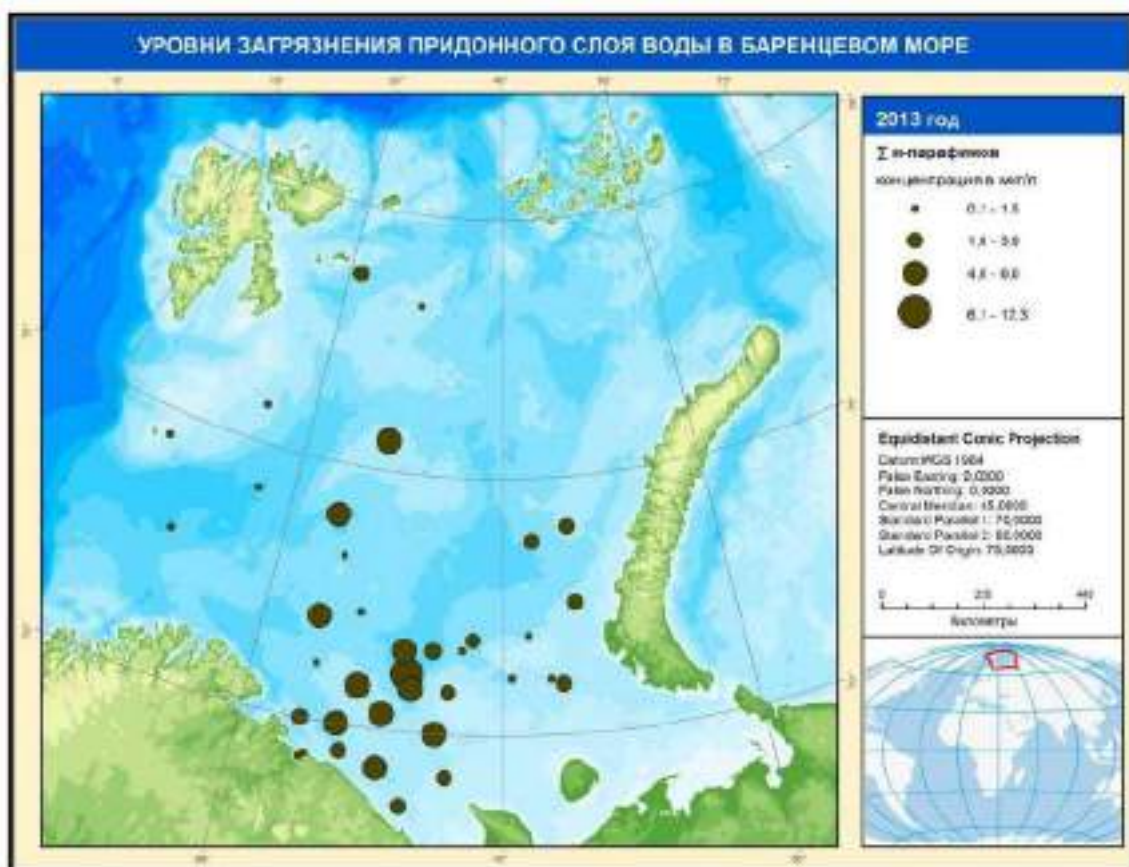
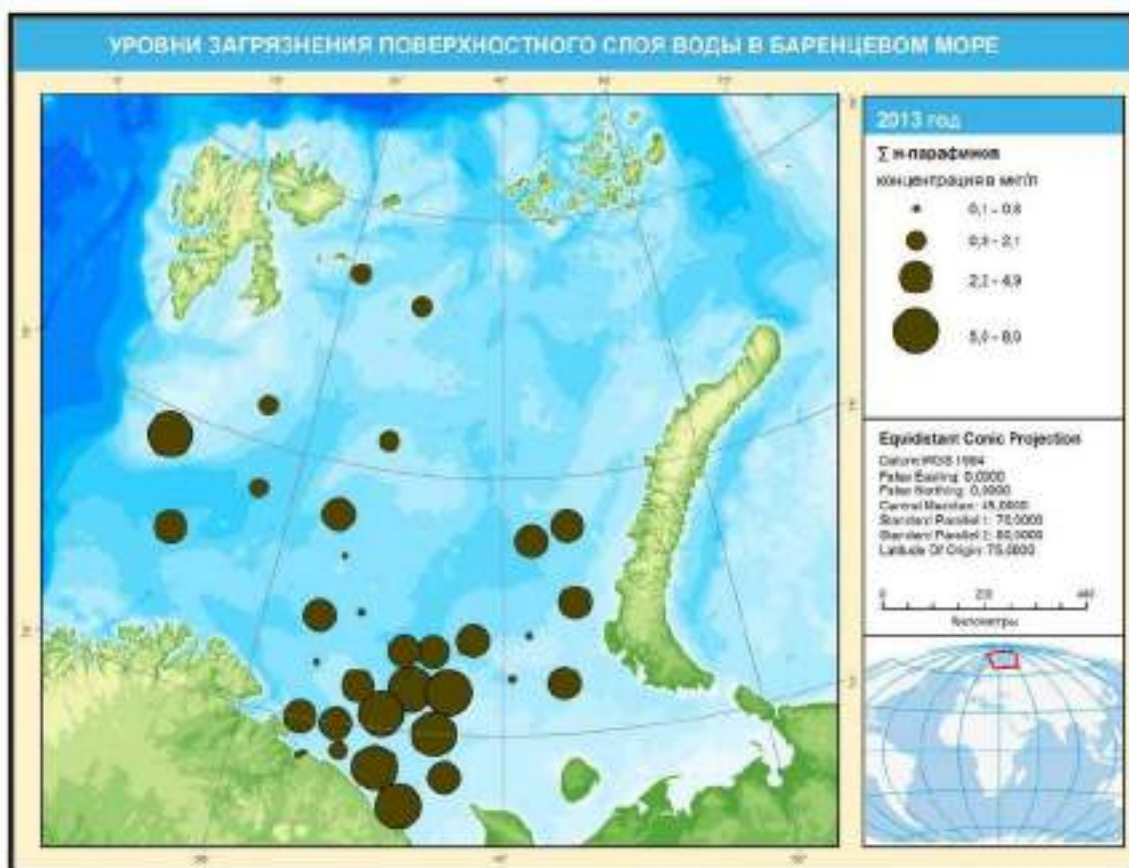


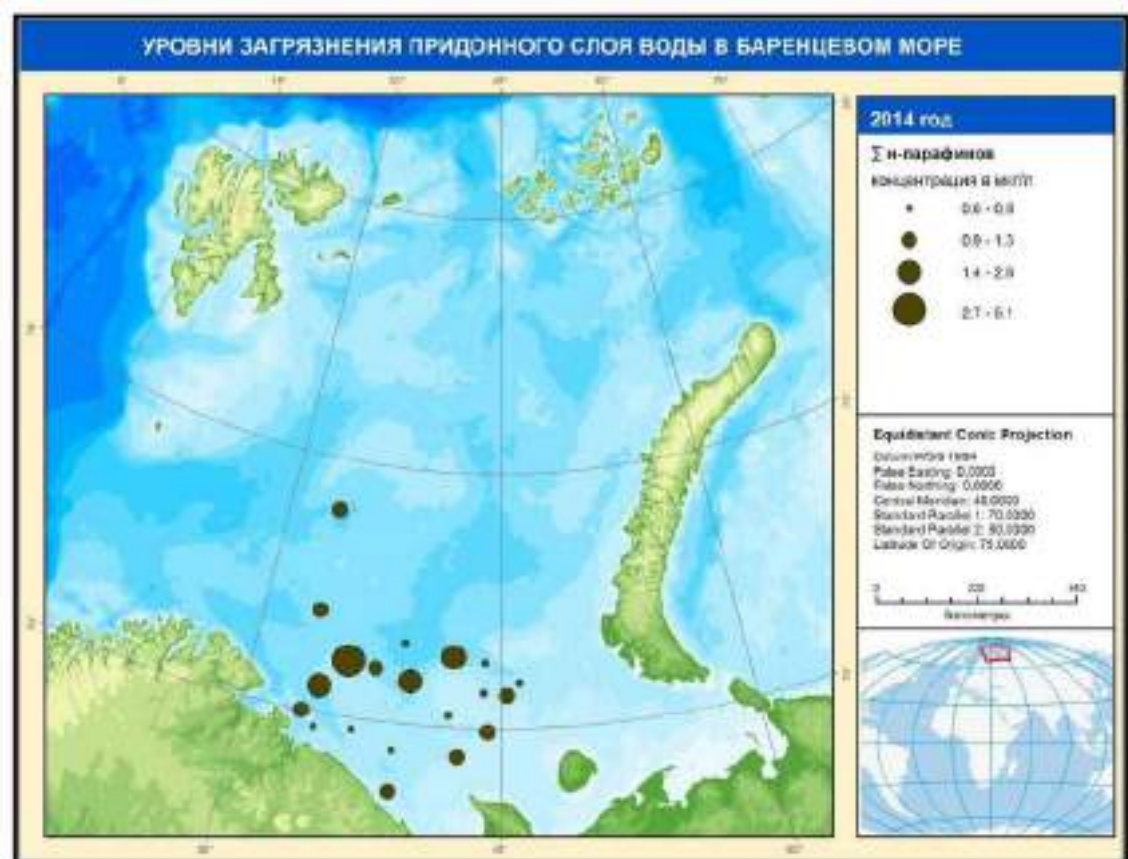
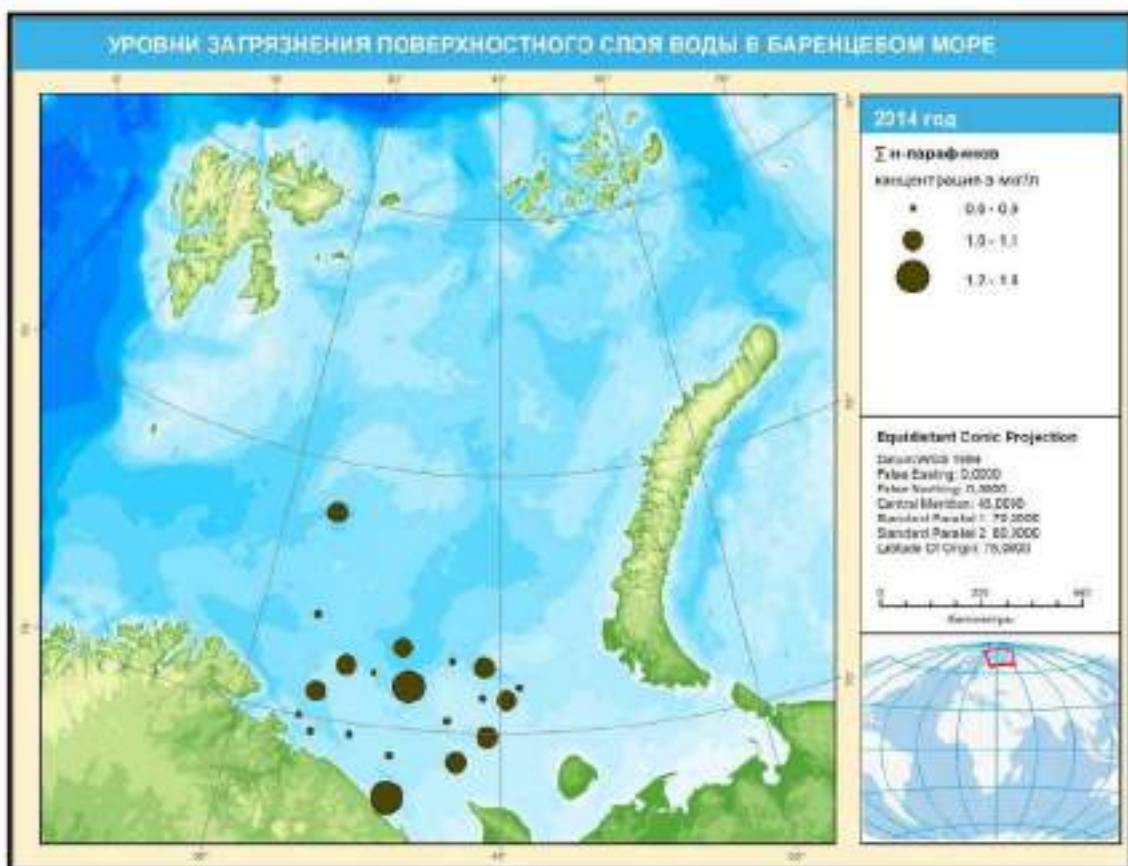


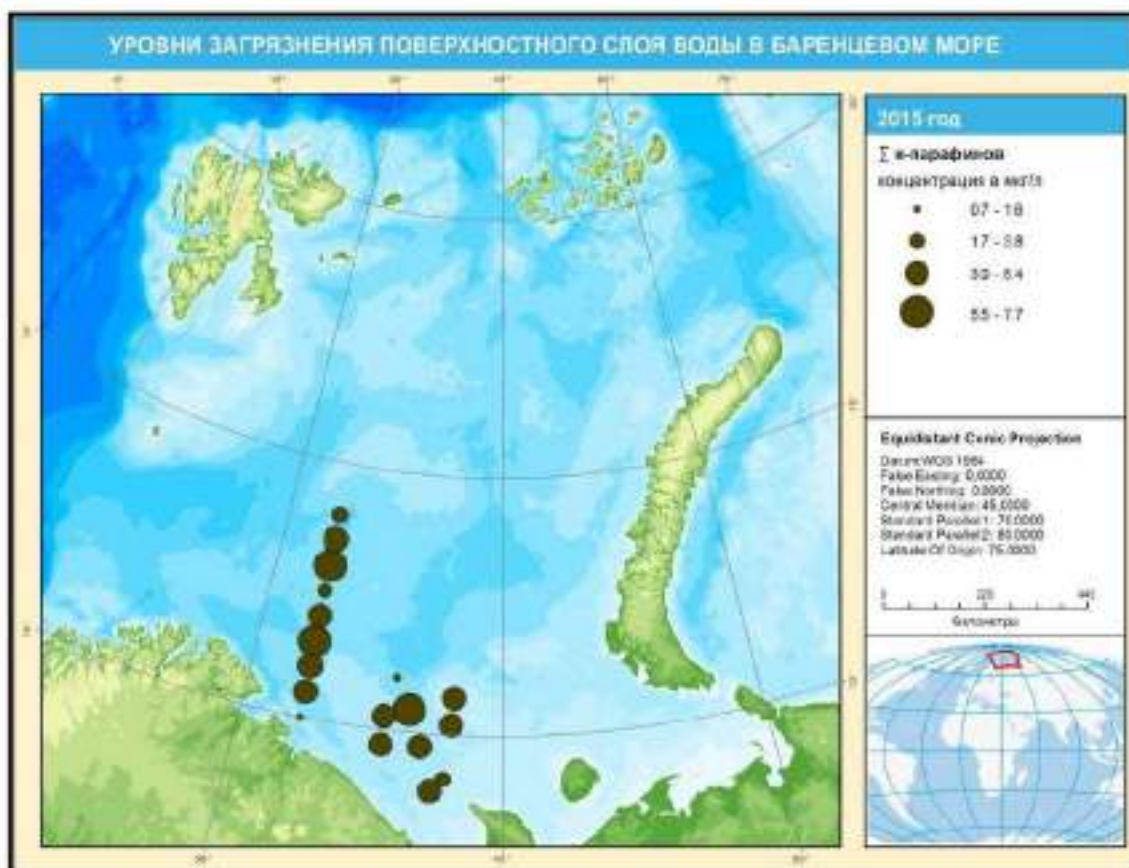












ДДТ

ДДТ – дихлордифенилтрихлорэтан – относится к группе хлорорганических пестицидов (ХОП). Последние являются токсикантами глобального распространения, не имеющими природных аналогов. Большинство ХОП, таких как ДДТ, плохо растворимы в воде. ДДТ самый известный из пестицидов: широко применялся во время Второй мировой войны для защиты военнослужащих и гражданского населения от малярии, тифа и других заболеваний, распространяемых насекомыми (Диагностический анализ состояния..., 2011). ДДТ широко использовался в сельском хозяйстве в качестве эффективного инсектицида. Весьма устойчив в окружающей среде. Период полураспада ДДТ составляет несколько лет, он устойчив к химическому разрушению и обнаружен во всех частях света. Известно, что ДДТ концентрируется в цепи питания с коэффициентом обогащения, превышающим 500 000. До тех пор, пока ДДТ может сохраняться и концентрироваться в живых тканях организмов, он непрерывно будет представлять опасность (Химия окружающей среды, 1982). В связи с воздействием ДДТ на популяции диких животных и птиц (особенно хищных) в 1970-е годы многие страны постепенно отказались от его применения. В некоторых регионах мира до последнего времени продолжали использовать этот пестицид для борьбы с малярией (Диагностический анализ состояния..., 2011).

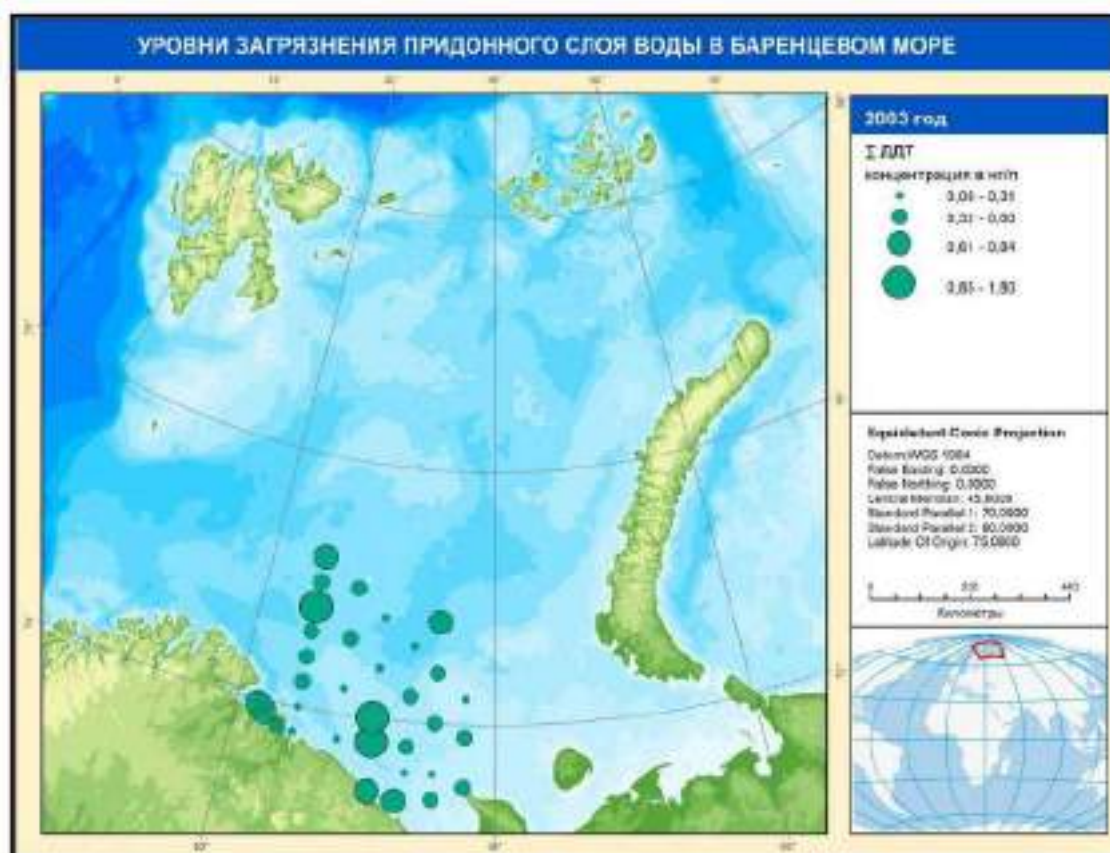
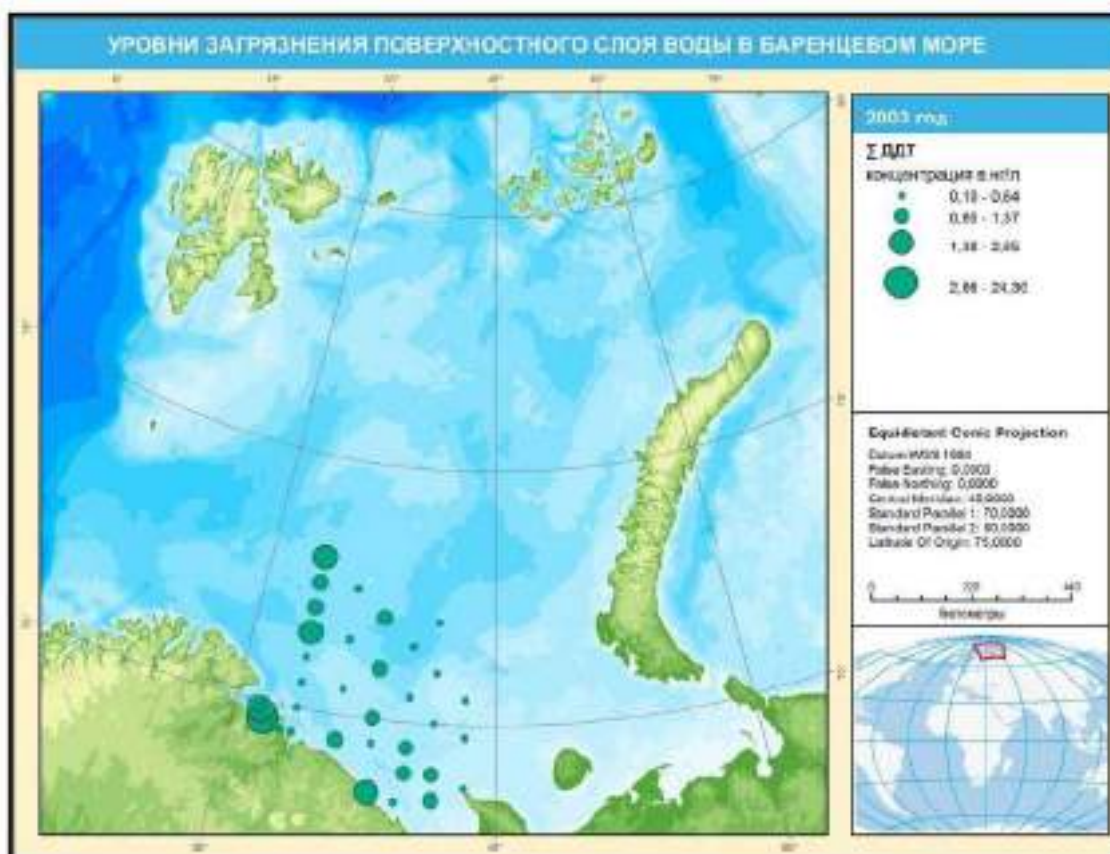
ДДТ и его метаболиты включены в список ограничений Стокгольмской конвенции в 2001 г. Россия ратифицировала Стокгольмскую конвенцию в 2011 г. (ФЗ № 164 от 27.06.2011 «О ратификации Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях») (Запевалов, 2018). С 1980 по 2000 г. объемы эмиссии ДДТ в северном полушарии уменьшились в 400 раз.

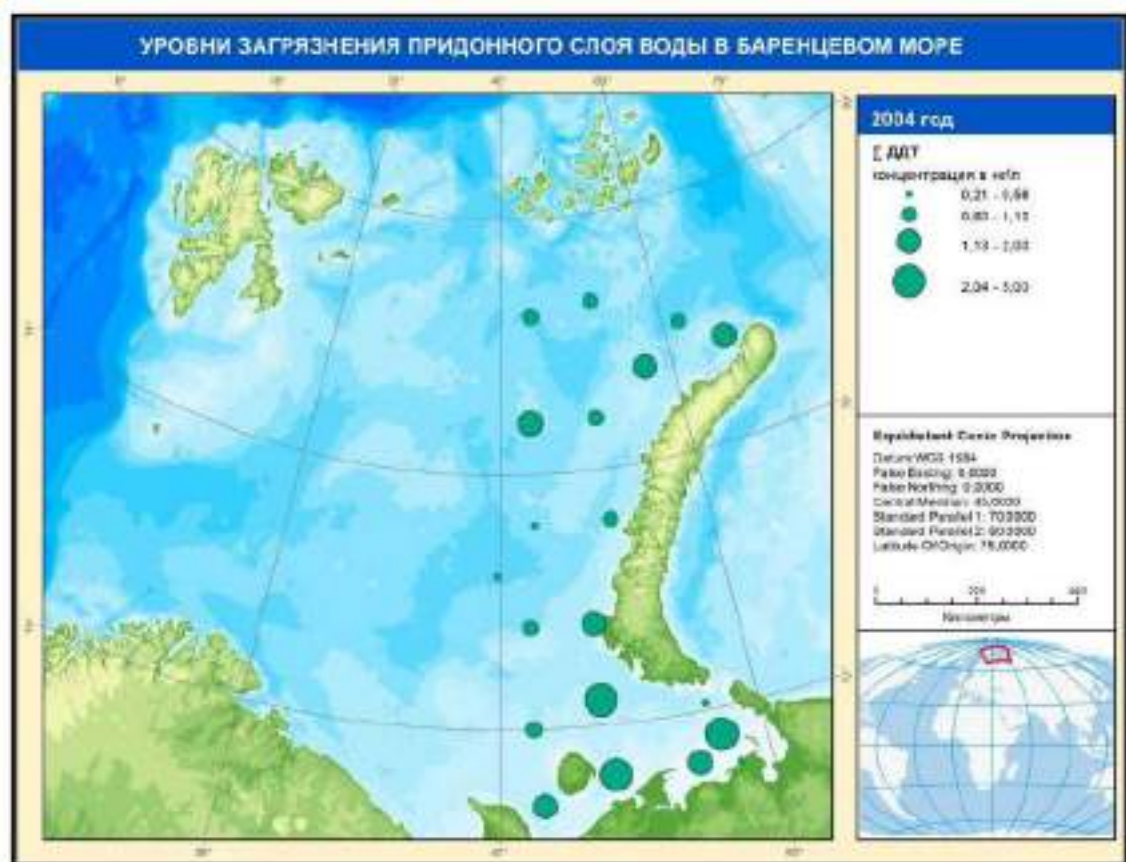
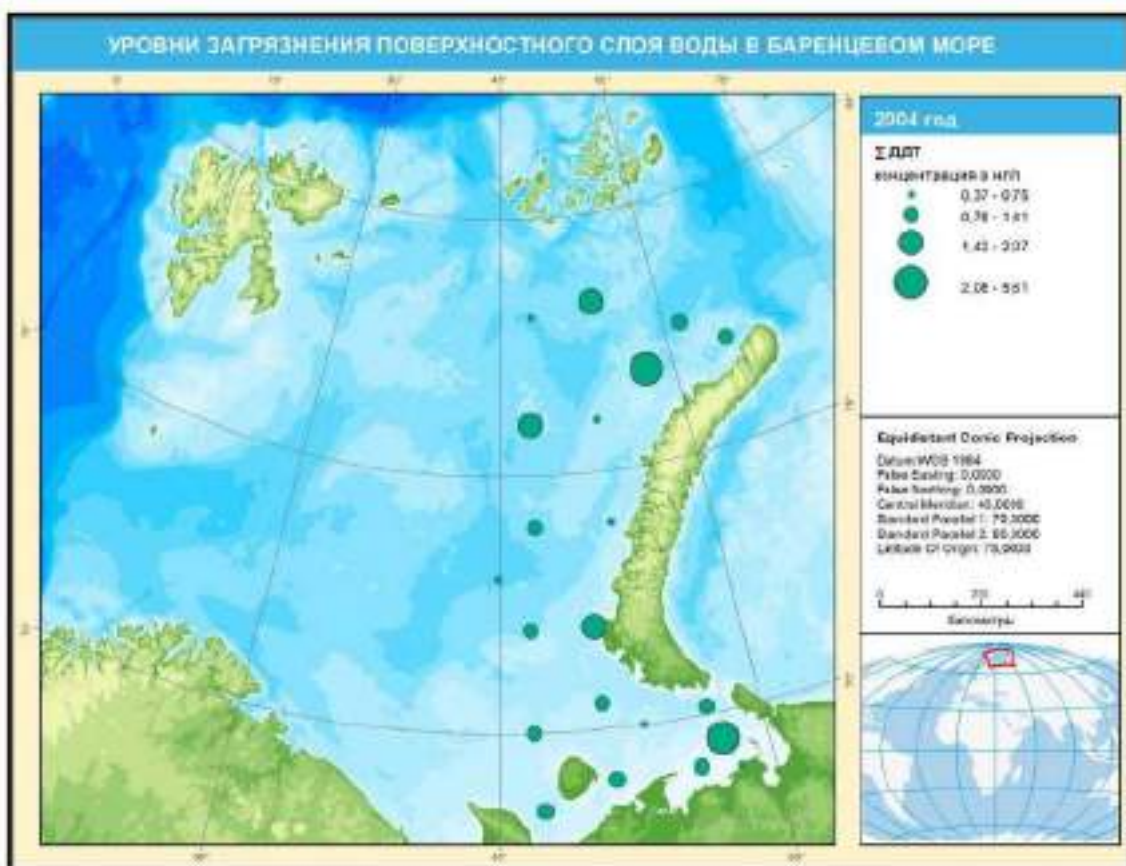
В техническом ДДТ преобладающим компонентом является изомер *p,p'*-ДДТ (77,7 %). В результате физико-химических и биологических процессов, происходящих в море, *p,p'*-ДДТ трансформируется в более стойкие метаболиты – ДДД и ДДЕ (Кольский залив..., 2009). Хлорорганические пестициды типа ДДТ в поверхностных водах присутствуют преимущественно в сорбированном состоянии (Израэль, Цыбань, 2009).

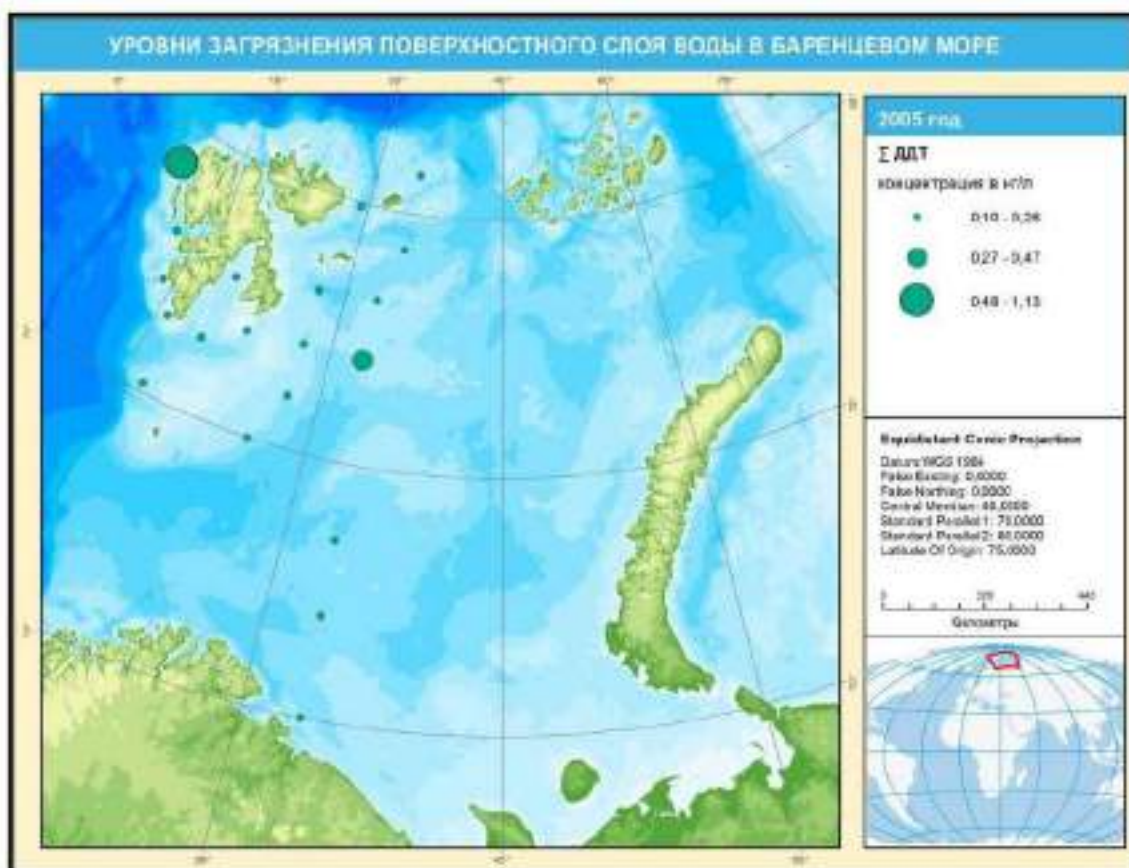
Из группы стойких органических соединений (СОЗ), подпадающих под действие Стокгольмской конвенции, в программы наблюдения Росгидромета до недавнего времени были включены только ДДТ и гексахлорбензол (ГХБ). ДДТ и ГХБ включены в программы контроля состояния загрязнения почв пестицидами, ДДТ – в контроль состояния загрязнения морей и фонового загрязнения атмосферы (Диагностический анализ состояния..., 2011).

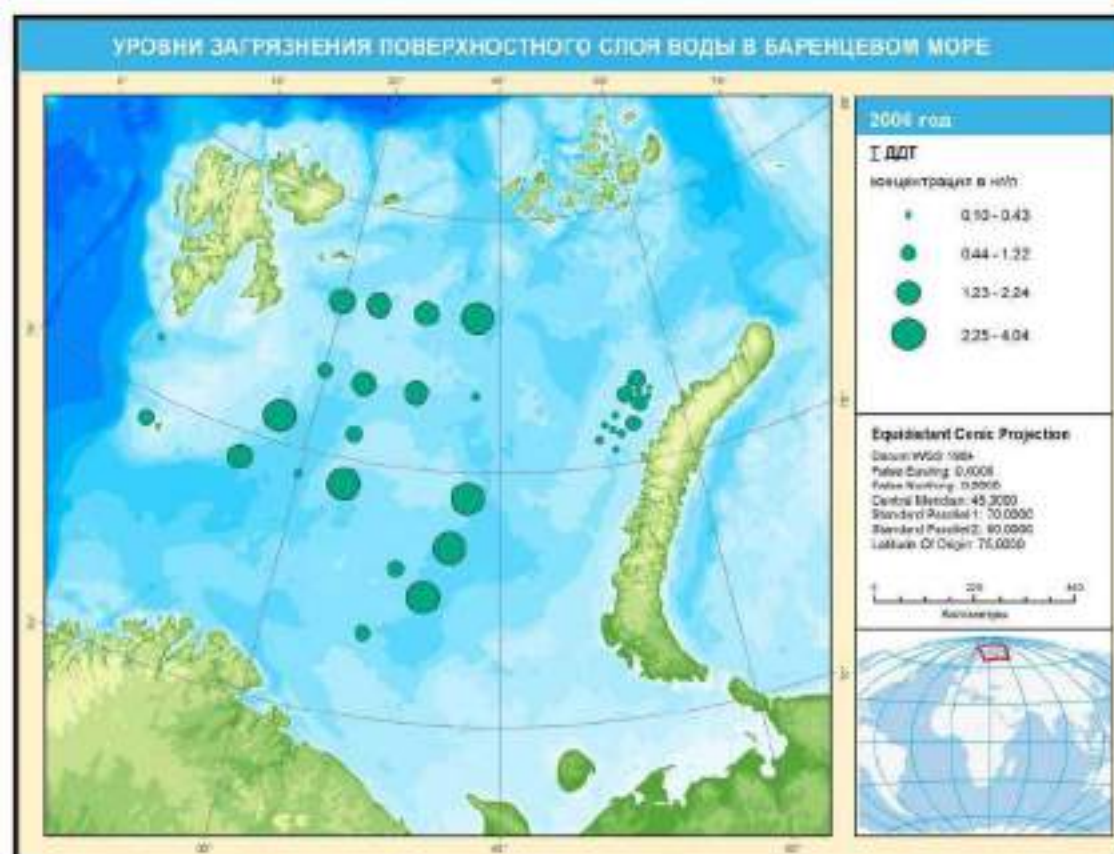
За общее содержание ДДТ (Σ ДДТ), отображенных на картах, принимали сумму концентраций метаболитов ДДТ: *o,p'*-ДДЕ; *p,p'*-ДДЕ; *o,p'*-ДДД; *p,p'*-ДДД; *o,p'*-ДДТ; *p,p'*-ДДТ.

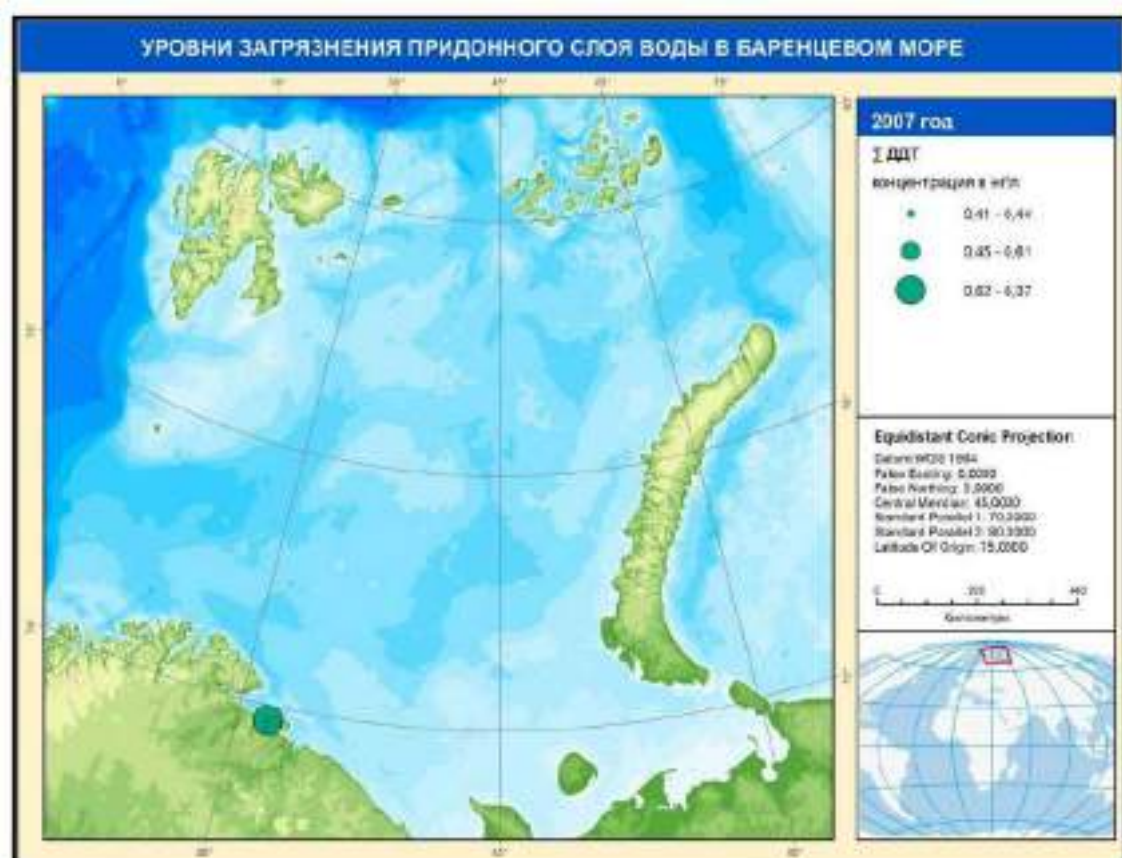
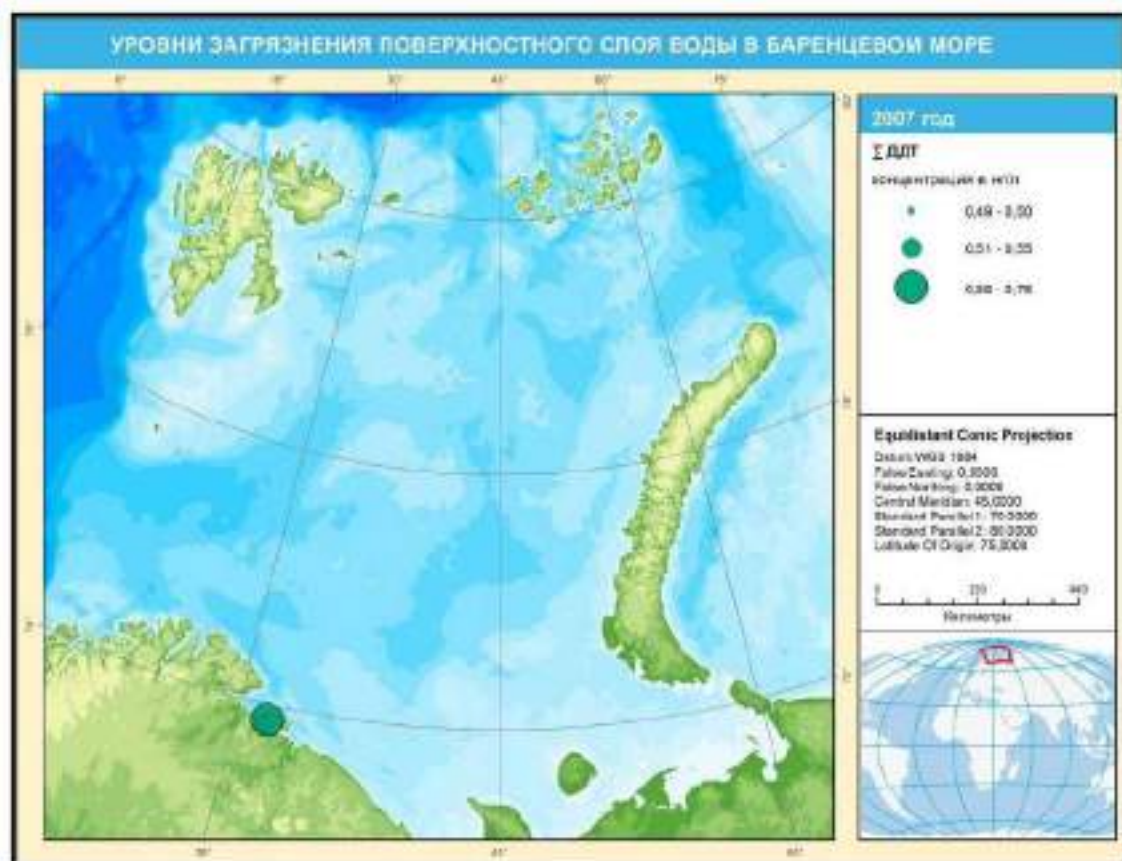
Ниже приводятся карты содержания ДДТ в 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг.

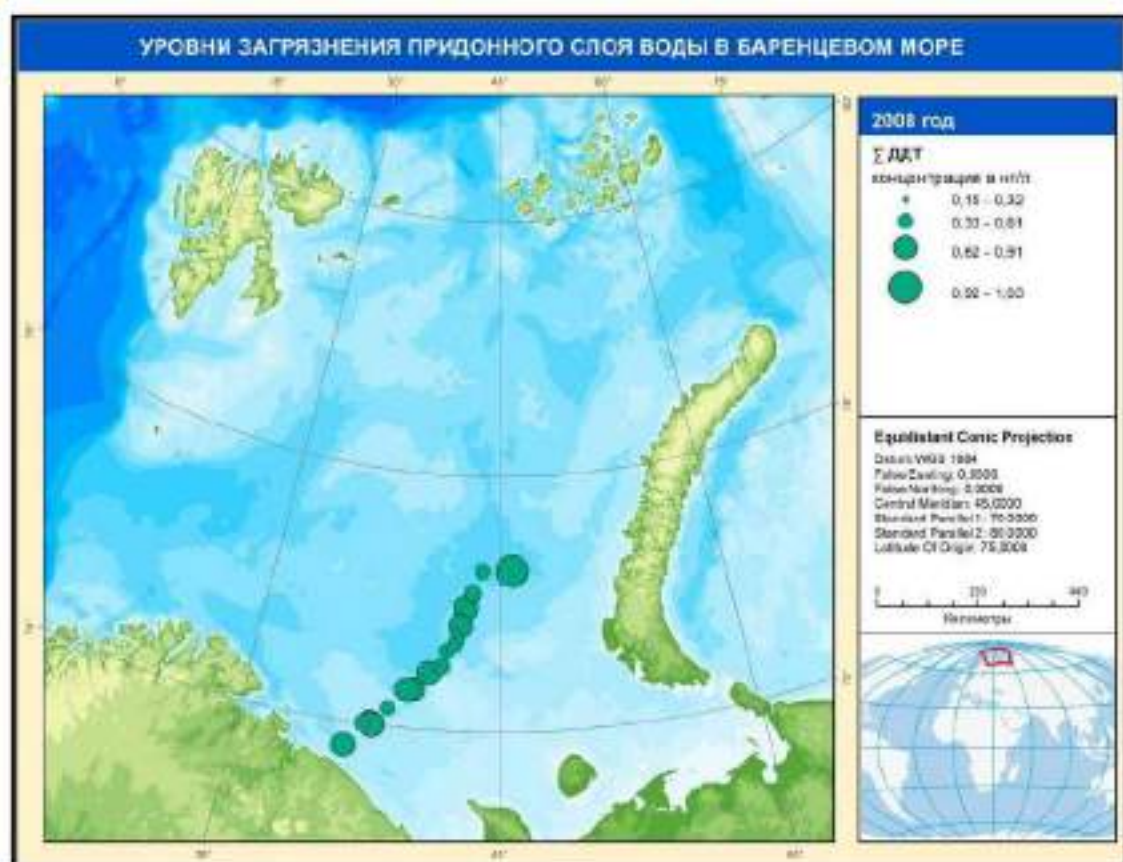
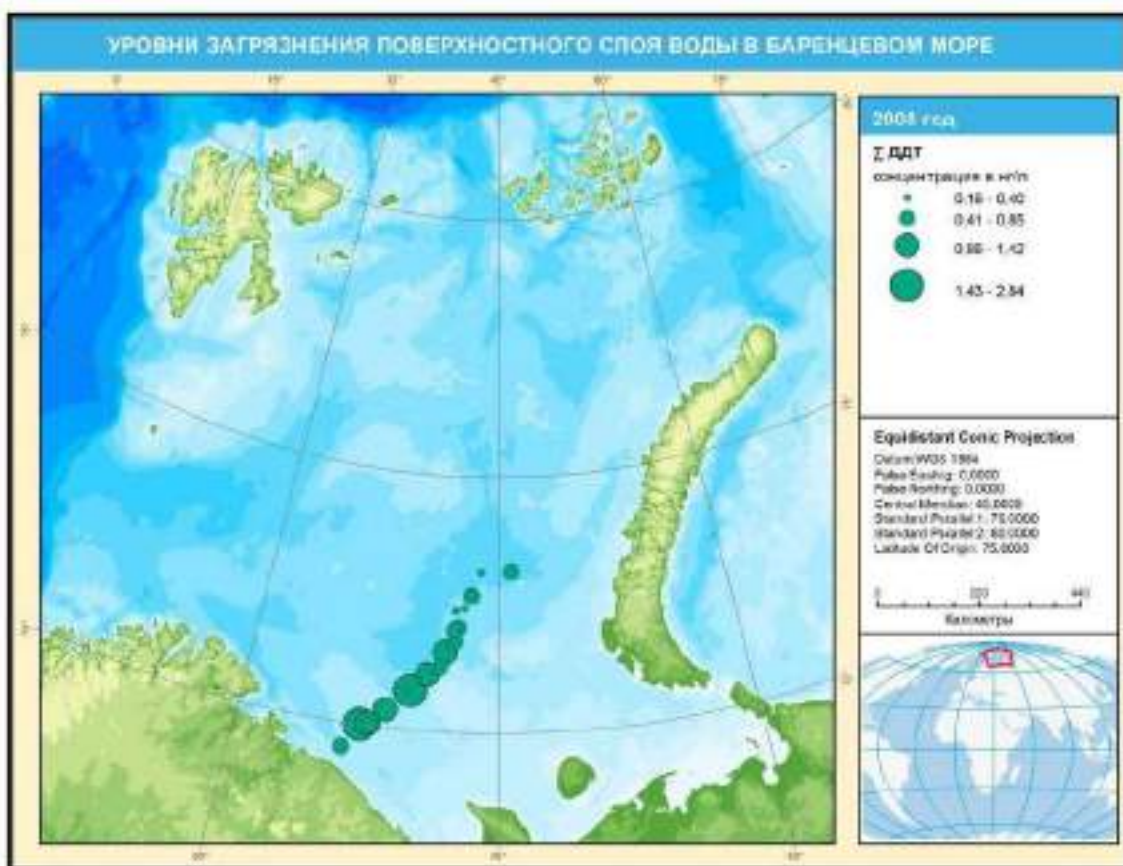


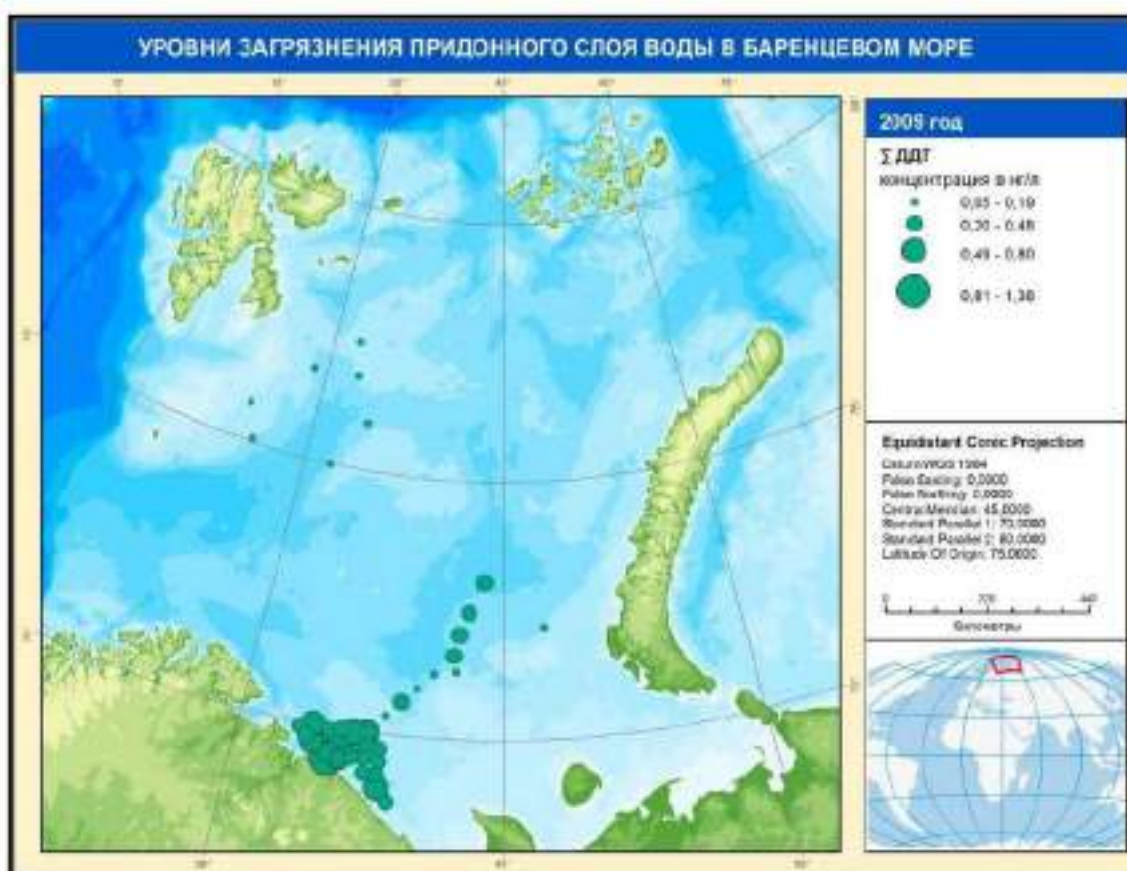
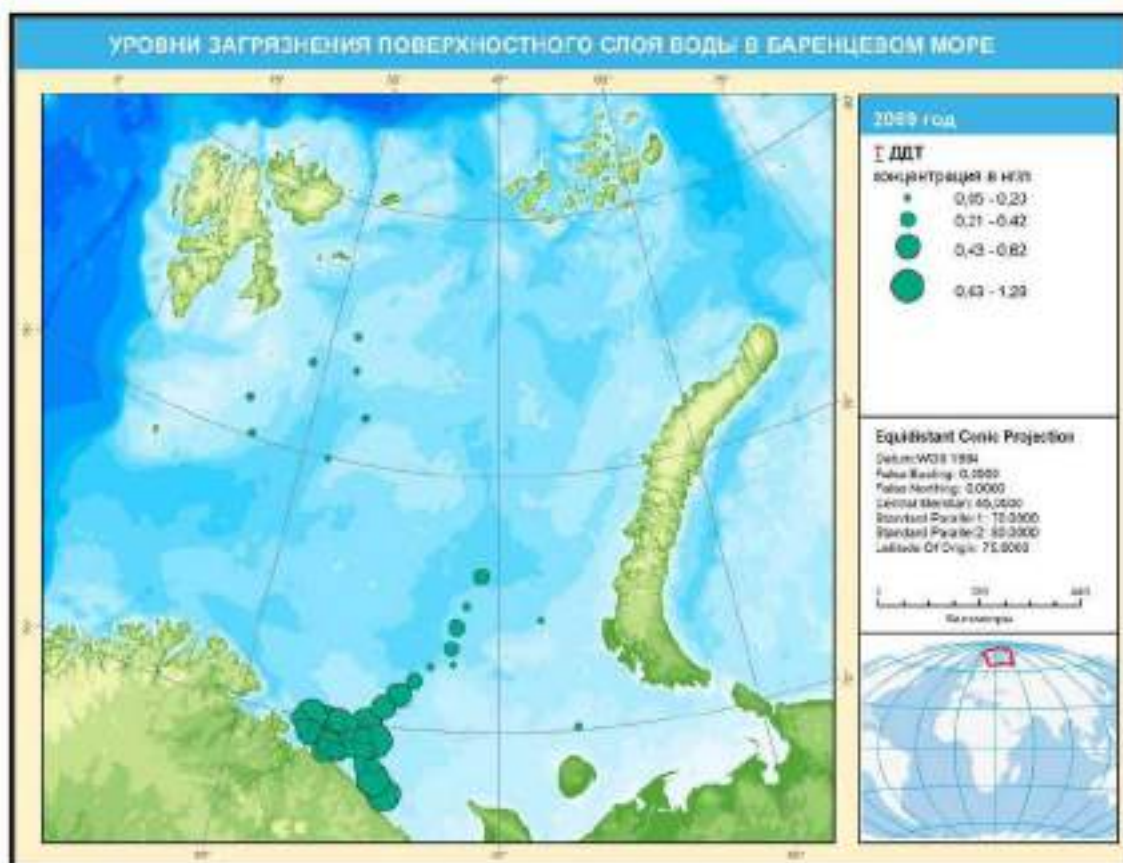


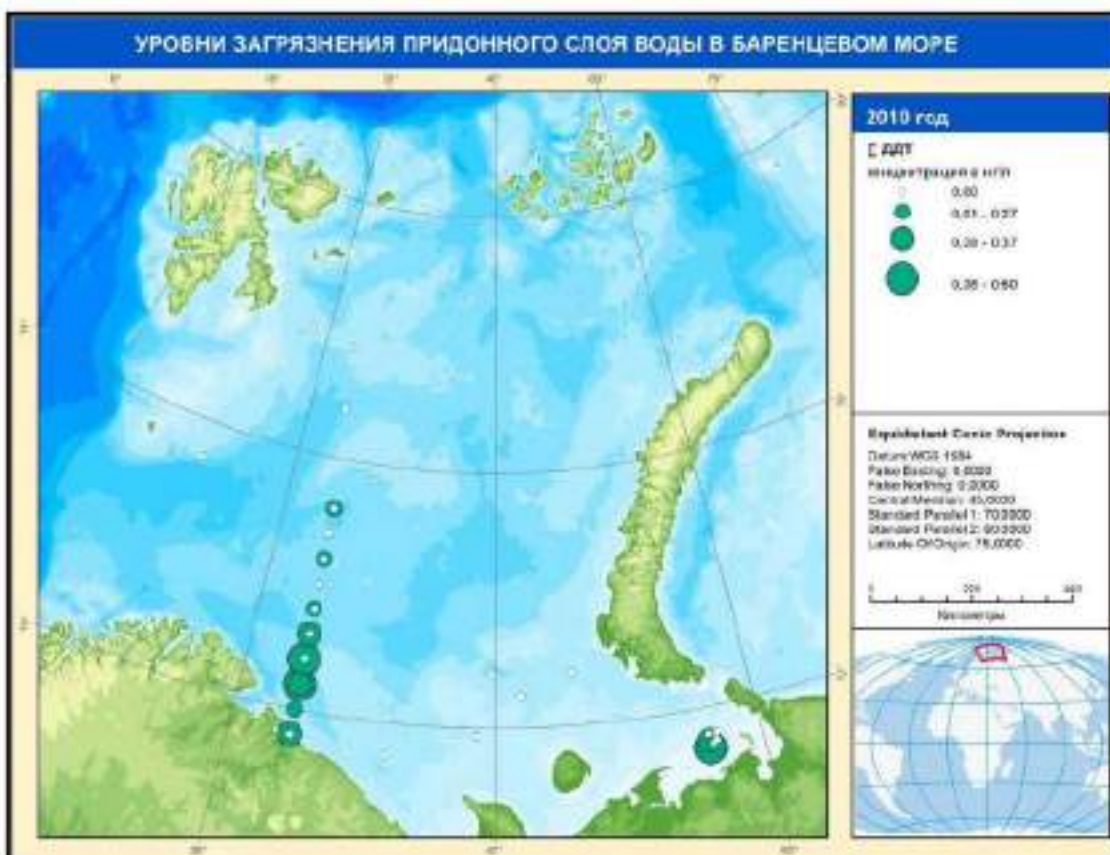
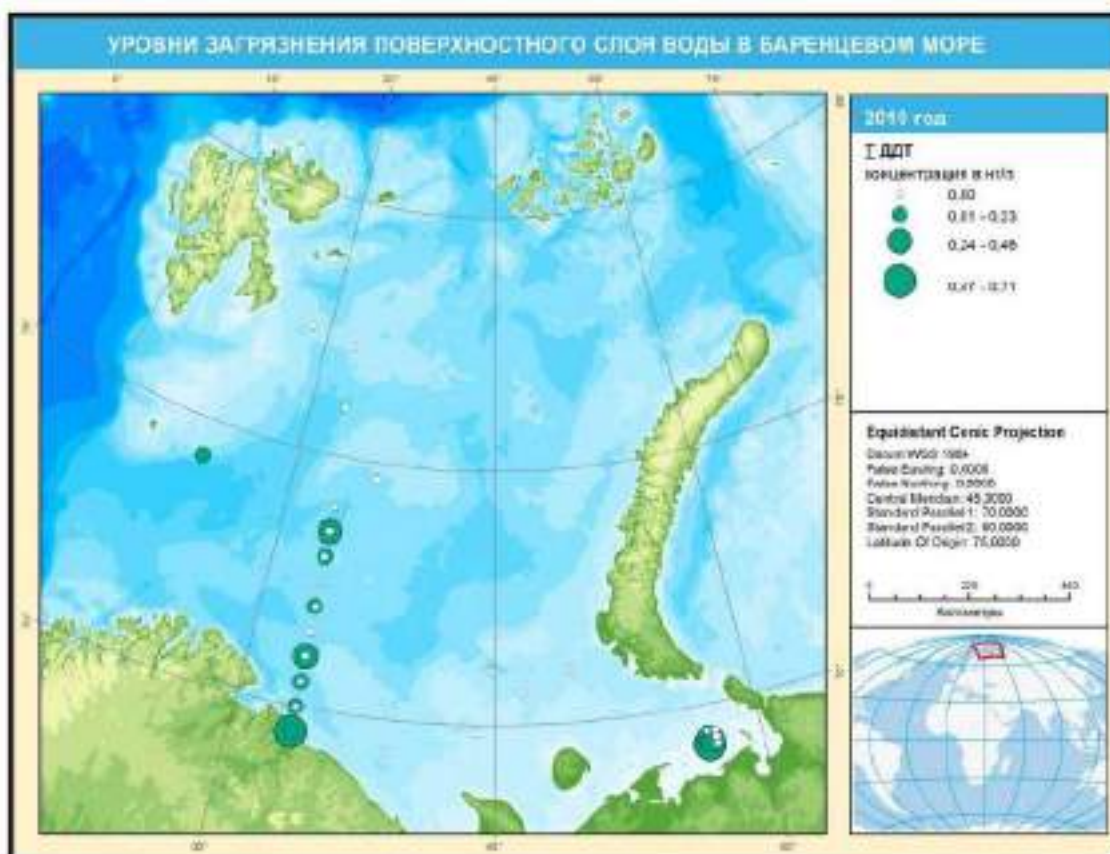


