



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра ПО ЮНЕСКО-МОК и КУПЗ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

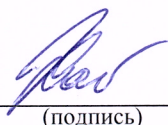
На тему Гидрохимические условия Японского моря

Исполнитель Якименко Александра Сергеевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

Хаймина Ольга Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

Хаймина Ольга Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«19» июль 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

Оглавление

Введение.....	2
Глава 1. Изученность Японского моря	5
1.1 Общие сведения о Японском море	5
1.2 Обзор публикаций	6
1.3 Гидрологические характеристики Японского моря	11
1.4 Гидрохимические особенности Японского моря.....	18
Глава 2. Материалы и методы исследования	26
2.1 Характеристики исходных данных	26
2.2 Методы исследования.....	29
Глава 3. Гидрофизические и гидрохимические характеристики Японского моря в условиях меняющегося климата	32
3.1 Результаты кластерного анализа	32
3.1.1 Температура воды Японского моря.....	36
3.1.2 Соленость.	39
3.1.3 Растворенный кислород.....	41
3.1.4 Биогенные вещества.....	45
3.1.5 Силикаты	50
3.2 Обобщенные результаты	53
Заключение	66
Список литературных источников	68
Приложение А Результаты кластерного анализа распределение температуры воды и солености Японского моря (по данным WOA2018).....	72

Введение

Японское море входит в число наиболее продуктивных регионов Мирового океана. За счет смешения вод холодных и теплых течений, а также муссонного климата, оно характеризуется уникальным разнообразием флоры и фауны, в том числе ценных для промысла видов рыб и гидробионтов.

Японское море имеет высокое экономическое значение для России, Японии и других соседних стран. Вот некоторые примеры.

Рыболовство. Японское море — это один из крупнейших мировых рыболовных районов. Рыболовство является важным источником дохода для Японии и других стран, включая Россию, Китай и Южную Корею.

Транспорт. Японское море играет важную роль в международной торговле и перевозках. Порты на берегах Японского моря — это ключевые транспортные узлы, которые обеспечивают экспорт и импорт товаров через Тихоокеанский регион.

Энергетика. Японское море богато нефтью и газом. Эти природные ископаемые являются важным экономическим ресурсом. В этом регионе находится несколько нефтяных и газовых месторождений и проходит магистральный трубопровод, который связывает Россию и Японию.

Туризм. Японское море, с его уникальными пейзажами и культурной наследием, является популярным местом для туристов из разных стран мира. Курорты, расположенные на берегу Японского моря, предлагают широкий спектр развлечений, начиная от серфинга и путешествий на яхтах до посещения местных термальных источников и известных курортов, таких как Хаконе или Камчатка в России.

Наука и исследования. Японское море является объектом научных исследований, которые помогают понимать многие глобальные проблемы, от

изменения климата до экологических угроз. Различные университеты и научные центры в России, Японии и других странах активно занимаются исследованиями морской жизни, проблем человеческой деятельности на море и влияния международных конфликтов на региональную экономику. Это происходит по стратегии «Голубого роста», созданного ФАО в целях обеспечения равновесия экономического роста, социального развития, продовольственной безопасности и устойчивого использования живых ресурсов водной среды.

Изменяющиеся климатические условия могут оказывать влияние на характер морской хозяйственной деятельности, в частности на развитие промысла и туризма. Поэтому необходимо отслеживать изменения многолетних оценок гидрологических и гидрохимических характеристик Японского моря, находящих свое отражение в Атласах Мирового океана.

Цель исследования: выявить изменения пространственного распределения гидрологических и гидрохимических характеристик Японского моря в условиях меняющегося климата

Задачи работы:

- 1) подготовить обзор публикаций об изученности акватории Японского моря;
- 2) подготовить массивы данных;
- 3) проанализировать распределение гидрологических и гидрохимических характеристик в верхнем 200-м слое Японского моря за выбранный период, используя методы статистического анализа;
- 4) выявить изменения оценок среднемноголетних значений гидрологических и гидрохимических характеристик Японского моря и их пространственного распределения по данным атласов Мирового океана различных лет.

Несмотря на то, что прибрежные зоны Японского моря являются хорошо изученными [1,2,6,8,14] исследования пространственно-временного

распределения характеристик всего моря сохраняют свою актуальность. Именно на это и было направлено исследование, выполненное в рамках квалификационной работе.

Глава 1. Изученность Японского моря

1.1 Общие сведения о Японском море

В настоящее время воды Японского моря активно изучаются несколькими государствами. Это - Россия, Япония, Южная Корея и Китай.

Это небольшое море (рис. 1.1) площадью около 978 тысяч квадратных километров. Оно имеет среднюю глубину около 1,5 километра и максимальную глубину около 3,5 километра.

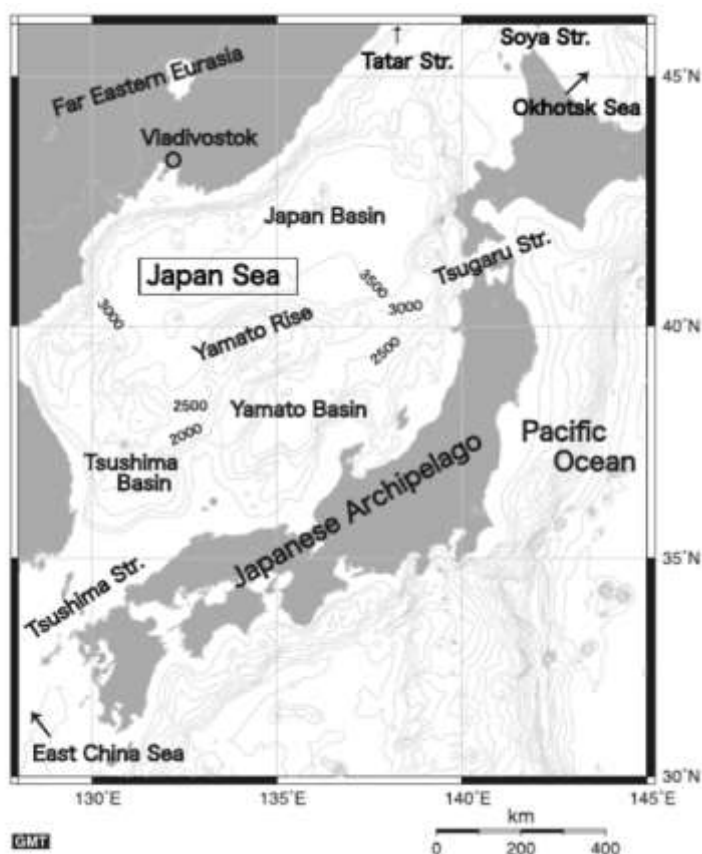


Рисунок 1.1 Японское море [11]

Японское море является одним из самых рыбных морей в мире. Там обитает более 800 видов рыб, включая тунца, угря, камбалу, анчоусов и многих других. В море также встречаются киты, тюлени, акулы и другие виды морской жизни.

На побережье Японского моря расположено много городов, в том числе крупные порты такие как Владивосток, Пусан, Нагасаки и Хакодате. Море также является важным путем судоходства и транспортировки грузов для многих стран.

Одной из главных экологических проблем Японского моря является загрязнение, в том числе отходами и нефтью, что создает угрозу для жизни морских животных и экосистемы моря.

1.2 Обзор публикаций

Японское море считается хорошо изученным. В связи с этим количество литературы как отечественной, так и зарубежной, посвященной данному району достаточно велико. В данной работе были использованы следующие опубликованные материалы.

В источнике [1] были выявлены климатические и гидрологические условия Японского моря. В трудах были показаны важнейшие индивидуальные особенности данной акватории, кратко раскрыты основные направления хозяйственной деятельности. Присутствует объем фактических данных по морфометрии, морфологии берегов, рельефу дна и гидрологии. Можно заметить, что большое значение имеют и особенности гидрометеорологических условий в морях на базе профилирующих океанологических и общих географических дисциплин. В него также включены различные картосхемы и другие иллюстрации. С их помощью можно получить общее представление о распределении климатических и гидрологических характеристик исследуемого моря.

Источник [2] является продолжением [1] и описывает гидрохимические особенности акватории Японского моря. В нем подробно раскрыта информация по каждой из соответствующих характеристик. Иллюстративный материал позволяет в наглядной форме получить представление о значениях гидрохимических характеристик и об особенностях их пространственного распределения по акватории моря.

В монографии [3] представлена комплексная характеристика физических процессов, протекающих в морях, которые омывают берега России. Каждая глава посвящена отдельному морю, его физико-географическому положению, условиям климата и гидрологическому режиму. В главе о Японском море обобщены материалы о данной акватории, накопленные к началу 1980-х годов. С помощью этого источника получилось понять, как раньше выглядела картины изученности гидрохимических характеристик.

В работе [4] авторами представлены результаты по контролю за химико-экологическим состоянием в прибрежных районах г. Владивостока и бухты Новик. Они включают результаты определения содержания растворенного кислорода, биохимического потребления кислорода, перманганатной окисляемости, концентрации органического фосфора и минерального фосфора, позволяющих получить представление о состоянии водной среды в данном районе. Установлено, что дефицит кислорода негативно отражается на качестве среды. По концентрации кислорода в воде судят о биологическом равновесии и экологическом состоянии акватории.

В данном источнике [5] представлены значения стандартных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и уровень загрязнения вод и донных отложений прибрежных районов морей РФ в разные годы. Ежегодник содержит информацию о результатах наблюдений в рамках государственной программы мониторинга морской среды, проводимых 16 химическими лабораториями региональных подразделений Росгидромета. По отдельным регионам использованы данные

Северо-Западного филиала ГУ "НПО "Тайфун" Росгидромета, институтов Российской Академии Наук, других специализированных организаций, а также национальных программ мониторинга морской среды организациями сопредельных стран. Работа по подготовке Ежегодника выполняется в лаборатории мониторинга загрязнения морской среды Государственного океанографического института Росгидромета.

В монографии [6] приведены современные сведения о химическом составе вод океана, формах содержания в растворе отдельных компонентов, их происхождении, взаимодействии и характерных чертах режима. Также говорится о характеристиках гидрохимии внутренних и окраинных морей СССР. Рассматриваются проблемы антропогенных воздействий на гидрохимический режим морских акваторий, борьбы с загрязнениями, опреснения морских вод и т. д.

Работа Бойченко Т.В [7] была направлена на описание процессов, влияющих на загрязнения прибрежных морских вод, и их последствий для экосистем Японского моря. В ней говорится и о том, что за последнее время в районе южного Приморья на несколько порядков возросла численность трофических групп. Описанные в работе подходы, позволяют выявить уровень загрязненности акватории от антропогенного воздействия.

В статье [9] Н.К. Христоворовой и соавторов представлена информация о состоянии вод в заливе Восток (западнее г. Находка). За счет наблюдений в определенные месяцы автором удалось обнаружить, что данный район акватории Японского моря имеет небольшую антропогенную нагрузку, а загрязнение микроорганизмами носит исключительно сезонный характер.

Монография [10] посвящена проблеме сохранения природной среды Мирового океана в условиях активного использования его ресурсов. Впервые обосновано возникновение новой океанологической дисциплины - антропогенной экологии океана, изучающей изменения экологических характеристик морской среды, которые носят глобальный характер и имеют важное значение для экологической оценки состояния биосферы в целом.

Излагаются важнейшие концепции антропогенной экологии океана, обсуждаются их методические возможности и прикладные аспекты. Рассматриваются последствия воздействия антропогенного изменения климата на морские экосистемы.

В статье [11] Тошитака Гамо и соавторы высказывают особое беспокойство о том, что постепенные потери кислорода и потепление придонных вод за последние 30 лет привели к значительному снижению содержания растворенного кислорода и повышению потенциальной температуры. Это, по мнению, составителей свидетельствует об изменении системы глубокой конвекции в Японском море.

В библиографии [13] представлен весь спектр статей и монографий по исследованию Японского моря за последние тридцать лет. В ней приведены обобщённые знания о данном регионе, собранные из представленных источников.

В научной статье П.Ю. Семкина и соавторов [14] содержится информация о гидрохимическом режиме реки Партизанская. Авторами описываются исследования в эстуарии р. Партизанской в период летней межени. Высокие содержания азота в реке позволили сделать выводы по современному состоянию вод в данном регионе.

По исследованиям, проведенными авторами статьи Т.Н. Луценко [15], была представлена информация о происходящих в реке Уссури геохимических процессах. С их помощью получилось дать оценку о концентрациях разных форм азота в акватории реки.

Авторы статьи [16] Чон Ил Ли и Се Ен Пак описывают долгосрочные изменения уровня моря вдоль побережья Южной Кореи. Предоставленная ими информация позволяет увидеть картину процессов, происходящих в Японском море, и отметить, что доминирующими в акватории являются сезонные колебания.

В статье Ю.И. Зуенко и В.В. Надточива [17] содержится информация о современной динамике зоопланктона в Амурском заливе. По мнению

авторов, в годовом цикле планктонное сообщество в данном районе. несколько раз кардинально меняло свой состав и общее обилие. Это позволило выявить девять гидробиологических сезонов для изученной акватории.

В своей работе Зуенко Ю.И. [18] описывает проблемы, с которыми сталкиваются исследователи при изучении адвективной составляющей теплового баланса и компонентами солевого баланса. Авторы отмечают, что исследования этих особенностей не прекращаются и с каждым годом появляются новые методы для этого.

Статья Зуенко Ю.И. [19] посвящена анализу влияния изменения климата на экосистему Японского моря. С его точки зрения, основным результатом выполненного исследования являлось выяснение того, какие именно океанологические процессы и каким именно образом влияют и будут влиять на экосистему Японского моря в процессе происходящих изменений климата. Рассмотрев все самые разные процессы из числа имеющих значение для функционирования экосистем, автор пришел к выводу, что не все из них существенны при передаче эффекта изменений среды климатического масштаба к экосистеме моря: некоторые процессы не имели явной климатической изменчивости, а другие имели, но влияли незначительно.

В статье Лукьяновой О.Н. и соавторов [20] было проанализировано современное экологическое состояние залива Петра Великого. По итогам работы авторам удалось определить, что уменьшение уловов в данной зоне привело к положительному росту популяции видов рыб и улучшило экологическую обстановку. В противовес этому исследователи приводят сведения об ухудшении ситуации в Амурском и Уссурийском заливах, где ведется активная хозяйственная деятельность.

Об особенностях строения дна северо-западной части Японского моря говорится в работе И.Цой и В.Карнауха [21]. Данная статья посвящена исследованиям, которые проводились в течение последних пятидесяти лет.

Авторы отмечали, что для разных регионов одни и те же географические объекты акватории Японского имеют два и более названий.

1.3 Гидрологические характеристики Японского моря

Японское море относится к числу полузамкнутых морем Тихого океана. Оно является окраинным океаническим морем, расположенным между материковым побережьем юго-восточной части Евразии и Корейским полуостровом на западе, Японскими островами и о.Сахалин на востоке и юго-востоке. Море омывает юго-восточные берега России, берега Китая, Республики Корея и Японии. Длина береговой линии составляет 7600 км (3240 км, из которых, лежат в пределах России). Японское море сообщается с другими морями и проливами: на юге – Корейским с Восточно-Китайским и Жёлтым морями, на востоке – Цугару (Сангарский) с Тихим океаном, на севере и северо-востоке – Лаперуза и Невельского с Охотским морем [12].

Площадь поверхности моря в указанных границах без учета островов составляет 1062 тыс. км². На внутренние острова приходится около 8 тыс. км². Средняя глубина равна 1535 м, а максимальная – 4224 м расположена в северной половине моря в районе 43° 00' с.ш., 137° 39' в.д. Объем вод моря равен 1 630 тыс. км³. Его наибольшая длина составляет 2 255 км, ширина — 1 070 км. Периметр моря равен 7 600 км, протяженность береговой линии — 7 307 км [8].

Морской берег, по большей части, слабо изрезан, крут и обрывист. К нему вплотную примыкают горные хребты восточной Кореи, западного Сахалина и Японии. Значительной изрезанностью отличаются берега залива Петра Великого и юга Корейского полуострова. Горные склоны разделены большим количеством долин, по которым протекает множество мелких и коротких рек и ручьев. Речной сток влияет на незначительное распреснение вод Японского моря, хорошо заметное летом в устьевых районах. Дельты речек обычно низменны с отмелыми берегами. Перед устьями рек

формируются песчаные бары, которые частично или полностью перекрывают вход с моря.

Наиболее крупными заливами являются Восточно-Корейский, Петра Великого, Исикари.

Климатические условия

Средние годовые значения температуры воздуха над Японским морем имеют положительный ход. Общее ее повышение с севера на юг составляет около 16°C – от $0\text{--}2^{\circ}\text{C}$ на севере в Татарском проливе и до $15\text{--}16^{\circ}\text{C}$ в южной части моря. Январь и февраль являются самыми холодными месяцами на Японском море. [8]

Минимум температуры воздуха обычно прослеживается в январе (в среднем – от -5.3°C над северо-восточной акваторией до 3.4°C над южной). Наиболее теплым месяцем обычно является август (температура воздуха в данный период времени – от 17.7°C над северо-восточной акваторией до 25.3°C над южной). В июле температура над морем в среднем на $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$ ниже, чем в августе. Более точное представление о климатическом режиме Японского моря дает рисунок 1.2 [8].

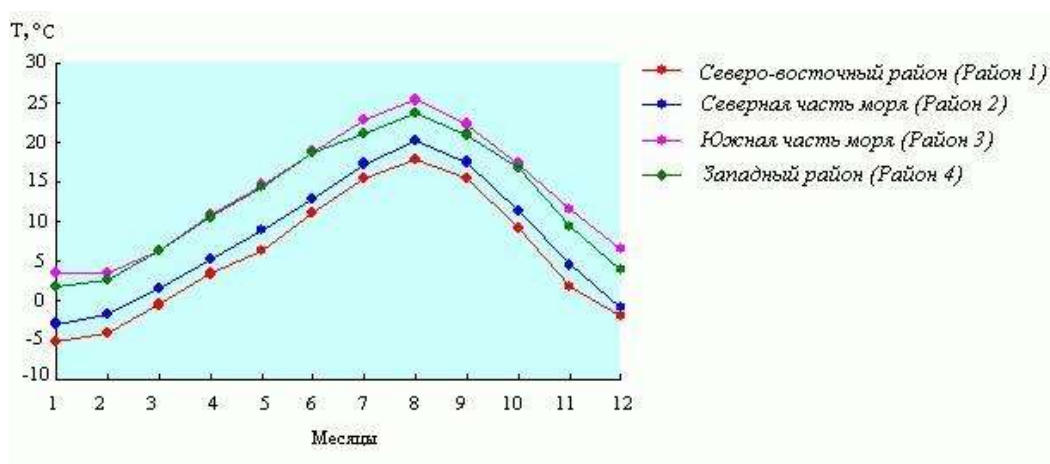


Рисунок 1.2 Годовой ход средних месячных температур воздуха над Японским морем (по данным судовых наблюдений, 1960–1990 гг.) [8]

Вдоль побережья северо-западной части Японского моря (у берегов Приморского края России) зимой, вследствие значительного выхолаживания континента, образуется зона значительных температурных градиентов. Она представляет собой переходную зону между холодной подстилающей поверхностью суши и теплой акваторией моря.

В первой декаде ноября происходит устойчивый переход средних суточных температур воздуха в сторону отрицательных величин на северо-востоке моря. Для центральной северной части моря таким периодом является январь-начало февраля в сторону положительных значения. Для северной части моря такой переход наступает в начала февраля и продолжается до первой половины апреля.

В Татарском проливе период отрицательных температур воздуха составляет более 5 месяцев, при движении в южные районы северной половины моря данный период сокращается примерно на 15 дней на каждый градус широты.

Соленость вод Японского моря

Средняя соленость Японского моря равняется примерно 34,1‰, что несколько ниже средней солености вод Мирового океана. [8]

Зимой наибольшая соленость поверхностного слоя (около 34,5‰,) наблюдается на юге. Наименьшая соленость на поверхности (около 33,8‰) отмечается вдоль юго-восточных и юго-западных берегов, где некоторое опреснение вызывают обильные осадки. На большей части моря соленость равна 34,1‰. В весеннее время на севере и северо-западе опреснение поверхностных вод происходит вследствие таяния льда, а в других районах оно связано с увеличением осадков. Сравнительно высокой (34,6—34,7‰) соленость остается на юге, где в это время усиливается приток более соленых вод, поступающих через Корейский пролив. Летом средняя соленость на поверхности изменяется от 32,5‰ на севере Татарского пролива до 34,5‰ у берегов о. Хонсю [1].

