



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной и системной экологии  
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(бакалаврская работа)

На тему Гидрохимическая характеристика акватории Черноморского  
побережья России

Исполнитель Макушкина Вероника Олеговна  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель Кандидат географических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)  
Алексеев Денис Константинович  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой   
(подпись)

кандидат географических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович  
(фамилия, имя, отчество)

25 06 2025 г.

Санкт-Петербург

2025

## Оглавление

Введение.....	3
Глава 1 Физико-географическая характеристика и особенности Черного моря .....	5
1.1. История формирования моря и его современной экосистемы.....	5
1.2 Географическое положение и общая характеристика Черного моря.....	7
1.3 Климатические особенности. ....	10
1.4 Плотность воды.....	13
1.5 Сток рек российского побережья Черного моря и его влияние на водные характеристики. .....	14
1.6 Общая характеристика реки Мзымта. ....	16
Глава 2 Метода обработки проб и результатов наблюдений. ....	20
2.1 Черное море в системе экологического мониторинга.....	20
2.2. Методы отбора проб.....	21
2.3. Методы обработки проб и результатов наблюдений. ....	23
Глава 3 Гидрохимическая характеристика Черного моря. Анализ данных. ....	28
3.1. Общие гидрохимические показатели. ....	28
3.1.1. Температура.....	28
3.1.2 Соленость. ....	29
3.2 Режим биогенных компонентов Черного моря.....	30
3.3 Обработка полученных данных. Сравнительная характеристика. ....	31
3.3.1 Определение качества воды Черного моря. ....	31
3.3.2 Сравнительная характеристика данных за летний и зимний период. ....	34
Заключение.....	41
Список использованных источников .....	43
Приложение.....	45

## Введение

Черное море является одним из важнейших гидрогеографических объектов Евразии, играющим значительную роль в экологическом, экономическом и социальном развитии прибрежных стран. Его уникальные гидрологические и гидрохимические особенности обусловлены сложным взаимодействием природных факторов, а также антропогенным влиянием. Гидрохимическая характеристика Черного моря представляет собой важный аспект изучения его экологического состояния, поскольку она позволяет оценить качество воды, уровень загрязнения и процессы самоочищения водной среды.

На основе проведенных наблюдений в поверхностном слое воды в прибрежной зоне Черного моря - ориентировочно в районе двухсот метров от устья реки Мзымта, а также в открытой части моря - на расстоянии 3, 6 километров на траверзе устья реки Мзымта - будет выполнен анализ полученных сведений о гидрохимическом состоянии данной области.

Актуальность проводимых наблюдений и анализа гидрохимической составляющей обуславливается тем, что качество воды напрямую влияет на здоровье людей проживающих и отдыхающих вблизи моря, также имеется необходимость сохранения экологического баланса и поддержание биоразнообразия моря. Нельзя не отметить, экономика региона, туристическая и рыболовная отрасли напрямую зависят от качества вод Черного моря.

Целью данной выпускной квалификационной работы является анализ гидрохимической характеристики акватории Черного моря по данным полевых исследований.

Для достижения цели работы необходимо решить следующие задачи:

- 1) Дать физико-географическую характеристику Черного моря.
- 2) Рассмотреть современные методы и технологии сбора и анализа гидрохимических данных морских акваторий.

3) Проанализировать литературные и имеющиеся данные по основным показателям за декабрь 2022 г. и за июнь 2023 г.

Объектом исследований является Черное море.

Предметом исследования выступают гидрохимические данные поверхностного слоя, отобранные на двух створах: прибрежная часть Черного моря, в районе мкр. Адлер в 0,2 км от устья р. Мзымта и в открытом Черном море, в 3,6 км на траверзе устья р. Мзымта по 5 вертикалям.

При написании работы информационную базу составили: учебные пособия отечественных, российских авторов, законодательные и нормативные акты Российской Федерации, а также научные статьи.

Методологической основой работы явилась нормативная, законодательная, специальная, периодическая литература.

# Глава 1 Физико-географическая характеристика и особенности Черного моря

## 1.1. История формирования моря и его современной экосистемы

Суждения о тектонической природе и геологической истории Черноморской впадины возникли задолго до начала прямых исследований самой акватории. Благодаря внутриконтинентальному положению Черного моря изучение строения его берегов позволяло делать более или менее обоснованные выводы о существовании впадины в геологическом прошлом.

Около 65 миллионов лет назад, в юрский период мезозойской эры, просторное море Тетис соединяло Тихий и Атлантический океаны. Располагалось оно в районе современного Гибралтара на западе и проходило через области, которые сейчас занимают Средиземное, Черное, Каспийское моря, Кавказ, Копетдаг, Тянь-Шань, Памир, Гималаи и Юго-Восточную Азию. К миоцену (примерно 7–5 миллионов лет назад) на Земле проходили горообразовательные процессы: появились Альпы, Карпаты, Балканы и Кавказские горы. В результате этих изменений соленое море Тетис сократилось в размерах и распалось на несколько меньших бассейнов. Один из них — Сарматское море — протянулся от современной Вены до горных систем Тянь-Шаня в Азии. Этот водоем включал территории современных Черного, Азовского, Каспийского и Аральского морей. Постепенно Сарматское море начало опресняться за счет впадающих рек [6].

В конце миоцена, около 3–2 миллиона лет назад образовывается Меотическое море, путем сокращения Сарматского моря с соединения его с океаном, при этом повышается соленость и появляются морские виды. В плиоцене, около 2–1,5 млн лет назад, связь с океаном прекращается, и на месте Меотического моря образуется почти пресное Понтийское озеро-море. Тогда будущие Черное, Азовское и Каспийское моря соединялись в районе Ставрополя и Северного Кавказа. В это время исчезает морская фауна, и

формируется понтийская флора и фауна — каспийские реликты, сохранившиеся до наших дней в этих морях и лиманах [6].

К концу понтийского периода из-за поднятия земной коры на Северном Кавказе отделяется Каспийское море. В развитие систем Черного, Азовского и Каспийского морей идут разными путями, хотя иногда возникают водные связи [6].

В четвертичном периоде, во время ледниковых эпох, границы будущего Черного моря менялись. Менее миллиона лет назад Понтийское озеро-море уменьшилось до Чаудинского озера-моря размерах (рис. 1.1 Г), опреснилось и было изолировано от океана. После последнего оледенения (около 500–400 тысяч лет назад) оно наполняется тальми водами и приобретает очертания современных Черного и Азовского морей (Древнеевксинский бассейн) (рис. 1.1 Д). На северо-востоке оно сообщалось с Каспийским через Кумо-Манычскую впадину [6].

Во-время межледниковья, около 150 тысяч лет назад возникает связь Черного моря с Средиземным и Атлантическим океаном через Дарданеллы — формируется Карангатский бассейн, или Карангатское море, с соленостью до 25–30‰ (рис. 1.1 Е) [6].