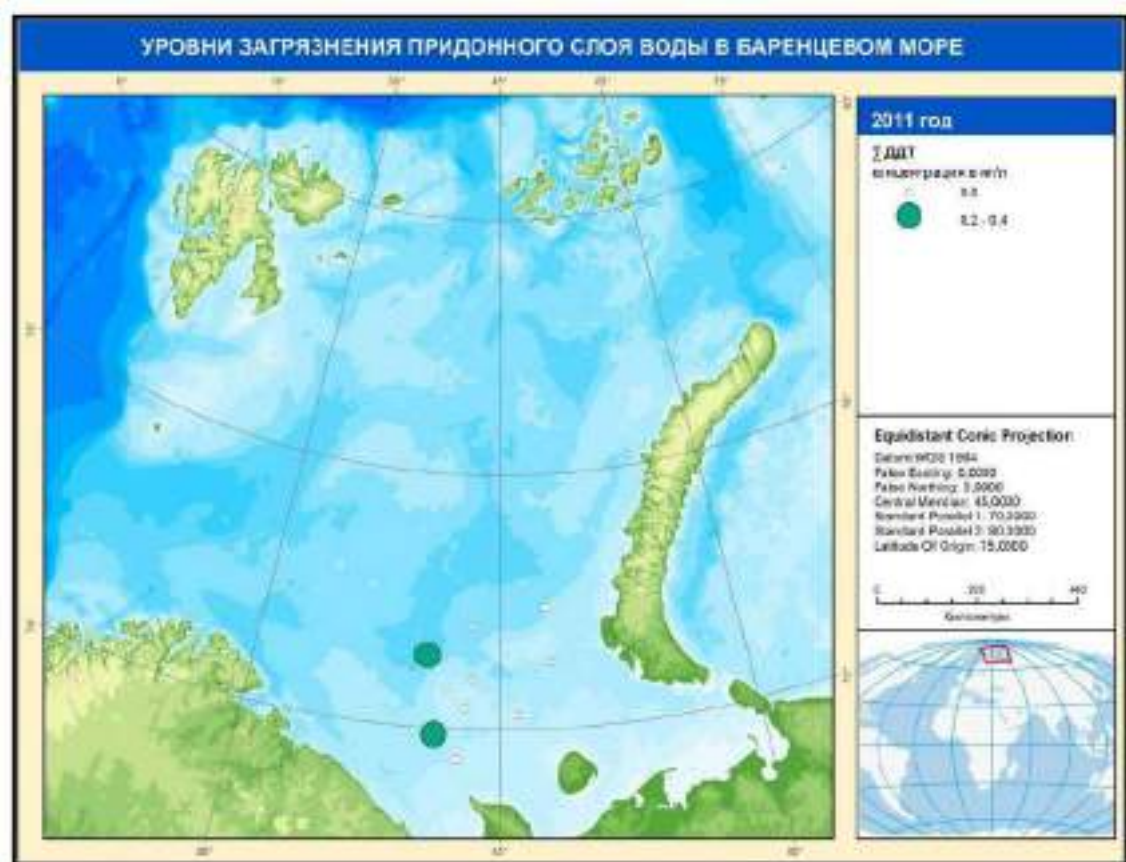
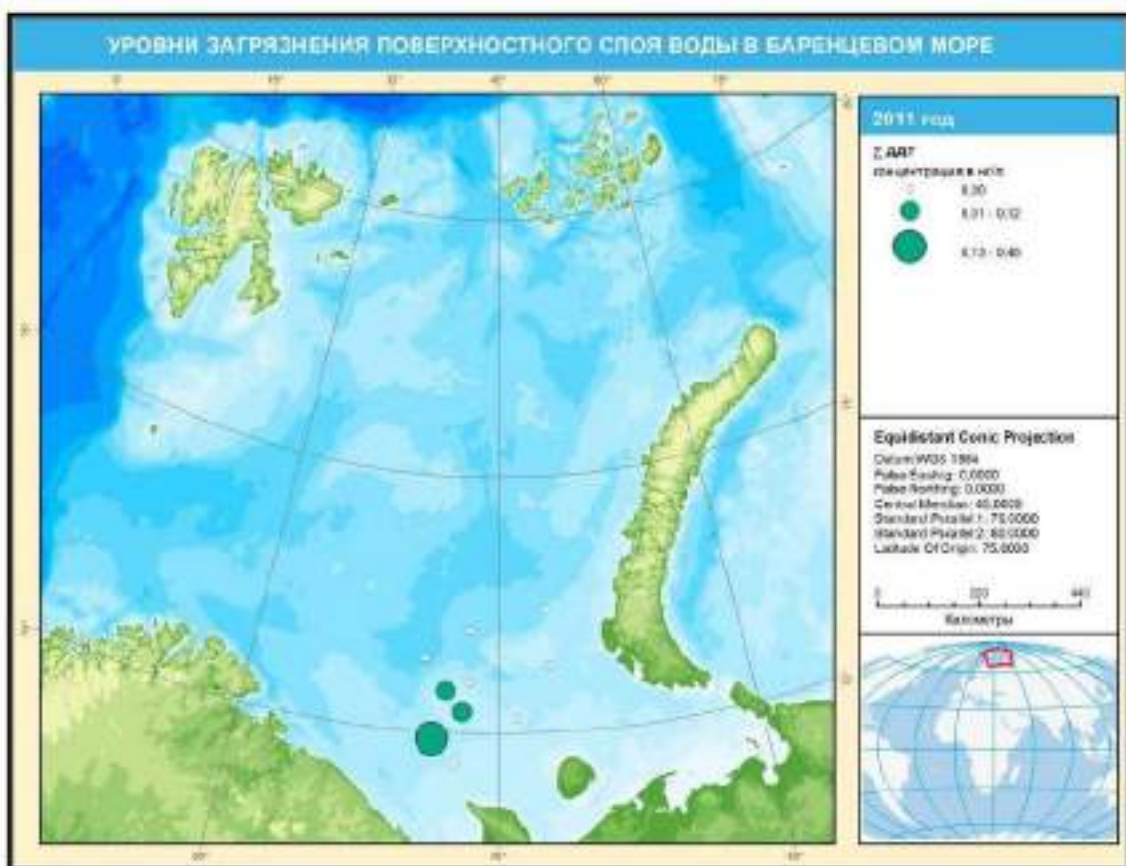


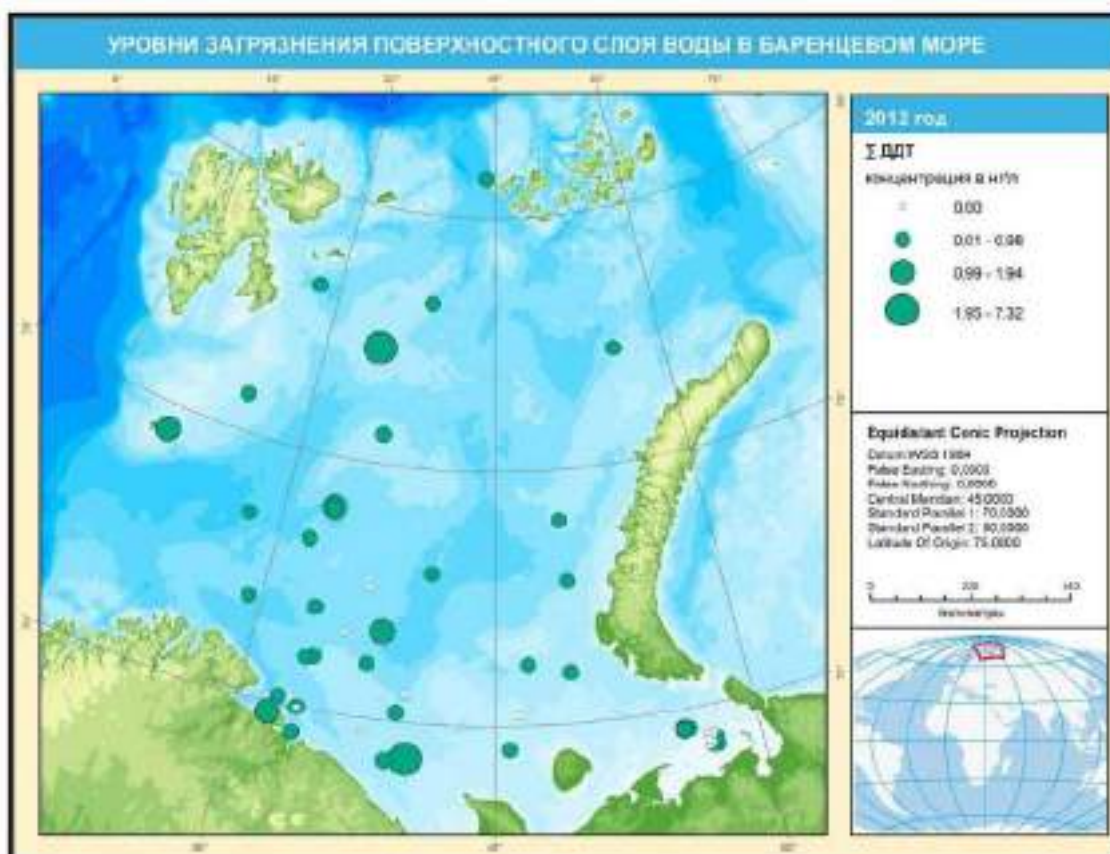


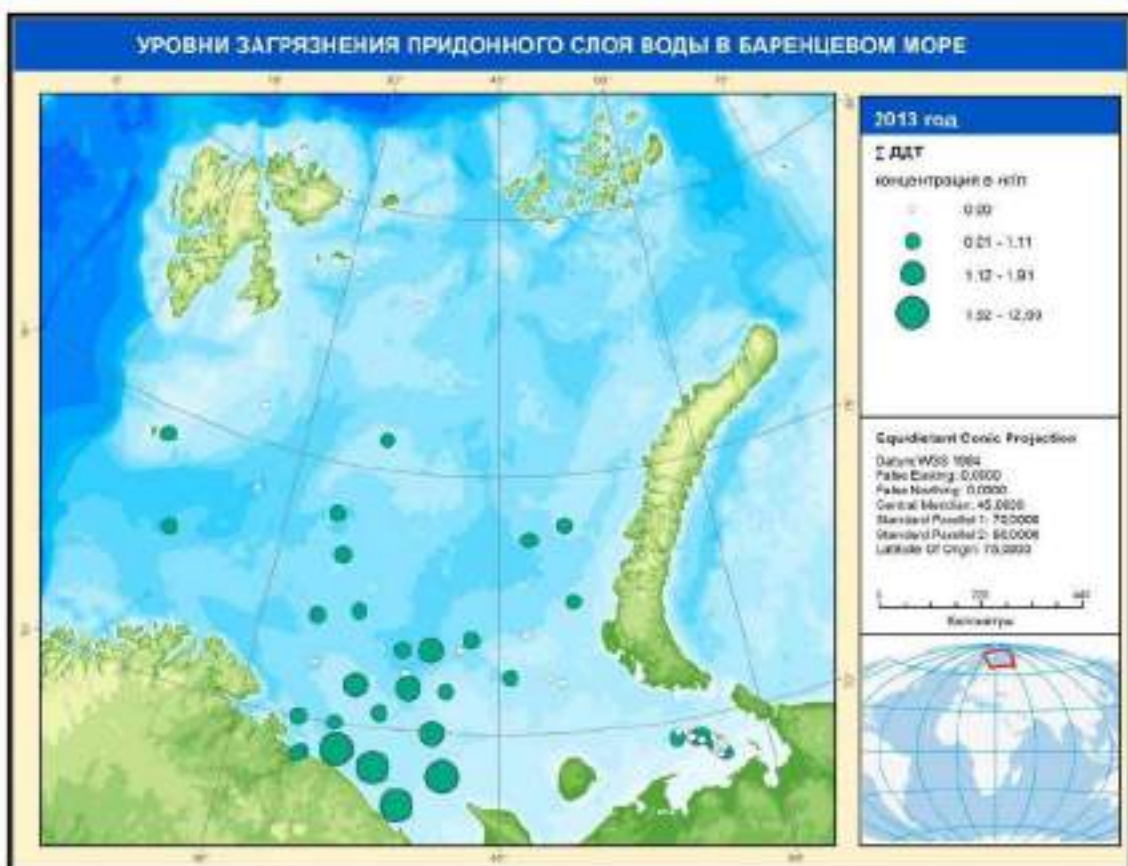
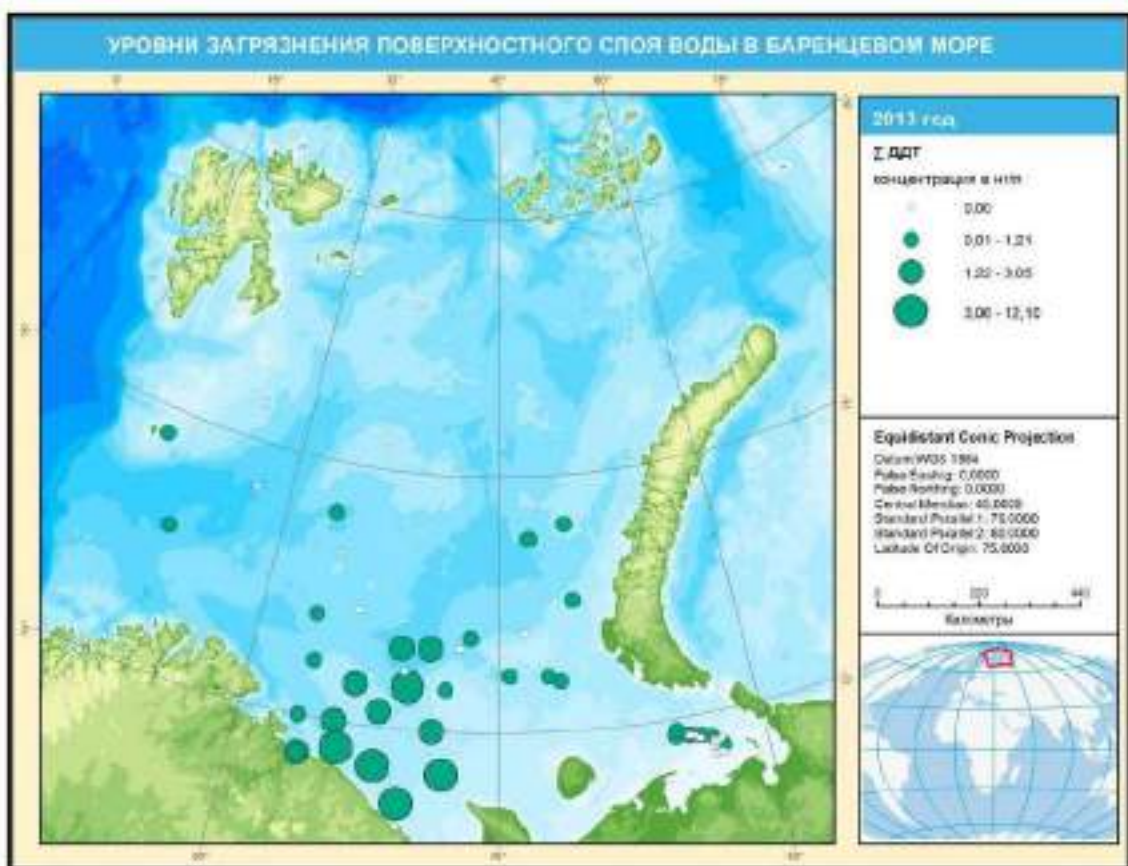


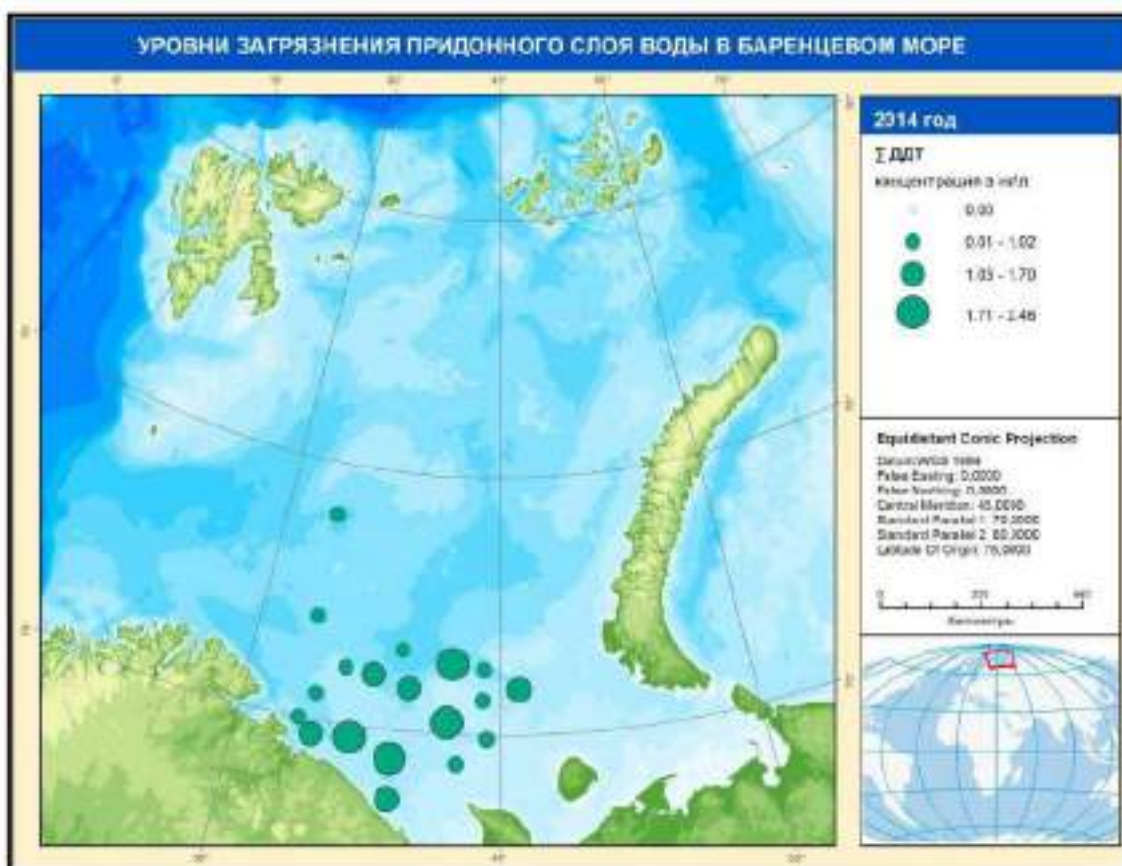
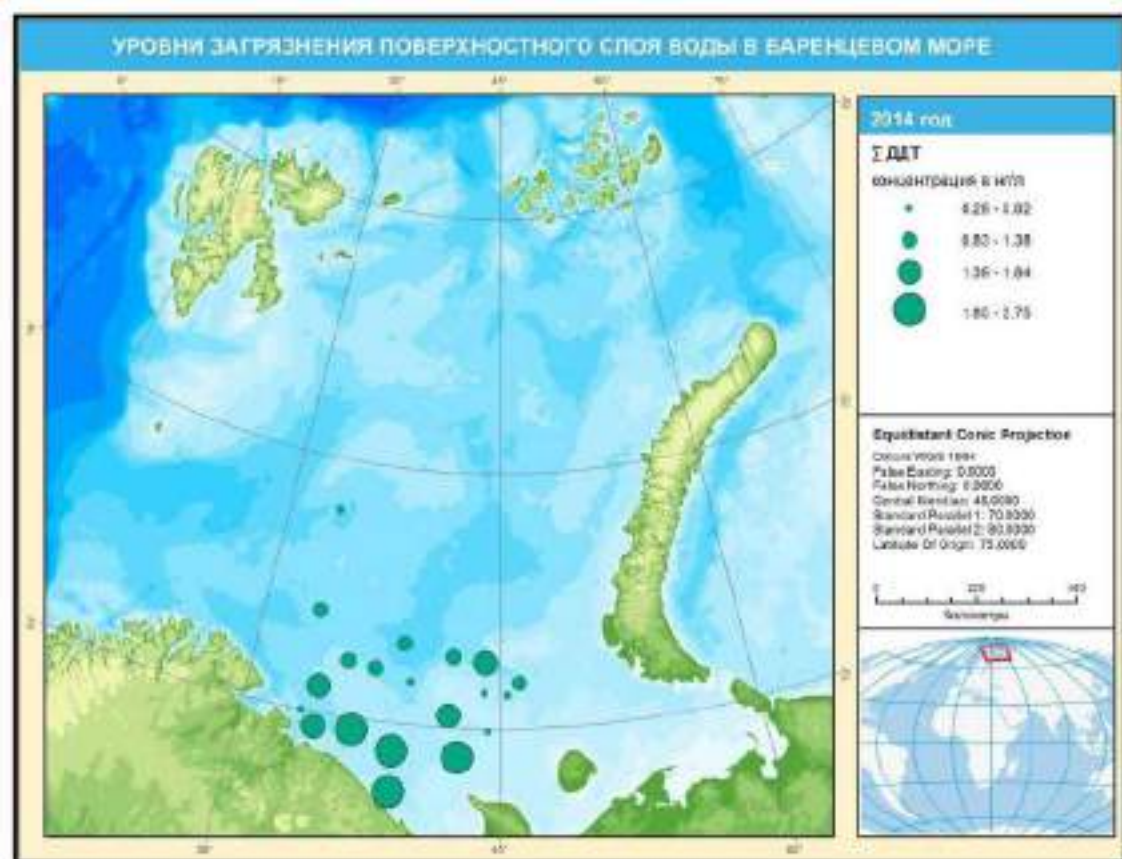


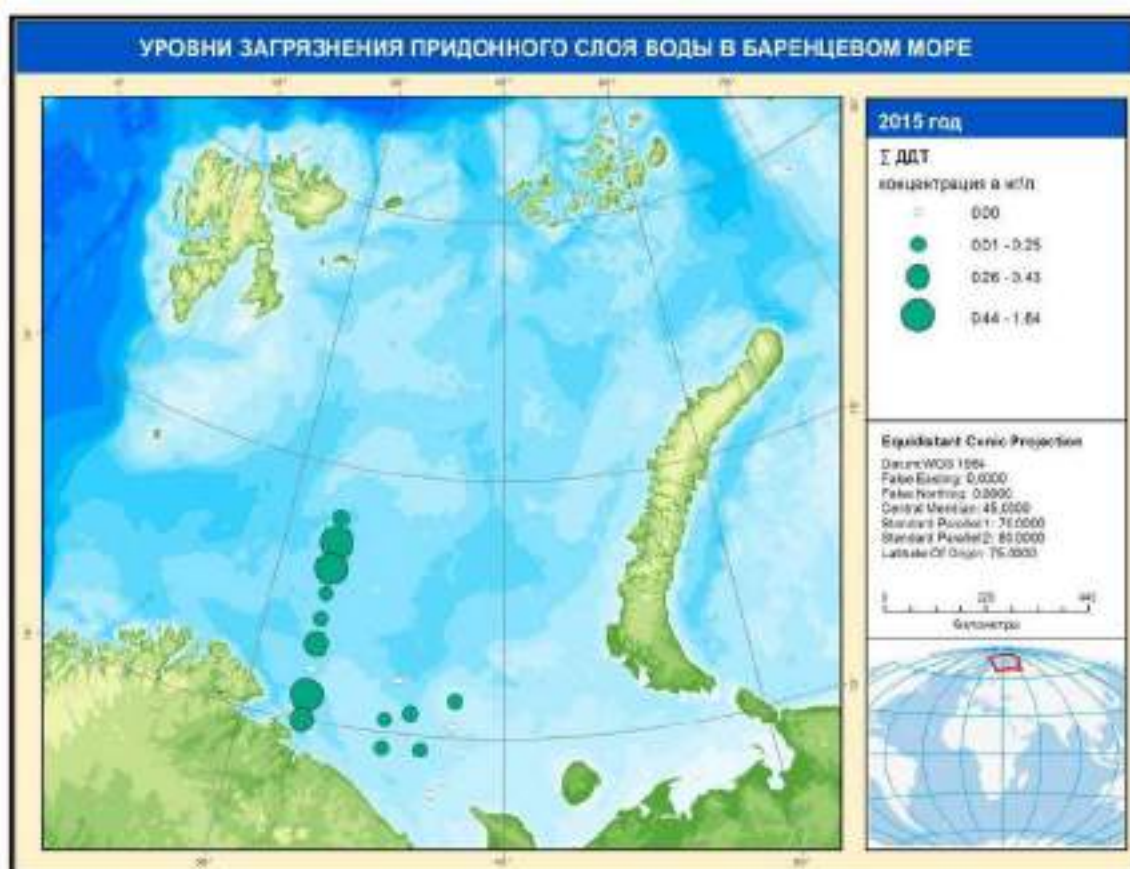
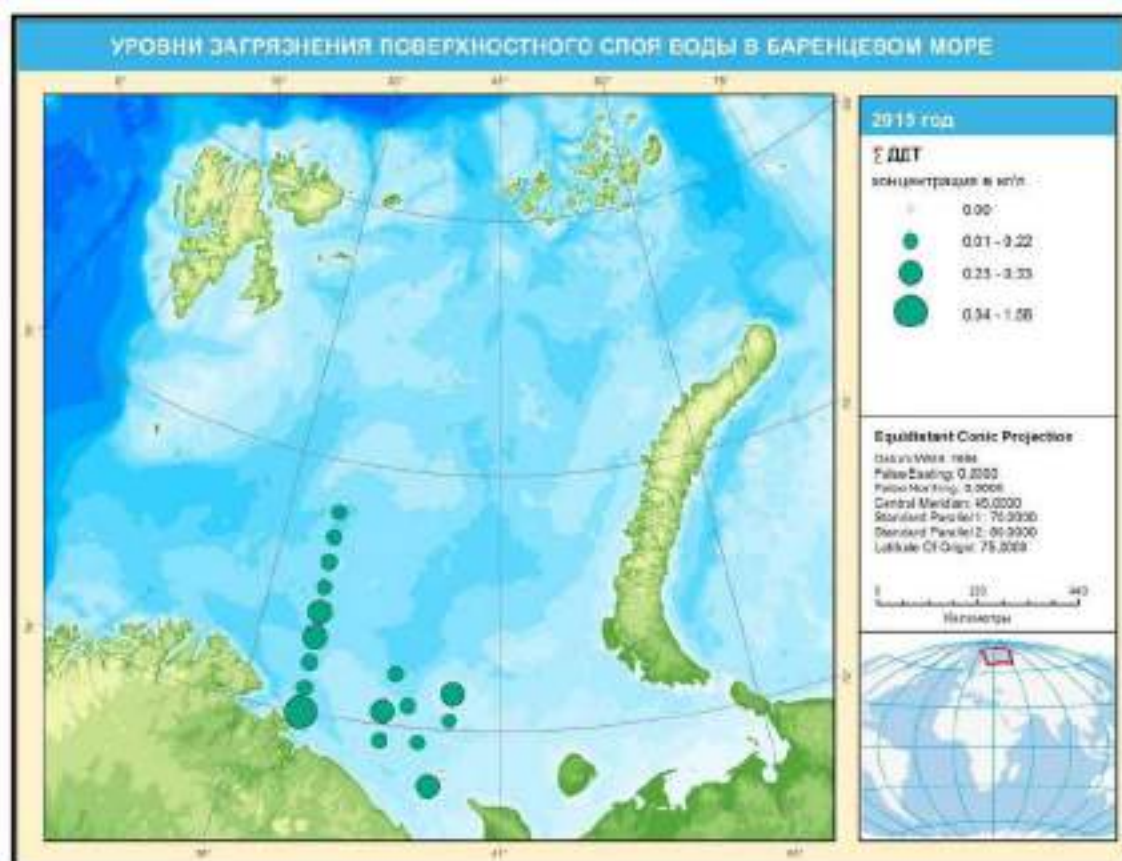


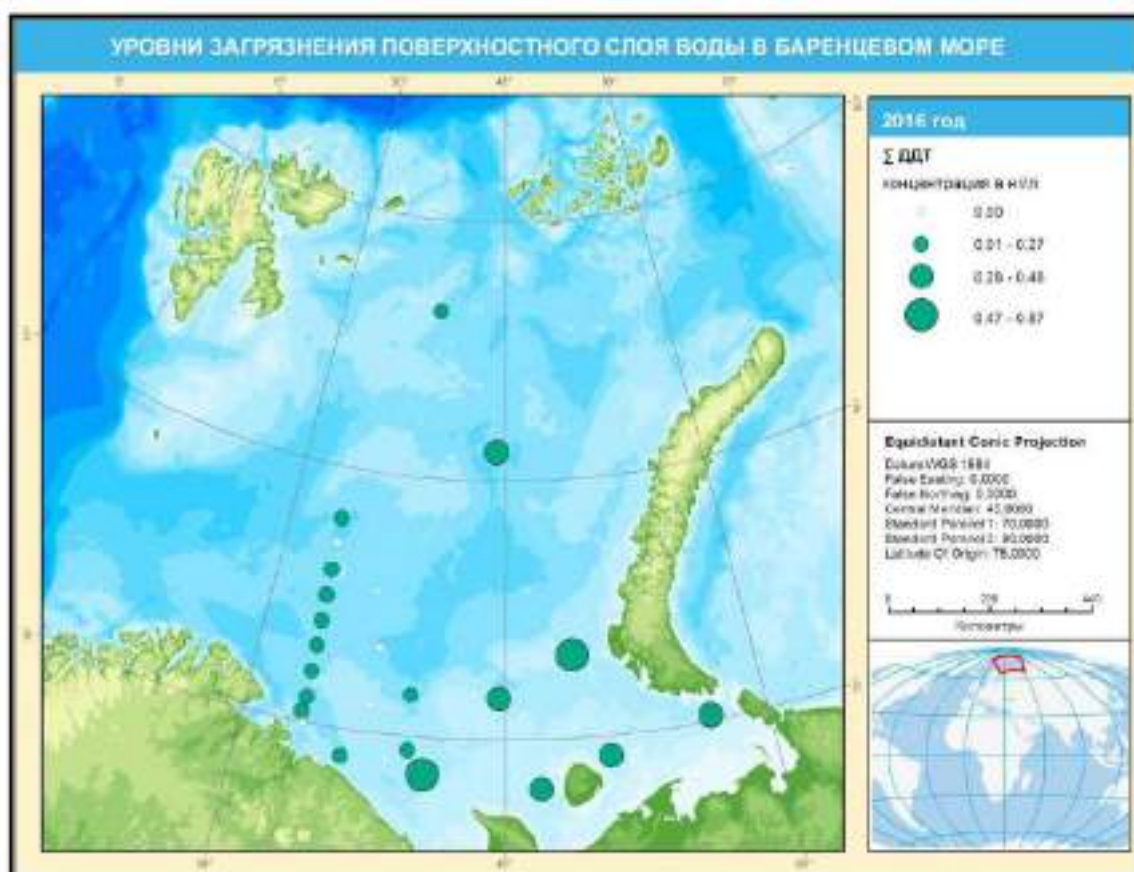


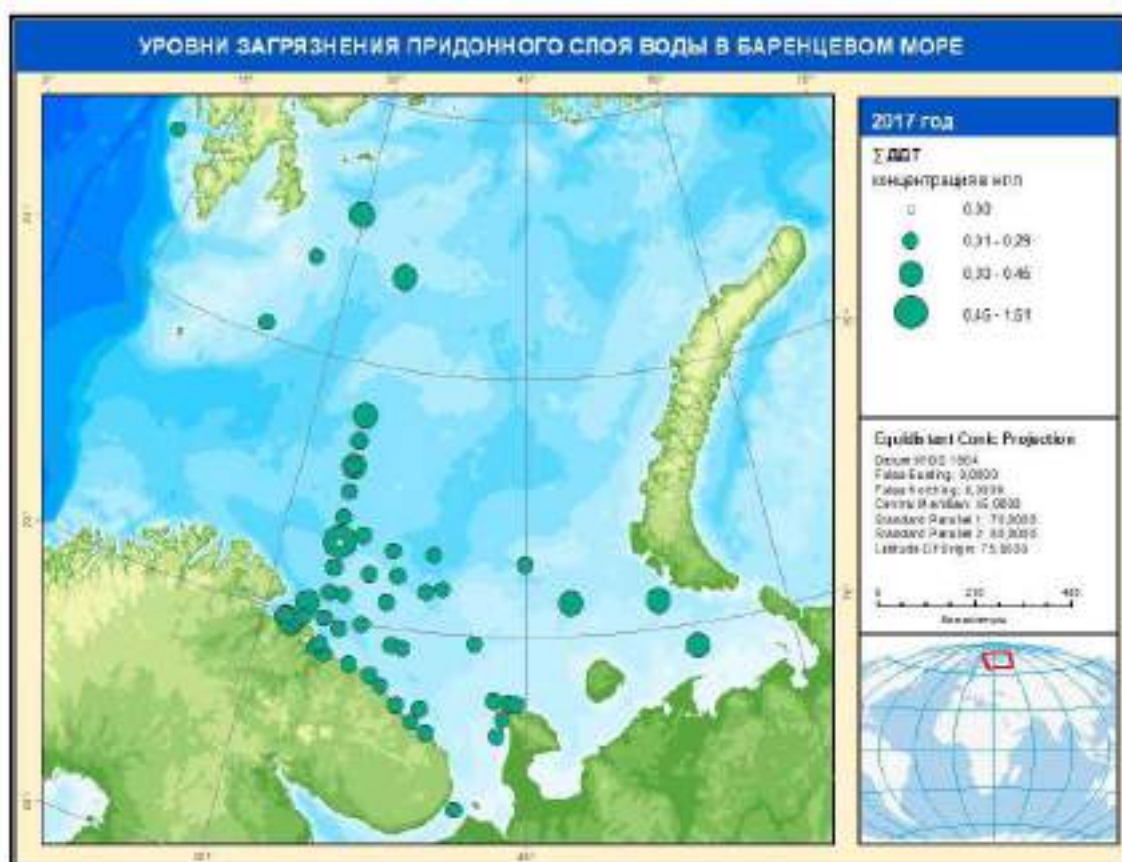
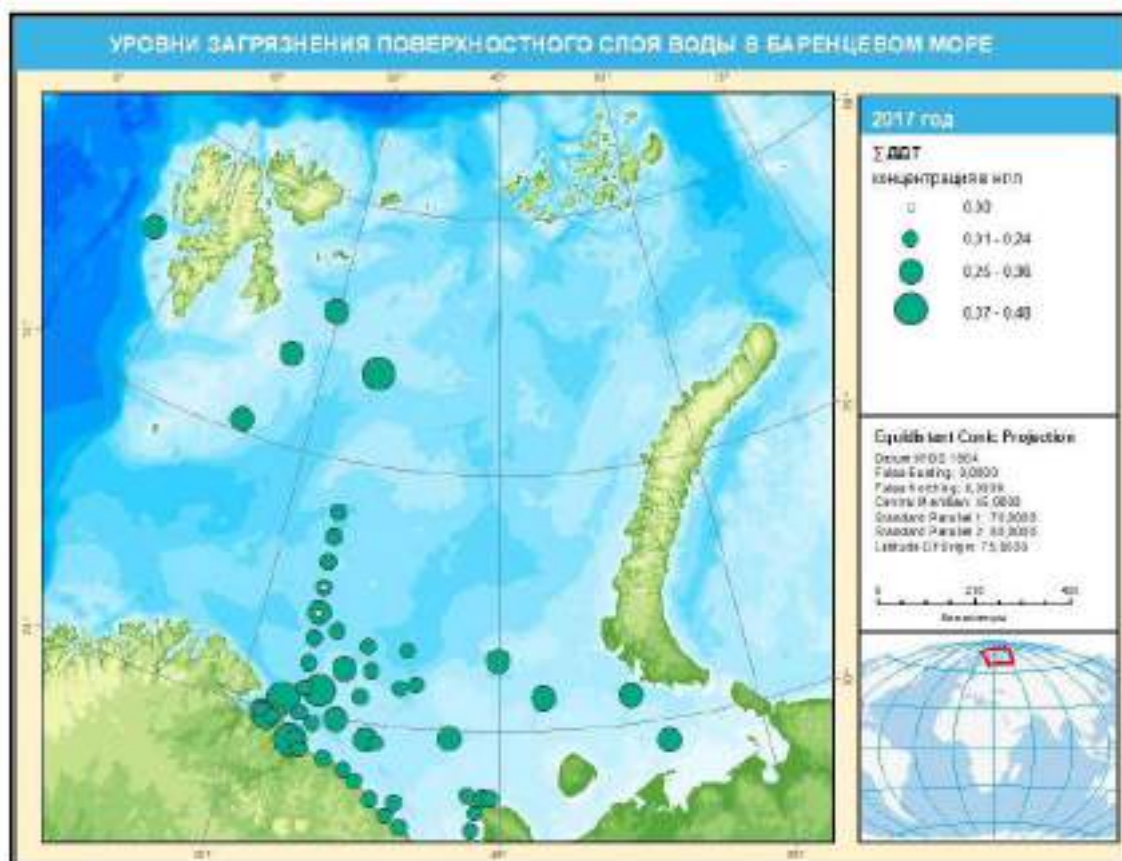


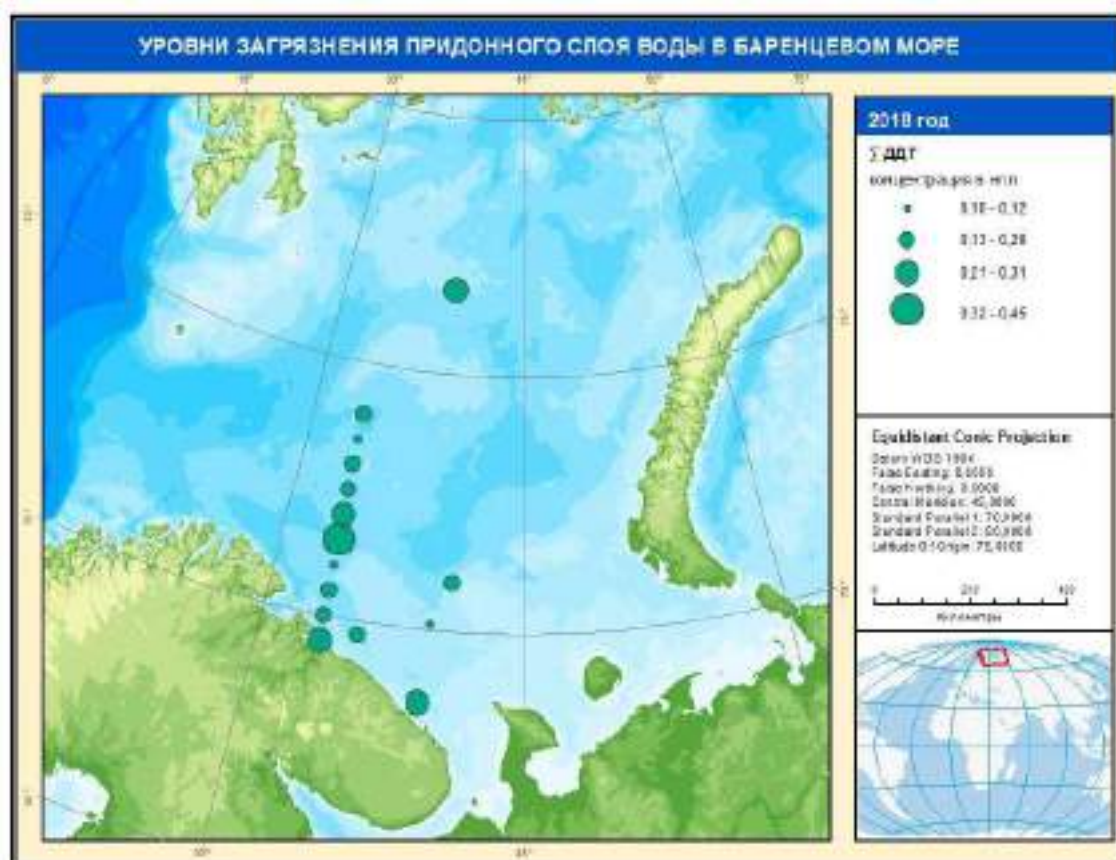
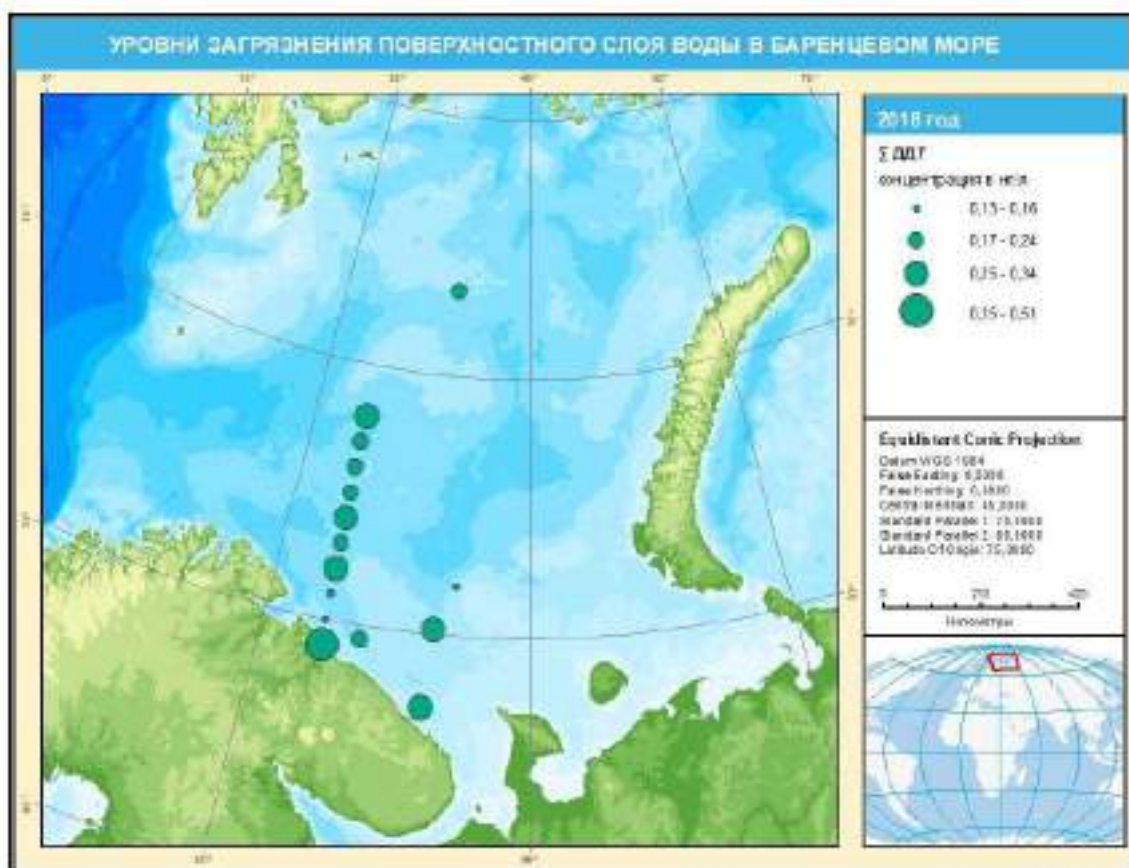










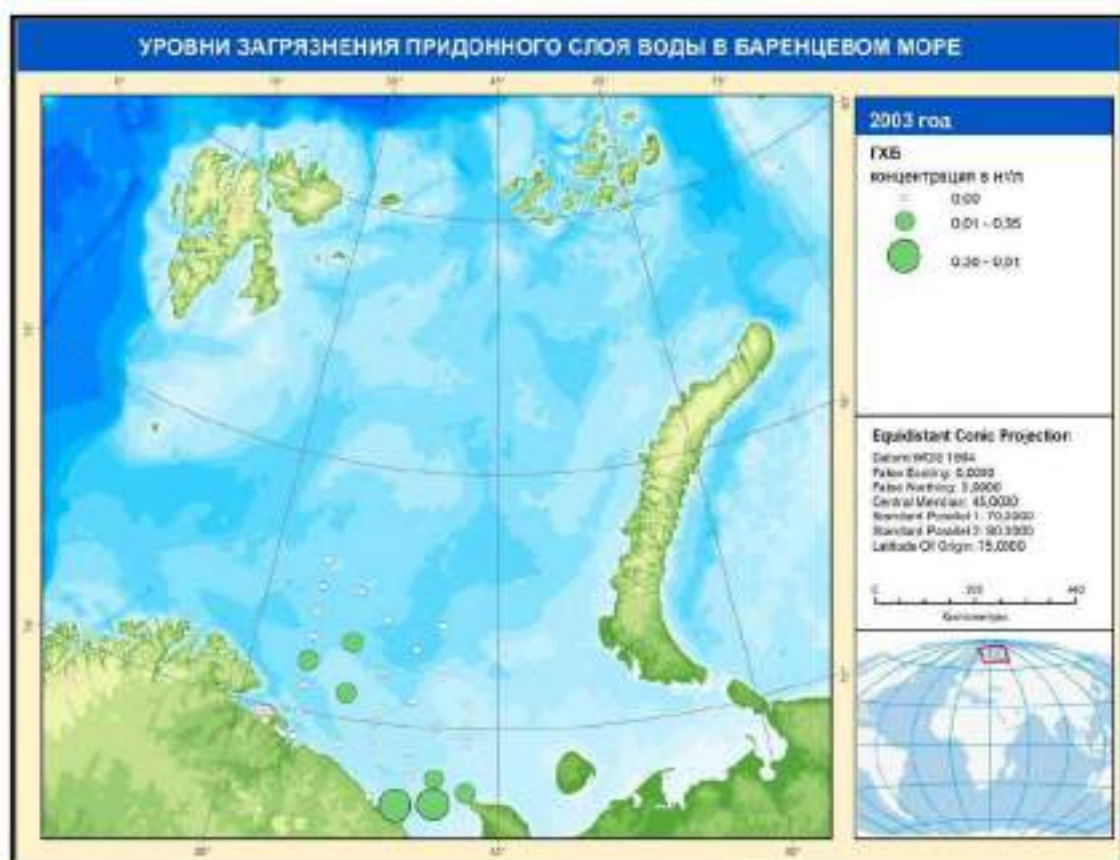
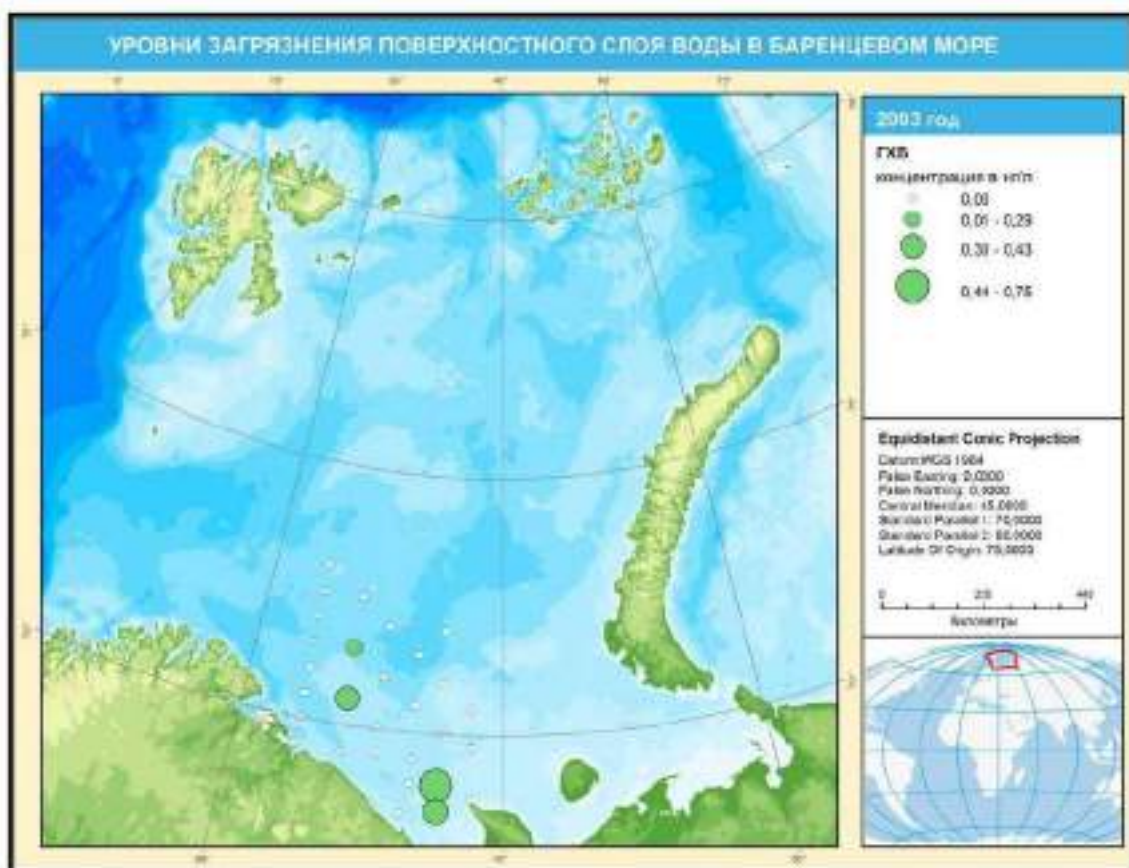


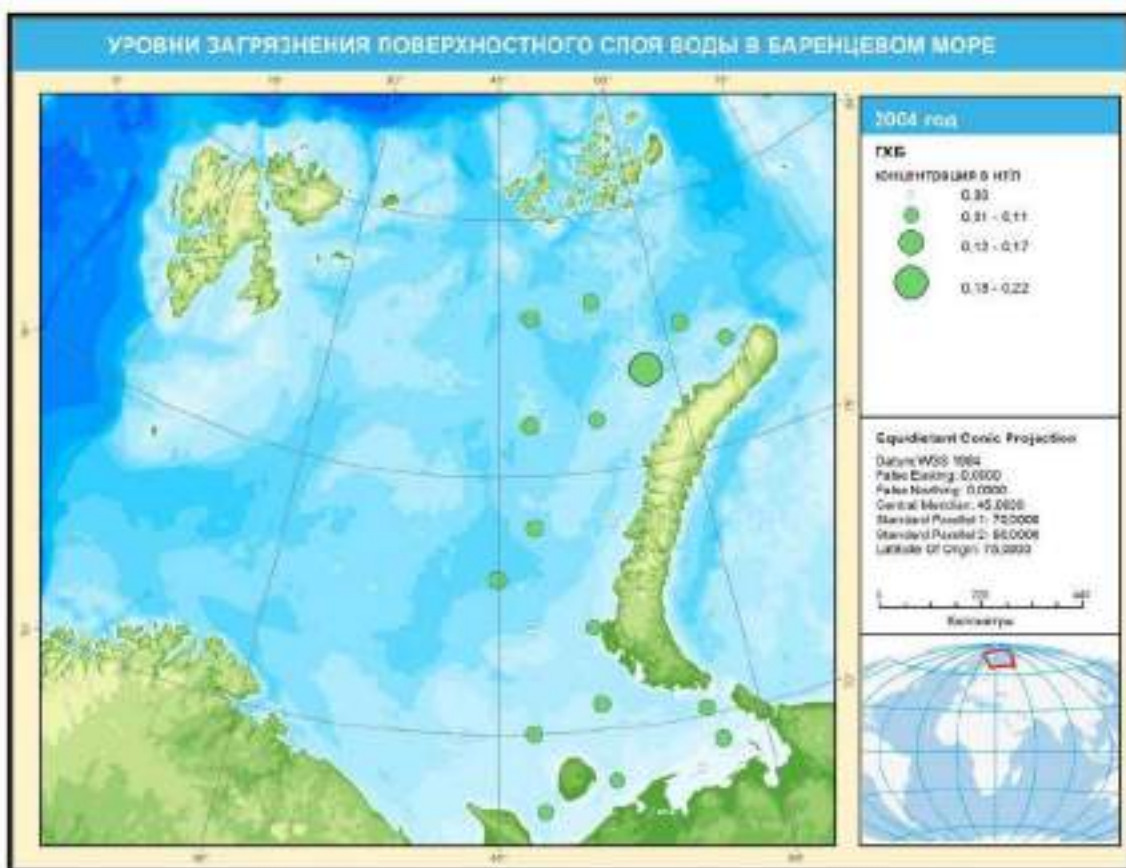
ГХБ

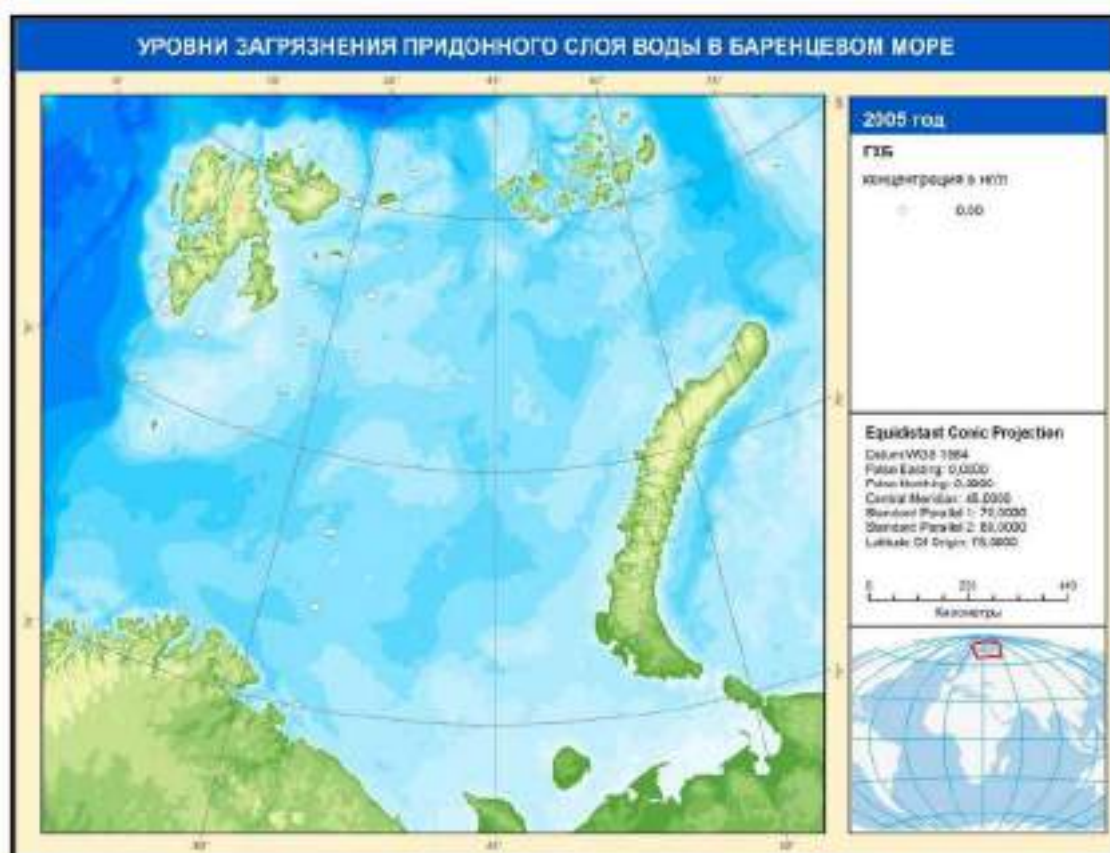
ГХБ (гексахлорбензол) относится к группе хлорорганических пестицидов (ХОП). ХОП являются токсикантами глобального распространения, не имеющими природных аналогов. Они широко используются в сельском хозяйстве и промышленности, очень устойчивы. В сельском хозяйстве гексахлорбензол в основном применяли для протравливания семян в качестве фунгицида, реже использовали как инсектицид. Гексахлорбензол уничтожает грибки, наносящие вред продовольственным культурам. Образуется непреднамеренно в качестве побочного продукта в процессе производства некоторых химикатов, например, хлора и хлорированных соединений, а также некоторых других пестицидов. ГХБ также использовался как промышленное химическое вещество при производстве взрывчатых веществ и синтетического каучука (Мельников, 1974; Диагностический анализ состояния..., 2011). Известно использование ГХБ в производстве поливинилхлорида, синтетического каучука, пентахлорфенола и его производных, красителей, в качестве флюса в алюминиевой промышленности, а также для консервации древесины. До 1991 г. для нужд сельского хозяйства отпускалось ежегодно до 120-150 т ГХБ, который входил в состав таких фунгицидов, как гамма-гексан, гексатиурам, меркурбензол, фагус и др. В настоящее время оборонная промышленность также использует в производстве пиротехнические средства (URL: <http://ecoaccord.org/>). Гексахлорбензол был разрешен к применению для сельскохозяйственных целей, в лесном деле и коммунальном хозяйстве до 1990 г. как компонент препаратов гексатиурам и гаммагексан. В 1990-1996 гг. было разрешено только использование остатков гексатиурама и гаммагексана от применения в предшествующий период. После 1996 г. в качестве пестицида не разрешалось использование ни одного препарата, содержащего ГХБ (Диагностический анализ состояния..., 2011).

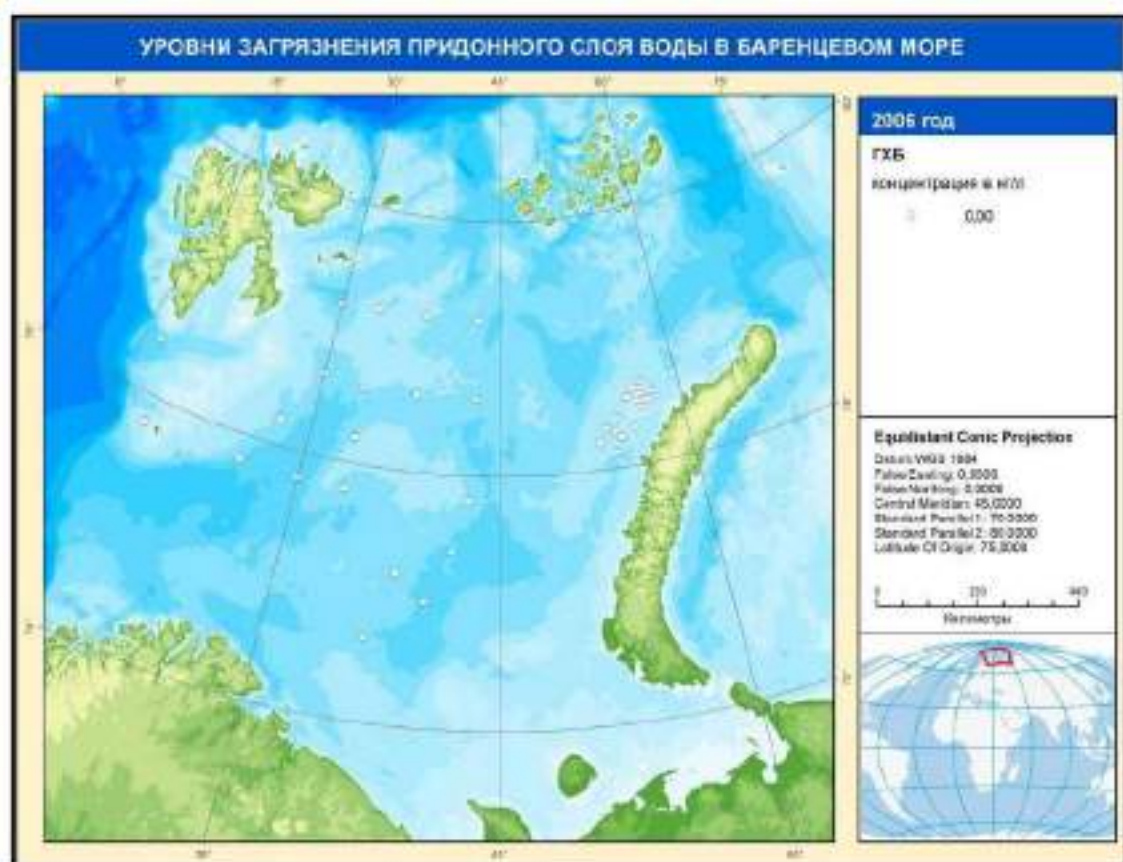
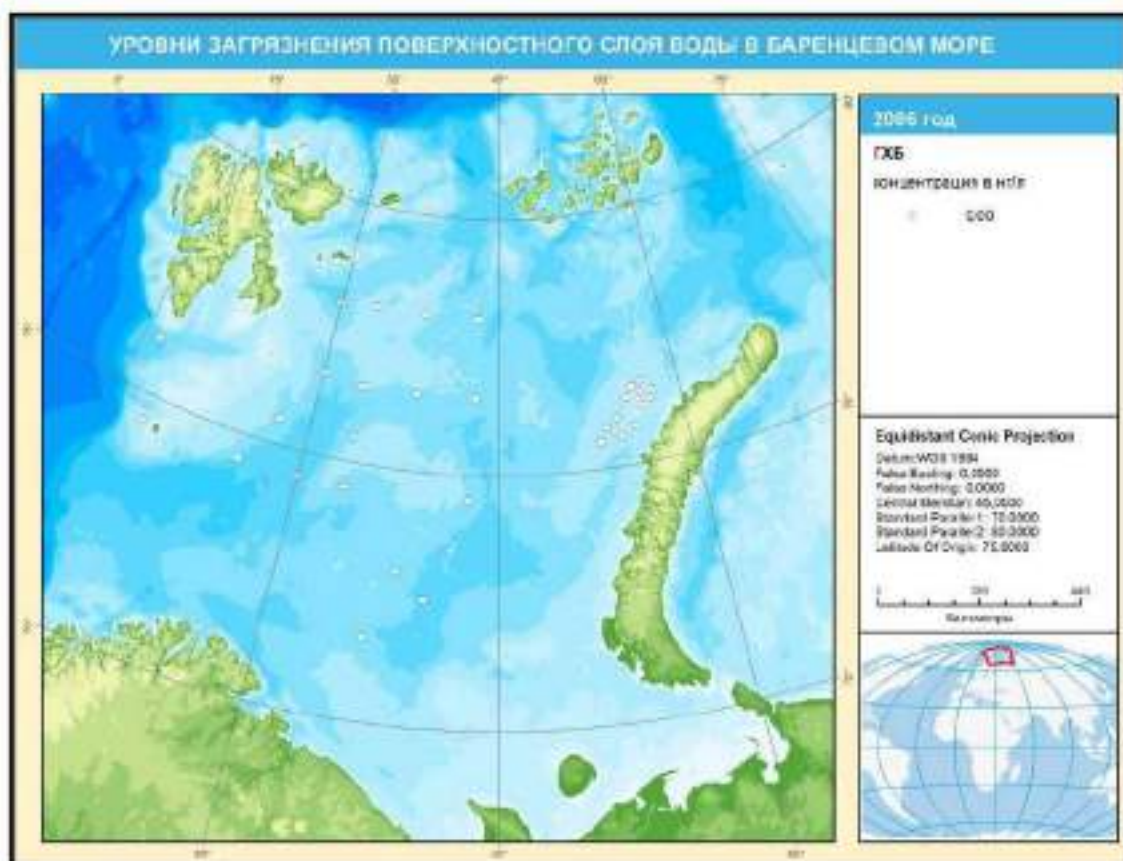
Из группы стойких органических соединений, подпадающих под действие Стокгольмской конвенции, в программы наблюдения Росгидромета до недавнего времени были включены только ГХБ и ДДТ. Эти соединения включены в программы контроля состояния загрязнения почв пестицидами (Диагностический анализ состояния..., 2011).