В центральных и южных районах моря осадки значительно превышают испарение, что приводит к опреснению поверхностных вод Японского моря. К осени количество осадков значительно уменьшается, море начинает охлаждаться, в связи с чем увеличивается соленость воды на поверхности.

Вертикальный ход солености характеризуется, в большей степени, небольшими изменениями ее величин по глубине.

Зимой на большей части моря наблюдается однородная соленость от поверхности до дна, которая равна примерно 34,1‰. Только в прибрежных водах прослеживается слабо выраженный минимум солености в поверхностных горизонтах, ниже которого соленость несколько повышается и остается практически одинаковой до дна. В это время года изменения солености по вертикали на большей части моря не превышают 0,6—0,7‰, а в его центральной части не достигают

Весенне-летнее опреснение поверхностных вод формирует основные черты летнего распределения солености по вертикали.

Летом минимальная соленость отмечается на поверхности в результате заметного опреснения поверхностных вод. В подповерхностных слоях соленость увеличивается с глубиной, причем создаются заметные вертикальные градиенты солености. Максимум солености в это время отмечается на горизонтах 50—100 м в северных районах и на горизонтах 500—1500 м в южных. Ниже этих слоев соленость несколько уменьшается и почти не изменяется до дна, оставаясь в пределах 33,9—34,1‰. Летом соленость глубинных вод на 0,1‰ меньше, чем зимой.

Гидродинамика Японского моря

Основные факторы, которые формируют течения в Японском море, — это водообмен через проливы, бароклинность и рельеф дна. [6] Ветер способен усиливать или ослаблять действие перечисленных факторов, но не является определяющим. На поверхности моря преобладают три течения: Цусимское, Восточно-Корейское и Приморское течения. Через Корейский пролив в южной части моря втекает Цусимское течение, движущееся со

скоростью от 0,5 до 1,0 узла вплоть до возвышенности Ямато. Вокруг этого поднятия возникает локальная вихревая циркуляция, огибая которую течение с запада и востока движется на север. Вторая ветвь, берущая свое начало из Корейского пролива, движется на север вдоль полуострова Корея со скоростью 1,0—1,4 узла. На широте 39—40° течение поворачивает на восток и сливается с ветвью Цусимского течения вблизи берегов острова Хоккайдо. При дальнейшем движении этого потока на север, от него ответвляется Сангарское течение в сторону Тихого океана. Его скорость составляет 0,8 узлов, а затем она уменьшается до 0,5—0,7 узлов, когда течение уходит в Охотское море.

На севере Японского моря наблюдается несколько циклонических циркуляций, западные части которых формируют течение под общим названием Приморское. Западная основа самой северной циркуляции (севернее 49°) называется течением Шренка, или Лиманским. В средней части Татарского пролива западная ветвь циклонической циркуляции называется собственно Приморским течением. Оно проходит на расстоянии 10—15 миль от берега со скоростью 0,3—0,4 узла. Небольшая ветвь отделяется от Приморского течения и поступает в зал. Петра Великого. Основной же поток от м. Поворотного направляется в сторону м. Гамова. Здесь течение изменяет свое направление на юго-западное и уже называется Северокорейским. На входе в Восточно-корейский залив эта ветвь течения разворачивается на восток, сливаясь с водами Южнокорейского течения. Одним из крупных и четко заметных циклонических круговоротов является циркуляция вод на широте Сангарского пролива. С глубиной система общей циркуляции вод качественно не меняется. Наибольшие изменения наблюдаются в мелководной северной части моря. На горизонтах 500—1000 м общий характер течений меняется незначительно; происходит лишь уменьшение их скорости с глубиной. Сезонные колебания в системе течений заметны в основном по их скоростям. В период с мая по август происходит интенсификация практически всех струй течений в среднем в 1,5 раза. Зимой

происходит снижение скорости течений. В результате существенно изменяется внутригодовой перенос вод. Так, в Цусимском течении перенос вод в период с марта по сентябрь изменяется от 500 до 3000 тыс. м³ /с [8]. На представленном ниже рисунке 1.3 показана схема течений в Японском море на горизонтах 25 и 50 метров.

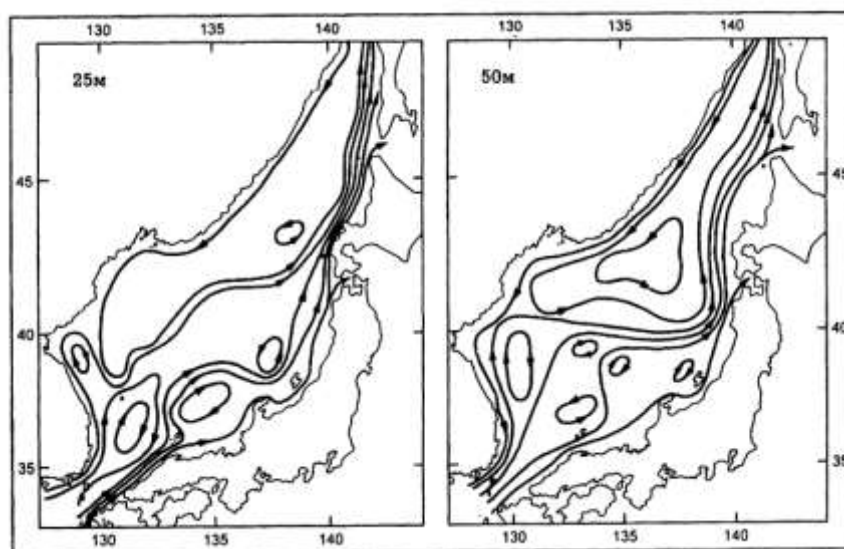


Рисунок 1.3. Схема течений на горизонтах 25 и 50 метрах в Японском море [8]

Ледовая обстановка

Первый лед появляется повсеместно и наблюдается в вершинах бухт и заливов, закрытых от ветра и волнения и имеющих опресненный поверхностный слой воды. [6]. Основными районами образования льда в Японском море являются залив Петра Великого и Татарский пролив. В заливе Петра Великого первое ледообразование обычно наступает во второй декаде ноября вблизи устья р. Раздольная и в заливе Угловой. Немногом раньше начинается ледообразование на участке от мыса Поворотный до мыса Белкина в гавани Тихая Пристань (залив Ольги). В Татарском проливе первое появление льда обычно наблюдается в начале ноября в вершинах заливов Советская Гавань, Де-Кастри и в проливе Невельского. В теплую осень в

заливе Петра Великого и Татарском проливе лед появляется лишь в конце ноября.

Раннее льдообразование в Амурском заливе наступает в начале ноября, а Татарском проливе во второй половине октября. Амплитуда начала устойчивого льдообразования в Японском море достигает 30 дней. В начале декабря происходит интенсивное развитие ледяного покрова, причем, в первую очередь льдом покрываются прибрежные мелководные участки. У берега ледяной покров неустойчив и под действием северо-западных ветров и волнения выносится в море и разрушается. В декабре развитие ледяного покрова вдоль о-ва Сахалин происходит быстрее, чем вблизи материкового берега. Количество льда в северо-восточной части Татарского пролива в это время больше, чем в северо-западной и кромка льда здесь спускается южнее на 10–30 миль чем у материка. К концу декабря количество льда в восточной и западной частях пролива выравнивается и после достижения кромкой льда параллели мыса Сюркум направление кромки меняется: смещение ее на юг вдоль сахалинского берега замедляется, а вдоль материкового берега кромка уходит на юго-запад к мысу Песчаный и далее [1].

В первой декаде января лед заполняет всю северную часть Татарского пролива примерно до широты мыса Ламанон. Ледяной покров достигает наибольшего распространения в середине февраля. Но в годы с экстремально малой ледовитостью максимум распространения льда может наступить на месяц раньше.

Для зим, которые характерны нормой, лед в феврале покрывает северную половину залива Петра Великого, часть Татарского пролива примерно до 48°с.ш. и полосой в 15–40 миль окаймляет побережье Приморья вплоть до залива Рында. Когда на море присутствуют зимы с минимальной ледовитостью, лед заполняет только самую северную часть залива Петра Великого, северную половину Татарского пролива и распространяется вдоль материка до мысов Золотой - Сосунова. В годы с максимумом ледовитости лед заполняет почти весь Татарский пролив, спускаясь у о-ва Хоккайдо до

мыса Камуи, блокирует побережье Приморья, смыкается со льдами, занимающими весь залив Петра Великого, и распространяется вдоль берега на юг в Восточно-Корейский залив вплоть до 39°с.ш.

Процессы разрушения льда в Японском море происходят задолго до начала его весеннего таяния. Уже в середине зимы под действием конвективного теплообмена в зоне кромка льда быстро разрушается. Активное таяние льда обычно начинается в первой половине марта. Уже в середине марта от дрейфующего льда очищаются открытые районы залива Петра Великого и все приморское побережье до мыса Золотой, и лишь в вершинах Амурского, Уссурийского и ряда других глубоко вдающихся в сушу заливов и бухт сохраняется припай. К концу марта кромка льда в заливе Петра Великого разрывается, и лед встречается отдельными пятнами и полосами до середины апреля.

С середины марта кромка льда в Татарском проливе отступает на северо-запад. В первую очередь происходит очищение восточной части пролива у юго-западного побережья о-ва Сахалин. В начале апреля лед сохраняется в западной половине Татарского пролива, а в восточной - лишь севернее Александровска. Раннее очищение Японского моря от льда наступает во второй декаде апреля, позднее - в конце мая - начале июня. Амплитуда сроков очищения моря от льда в зимы с разной ледовитостью достигает немногим более одного месяца [6].

1.4 Гидрохимические особенности Японского моря

Вода Японского моря считается одной из чистейших вод в мире и содержит широкий спектр органических и неорганических компонентов. Состав воды Японского моря может различаться в зависимости от географического положения и сезона.

Основные составляющие воды Японского моря [22]:

- вода - 96–97 %;

- минеральные соли - 1,5–2,5 % (хлориды, сульфаты, карбонаты кальция, натрия, калия и магния);
- органические вещества - 0,01–0,02 % (органические кислоты, аминокислоты, жиры, углеводы);
- микроэлементы - меньше 0,01 % (железо, цинк, медь, марганец, кобальт, молибден, фтор, йод, бром, селен и др.).

Также в воде Японского моря содержатся важные для морских животных и растений вещества - кислород, азот, кремний и фосфор.

В состав вод Японского моря входят различные минералы, включая магний, кальций, калий, натрий, железо и многие другие. Кроме того, в водах моря содержатся микроэлементы, такие как йод и бром, которые имеют важное значение для здоровья человека. В Японском море есть также много морских водорослей, которые значительно обогащают состав воды различными полезными веществами. Например, морские водоросли содержат витамины, белки, каротиноиды и другие фитохимические соединения, которые помогают сохранить здоровье и предотвратить развитие различных заболеваний [22].

Концентрация основных и микроэлементов в Японском море может варьироваться в зависимости от глубины, расстояния от берега и других факторов. Однако, в среднем, следующие элементы присутствуют в морской воде в следующих концентрациях (измеряемых в миллиграммах на литр [22]):

Натрий: 10 800 мг/л

Хлориды: 19 500 мг/л

Калий: 380 мг/л

Магний: 1 350 мг/л

Кальций: 420 мг/л

Сера: 880 мг/л

Фосфор: 0,073 мг/л

Кроме того, в японском море можно найти следующие микроэлементы:

Стронций: около 8 мкг/л

Железо: около 0,1 мкг/л

Медь: около 0,05 мкг/л

Цинк: около 0,2 мкг/л

Молибден: около 0,001 мкг/л

Кобальт: около 0,003 мкг/л

Эти элементы необходимы для поддержания жизни в морской воде, а также для обеспечения здоровья рыб и других гидробионтов, которые являются источником питания для людей.

В Японском море есть несколько зон с различной концентрацией солей и других веществ:

Зона поверхностных вод. В этой зоне самая низкая концентрация солей, так как она наиболее подвержена влиянию осадков, сезонных изменений температуры и движений океанских течений.

Концентрация солей в поверхностной зоне Японского моря зависит от многих факторов, включая климатические условия, течения, приливы, географическое расположение и зональность.

Общая соленость поверхностных вод Японского моря составляет от 33 до 35 промилле. На севере моря, в районе острова Сахалин, соленость ниже, а на юге возрастает. Также соленость поверхностных вод у берегов Японии может меняться в зависимости от сезона и течений.

Более высокая концентрация солей в поверхностной зоне Японского моря наблюдается в районе Цусимского течения, которое течет вдоль восточного побережья Корейского полуострова и Японии. Это течение принимает теплые воды из Тихого океана и несет их в Японское море, где они охлаждаются.

Также высокая концентрация солей может наблюдаться в районе прилегающих к морю зон суши, где происходит испарение воды, и концентрация солей возрастает.

Концентрация солей и химических веществ в поверхностной зоне Японского моря может изменяться в зависимости от многих факторов, таких как география, климатические условия и промышленная деятельность.

Обычно содержание солей в Японском море составляет около 3,3%, что является типичным значением для морской воды. Вода в Японском море более минерализованная, чем в Тихом океане, что связано с большим количеством приливов и отливов, а также с наличием множества островов и береговой линии.

Химический состав воды Японского моря также может быть различным в зависимости от региона. Например, в районе Хокурику на западном побережье моря содержание марганца может быть выше, чем в других районах. Вода в районе Корейского полуострова может содержать большое количество нитратов благодаря промышленно развитым прибрежным городам в Корее.

Также наличие водорослей и рыб в Японском море может влиять на концентрацию химических веществ в воде. Например, вода может содержать большое количество фосфатов в бухте Исэ, где развиты масляничные растения.

В целом можно сказать, что концентрация солей и химических веществ в поверхностной зоне Японского моря изменяется в зависимости от ряда факторов и может различаться в разных его регионах.

Зона воды средней глубины. В этой зоне концентрация солей выше, чем на поверхности. Это объясняется тем, что она находится на большей глубине и не подвержена поверхностным воздействиям.

Концентрация солей и химических веществ в зоне воды средней глубины Японского моря зависит от многих факторов, таких как приливы, течения, температура воды и давление.

Общая соленость в Японском море составляет примерно 34-35 практических единиц (‰). Некоторые из наиболее распространенных ионов,

обнаруженных в морской воде, включают натрий, хлориды, магний, кальций и калий.

Кроме того, в Японском море обнаружены различные химические вещества, такие как ртуть, свинец, цинк, медь, арсен и кадмий. Они могут попадать в морскую воду из различных источников, таких как промышленные выбросы, сельскохозяйственные отходы, нефтяные разливы и др.

Концентрация этих веществ может варьироваться в зависимости от местоположения и времени года. Например, летом уровень кислорода в воде может падать из-за повышенной температуры воды и бурного размножения водорослей, что может привести к неблагоприятным условиям для рыб и других морских животных.

Зона дна моря. В этой зоне соли и другие вещества концентрируются наиболее сильно, так как она находится на большей глубине и не подвержена пресной воде, которая может смешаться с морской.

Концентрация солей и химических веществ в зоне дна Японского моря может значительно варьироваться в зависимости от местных условий и влияния человеческой деятельности. Однако в целом, соленость Японского моря варьирует в пределах от 33 до 35 практических единиц (псу), что сравнимо с другими морями и океанами.

Водорастворимые ионы, такие как натрий, калий, магний, кальций, хлор, сульфат и бикарбонат, также присутствуют в морской воде и могут влиять на ее химический состав. В зоне дна моря могут накапливаться различные тяжелые металлы, такие как ртуть, свинец, кадмий, медь и цинк, которые могут быть опасны для морских организмов и здоровья человека, если их концентрация превышает допустимые нормы.[8].

Одной из основных проблем, связанных с загрязнением Японского моря, является выброс промышленных отходов и нефтепродуктов, засорение пластиковыми отходами и радиоактивное загрязнение, связанное с аварией на Фукусимской АЭС в 2011 году. Эти факторы могут негативно влиять на

качество морской воды и оказывать вредное воздействие на морские организмы и биологическое разнообразие зоны дна Японского моря. [23]

Зона прибрежных вод. В этой зоне концентрация солей может быть выше или ниже, в зависимости от того, в каком месте находится прибрежный регион и какие реки в него впадают. Например, вблизи устья реки концентрация солей может быть ниже.

Концентрация солей и химических веществ в прибрежных водах Японского моря может варьироваться в зависимости от многих факторов, таких как сезон, географическое расположение и наличие промышленности и сельского хозяйства вблизи берегов.

Одним из ключевых компонентов солей в прибрежных водах Японского моря является натрий, который представлен в виде хлоридов, сульфатов и карбонатов. Кроме того, в водах могут содержаться различные минеральные элементы, такие как калий, магний, кальций и фосфаты.

Соленость прибрежной воды Японского моря колеблется в зависимости от глубины и местоположения. Наибольшая соленость наблюдается у восточного побережья и на глубинах более 100 метров. В более мелких заливах и бухтах соленость может быть значительно ниже.

Что касается концентрации химических веществ, то она может сильно варьироваться в зависимости от источника загрязнения. Например, прибрежные воды в районах промышленности и сельского хозяйства могут содержать высокие уровни нитратов, фосфатов, пестицидов и других химических веществ, которые могут быть вредными для морской жизни и человеческого здоровья.

В целом можно сказать, что концентрация солей и химических веществ в прибрежных водах Японского моря достаточно сложна и нуждается в постоянном мониторинге и контроле для обеспечения здоровья, и безопасности морской жизни и людей, живущих в прибрежных районах. [8]

Экологическое состояние (загрязнение и его последствия)

В данный момент Японское море находится под угрозой экологического риска из-за нескольких факторов, включая перелов рыбных ресурсов, браконьерство, загрязнение воды, изменение климата и разработку береговых зон.

Одним из главных проблем является чрезмерный вылов рыбы, которое приводит к снижению их количества и экономической ущербности местным общинам. Существуют также проблемы с промыслом китов, который также может угрожать экосистемам моря и его жителям.

Загрязнение воды также является проблемой для Японского моря, особенно из-за промышленной деятельности, мусора и нефтяных разливов. Это может привести к снижению качества воды и влиять на здоровье морских видов.

Изменение климата, также является фактором, который может влиять на экосистемы морей, включая Японское море. Увеличение температур воды может привести к снижению количества некоторых видов рыб, а повышение уровня моря может привести к уничтожению прилегающих береговой линии видов.

Разработка береговых зон, также влияет на экологическую ситуацию Японского моря, поскольку это может привести к снижению пляжей и разрушению местных экосистем. Некоторые проекты также могут быть причиной загрязнения воды и увеличение закрытия мест для рыболовства и других открытых видов деятельности.

Японское море является одним из самых загрязненных морей в мире. Оно подвергается загрязнению из различных источников, таких как промышленность, сельское хозяйство, сбросы сточных вод, нефтяные разливы и т.д. Среди основных загрязняющих веществ можно выделить нефть, пестициды, тяжелые металлы и пластиковые отходы.

Одним из наиболее серьезных загрязнителей является Чернобыльская катастрофа, произошедшая в 1986 году. Вследствие этого в Японское море

поступило большое количество радиоактивных веществ, которые до сих пор оказывают влияние на экологию региона.

Одной из самых серьезных проблем является загрязнение пластиковыми отходами. Каждый год в море попадает около 8 млн тонн пластика, которые вредят морской фауне и флоре, а также в конечном итоге могут попадать в пищевую цепочку.

Несмотря на то, что японские власти принимают меры по борьбе с загрязнением моря, проблема все еще остается весьма актуальной и требует комплексного решения. [24]

Глава 2. Материалы и методы исследования

2.1 Характеристики исходных данных

Японское море является одним из самых оживленных морей в мире с точки зрения транспортного и экономического потенциала. Однако, как и в других морях, в нем есть ряд проблем, связанных с ухудшением качества воды, особенно в прибрежных районах. В этой связи актуальными являются исследования гидрохимического состояния и качества воды в Японском море.