Далее происходит образование Новоевксинского озера-моря на месте Карангатского моря, ориентировочно 20–18 тысяч лет назад (рис. 1Ж), опресненное до 5–7‰, с понтийской фауной. После этого около 7–5 тысяч лет назад открываются проливы Босфор и Дарданеллы, соединяя Черное море с Средиземным и Атлантикой — происходит формирование современного Черного моря. В древности это подтверждается историческими источниками: уровень воды в Черном море был выше, реки прорвали сушу в проливах, затопив остров Самофракия [6].

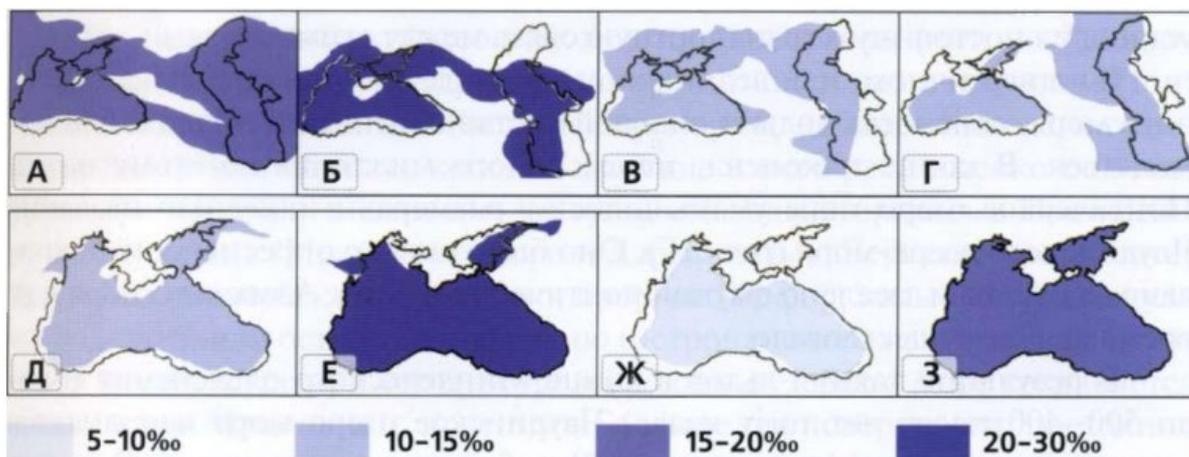


Рисунок 1.1 – Геологическое прошлое Черного моря:

А – Сарматское море, Б – Меотическое море, В – Понтическое озеро–море, Г – Чаудинское море, Д – Дривнеевксинский бассейн, Е – Карангатское море, Ж – Новоевксинское море, З – современное Черное море и их предположительная соленость (‰) [6].

Со временем уровни воды уравниваются, начинается постепенное солечение Черного моря. На севере оно опускается ниже уровня Мраморного моря — в Босфоре течет вода из Черного в Мраморное море сверху и снизу идет обратное течение. Через 1,5–2 тысячи лет уровень соли достигает такого уровня, что в море начинают заселять средиземноморские виды — это основная часть его современной биоты (рис. 1.1 З) [6].

## 1.2 Географическое положение и общая характеристика Черного моря

Черное море соединяется с Атлантическим океаном через Средиземное море проливами Босфор, Дарданеллы и Гибралтар. Географические границы Черного моря ограничены на севере входом в Березанский лиман, на юге г. Гиресун и г. Сюрмене в Турции, на западе Бургасским заливом и на востоке г. Кобулету в Грузии. Граница Черного моря с Мраморным морем проходит в северной части пролива Босфор по линии между мысами Румели и Анадоли. На северо-востоке граница Черного и Азовского морей проходит в Керченском

проливе по линии между мысами Такиль в Крыму и Панагия на Таманском п-ве. Наибольшая протяженность Черного моря в широтном направлении по различным оценкам составляет 1148–1180 км. Максимальная ширина моря по меридиану  $31^{\circ}10'$  в.д. – 615 км, наименьшая ширина моря между мысами Сарыч и Керемпе от 258 до 264 км. Расстояние по линии м. Херсонес–Босфор в пределах 615 км, по линии Ялта–Батуми, составляет приблизительно 685 км. Общая площадь поверхности моря без лиманов составляет 406680–423000 км<sup>2</sup>, объем воды 535430–555000 км<sup>3</sup>. Средняя глубина моря 1270–1315 м, максимальная глубина моря находится в пределах 2210–2258 м. Изрезанность береговой линии Черного моря незначительная. Самыми крупными формами рельефа суши являются Крымский полуостров и небольшие полуострова на Анатолийском побережье (Инджебурун, Ясун и др.). Наиболее крупные заливы Черного моря: Одесский, Каркинитский, Каламитский, Феодосийский, Синопский, Бургасский и Варненский. Из бухт наибольшие Самсун, Севастопольская, Новороссийская и Геленджикская. В Черном море отсутствуют крупные острова. Самым значительным является о. Змеиный (площадь 1,5 км<sup>2</sup>), расположенный в 35 км от края дельты Дуная. Меньшими по размерам являются о. Березань у входа в одноименный лиман и о. Кефкен в 93 км восточнее пролива Босфор. Несколько небольших островов находятся в Бургасском заливе. По отношению объема моря к сумме площадей наименьших поперечных сечений его проливов (0,04 км<sup>2</sup> для Босфора и 0,02 км<sup>2</sup> для Керченского пролива) Черное море является самым обособленным морем Мирового океана. Шельф (материковая отмель до изобаты 200 м) занимает 25% акватории моря (112140 км<sup>2</sup>) и 1,5% объема вод (8190 км<sup>3</sup>). Наибольшая часть шельфа приходится на северо-западную часть моря - 16% акватории моря, 0,7% объема вод при максимальной ширине шельфа 220 км. В Керченско-Таманской области, на побережье Болгарии и западной Турции ширина шельфа находится в пределах 50 км. Вдоль Анатолийского побережья и ЮБК (Ялта – м. Меганом) ширина шельфа Черного моря уменьшается до нескольких километров. В районе Кавказского побережья рельеф дна

характеризуется узким шельфом (в среднем 8 км) и сильно расчлененным каньонами материковым склоном. Граница шельфа редко превышает глубину 110 м. Переход к материковому склону резкий, уклон составляет 15-20° [9].

Континентальный (материковый) склон ограничен изобатами 200-2000 м и занимает около 40% акватории моря. Ложе глубоководной котловины с глубинами 2000-2200 м занимает около 35% акватории моря и представляет собой плоскую аккумулятивную равнину на разнородных и разновозрастных в геологическом плане структур, и имеет небольшой наклон в южном направлении (Иванов, 2011, Гидрометеорология, 1991, Зубов, 1956) [9].

В Чёрное море непосредственно или через лиманы впадает 211 рек. С учетом притока малых рек среднемноголетний годовой объем стока в море может быть оценен в 355,6 км<sup>3</sup>. Около 74% (263,2 км<sup>3</sup>/год) суммарного стока в море приходится на ее северо-западную часть (реки Дунай, Днепр, Днестр), причем 58,5% всего стока – на р. Дунай [9]. На рисунке 1.2 приведена карта отбора проб.