Ниже приводятся карты содержания ГХБ в 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг.

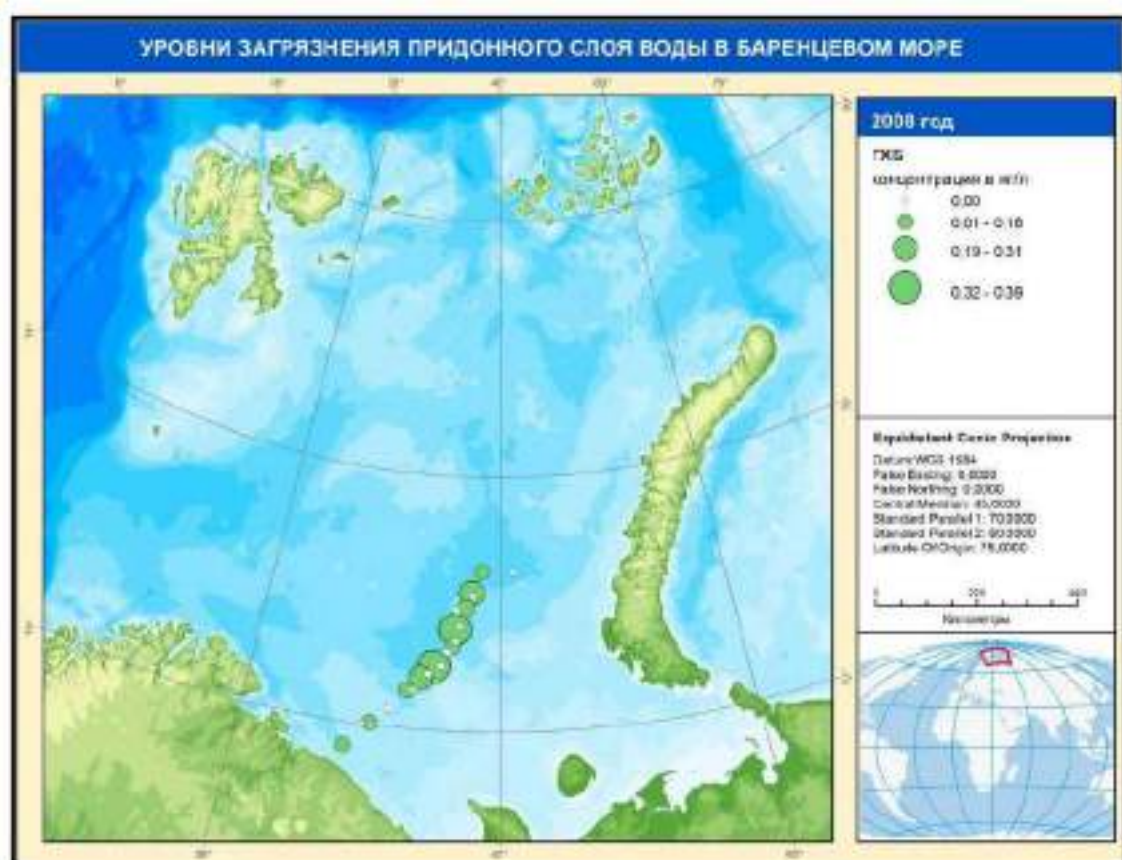
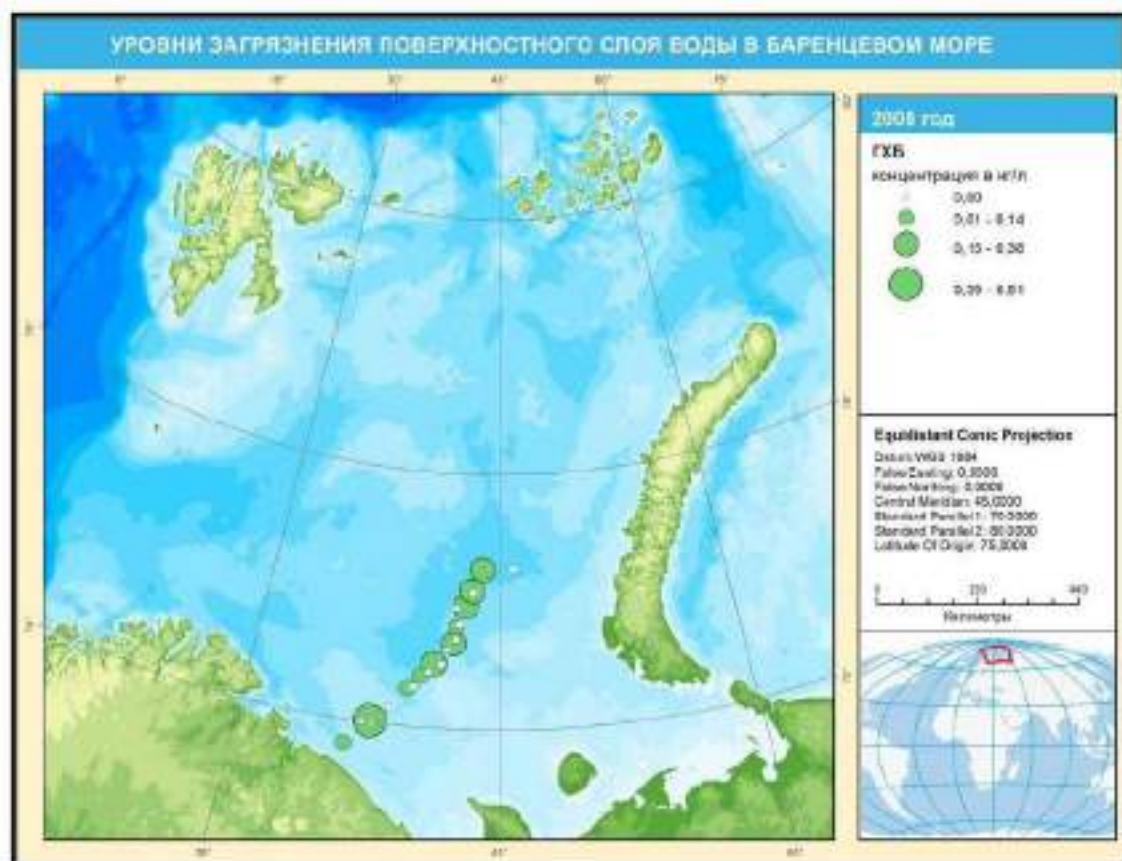


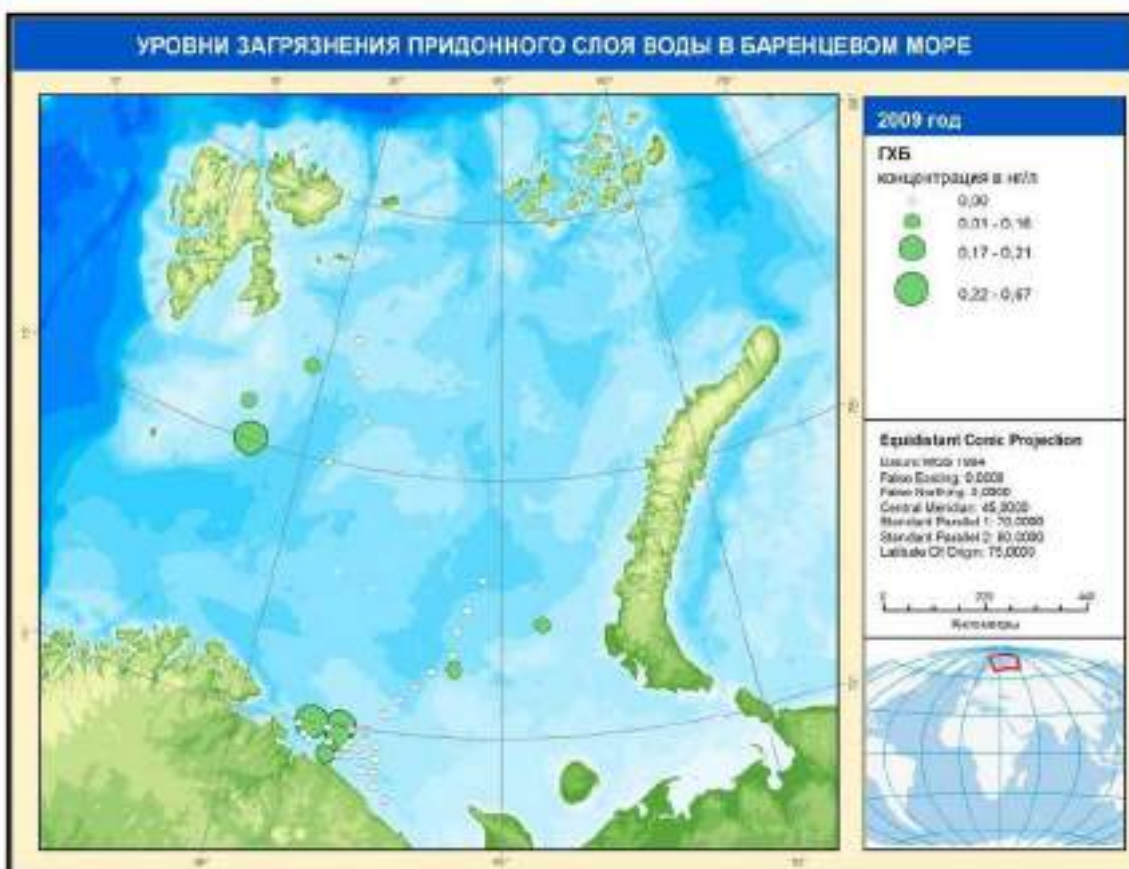
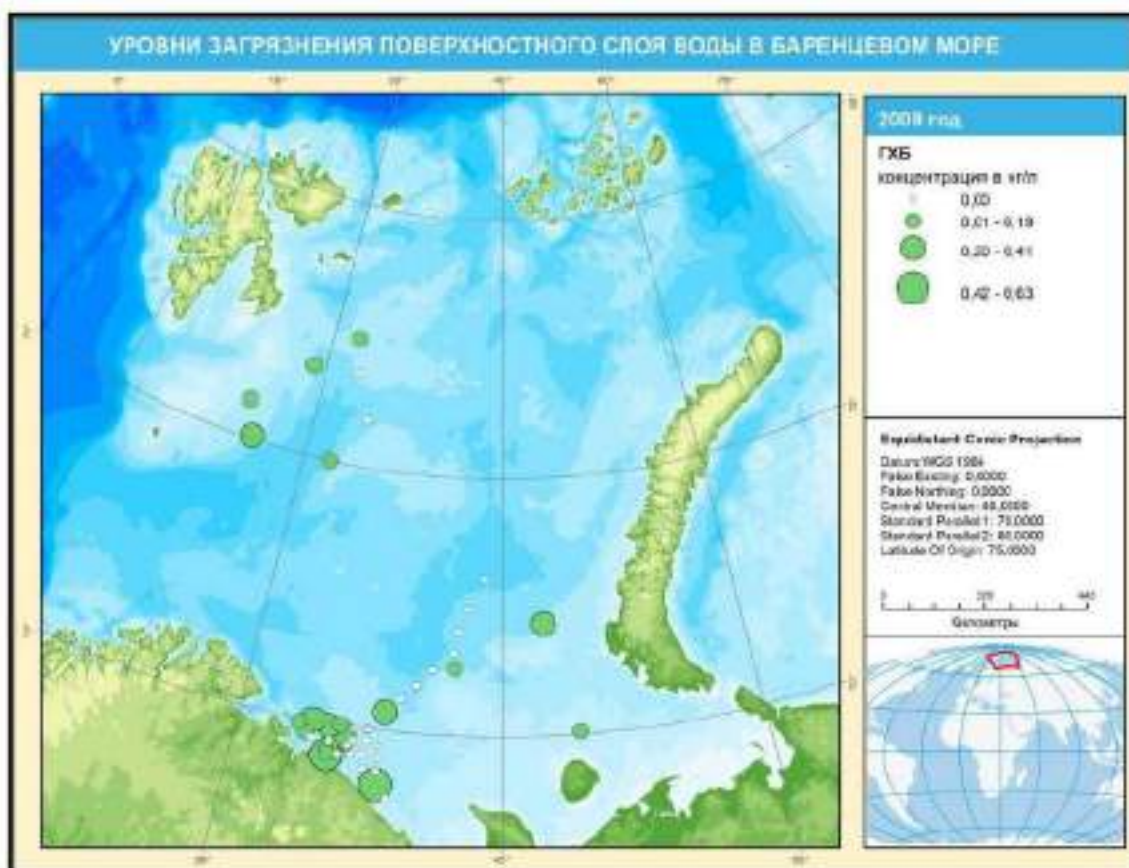


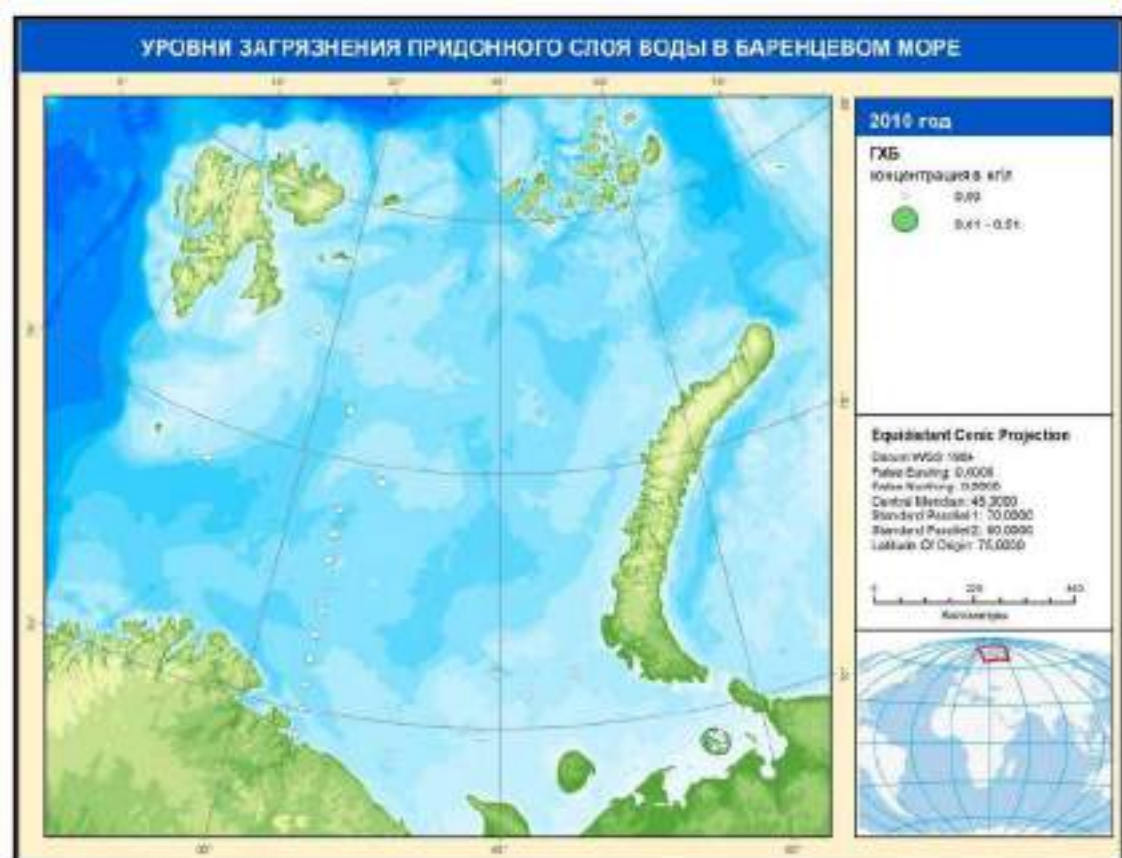
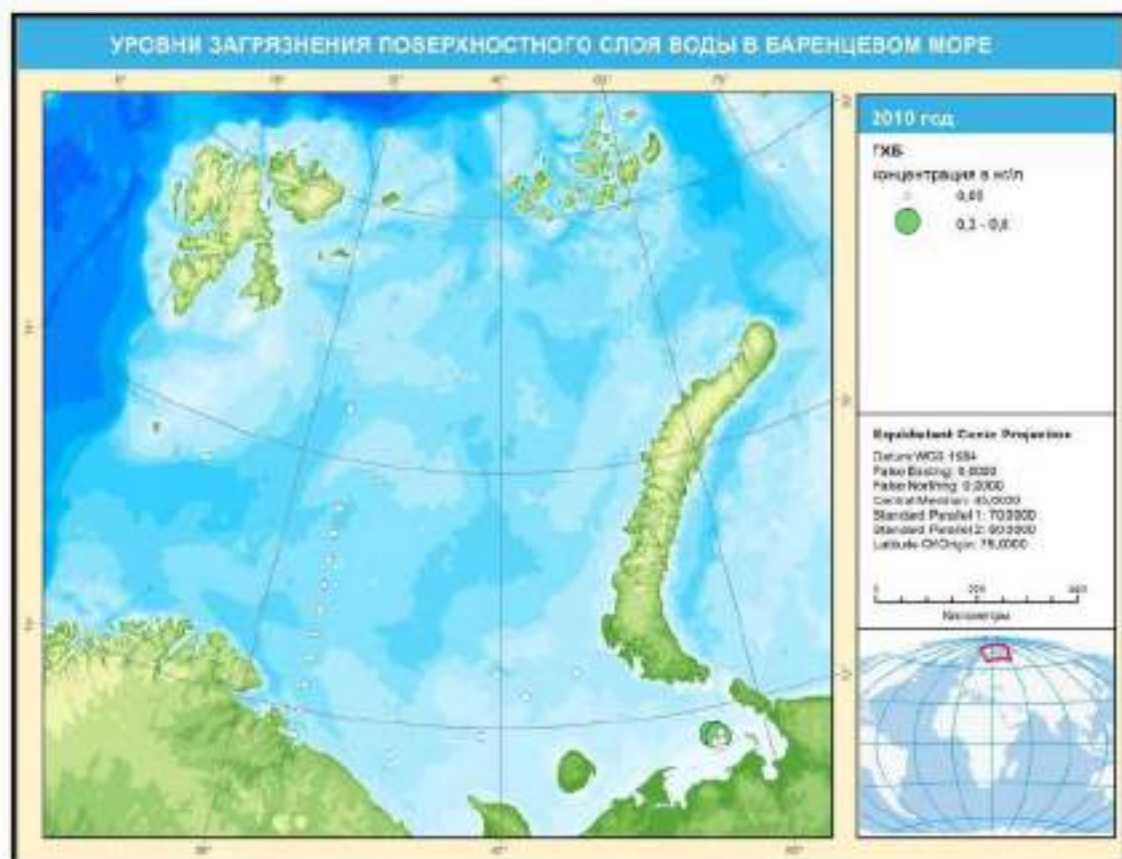


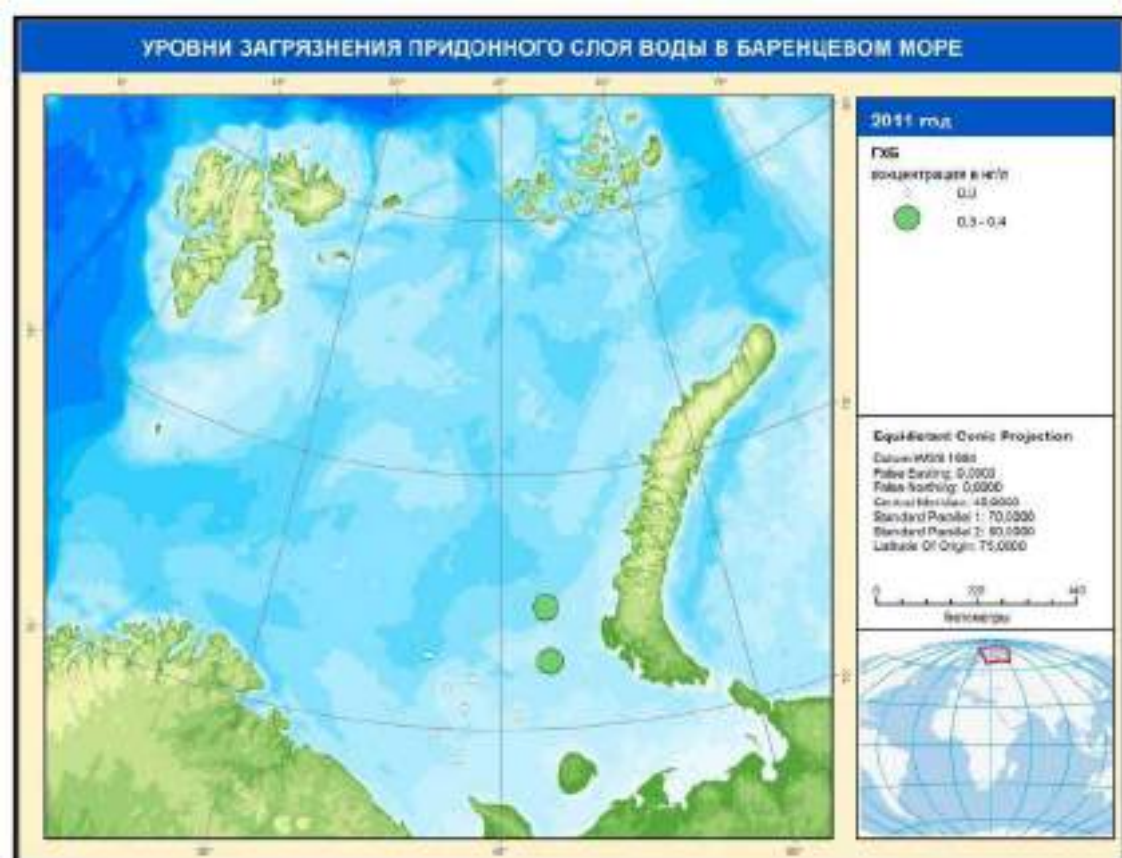
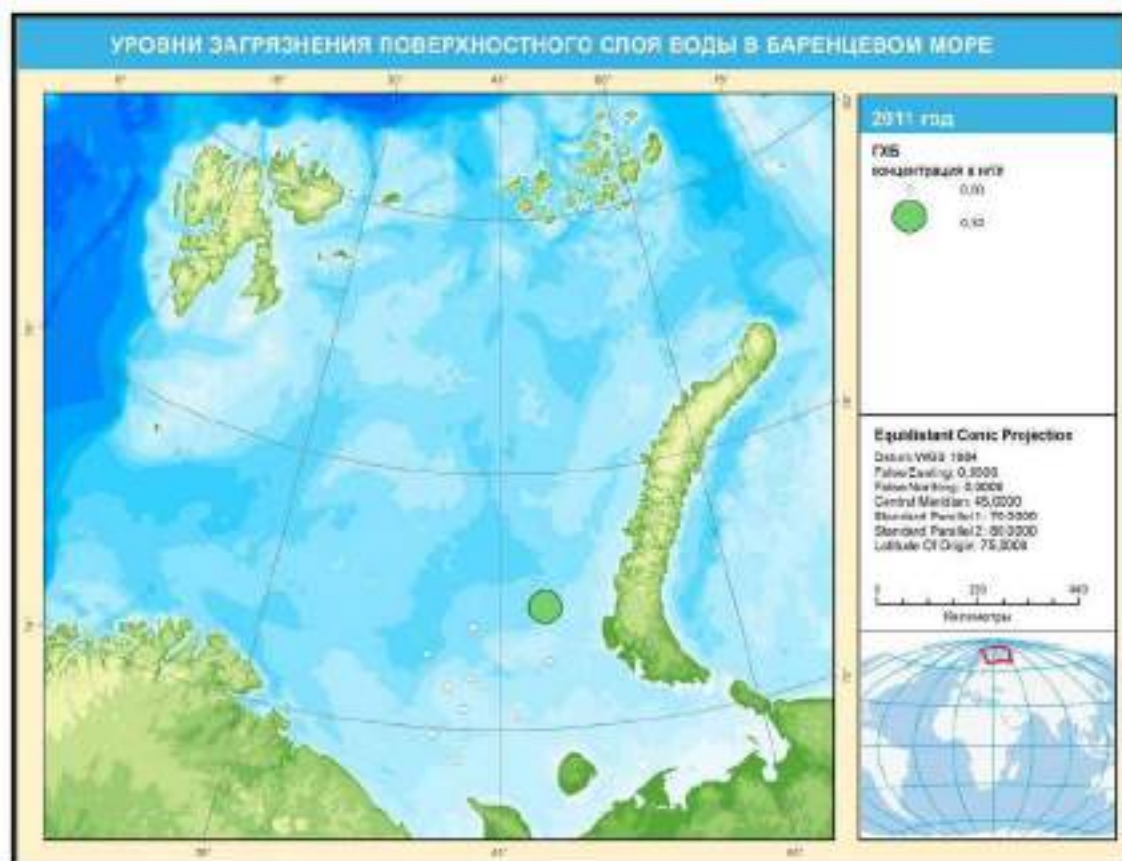


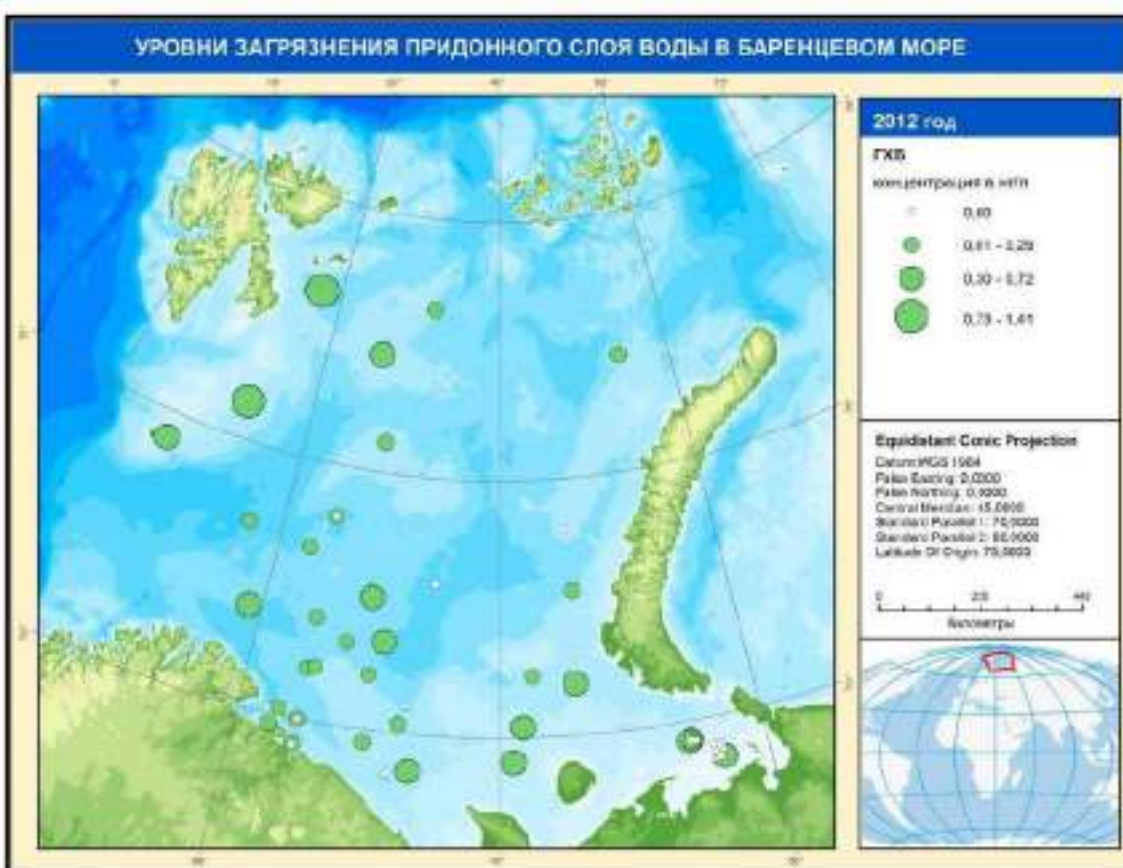
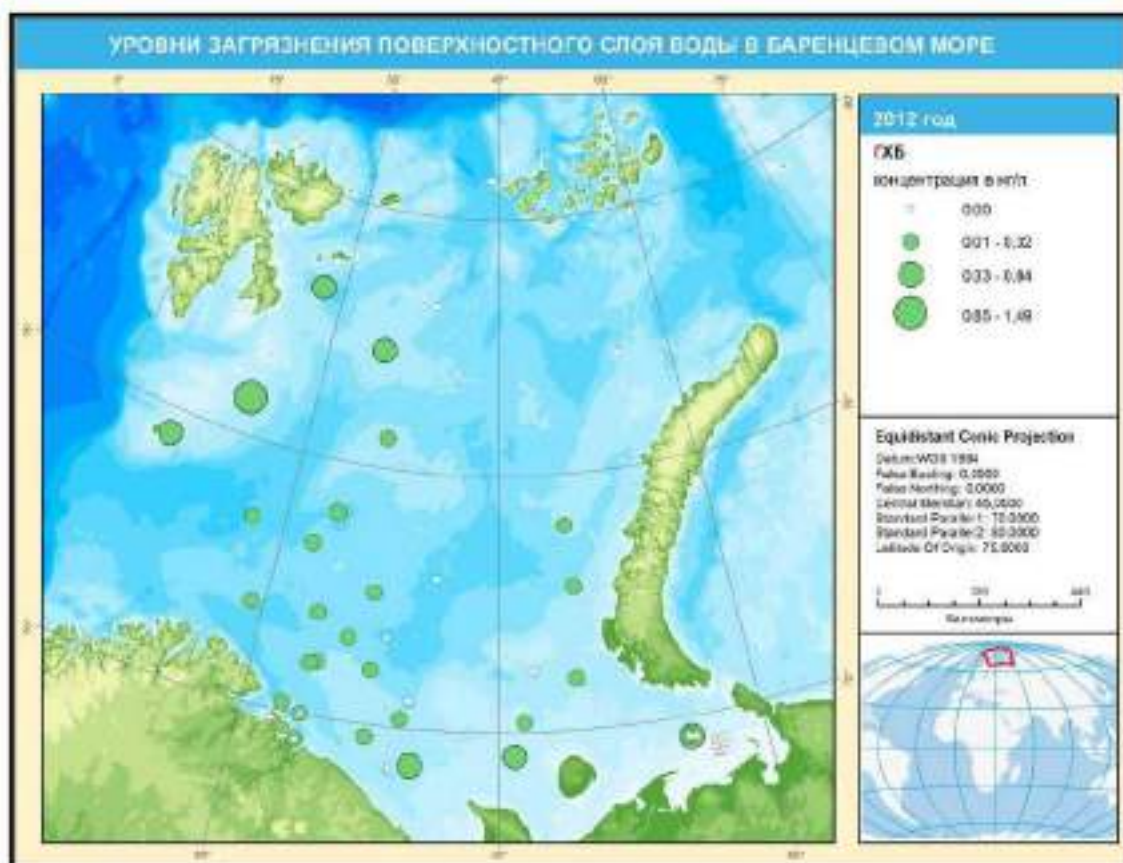


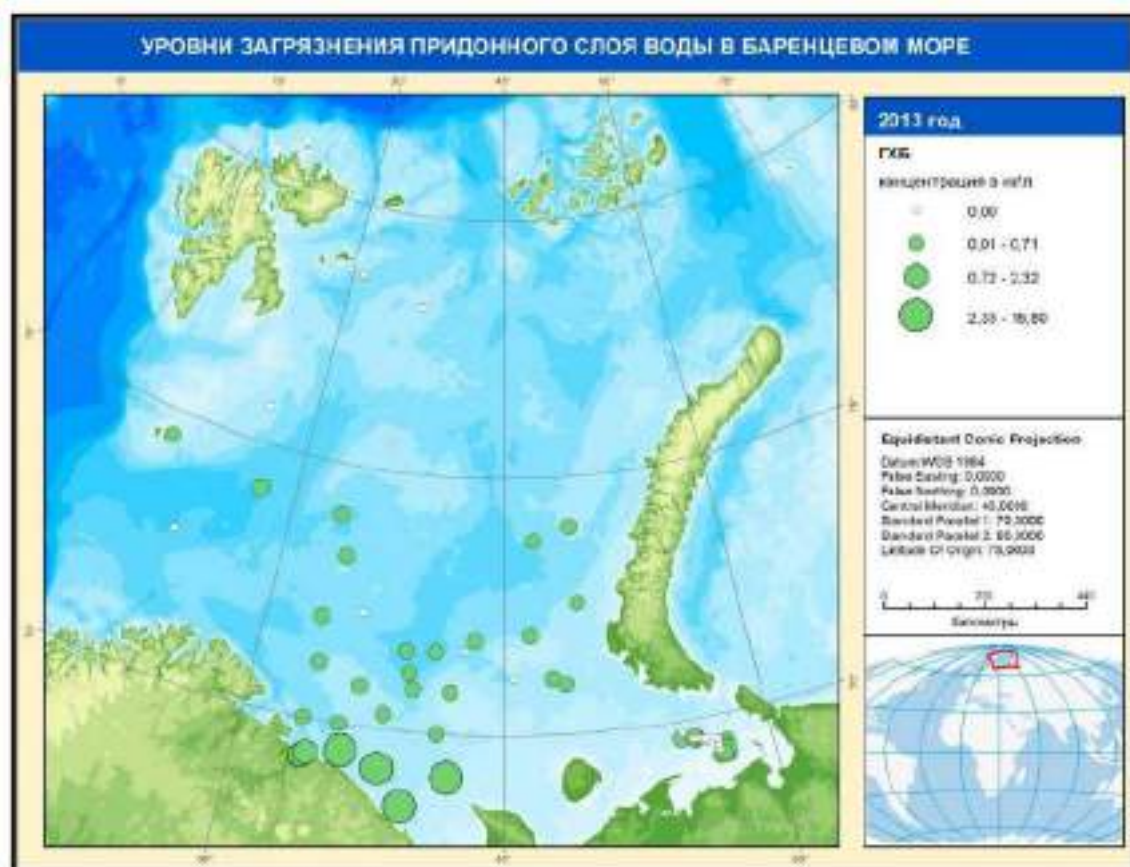
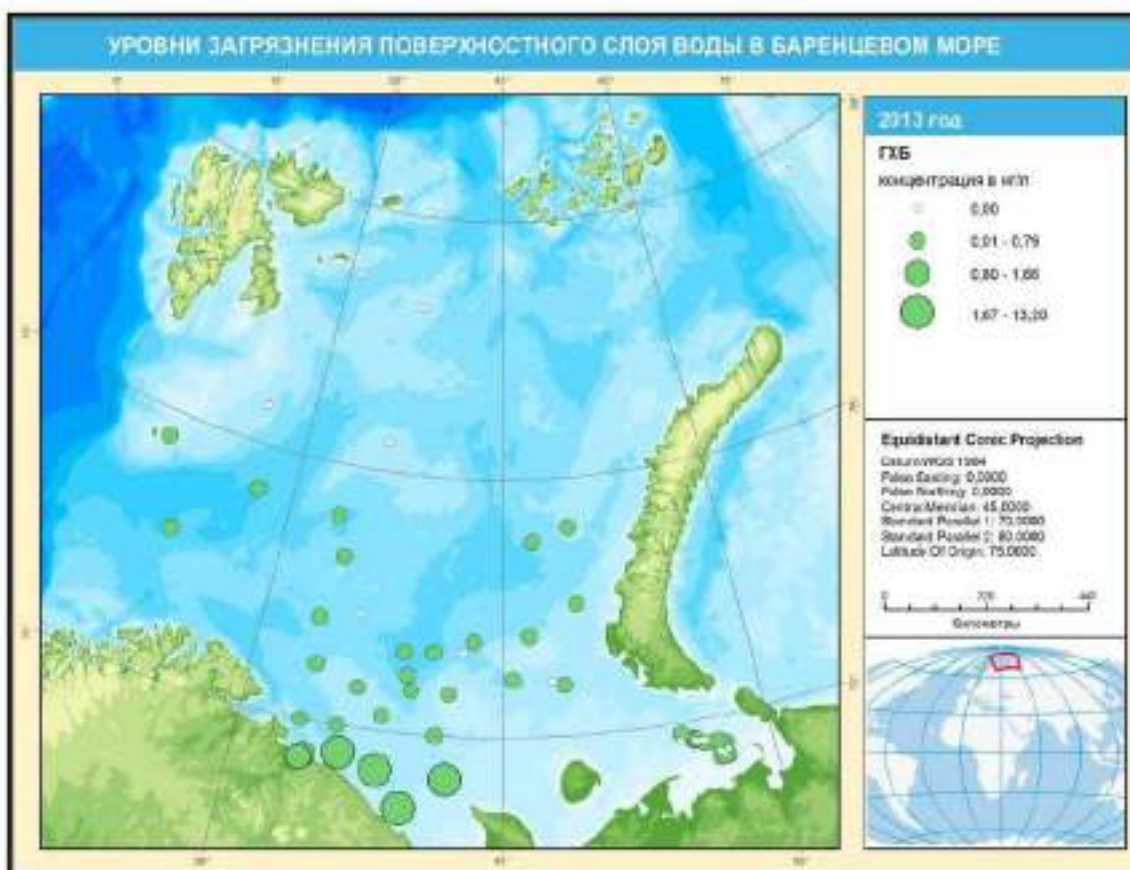


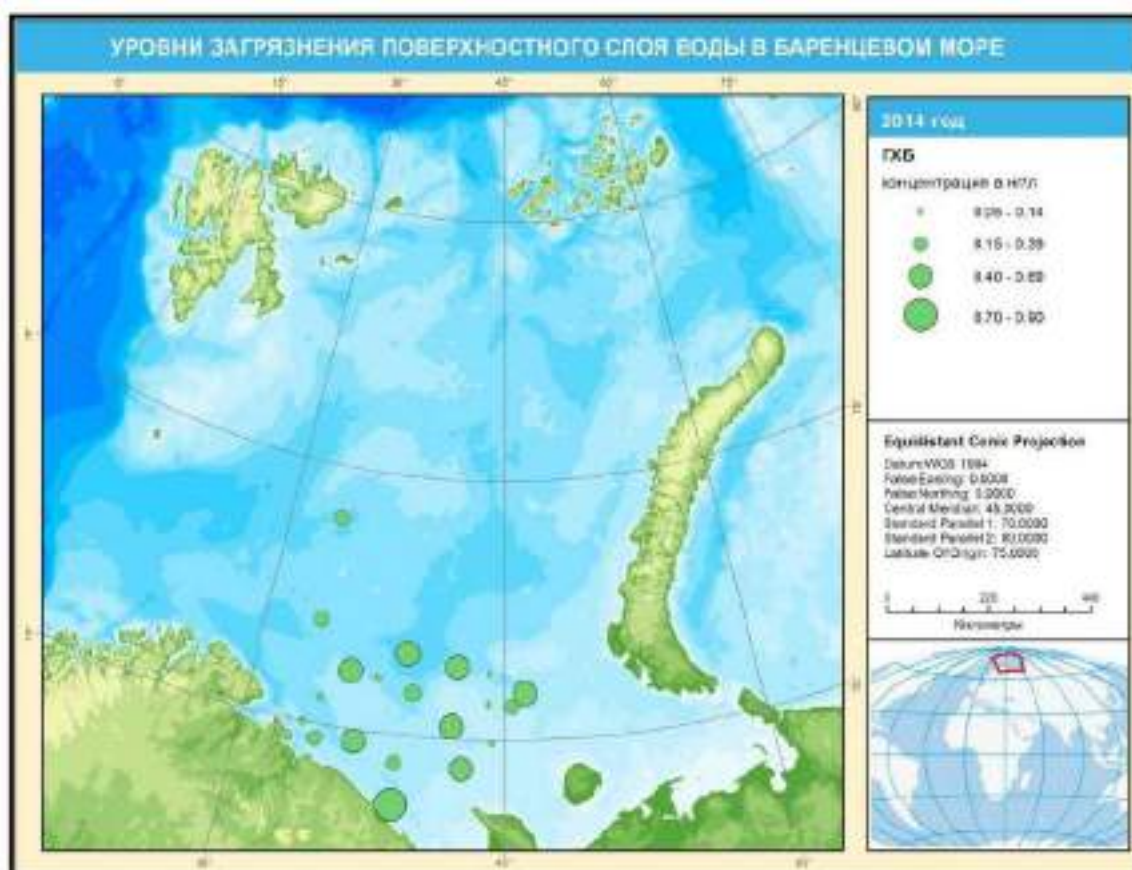


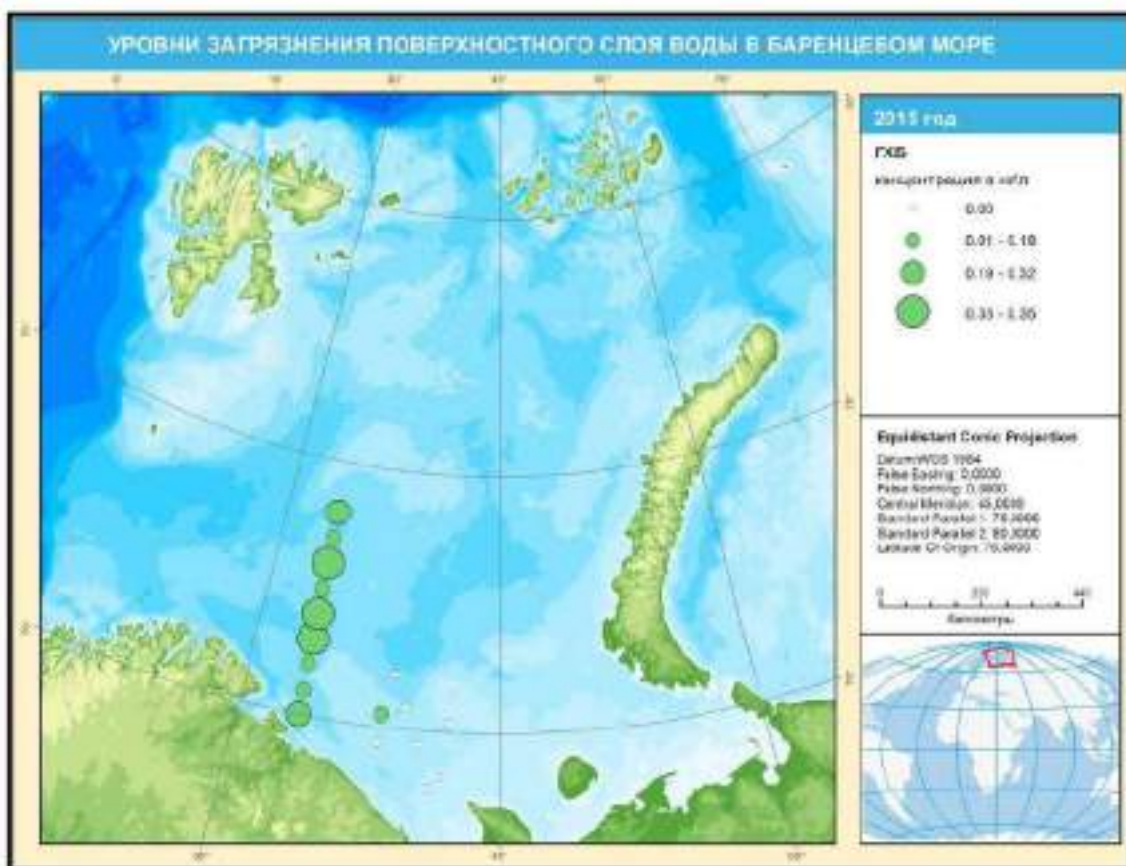


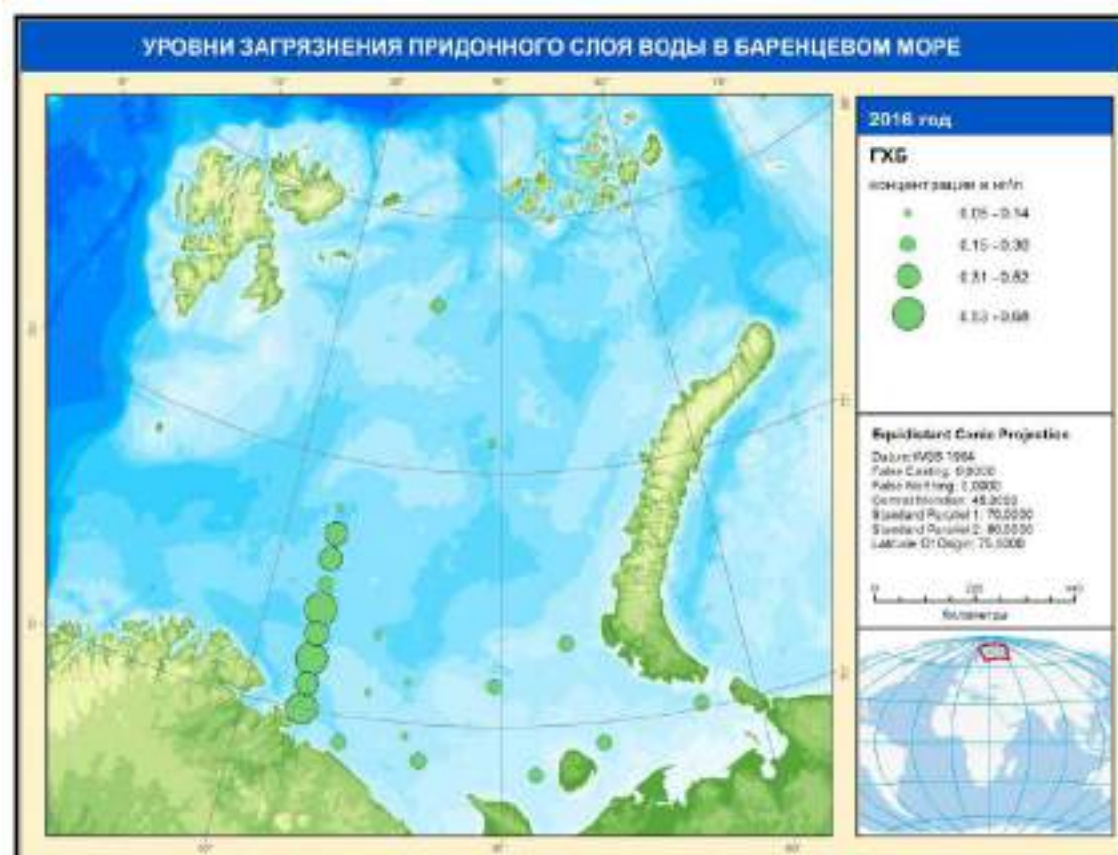
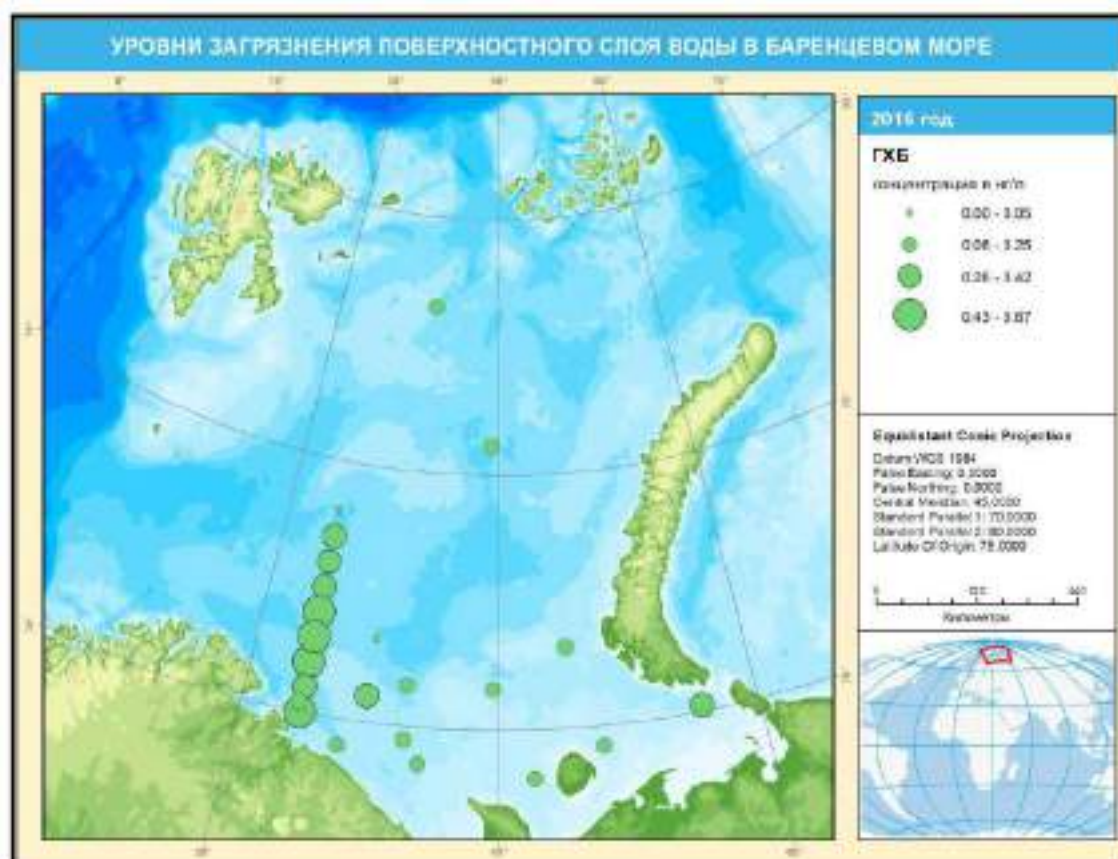


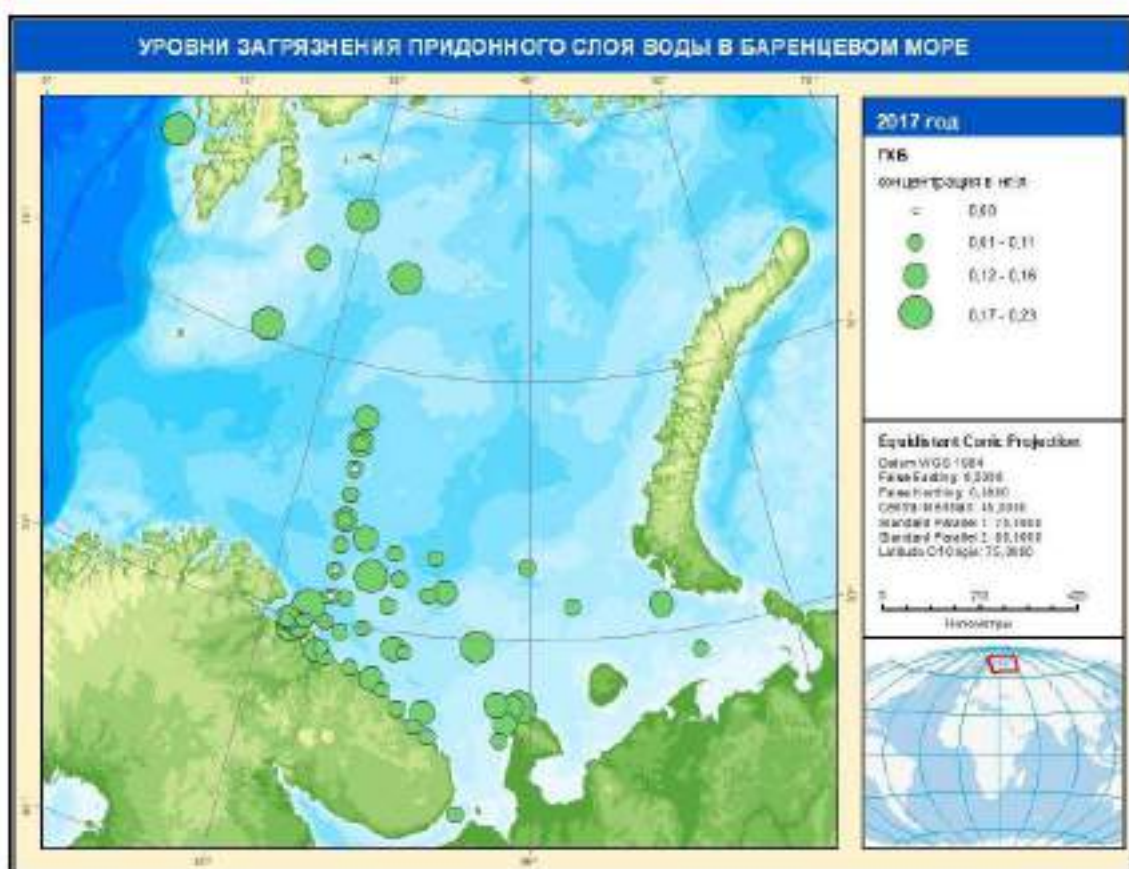
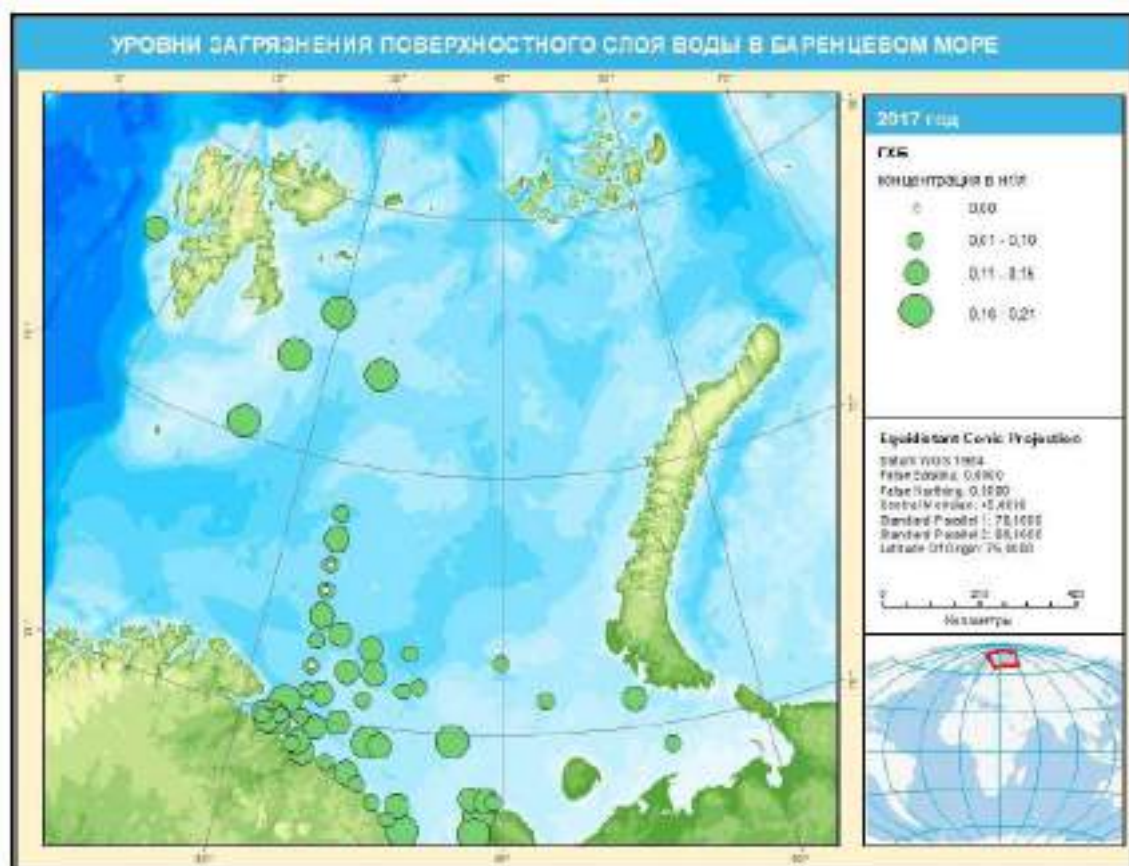


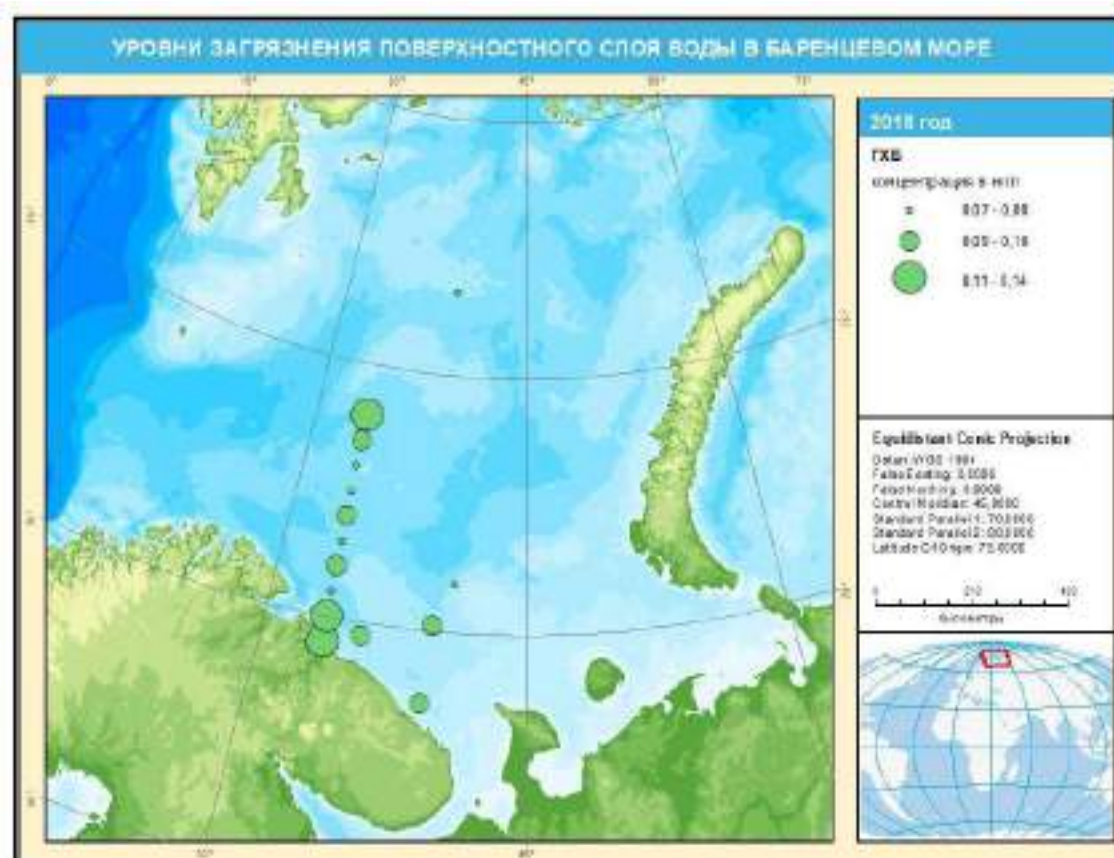












ГХЦГ

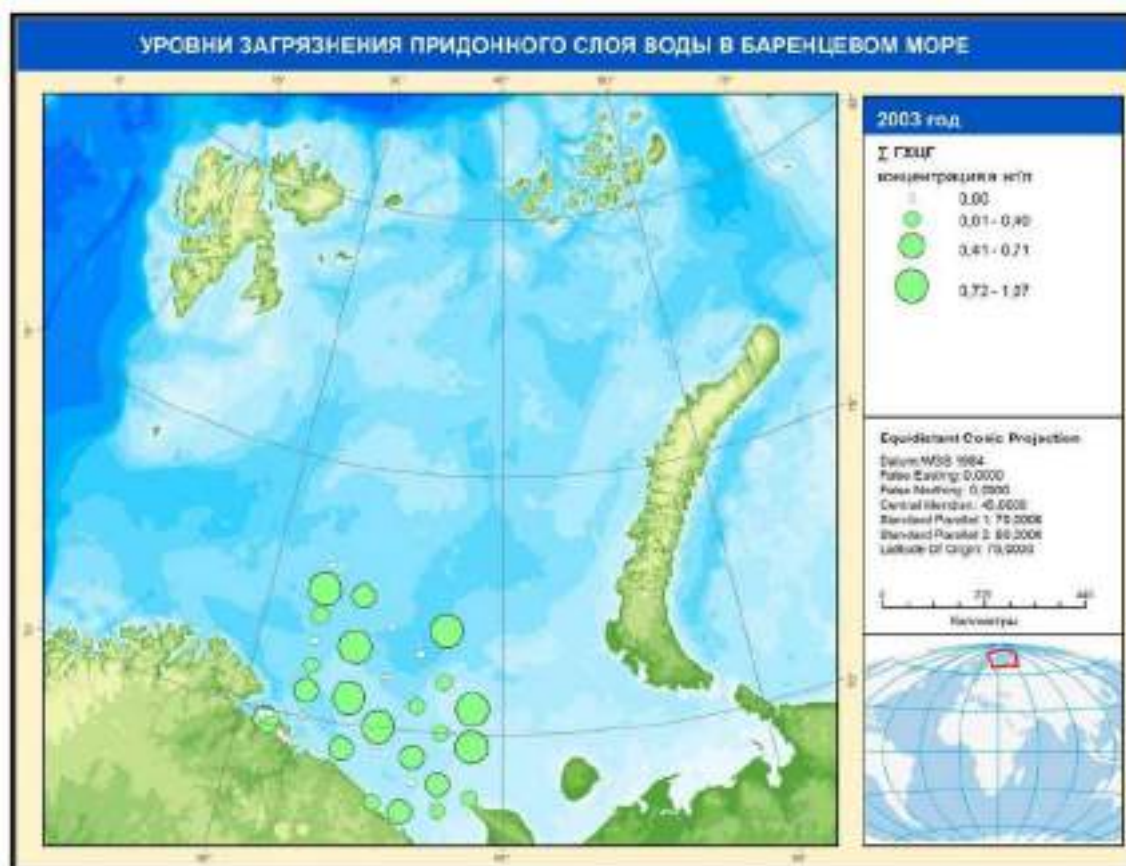
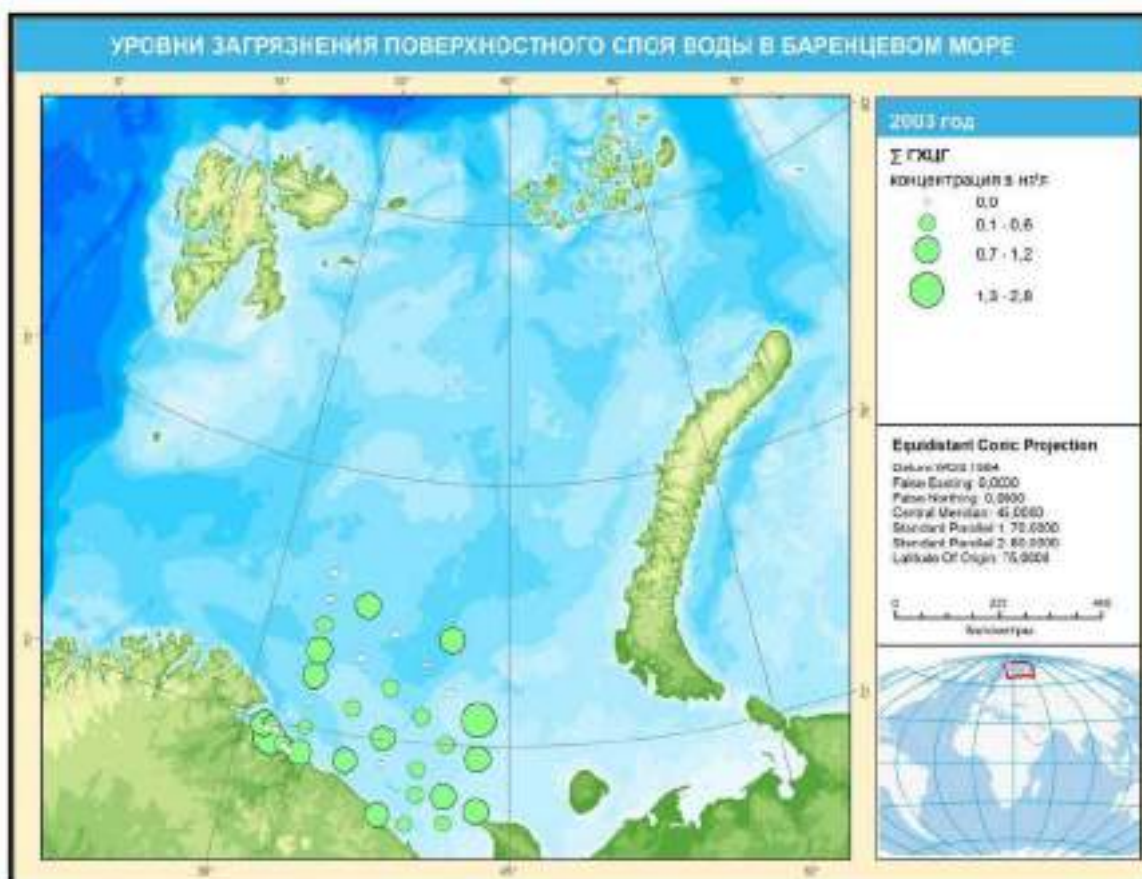
ГХЦГ относится к группе хлорорганических пестицидов (ХОП). ХОП являются токсикантами глобального распространения, не имеющими природных аналогов. Они широко используются в сельском хозяйстве и промышленности, очень устойчивы. ГХЦГ – инсектицид широкого спектра действия. ГХЦГ представляет собой смесь 8 изомеров, но в Советском Союзе использовалась обогащенная смесь ГХЦГ, которая не менее чем на 90 % состояла из γ -ГХЦГ (линдана). Непосредственно линдан в СССР не производили, однако технический и обогащенный ГХЦГ изготавливали в Самарской области. После 1990 г. его производство было прекращено (Мельников, 1974; Диагностический анализ состояния..., 2011).