Современные методы и инструменты для исследования гидрохимии включают в себя анализы физико-химических параметров, таких как температура, соленость, концентрация кислорода, питательных веществ и токсичных веществ. Кроме того, существуют методы анализа микробиологических показателей и морской флоры и фауны.

В качестве исходных материалов для работы были использованы данные о гидрофизических и гидрохимических характеристиках из атласов Мирового океана по акватории Японского моря [26-28].

Основным источником информации для данной работы являются архивы Азиатско-Тихоокеанского центра обработки данных [25]. Интерфейс сайта представлен на рисунке 2.1. Это глобальная сеть данных, позволяющая отслеживать происходящие в Мировом океане климатические, гидрологические и гидрохимические процессы в любой период времени. Основной миссией сайта является более четкое понимание изменчивости климата в Азиатско-Тихоокеанском регионе путем развития вычислительной инфраструктуры, управления данными и сетевой инфраструктуры, необходимой для обеспечения легкодоступности ресурсов данных и их использования исследователями.



Рисунок 2.1 Интерфейс сайта APDRC

Материалы были извлечены для расчетной области $33,5^{\circ} - 47,5^{\circ}$ ш. и $129,5^{\circ} - 140,5^{\circ}$ в.д. из набора данных океанологического атласа WOA [26] в сетке с расширением 1° . Использованные данные представляли собой массивы, осредненные за каждый месяц в течение периода с 1955 по 2017 годы по гидрофизическим и гидрохимическим характеристикам Японского моря в поверхностном 200-м слое. Выбранный для исследования регион представлен на рисунке 2.2.

Представленные в таблице 1 данные использовались в качестве основной базы для оценки пространственного распределения гидрофизических и гидрохимических характеристик в Японском море, осредненных за период с 1955 по 2017 гг.

Атлас CSIRO_CARS2009 [28] представлял собой массив данных по характеристикам Японского моря, накопленных к 2009 году в базе APDRS.

Еще одним справочным материалом служил Атлас океанов. Тихий океан 1974 года [27]. Этот источник представлял собой данные по Тихому океану в виде карт распределения гидрофизических характеристик.

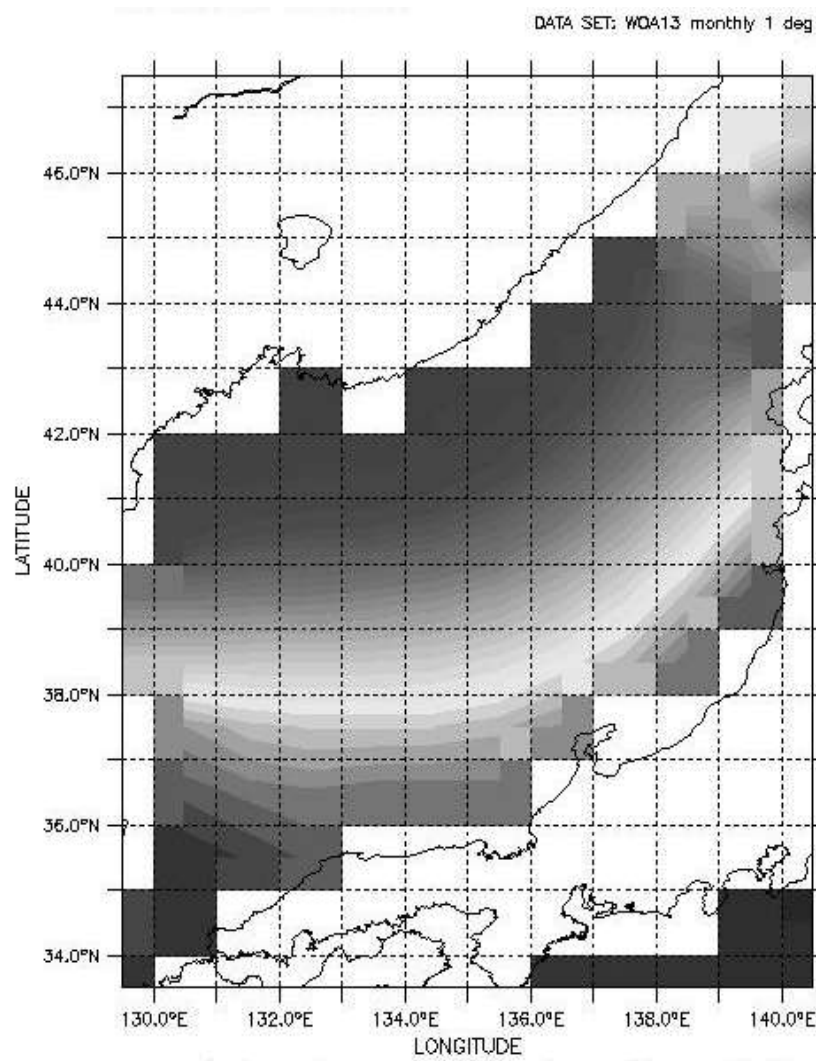


Рисунок 2.2. Схема расчетной области для Японского моря атласа WOA 2018 года [25]

Таблица. 1. Массивы данных и их описание

Характеристика	Источник	Период осреднения	Простран. разрешение
1	2	3	4
Температура воды, °C	WOA http://apdrc.soest.hawaii.edu/las/v6/dataset?catitem=20635	Среднемесячные	1°×1°

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4
Соленость, ‰	WOA http://apdrc.soest.hawaii.edu/las/v6/dataset?catitem=20635	Среднемесячные	1°×1°
Растворенный кислород, мл/л	WOA http://apdrc.soest.hawaii.edu/las/v6/constrain?var=21121	Среднемесячные	1°×1°
Нитраты, моль/л	WOA http://apdrc.soest.hawaii.edu/las/v6/constrain?var=21123	Среднемесячные	1°×1°
Фосфаты, моль/л	WOA http://apdrc.soest.hawaii.edu/las/v6/constrain?var=21124	Среднемесячные	1°×1°
Силикаты, моль/л	WOA http://apdrc.soest.hawaii.edu/las/v6/constrain?var=21125	Среднемесячные	1°×1°

2.2 Методы исследования

Основными методами исследования в данной работе являлись:

- оценка первичных статистик;
- кластерный анализ;

- метод К-средних.

Для каждого месяца в квадратах осреднения данных в пределах поверхностного слоя 0 – 200 метров были рассчитаны средние значения гидрофизических и гидрохимических характеристик и их стандартные отклонения.

Следующим шагом работы было приведение полученных данных к нормированным значениям путем стандартизации. Этот метод представляет собой приведение данных к некому стандарту для сравнений их между собой. Стандартизация осуществляется с помощью преобразования исходных данных в значения, которые характеризуют их позицию по отношению к среднему значению и стандартному отклонению. Метод стандартизации значения представлен в формуле ниже:

$$\dot{x} = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x} \quad (1)$$

где $\dot{x}$ – стандартизация, x – значение в выборке, $\bar{x}$ – среднее значение выборки, σ_x - стандартное отклонение.

Для более глубокого анализа данных был задействован кластерный анализ. Это метод анализа, позволяющий использовать для исследования структуры и группировки объектов на основе их сходства [29]. Он основан на анализе множества данных и выделении групп объектов, которые имеют сходные свойства. Так, нормированные значения характеристик были поделены на кластеры с помощью методов многомерного статистического анализа (кластерный анализ и метод К-средних), реализованных в программе PAST4.

Процесс кластерного анализа включал в себя несколько шагов:

- 1) выбор метода кластеризации. В данной работе использовались методы Варда и К-средних;
- 2) выбор меры сходства: эвклидово расстояние;

3) выбор числа кластеров: был произвольным для метода Варда и заданным по результатам применения кластерного анализа для метода К-средних.

Результаты кластерного анализа визуализировались в виде дендрограмм, а также были нанесены на карты Японского моря. С их помощью далее и был произведен анализ, описанных в следующей главе.

Глава 3. Гидрофизические и гидрохимические характеристики Японского моря в условиях меняющегося климата

В ходе работы удалось выяснить, что осредненные за весь период значения имели разный диапазон и изменялись в зависимости от сезона и района.

Для точного определения изменчивости выбранных характеристик были использованы данные атласов по горизонтам в 0, 20, 50, 100, 150 и 200 метров.

Такой выбор был сделан в пользу большей заинтересованности именно поверхностным слоем Японского моря. Этот слой богат не только биогенными веществами, но и биоразнообразием видов. Также именно в этом слое протекает подповерхностный максимум концентрации растворенного кислорода. Происходит это по двум главным причинам, являющимся противоположными. Первая, это активные процессы жизнедеятельности фитопланктона, а вторая – прогрев поверхностных вод.

3.1 Результаты кластерного анализа

При выполнении кластерного анализа для весеннего периода (март-май) использовался следующий набор характеристик: температуры воды и солености. Результат классификации представлен на рисунке 3.1, а также в приложении А.

На представленной дендрограмме мы можем наблюдать, как значения в слое 0-200 метров делились на кластеры.

Рисунки 3.2-3.5 выполнены с целью более точной оценки распределения характеристик и их изменения на различных глубинах. Для распределения температуры воды и солености на поверхности моря были выделены четыре кластера. Кластер 1 представлен на рисунке 3.2(а) в черном

цвете. Мы можем заметить, что он более выражен в северной части акватории.

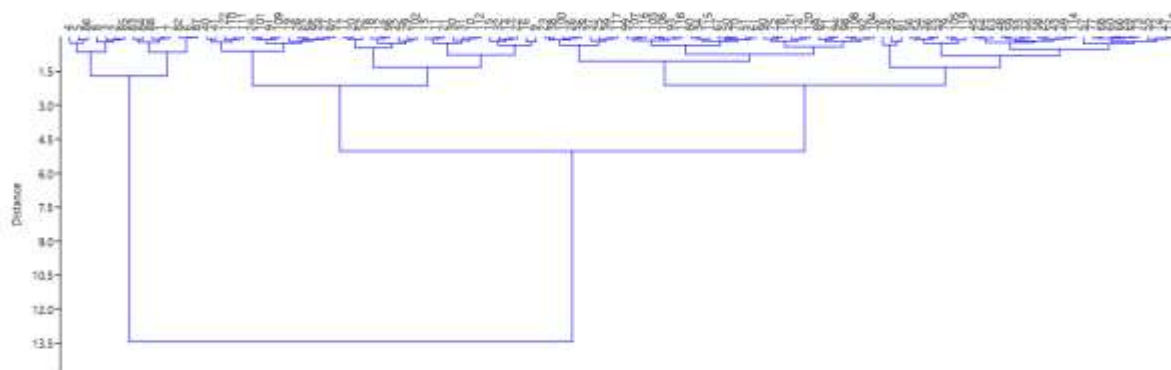


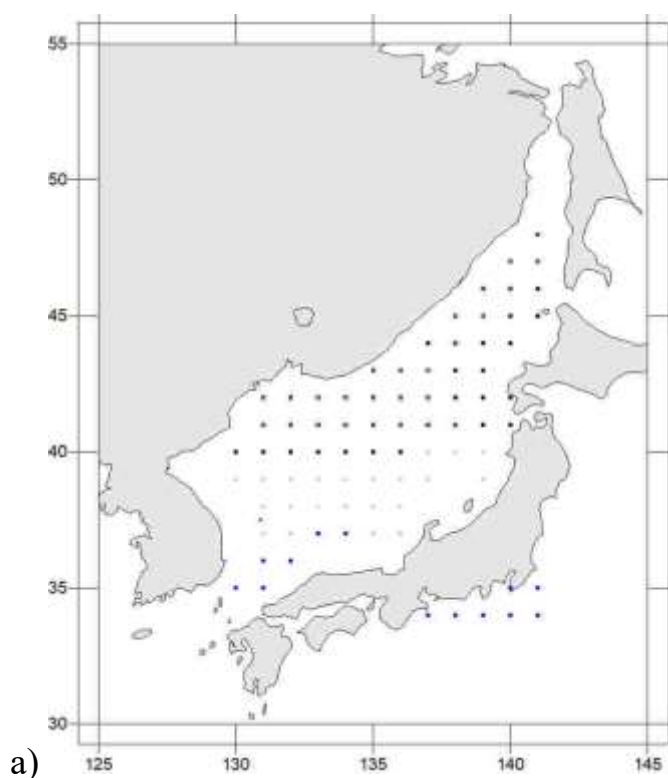
Рисунок 3.1. Пример дендрограммы результатов кластерного анализа термохалинных характеристик Японского моря. Глубина 150 м. Март-май (по данным WOA2018)

Это может быть связано с наличием в этом районе течений со стороны Охотского моря. В центральных районах моря преобладают кластеры 1 и 2 (обозначен серым цветом). Синим выделен 3 кластер. Область, объединенная в этот кластер, скорее всего, связаны с наличием в этой зоне теплых вод Восточно-Китайского моря.

На глубине 50 метров (рисунок 3.2б) были выделены четыре кластера, обозначенные разным цветом. Так, в северной части Японского моря преобладает группа узлов, принадлежащих к кластеру 1. В открытом море мы наблюдаем распределение значений кластера 2. У берегов Японии преобладающим является кластер 3, а группа узлов, относящихся к 4 кластеру, располагается на самом юге моря.

Для распределения термохалинных характеристик на глубине 100 метров (рисунок 3.3а) было определено три кластера. Доминирующим является кластер 1, выделенный на карте черным цветом. Он просматривается по всей северной части Японского моря и в центральной

части акватории. Для 2 кластера характерно распределение вдоль берегов японских островов и в районе открытого моря. Области кластера 3 наблюдается в южном регионе.



б)

Рисунок 3.2 Распределение кластеров термохалинных характеристик на глубине 0 метров (а) и 50 метров (б) в Японском море по данным WOA 2018. Март-май

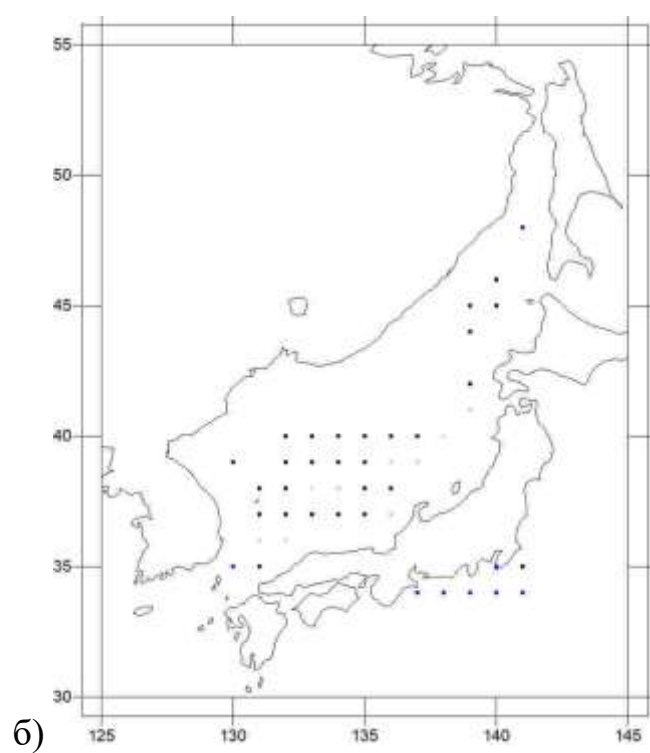
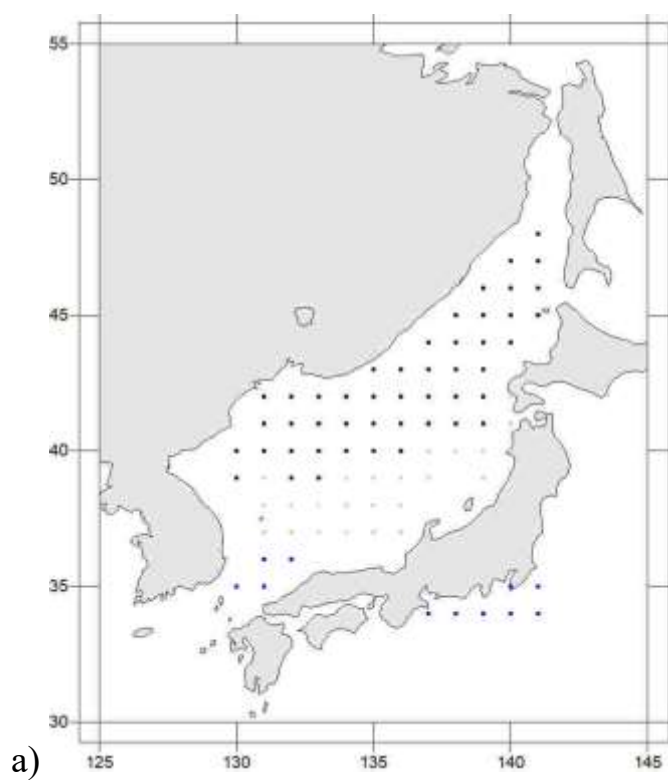


Рисунок 3.3 Распределение кластеров термохалинных характеристик на глубине 100 метров (а) и 150 метров (б) в Японском море по данным WOA.

Март-май 2018

На рисунке 3.3б представлена кластеризация на глубине 150 метров в весенний период. Мы можем заметить, что распределение кластеров на этой глубине сконцентрировано в одной зоне в центральной части моря ближе к берегам Японии.

Результаты кластерного анализа представлены в таблице 2. В ней показаны средние значения температуры воды и солёности и их изменение на глубине для обобщенных величин исследуемых характеристик атласа WOA 2018.

Можно говорить о том, что средняя температура воды на глубинах 0 и 20 метров не изменялась на всей акватории Японского моря и имела средние значения, равные 7,9°С. С глубиной мы наблюдаем заметное уменьшение значений вплоть до 1,2°С на глубине 200 метров.

Среднее значение солёности изменялось для каждой из выбранных глубин (таблица 2). Меньшие значения данной характеристики в поверхностном слое свидетельствуют о влиянии речного стока. Наибольших средних значений солёность достигает на глубине 20- 50 метрах и составляет 34,2 ‰, что свидетельствует о наличии подповерхностного максимума солёности.

.

Таблица 2 Средние значения термохалинных характеристик

Горизонт, м	T, °C	S, ‰	T', °C	S', ‰
0	7,877	34,158	0,399	-0,024
20	7,877	34,191	0,399	0,129
50	6,932	34,194	0,202	0,146
100	5,641	34,176	-0,068	0,059
150	4,487	34,150	-0,309	-0,063
200	1,215	34,066	-0,993	-0,454

3.1.1 Температура воды Японского моря

Температура воды является одной из основных гидрофизических характеристик моря. С помощью анализа данных можно выявить следующие тенденции изменчивости температуры поверхностного слое.