Рисунок 1.2 – Карта точек отбора проб в акватории Черного моря.

### 1.3 Климатические особенности.

Наиболее распространенным подходом в классификации климата является концепция В. Кеппена, которая основана на сезонном ходе температуры воздуха и осадков, при этом учитывая преобладающие типы ландшафта и растительности [7].

Климат Черного моря и его прибрежных районов претерпел значительные изменения в последние десятилетия. Согласно первоначальным оценкам по системе Кеппена, северное побережье региона относилось к степному и континентальному климату, западное – к умеренному морскому, а южный берег Крыма и побережье Турции – к средиземноморскому. Однако современные исследования за период 1950-2000 гг. показывают, что границы климатических зон сместились. В частности, зона степного климата значительно расширилась на восток, достигнув Каспийского моря, в то время как зона средиземноморского климата сохранилась лишь на части юго-западного побережья у Стамбула. На большей части побережья преобладает умеренный климат, который можно отнести к субтропическому или морскому типу [7].

Изучая температурный режим воздуха в Черноморском районе, можно отметить важность воздействия комплекса факторов, включающих атмосферные процессы, рельеф и ориентацию берегов, а также широтное положение отдельных участков побережья. Открытые степные ландшафты, гористый рельеф и наличие горных хребтов оказывают влияние на распространение воздушных масс и локальную ветровую циркуляцию, что в свою очередь определяет особенности температурного режима региона. Широта места влияет на количество поступающей солнечной радиации, что также сказывается на климатических условиях [8].

С декабря по март, в период холодов, климатические условия формируются благодаря взаимодействию сибирского антициклона, расположенного на отроге, и области низкого давления над Черным морем. Это создает значительные градиенты давления, что способствует развитию циклонов и усилению

атмосферной активности. В такие периоды морской воздух из Атлантики поступает в регион, вызывая повышение температуры воздуха. Часто зимой из бассейна Средиземного моря ветры юго-западного направления приносят теплый тропический воздух с высоким содержанием влаги. Весной влияние сибирского антициклона значительно ослабевает. В этот период из-за частых вторжений южных и юго-западных ветров погода становится нестабильной, сопровождаясь частыми морскими туманами. Летом Черное море находится под влиянием Азорского максимума, что обеспечивает устойчивую, ясную и жаркую погоду. Осенью, по мере ослабления действия азорского антициклона, над морем начинают формироваться циклоны с юга, однако в начале сезона погода остается ясной и теплой. В октябре активизируется сибирский максимум, и температура воздуха быстро снижается [9].

Средние годовые значения температуры воздуха, рассчитанные за многолетний период, изменяются вдоль побережья от 10 °С на севере СЗЧ до 13,1 °С на ЮБК и 14,4 °С на юго-востоке кавказского побережья (рис. 1.3)

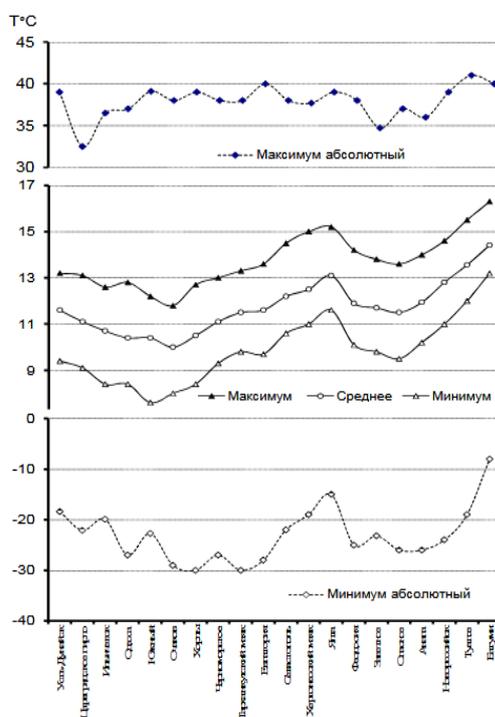


Рисунок 1.3 - Средние годовые и экстремальные температуры воздуха вдоль северного и восточного побережий Черного моря

В северных частях северо-западного (Одесса, Южный, Очаков) и северо-восточного (Заветное, Опасное, Анапа) побережий среднегодовые величины температуры воздуха самые низкие, однако их среднеквадратичные отклонения (СКО) составляют 0,90 - 1,02, а амплитуды (3,7 - 4,6 °С) максимальны. В самых южных районах Крыма (Севастополь, Ялта) и кавказского побережья (Туапсе, Батуми) температура воздуха максимальна, а СКО (0,6 - 0,7) и амплитуды годовых норм (3,0 - 3,4 °С) наименьшие. В этих южных районах абсолютные минимумы зимних температур за весь период наблюдений не опускались ниже - 8 °С (Батуми) и -15 °С (Ялта), тогда как в северных районах повсеместно отмечались морозы до -25...-30 °С.

Максимальные годовые величины изменяются вдоль побережья от 11,8 °С на северо-западе до 15,2 °С на юге Крыма и 16,3 °С в юго-восточной части кавказского побережья. Рассчитанная за многолетний период средняя по северо-восточному району (Ялта-Новороссийск) годовая температура воздуха 12,1 °С более высокая, чем в северо-западной части (Усть-Дунайск – Евпатория, 10,7 °С). Абсолютные максимумы летних температур воздуха в большинстве регионов превышают 35 °С и могут достигать 40...41 °С [4].

Характеристика осадков на побережье Черного моря свидетельствует о значительном их разнообразии, обусловленном сложным рельефом региона и особенностями атмосферных процессов. На равнинных участках побережья, таких как северо-западное побережье и западный берег Крыма, выпадает относительно небольшое количество осадков - в среднем от 200 до 500 мм в год. В этих районах воздушные потоки, насыщенные влагой, свободно проходят над равнинной поверхностью без значительных выпадений осадков. В результате такие территории характеризуются более сухим климатом [13].

Наоборот, гористые участки, особенно восточное побережье Кавказа и южный берег Крыма, отличаются высоким уровнем осадков. Здесь горные хребты преграждают путь влажным западным и юго-западным средиземноморским ветрам, вызывая их восхождение по склонам и охлаждение

воздуха. Это приводит к образованию обильных осадков - в районе Кавказских гор годовое количество достигает 2663–2744 мм, а в некоторых районах у южного берега Крыма - до 575 мм. Особенно много осадков выпадает на юго-восточном побережье, где высота Кавказских гор увеличивается к югу и их хребты расположены поперек основных потоков влаги. В этих районах ежегодное количество осадков может достигать 3000 мм и более [13].

В открытом море количество осадков значительно ниже - в диапазоне от 250 до 900 мм в год, причем по мере продвижения к югу оно увеличивается. На юго-западе моря и у Южного берега Крыма наблюдается повышенная влажность и большое количество выпадений [13].

Что касается сезонных особенностей, то холодный период (с ноября по март) характеризуется увеличением количества жидких и твердых осадков. В северо-западной части Черного моря число дней с твердыми осадками сопоставимо с числом дней с жидкими. В районе Южного берега Крыма и на побережье Кавказа преобладают жидкие осадки во все зимние месяцы [13].