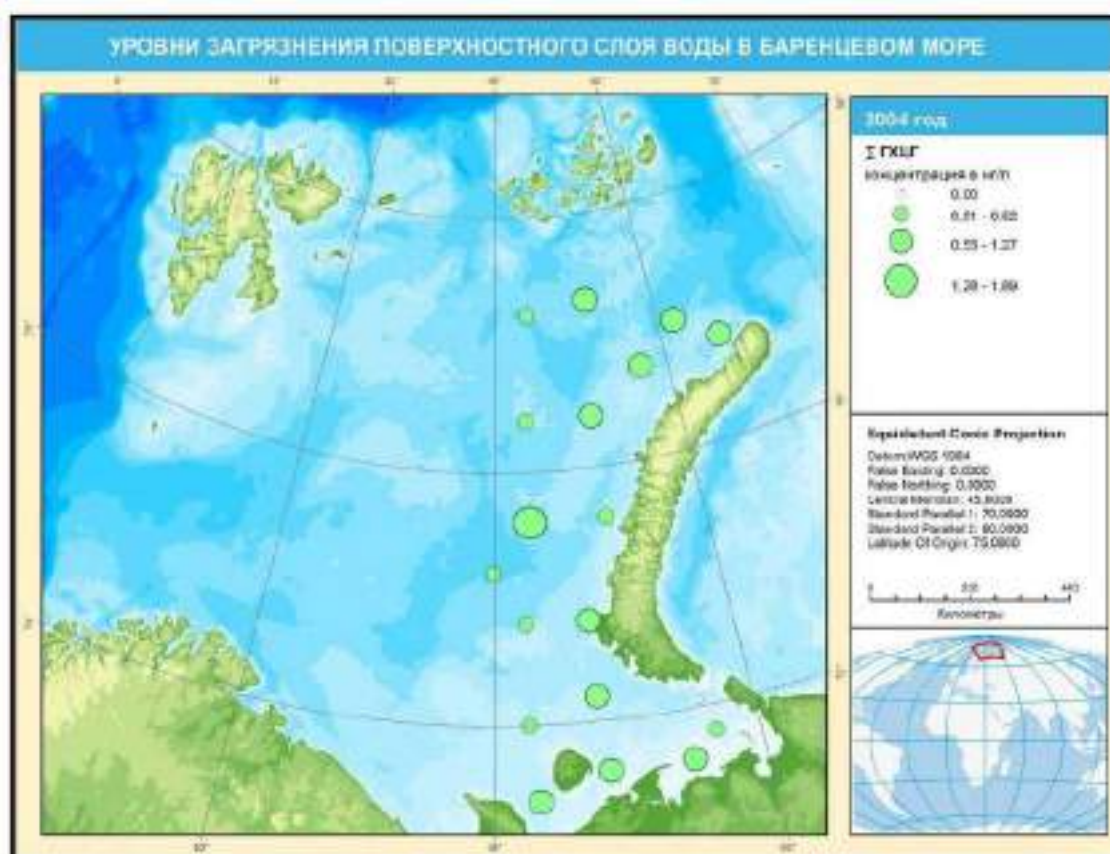
В настоящее время в РФ применение всех препаратов, содержащих изомеры (альфа-, бета-, гамма-) ГХЦГ, запрещено, так как они запрещены Стокгольмской конвенцией в 2009 г. (Запевалов, 2018). Россия ратифицировала Стокгольмскую конвенцию в 2011 г. (ФЗ № 164 от 27.06.2011 «О ратификации Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях»).

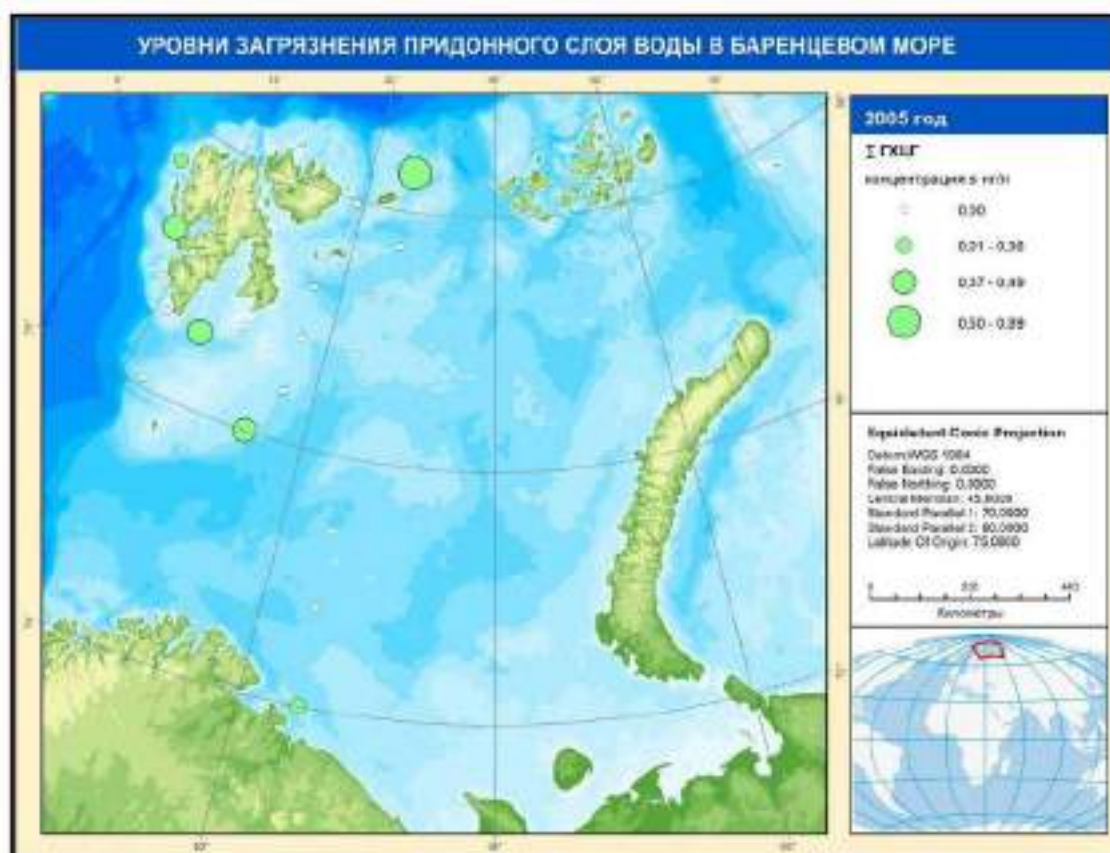
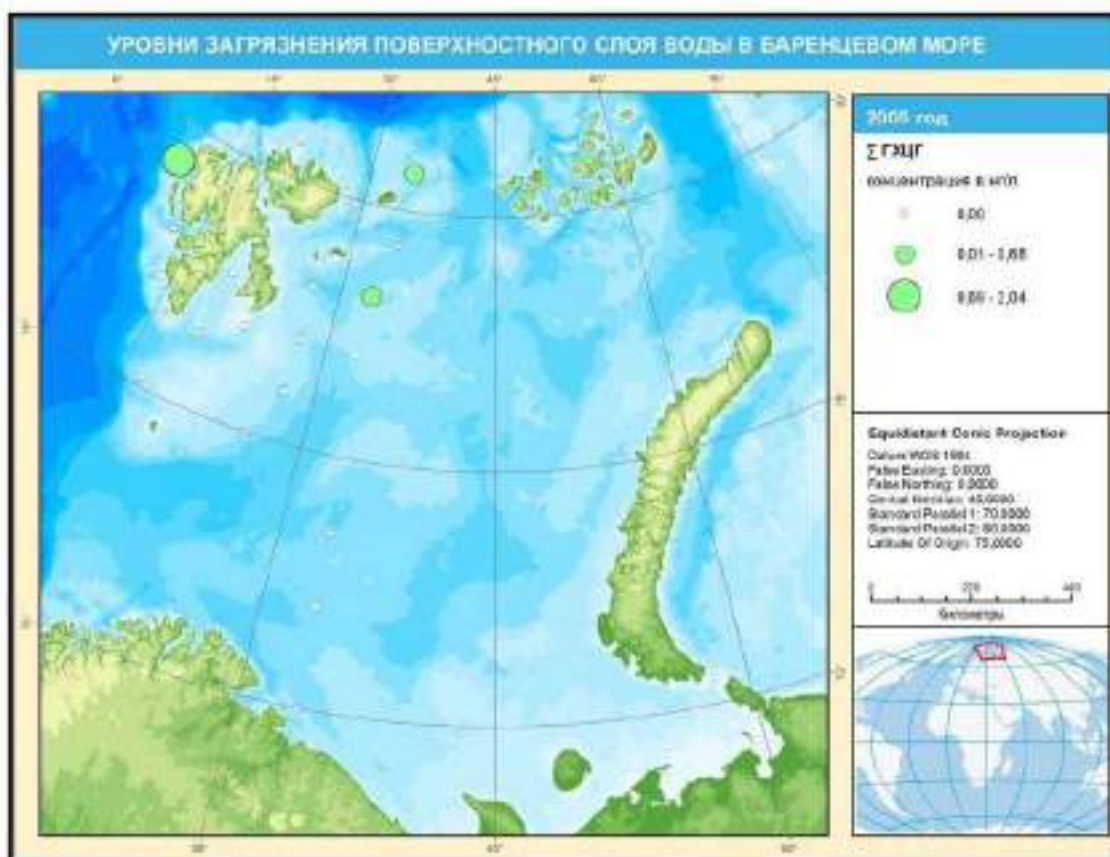
Известно, что линдан разлагается микроорганизмами и фотохимически изомеризуется в α -ГХЦГ, который наиболее стабилен в окружающей среде. Поэтому, несмотря на большую токсичность, γ -ГХЦГ оказывает менее сильное отрицательное воздействие на окружающую среду, чем α - и β -изомеры ГХЦГ, которые обладают канцерогенными свойствами и относятся к экологически опасным соединениям. В водоемы ГХЦГ поступает из почвы с поверхностными стоками и ирригационными водами, из воды мигрирует по водным биологическим цепям: вода – фитопланктон – зоопланктон – рыбы – рыбоядные птицы; рыбы – морские млекопитающие; рыбы – человек. ГХЦГ длительно сохраняется в почве: через 3 года после обработки в почве обнаруживалось 5 % препарата (Диагностический анализ состояния..., 2011).

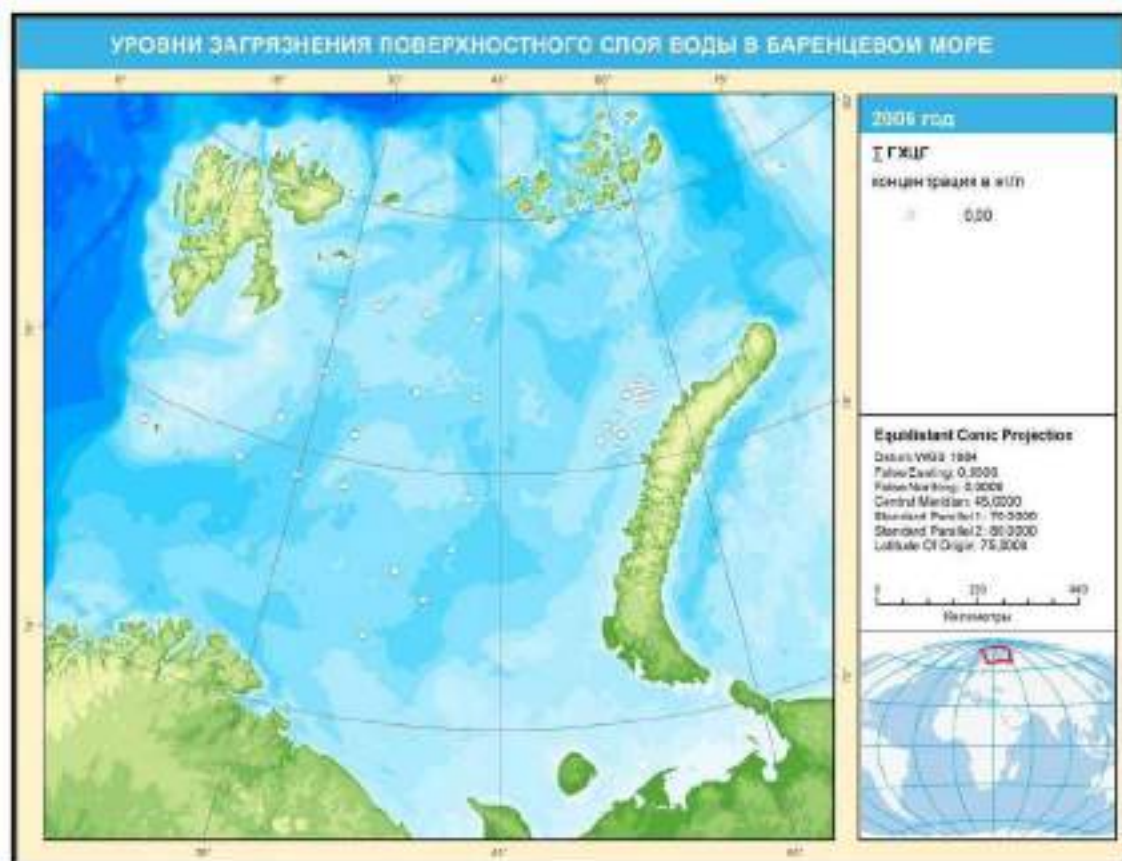
Хлорорганические пестициды типа ГХЦГ в поверхностных водах присутствуют в основном в растворенном виде (Израэль, Цыбань, 2009). За общую концентрацию ГХЦГ (Σ ГХЦГ) в воде Баренцева моря, отображенную на картах атласа, принимали сумму изомеров: α -, β - и γ -гексахлорциклогексана.

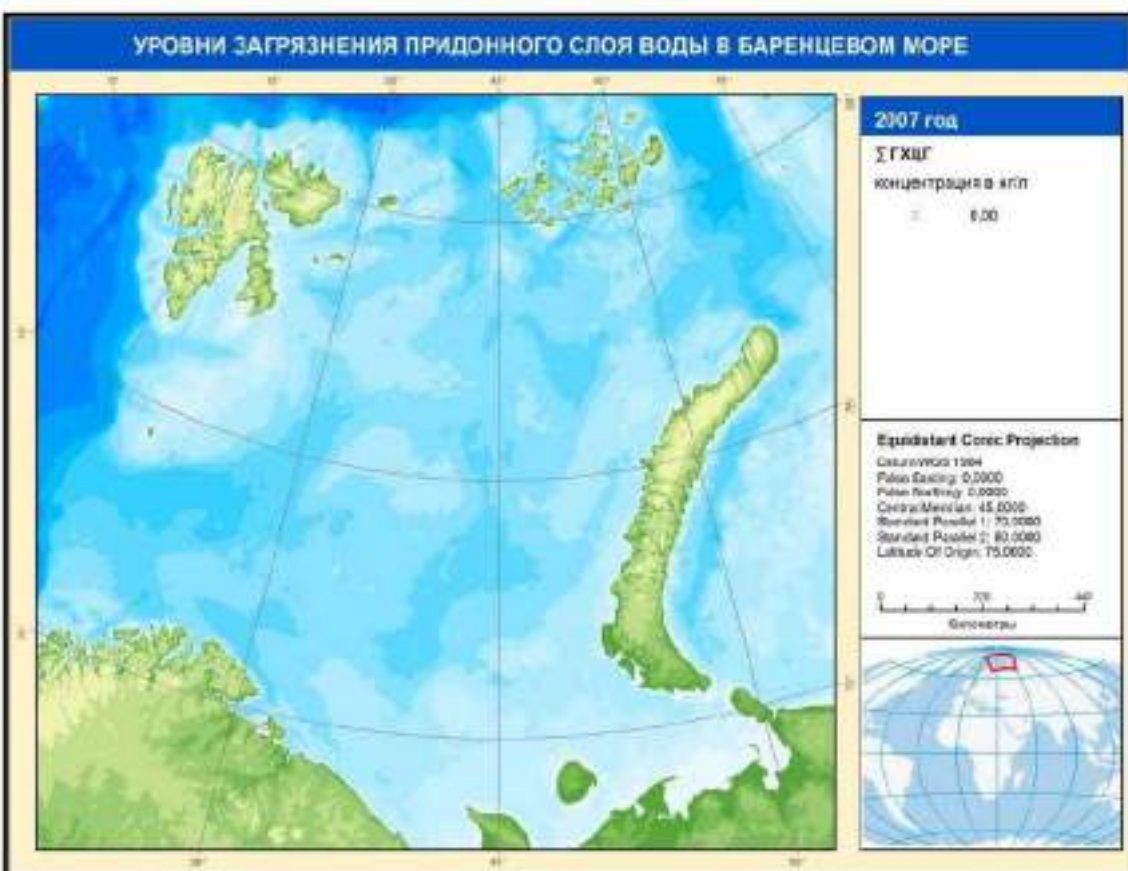
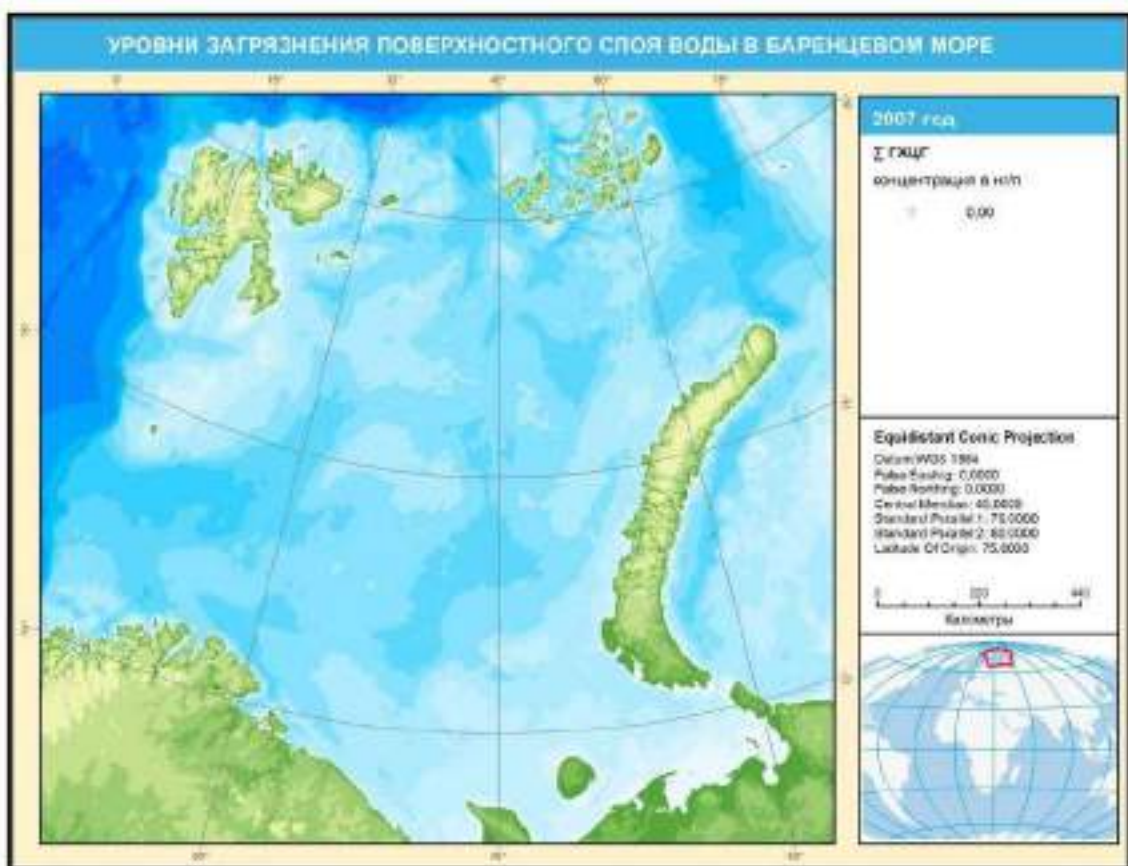
Ниже приводятся карты содержания ГХЦГ в 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг.

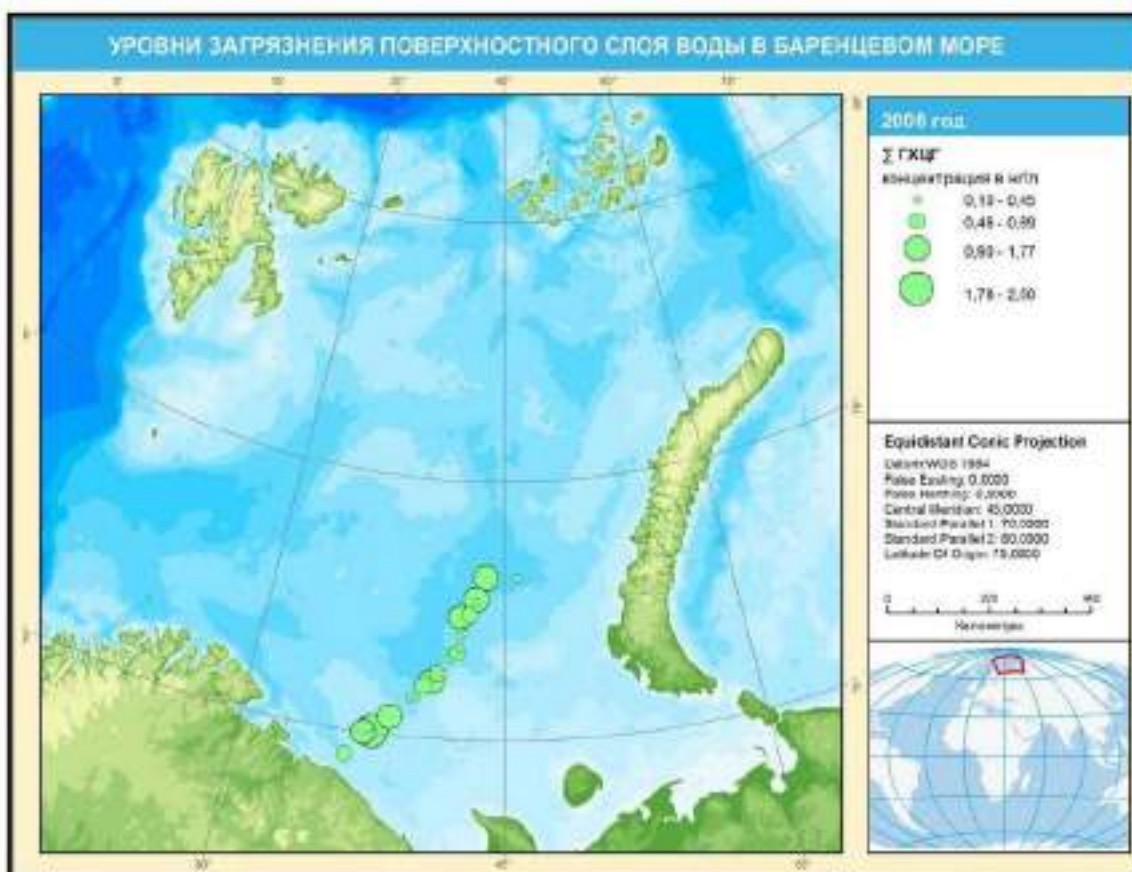


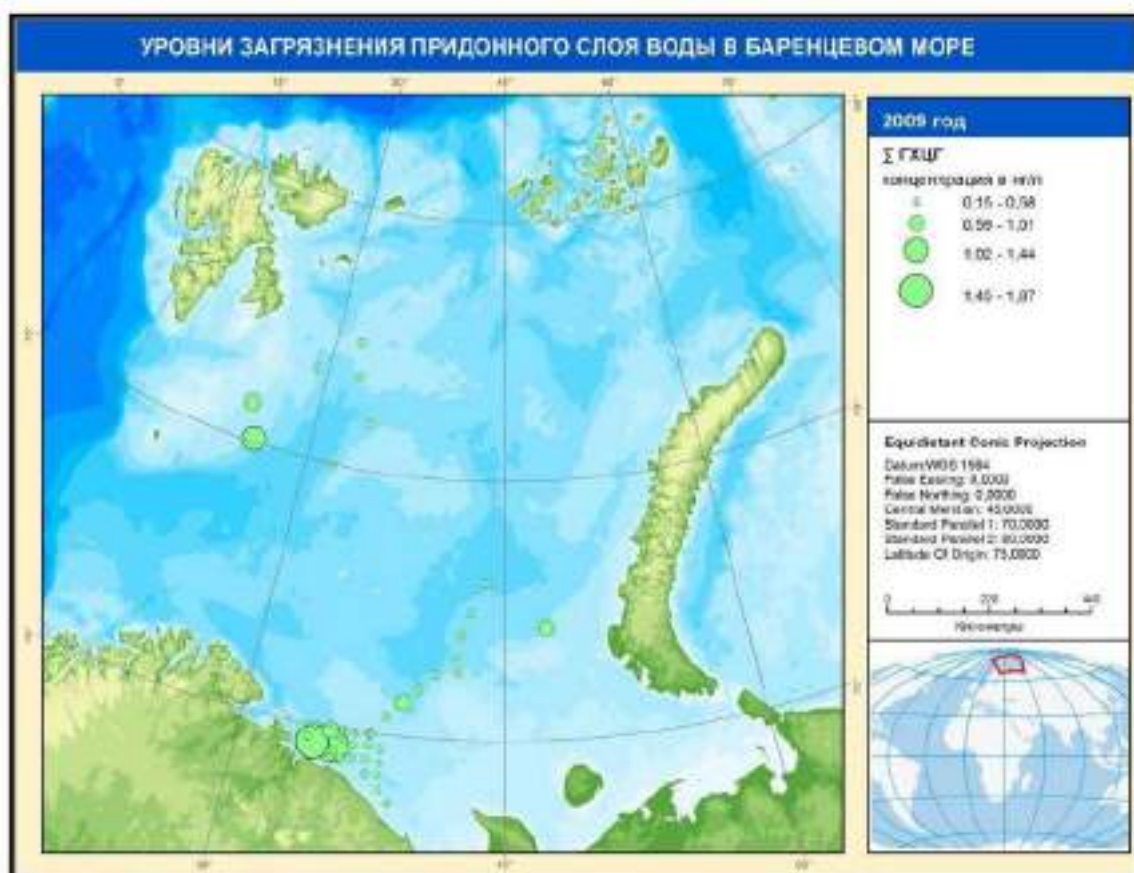
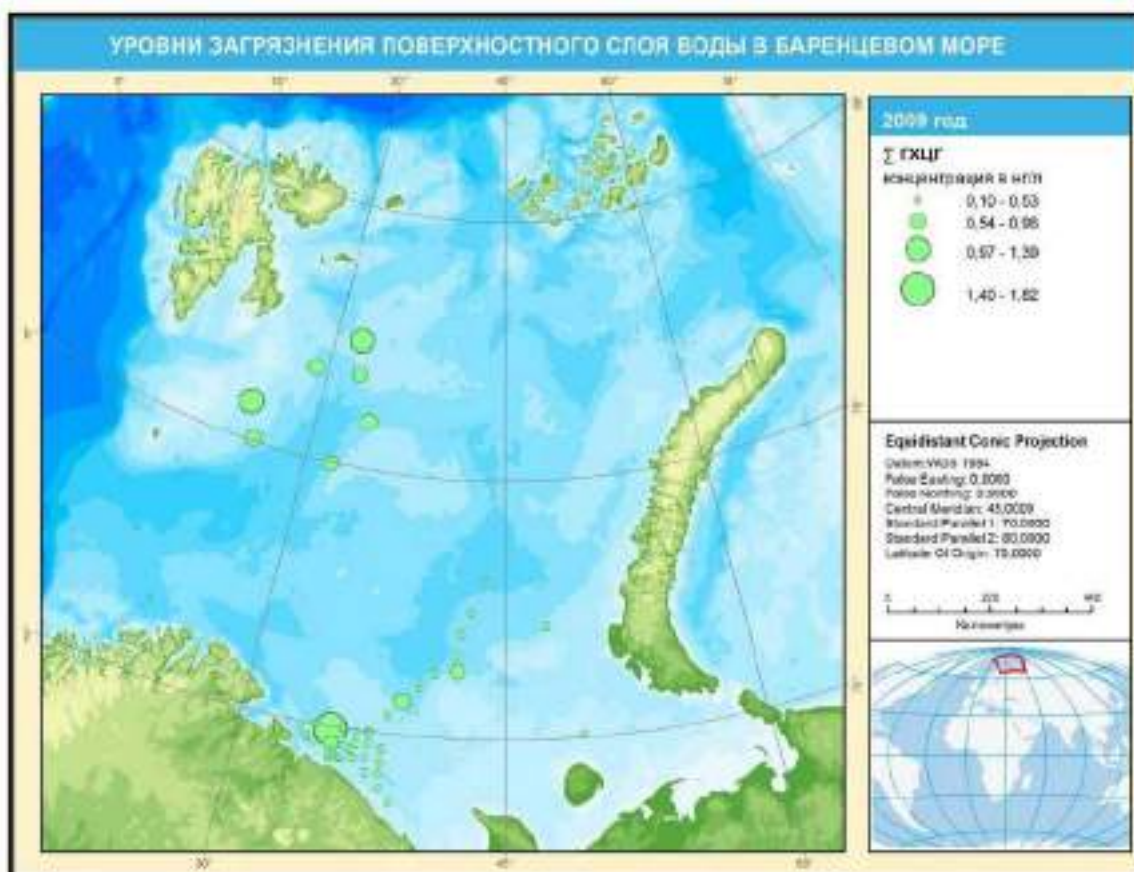


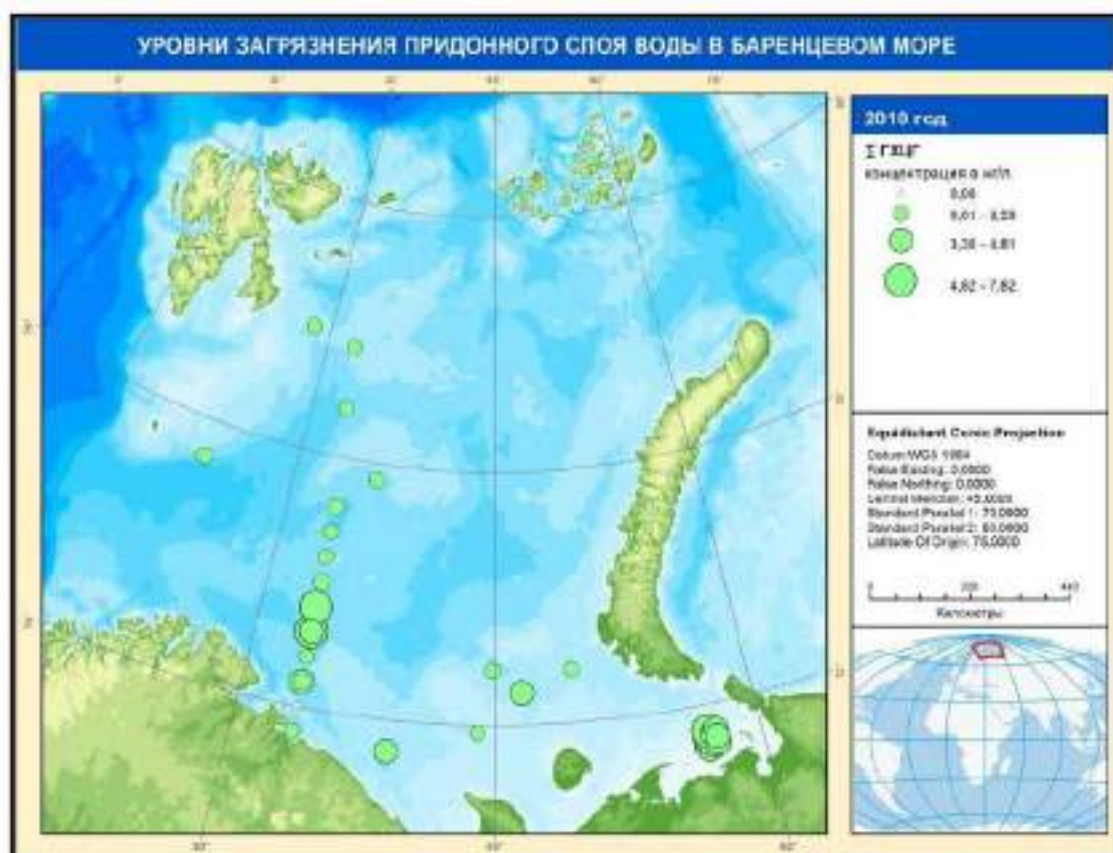
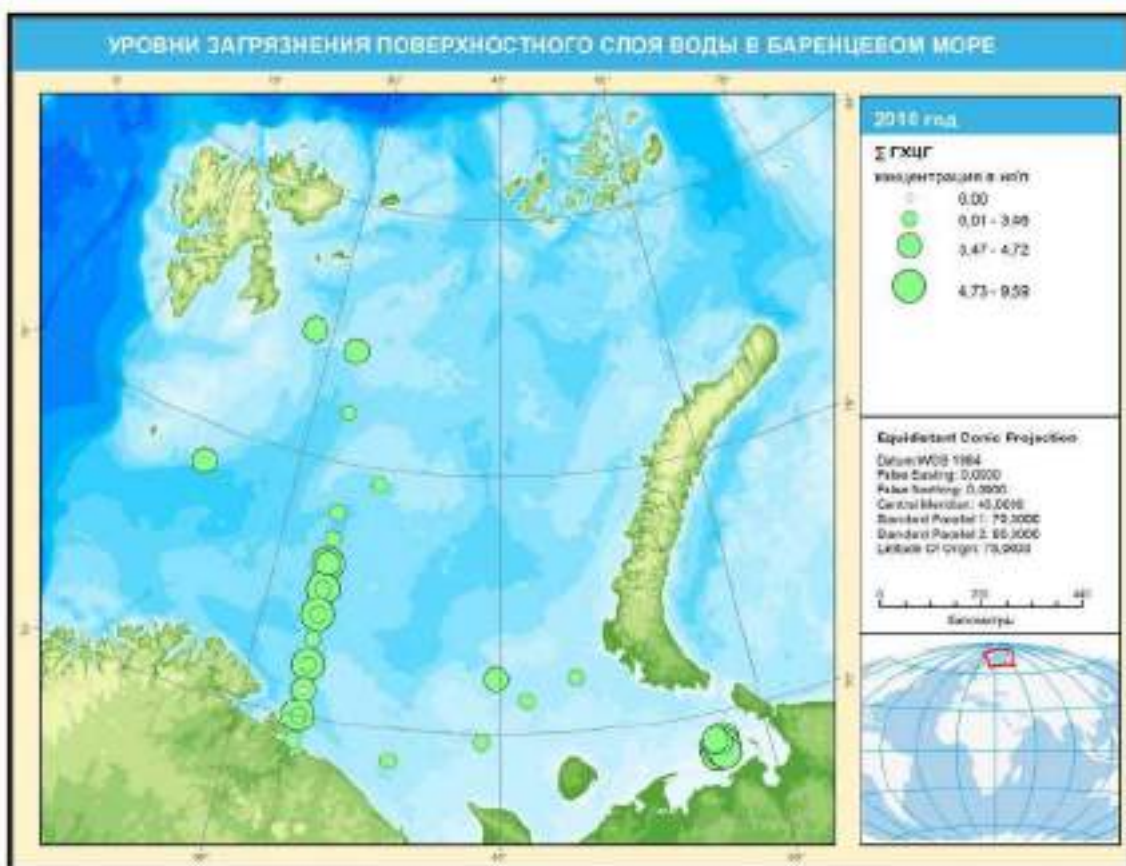


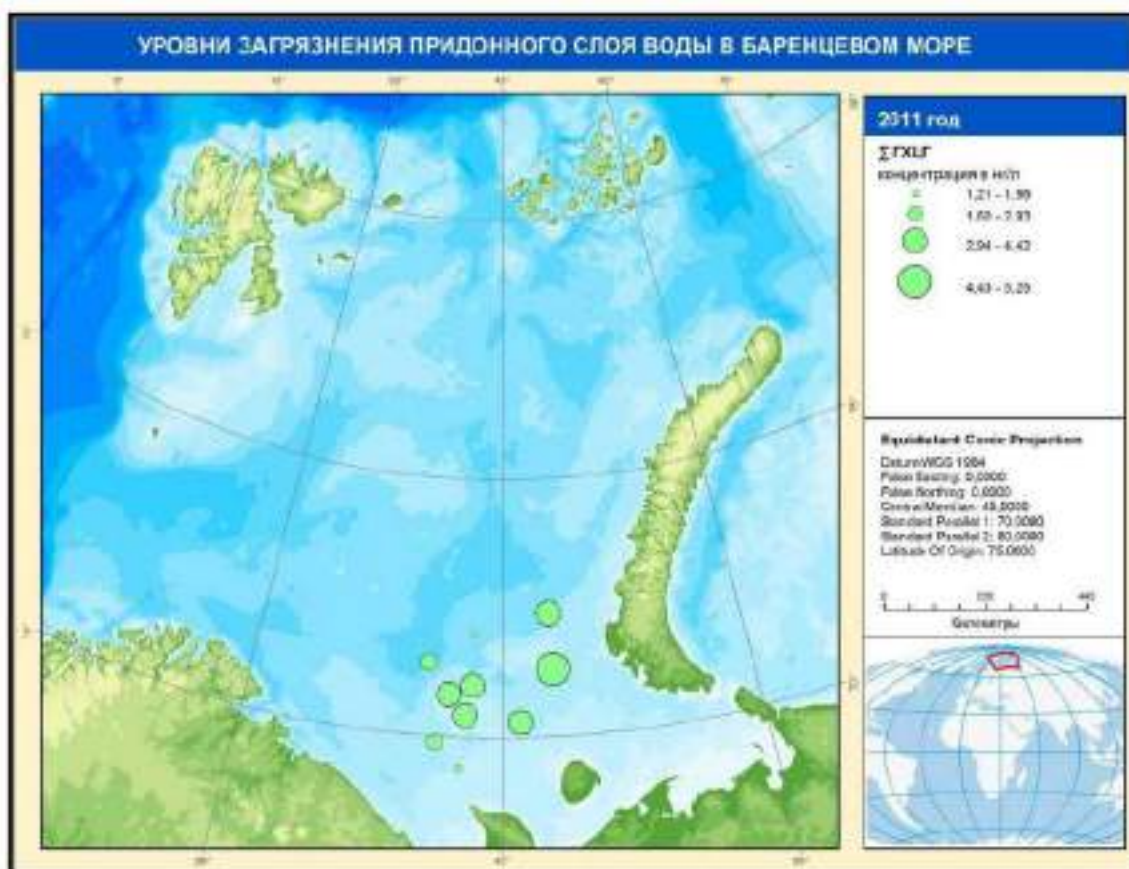
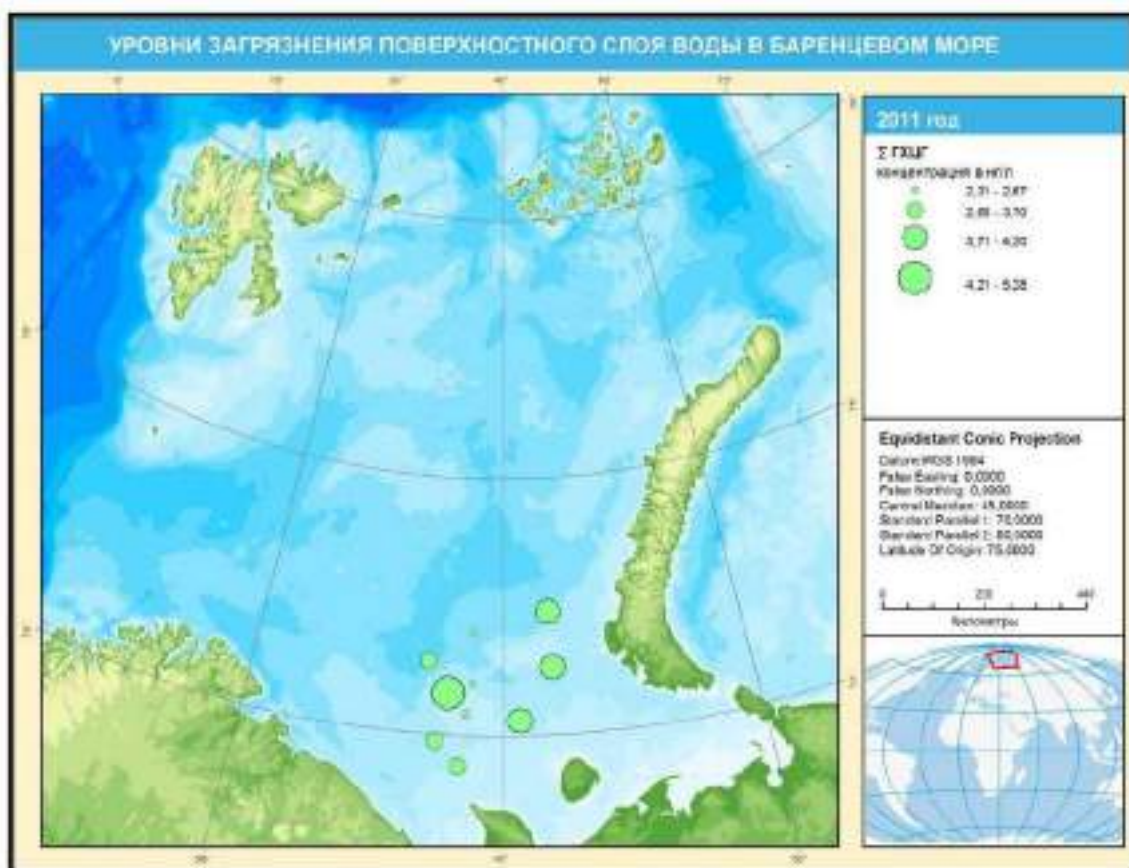


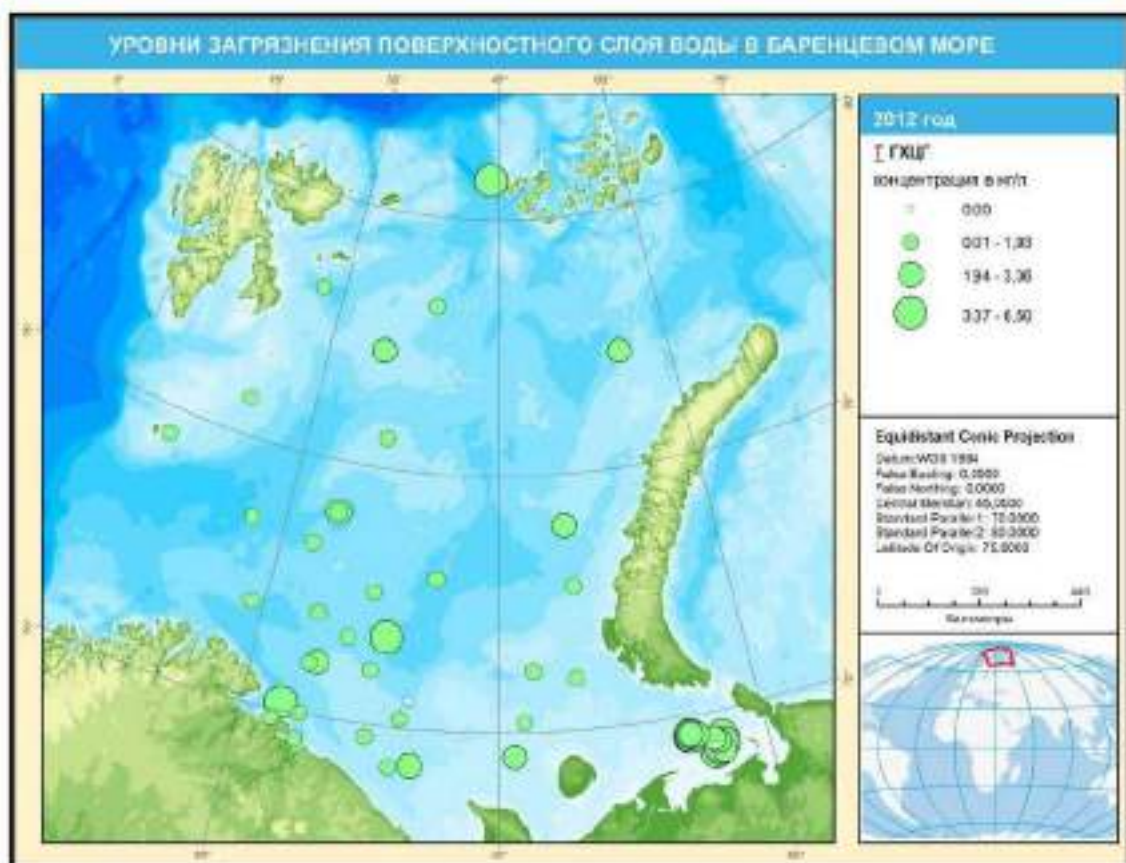


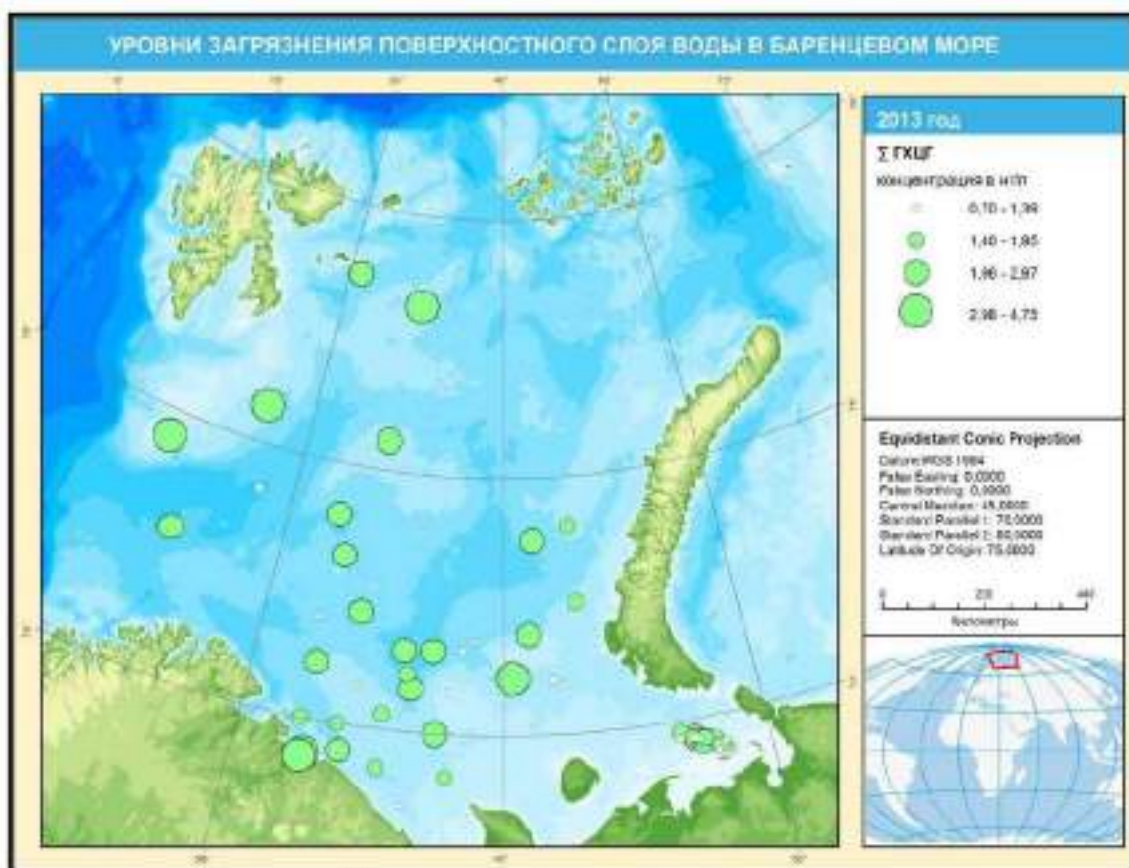


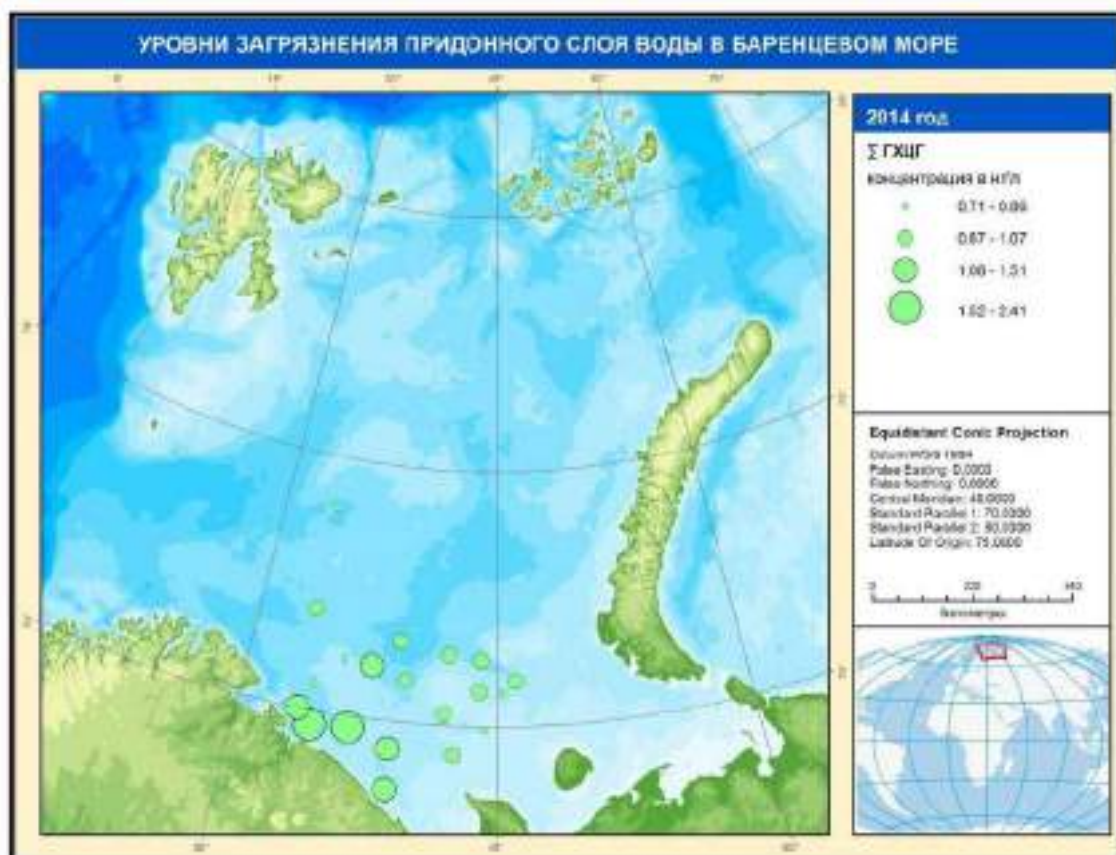
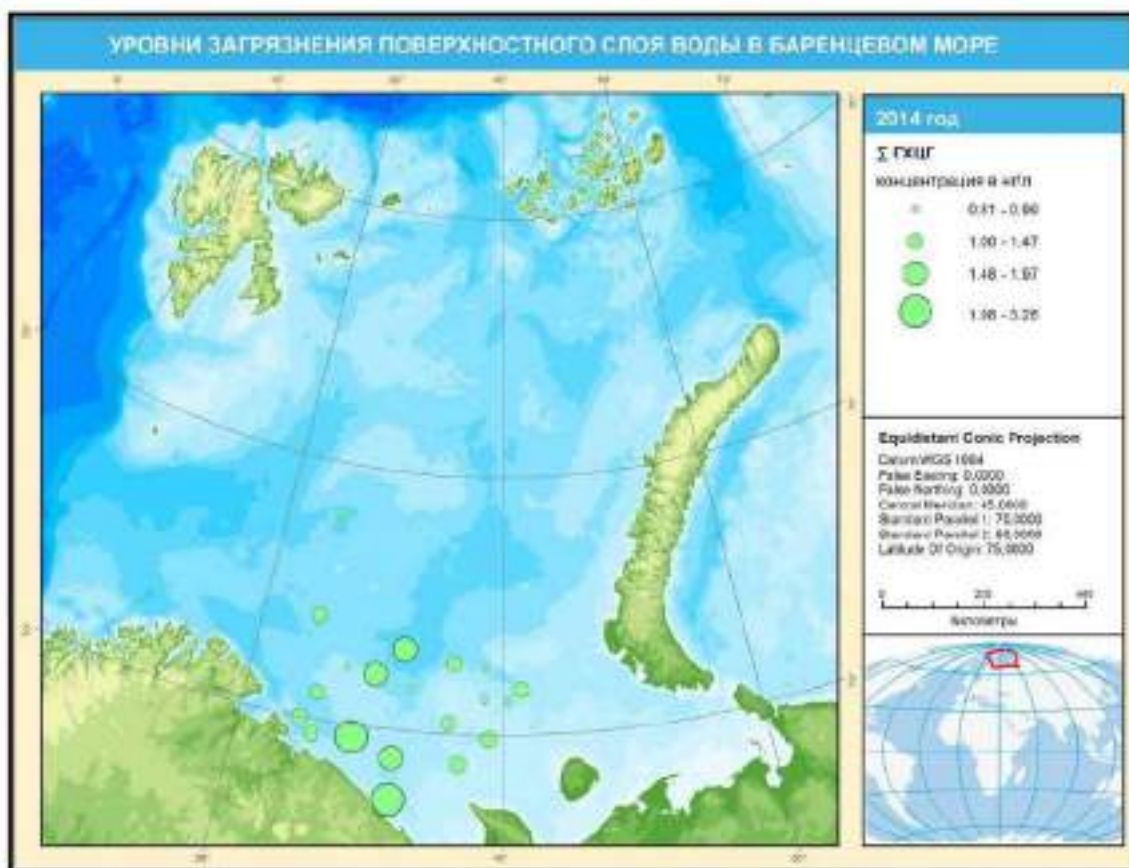