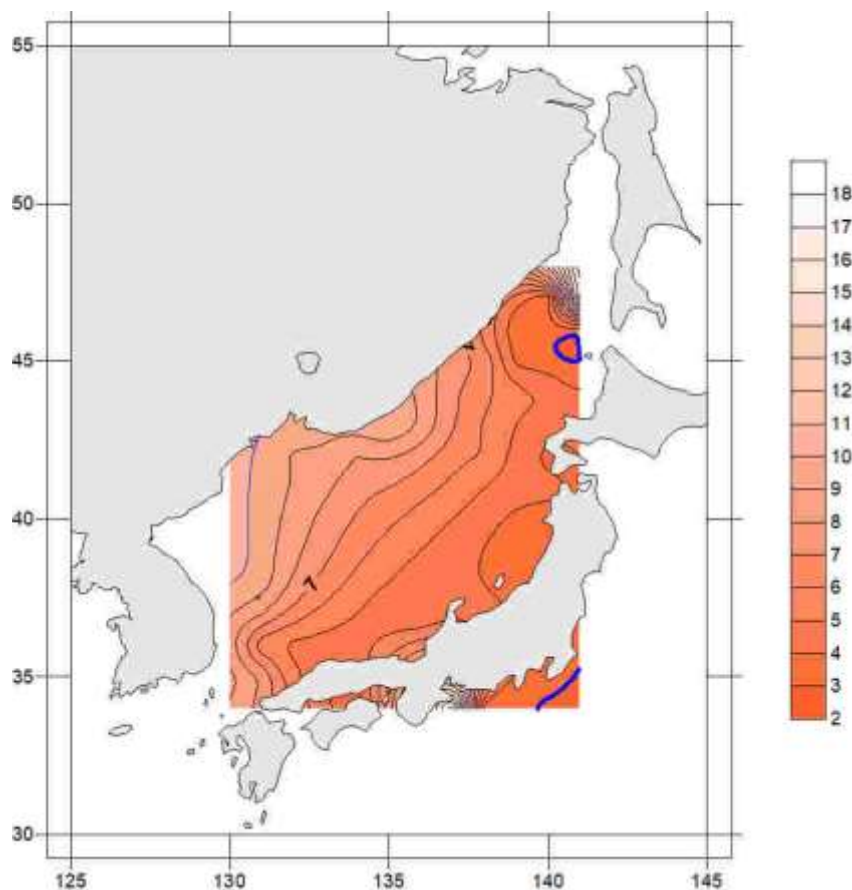


Рисунок 3.1.1.1 Температура воды (°C) в Японском море в декабре-феврале в слое 0-200 метров

На рисунке 3.1.1.1 представлена карта распределения температуры воды исследуемой акватории в зимний период (с декабря по февраль). Изолиниями показаны нормированные значения температуры воды. Для наглядности было решено поделить их на кластеры. Всего их можно заметить три. (выделены синими линиями). Деление на кластеры было произведено следующим образом:

- районы с нормированными значениями температуры от 7°C и выше, находящихся в южной части моря у берегов Японии;

- открытое море, где значения колеблются от 2°C до 7°C
- северная часть моря со значениями до 2°C.

На рисунке 3.1.1.2 представлены нормированные значения температуры воды в 200-метровом слое за весенний период (март-май). Как мы можем заметить, максимальные значения достигаются у берегов Японии и составляют около 17°C. В то время, как в северной части моря они доходят и до 1°C. Здесь также было выделено три кластера синим цветом. Первый кластер содержит значения температуры ниже 5°C. Второй кластер расположен в пределах от -5°C до 10°C. Для третьего кластера был выбран диапазон от 10°C и выше.

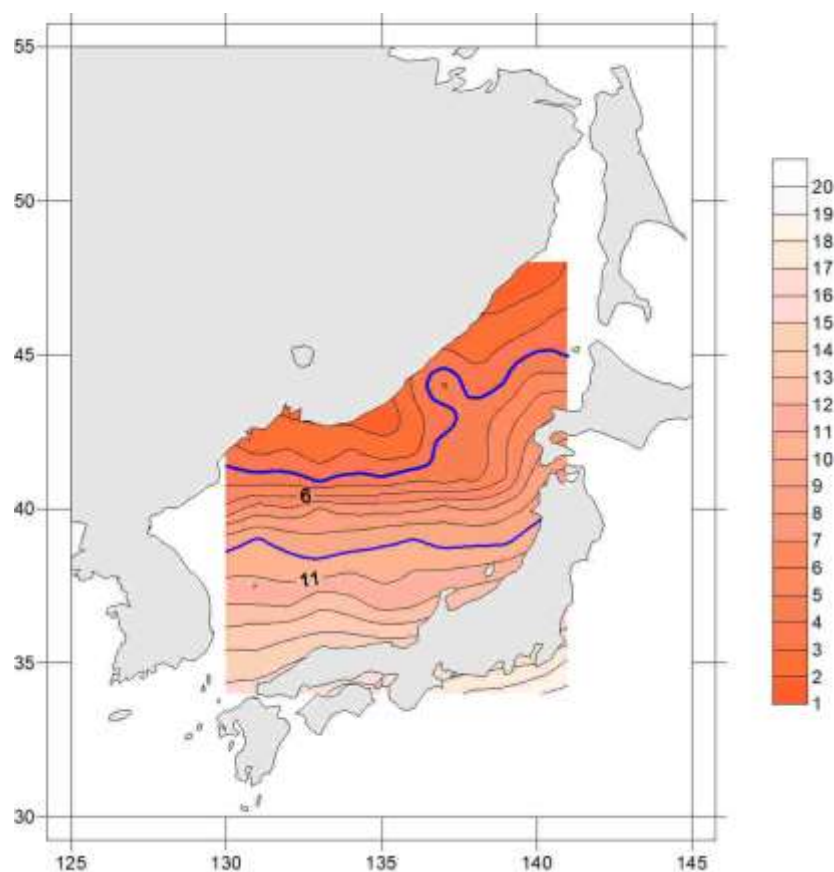


Рисунок 3.1.1.2. Температура воды (°C) в Японском море в слое 0-200 метров.
Март-май

С помощью кластерного анализа удалось выяснить, что значения колебаний температуры в зимний и весенний период практически не отличались, а кластеры выделяли одинаковые зоны для обоих сезонов. При этом, можно судить, что происходит увеличение температуры воды даже в зимнее время. Это может привести к серьезным последствиям не только для других процессов, происходящих в Японском море, но и навредить экосистеме в целом.

3.1.2 Соленость.

Соленость морской воды – это еще одна немаловажная характеристика для описания Японского моря. О ее особенностях мы можем говорить на основе минерального состава морской воды.

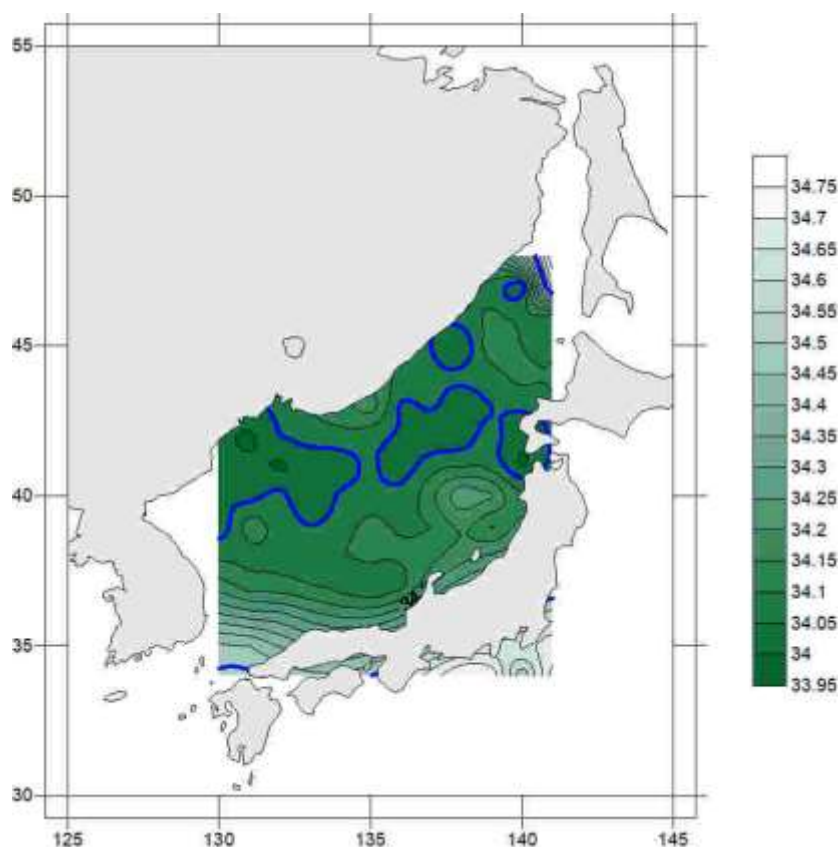


Рисунок 3.1.2.1 Соленость (‰) Японского моря в слое 0-200 метров. Март-май

На данном рисунке представлено распределение солёности по глубине. Наиболее высоких значений эта характеристика достигает у японских берегов. Минимальные показатели солёности можно наблюдать у побережья России и Кореи. Синими линиями показано деление акватории на классы. Всего их выделено 3. Это северная часть и открытое море со значениями, равными 33,9‰ и меньше; центральная часть моря с солёностью от 33,9 ‰ до 34,1 ‰ и южная часть моря, где значения превышают 34,1‰.

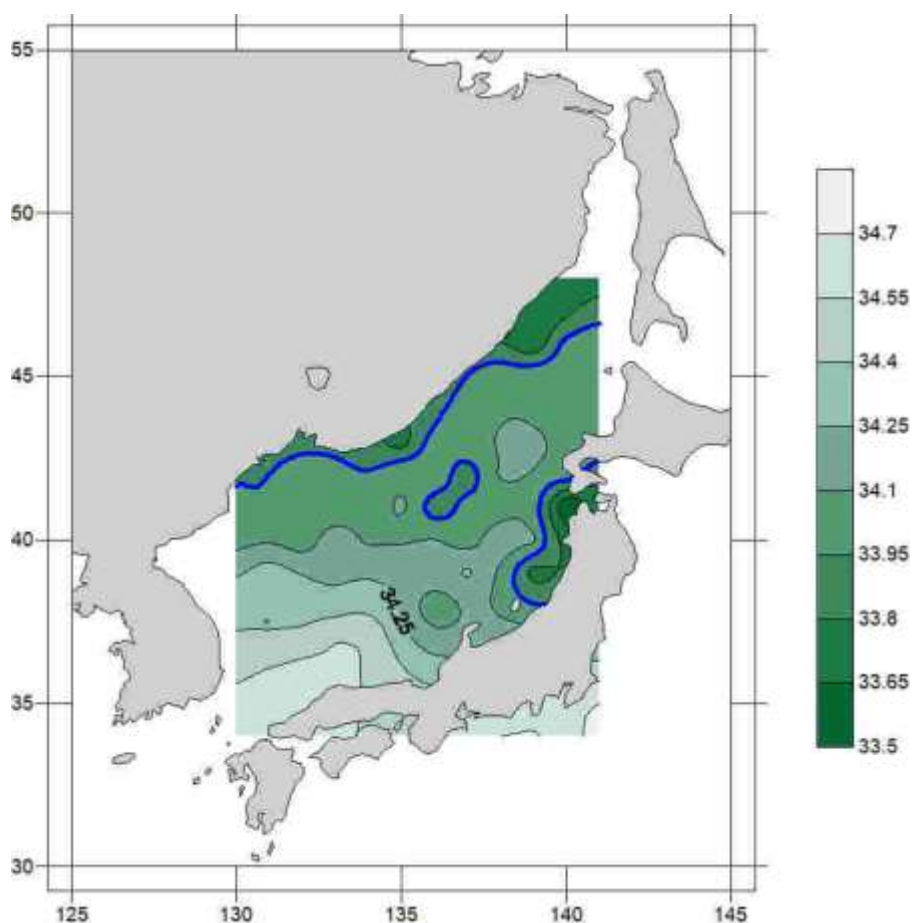


Рисунок 3.1.2.2 Солёность воды (‰) в Японском море в слое 0-200 метров.
Март-май

В более тёплый период (весной) нормированные значения солёности в поверхностном слое значительно разнятся в отдельных регионах Японского моря. Так у берегов Японии ее показатели достигают 34,6‰, а на севере – вдоль побережья России и Корейского полуострова – до 33,5‰.

Следовательно, можно наблюдать, что существуют различия и между сезонами. Максимальное нормированное значение солёности зимой достигает 34,7‰. В то время, как весной этот максимум приходится на 34,6‰. Мы можем сказать, что изменчивость солёности в разные сезоны четко прослеживается. Разница в отклонениях по солёности между периодами может быть связана с наличием осадков, таянии льдов и речным стоком.

3.1.3 Растворенный кислород.

Растворенный кислород является необходимым компонентом для поддержания жизни морских экосистем.

Анализ концентрации кислорода в водах Японского моря представлен ниже (рис. 3.1.3.1 и 3.1.3.2).

Содержание растворенного кислорода в зимний период достаточно велико (рис.3.1.3.1). Максимальные значения, равные 7,5 мл/л, прослеживаются в северной части Японского моря и у берегов корейского полуострова. Минимум содержания кислорода мы можем наблюдать на юге вдоль побережья Японии (5 мл/л)

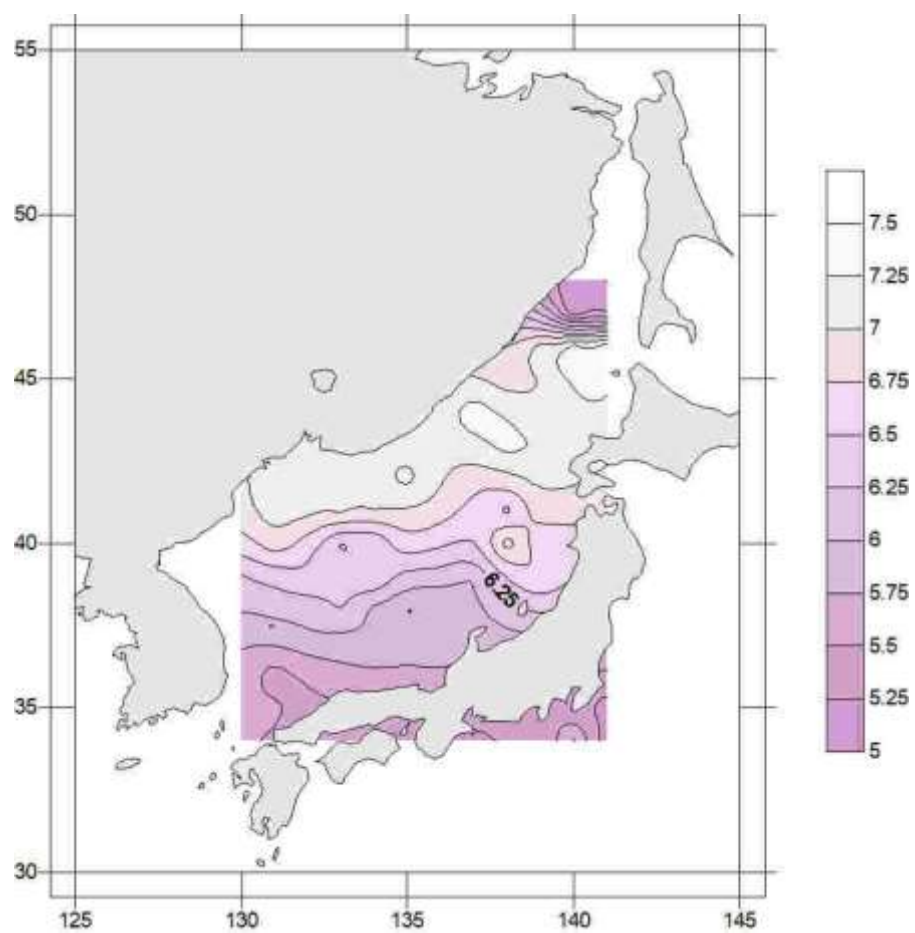


Рисунок 3.1.3.1 Концентрация растворенного кислорода (мл/л) в Японском море слое 0-200 метров. Декабрь-февраль

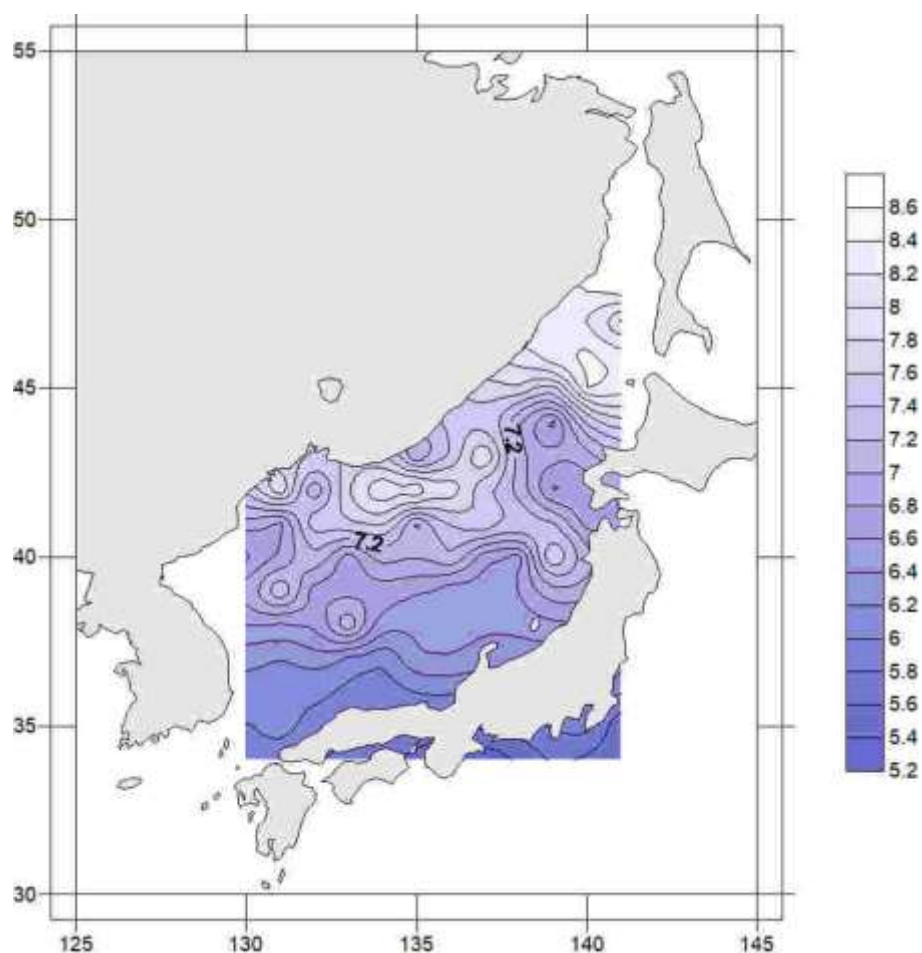


Рисунок 3.1.3.2 Концентрация растворенного кислорода (мл/л) в слое 0-200 метров. Март-май

На рисунке 3.1.3.3, можно увидеть, что максимальная концентрация растворенного кислорода в подповерхностном максимуме прослеживается в мае. В Татарском заливе высокое содержание кислорода выделяется в июне. Это связано с тем, что в этом районе происходит позднее разрушение покрова льда. Для июля и августа подповерхностный максимум растворенного кислорода характерен только в северной части Японского моря.

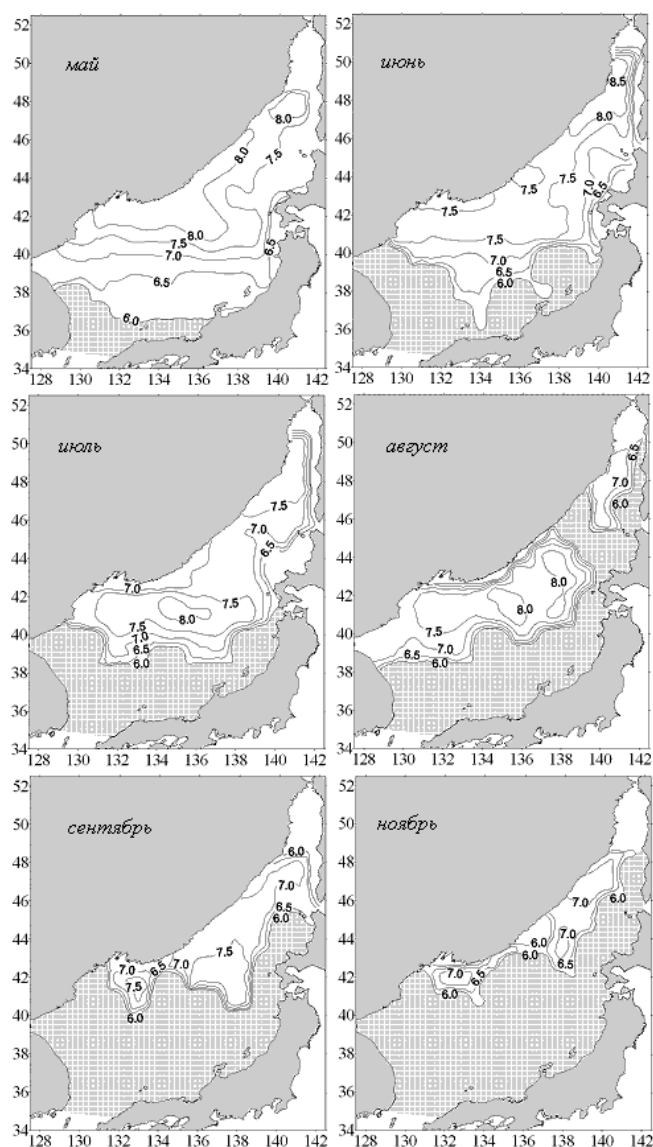


Рисунок 3.1.3.3 Содержание растворенного кислорода (в мл/л) в ядре подповерхностного максимума [8]

Содержание кислорода в морской воде напрямую зависит от ее температуры и солености. Температура воды и количество растворенного кислорода тесно связаны друг с другом. При повышении температуры воды ее способность удерживать кислород уменьшается. Это связано с тем, что при более высокой температуре молекулы воды двигаются быстрее и растворенный кислород быстрее выходит из воды в атмосферу.