#### 1.4 Плотность воды

Черное море характеризуется высокой степенью распресненности, что приводит к тому, что его плотность воды заметно ниже, чем в океане. В среднем, на поверхности воды плотность составляет около 1012.6 кг/м<sup>3</sup> (условная плотность  $\sigma$  равна 12.6), тогда как в глубоких слоях она редко превышает значение  $\sigma = 17.2$ . В противоположность этому, воды, поступающие из Средиземного моря через Босфор, обладают высокой плотностью — от  $\sigma = 26$  до 28, что делает их одними из самых плотных вод в мировом океане. В прибрежных районах в теплое время года при низкой солености и повышенной температуре воды плотность может снижаться до значений  $\sigma < -2$  (менее 998 кг/м<sup>3</sup>) [7].

Плотность воды увеличивается с глубиной: на поверхности моря она колеблется в диапазоне  $\sigma = 10.8$ –14.0 (средние показатели июля и февраля соответственно), а на глубине около 2000 метров достигает значения  $\sigma = 17.2$  (см.

рис. 1.4). В структуре вертикальной плотности Черного моря выделяются два характерных пикноклина — резких скачка плотности. Сезонный пикноклин формируется в период с апреля по ноябрь в слое 15–20 метров и достигает своего максимума в июле-августе, обусловленный развитием сезонного термоклина и, в меньшей степени, галоклина. Основной (постоянный) пикноклин залегает на глубинах от 50 до 100 метров и соответствует основному галоклину, обеспечивая стабильную границу между слоями воды [3]

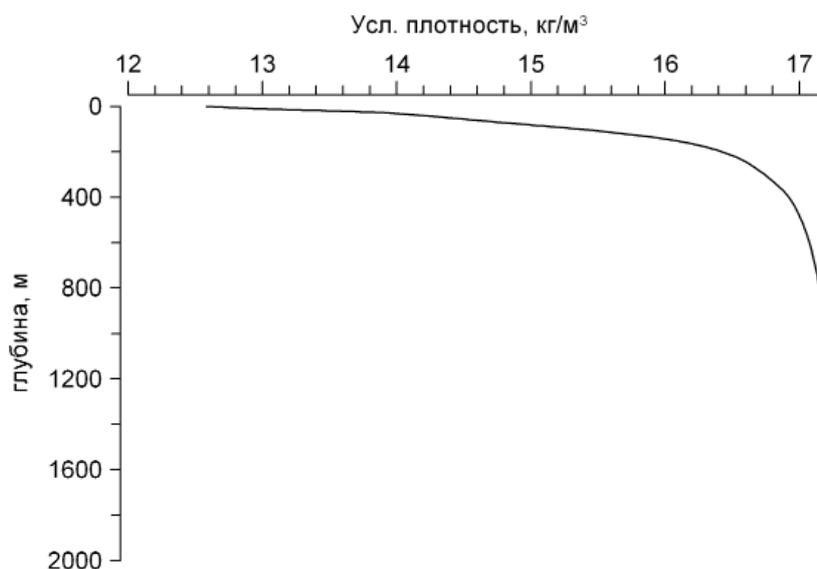


Рисунок 1.4 – Среднегодовой вертикальный профиль плотности воды в центральной части Черного моря

1.5 Сток рек российского побережья Черного моря и его влияние на водные характеристики.

В Черное море впадает около 1000 рек, преобладающее большинство которых относятся к малым рекам (только около 500 рек имеют длину более 10 км). К категории крупных рек (с площадью водосбора более 10 000 км<sup>2</sup>) относятся всего 10 рек, крупнейшей из которых является река Дунай [1].

В Российском секторе почти все реки небольшие, крупнейшая река – Мзымта, имеющая водный сток 1,56 км<sup>3</sup>/г. и твердый сток 0,26 млн. т/г. Средняя

высота бассейнов рек увеличивается от 130–200 м на севере сектора до 1300 м на юге (Мзымта), концентрация взвеси колеблется в пределах 150–600 мг/л, в среднем 250 мг/л. Реки северо-восточного сектора моря слабо подвержены влиянию антропогенного фактора [1].

Речной сток оказывает значительное влияние на гидрохимический режим Черного моря, поскольку именно реки являются основными источниками поступления в море как взвешенного осадочного материала, так и растворенных веществ. В среднем концентрация взвеси в речных водах составляет около 215 мг/л, что примерно в два раза ниже глобальных средних значений, однако даже при этом речные воды при попадании в морскую среду формируют зоны смешения, или маргинальные фильтры, которые служат важными ловушками для твердых частиц и растворенных веществ. В этих зонах происходит интенсивное осаждение как природного, так и антропогенного материала, что позволяет задерживать до 90–95% взвеси и значительную часть растворенных веществ, не давая им полностью проникнуть в открытые части Черного моря. В результате этого формирования маргинальных фильтров происходит накопление осадков у берегов и в прибрежных зонах, что существенно влияет на гидрохимический баланс региона [1].

Речные воды содержат большое количество растворенных веществ — ионов кальция, магния, натрия и анионов гидрокарбонатов, сульфатов и хлоридов. Концентрации этих веществ у рек бассейна Черного моря значительно превышают глобальные средние показатели — в 3–5 раз — особенно у рек с развитой промышленностью и густонаселенными регионами. Это ведет к повышенной минерализации воды и постепенному увеличению засоления устьевых зон рек по мере приближения к морю. В последние годы наблюдается тенденция к метаморфизации воды в сторону засоления — рост концентраций натрия, калия, хлоридов и сульфатов — что может изменять гидрохимические свойства морской среды [1].

Кроме того, реки транспортируют органический углерод — как растворенный, так и взвешенный — что влияет на биогеохимические процессы в прибрежных зонах. Концентрации растворенного органического углерода варьируют от 1 до 10 мг/л и способствуют развитию микроорганизмов, а также участвуют в формировании экологического баланса региона. Стоки рек регулируются гидротехническими сооружениями и водохранилищами; строительство таких объектов снизило объем стока некоторых рек (например, Ингури), а также уменьшило количество переносимых наносов. Эти изменения могут оказывать влияние на экологическое состояние прибрежных зон: снижение количества наносов уменьшает их накопление у берегов или меняет динамику экосистем [1].

#### 1.6 Общая характеристика реки Мзымта.

Река Мзымта является самой крупной из рек Главного Кавказского хребта и самой длинной рекой, впадающей в Черное море, на территории Краснодарского края. Истоком реки является озеро Кардывач на южном склоне Главного Кавказского хребта, находящийся на высоте 2980 м над уровнем моря [15].

Согласно данным Государственного водного реестра, река Мзымта принадлежит к бассейну Черного моря. Её протяженность составляет около 89,7 км, а площадь водосборного бассейна – примерно 885 км<sup>2</sup>. Основными притоками являются реки Лаура, Пслух, Ачипсе, Кепша и Тихая. Большинство этих притоков впадает в Мзымту с правого берега, за исключением реки Тихая, которая входит с левого берега на тринадцатом километре от истока [15].