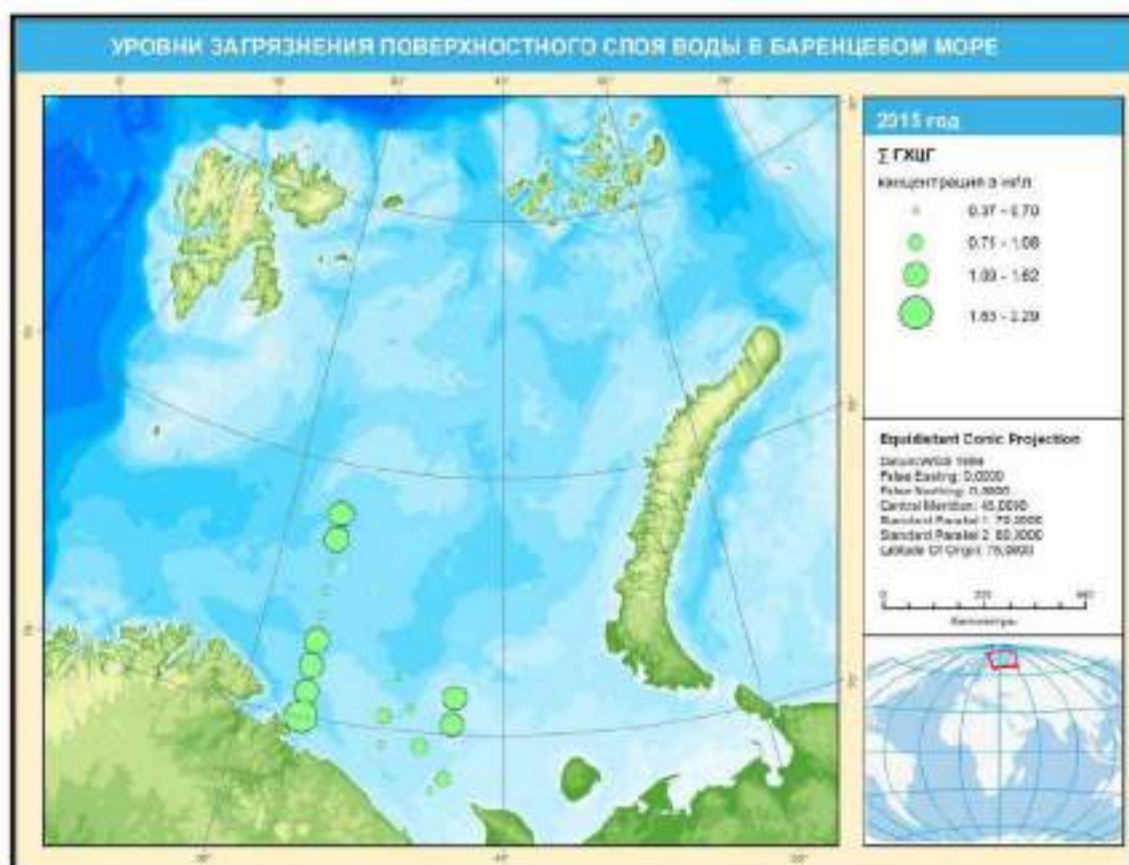


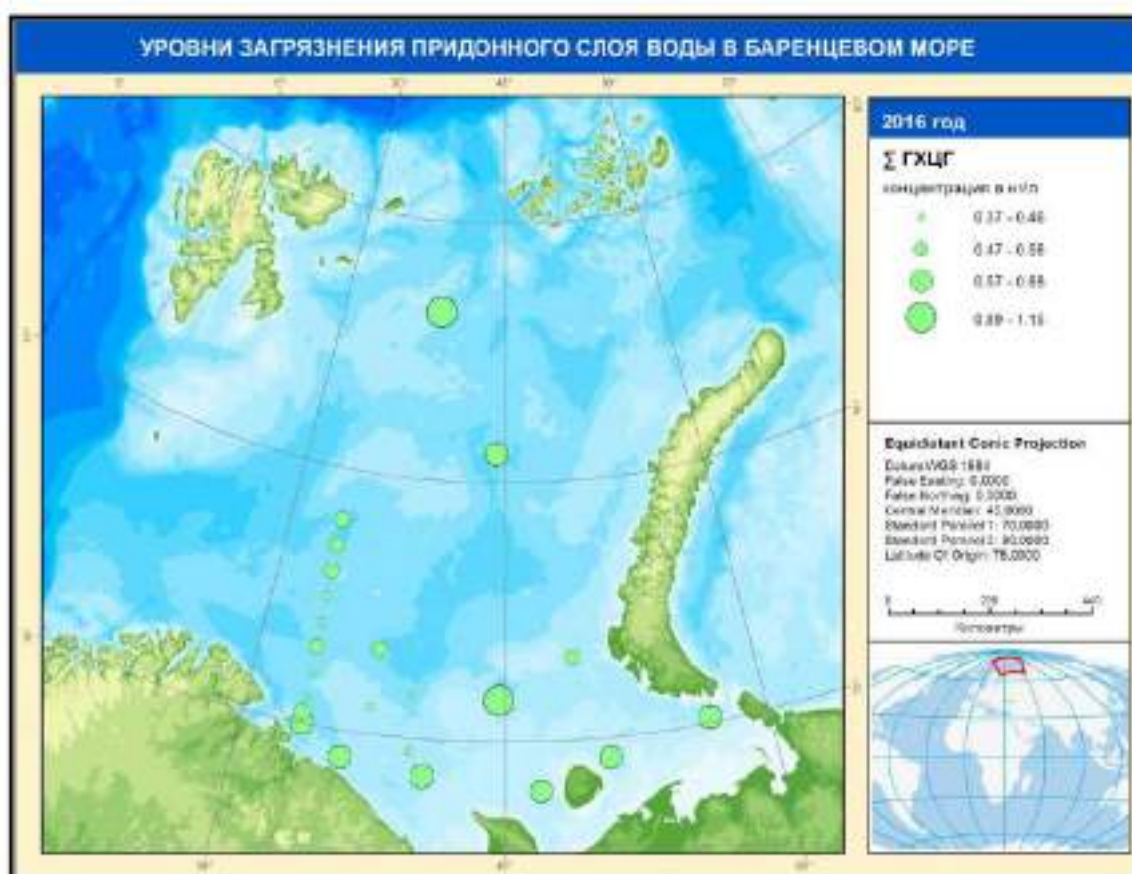
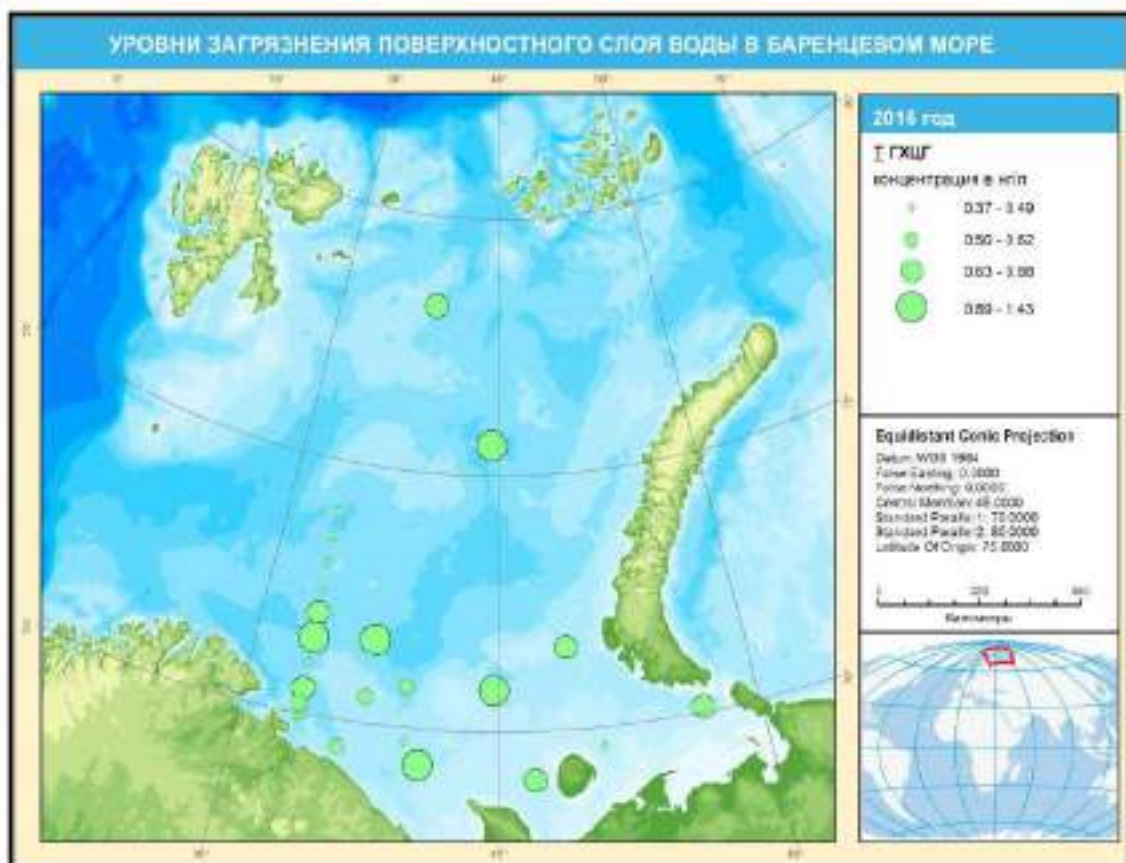


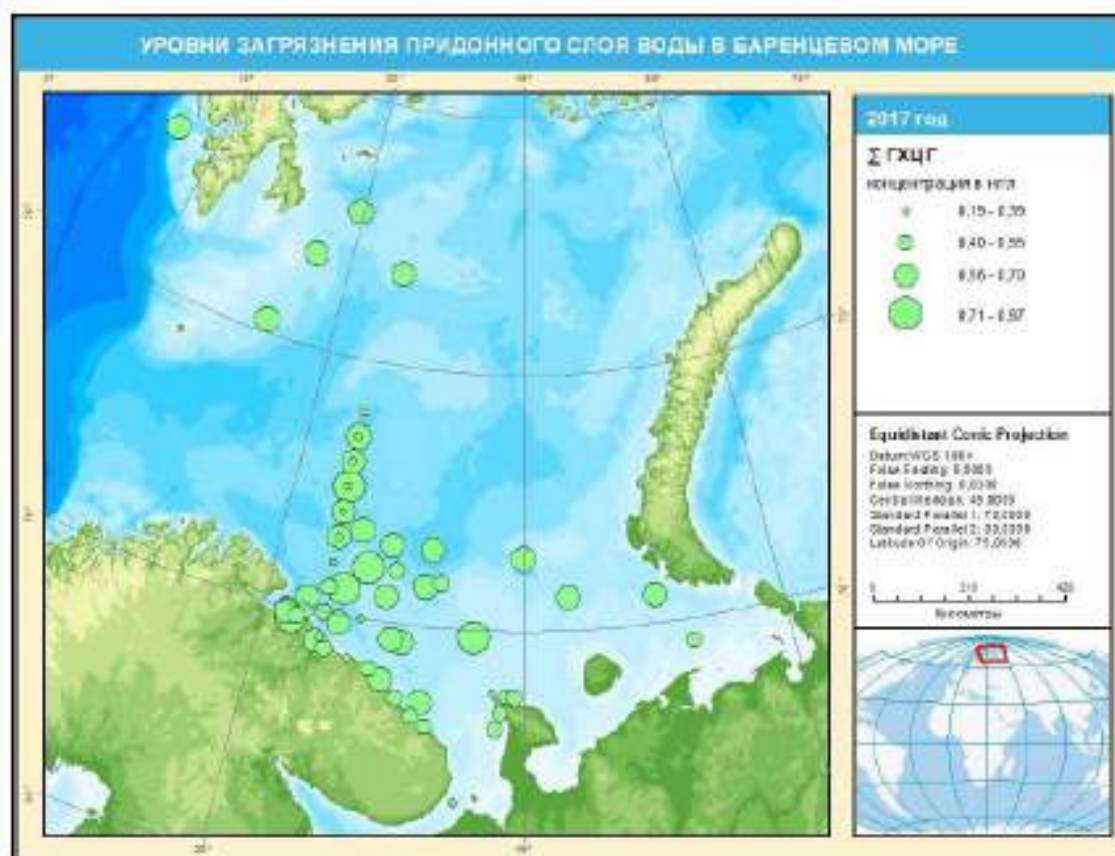
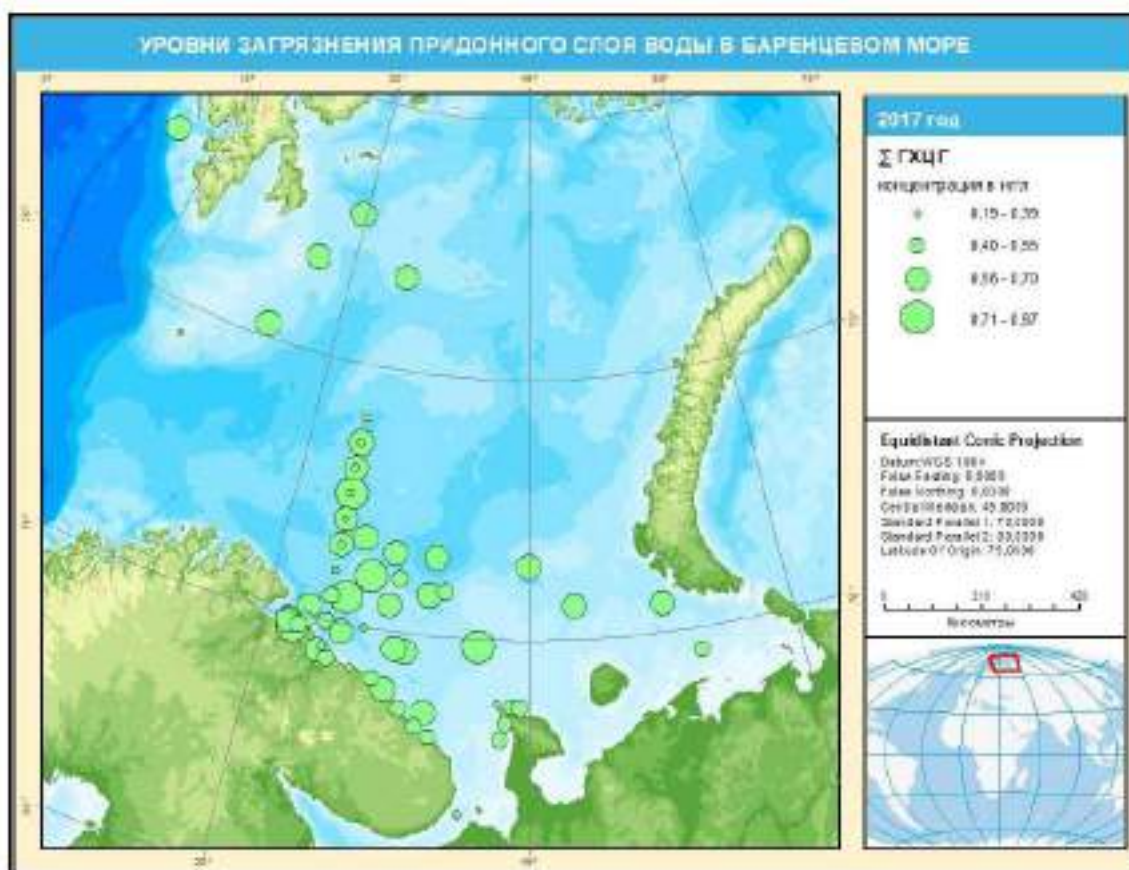


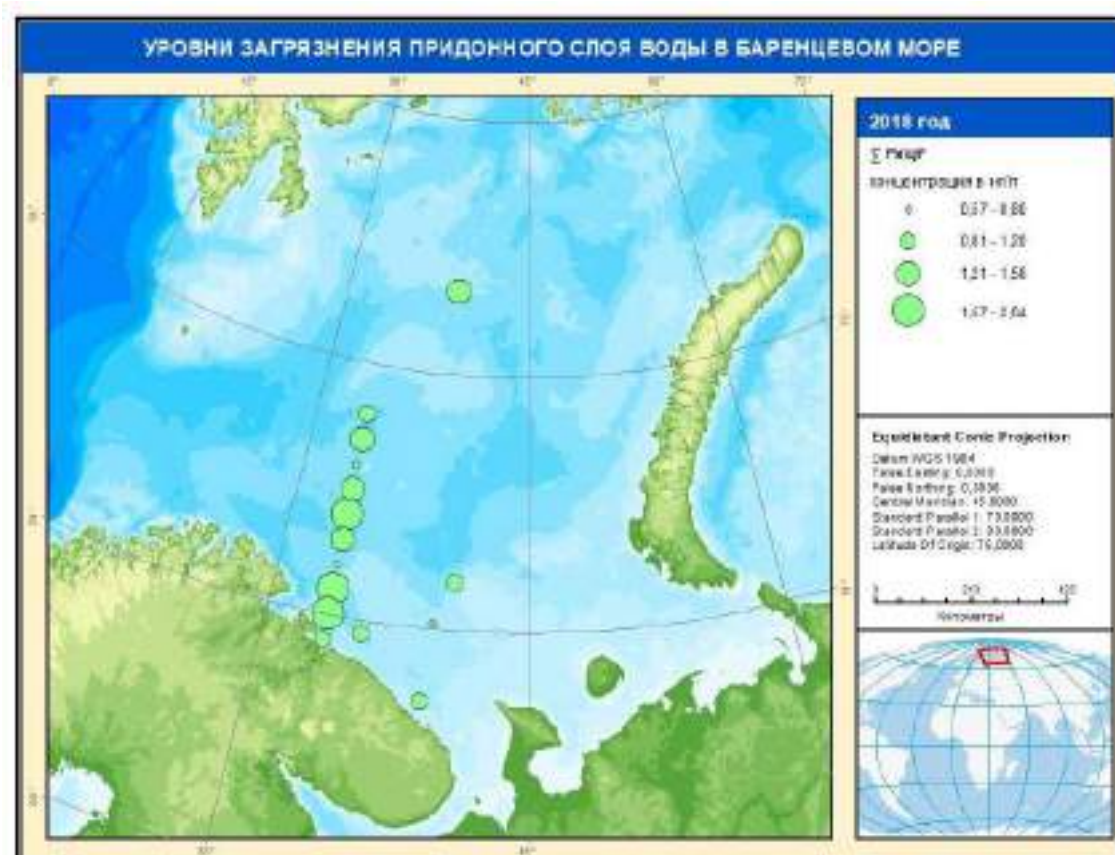
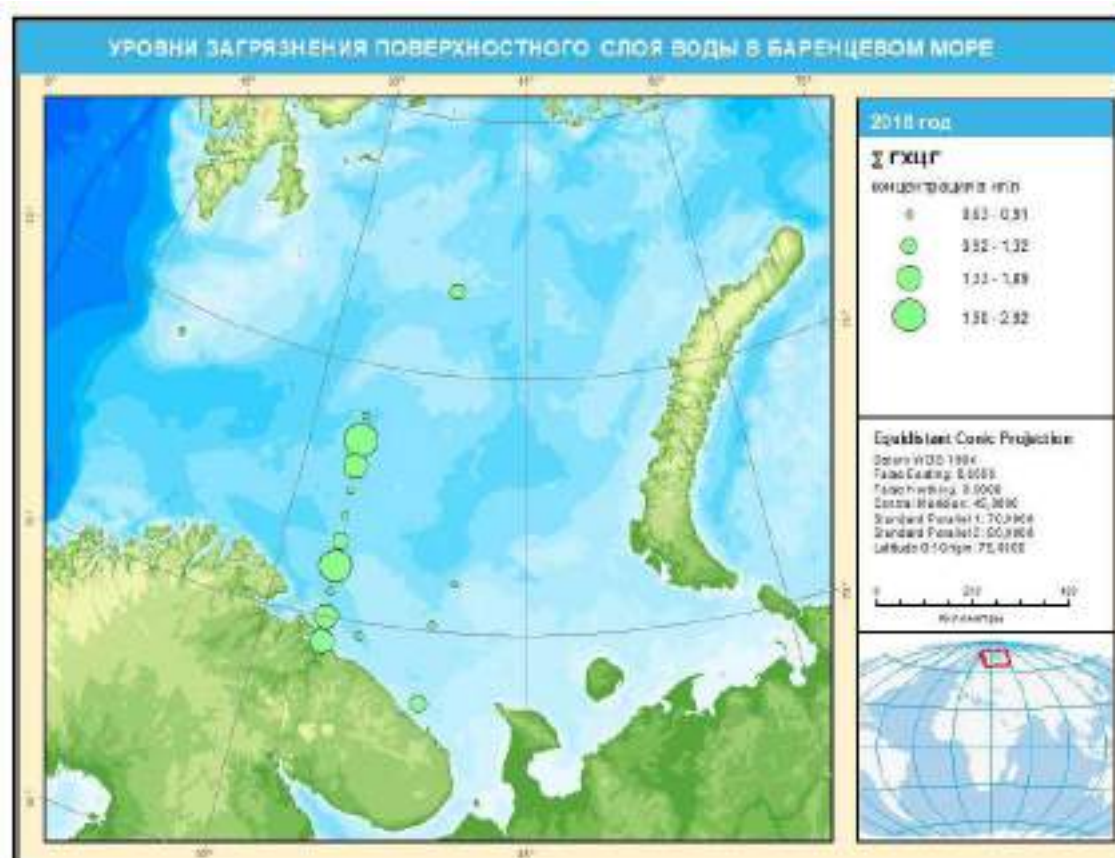










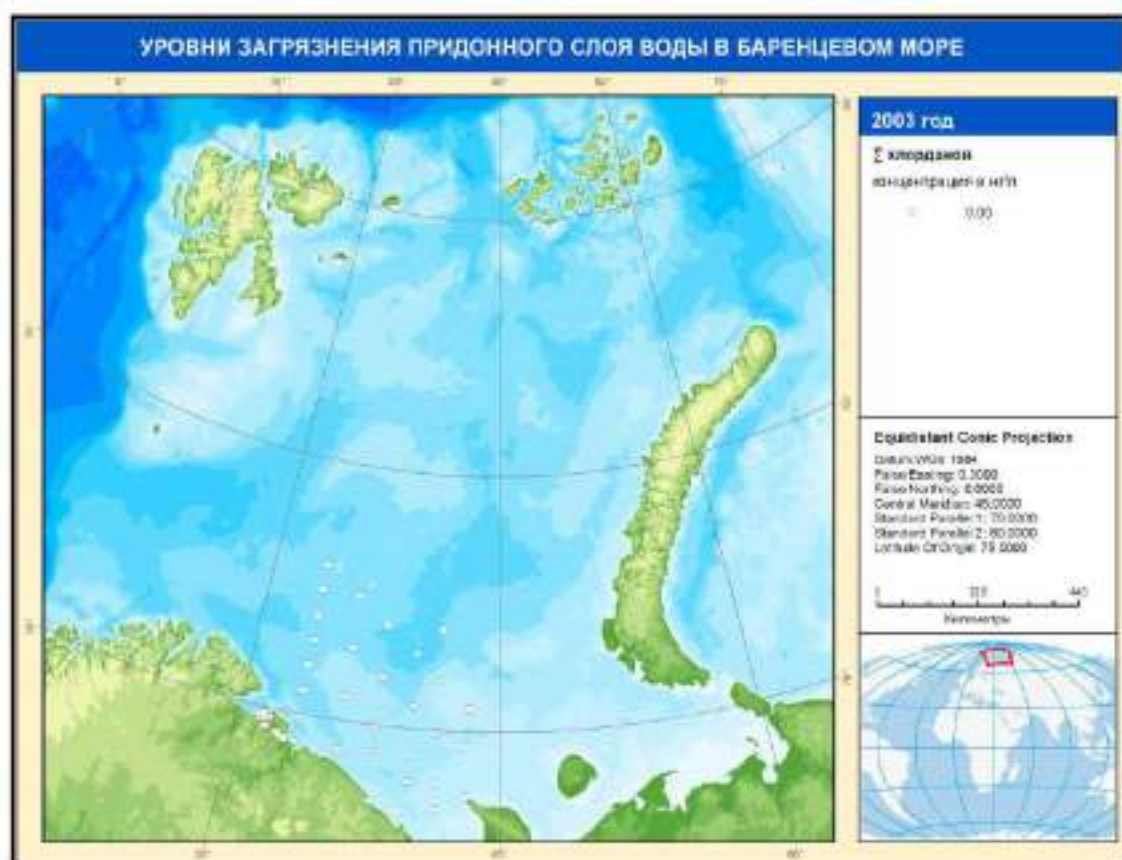


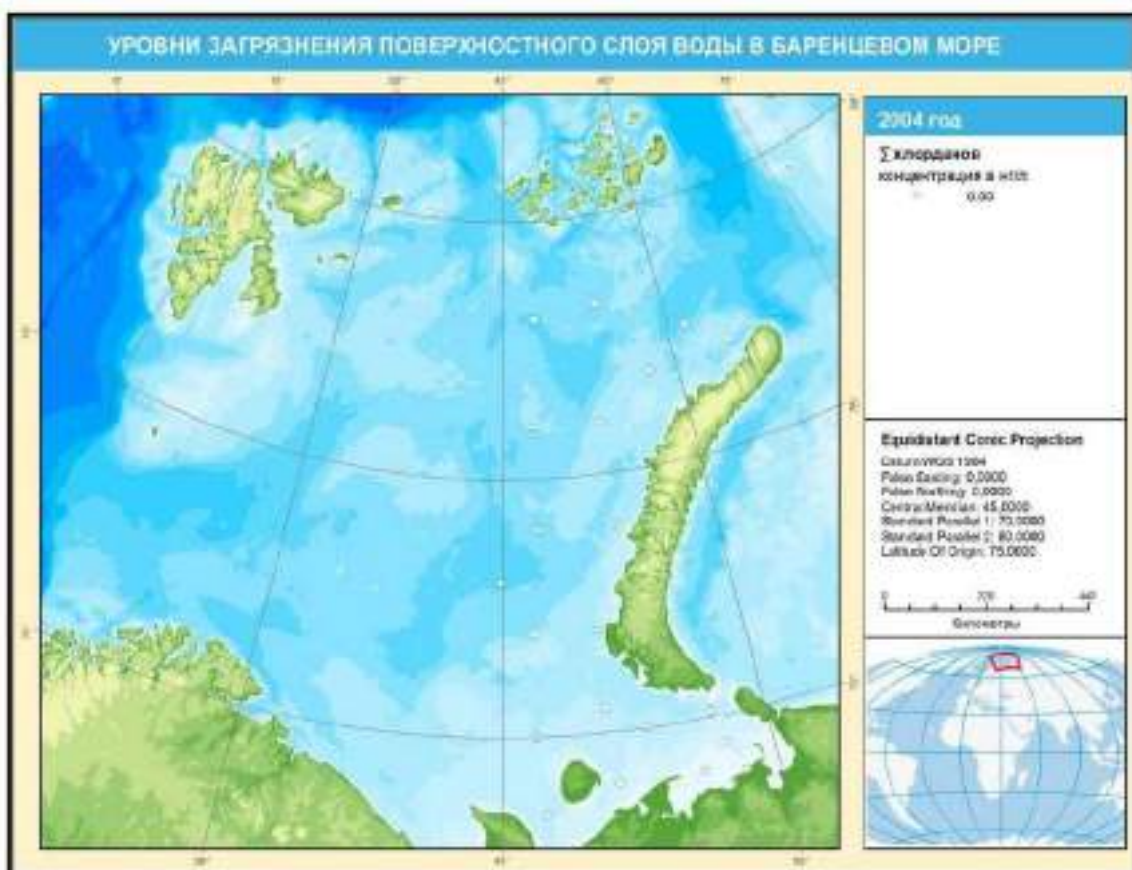
Хлорданы

Хлордан относится к группе хлорорганических пестицидов (ХОП). ХОП являются токсикантами глобального распространения, не имеющими природных аналогов. Хлордан как разновидность инсектицидов циклодиенового (главным образом для борьбы с термитами) ни в Советском Союзе, ни в России по основному назначению не использовался, так как был запрещен. По решению Стокгольмской конвенции 2001 г. имеет место глобальный запрет на его производство, применение и реализацию, однако, несмотря на запрет, хлордан до сих пор используется в некоторых странах, так, например, в Китае он применяется для уничтожения термитов при строительстве зданий и плотин. Однако будучи устойчивым в окружающей среде, может переноситься атмосферными потоками на дальние расстояния (Мельников, 1974; Диагностический анализ состояния..., 2011).

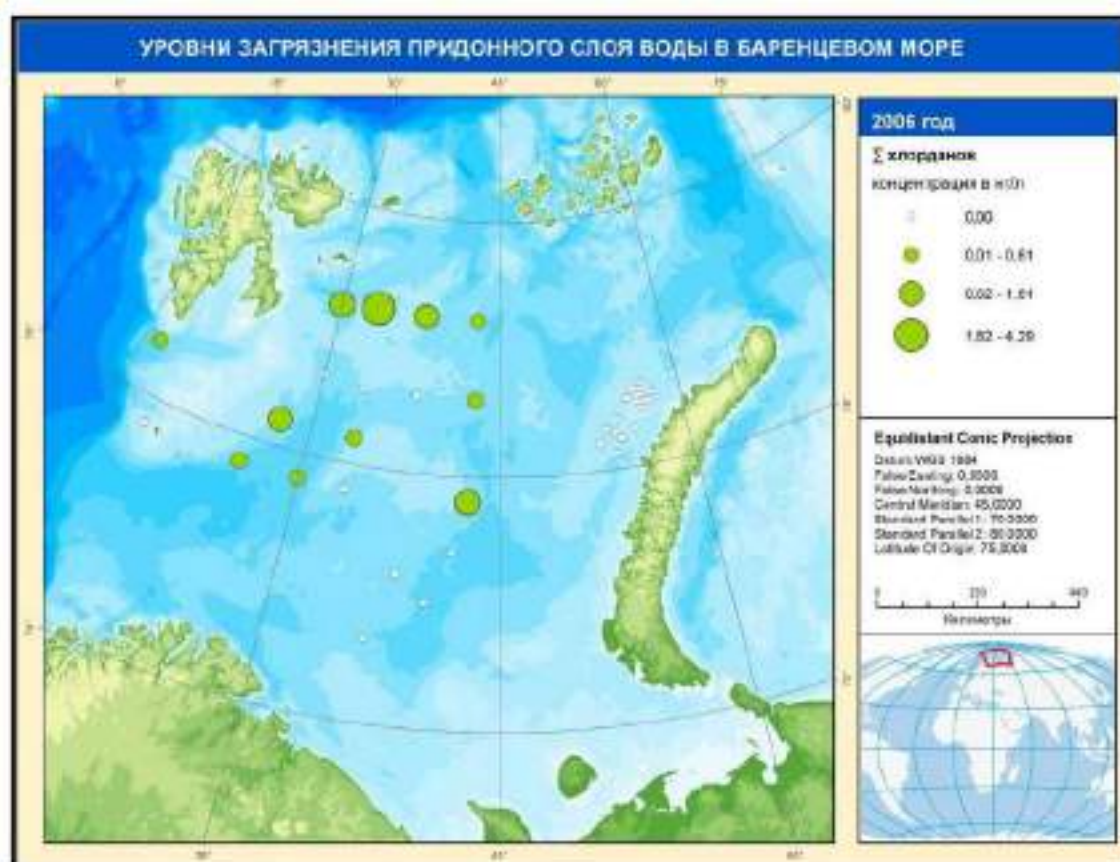
Хлордан классифицируется как вещество, относительно которого имеются свидетельства разрушительного влияния на иммунную систему в здоровом организме и возможно канцерогенное воздействие на человека (UNEP, 2002). За общую концентрацию хлорданов в воде Баренцева моря, отображенную на картах атласа, принимали сумму изомеров: *цис*-, *транс*-хлордан; *цис*-, *транс*-нонахлор и оксихлордан.

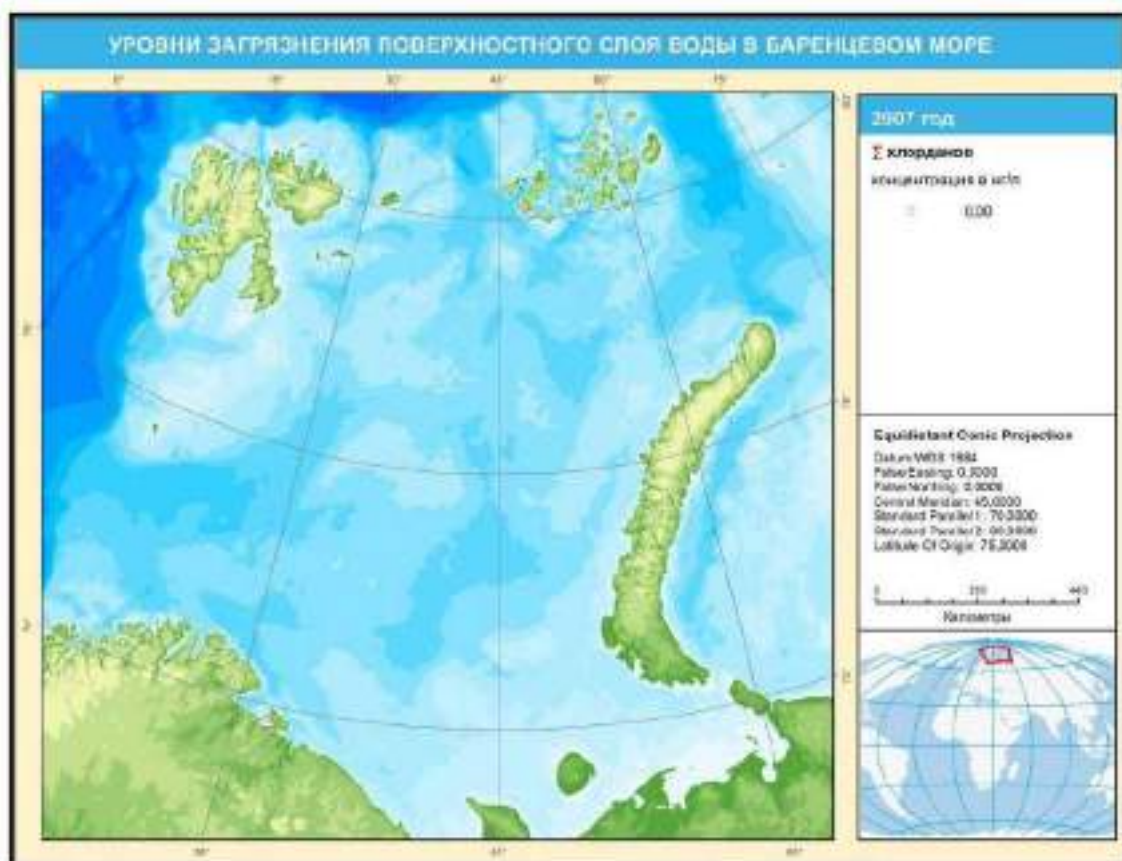
Ниже приводятся карты содержания хлорданов в 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг.

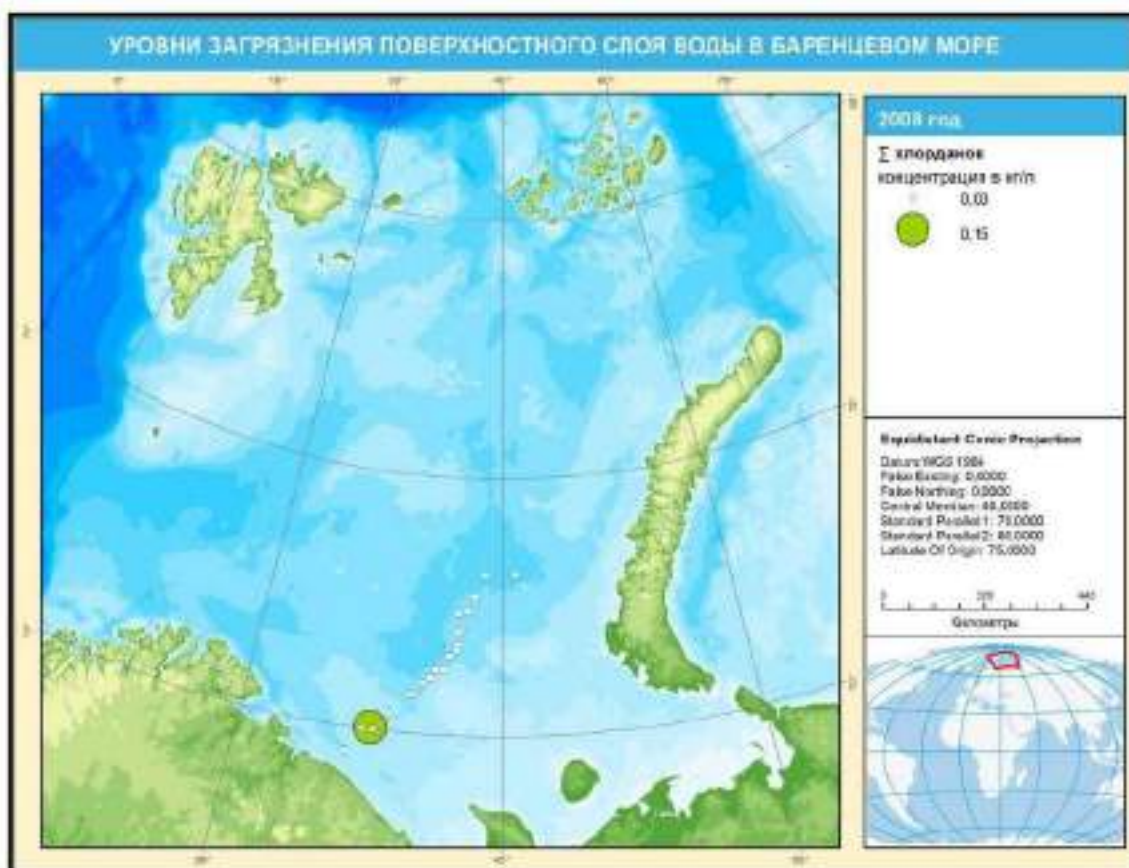


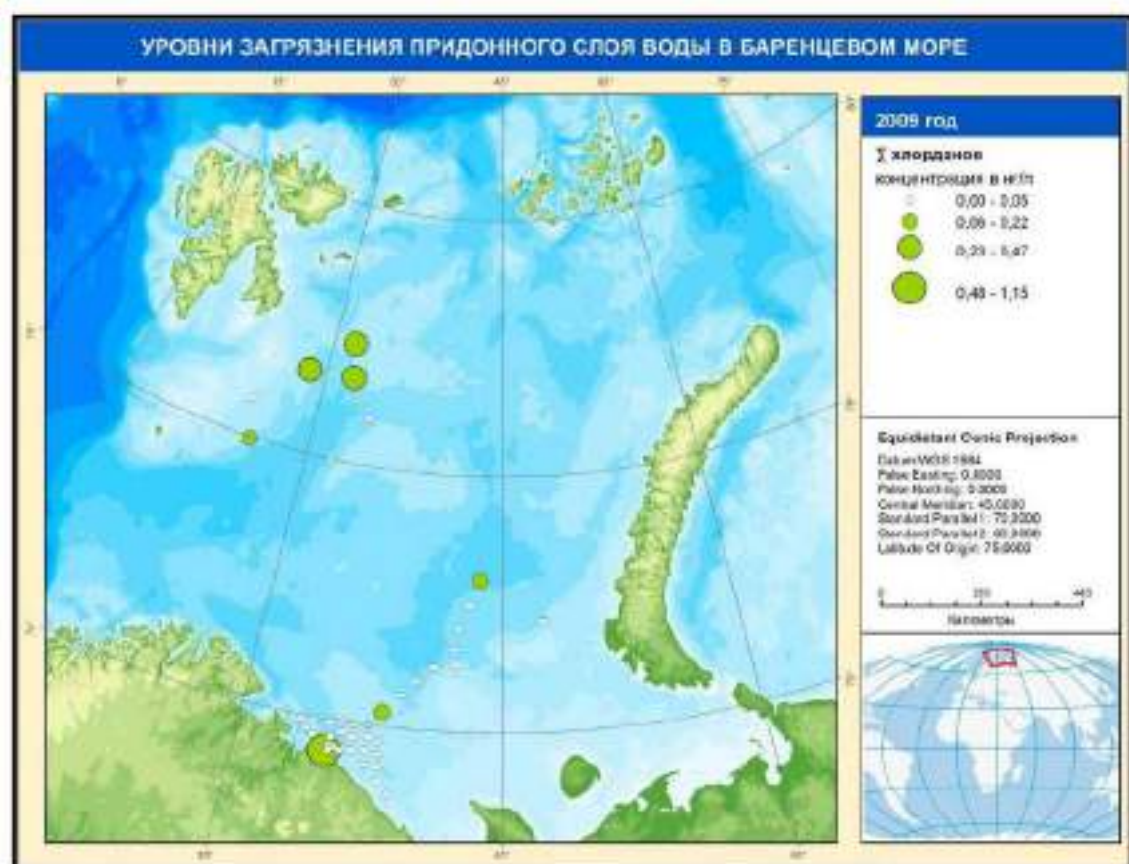
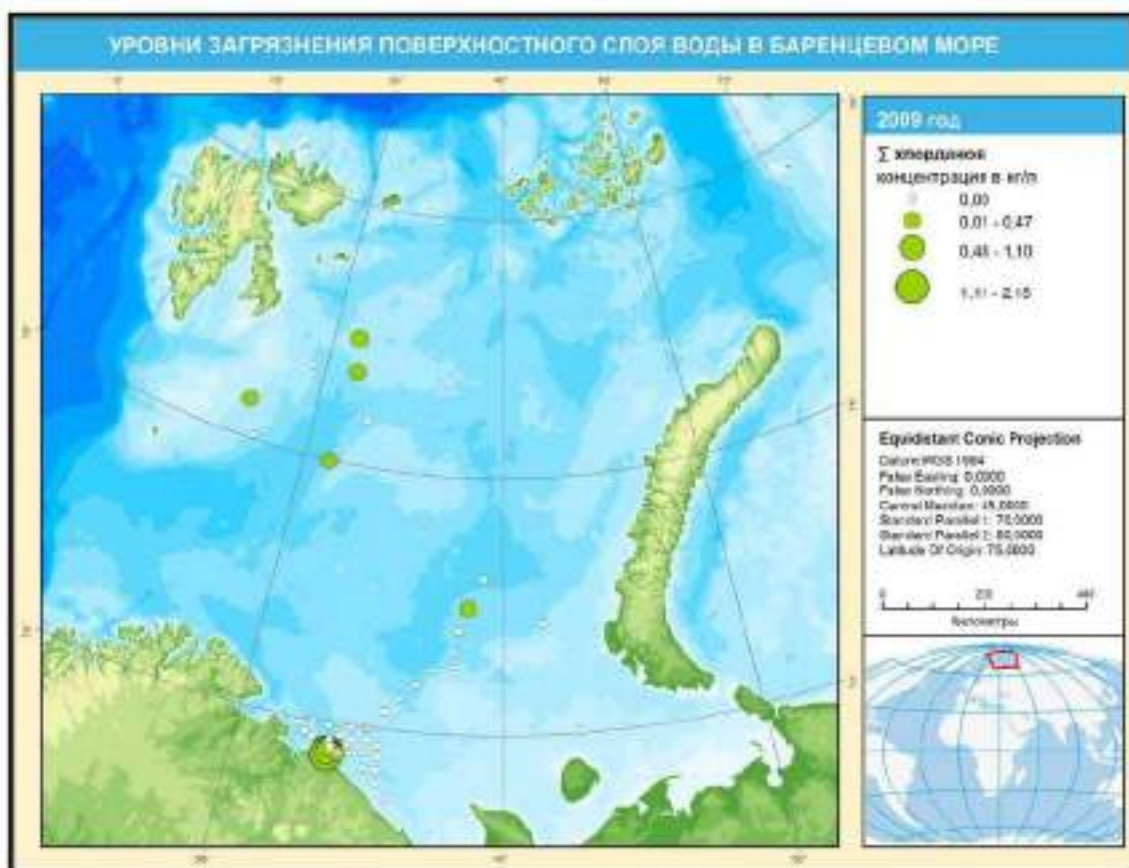




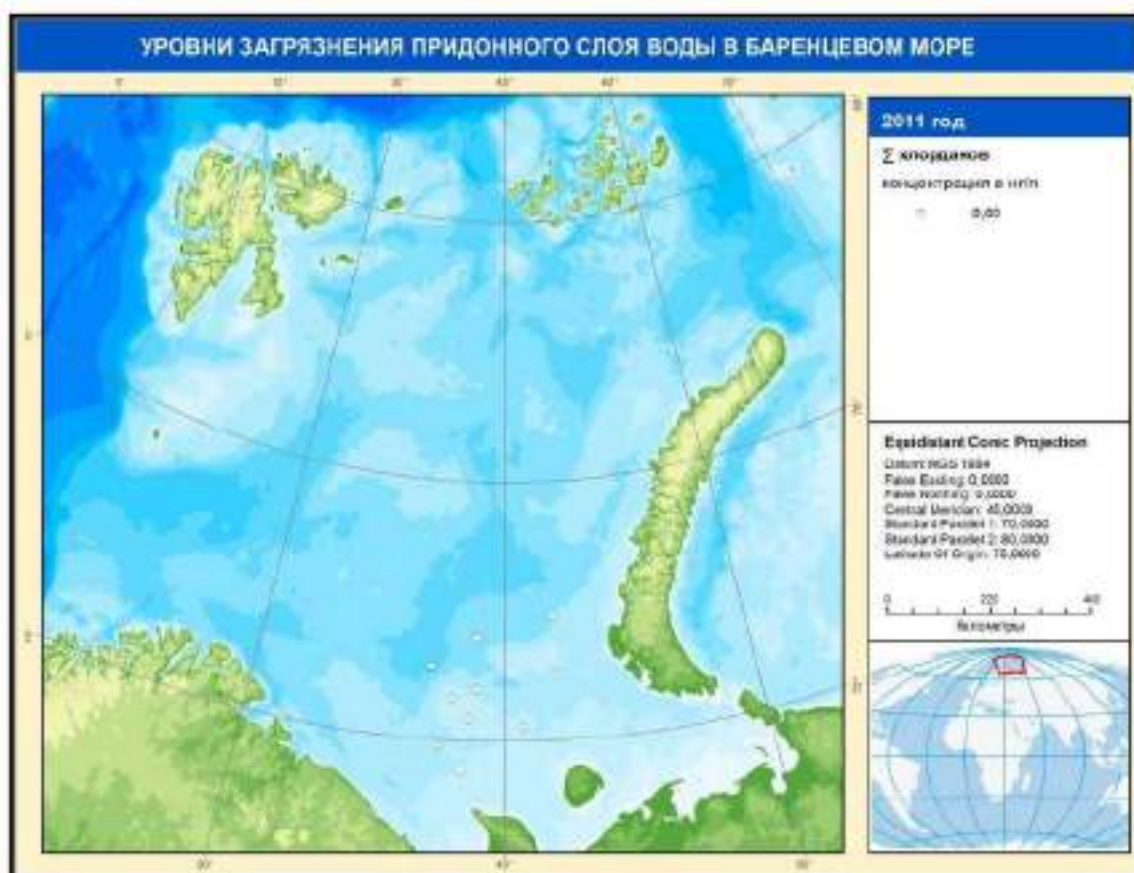


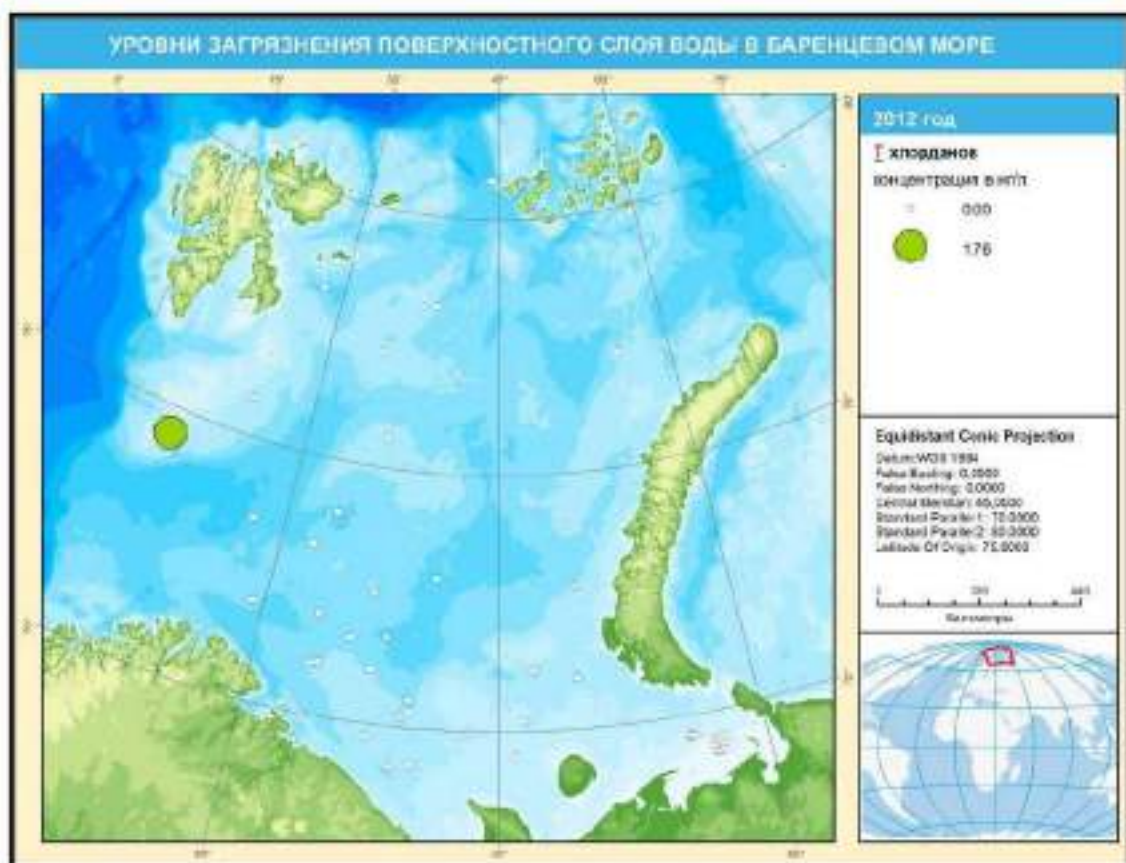


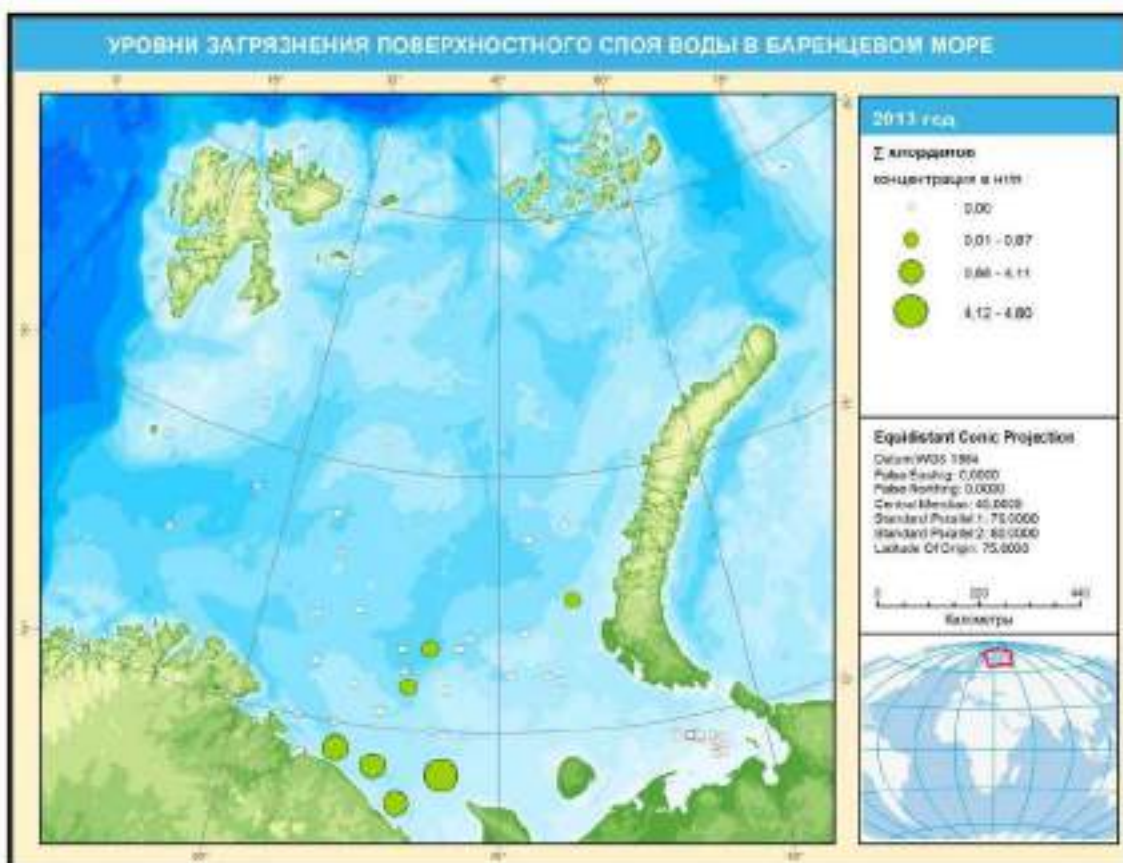






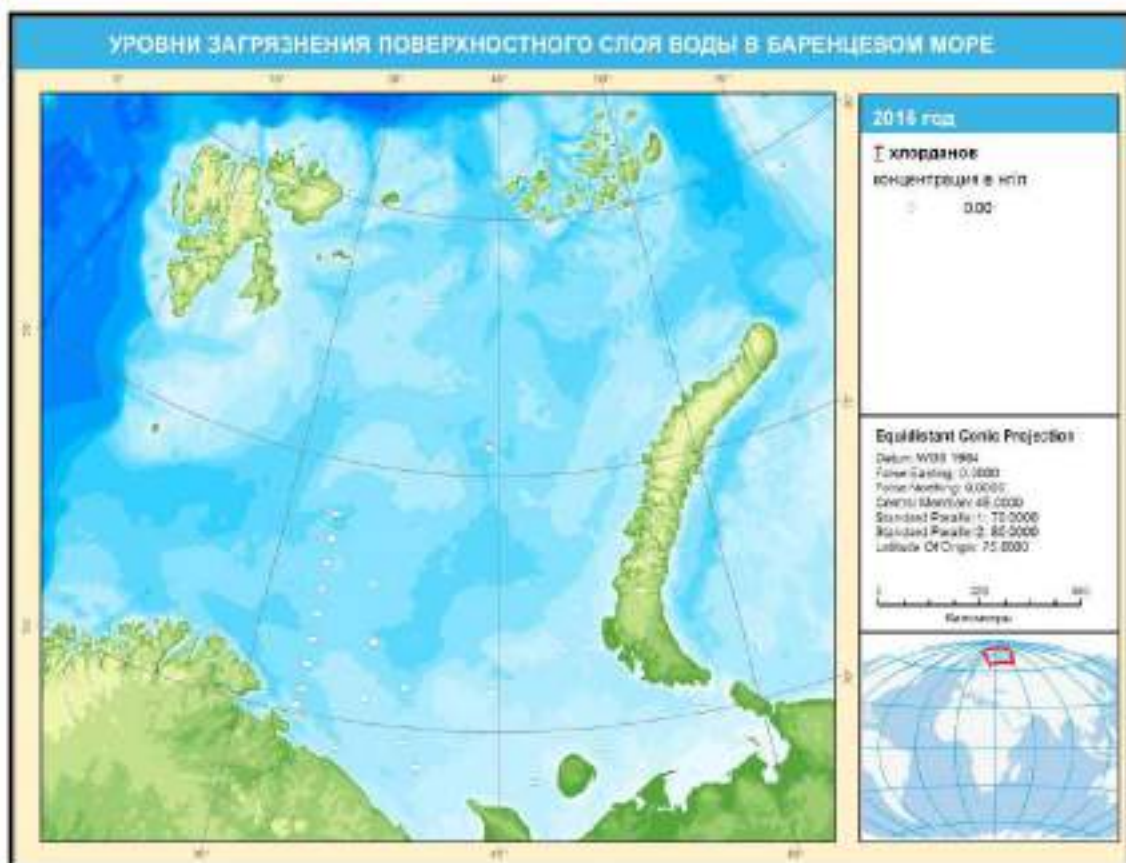


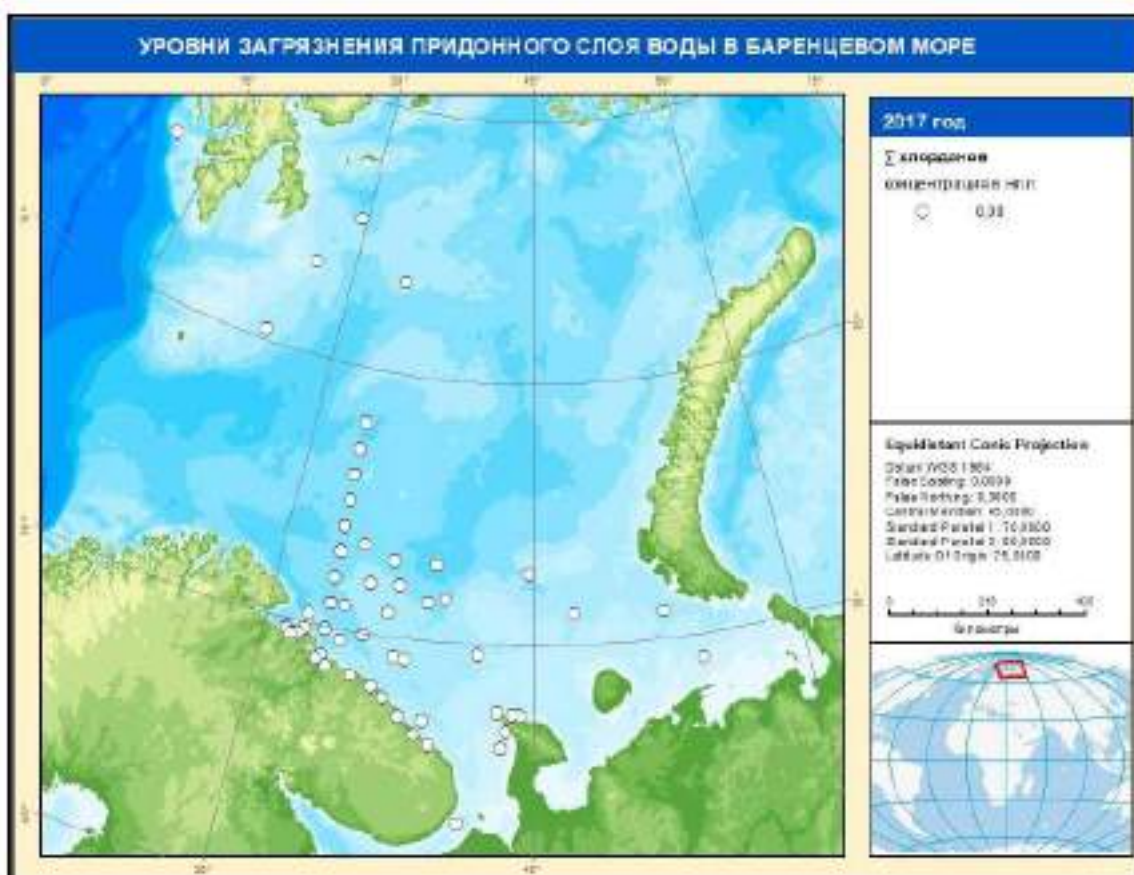
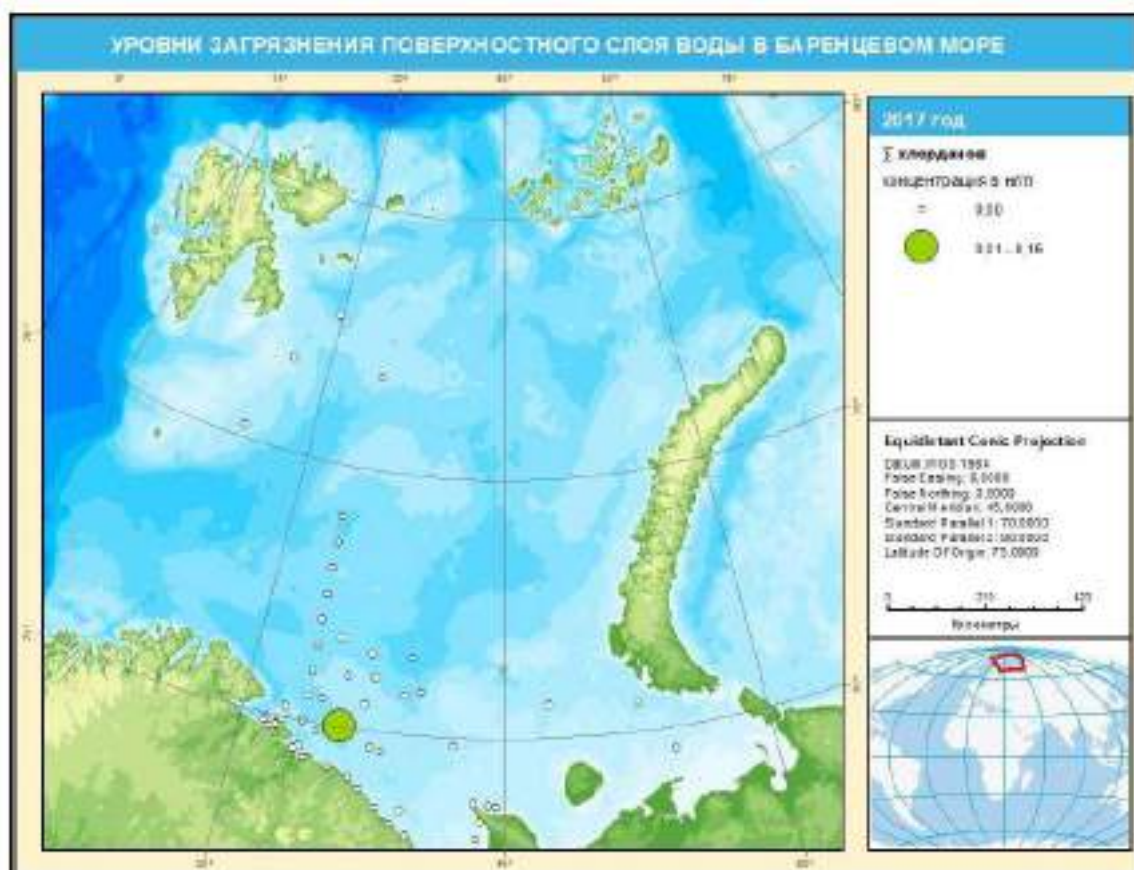


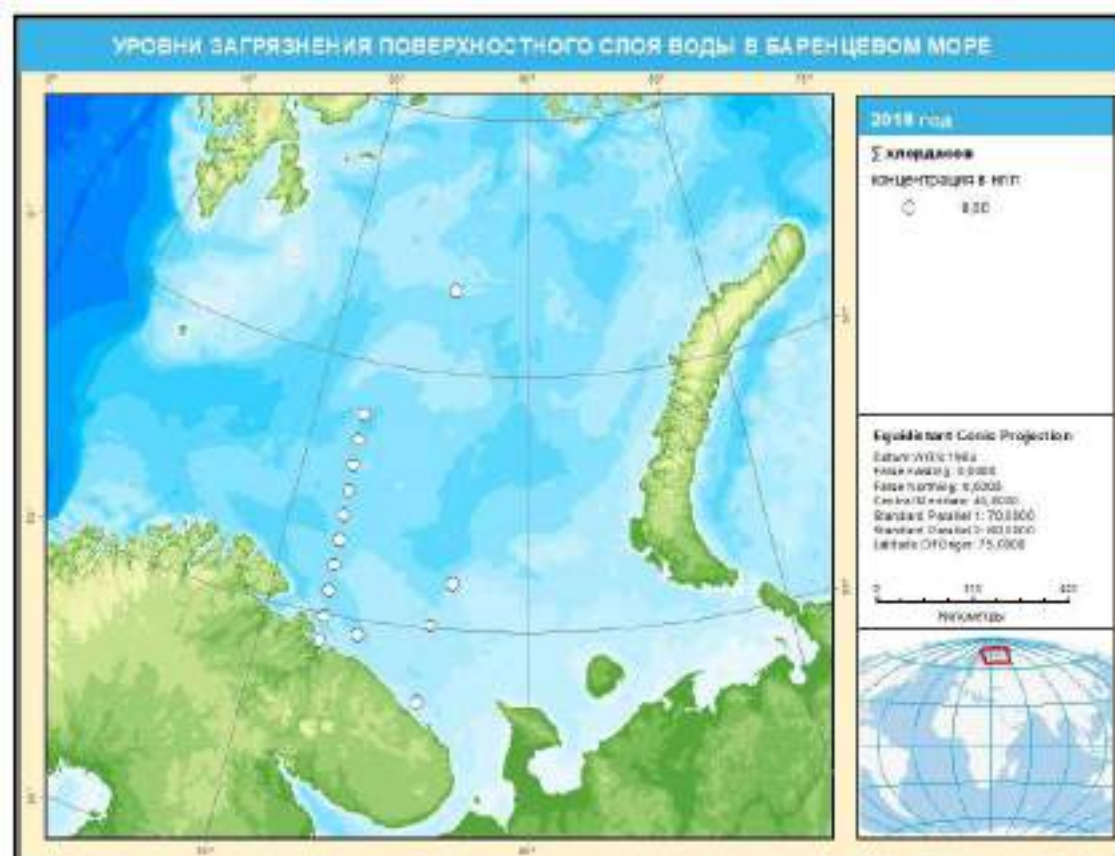












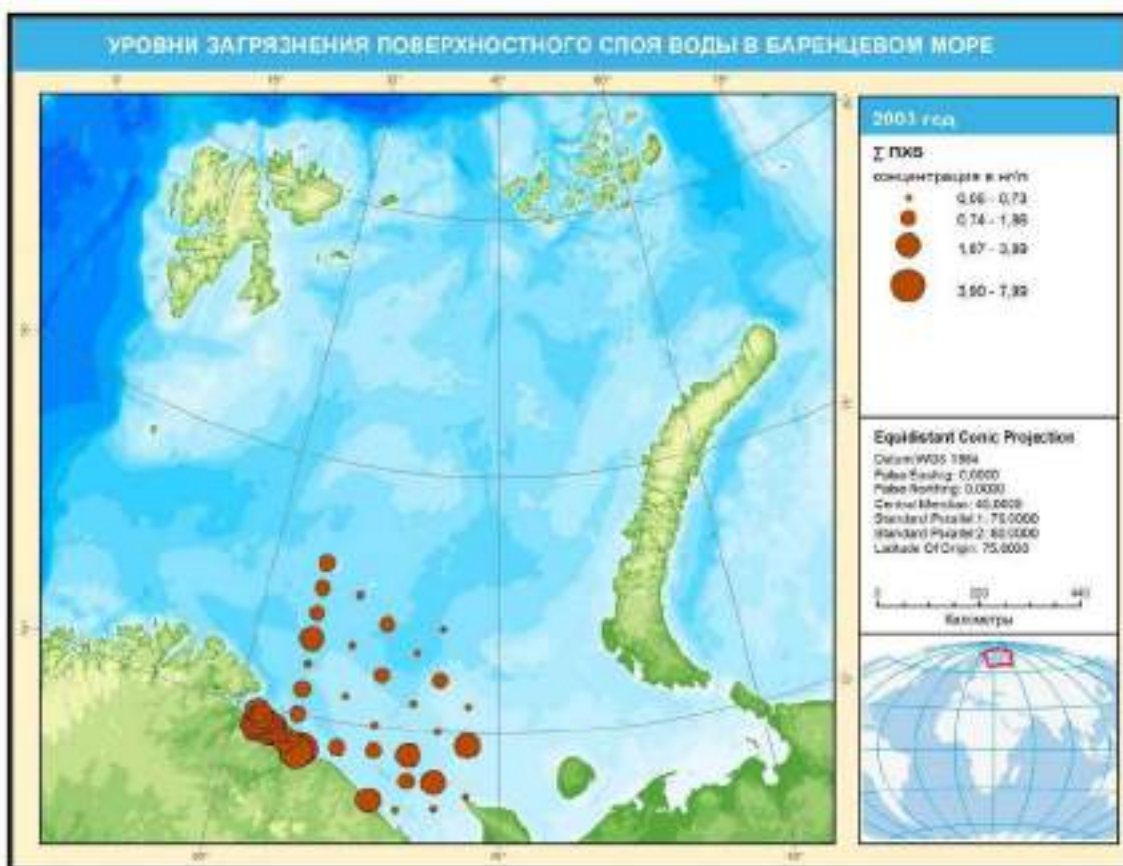
ПХБ

Полихлорбифенилы (ПХБ) представляют собой синтетические ароматические соединения. Теоретически возможно существование 209 различных родственных соединений – конгенов, 130 из них уже идентифицированы в промышленных продуктах. ПХБ, как и другие хлорированные углеводороды, относятся к группе неприродных компонентов среды (ксенобиотикам). Природных источников поступления ПХБ в Мировой океан нет, и его присутствие обусловлено хозяйственной деятельностью человека. Они широко используются в трансформаторах и крупных конденсаторах в качестве диэлектриков, гидравлических системах и системах теплопередачи, рецептуре трансформаторных, смазочных и охлаждающих масел, пестицидов, а также как пластификаторы в красителях, копировальной бумаге, клее, замазках и пластических массах (Израэль, Цыбань, 2009; Занавескин, Аверьянов, 1998). Загрязнение ПХБ через атмосферу и гидросферу имеет глобальный характер, а Мировой океан играет роль «конечного резервуара» для этих соединений. ПХБ характеризуются химическим и биологическим постоянством в морской среде и имеют высокий потенциал биоаккумуляции, поэтому относятся к наиболее опасным химическим веществам – суперэкоотоксикантам (Израэль, Цыбань, 2009).