Кроме того, температура также влияет и на растворимость кислорода в морской воде. При низких температурах растворимость кислорода в воде выше, чем при высоких температурах.

Эта связь имеет важные последствия для живых организмов, таких как рыбы и другие водные существа, которые получают кислород из воды. Исходя из того, что с понижением температуры воды в зимний период растворимость кислорода в воде увеличивается, то это способствует выживанию рыб и других существ в данный сезон. При этом весной, когда температура воды повышается, то растворимость кислорода, соответственно, уменьшается, что может привести к недостатку кислорода и гибели биологических видов.

Повышение солености воды также влияет на содержание кислорода. Соленые воды имеют меньшую растворимость кислорода, чем пресные. При этом зависимость количества растворенного кислорода от солености является прямой.

Таким образом, при повышении температуры и солености воды, ее кислородное содержание уменьшается. Это может негативно повлиять на животный мир и рыбных видов, которые живут в такой воде.

Мы можем заметить, что в весенний период значения выше, чем зимой. Это связано с наличием подповерхностного максимума. Здесь максимальные значения концентрации растворенного кислорода достигают 8,6 мл/л.

3.1.4 Биогенные вещества

Основными биогенными элементами являются нитраты и фосфаты, которые в больших количествах присутствуют у побережий. Их определение помогает увидеть степень антропогенной нагрузки на береговую зону моря.

Нитраты - это соединения азота, попадающие в море из природных и антропогенных источников, включая отходы животноводства и промышленные выбросы.

Фосфаты в Японском море присутствуют в больших количествах, так как это море богато биологическими ресурсами, включая водоросли, мелких раков и рыб. Фосфаты являются жизненно важными для растительности и занимают важное место в биохимических процессах, связанных с жизнедеятельностью организмов.

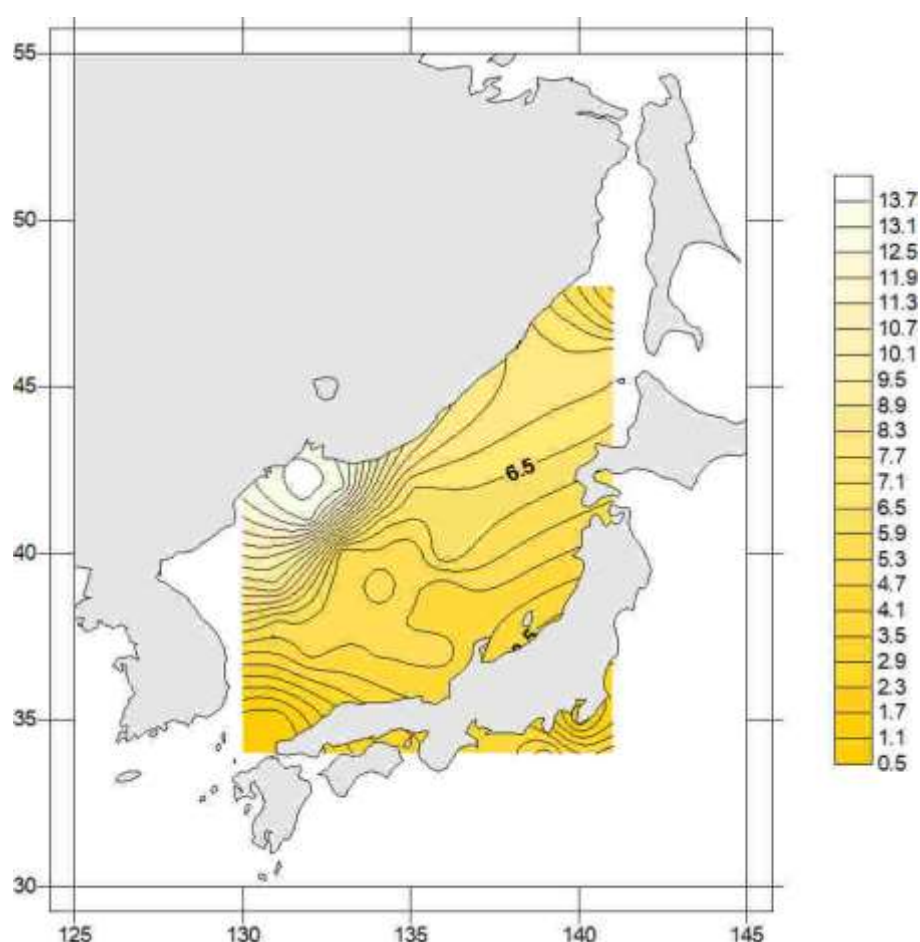


Рисунок 3.1.4.1 Концентрация нитратов ($\mu\text{мол/л}$) в Японском море в слое 0-200 метров. Декабрь-февраль

Зимой значения нитратов в морской воде в среднем составляют $6,5 \mu\text{мол/л}$ в открытой части моря и около $10,1 \mu\text{мол/л}$ у берегов, где ведется активная хозяйственная деятельность (рисунок 3.1.4.1).

Концентрация нитратов напрямую зависит от солености морской воды. Самые низкие показатели нитратов мы можем видеть в открытом море, где

происходит наименьшее антропогенное воздействие. При этом, в то же время, повышение солености способствует насыщению воды кислородом, что способствует активности бактерий, вовлеченных в биохимические процессы и использованию биогенных элементов.

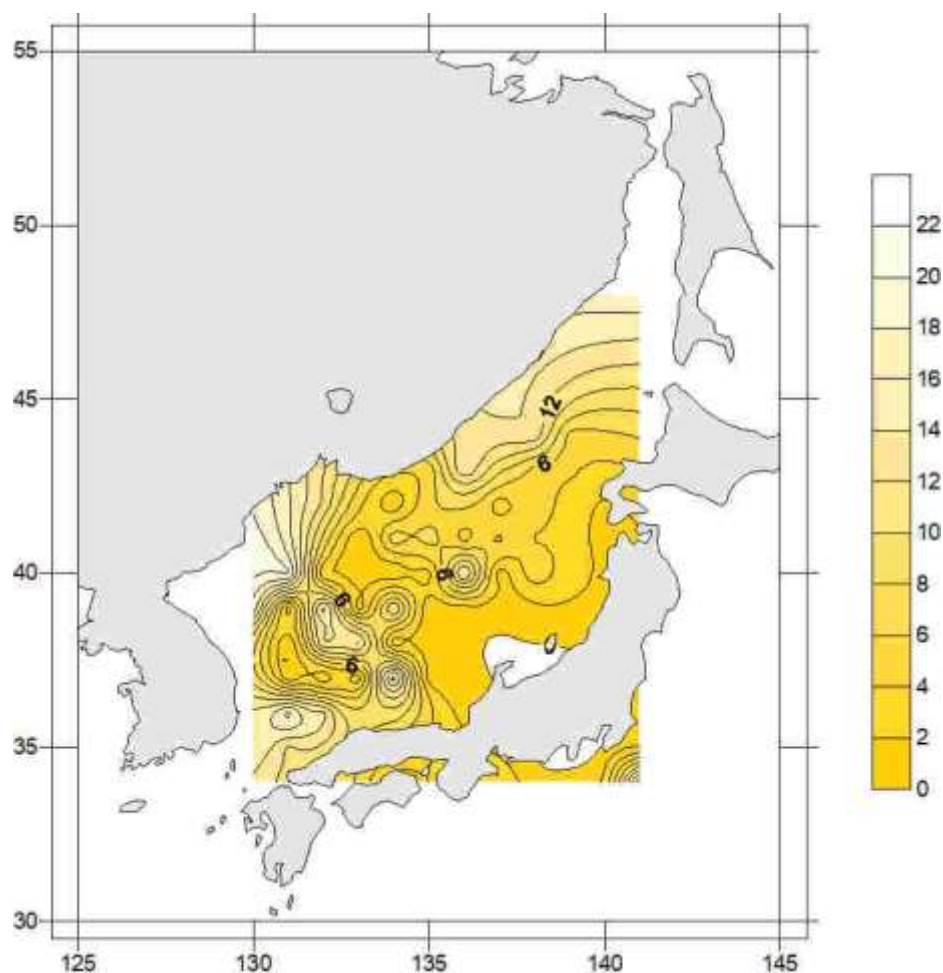


Рисунок 3.1.4.2 Концентрация нитратов ($\mu\text{мол/л}$) в Японском море в слое 0-200 метров. Март-май

Содержание нитратов в водах Японского моря варьируется в широких пределах и может достигать больших значений. Так, на рисунке 3.1.4.1 и 3.1.4.2 мы можем заметить, что у побережий концентрация биогена достигает максимальных значений, равных $13,1 \mu\text{мол/л}$ в зимний период и $21 \mu\text{мол/л}$ весной, соответственно. Также видно, что в открытой части море, содержание нитратов ниже, и составляет около $6-10 \mu\text{мол/л}$ в данные сезоны.

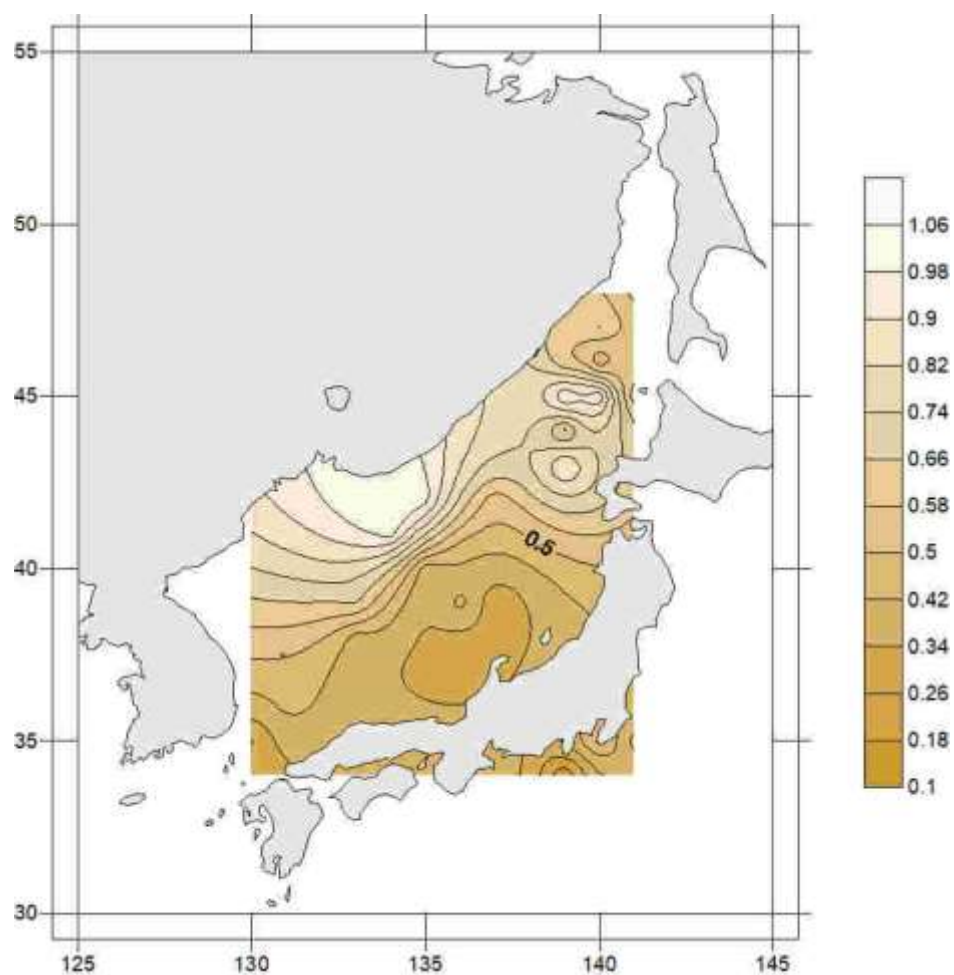


Рисунок 3.1.4.3. Концентрация фосфатов ($\mu\text{mol/l}$) в Японском море в слое 0-200 метров. Декабрь-февраль

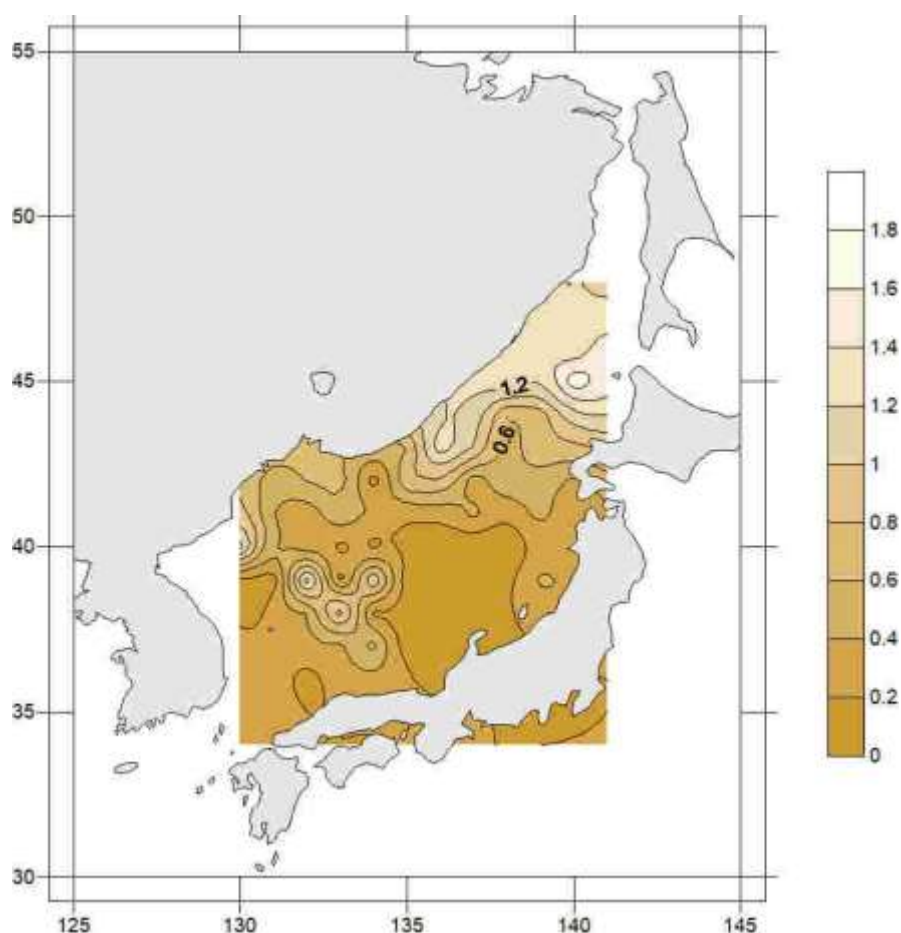


Рисунок 3.1.4.4 Концентрация фосфатов ($\mu\text{мол/л}$) в Японском море в слое 0-200 метров. Март-май

Содержание фосфатов изменяется в зависимости от места и времени. Если посмотреть на рисунки 3.1.4.3 и 3.1.4.4, то можно увидеть, что оно варьируется в пределах от 0 до $1,8 \mu\text{мол/л}$. Минимум наблюдается в районах открытого моря, а максимум у берегов. Это напрямую связано с активностью человека, так как фосфаты могут попадать в морскую воду из различных стоковых вод, включая животноводство, промышленность, сельское хозяйство и другие.

Содержание нитратов и фосфатов в Японском море является важным для оценки экологического состояния морской среды. Однако, более высокое содержание этих биогенных веществ может привести к проблемам экологического характера, так как они могут стать причиной развития

водорослевых взрывов или повышенного содержания органических веществ в воде. Также они способствуют развитию и других негативных последствий для экосистемы морской среды.

3.1.5 Силикаты

Силикаты являются важными компонентами состава морской воды. Они имеют большое значение в круговороте микроэлементов и формировании морской экосистемы.

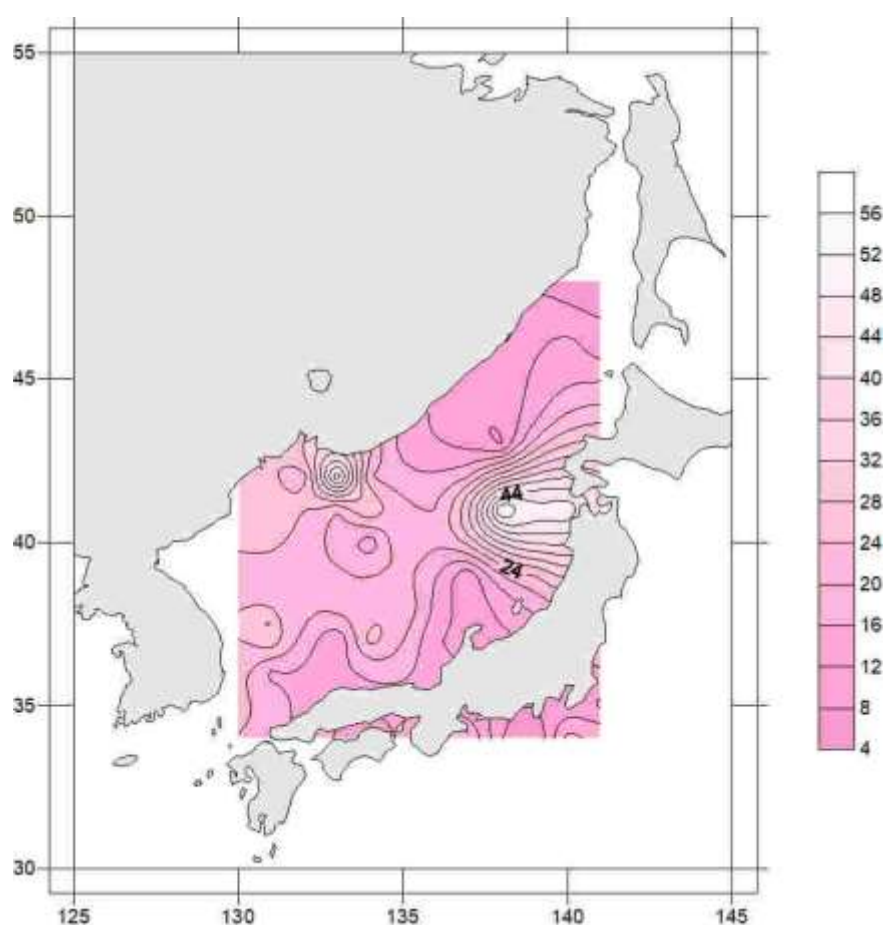


Рисунок 3.1.5.1 Концентрация силикатов (µмол/л) в Японском море в слое 0-200 метров. Декабрь-февраль

В зимний период (рис.3.1.5.1) содержание силикатов имеет высокие значения (до 56 $\mu\text{мол/л}$) в северо-восточной части Японского моря. Это напрямую связано с выпадением осадков в данный период года.