Русло реки обладает извилисты характером и оно слаборазветвленно. В верховьях долина имеет V-образную форму. Склоны реки крутые, их уклон составляет 30-35°, а в некоторых местах достигает 40-50°. Берега сложены из темно-серых сланцев и очень твердых, плотных известняков юрского периода. В бассейне Мзымты преобладают бурые горно-лесные почвы. В районе истоков

встречаются горно-луговые почвы, а в низовьях — бурые лесные почвы в сочетании с желтоземами [15].

Река Мзымта имеет смешанный характер питания. В течение года для нее свойственны весенне-летнее половодье и паводки, вызванные дождями. Средним годовым расходом воды является значение 45,6 м<sup>3</sup>/с, максимальный показатель при этом составляет около 764 м<sup>3</sup>/с. В весенний период на долю этого времени приходится примерно 42–50 % от общего годового стока реки. В летнее время, в пору таяния ледников, увеличивается объем воды примерно на 30 %, а осенью — на 15–17 %. В бассейне Мзымты расположены три ледника, их общая площадь составляет 2,58 км<sup>2</sup>, что составляет всего 0,32 % от всей площади бассейна [15].

В реке Мзымта наблюдаются значительные колебания уровня воды. Годовая амплитуда изменения уровня достигает 2,32 метра. Эти колебания немного уменьшаются ближе к устью, в районе Адлера амплитуда не превышает 2,23 метра. Во время весеннего таяния снегов в ущельях уровень воды может подниматься до 5 метров [15].

В бассейне Мзымты, густота речной сети составляет примерно 1,48 км<sup>2</sup>, что свидетельствует о достаточно развитой гидрографической системе региона. Средняя скорость течения реки составляет около 1,8 м/с; в спокойных плесах она колеблется от 0,4 до 1,2 м/с, а в наиболее быстрых участках достигает 2–3 м/с. Особенно заметно увеличение скорости после Молдовского моста — здесь она возрастает до 2,6–3,5 м/с [15].

Береговые склоны на всем протяжении русла отличаются значительной расчлененностью: глубокие балки и долины притоков создают сложный рельеф. Дно реки покрыто скалистыми породами с валунами, что придает руслу характерную каменистую структуру. В среднем и нижнем течении донный грунт преимущественно представлен галечником и галечно-валунным материалом, что свидетельствует о высокой эрозионной активности и динамичности речного русла [15].

Дополнительно стоит отметить, что такие особенности гидрологического режима и рельефа оказывают существенное влияние на экосистему региона, создавая разнообразные условия для обитания водных организмов и формирования уникальных природных ландшафтов.

Хозяйственная деятельность на реке Мзымта представляет собой комплекс мероприятий, направленных на использование природных ресурсов. Вдоль берегов реки расположены населённые пункты, такие как посёлок городского типа Красная Поляна, а также сёла Эстосадок и Казачий Брод и другие [15].

Также здесь расположена Краснополянская гидроэлектростанция (ГЭС), которая обеспечивает электроэнергией местное население [15].

Важной отраслью является разведение речной форели, начавшееся ещё до 1917 года [6].

Река Мзымта обладает высоким потенциалом для развития водных видов спорта: рафтинг и каякинг являются популярными видами активного отдыха среди туристов. В верховьях реки горные склоны используются для зимних видов спорта, таких как горнолыжный спорт и сноубординг [15].

Также здесь была реализована проектировка и строительство совмещённой автомобильной и железнодорожной дороги, соединяющей Адлер с Красной Поляной [15].

Антропогенное влияние на реку Мзымта и её окружающую природную среду проявляется через различные виды хозяйственной деятельности, такие как строительство, сельское хозяйство, автотранспорт и развитие рекреационных комплексов. В частности, в регионе ведётся активное строительство горнолыжных трасс, канатных дорог и инфраструктурных объектов, что сопровождается вырубкой лесов, распашкой склонов и забором инертных материалов. Эти действия приводят к нарушению почвенного покрова, усилению процессов вытаптывания, уплотнения и иссушения почвы, что способствует смывам, эрозии и развитию оползней. В результате таких мероприятий увеличивается риск возникновения лавин, селей и обвалов, особенно на склонах

с крутизной более 15–30 градусов. Кроме того, строительство и активное использование горнолыжных склонов ведет к уплотнению снежного покрова и повышению его теплопроводности, что способствует усилению промерзания грунтов и развитию термоэрозионных процессов. В целом, деятельность человека вызывает изменение природных процессов и ухудшение экологического состояния региона. Особенно уязвимыми являются лесные массивы — реликтовые колхидские леса первой категории — которые выполняют важные водоохранные и почвозащитные функции. Их вырубка для строительства или из-за несанкционированной заготовки древесины усиливает процессы смыва почвы, эрозии и активизирует оползни [4].

## Глава 2 Метода обработки проб и результатов наблюдений.

### 2.1 Черное море в системе экологического мониторинга.

Значение мониторинга Черного моря заключается в обеспечении экологической безопасности и охраны окружающей среды. Он позволяет своевременно выявлять признаки загрязнения воды, донных отложений и морской экосистемы в целом.

Регулярные наблюдения помогают выявлять тенденции ухудшения экологического состояния региона: такие как цветение водорослей или разрастание токсичных видов — что дает возможность принимать превентивные меры.

Систематический мониторинг способствует устойчивому развитию региона: он позволяет рационально использовать природные ресурсы — рыболовство, туризм, портовую деятельность — без ущерба для экосистемы. Это важно для долгосрочного благополучия стран прибрежной зоны и сохранения ее природных богатств для будущих поколений.

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 06.06.2013 № 477 «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды» Росгидромету поручено формирование и обеспечение функционирования государственной сети наблюдений (ГСН), ее стационарных и подвижных пунктов, а также судовых экспедиционных исследований [11].

В настоящее время формирование государственной системы мониторинга окружающей среды осуществляется на основе положений, закрепленных в документе «Положение о ГСН» 2003 года. Эта система включает как региональные управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС), так и их филиалы — Центры гидрометеорологии и экологического мониторинга, которые непосредственно занимаются практическими аспектами наблюдений и анализа [14].

Стоит отметить существенные различия между российской системой экологического мониторинга морской среды и европейскими подходами. В

России основой является химический анализ воды с оценкой ее загрязненности относительно предельно допустимых концентраций (ПДК) отдельных химических элементов в морской воде. Такой подход позволяет выявлять превышения нормативных значений и контролировать качество воды с точки зрения химического состава [14].

В то же время, европейская система мониторинга базируется на более комплексном экосистемном подходе. Она оценивает состояние морской среды по набору индикаторов или дескрипторов, уделяя особое внимание воздействию человеческой деятельности на живые организмы и экосистемы в целом. Важной составляющей является разработка мер по предотвращению или минимизации дальнейших негативных последствий антропогенного воздействия при выявлении серьезных нарушений качества морской среды. Такой подход позволяет не только получать разностороннюю информацию о состоянии компонентов морской системы, но и активно управлять ее динамикой. В настоящее время эта методика применяется во всех европейских морях, включая значительную часть акватории Черного моря [14].