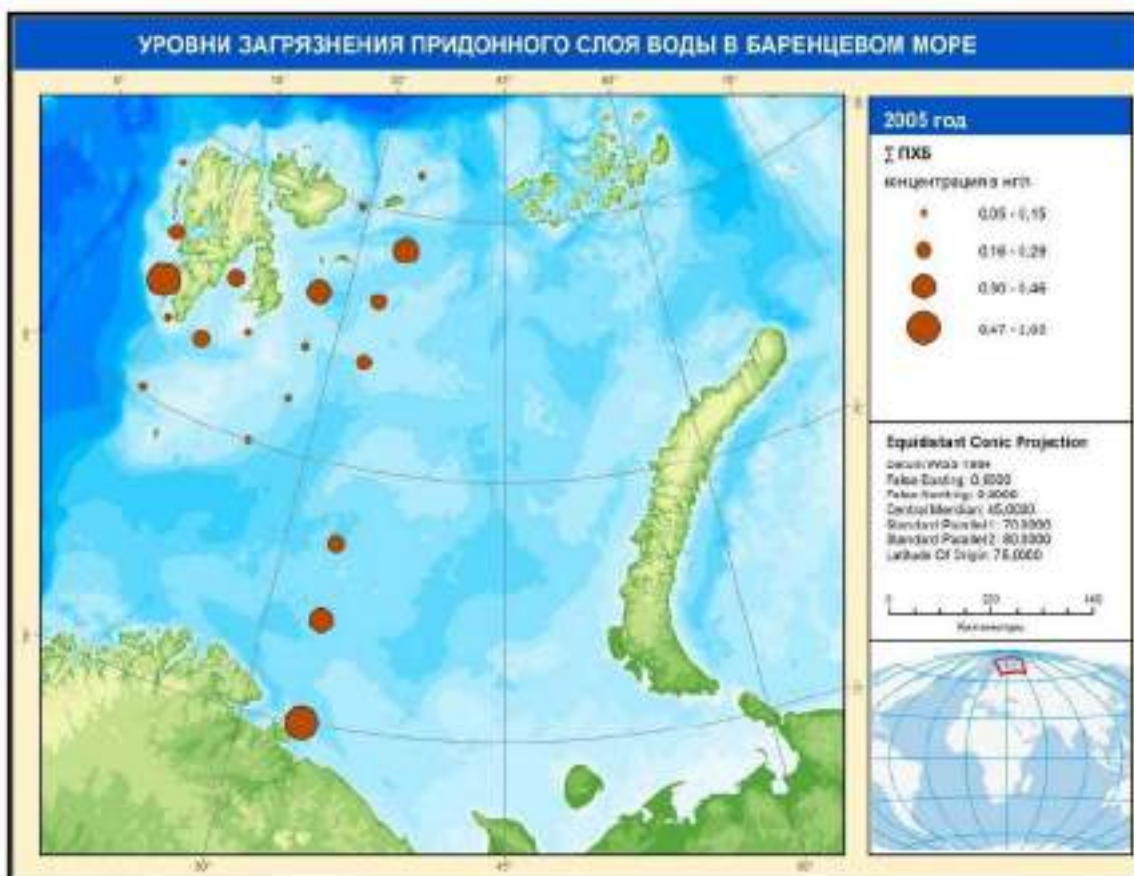
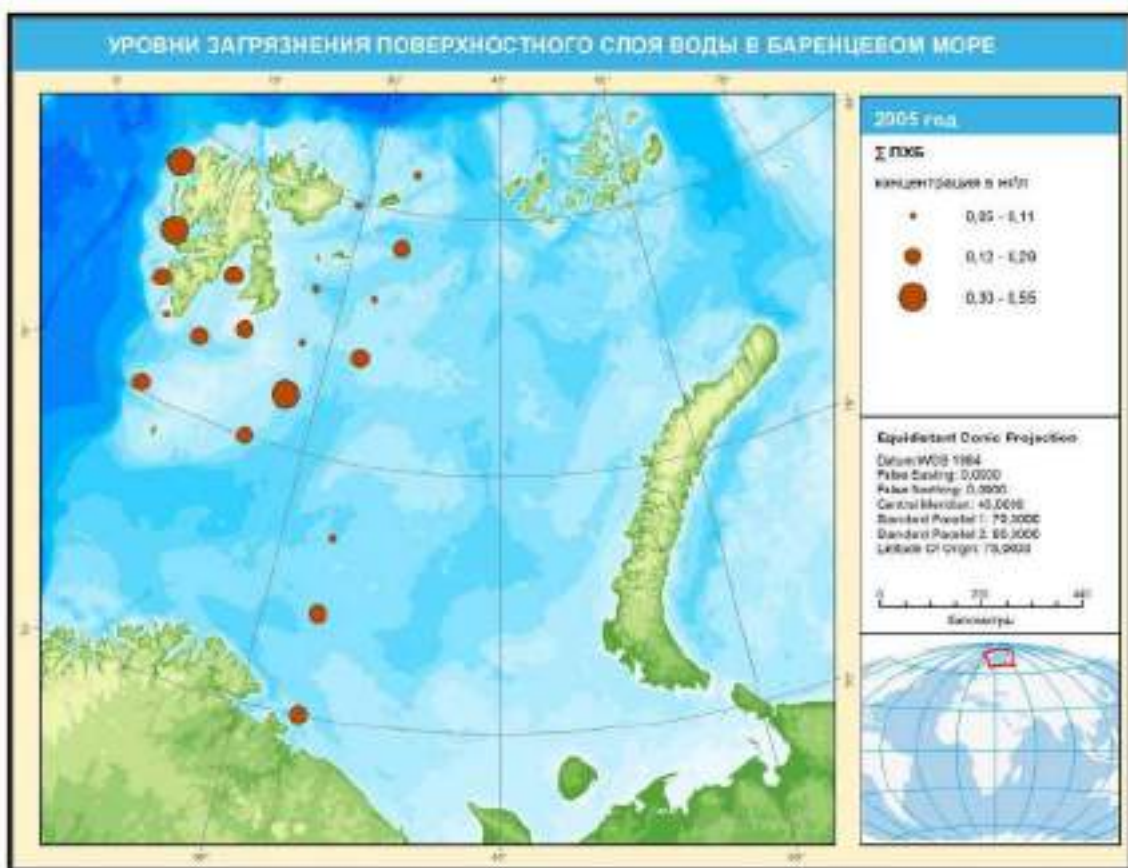
Среди стойких органических загрязнителей ПХБ являются одними из самых распространенных. Их массово производили и использовали, начиная с 1929 г. С тех пор и до прекращения их промышленного выпуска в 1986 г. в мире было произведено около 2 млн т ПХБ. По решению Стокгольмской конвенции 2001 г. существует глобальный запрет на производство и применение ПХБ. Характер и динамика распределения ПХБ в окружающей среде во многом определяются их физическими свойствами, такими как химическая инертность, достаточно высокая плотность паров и способность сорбироваться на частицах. Несмотря на постепенное сокращение применения ПХБ в хозяйственной деятельности, они продолжают загрязнять окружающую среду (Клюев, Бродский, 2000). Недавно установлено, что источниками загрязнения ПХБ могут быть морские и речные порты и отслужившие свой срок военные объекты, например, радиолокационные станции, авиационные базы, «кладбища» кораблей и др. (Кольский залив..., 2009; Диагностический анализ состояния..., 2011).

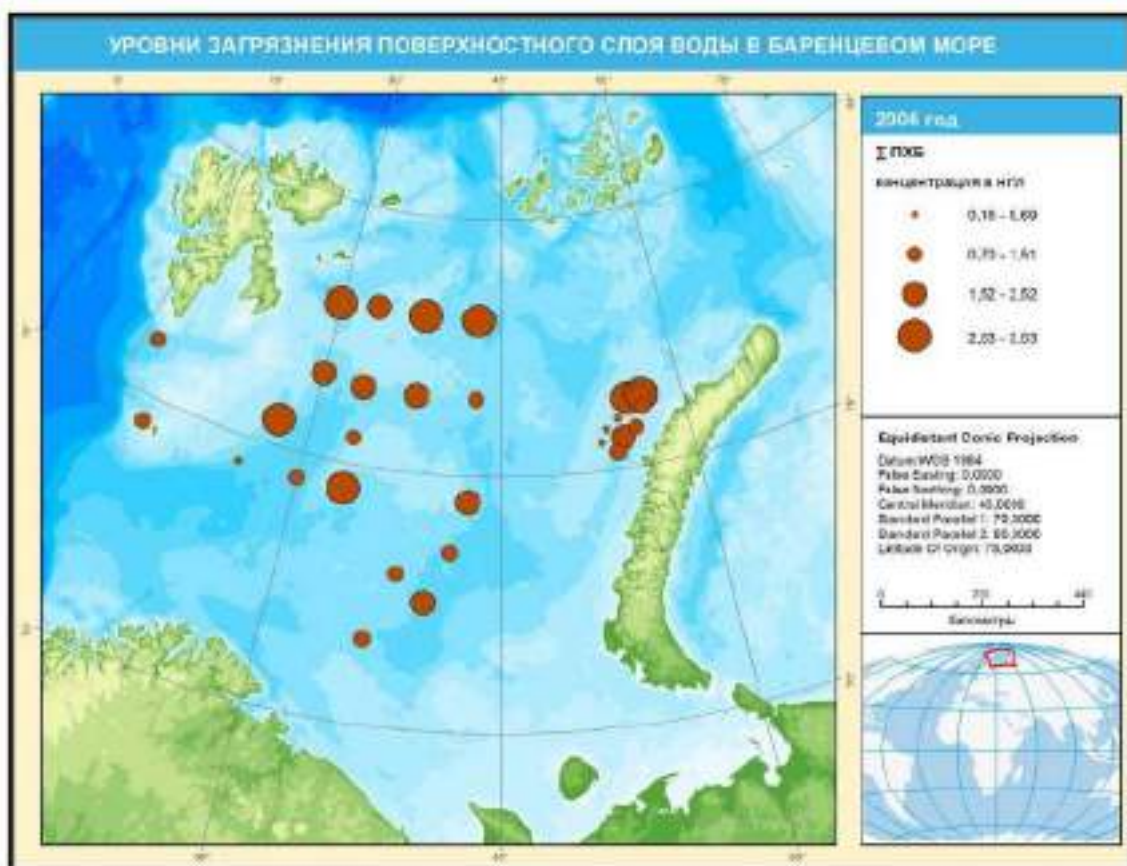
За общую концентрацию ПХБ (Σ ПХБ) в воде Баренцева моря, отображенную на картах атласа, принимали сумму концентраций конгенов с номерами по номенклатуре IUPAC 28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180.

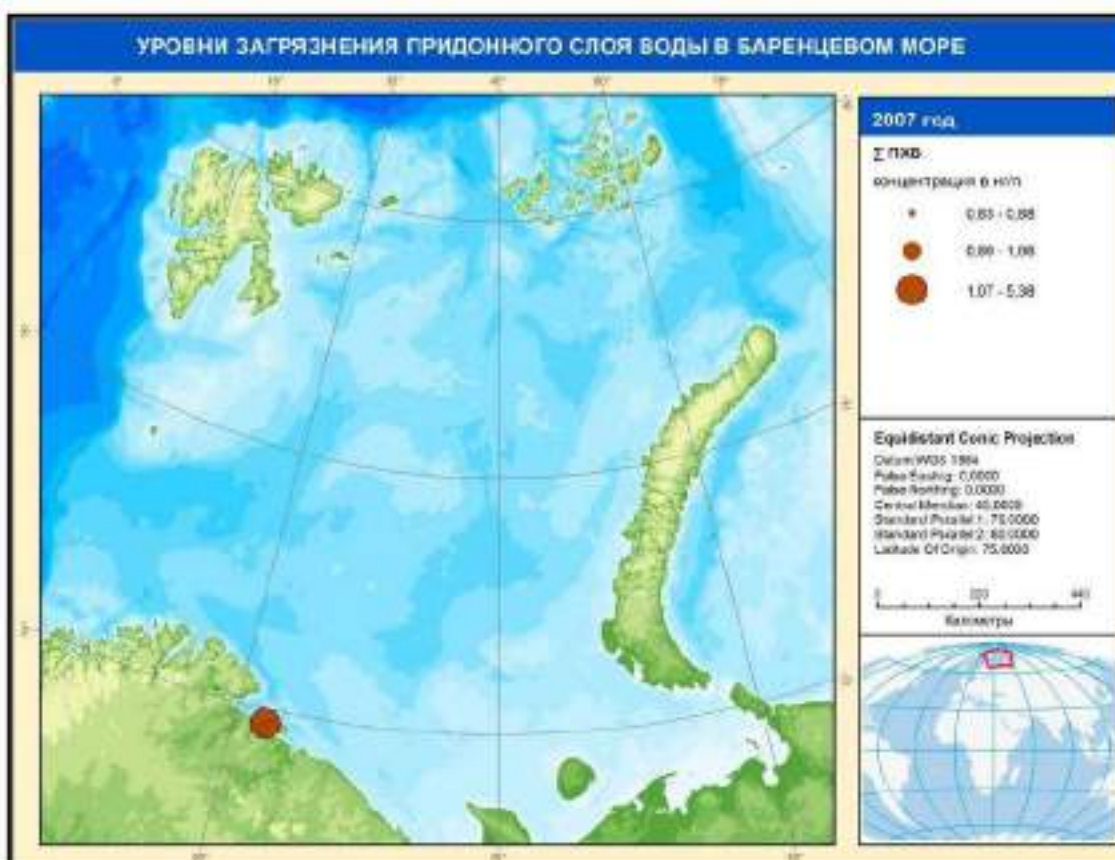
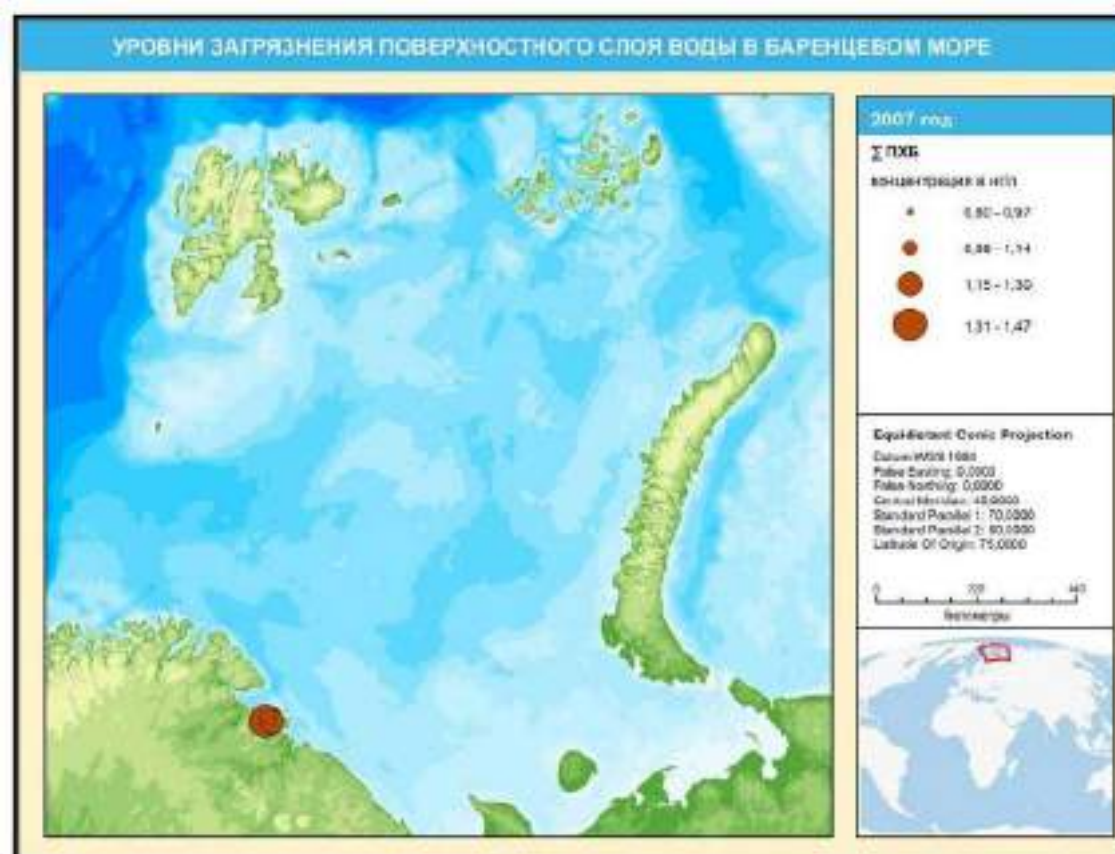
Ниже приводятся карты содержания ПХБ в 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг.

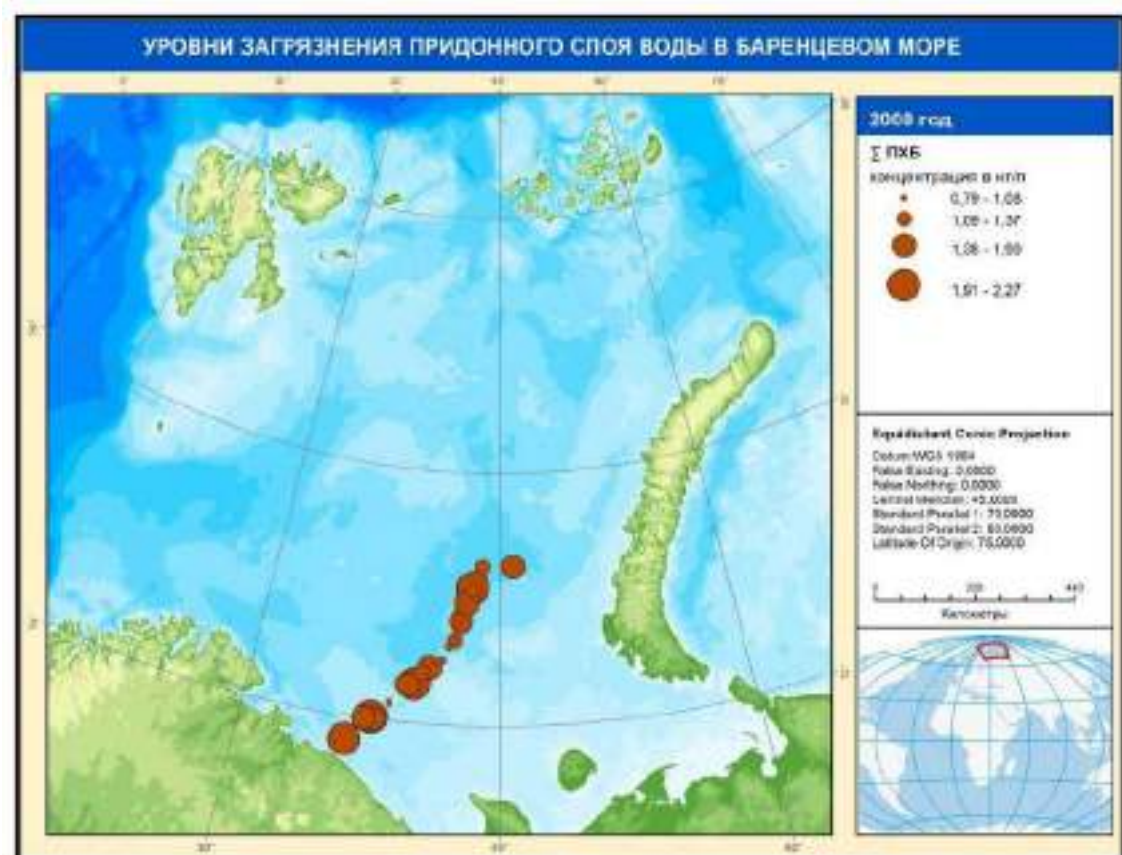
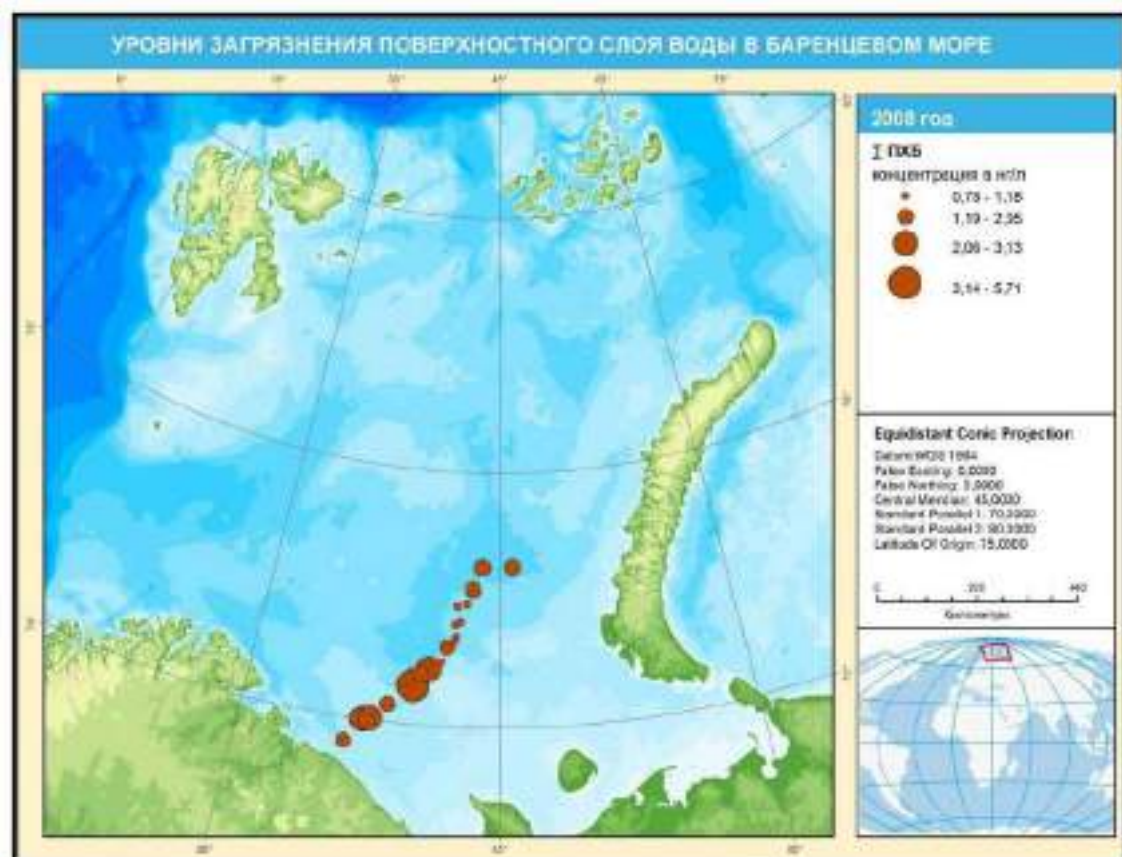


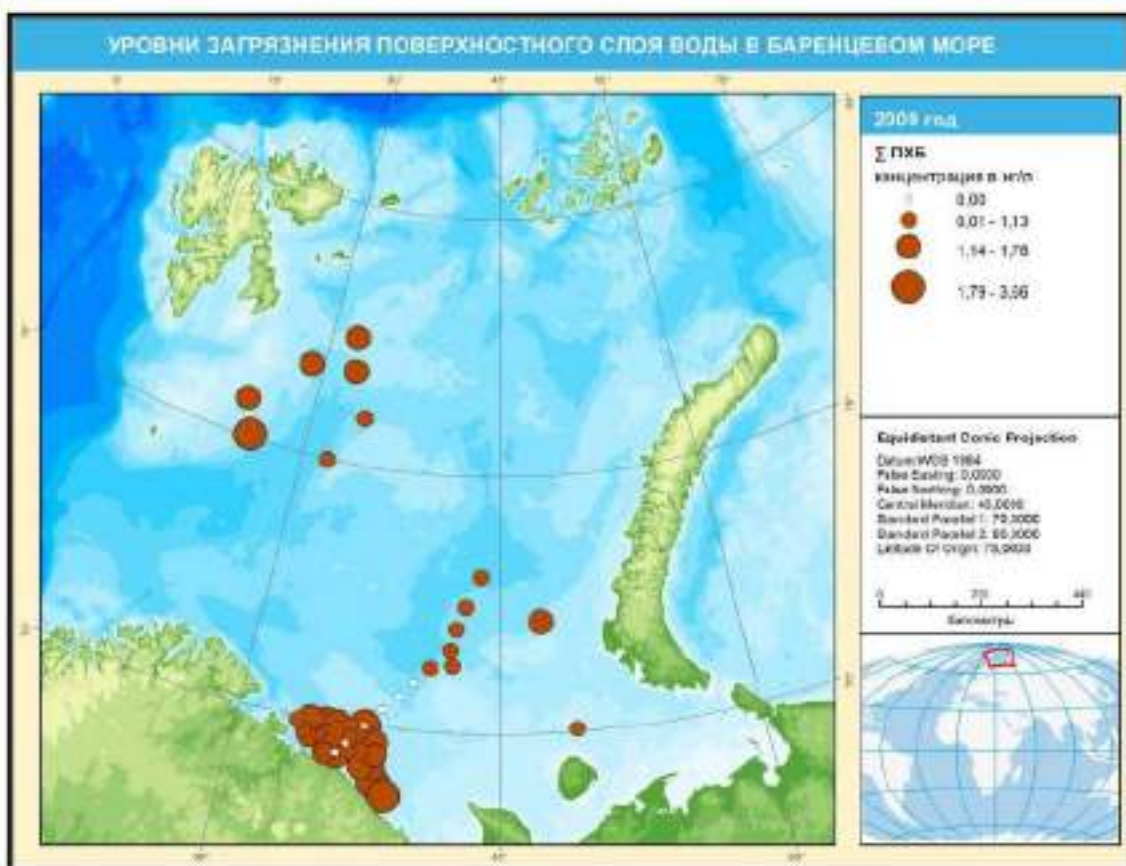


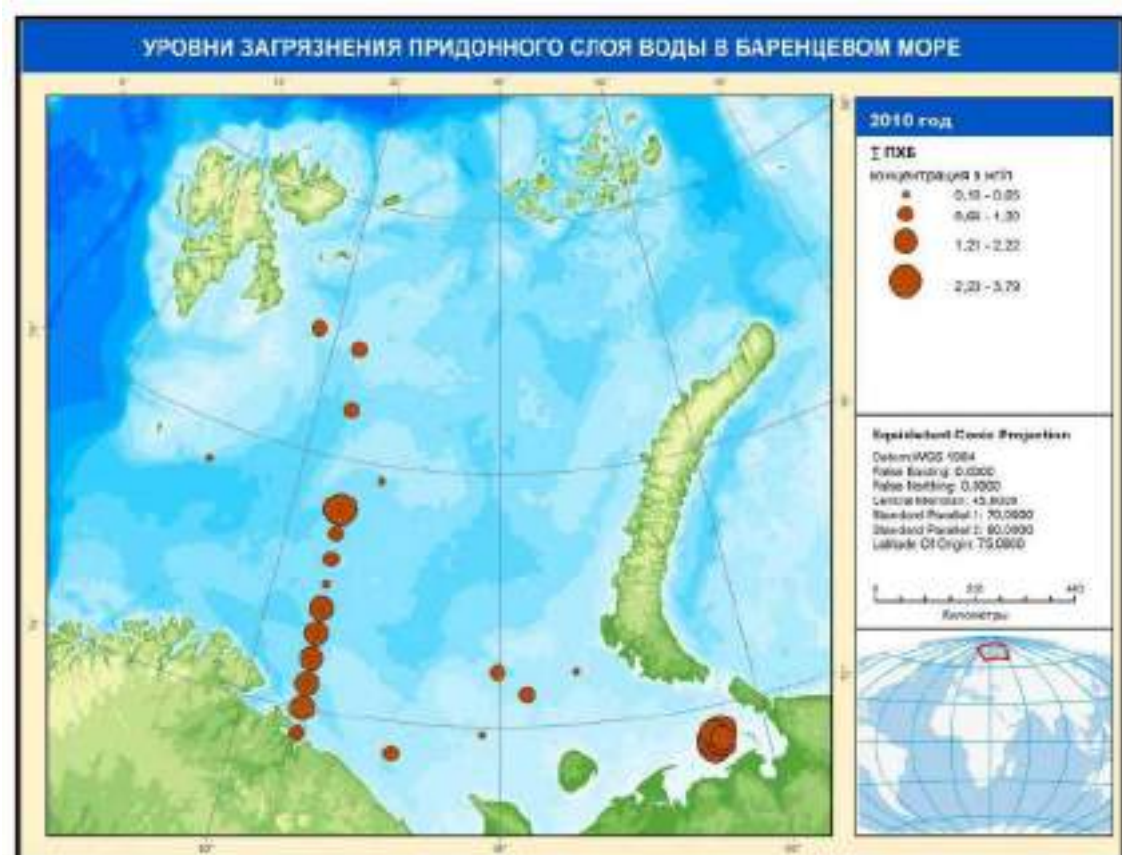


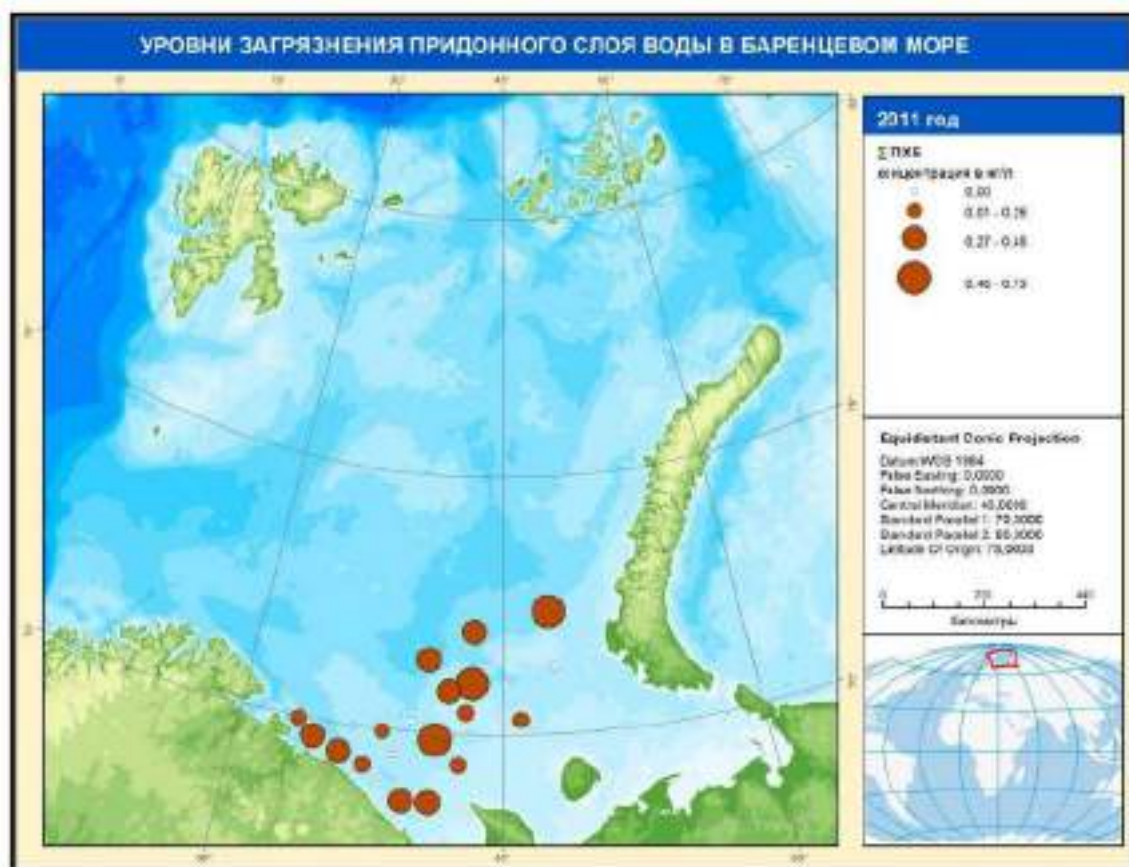
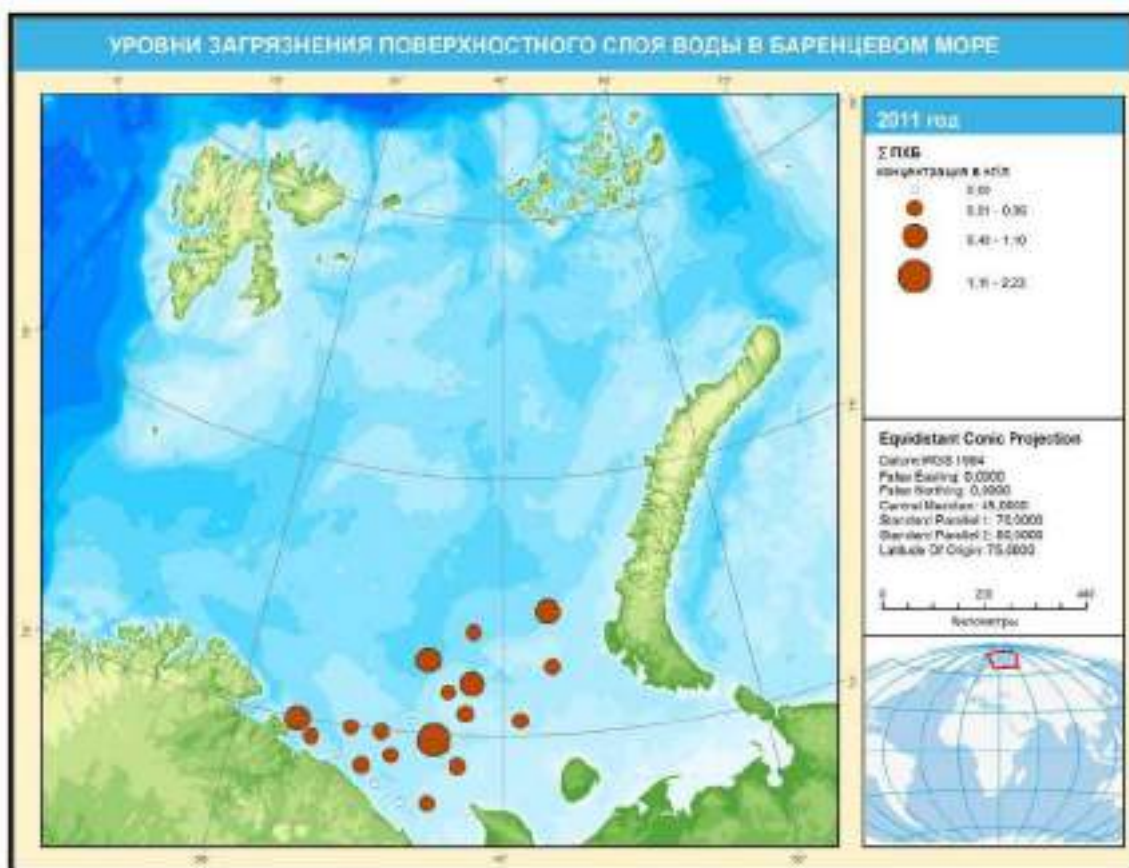


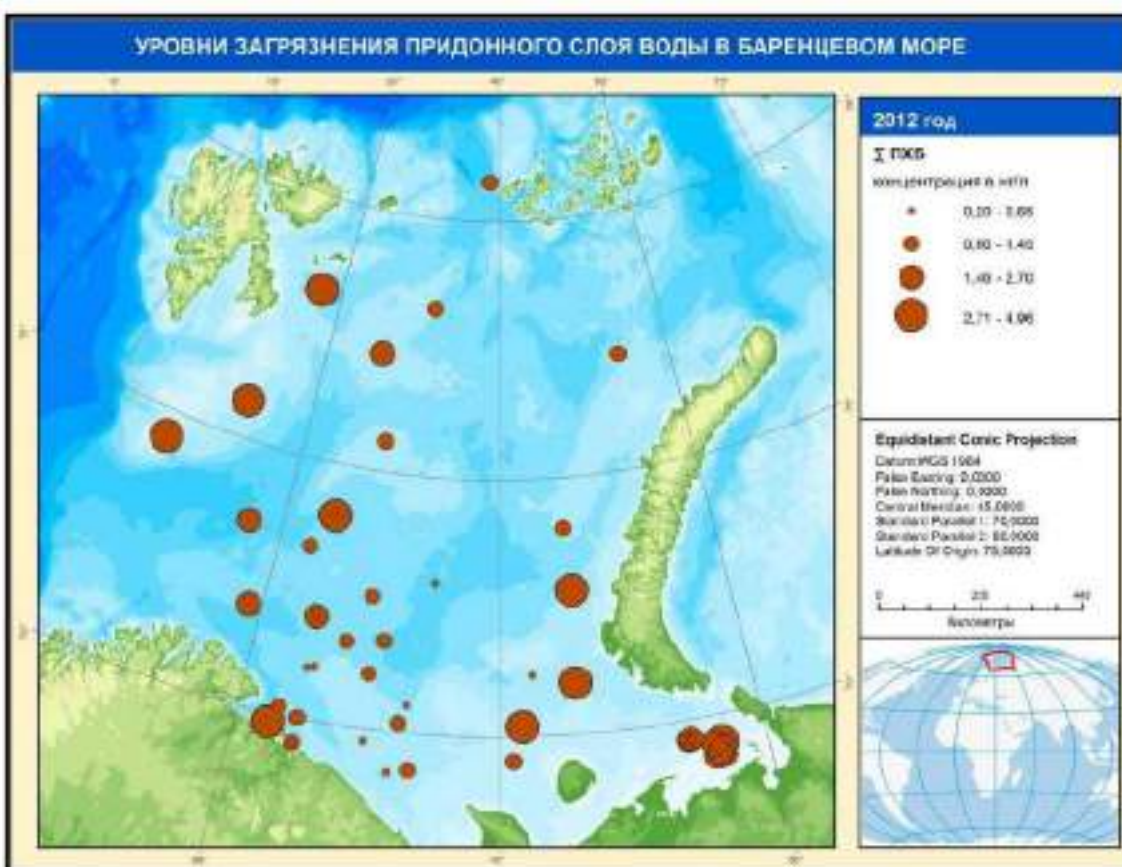
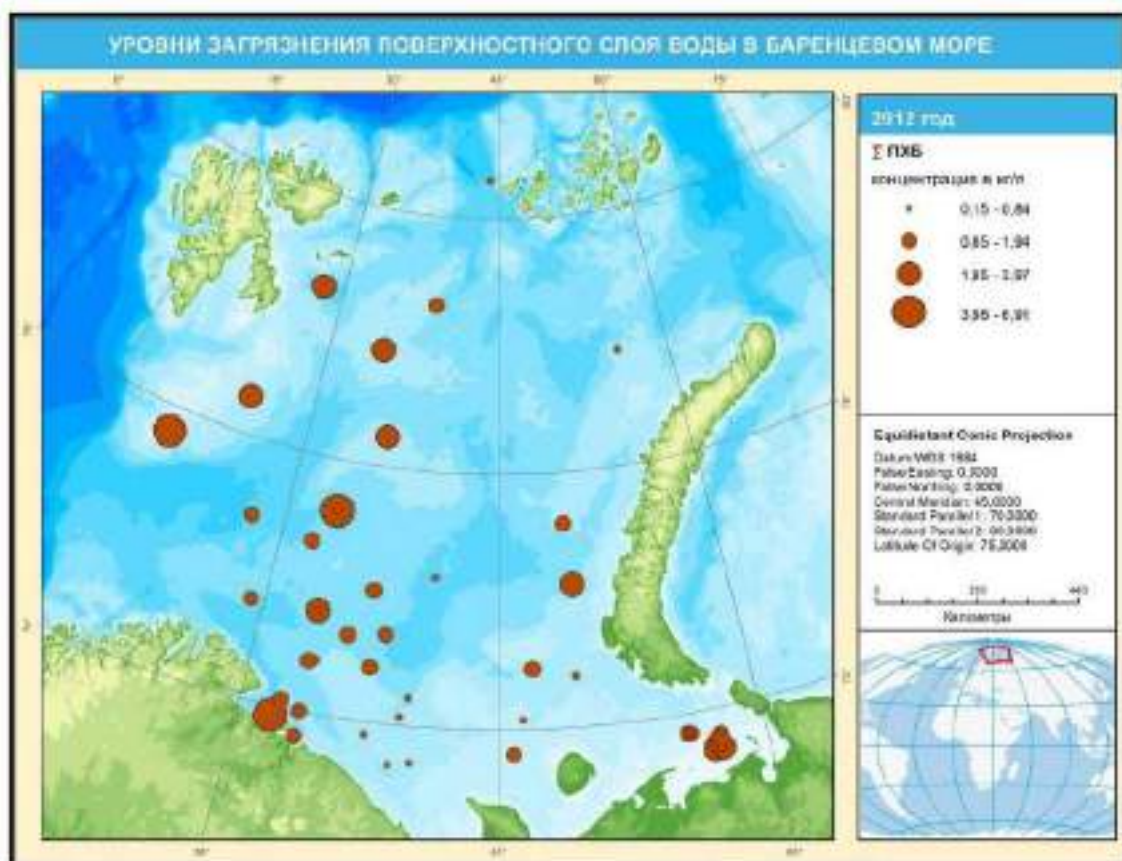


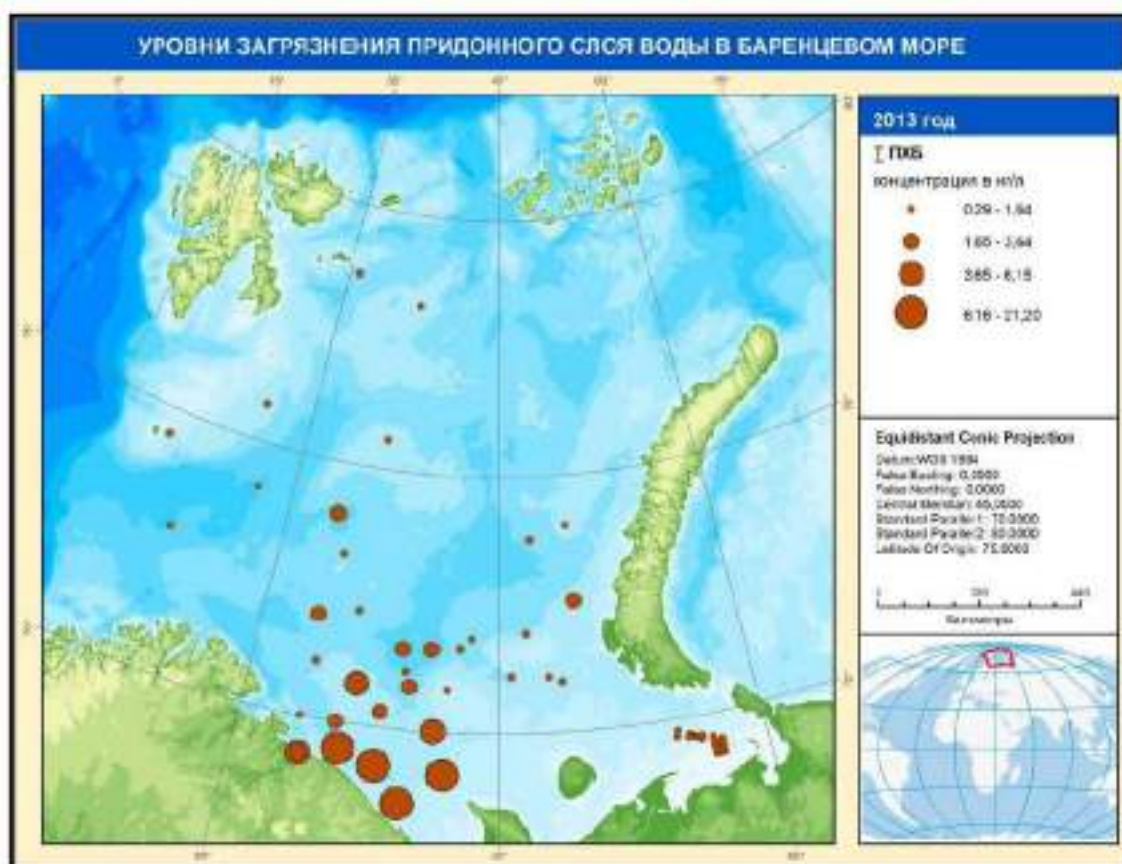
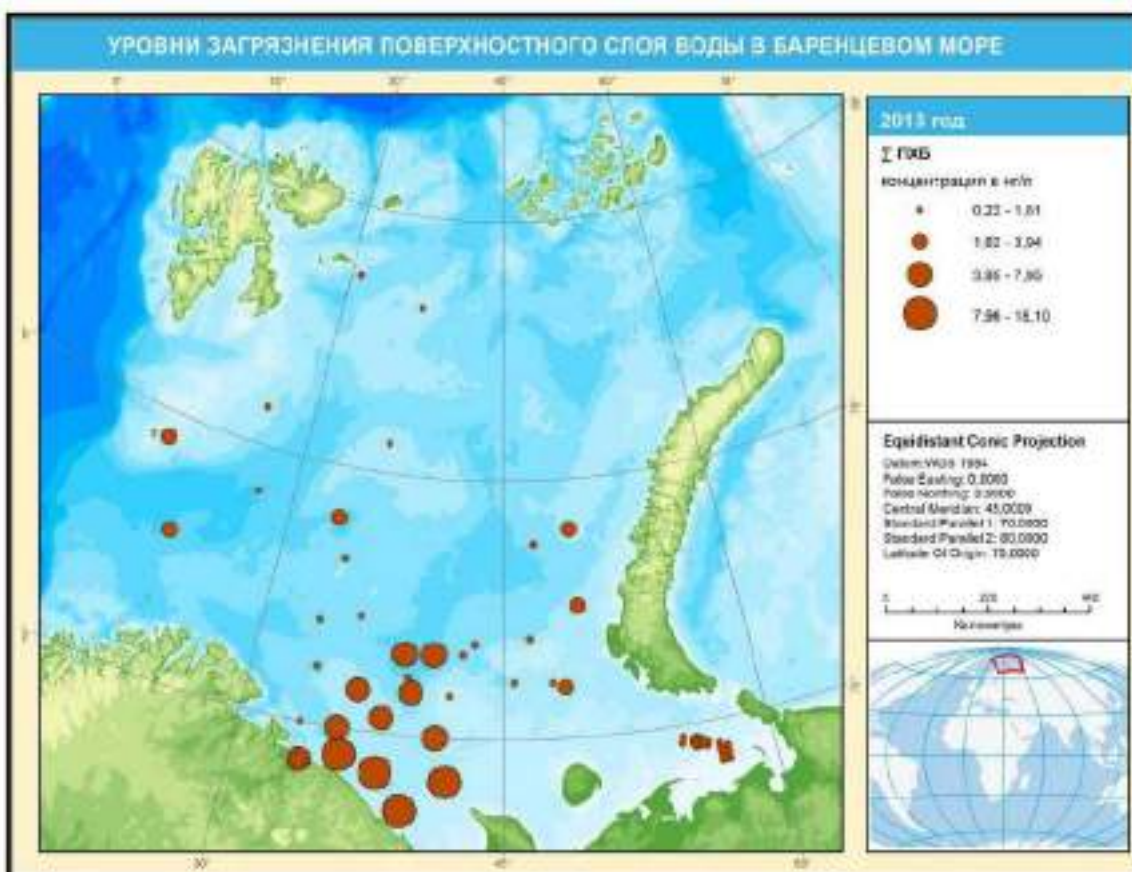


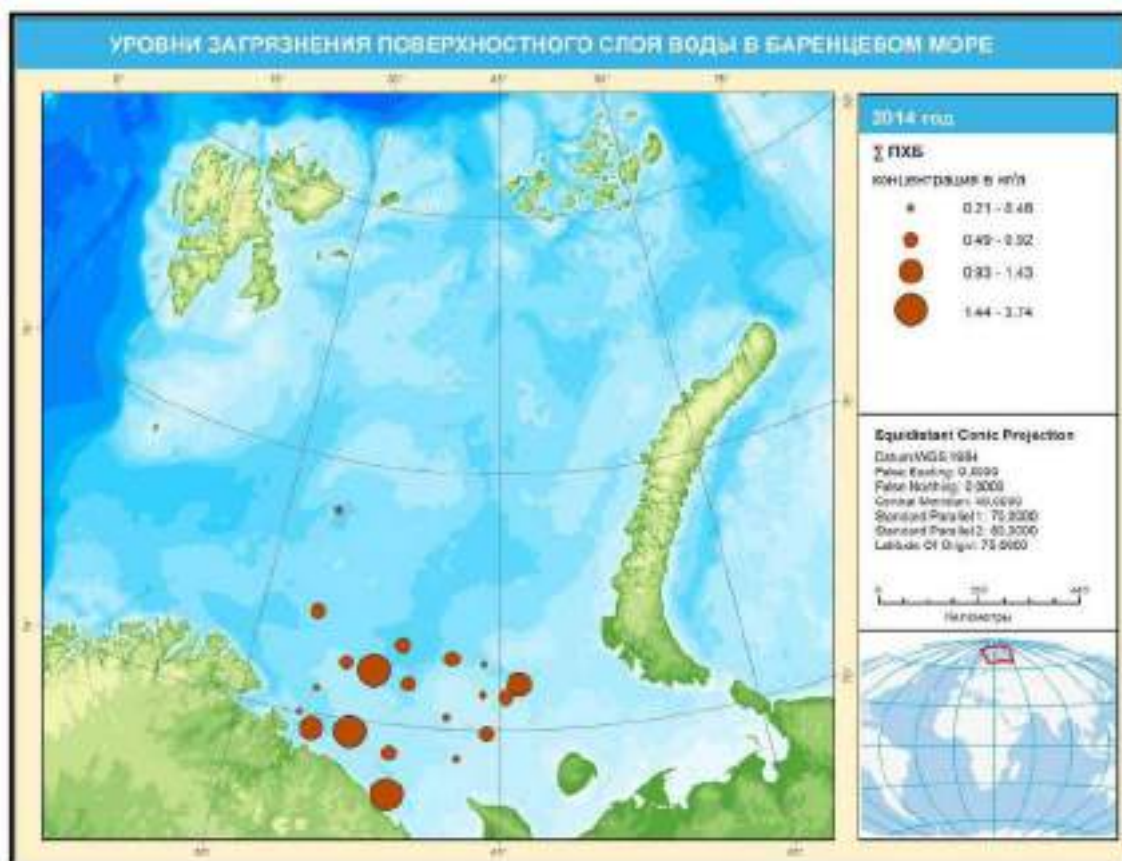


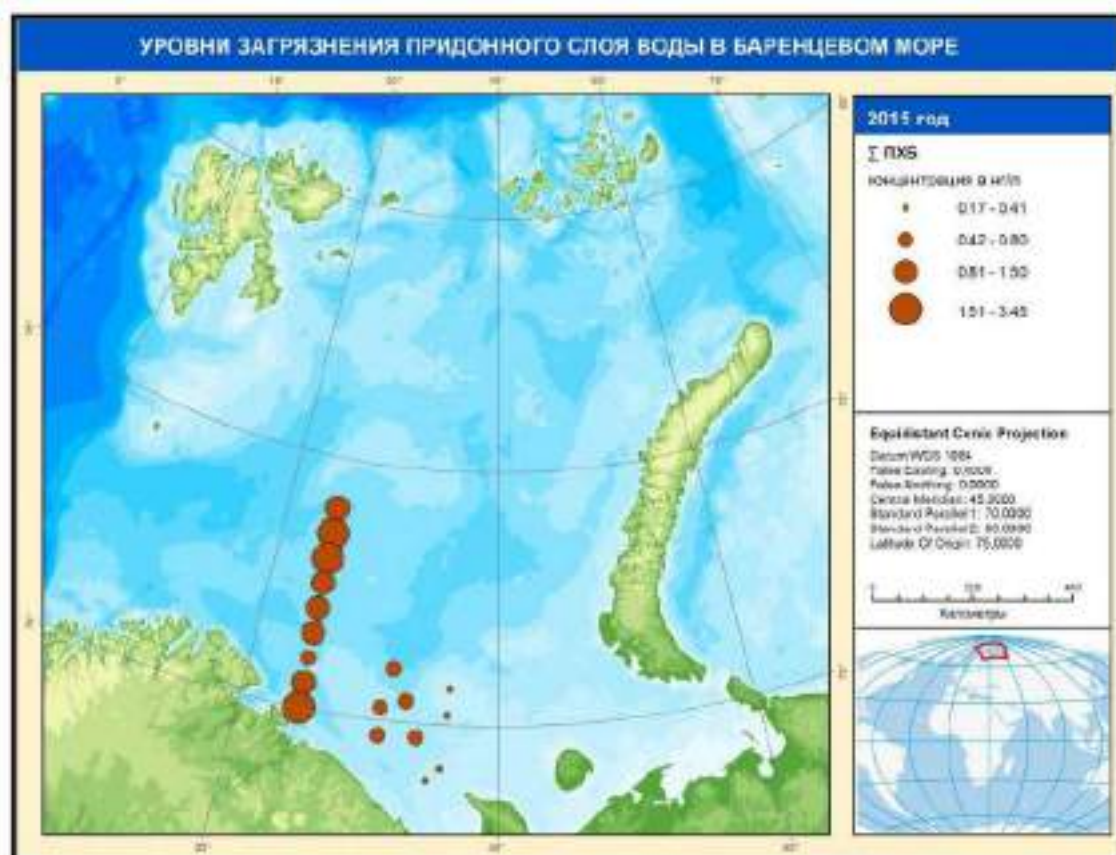
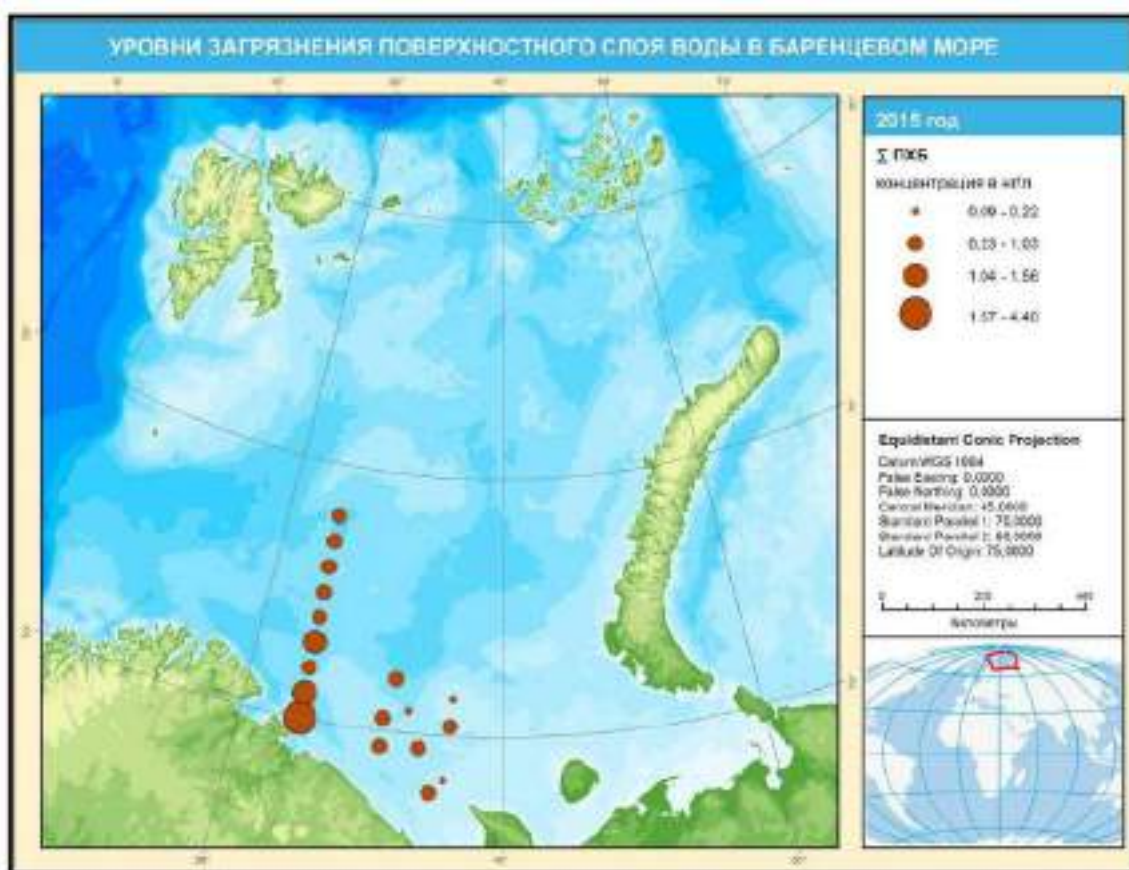