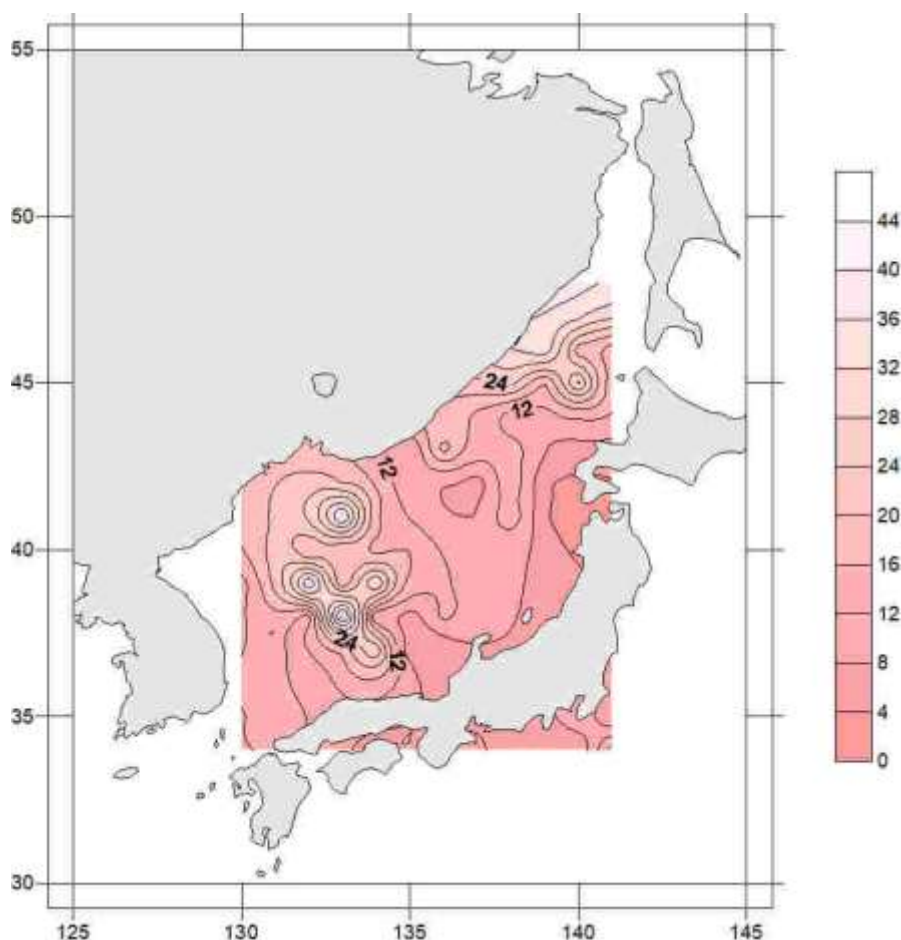


Рисунок 3.1.5.2 Концентрация силикатов ($\mu\text{мол/л}$) в Японском море в слое 0-200 метров. Март-май

Высокое содержание силикатов в водах Японского моря связано с течениями и климатическими условиями этого региона.

С помощью этой характеристики мы можем определить геологические особенности дна, экологическое состояние среды и возможные дальнейшие изменения погодных условий в районе Японского моря.

Максимальные значения, порядка 40-44 $\mu\text{мол/л}$, концентрации силикатов наблюдаются на более глубоких горизонтах в северо-западной и юго-западных частях моря. У берегов Японских островов на северо-востоке

значения являются минимальными и равняются 2 $\mu\text{мол/л}$. Это может быть связано с тем, что зимне-весенний период в этом районе Японского региона более сухой и мягкий, чем в южной зоне.

3.2 Обобщенные результаты

Для сравнения исходных данных с атласа WOA 2018 использовался атлас океанов 1974 года. Чтобы правильно оценить изменчивость температуры воды и солёности, созданы карты распределения характеристик.

На рисунке 3.2.1 представлены значения температуры, полученные с атласов к началу 1970-х годов и к 2018 году

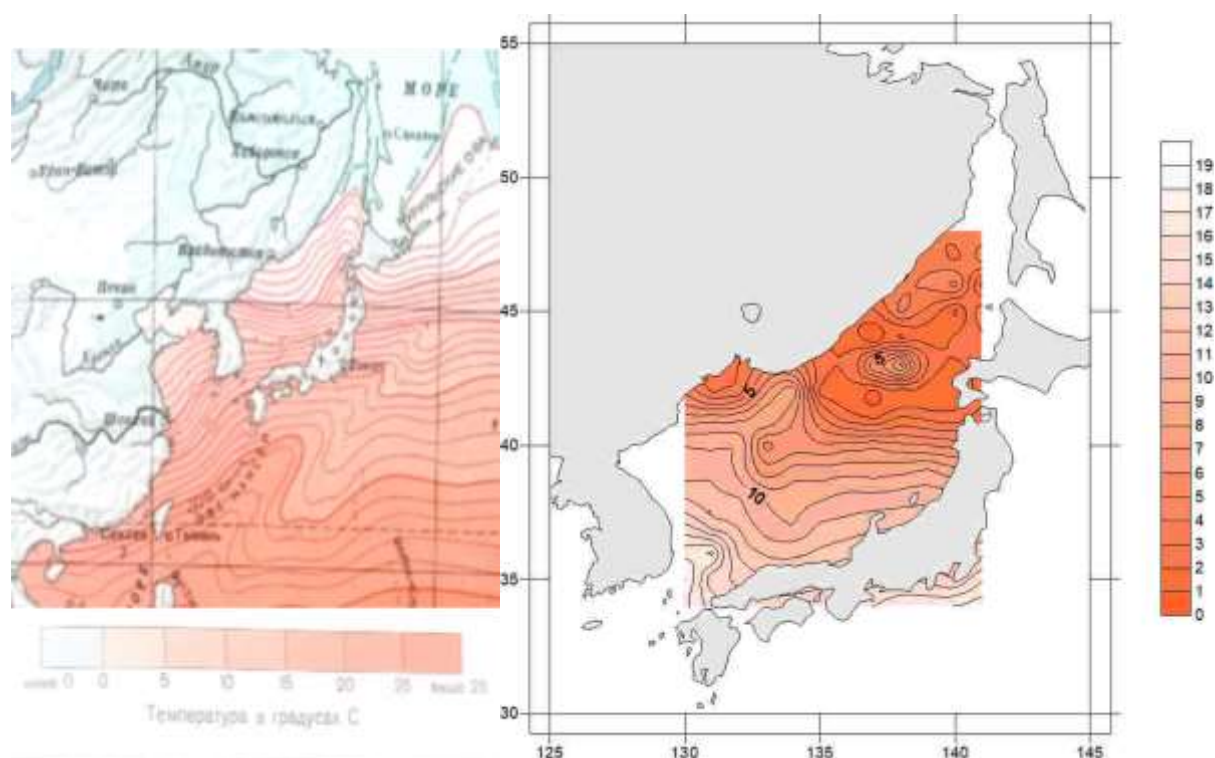


Рисунок 3.2.1 Распределение температуры воды Японского моря по данным атласов. Февраль.

Как мы можем видеть, в прошлом веке температура воды в Японском море не превышала 10°C в феврале, что примерно на четыре градуса ниже нынешних показателей, и до 20°C в августе

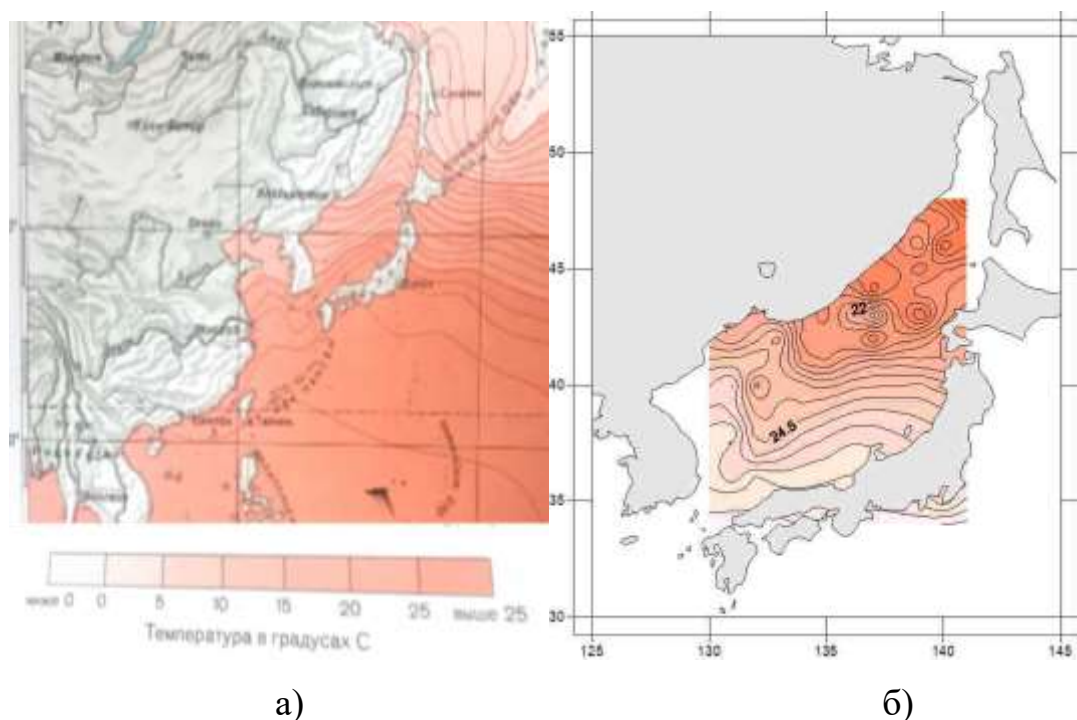


Рисунок 3.2.2 Распределение температуры воды Японского моря по данным атласов. Август

В WOA, при анализе, представленном выше, значения данной характеристики в тот же период достигают порядка 27°C. Можно судить о значительном повышении температуры в исследуемом регионе за последние годы.

На рисунках 3.2.3а и 3.2.4а представлена информация о солености в зимний и летние сезоны по данным атласов Мирового океана. Мы можем заметить, что значения солености в данный период не сильно отличаются от данных, полученных из WOA 2018 (3.2.3б и 3.2.4б). Показатели этой характеристики колеблются от 30 до 33,5 ‰ зимой и достигают 34 ‰ в теплое время года.

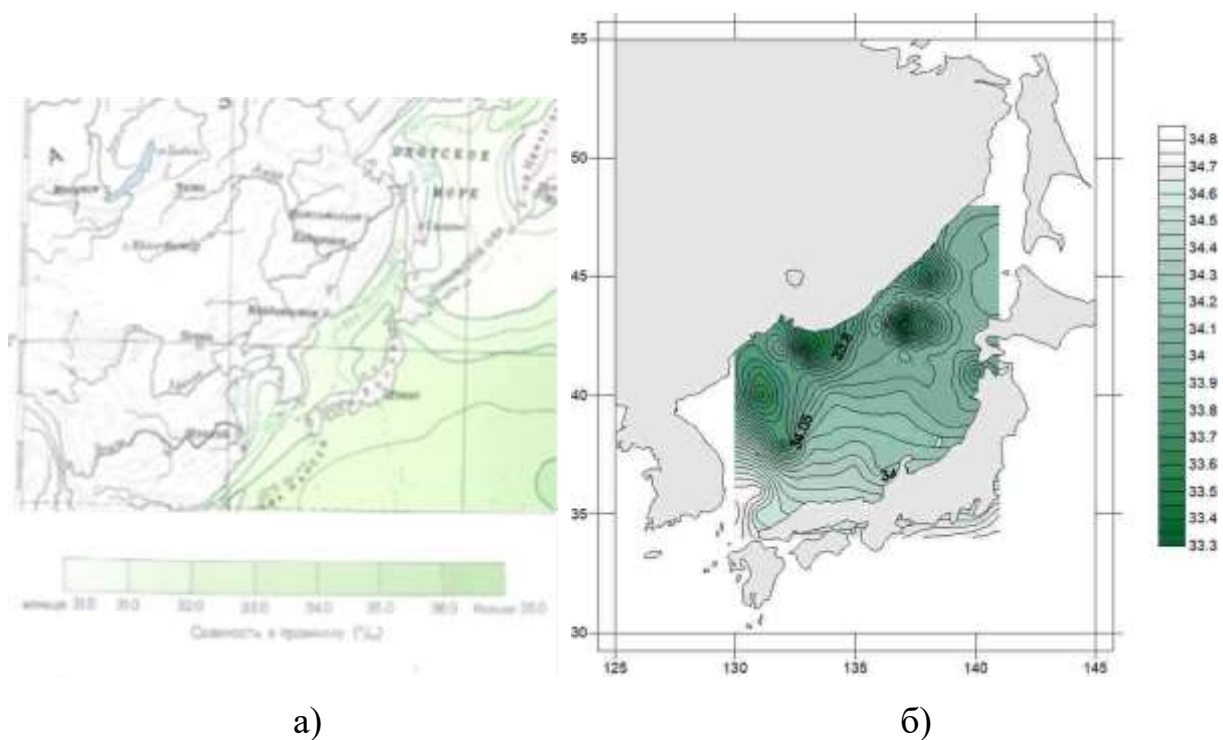


Рисунок 3.2.3 Соленость воды на поверхности Японского моря по данным атласов. Февраль.

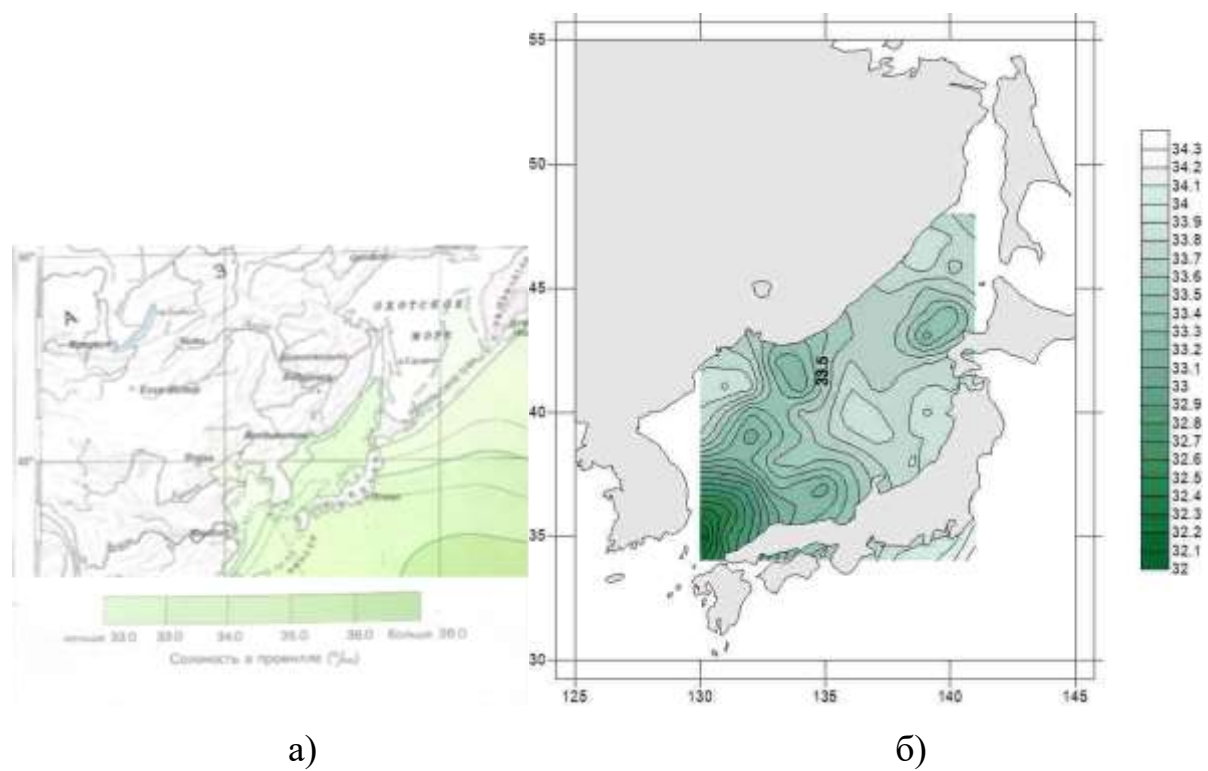


Рисунок 3.2.4. Соленость на поверхности Японского моря. Август.

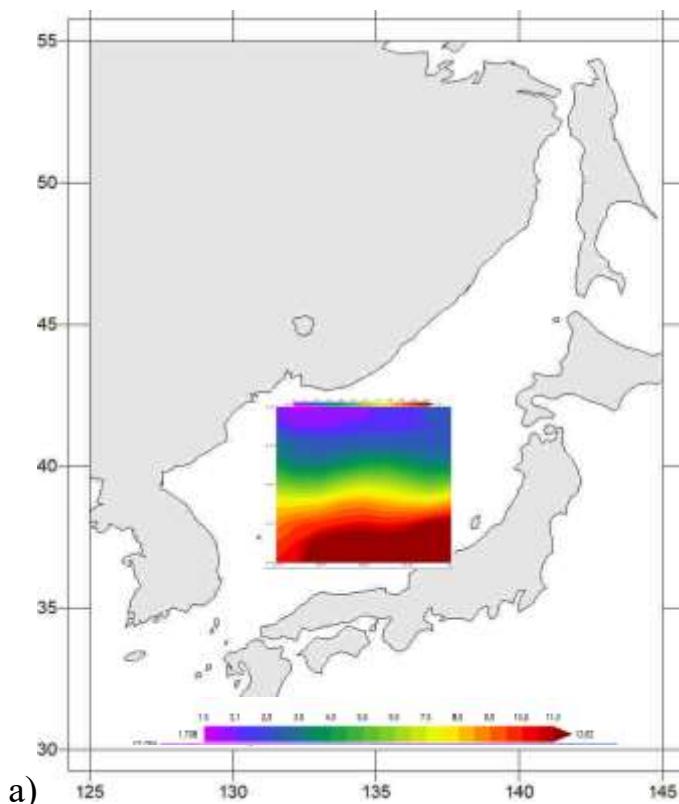
Также для примера были использованы данные из архива атласа APDRC

http://apdrc.soest.hawaii.edu/dods/public_data/CSIRO_Atlas/cars2009/temp но из другой базы (CARS/CSIRO) 2009 года.

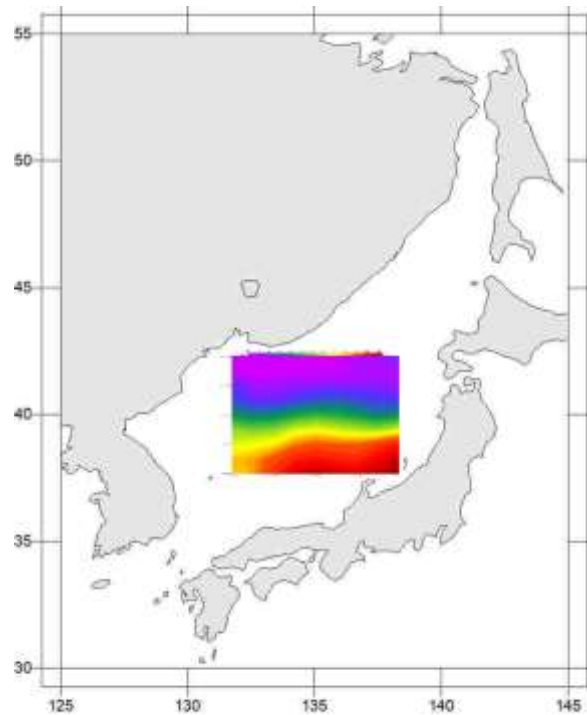
Графические примеры представлены ниже:

На представленных ниже рисунках показано распределение температуры на 50 и 100 метрах в Японском море в 2009 году. Как видно по шкале распределения, показатели варьируются от 1,7°C на севере до почти 13,62°C в южной части моря на 50 метрах и от 0,9 в северной до 10°C на юге в более глубокой зоне.

Далее были использованы карты распределения по солености в 2009 году. Как можно видеть, максимальных значений соленость Японского моря достигает на 100 метрах и составляет порядка 34,3 ‰ в юго-восточной части исследуемой области. Минимум располагается на глубине 50 метров и равняется 33,8 ‰ северо-западной части моря.