Интересно отметить, что интеграция этих системных подходов могла бы значительно повысить эффективность экологического контроля в регионе, объединяя точечные химические оценки с комплексным анализом состояния экосистемы и разработкой превентивных мер.

## 2.2. Методы отбора проб

По сокращенной программе пробы отбирают один раз в декаду. В состав наблюдений обычно входит определение концентрации нефтяных углеводородов (НУ), содержания растворенного кислорода, значений рН и концентрация одного-двух приоритетных загрязняющих ингредиентов, характерных для данного района наблюдений. Одновременно проводятся визуальные наблюдения за загрязнением поверхности моря [11].

По полной программе пробы отбирают один раз в месяц. В состав наблюдений обычно входит определение концентрации нефтяных углеводородов (НУ), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), фенолов, хлорорганических пестицидов (ХОП), тяжелых металлов (ТМ) и специфических для данного района ЗВ; отдельных показателей морской среды – концентрации растворенного в воде кислорода (O<sub>2</sub>), сероводорода (H<sub>2</sub>S), ионов водорода (pH), щелочности (Alk), нитритного азота (N-NO<sub>2</sub>), нитратного азота (N-NO<sub>3</sub>), аммонийного азота (N-NH<sub>4</sub>), общего азота (N<sub>total</sub>), фосфатного фосфора (P-PO<sub>4</sub>), общего фосфора (P<sub>total</sub>), кремния (Si-SiO<sub>3</sub>), а также элементов гидрометеорологического режима - солености и хлорности воды (S‰), температуры воды и воздуха (ТОС), скорости и направления течений и ветра, прозрачности по диску Секки и цветности воды, концентрации взвешенных веществ и другие параметры [11].

Горизонты отбора проб определяются глубиной на станции: до 10 м - два горизонта (приповерхностный и придонный слои); до 50 м – три горизонта (поверхность, 10 м, дно); более 50 м - четыре горизонта (поверхность, 10 м, 50 м, дно). При наличии сезонного скачка плотности отбор проб проводится и на его верхней границе или в слое максимального градиента. На глубоководных станциях пробы отбираются на стандартных гидрологических горизонтах [11].

Отбор проб воды проводится согласно ГОСТ 31861-2012 и представляет собой строго регламентированный процесс, направленный на получение дискретной пробы, которая отражает качество, состав и свойства исследуемой воды. Основной целью данного мероприятия является оценка текущего состояния водного объекта для выявления кратковременных изменений и принятия соответствующих корректирующих мер, а также установление программ долгосрочного мониторинга и определения состава воды в соответствии с нормативными документами. Кроме того, отбор проб служит для идентификации источников загрязнения водных объектов. Планирование и разработка программы отбора проб осуществляется исходя из целей

исследования и характеристик объекта, при этом в программу включается статистическая обработка данных. Метод отбора выбирается исходя из типа воды, напора, потока, температуры, глубины и целей исследования с целью минимизации возможных изменений показателей во время процедуры. Пробы должны быть исследованы в установленные сроки с соблюдением условий хранения; для этого используют специальные емкости, которые предотвращают потерю или загрязнение показателей, устойчивы к экстремальным условиям, инертны по химическому составу и легко очищаются. При использовании пробоотборников важно минимизировать контакт пробы с оборудованием, материалы должны быть нейтральными и гладкими; автоматизированные системы должны отвечать требованиям по конструкции, устойчивости к коррозии и возможности очистки [2].

В процессе подготовки к хранению пробы могут подвергаться фильтрованию или центрифугированию для удаления взвешенных веществ или разделения растворимых форм; также возможна консервация или охлаждение — до 2-5°C для увеличения срока хранения или замораживание до минус 20°C для длительного хранения за исключением микробиологических образцов. Консервация включает использование кислот, щелочей, органических растворителей или биоцидов в зависимости от анализируемых показателей. Все процедуры отбора и подготовки проб должны быть тщательно документированы для обеспечения их идентификации и прослеживаемости в лабораторных условиях. Соблюдение требований безопасности при проведении работ обязательно согласно действующим нормам и правилам [2].

### 2.3. Методы обработки проб и результатов наблюдений.

Химический анализ проб воды и донных отложений производится в соответствии с методами, изложенными в разработанных в ГОИН руководящих документах: «Руководство по химическому анализу морских вод» (РД 52.10.243-92, 1993) и «Определение загрязняющих веществ в морских донных отложениях

и взвеси» (РД 52.10.556-95, 1996). Методические основы проведения химического анализа элементов и соединений в морской среде постоянно обновляются [10].

В качестве норматива качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения ПДК была установлена приказом министра сельского хозяйства Российской Федерации А.Н. Ткачева от 13 декабря 2016 г., №552: «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения», далее в ссылках «Перечень ПДК» (ПДК-2016). Поскольку в сводке ПДК-2016 для морских вод утверждено очень мало ингредиентов, в отдельных случаях допустимо использовать нормативы пресных вод для сравнительных оценочных характеристик многолетней динамики контролируемых параметров [10].

Уровень содержания вещества или химического элемента в морской воде может быть определен с помощью различных методов и приборов, каждый из которых характеризуется минимальным пределом обнаружения ингредиента при определенных условиях или уровне концентрации в анализируемой среде (далее в тексте DL = Detection Limit) [3].

В данной работе основным методом для описания качества вод и сравнения по этому параметру различных акваторий является использование расчетных значений индекса загрязненности вод (ИЗВ), которые позволяют отнести воды исследуемого района к определенному классу качества (Таблица 2.1).

Таблица 2.1- Классы качества вод и значения ИЗВ.

Класс качества вод		Диапазон значений ИЗВ
Очень чистые	I	$ИЗВ \leq 0,25$
Чистые	II	$0,25 < ИЗВ \leq 0,75$
Умеренно загрязненные	III	$0,75 < ИЗВ \leq 1,25$
Загрязненные	IV	$1,25 < ИЗВ \leq 1,75$

Класс качества вод		Диапазон значений ИЗВ
Грязные	V	$1,75 < \text{ИЗВ} \leq 3,00$
Очень грязные	VI	$3,00 < \text{ИЗВ} \leq 5,00$
Чрезвычайно грязные	VII	$\text{ИЗВ} > 5,00$

Правила расчета индекса загрязненности вод определены «Методическими Рекомендациями по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям» (МР-1988). Для морских вод при расчете индекса используют четыре параметра с обязательным включением в этот список растворенного кислорода. Формула расчета ИЗВ для морской воды:

$$\text{ИЗВ} = \left( \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right) / 4, \quad (1)$$

Где  $n = 4$ , расчет ИЗВ проводят не по отдельным станциям, а по районам контроля;  $C_i$  - концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в воде;  $\text{ПДК}_i$  - предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества [3].