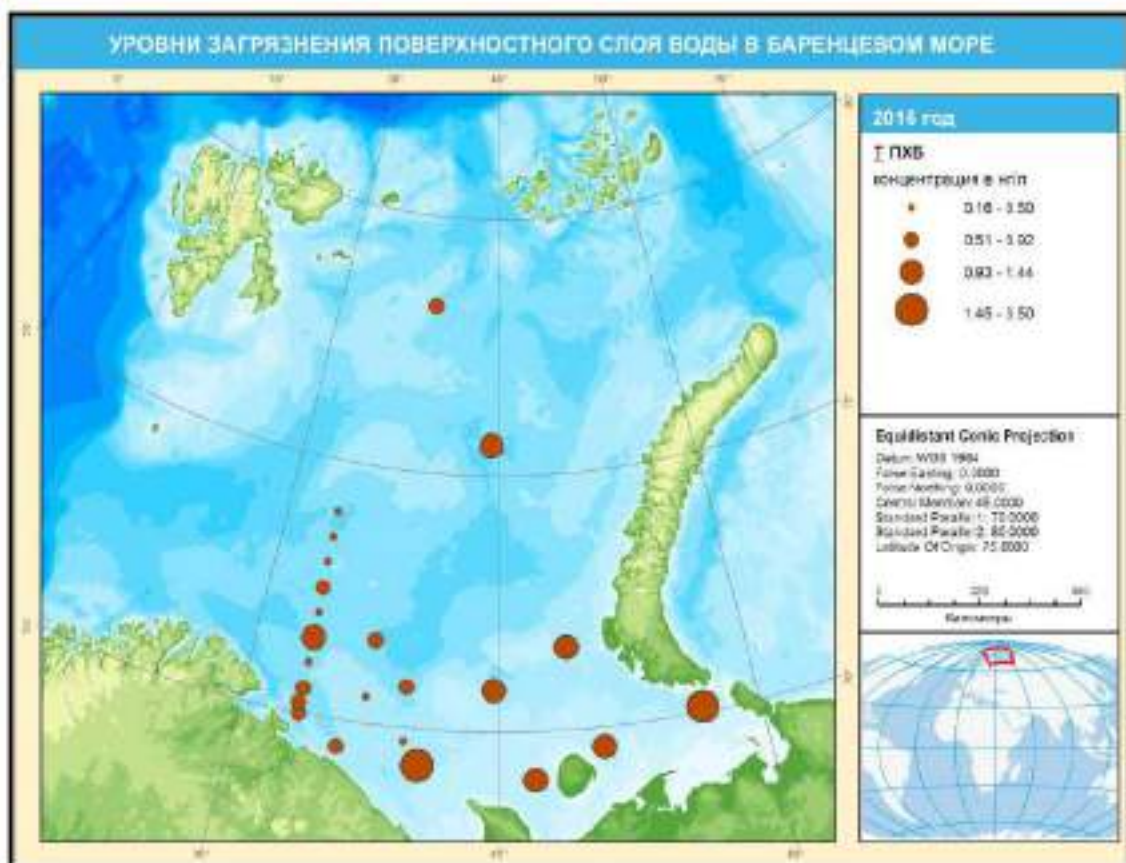


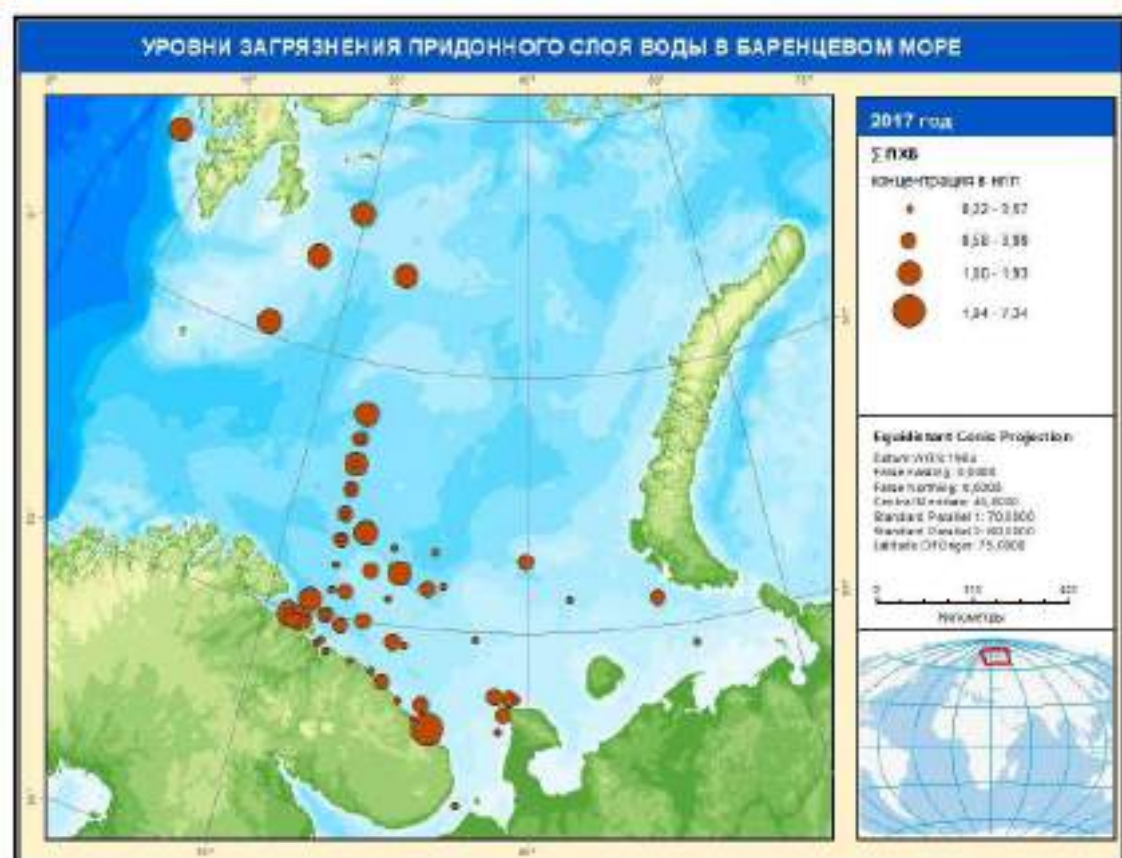
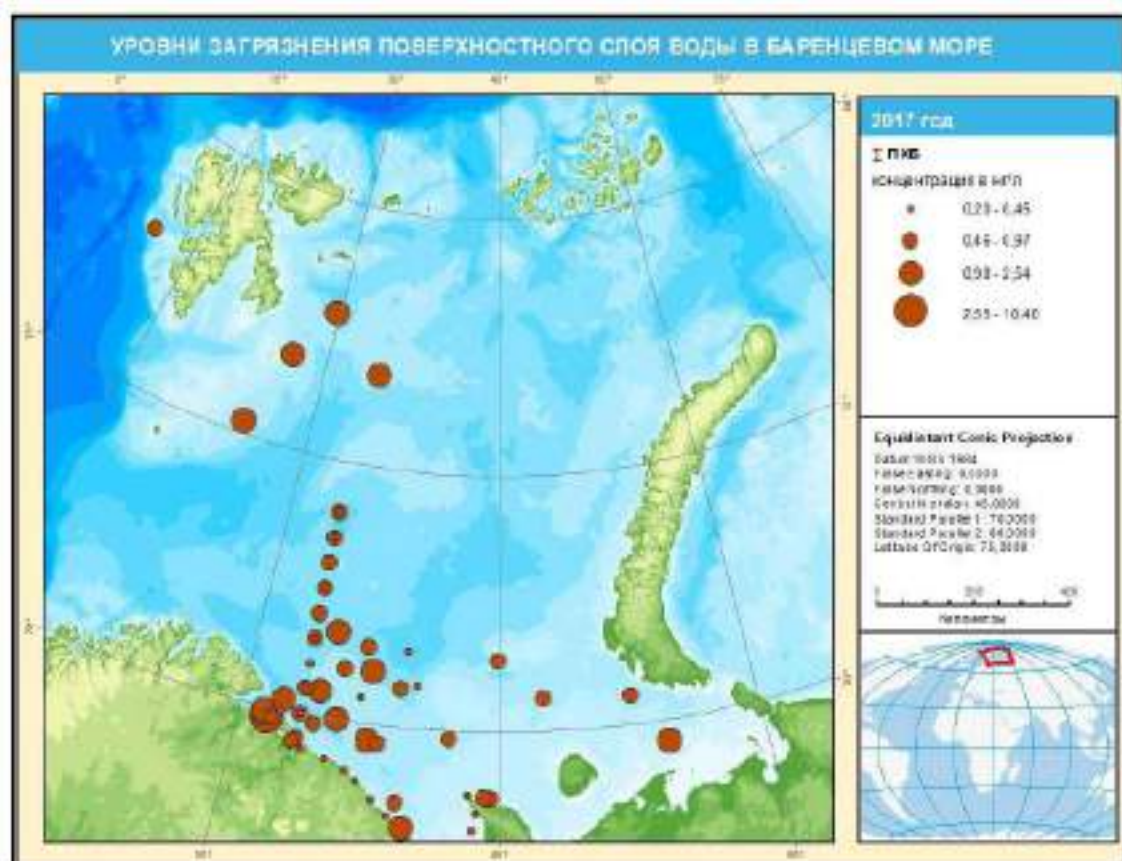


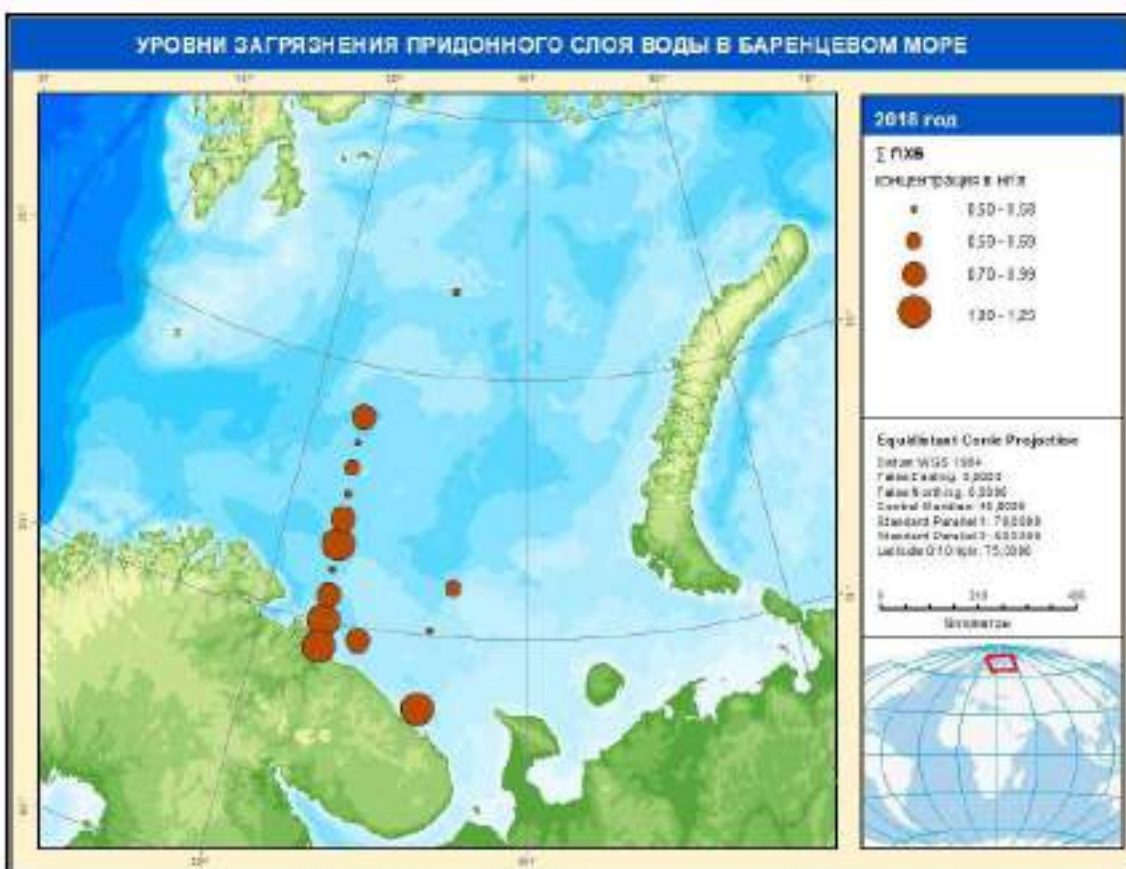
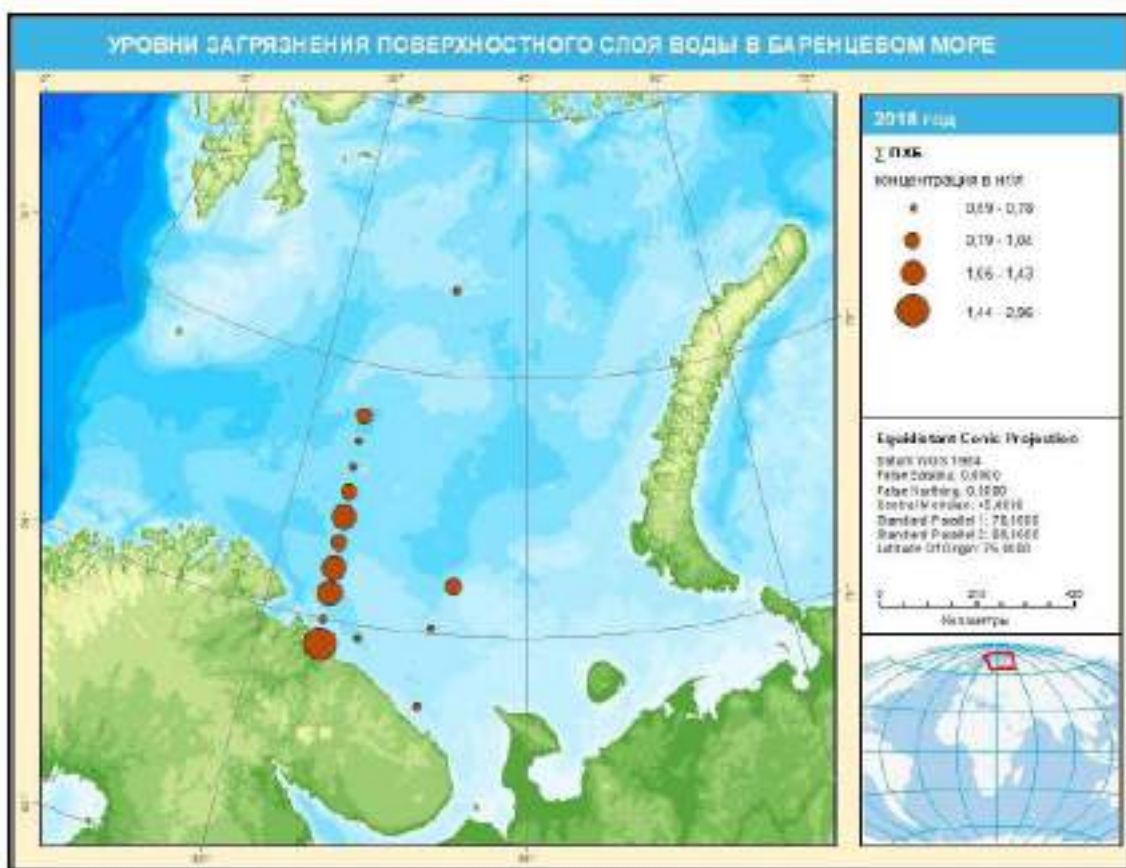










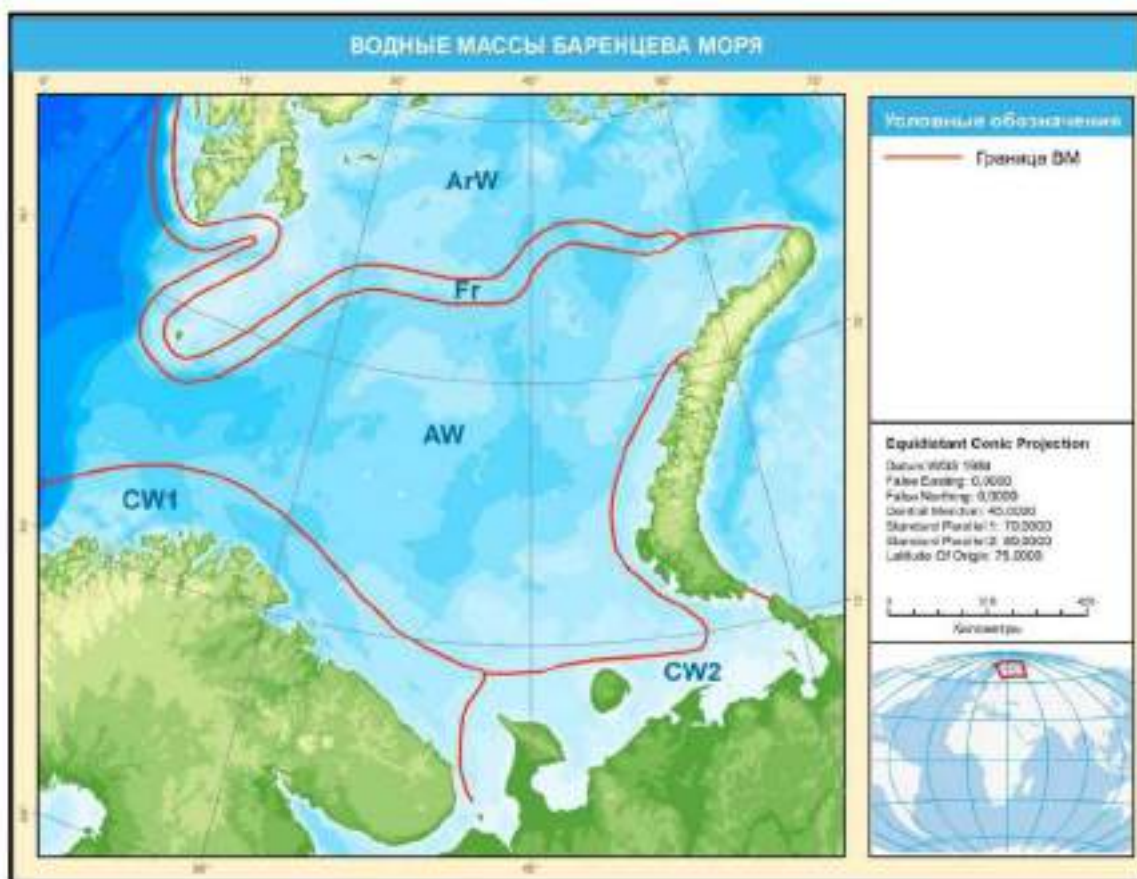


СПРАВОЧНЫЕ КАРТЫ

Водные массы Баренцева моря

Динамика вод Баренцева моря вносит определяющий вклад в формирование его физических и химических характеристик. Она тесно связана с динамикой морских льдов и процессами перемешивания в море. Сведения о характеристиках течений как мгновенных, так и осредненных за длительные промежутки времени, необходимы для многих практических приложений – навигации, расчета переноса загрязняющих веществ и др.

Для проведения статистического анализа, а также в целях оценки связи уровней загрязнения вод Баренцева моря, принадлежащих к различным водным массам, нами была построена карта расположения границ водных масс в Баренцевом море. На представленной далее карте выделены следующие типы морских вод – они же водные массы: AW – атлантические и собственно баренцевоморские воды, ArW – арктические воды, CW1 – прибрежные воды 1, CW2 – прибрежные воды 2, Fr – воды фронтальной зоны. Типы вод были выделены с учетом сведений о водных массах и течениях, опубликованных специалистами «ПИПРО» им. Н.М. Книповича (Ожигин, Ившин, 1999). В основе выделения водных масс лежат параметры температуры и солености морской воды, обработанные с использованием кластерного анализа. Названия водных масс традиционно даны на основе их происхождения или географической локализации. Важной особенностью вод сравнительно мелководного Баренцева моря является их полное перемешивание на основной акватории в зимний период в результате конвекции (Ожигин, Ившин, 1999; Воды Баренцева моря..., 2016). Полярный фронт (фронтальная зона), строго говоря, не является собственно водной массой – это зона трансформации вод различного происхождения. Тем не менее, площадь акватории Полярного фронта как фронтальной зоны составляет около 11 750 км², что вполне достаточно для выполнения специальных исследований (Новиков, Драганов, 2018а). Существование рассматриваемых водных масс в Баренцевом море устойчиво во времени и пространстве, их границы относительно стабильны в сезонном и межгодовом аспекте (Воды Баренцева моря..., 2016), при этом каждой водной массе Баренцева моря свойствен свой особый «портрет» загрязнения (Новиков, Драганов, 2017в).



СПЕЦИАЛЬНЫЕ КАРТЫ

Карты усредненного содержания поллютантов

Расчет средних значений концентрации загрязняющих веществ проводился в специально выделенных районах Баренцева моря по принципу регулярной сетки. Осреднение концентраций было выполнено за весь период наблюдений. Подобный подход позволяет сделать новый вид карты – синтетическую интегрированную (расчетную) карту загрязнения. Этот подход отличен от интерполяции данных, так как просто накапливает и обрабатывает информацию о загрязнении акватории моря в системе заранее определенных элементарных акваторий (ячеек регулярной сетки).

Расчет средних концентраций проводили в квадратах (трапециях) регулярной сетки шагом 2 градуса по долготе и 1 градус по широте. Каждому квадрату присваивали среднее значение концентрации поллютанта в отобранных здесь пробах. Если квадрат не содержал станций отбора проб, или полученные данные были ниже предела обнаружения использованного метода анализа, он исключался. Таким образом, регулярная сетка средних значений по каждому загрязняющему веществу может содержать разное количество заполненных квадратов, а каждый квадрат – разное количество усредненных данных.

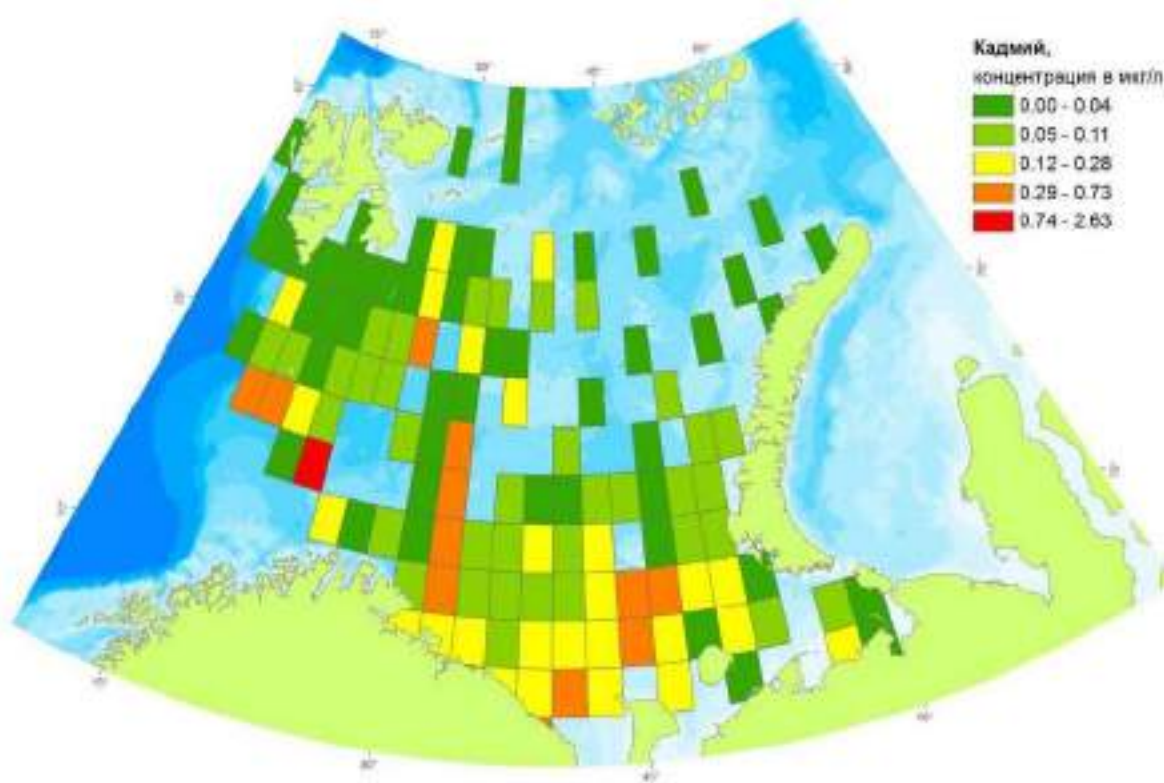
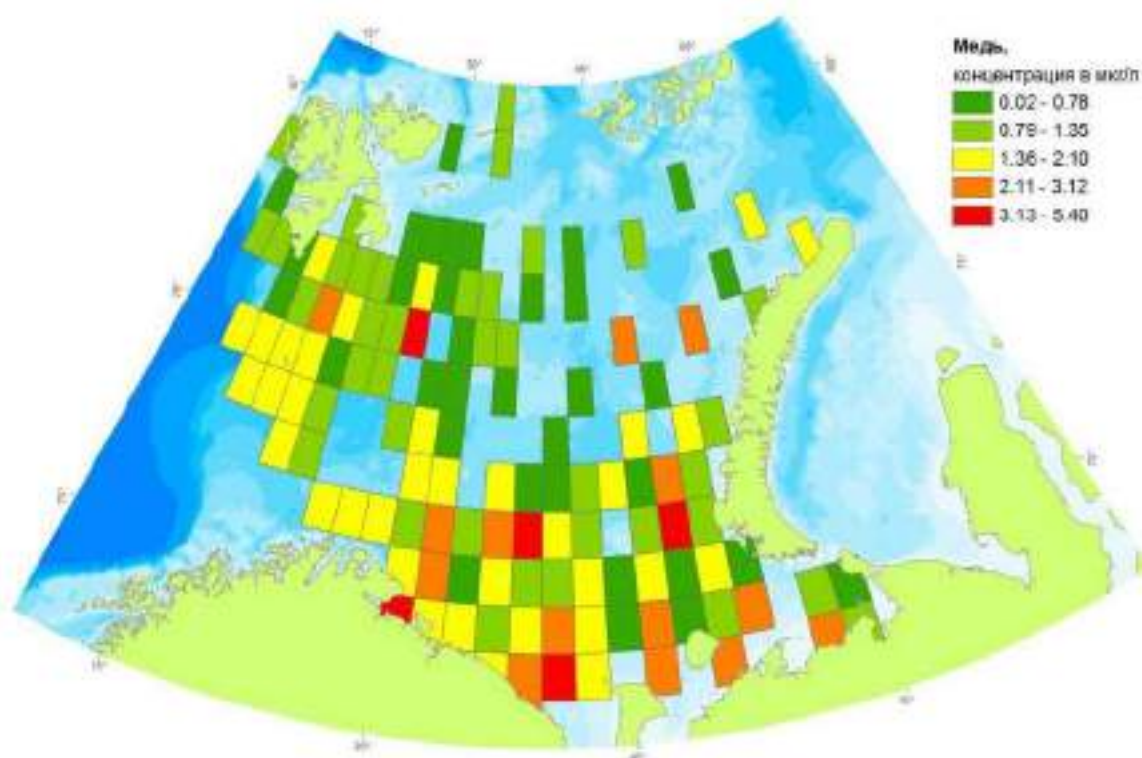
Далее полученный файл с результатами расчетов загружался в программу ArcGIS, где проводилась классификация данных с использованием метода естественных границ. Полученные в результате описанной процедуры картограммы представлены в настоящем атласе ниже.

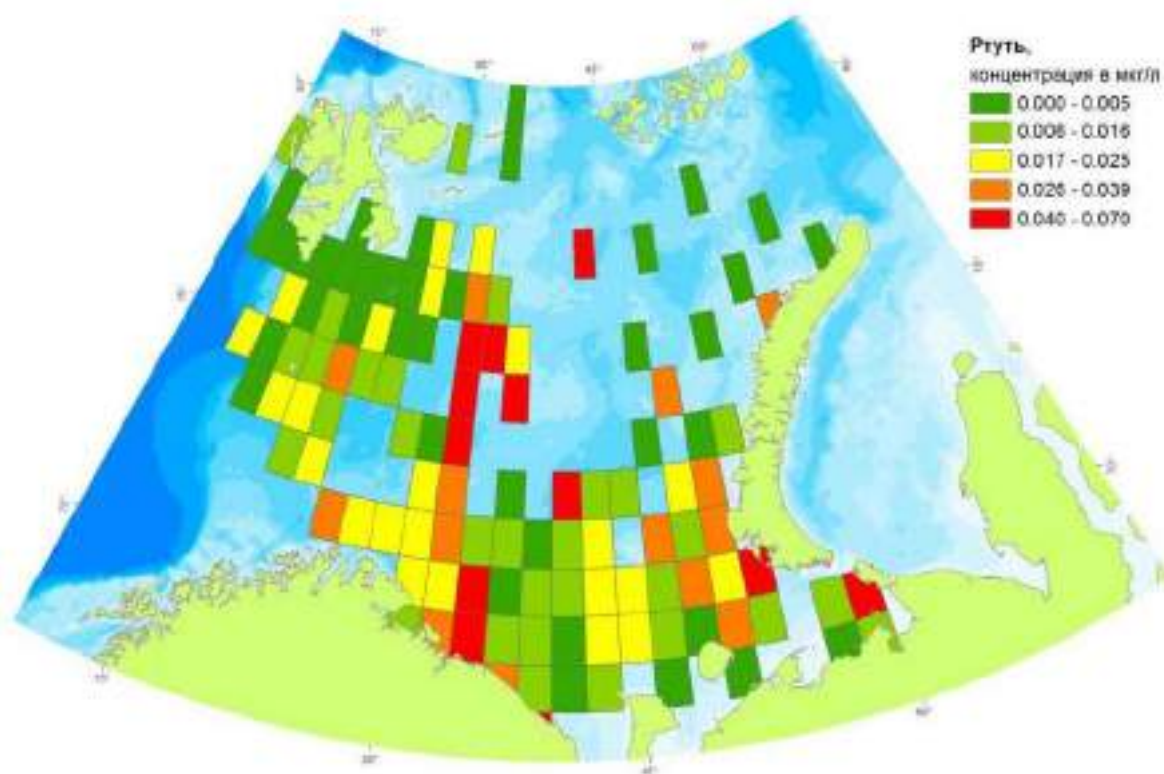
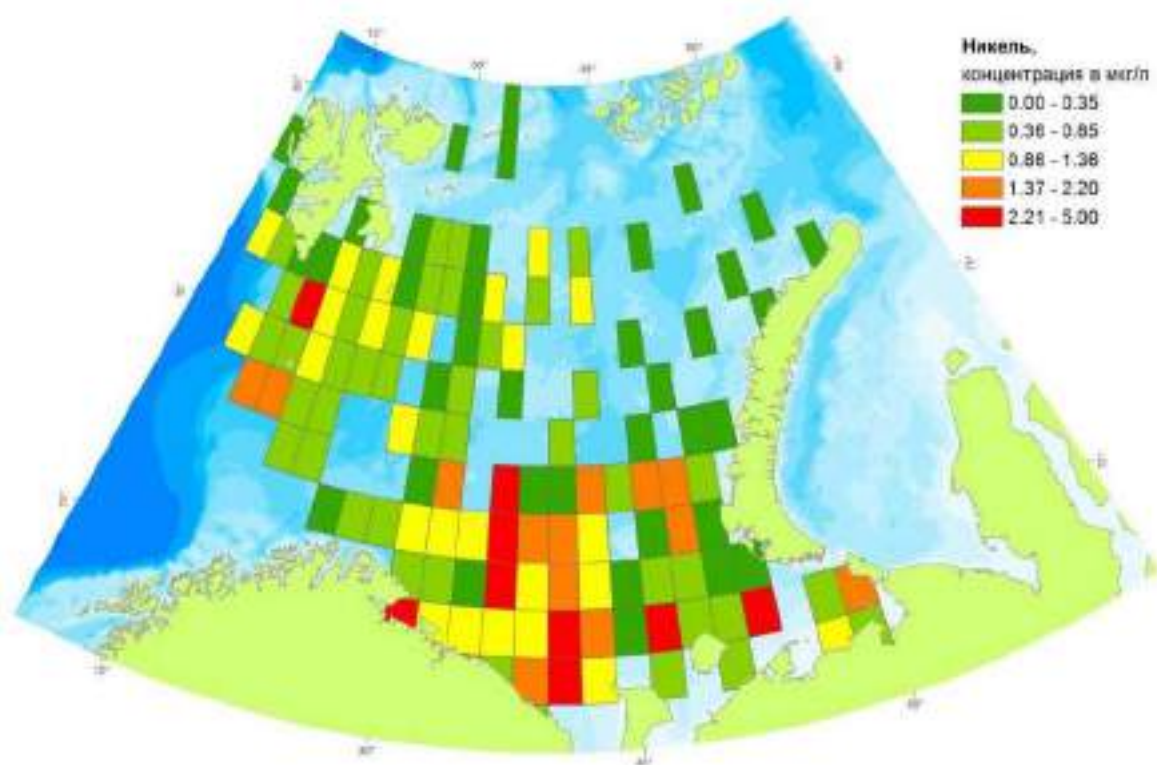
Перед построением карт для выявления различий в уровнях загрязнения водной толщи, зависящих от горизонта отбора проб, а именно поверхностного и придонного слоев воды, был выполнен статистический анализ. Подобный анализ необходим для ответа на важный вопрос: считать ли данные всех горизонтов отбора проб воды одной генеральной совокупностью, где различие средних вызвано случайными факторами? Ответ на данный вопрос позволяет принять принципиально важное решение о совместном или раздельном использовании данных поверхностного и придонного слоя в статистическом анализе. Для оценки различий между выборками, в нашем случае уровни концентраций в поверхностном и придонном слое воды, мы использовали непараметрический тест Вилкоксона «Wilcoxon rank sum test».

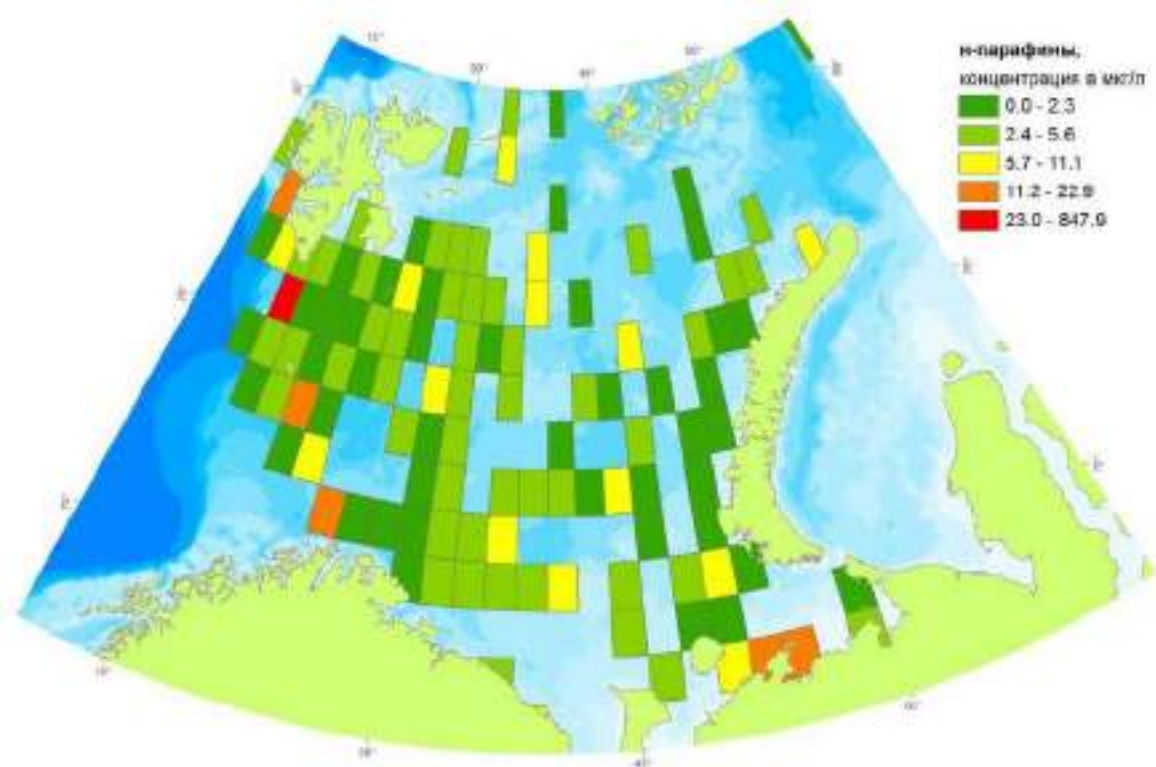
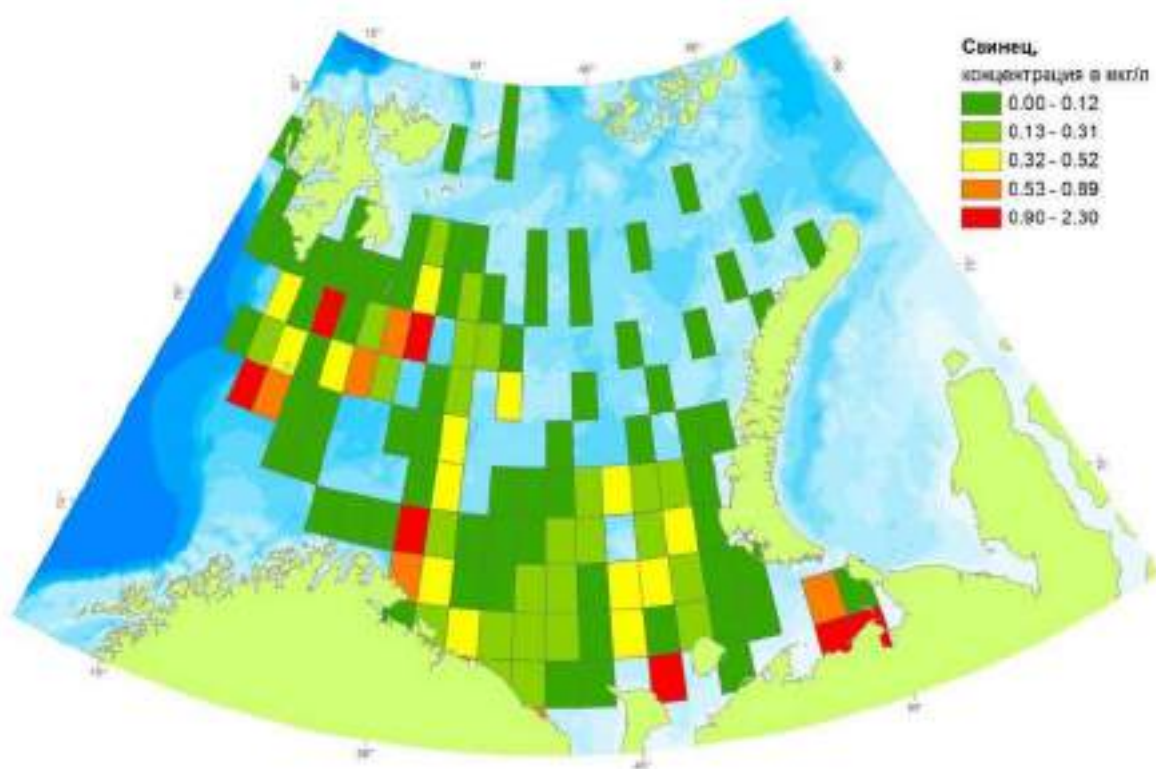
Согласно результатам серии выполненных тестов, в шести случаях (медь, кадмий, никель, ртуть, свинец и *n*-парафины) *p*-значение было больше 0,05. Следовательно, поверхностный и придонный слои воды для этих элементов можно рассматривать как единый массив данных. При этом выполнена одна общая карта содержания поллютанта для обоих слоев воды. В остальных случаях *p*-значение было меньше 0,05. Здесь нулевая гипотеза о равенстве выборок отвергалась. Это значит, что имеющиеся данные о поверхностном и придонном слоях воды существенно отличались друг от друга. Сюда вошли такие поллютанты, как: цинк, хром, хлорданы, ПХБ, ПАУ, ДДТ, ГХЦГ, ГХБ, бенз(а)пирен. В этих случаях были сделаны отдельные карты средних концентраций для каждого слоя морской воды. Некоторые из представленных в этом разделе карт уже публиковались ранее (Новиков, Драганов, 2017б, 2018б).

Ниже приводятся карты содержания поллютантов:

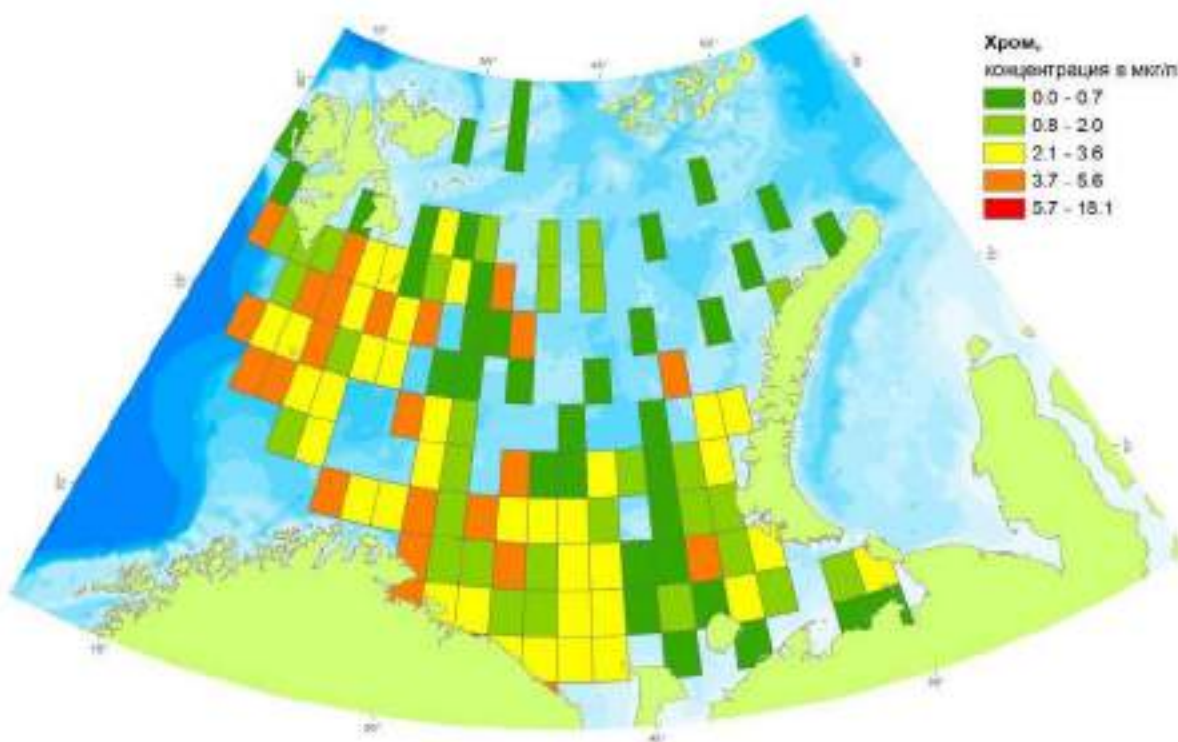
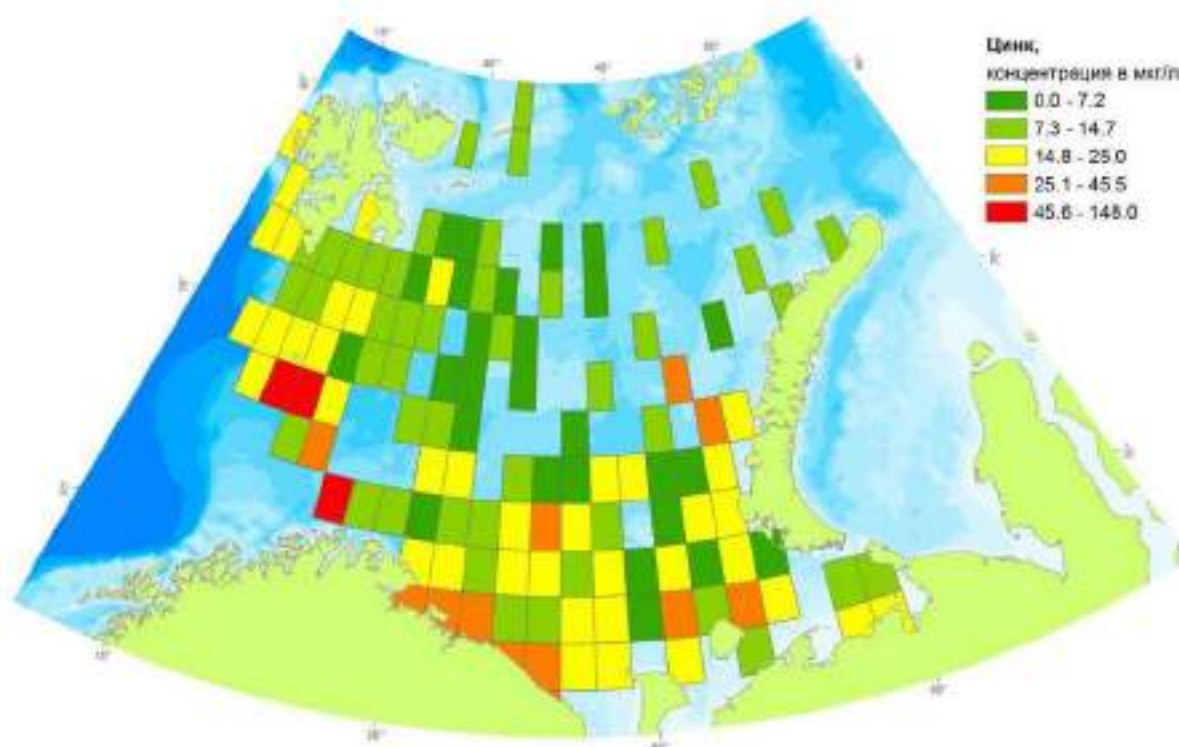
- для всех слоев – медь, кадмий, никель, ртуть, свинец, н-парафины;
- поверхностного слоя – цинк, хром, хлорданы, ПХБ, ПАУ, ДДТ, ГХЦГ, ГХБ, бенз(а)пирен;
- придонного слоя – цинк, хром, хлорданы, ПХБ, ПАУ, ДДТ, ГХЦГ, ГХБ, бенз(а)пирен.



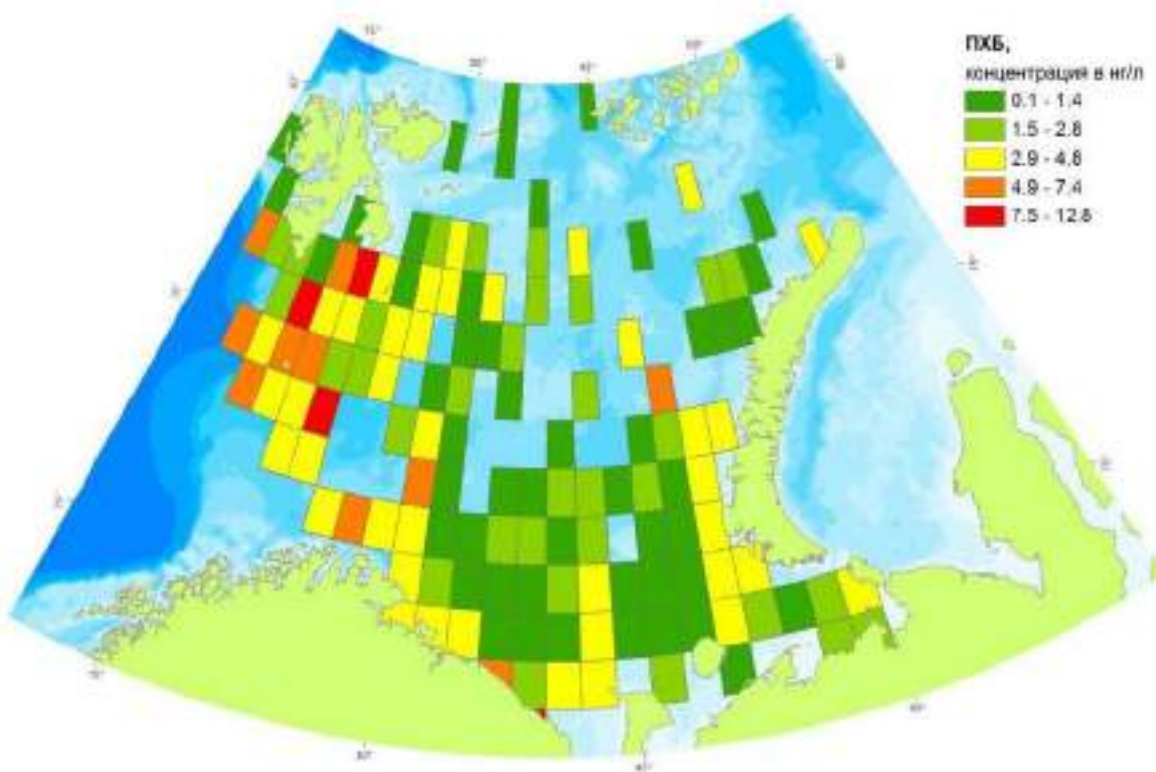
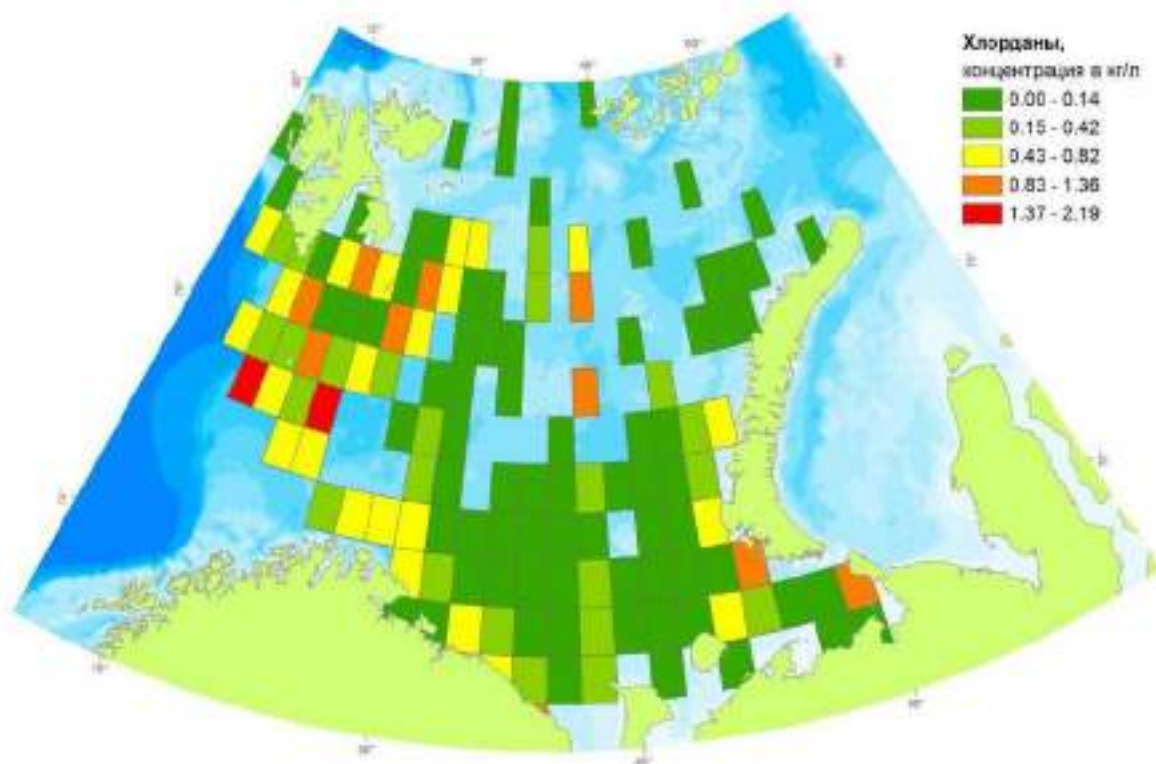




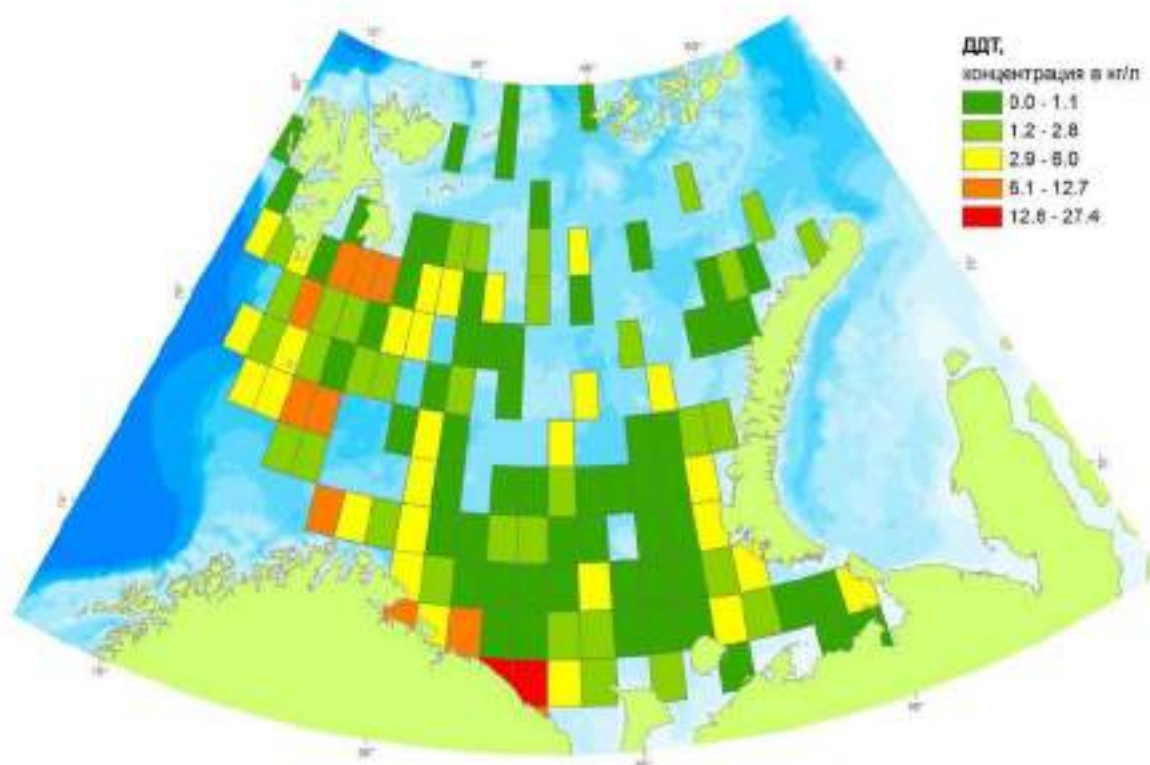
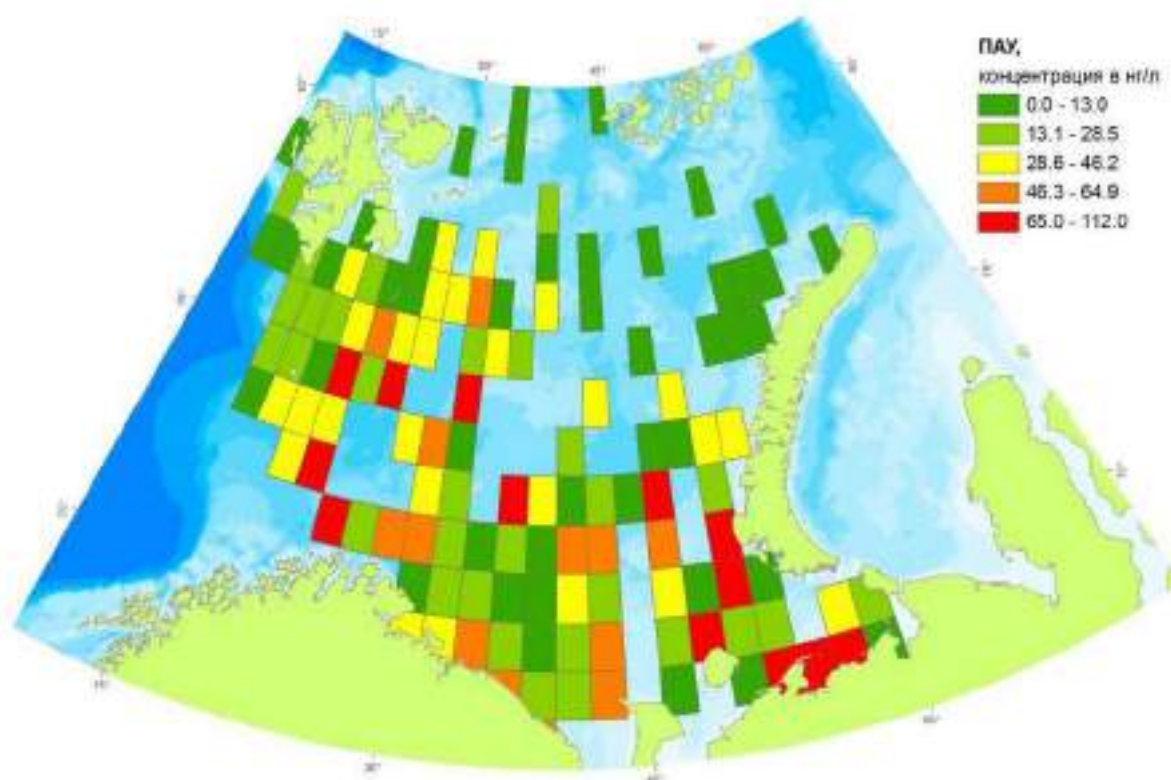
поверхностный слой