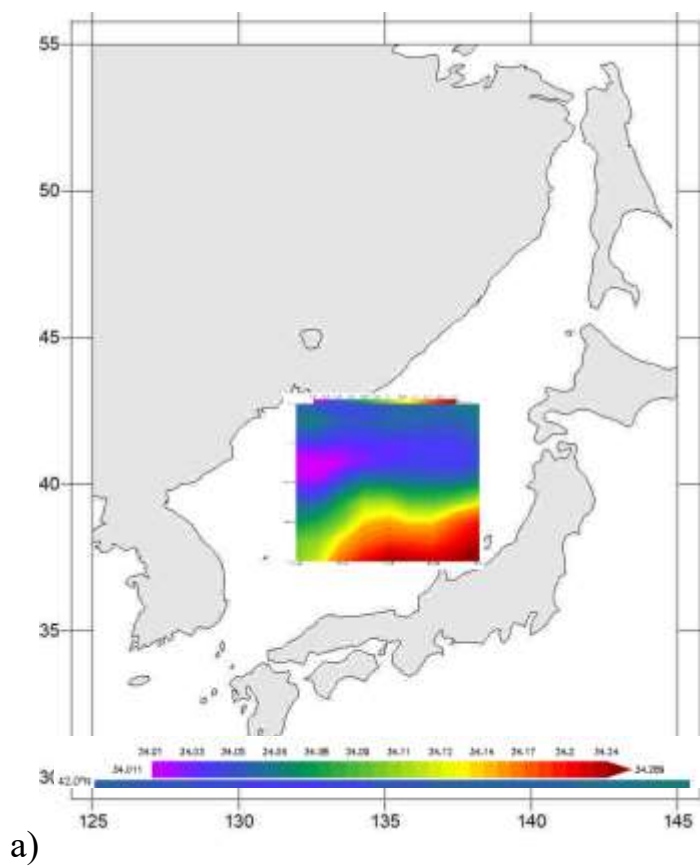
а)



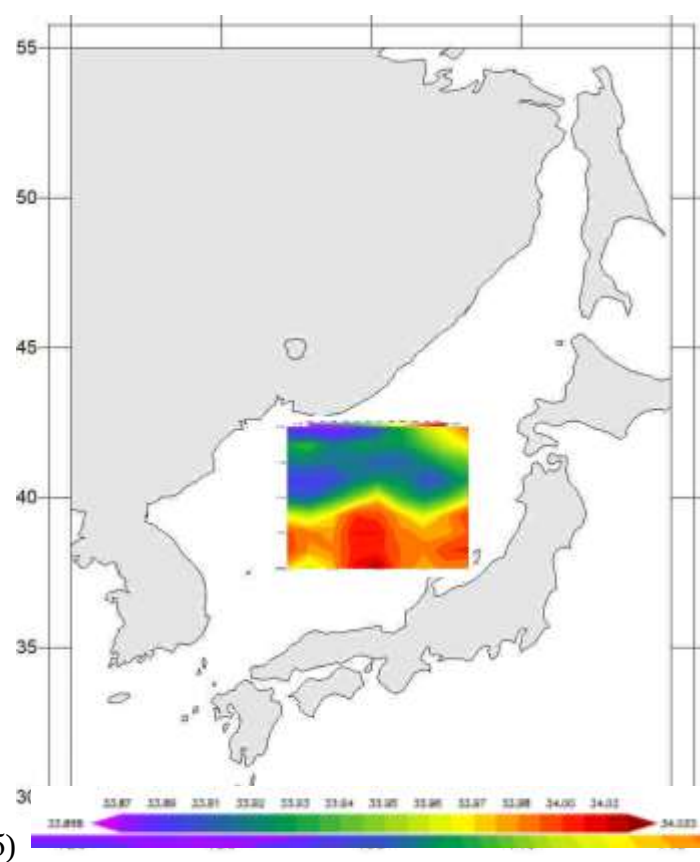
б)

Рисунок 3.3.1. Температура воды Японского моря на глубинах 50(а) и 100(б) метрах

Также при сравнении этих характеристик с результатами, описанными в работах исследователей, можно заметить некоторую тенденцию к скачкообразному уменьшению значений солености и повышению температуры воды.

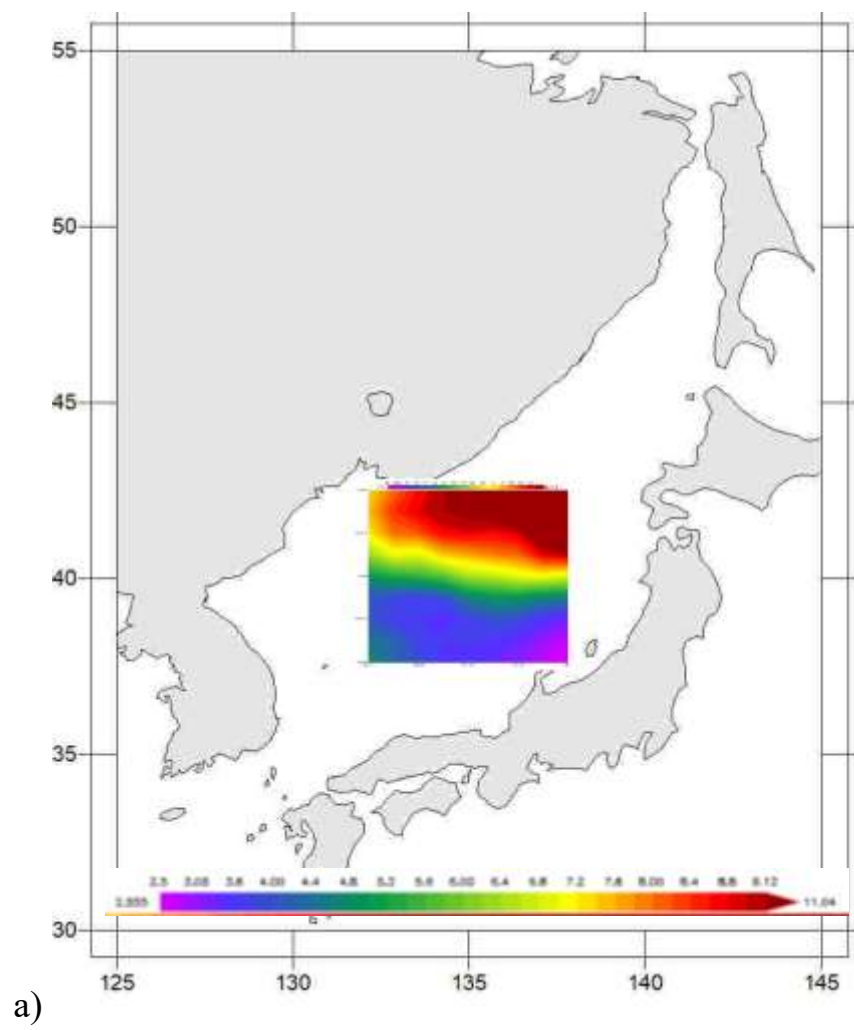


a)



б)

Рисунок 3.3.2. Соленость Японского моря на глубинах 50(а) и 100(б) метров



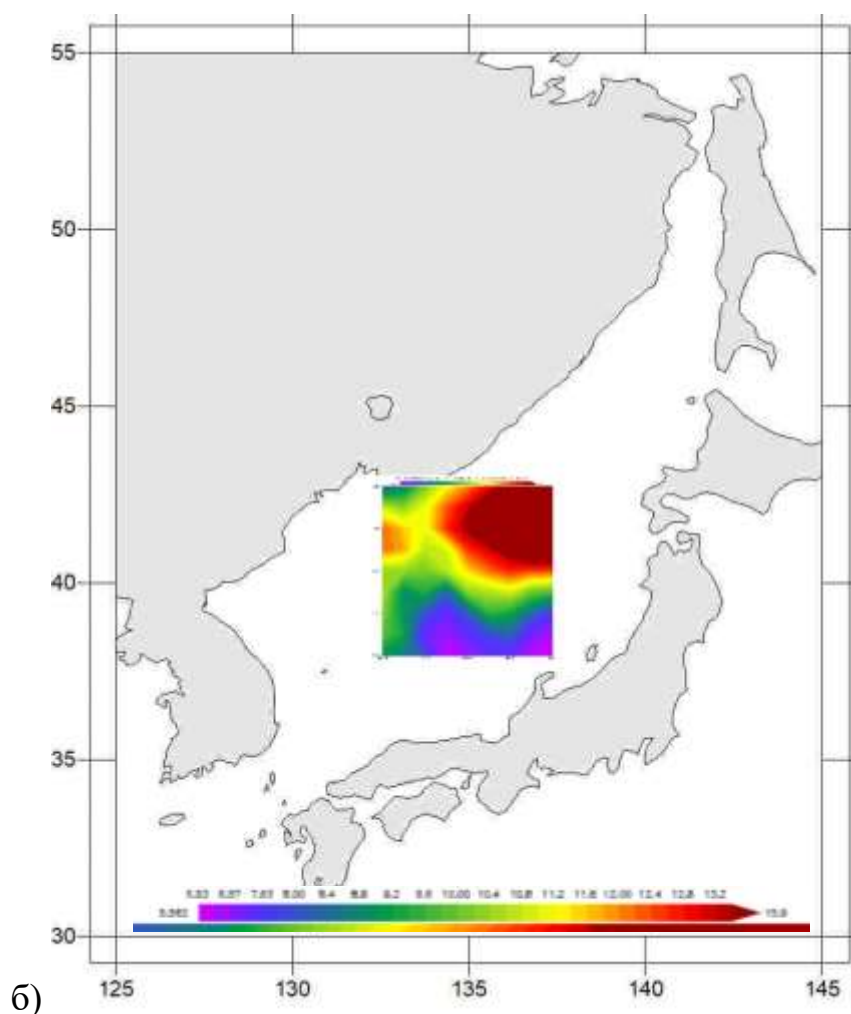


Рисунок 3.3.3. Концентрация нитратов в акватории Японского моря на 50 (а) и 100 (б) метрах

На глубине 100 метров (б) наблюдается наивысшая концентрация нитратов, которая составляет 15,9 ммол/л. В то же время, в открытой части Японского моря можно наблюдать минимальные значения, равные 5,6 ммол/л.

В северной части моря на 50 и 100 метрах мы наблюдаем высокое содержание растворенного кислорода. В южной же части, где происходит больший прогрев воды, значения минимальны.

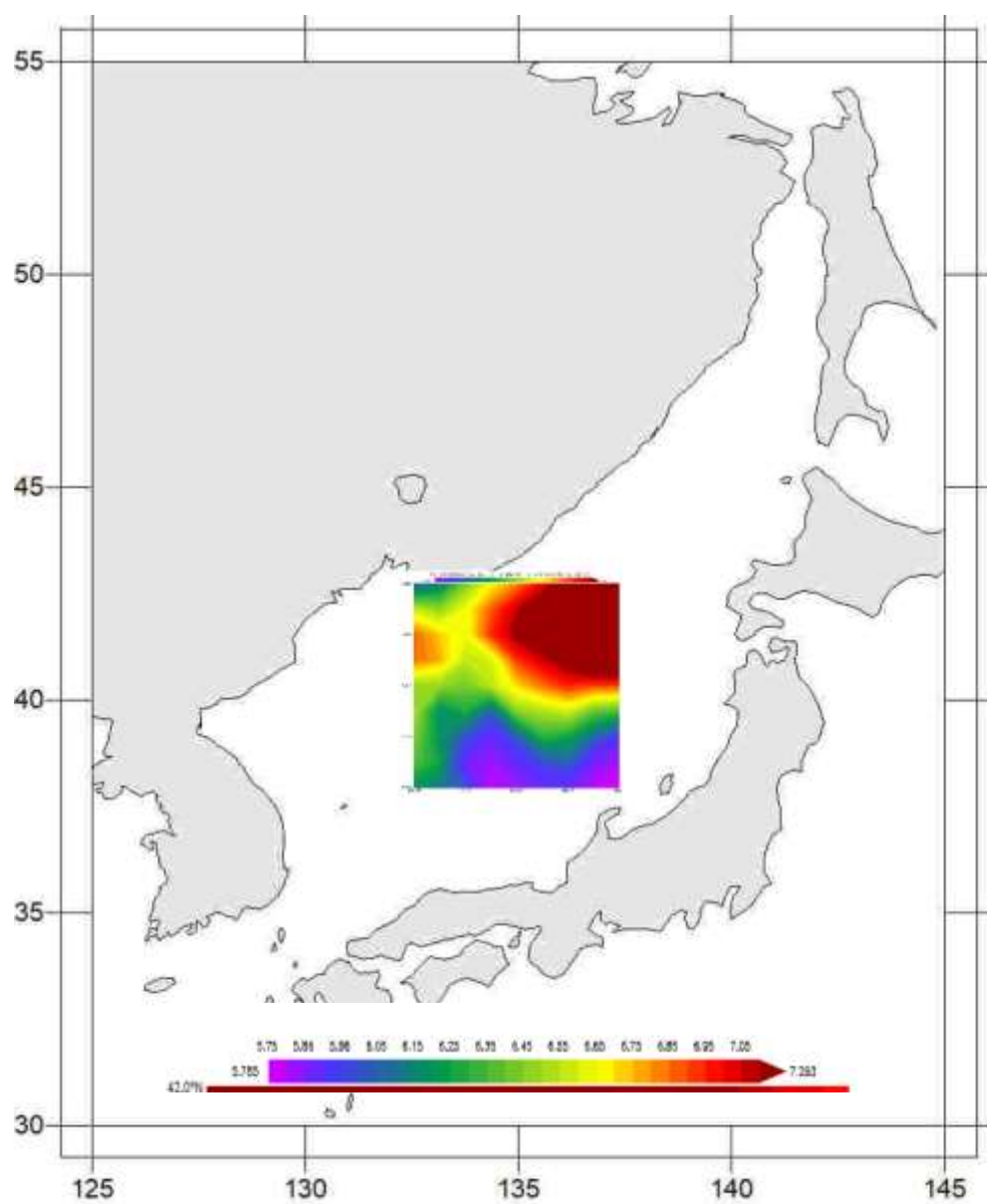
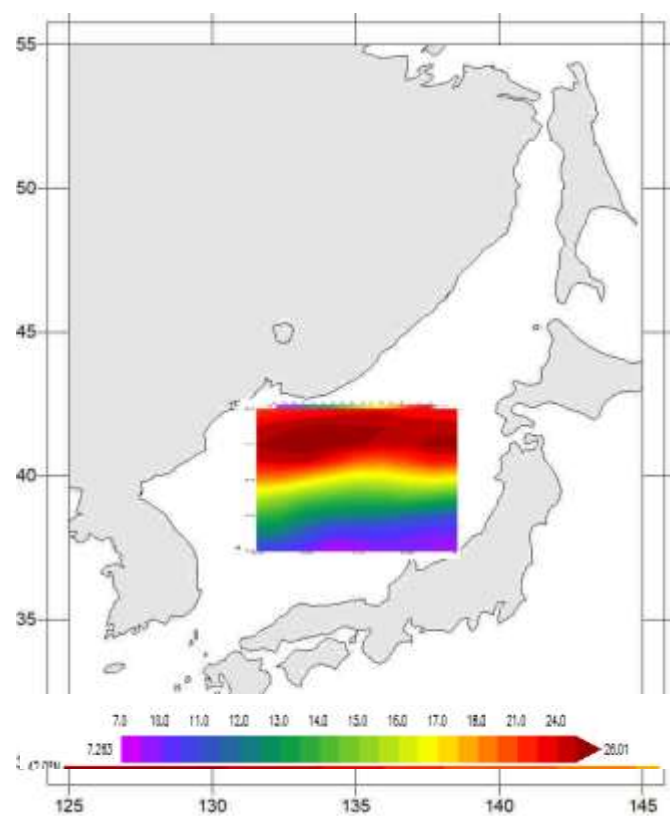
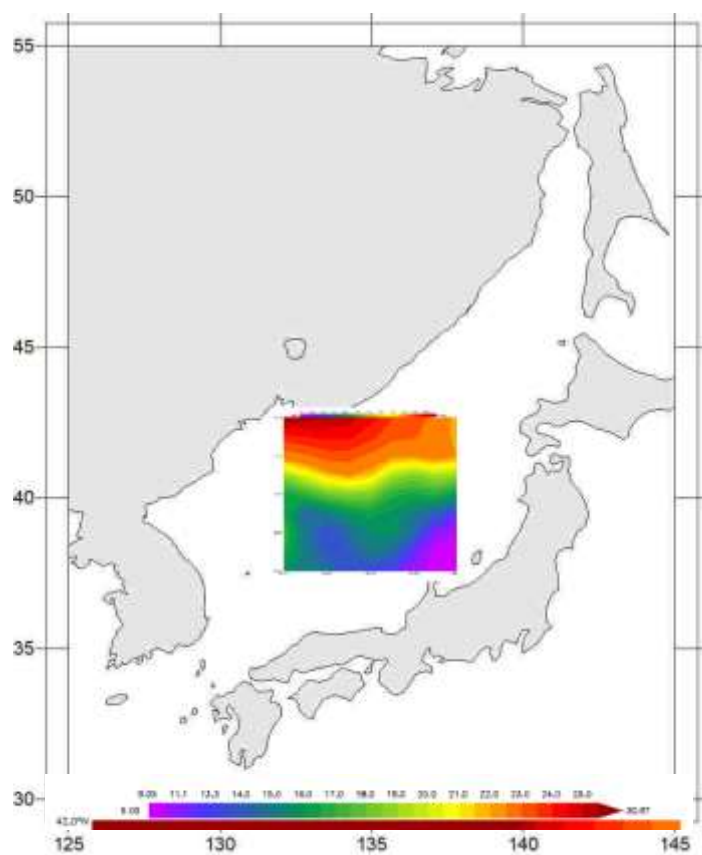


Рисунок 3.3.4. Содержание растворенного кислорода в водах Японского моря на 50(а) и 100(б) метрах



а)

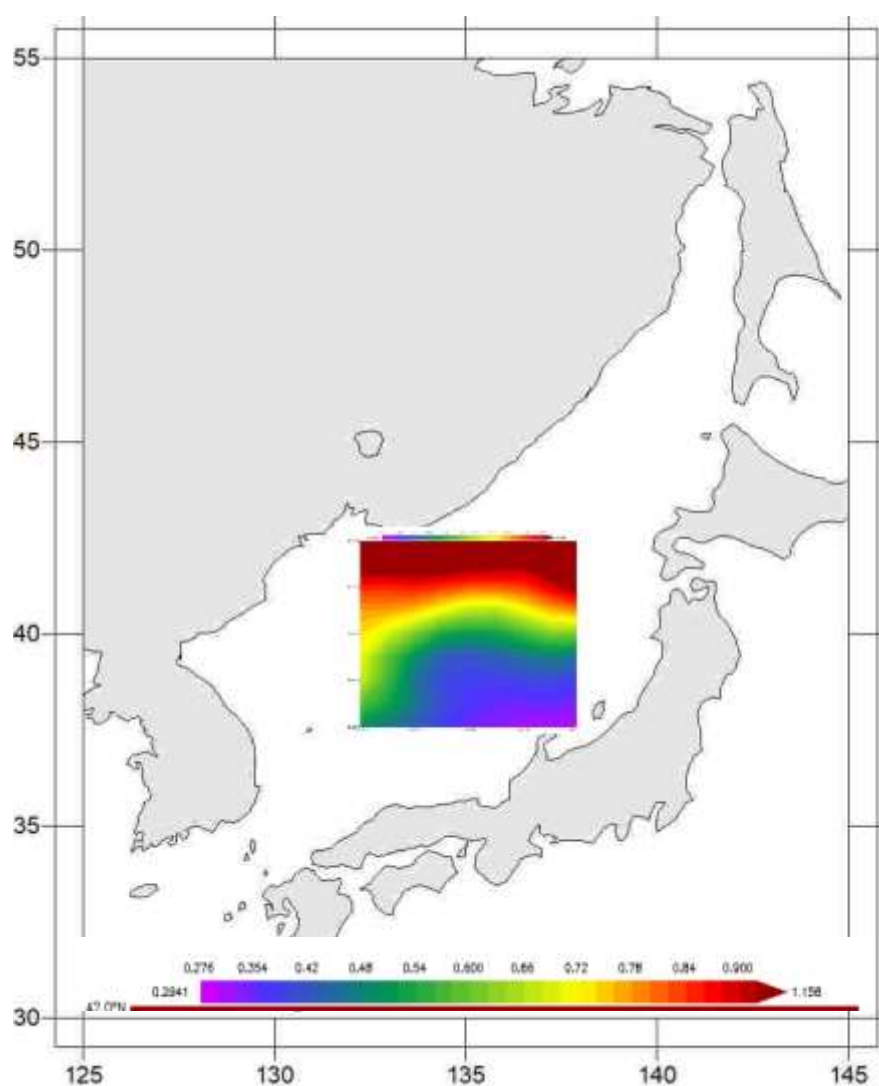


б)

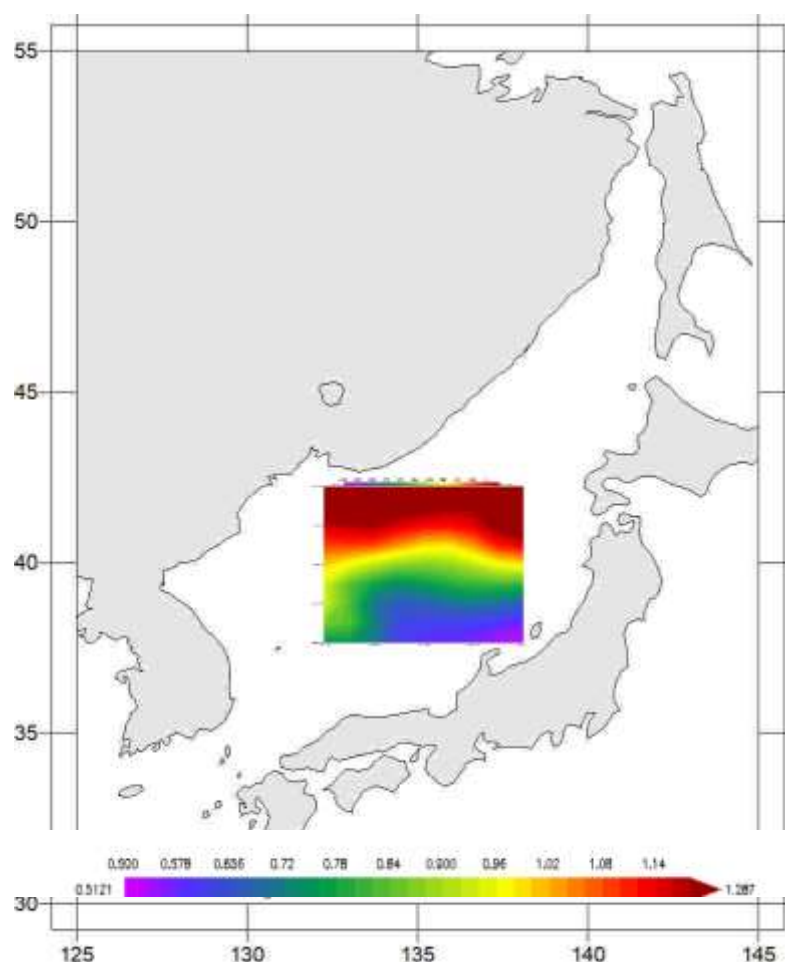
Рисунок 3.3.5 Концентрация силикатов на глубинах 50 (а) и 100 (б) метров

Воздействие человеческой деятельности, такой как промышленная добыча морских ресурсов или выбросы сточных вод. Это может повлиять на биологические процессы в море, включая влияние на рост диатомовых водорослей и содержание силикатов.