В случаях чрезвычайных ситуаций, связанных с критически высоким уровнем загрязнения воды, были введены дополнительные категории оценки экологического состояния. Для определения ситуаций с экстремально высокой концентрацией загрязнителей установлены критерии, обозначенные как экстремально высокое загрязнение (ЭВЗ) и высокое загрязнение (ВЗ) морской воды [10].

Границы таких случаев регламентированы Приказом №156 Руководителя Росгидромета «Об утверждении порядка подготовки и представления информации общего назначения о загрязнении окружающей природной среды» от 31 октября 2000 года (Приказ 156) [10].

Критерии для ЭВЗ морской воды включают следующие показатели:

1) Максимальное разовое содержание веществ, превышающее ПДК для веществ 1-2 класса опасности в 5 и более раз; для веществ 3-4 класса опасности — в 50 раз и выше. В этом случае уровень содержания сравнивается с наиболее «жесткими» нормативами ПДК по соответствующим показателям. Для веществ, нормативные документы по которым предусматривают полное отсутствие их в воде (например, некоторые токсичные соединения), условным ПДК считается значение 0,01 мкг/л.

2) Появление запаха воды с интенсивностью более 4 баллов, который ранее не наблюдался.

3) Образование пленки (нефтяной, масляной или другого происхождения) на поверхности водоема более чем на треть его площади при общей обзримой площади до 6 км<sup>2</sup>.

4) Пленка покрывает поверхность водоема на площади от 2 км<sup>2</sup> и более при общей площади свыше 6 км<sup>2</sup>.

5) Уровень растворенного кислорода снижается до 2 мг/л или ниже.

6) Биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>) превышает 40 мг О<sub>2</sub>/л.

7) Массовая гибель водных организмов — моллюсков, раков, лягушек, рыб и водной растительности.

Что касается высокого уровня загрязнения (ВЗ), то он характеризуется следующими критериями:

1) Максимальное разовое содержание веществ превышает ПДК для веществ 1-2 класса опасности в диапазоне от 3 до 5 раз; для веществ 3-4 класса опасности — в диапазоне от 10 до 50 раз (например, нефтепродукты, фенолы, соединения меди, железа и марганца могут превышать нормативы в 30–50 раз).

2) Биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>) находится в диапазоне от 10 до 40 мг О<sub>2</sub>/л.

3) Уровень растворенного кислорода снижается до значений между 2 и 3 мг/л.

4) Пленка на поверхности водоема занимает от четверти до трети его площади при общей обозримой площади до 6 км<sup>2</sup>.

5) При общей площади свыше 6 км<sup>2</sup> пленка покрывает от одной до двух квадратных километров.

Эти критерии позволяют оперативно выявлять критические ситуации и принимать меры по снижению негативного воздействия на морскую среду. Внедрение таких строгих нормативов способствует более точному контролю за состоянием водных объектов и своевременному реагированию на экологические угрозы.

В разработанной в 2001 г. «Инструкции по формированию и представлению оперативной информации об экстремально высоких и высоких уровнях загрязнения поверхностных и морских вод, а также их аварийном загрязнении» (ЭВЗ-2001) уточняется перечень основных ингредиентов различных классов опасности и пределы концентрации, характеризующие ВЗ и ЭВЗ (Таблица 1А) [10].

## Глава 3 Гидрохимическая характеристика Черного моря. Анализ данных.

### 3.1. Общие гидрохимические показатели.

#### 3.1.1. Температура

Температура воды в Черном море изменяется в широких пределах: от значений температуры замерзания воды в прибрежной зоне северной части моря ( $-0.97\text{ }^{\circ}\text{C}$  при солености  $18\text{ }‰$ ,  $-0.54\text{ }^{\circ}\text{C}$  при солености  $10\text{ }‰$ ), до  $28 - 29\text{ }^{\circ}\text{C}$  при максимальном летнем прогреве. Средняя по всему объему моря температура равна  $8.96\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Это значительно выше средней температуры в океанах, но ниже температуры соседнего Средиземного моря. Средняя температура на поверхности равна  $14.87\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в верхнем слое  $0 - 300\text{ м}$  имеет значение  $8.81\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в глубинном слое  $400 - 2000\text{ м}$  повышается до  $8.99\text{ }^{\circ}\text{C}$  [7].

Вертикальная структура. Основными элементами вертикальной термической структуры деятельного слоя Черного моря принято считать: верхний квазиоднородный слой от  $5$  до  $130\text{ м}$ , сезонный термоклин, где максимум вертикального градиента находится летом на глубине  $15 - 20\text{ м}$  (значения до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C м}^{-1}$ , средняя величина  $-1\text{ }^{\circ}\text{C м}^{-1}$ ), а также холодный промежуточный слой (ХПС), т.е. слой подповерхностного минимума температур, с глубиной залегания минимума  $30 - 100\text{ м}$ . Ниже оси ХПС температура монотонно повышается с глубиной до значений  $9.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  у дна. В слое  $50 - 100\text{ м}$  располагается постоянный термоклин (ряд авторов применяет термин антитермоклин) с вертикальным градиентом до  $+0.2\text{ }^{\circ}\text{C м}^{-1}$ , среднее значение  $+0.02\text{ }^{\circ}\text{C м}^{-1}$  [7].

На глубинах  $500 - 700\text{ м}$  существует стационарный квазиизотермический слой, по поводу происхождения которого существует несколько гипотез и данный вопрос подлежит дальнейшему научному изучению.

С глубины  $1700 - 1750\text{ м}$  начинается придонный однородный слой с постоянной потенциальной температурой ( $8.897 - 8.903\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), который образуется в результате плотностной конвекции, вызываемой геотермальным потоком тепла. По современным данным толщина придонного слоя составляет  $300 - 500\text{ м}$ , что является максимальным значением для Мирового океана [7].

Общая система вертикальной циркуляции моря с подъемом вод в центре и опусканием на периферии моря формирует куполообразное распределение изотермических поверхностей. Это является одной из основных причин существенного различия вертикальной термохалинной структуры в центральной части моря и прибрежных районах [7].

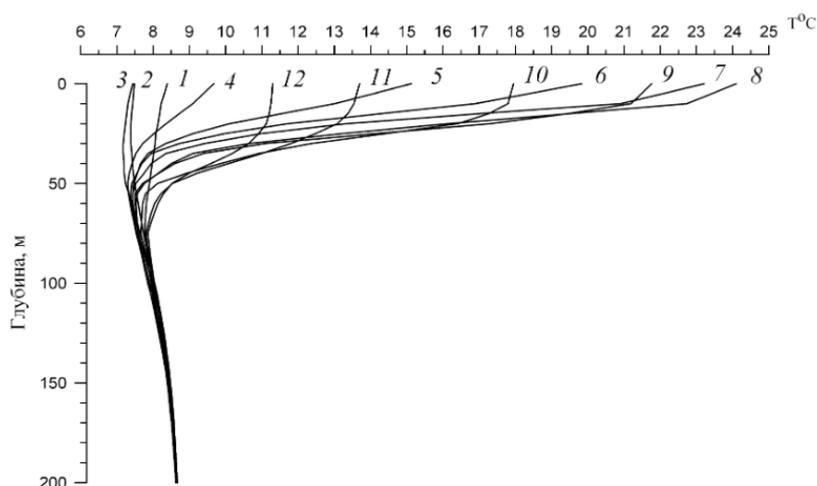


Рисунок 3.1 – Среднемесячные вертикальные профили температуры воды, °С в Черном море