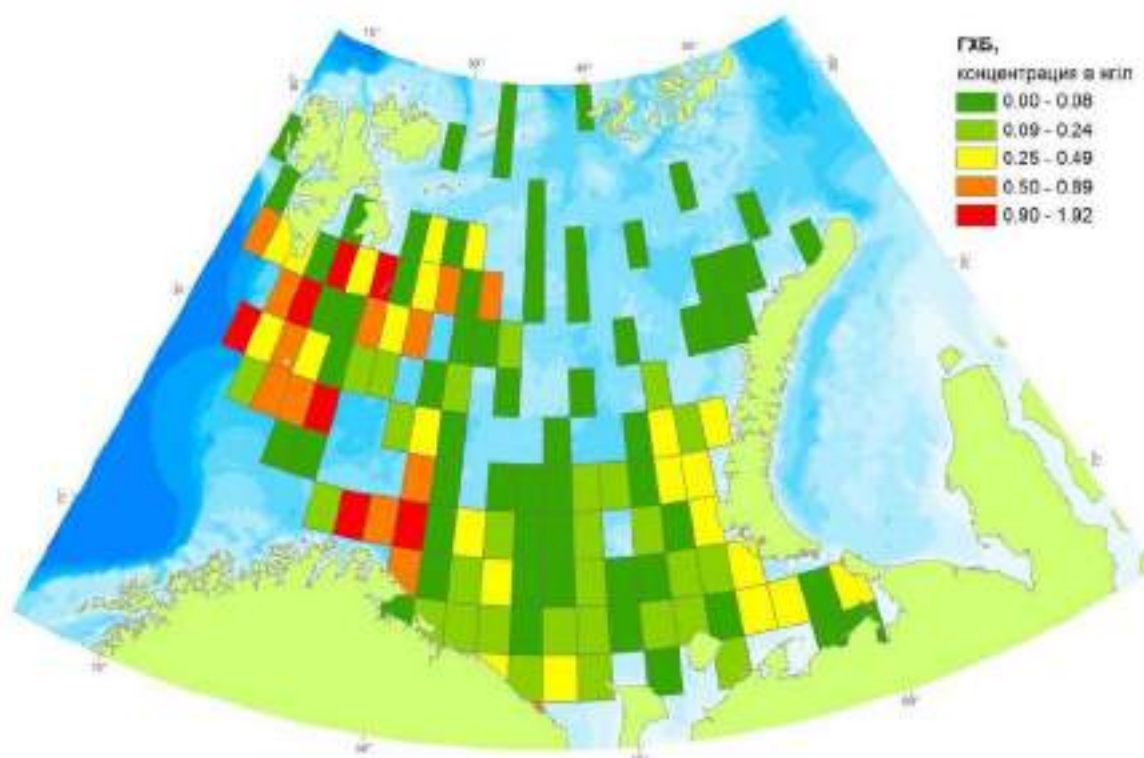
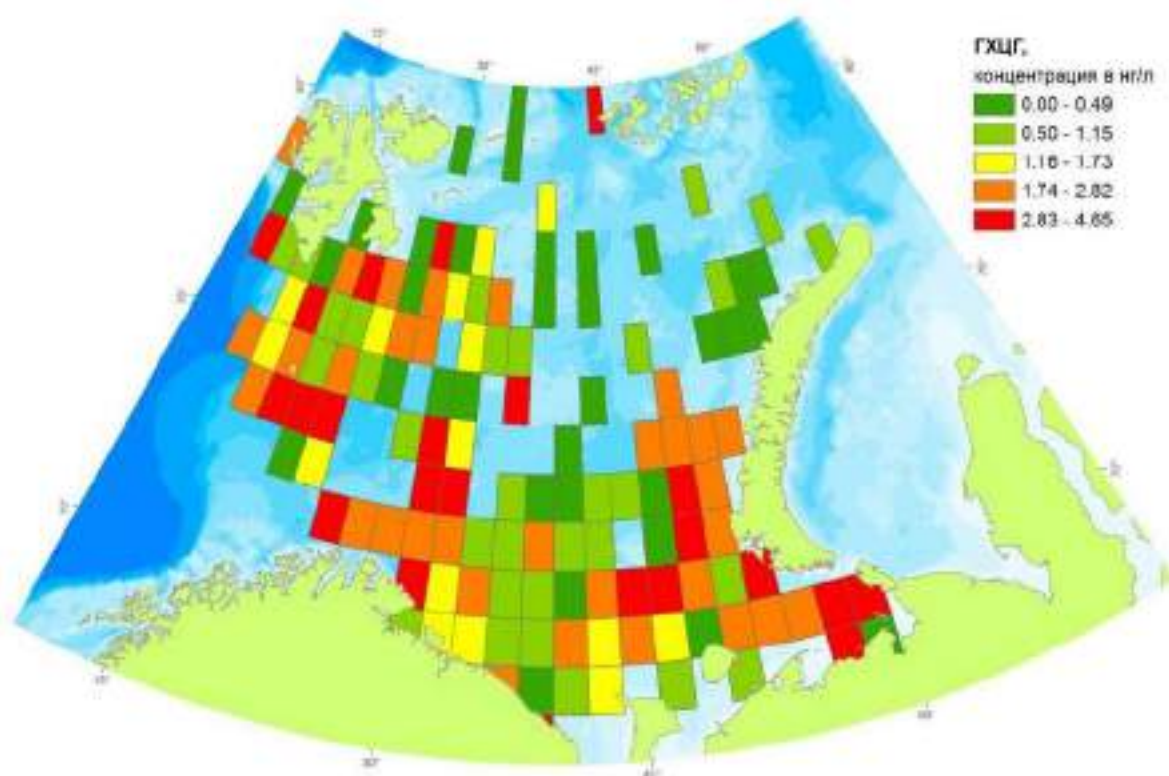
поверхностный слой



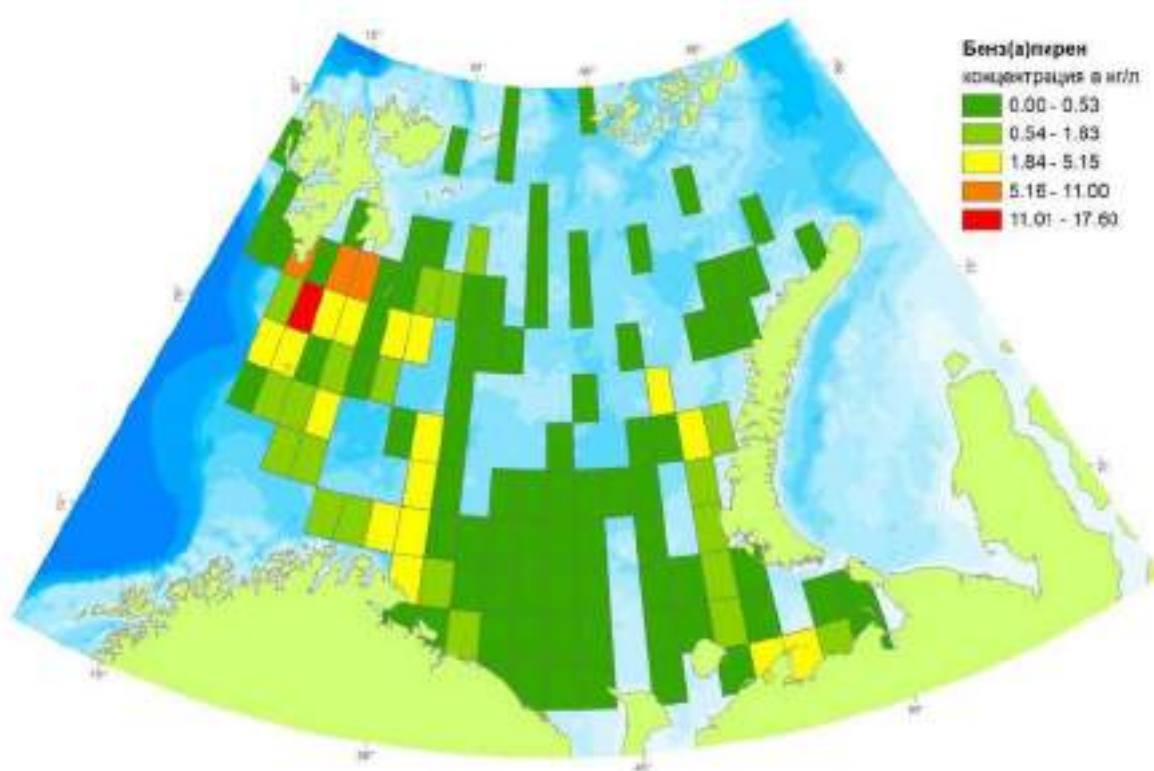
поверхностный слой



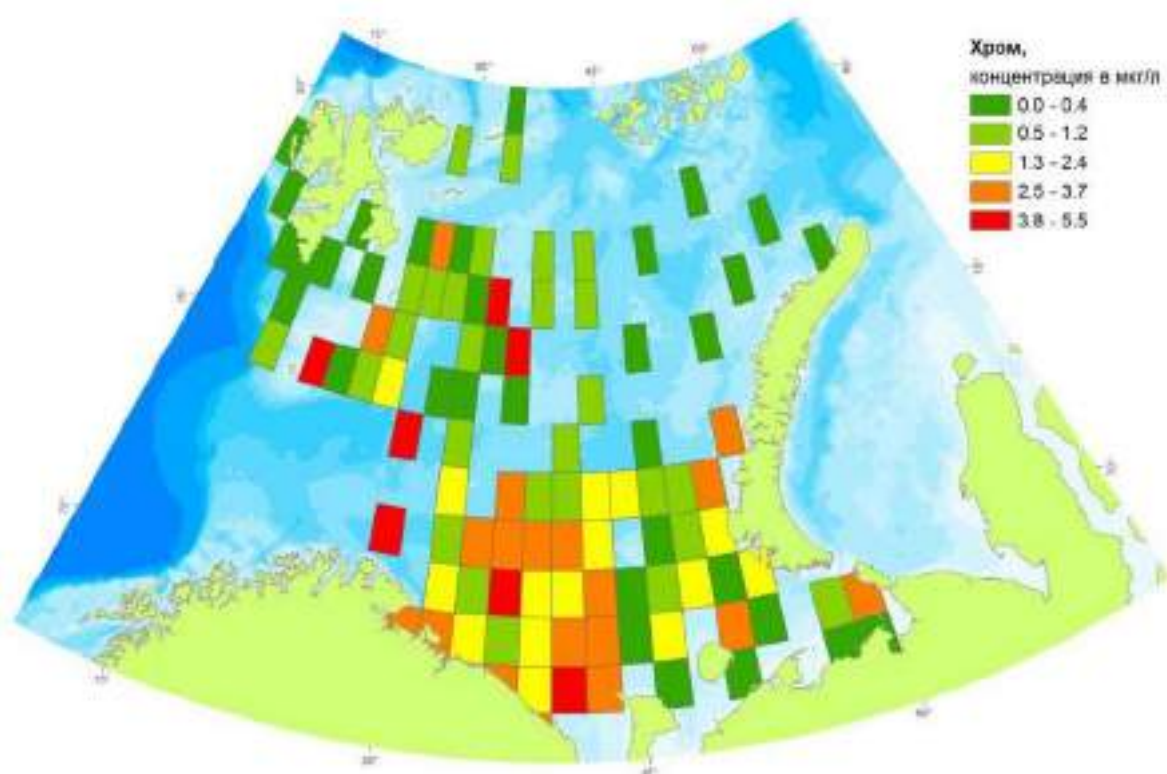
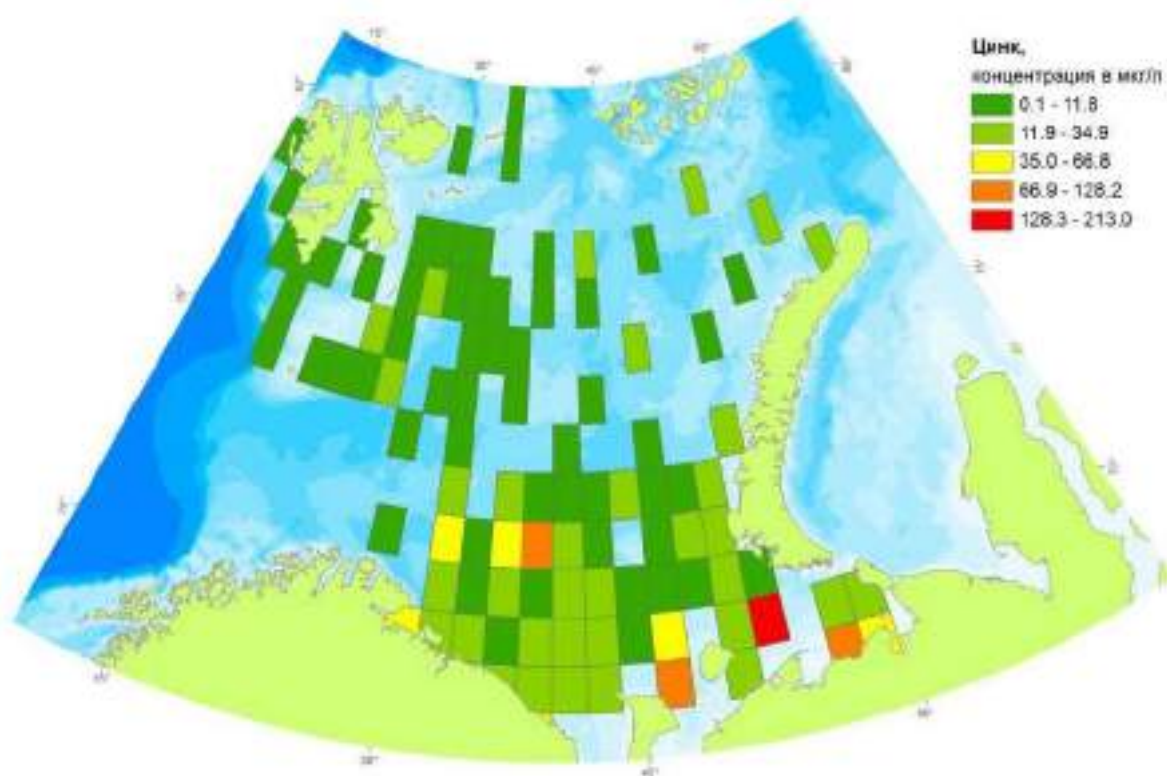
поверхностный слой



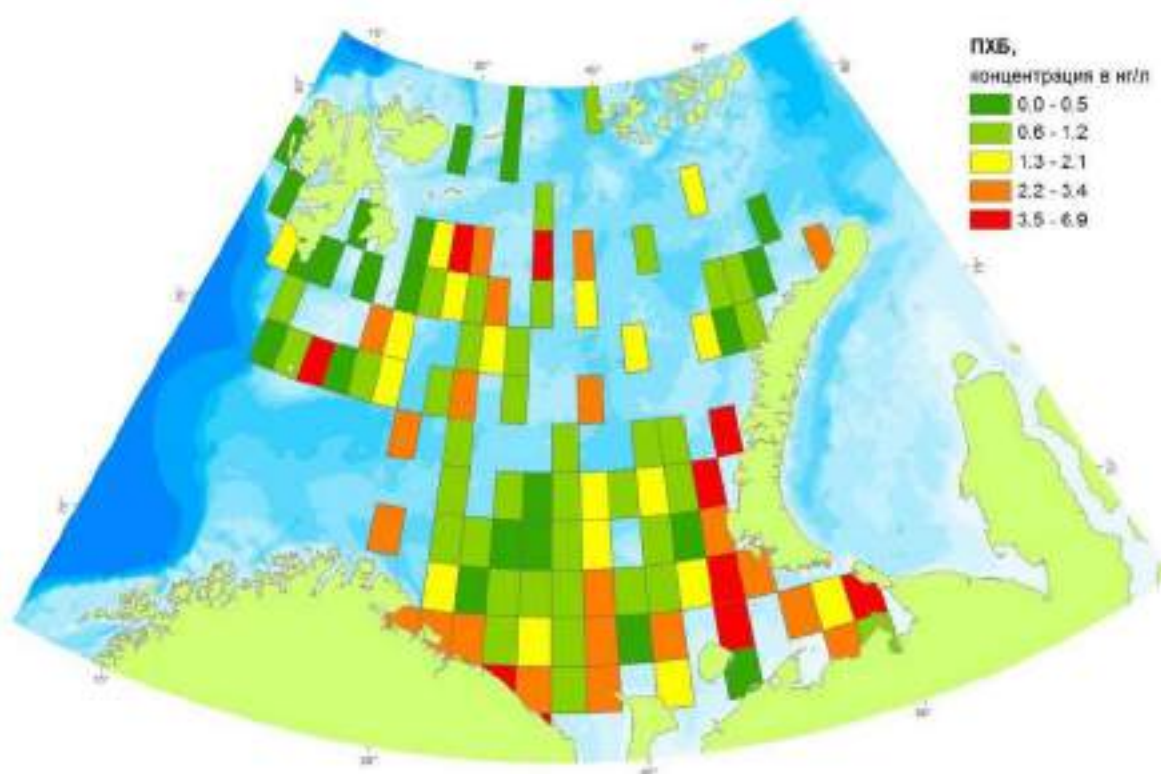
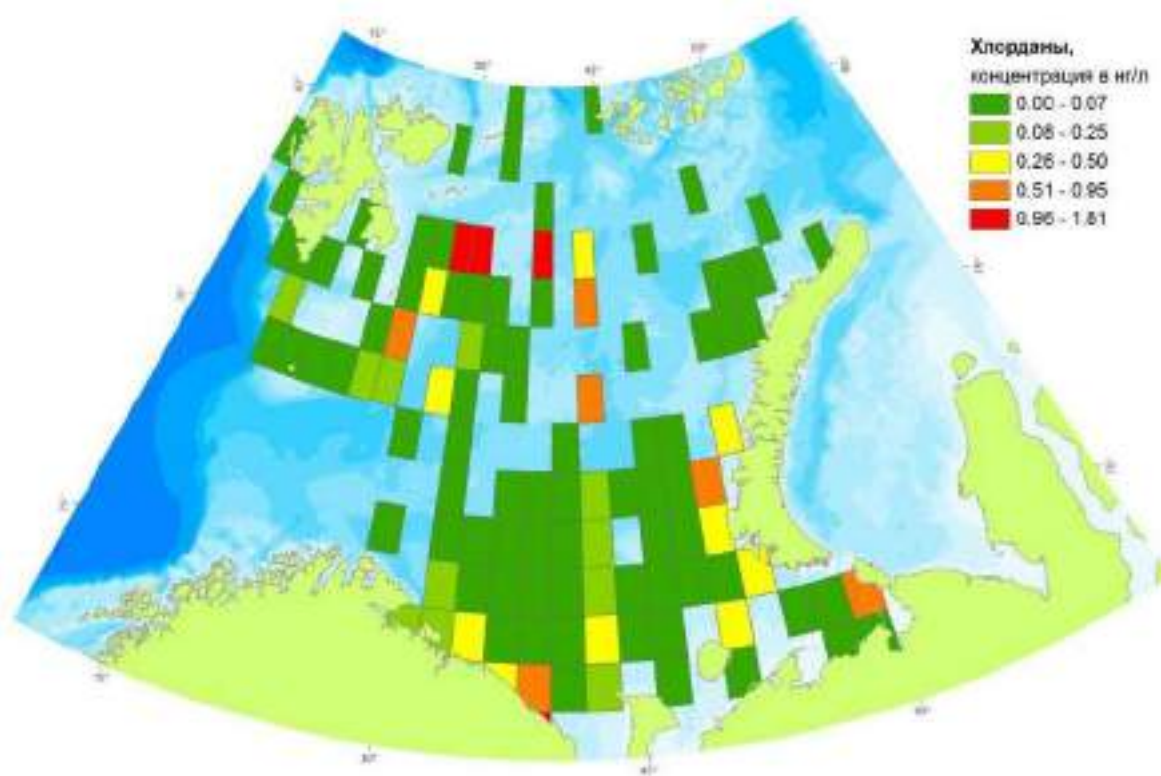
поверхностный слой



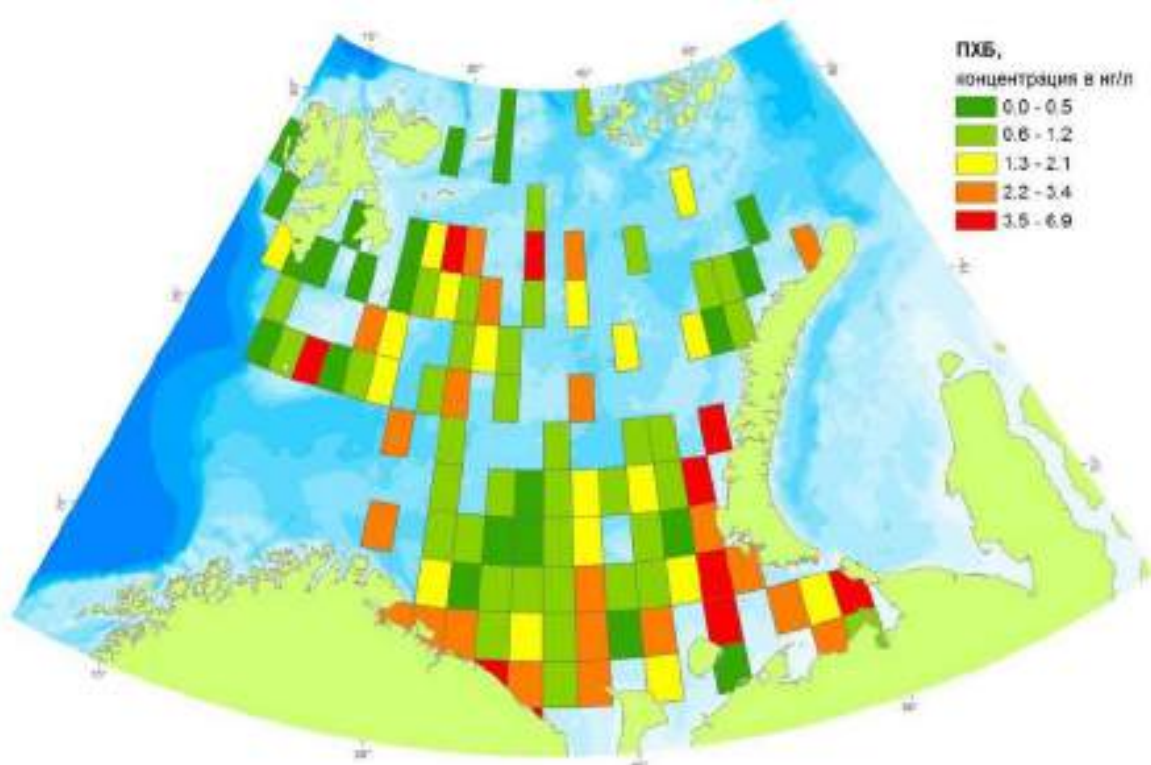
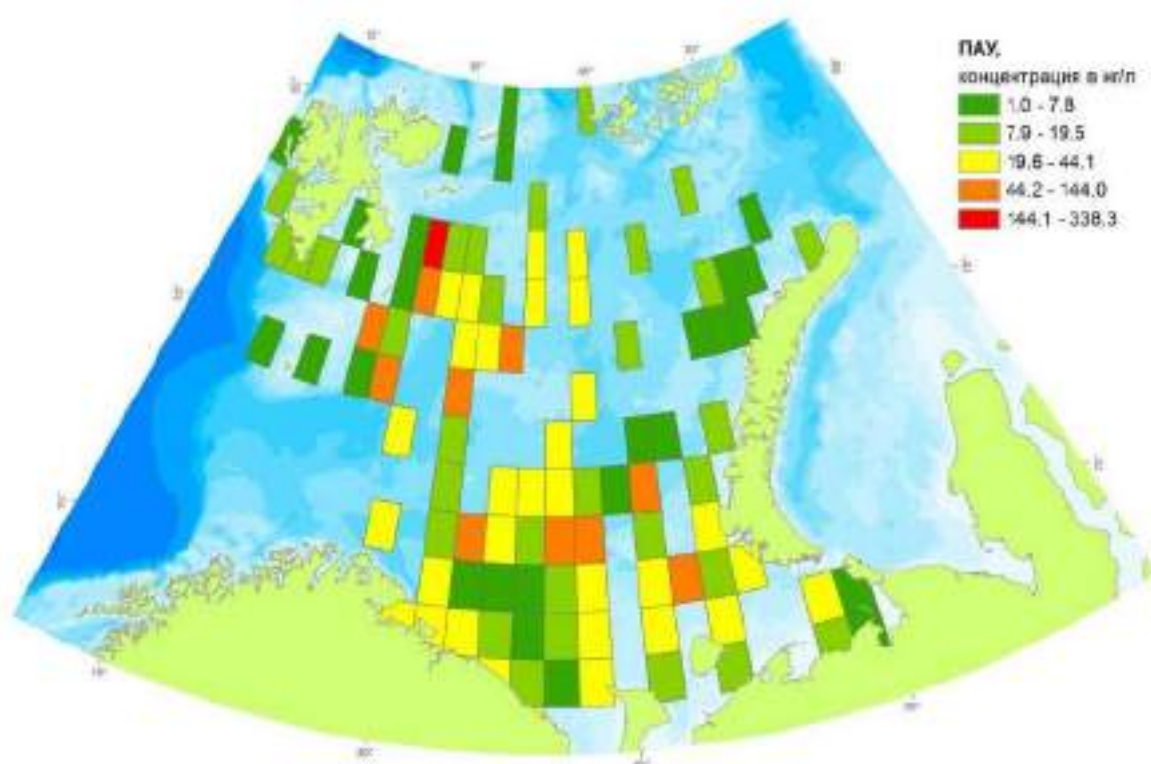
придонный слой



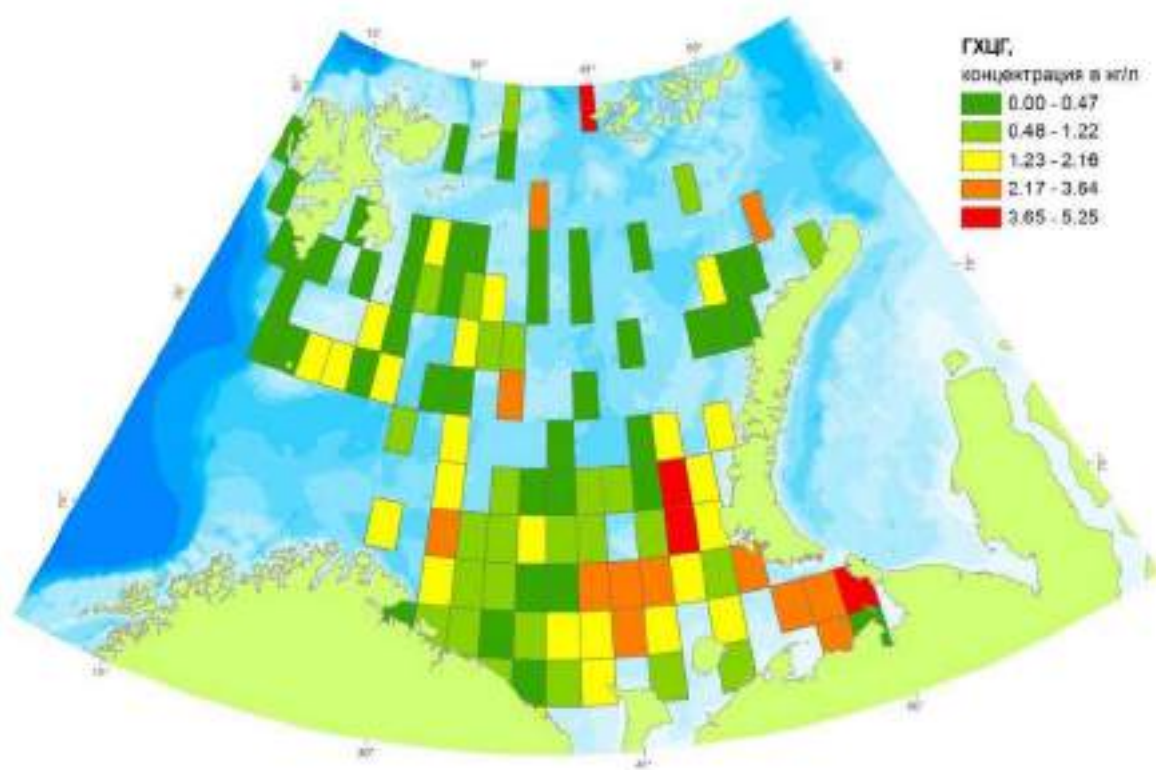
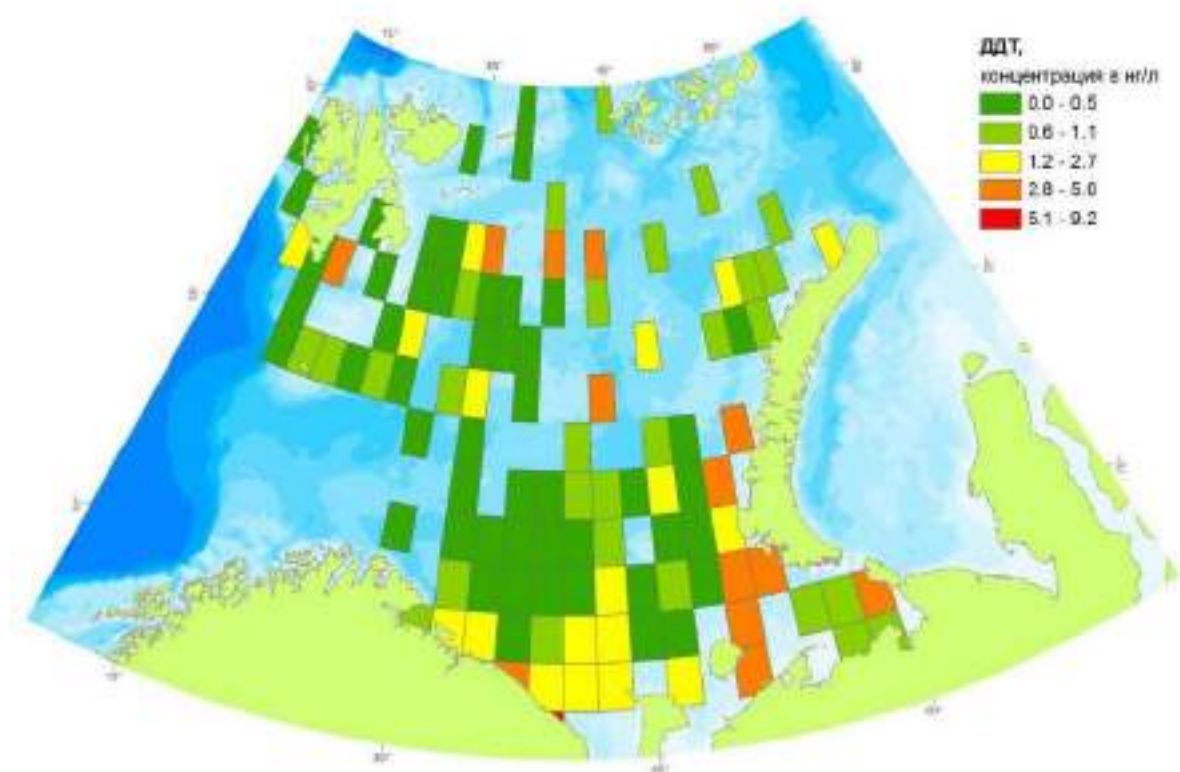
придонный слой

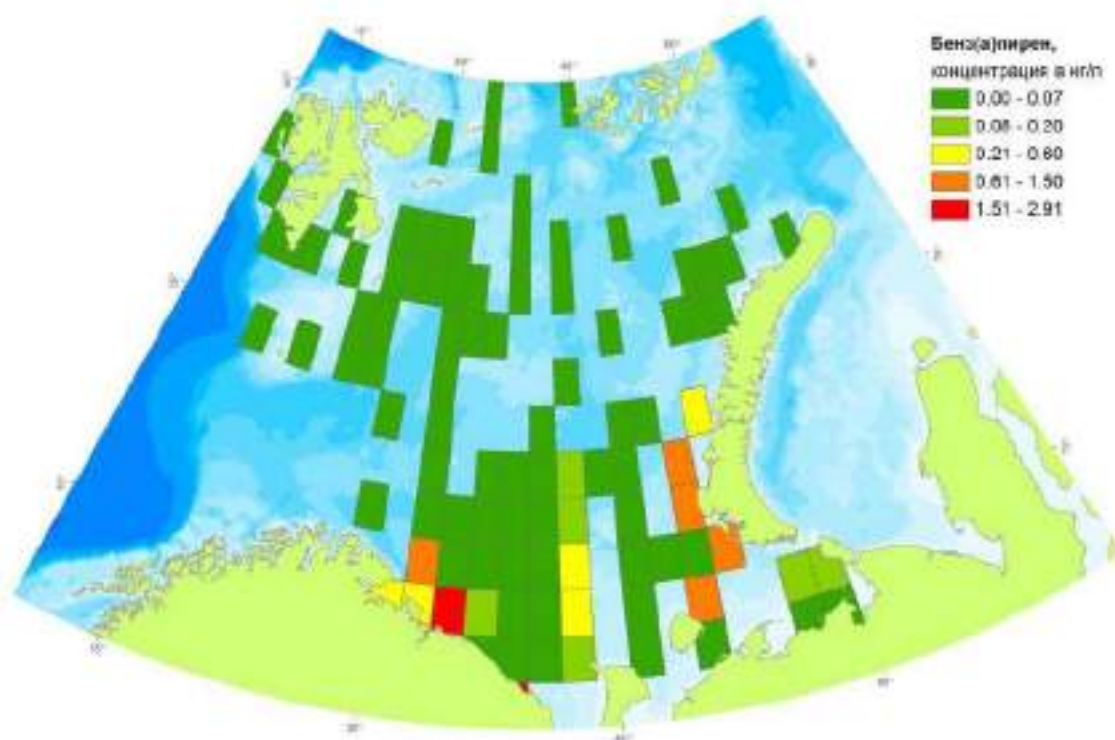
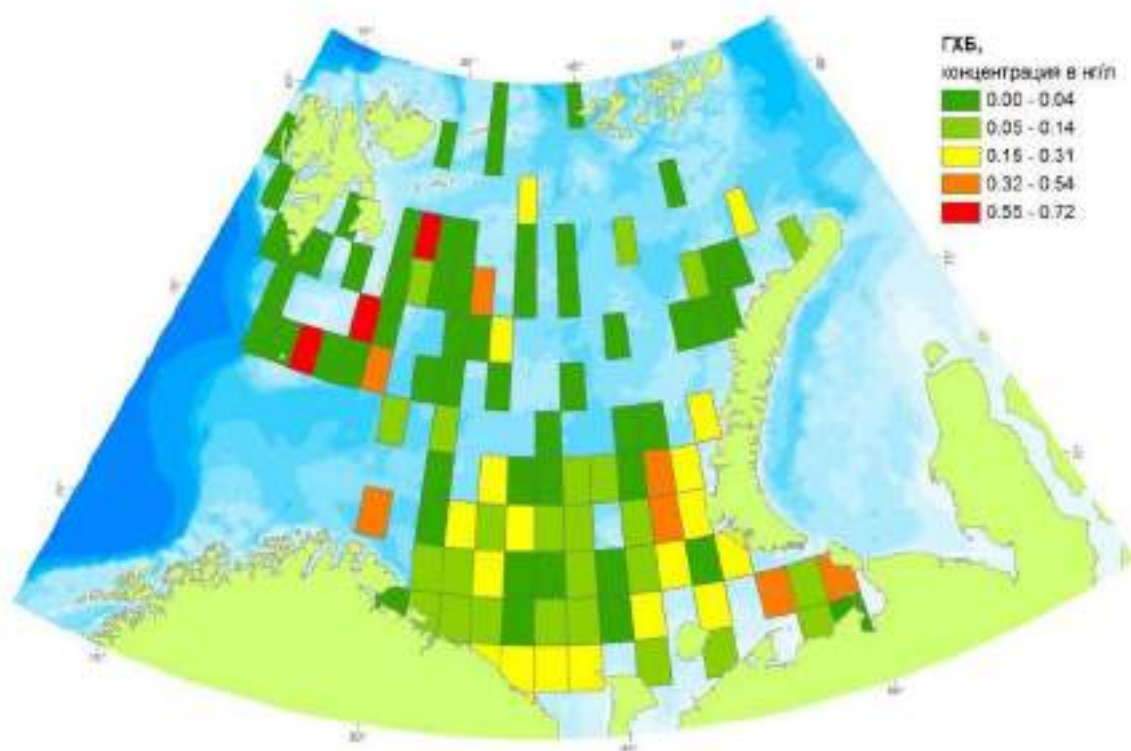


придонный слой



придонный слой





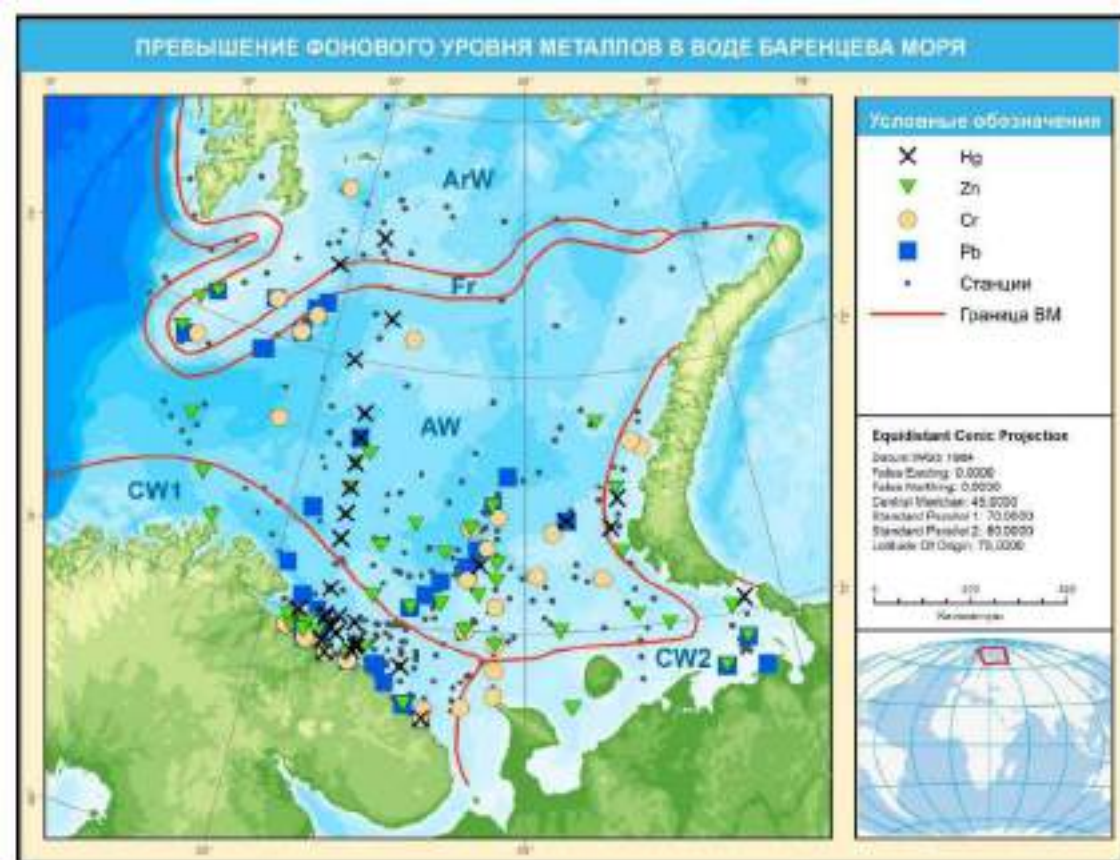
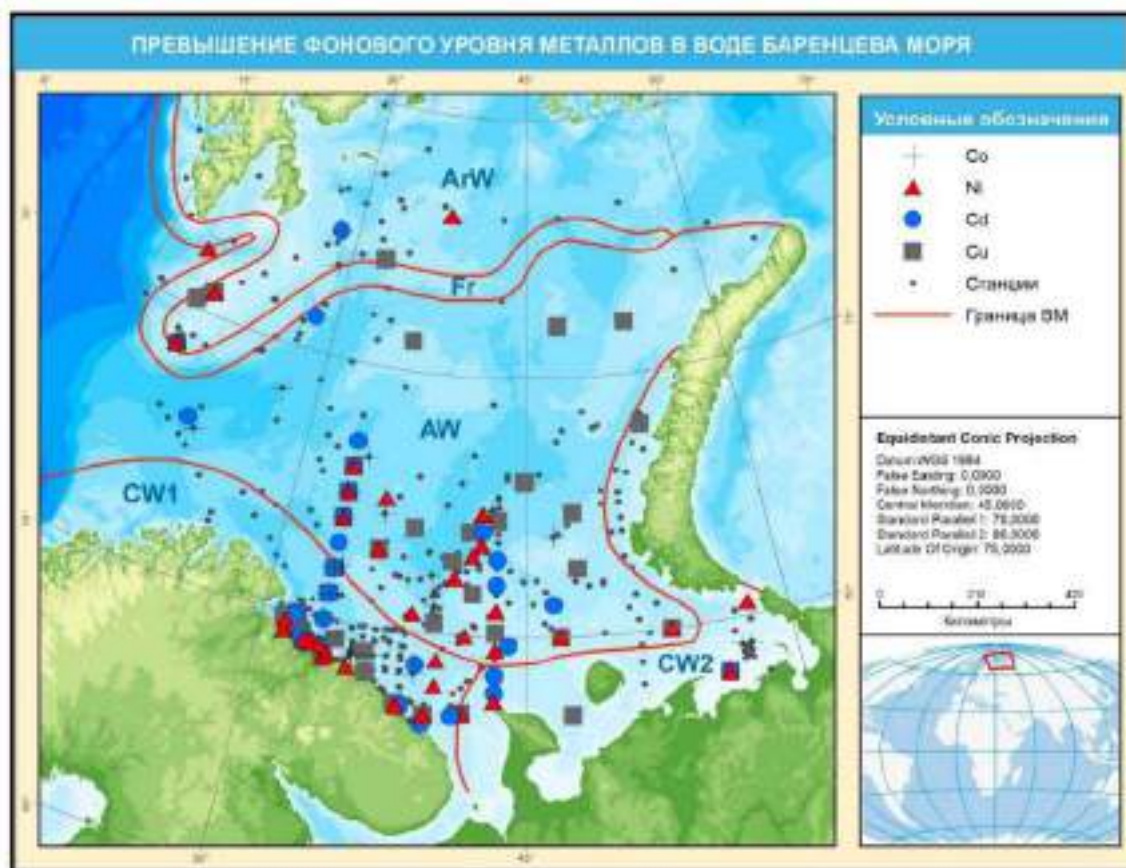
Карты превышения фоновых уровней

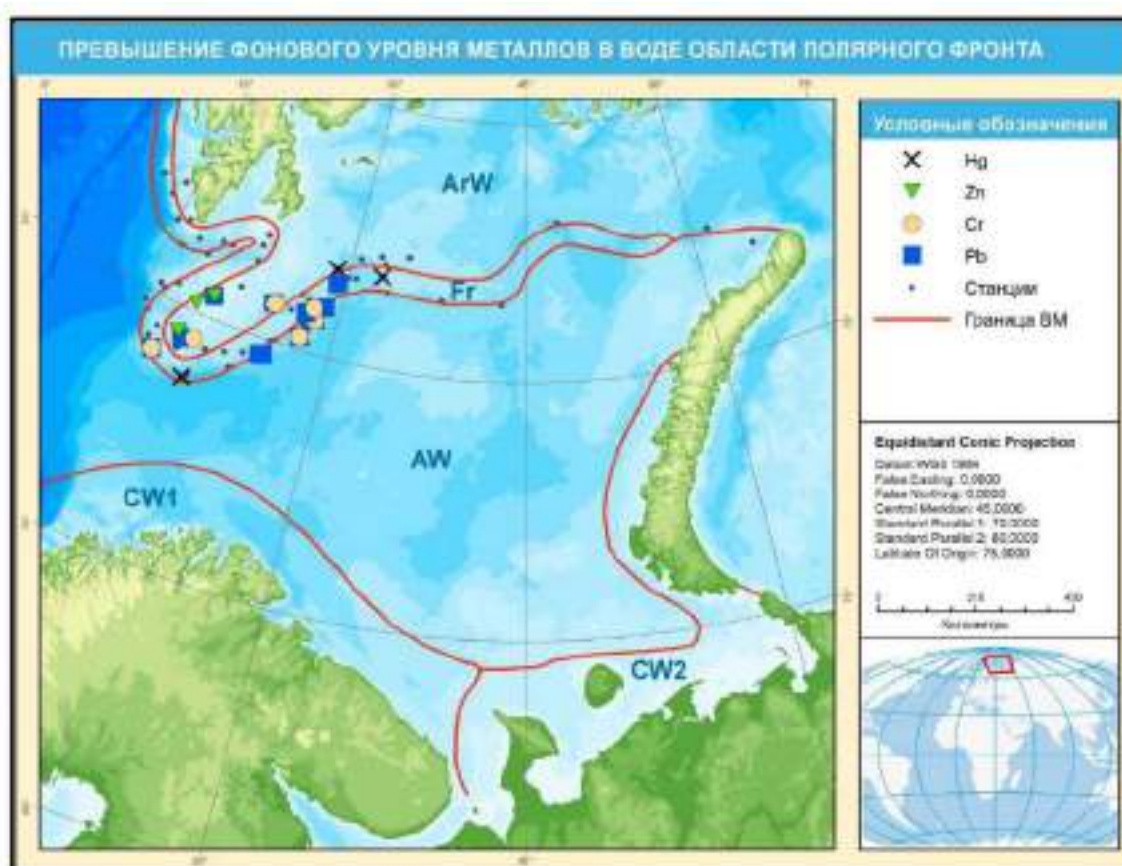
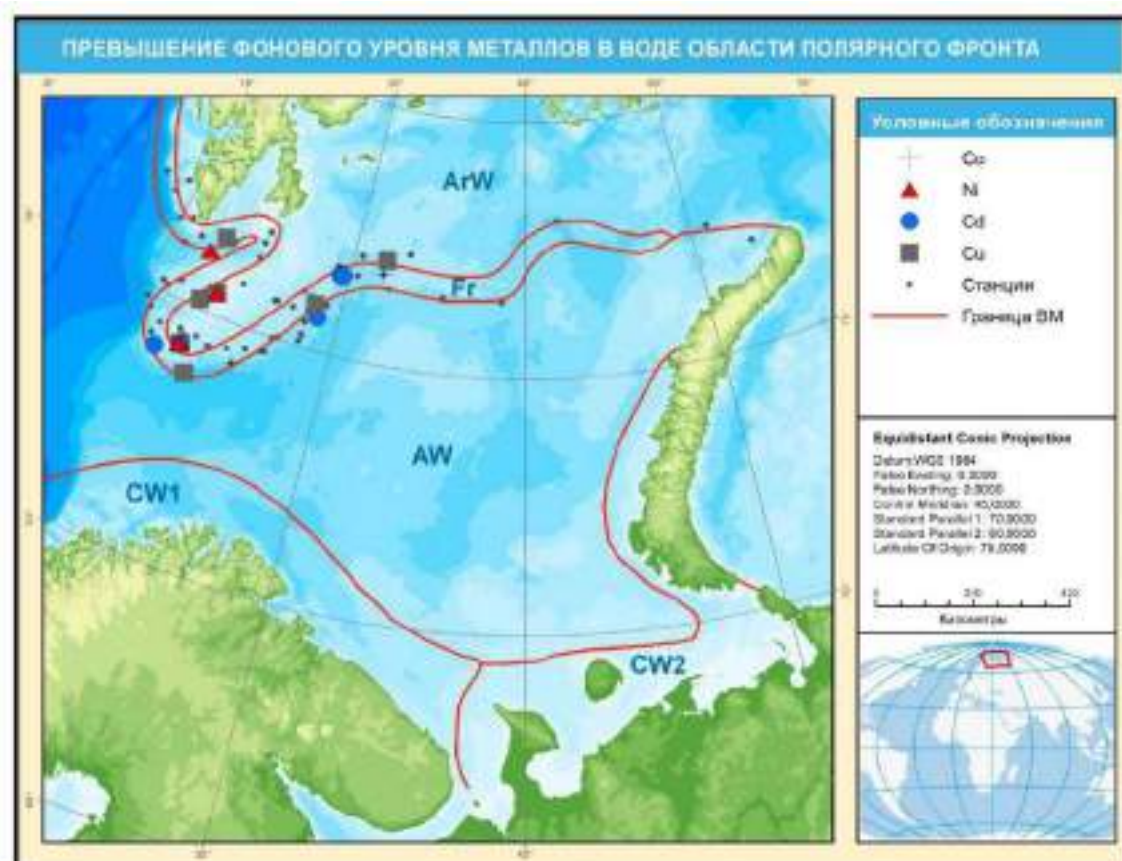
При анализе уровня содержания в воде Баренцева моря микроэлементов, к которым можно отнести и тяжелые металлы, важно отделить антропогенную составляющую от фоновых значений. До определенного уровня содержание тяжелых металлов в морской воде представляет собой глобальный и региональный фон и не может служить показателем техногенного загрязнения. В целях отражения на картах Баренцева моря распределение тяжелых металлов в концентрациях, которые характеризуют собственно техногенное загрязнение применяли вычисленные авторами атласа ранее фоновые значения (Новиков, Драганов, 2017б, 2018б). Эти значения оценивали для каждой из упомянутых выше основных водных масс Баренцева моря и фронтальной зоны отдельно. Соответственно на представленных далее комплексных картах приводится распределение загрязнения отдельными металлами, оцененное для каждой водной массы. В качестве фонового уровня использован непараметрический критерий 95 процентиля, не накладывающий ограничения на закон распределения случайной величины, в данном случае концентраций металлов в воде Баренцева моря.

На представленных картах хорошо прослеживаются районы устойчиво высоких концентраций тяжелых металлов в морской воде – загрязненные районы (станции). Расположение упомянутых районов позволяет сделать некоторые общие заключения о картине загрязнения вод Баренцева моря. Во-первых, в северной части Баренцева моря выделяются загрязненные пограничные области двух водных масс – атлантической и арктической, прилегающие с обеих сторон к фронтальной зоне. Загрязнена и фронтальная зона, которая является зоной аккумуляции взвешенного вещества, на что существуют известные причины (Новиков, Драганов, 2018а). Во-вторых, в южной части Баренцева моря хорошо прослеживается загрязнение прибрежной зоны Кольского п-ова. Загрязнение юго-восточной части Баренцева моря невелико. Вероятно, это локальное импактное загрязнение, связанное с судоходством и стоком р. Печора. В-третьих, в пределах атлантической водной массы имеет место обширная акватория, подверженная устойчивому загрязнению. Это область Центрального желоба и прилегающие к ней воды Мурманской, Гусиной и Северо-Канинской банок. В-четвертых, существует область комплексного загрязнения воды в районе разреза «Кольский меридиан» (33°30' в.д.).

Ниже приводятся соответствующие карты:

- превышения фоновых уровней в водных массах для Co, Ni, Cd, Cu;
- превышения фоновых уровней в водных массах для Hg, Zn, Cr, Pb;
- превышения фоновых уровней во фронтальной зоне для Co, Ni, Cd, Cu;
- превышения фоновых уровней во фронтальной зоне для Hg, Zn, Cr, Pb.





СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость / В.К. Ожигин, В.А. Ившин, А.Г. Трофимов, А.Л. Карсаков, М.Ю. Анциферов ; ПИНРО. – Мурманск: ПИНРО, 2016. – 260 с.

Войнар, А.О. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека / А.О. Войнар. – М.: Советская наука, 1953. – 494 с.

Диагностический анализ состояния окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации (Расширенное резюме) / Отв. ред. Б.А. Моргунов. – М.: Научный мир, 2011. – 200 с.

Занавескин, Л.Н. Полихлорбифенилы: проблемы загрязнения окружающей среды и технологические методы обезвреживания / Л.Н. Занавескин, В.А. Аверьянов // Успехи химии. – 1998. – Т.67, № 8. – С. 788-800.

Запевалов, М.А. Мониторинг стойких органических загрязнителей – объективный и независимый инструмент оценки эффективности Стокгольмской конвенции о СОЗ (2001) / М.А. Запевалов // Химическая безопасность. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 295-307.

Израэль, Ю.А. Антропогенная экология океана / Ю.А. Израэль, А.В. Цыбань. – М.: Флинта, 2009. – 532 с.

Ильницкий, А.П. О канцерогенном полициклическом ароматическом углеводороде бенз(а)пирене в выбросах вулканов / А.П. Ильницкий, А.А. Белицкий, Л.М. Шабад // ДАН СССР. – 1975. – Т.225, вып.1. – С.214-216.

Клюев, Н.А. Определение полихлорированных бифенилов в окружающей среде и биоте / Н.А. Клюев, Е.С. Бродский // Полихлорированные бифенилы. Супертоксиканты XXI века. – Инф. выпуск № 5 ВИНТИ. – Москва, 2000. – С. 31-63.

Кольский залив: освоение и рациональное использование / [Отв. ред. Г.Г. Матишов]; Мурман. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. – М.; Наука, 2009. – 381 с.

Лисицын, А.П. Нерешенные проблемы океанологии Арктики / А.П. Лисицын // Опыт системных океанологических исследований в Арктике. – М.: Научный мир, 2001. – С.31-74.

Лурье, Ю.Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю.Ю. Лурье, А.И. Рыбникова. – М.: Химия, 1974. – 335 с.

Мельников, Н.Н. Химия и технология пестицидов / Н.Н. Мельников. – М.: Химия, 1974. – 768 с.

Микроэлементы в СССР. Вып. 16. Методические материалы. – Рига: Зинатне, 1974. – 79 с.

Мур, Дж. В. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния / Пер. с англ. / Дж. В. Мур, С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 288 с.

Немировская, И.А. Углеводороды в океане (снег-лед-вода-взвесь-донные осадки) / И.А. Немировская. – М.: Научный мир, 2004. – 328 с.

Новиков, М.А. Загрязнение водных масс Баренцева моря / М.А. Новиков, Д.М. Драганов // Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2017620541; правообладатель ФГБНУ «ПИНРО». – № 2017620017; заявл. 09.01.2017 ; зарег. в Реестре баз данных 17.05.2017 (2017а).

Новиков, М.А. Загрязнение воды и донных отложений области Полярного фронта Баренцева моря тяжелыми металлами / М.А. Новиков, Д.М. Драганов // Вестник МГТУ. – 2018а. – Т. 21, № 1. – С. 150-159.

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 // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2017б. – Вып. 34, № 2. – 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 // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2018б. – Вып. 37, № 1. – С.72-83.

Новиков, М.А. Пространственное распределение показателей загрязнения водных масс Баренцева моря / М.А. Новиков, Д.М. Драганов // Водные ресурсы. – 2017в. – Т. 44, № 5. – С.583-589.

О дифференциации углеводородов нефтяного и биологического происхождения в морской воде методом газовой хроматографии / Б.А. Руденко, К.П. Федоров, Б.А. Виноградов, В.Ф. Белов // Тр./ ГОИН. – 1981. – Вып. 162. – С.87-93.

Ожигин, В.К. Водные массы Баренцева моря / В.К. Ожигин, В.А. Ившин. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1999. – 48 с.

Посохов, Е.В. Гидрохимия / Е.В. Посохов. – Ростов: Изд-во Ростовского гос. ун-та, 1965. – С. 138.

Резников, А.А. Методы анализа природных вод / А.А. Резников, Е.П. Муликовская, И.Ю. Соколов. – М.: Недра, 1970. – 488 с.

Ровинский, Ф.Я. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов / Ф.Я. Ровинский, Т.А. Теплицкая, Т.А. Алексеева. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 224 с.

Романкевич, Е.А. Цикл углерода в арктических морях России / Е.А. Романкевич, А.А. Ветров. – М.: Наука, 2001. – 302 с.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.

Химия окружающей среды. – М.: Химия, 1982. – 672 с.

Чибисова, Н.В. Экологическая химия: Учебное пособие / Н.В. Чибисова, Е.К. Долгань. – Калининградский ун-т, 1998. – 113 с.

Экосогласие. Центр по проблемам окружающей среды и устойчивого развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecoaccord.org/pop/2003/0106.htm>. – Загл. с экрана. – Рус. (дата обращения: 07.03.2020).

Яценко, И.Г. Тяжелые нефти России, обогащенные токсоопасными металлами / И.Г. Яценко // Информационно-вычислительные технологии в решении фундаментальных проблем и прикладных научных задач. Сессия ИВТН-2011 (Сборник материалов). – М.: НВК «ВИСТ», 2011. – С. 41.

AMAP Assessment 2002: Heavy Metals in the Arctic. – Oslo: Arctic Monitoring and Assessment programme (AMAP), 2005. – 265 p.

AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). AMAP Assessment 2002: Persistent organic pollution in the Arctic. – Oslo: AMAP, 2007. – 57 p.

Becker, L. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Antarctic Martian meteorites, carbonaceous chondrites, and polar ice / L. Becker, D.P. Glavin, J.L. Bada // Geochim Cosmochim Acta. – 1997. – Vol. 61(2). – P. 475-481.

Clark, R.B. Marine pollution. Fifth edition / R.B. Clark. – Oxford University Press, USA, 2011. – 230 p.

GISLAB. Географические информационные системы и дистанционное зондирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/etopo2.html>. – Загл. с экрана. – Рус. (дата обращения: 07.03.2020).

Cripps, G.C. Baseline level of hydrocarbons in seawater of the Southern Ocean. Natural Variability and regional patterns / G.C. Cripps // Mar. Poll. Bull. – 1995. – Vol. 30, No. 2. – P.133-145.

UNEP, 2002. Central and North East Asia Regional Report, Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances / Ming H. WONG (ed.). – Geneva, 2003. – 115 p.

Jmol colors [Electronic resource]. – Режим доступа: <http://jmol.sourceforge.net/jscolors/#JavaScript%20colors>. – Загл. с экрана. – Англ. (дата обращения: 07.03.2020).

Авторы выражают огромную признательность и благодарность заместителю руководителя Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича) д.б.н. О.В. Титову и заведующему лабораторией рыбохозяйственной экологии к.х.н. А.Ю. Жилину за консультации и информационную поддержку атласа на всех этапах его создания.

Также авторы признательны сотрудникам ПИНРО к.г.н. В.К. Ожигину и к.г.н. В.А. Ившину за ценную информацию о выделении и идентификации водных масс Баренцева моря, а также за предоставленные материалы для выполнения отдельных карт атласа.

Особые слова благодарности настоящим и бывшим сотрудникам лаборатории рыбохозяйственной экологии (ранее прикладной экологии и токсикологии) Н.Ф. Плотицкой, Л.И. Киреевой, А.М. Лаптевой, Т.А. Зимовейской, В.П. Разинкову, У.П. Багрянцевой, А.М. Бондарь за работу по химическому анализу проб воды, результаты которой послужили основой для создания атласа загрязнений Баренцева моря.

Отдельное спасибо всем сотрудникам ПИНРО, принимавшим участие в многочисленных научно-исследовательских экспедициях, благодаря которым был получен первичный материал для химико-аналитических исследований.

Д.М. Драганов, М.А. Новиков

АТЛАС ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ МАСС БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Редактор Е.Н. Кривошеева

Техническое редактирование Е.Н. Кривошеевой

Подписано в печать 22.06.2020 г.

Уч.-изд. л. 27,6.

Заказ 7.

Усл. печ. л. 32,0.

Формат 60x84/8.

Тираж 50 экз.

183038, Мурманск, ул. Академика Книповича, 6, Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО».
«ПИНРО» им. Н.М. Книповича.