Минимальные значения концентрации силикатов 7,0 мг/л и 9,5 мг/л, соответственно, на глубинах 50 и 100 метров в юго-восточной части Японского моря. Максимумы, равные 26,0 мг/л и 36,6 мг/л, выделяются на 50 и 100 метрах на севере исследуемой акватории.



a)



б)

Рисунок 3.3.6. Концентрация фосфатов на глубинах 50 (а) и 100 (б) метров.

Концентрация фосфатов на 100 метрах максимальна и составляет 1,3 мг/л. Минимальное значение равняется 0,3 мг/л на глубине 50 метров. Высокие значения на представленных глубинах связаны с активной человеческой деятельностью в прибрежной зоне моря.

Можно заметить разницу в данных двух лет. За период с 2009 по 2018 гг. отслеживается рост значений таких характеристик, как фосфатов, нитратов и силикатов.

Снижение концентраций фосфатов и нитратов мы наблюдаем в весенне-летний период в связи с рост биомассы фитопланктона.

Концентрация нитратов в исследуемой акватории достигает более 15 мг/л на глубине 100 метров у берегов Японии. Содержание фосфатов также

велико в этой зоне. Оно достигает 1,3 мг/л на 100 метрах. Один из основных источников загрязнения является сток промышленных и бытовых отходов в море. Эти отходы содержат множество опасных химических веществ, которые загрязняют воды моря и приводят к ухудшению качества морской воды.

Также при сравнении исследуемых характеристик с результатами, описанными в атласах прошлых лет, можно заметить некоторую тенденцию к скачкообразному увеличению значений.

Так, в морфологии [2] были представлены результаты изменчивости гидрохимических характеристик в течение 2004 года. Уже по этим данным можно было сказать, что значения концентраций исследуемых характеристик росло в сравнении с данными прошлых лет.

Таким образом, можно сделать вывод, что быстрое изменение климата, антропогенное воздействие и увеличение морской инфраструктуры негативно влияет на гидрохимические условия Японского моря, происходящие в современных реалиях. Так, происходит понижение концентраций кислорода, повышение содержания фосфатов и нитратов в прибрежных зонах Японского моря.

Заключение

На основании полученных данных, взятых с базы данных атласа Мирового океана WOA 2018 года можно сделать следующие выводы.

При анализе данных по температуре воды было определено, что значения за исследуемый интервал времени значительно повысились. Особенно это заметно в северной части Японского моря, вероятнее всего, вследствие антропогенного воздействия. Даже в зимний период температура воды сохраняет достаточно высокие значения, равные 13°С.

С помощью кластерного анализа определена локализация водных масс Японского моря в верхнем 200 метром слое по средним многолетним данным Атласа WOA 2018. Сопоставление с распределением гидрологических характеристик по данным атласов 1974 и 2009 гг для августа показало, что значения температуры воды увеличились почти на два градуса в южной части моря и значительнее в северных районах.. Изменение средней многолетней солености воды менее выражено. Фронтальная зона в поверхностном слое в поле температуры по данным атласов смешается к северу от 40° с.ш. и становится более выраженной. Степень детализации информации о поле солености увеличивается и по данным атласа 2018 года в центральной части моря в поверхностном слое наблюдается область незначительного уменьшения солености воды

В атласах четко прослеживается увеличение объема информации о гидрохимических характеристиках. Однако, только для 2018 года было возможно сопоставить выделенные кластеры по гидрологии и значения гидрохимических показателей для них. Кластер характеризуется определенной гидрохимической характеристикой.

Можно заметить, что полученные по солености значения становятся ниже. Это напрямую связано с таянием льдов в северной части акватории

Японского моря, поступающего в него речного стока, увеличением осадков и циркуляционной деятельностью.

Так, в теплый период года в южной части моря формируется водная масса с повышенной солености. Виды этой массы – ППСТ (субтропическая) и ППСТТ (субтропическая трансформированная) располагаются на глубинах в 60-100 метрах и имеют нижнюю границу до 120-200 метров. Соленость здесь составляет порядка 34,1-34,8‰. К югу от побережья Корейского полуострова на глубине 200 метров можно иногда обнаружить водную массу с пониженной соленостью от 34,0-34,06‰.

С повышением температуры снижается концентрация растворенного в воде кислорода. Это может в будущем привести к обеднению экосистемы моря и экстремальному росту фитопланктона. Ведь от насыщенности воды кислородом зависят все гидробионты, обитающие в водах акватории Японского моря.

Антропогенное воздействие и связанный с ним промышленный сток, вероятно, влияют на концентрацию биогенных веществ. Если в последующие годы рост нитратов и фосфатов будет повышаться, то это приведет к негативным последствиям для всего района Японского моря.

Также хотелось бы добавить, что необходимость изучения вод Японского моря возрастает с каждым годом. Из-за изменений климата и антропогенных факторов происходят значительные изменения тех или иных характеристик. Уже заметен значительный рост температуры воды, меняющих экосистему акватории.

Таким образом, можно сказать, что цель данной работы выполнена. В ее процессе удалось выяснить, что за исследуемый период (1955-2018 гг) произошел значительный рост некоторых характеристик. К ним относятся температура воды, биогенные вещества и силикаты. Между тем, соленость и концентрация растворенного кислорода падает, что является опасным условием для всей экосистемы Японского моря

Список литературных источников

- 1) Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том 8. Японское море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия. Санкт-Петербург. 2004.
- 2) Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том 8. Японское море. Выпуск 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической активности. Санкт-Петербург. 2004.
- 3) А. Д. Добровольский Б. С. Залогин. // Моря СССР. Японское море. Москва. 1982. С. 133-145. URL:
<http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/sea/Добровольский,%20Залогин%20-%20Моря%20СССР.pdf>
- 4) Н.К. Христоворова, Ю.Г. Дегтева, К.С. Бердасова. // Химико-экологическое состояние вод бухты Новик (остров Русский, зал. Петра Великого, Японское море). Известия ТИНРО. URL:
<https://cyberleninka.ru/article/n/himiko-ekologicheskoe-sostoyanie-vod-buhty-novik-ostrov-russkiy-zal-petra-velikogo-yaponskoe-more/viewer>
- 5) Ежегодник 2020 — под ред. Коршенко А.Н // Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Москва, «Наука», 2021. URL:
<http://www.oceanography.ru/index.php/component/jdownloads/finish/41/1856>
- 6) О.А. Алекин, Ю.И. Ляхин. // Океанология. Химия вод океана. Ленинград. Гидрометиздат. 1984. URL:
http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-417193806.pdf
- 7) Бойченко Т.В. // Химико-экологическая и микробиологическая оценка качества Южного Приморья. Владивосток. 2009. URL:
<https://earthpapers.net/preview/309392/d?#?page=1>
- 8) Морфология Японского моря. ЕСИМО: офиц. Сайт. URL:

http://esimo.oceanography.ru/esp1/index.php?sea_code=4§ion=7&menu_code=380 (дата обращения: 20.10.2021)

- 9) Н.К. Христофорова, Е.В. Журавель, О.А. Дроздовская, Т.Н. Токарчук. // Оценка состояния вод залива Восток (залив Петра Великого, Японское море) по гидрохимическим и микробиологическим показателям. Изв. Самарского научного центра РАН. 2012. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-vod-zaliva-vostok-zaliv-petra-velikogo-yaponskoe-more-po-gidrohimicheskim-i-mikrobiologicheskimi-pokazatelyam/viewer>
- 10) Ю.А. Израэль, А.В. Цыбань //Антропогенная экология океана. Изд. Флинта наука. 2009. URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_18073
- 11) Toshitaka Gamo, Noriko Nakayama, Naoto Takahata, Yuji Sano. //The Sea of Japan and Its Unique Chemistry Revealed by Time-Series Observations over the Last 30 Years. 2014. URL: https://www.researchgate.net/publication/262981876_The_Sea_of_Japan_and_Its_Unique_Chemistry_Revealed_by_Time-Series_Observations_over_the_Last_30_Years
- 12) Государственный Океанографический Институт. // Японское море. Офиц. сайт. URL: <http://oceanography.ru/>
- 13) Mikhail A. Danchenkov, David G. Aubrey, Gi Hoon Hong. // Bibliography of the oceanography of the Japan /East sea/ PICES Scientific Report No. 13 2000/ URL: https://www.researchgate.net/publication/228420410_Bibliography_of_the_oceanography_of_the_JapanEast_Sea
- 14) П.Ю. Семкин, П.Я. Тищенко, Т.А. Михайлик, Ю.А. Барабанщиков //Гидрохимические исследования эстуария реки Партизанской (залив Находка, Японское море) в период летней межени. Известия ТИНРО. 2018. URL: <https://izvestiya.tinro-center.ru/jour/article/viewFile/386/376>

- 15) Т.Н. Луценко. // Тренды динамики химического состава поверхностных вод бассейна реки Уссури (Приморский край). ТИНРО. Владивосток. 2014. URL: <https://www.biosoil.ru/files/fscpublications/lev/00001617.pdf>
- 16) Chung Il Lee, Se-Young Park // Long-term Change in Sea Level along the Eastern Coastal Waters of Korea using Tide Gauge, Water Temperature and Salinity. Journal of Environmental Science International. 2014. URL: https://www.researchgate.net/publication/272701021_Long-term_Change_in_Sea_Level_along_the_Eastern_Coastal_Waters_of_Korea_using_Tide_Gauge_Water_Temperature_and_Salinity
- 17) Ю.И. Зуенко, В.В.Надточий //Основные особенности сезонной и многолетней динамики сообщества зоопланктона Амурского залива (залив Петра Великого, Японское море). Труды ВНИРО. Т.173. 2018. URL: http://vniro.ru/files/trydi_vniro/archive/tv_2018_t_173_article_10.pdf
- 18) Zuenko Yu.I. //Seasonal cycle of heat and salt balance in peter the Great Bay (Japan sea). Pacific Research Fisheries Centre (TINRO-centre). Vladivostok. URL: <http://ferhri.org/images/stories/FERHRI/CREAMS2000/zuenko.pdf>
- 19) Зуенко Ю.И. // Влияние изменений климата на океанологический режим и экосистему Японского моря. Диссертация. Санкт-Петербург. URL: https://new-disser.ru/_avtoreferats/01004752721.pdf
- 20) О.Н. Лукьянова, С.А. Черкашин, М.В. Симоконь. //Обзор современного экологического состояния залива Петра Великого (2000-2010). Вестник ДВО РАН. 2012. URL: https://www.researchgate.net/publication/303160862_Overview_of_the_current_ecological_state_of_the_Peter_the_Great_Bay_2000-2010_Vestn_Dal%27nevost_Otd

- 21) Ira Tsoy, Viktor Karnaukh //Undersea features of the North West Japan/East Sea floor and an implication of their nomenclature. Incheon, Korea. 2007. URL:
https://www.researchgate.net/publication/261099358_Undersea_features_of_the_North_West_JapanEast_Sea_floor_and_an_implication_of_their_nomenclature
- 22) Японское море. URL: http://proznania.ru/?page_id=2390
- 23) 10 лет аварии на АЭС Фукусима. Последствия и итоги. URL:
<https://habr.com/ru/articles/545968/>
- 24) Ухудшение экосистемы Японского моря, как географической зоны сразу четырех государств, и способы улучшения ситуации. URL:
<https://газэкосеть.рф/problemu-ekologii/yaponskoe-more-problemy.html>
- 25) Азиатско-тихоокеанский центр обработки данных (APDRC). URL: <http://apdrc.soest.hawaii.edu/>
- 26) Атлас Мирового океана за 2018 год (WOA). URL:
http://apdrc.soest.hawaii.edu:80/dods/public_data/WOA
- 27) Атлас Океанов. Тихий океан. 1974 год // Фрагмент
- 28) Атлас Мирового океана за 2009 г (CSIRO_CARS2009). URL:
http://apdrc.soest.hawaii.edu/dods/public_data/CSIRO_Atlas/cars2009
- 29) В.Н. Малинин/ Многомерный статистический анализ. URL:
sakai.rshu.ru:8080/access/lesson5

Приложение А Результаты кластерного анализа распределение температуры воды и солености Японского моря (по данным WOA2018)

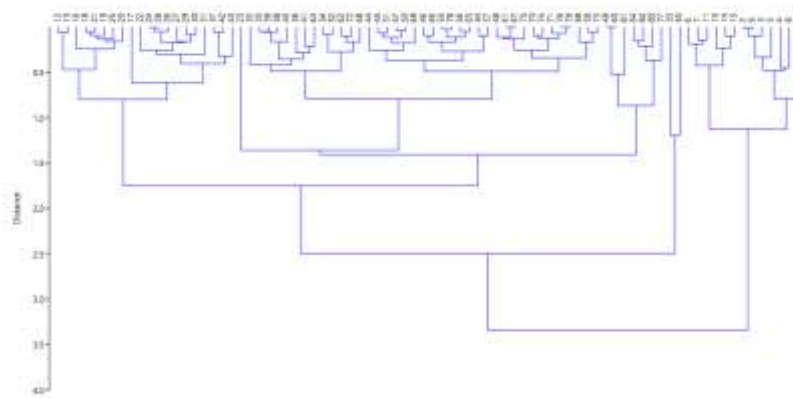


Рисунок А.1 Дендрограмма результатов кластерного анализа термохалинных характеристик Японского моря. Глубина 0 м. Август

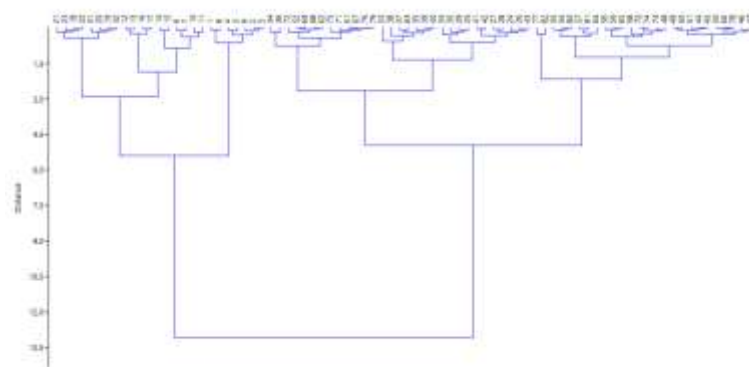


Рисунок А.2 Дендрограмма результатов кластерного анализа термохалинных характеристик Японского моря. Глубина 50 м.

Август

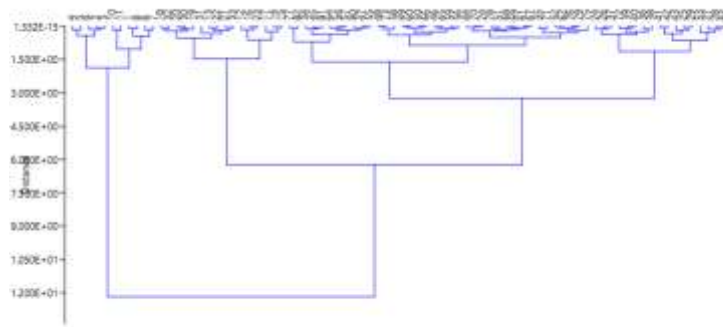


Рисунок А.3 Дендрограмма результатов кластерного анализа термохалинных характеристик Японского моря. Глубина 100 м. Август

Программный продукт для подготовки данных

```
number=int(80)
print('Ввод                                     глубины: ')
depth=str(input())
#          depth=str(100)                      #изменить          глубину
file_name1          =          'c:\colect\Tempa'+depth+'.csv'
file_name2          =          'c:\colect\Silicate'+depth+'.csv'
file_name3='c:\colect\Salinity'+depth+'.csv'
file_name4='c:\colect\Oxygen'+depth+'.csv'
file_name5='c:\colect\Azot'+depth+'.csv'
file_name6='c:\colect\Phosfate'+depth+'.csv'
massiv_name          =          'c:\colect\massiv'+depth+'.csv'
data1=pd.read_csv(file_name1,delimiter=',')
data2=pd.read_csv(file_name2,delimiter=',')
data3=pd.read_csv(file_name3,delimiter=',')
data4=pd.read_csv(file_name4,delimiter=',')
data5=pd.read_csv(file_name5,delimiter=',')
data6=pd.read_csv(file_name6,delimiter=',')
lon=data1['LON']
lat=data1['LAT']
z=data1['DEP']
t=data1['TEMP']
s=data3['SALT']
o=data4['OXY']
p=data6['PHOS']
n=data5['NIT']
si=data2['SIL']
sborka=pd.DataFrame(zip(lon,lat,z,t,s,o,p,n,si))
sborka.columns=['LON','LAT','DEP','TEMP','SALT','OXY','PHOS','NIT','SIL']
index1=sborka[sborka['TEMP']<=-1000].index
```

```

sborka.drop(index1,inplace=True)
index2=sborka[sborka['SALT']<=-1000].index
sborka.drop(index2,inplace=True)
index3=sborka[sborka['OXY']<=-1000].index
sborka.drop(index3,inplace=True)
index4=sborka[sborka['PHOS']<=-1000].index
sborka.drop(index4,inplace=True)
index5=sborka[sborka['NIT']<=-1000].index
sborka.drop(index5,inplace=True)
index6=sborka[sborka['SIL']<=-1000].index
sborka.drop(index6,inplace=True)
pd.DataFrame(sborka).to_csv(massiv_name,header=True,
index=False)
print('Файл:',massiv_name)
print('Готово')

```