### 3.1.2 Соленость.

Поле солености в Черном море формируется балансом пресных вод и водообменом через пролив Босфор. Превышение поступления пресной воды с речным стоком и осадками над испарением приводит к относительно низкому содержанию солей в сравнении с большинством морских бассейнов. Соленость поверхностного слоя Черного моря (17.85 ‰) почти вдвое меньше, чем соленость поверхностных вод Мирового океана. Черное море – самый большой в мире по площади распресненный (солонатоводный,  $S < 24,7 ‰$ ) бассейн. Средняя соленость по всему объему Черного моря равна 21.96 ‰, в слое 0–300 м 20.26 ‰, в слое 400–2000 м увеличивается до 22.26 ‰ [7].

Конкретные значения солености воды в Черном море находятся в достаточно широком диапазоне от 0 до 37 ‰. Изолированные объемы пресной

воды в поверхностном слое наблюдаются вблизи устьев рек в периоды паводков, высокосолёные средиземноморские воды (34– 37 ‰) проникают в море по дну Босфорского подводного каньона – продолжению Босфорского пролива [7].

Можно добавить, что уровень солёности растёт с глубиной от 17,58 – 18,09 ‰ на поверхности моря ( средние значения по акватории моря в июне и в феврале соответственно) до 22,33 ‰ у дна [7].

### 3.2 Режим биогенных компонентов Черного моря.

Одна из ключевых характеристик качества вод и устойчивости морских систем в целом, и для Черного моря в частности, – поступление биогенных элементов, которые являются основными факторами цветения фитопланктона (основой кормовой базы для рыб и моллюсков) и изменения его биомассы. Избыток биогенных компонентов может оказывать разрушительное воздействие на морскую систему, приводя к эвтрофикации, гипоксии и аноксии, вспышкам цветения водорослей, гибели водорослей и кораллов, а также к сокращению популяций рыб и моллюсков [10].

К основным биогенным элементам, которые играют ключевую роль в функционировании морских экосистем, относят растворенные формы азота, фосфора и кремния. В морской воде эти элементы представлены в виде различных неорганических и органических соединений: фосфор и азот встречаются в разнообразных формах, а кремний преимущественно присутствует в виде неорганических соединений [10].

Среди неорганических форм азота выделяют аммонийные ( $\text{NH}_4^+$ ), нитритные ( $\text{NO}_2^-$ ) и нитратные ионы ( $\text{NO}_3^-$ ), которые тесно связаны между собой, способны взаимно переходить из одной формы в другую и поэтому рассматриваются как единая группа. Наиболее распространенной и наиболее изученной формой неорганического фосфора являются фосфаты ( $\text{PO}_4^-$ ), а для кремния – кремнекислота ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) [10].





















## Заключение

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы был проведен комплексный анализ гидрохимических характеристик акватории Черного моря по двум створам в прибрежной части Черного моря, в районе мкр. Адлер в 0,2 км от устья р. Мзымта и в открытом Черном море, в 3,6 км на траверзе устья р. Мзымта по 5 вертикалям.

По изученным и описанным материалам физико–географической характеристики можно составить более полное представление об особенностях и закономерностях формирования гидрохимического режима исследуемого района. Физико-географическая характеристика Черного моря, включала описание его географического положения, границ, площади и глубинных особенностей, а также климатические условия региона, влияющие на гидрологический режим. Особое внимание уделялось особенностям влияния речных стоков, преимущественно р. Мзымта, что формирует уникальные гидрохимические условия в районе.

В рамках работы также были рассмотрены современные методы и технологии сбора и анализа гидрохимических данных морских акваторий. Описывались программы отбора проб и анализа ключевых показателей загрязнения, таких как нефтяные углеводороды, тяжелые металлы и органические соединения. Для оценки качества воды применяется индекс загрязненности, позволяющий классифицировать состояние водных объектов по уровням чистоты и загрязнения. В случае выявления чрезвычайных ситуаций вводятся специальные критерии и категории, что обеспечивает своевременное реагирование на экологические угрозы и поддержание экологической безопасности морской среды.

При анализе данных за декабрь 2022 г. и июнь 2023 г. выявлено, что гидрохимическое состояние Черного моря обладает выраженной сезонной

динамикой и вертикальными градиентами, обусловленными климатическими и гидрологическими факторами.

В летний период (июнь) наблюдается ярко выраженный температурный градиент, а с ростом глубины снижается на 50 м, что свидетельствует о активном солнечном нагреве верхних слоев и наличии слоя с высокой температурой у поверхности, тогда как в зимний период (декабрь) температура по всей глубине стабилизирована, что обусловлено отсутствием активного солнечного нагрева и равномерным охлаждением всей водной толщи.

Соленость демонстрирует значительные сезонные и вертикальные изменения. В прибрежных зонах (0,2–6,6 м) уровень солености ниже, что связано с опресняющим влиянием речного стока, в открытом же море на глубинах 10–50 м соленость стабильна и типична для этой части акватории.

Анализ биогенных элементов показывает сезонные колебания: уровни аммонийного азота, общего фосфора, нитритов и кремния выше летом и снижаются зимой. Концентрации нитритов и кремния также демонстрируют сезонное снижение в зимний период.

Результаты работы подчеркивают важность регулярного мониторинга в устьевых областях для оценки антропогенного воздействия и состояния прибрежных экосистем Черного моря.

## Список использованных источников

1. Гордеев В.В. Геохимия речного стока в Черное море // Система Черного моря. М.: Научный мир, 2018. -с. 248–249.
2. ГОСТ 31861-2012. Межгосударственный стандарт. Вода. Общие требования к отбору проб.
3. Глотова, Н.В. Мониторинг среды обитания: Учебное пособие к практическим занятиям. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. - с. 22
4. Дрожжина, К. В. О некоторых экологических проблемах рекреационного освоения бассейна реки Мзымта и прилегающих территорий // Молодой ученый, 2013. - с. 201-204
5. Завьялов П.О., Маккавеев П.Н., Коновалов Б.В. Гидрофизические и гидрохимические характеристики морских акваторий у устьев малых рек российского побережья Черного моря / Океанология. – 2014. – Т. 54, № 3. – С. 293
6. Зайцев Ю.П. Введение в экологию Черного моря. Одесса: «Эвен», 2006.- с.224.
7. Иванов В.А., Белокопытов В.Н. Океанография Черного моря. НАН Украины, Морской гидрофизический институт. – Севастополь, 2011. – с.20.
8. Ильин Ю.П., Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н., Горячкин Ю.Н., Дьяков Н.Н., Кубряков А.А., Станичный С.В. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2: Черное море. МЧС и НАН Украины, Морское отделение Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института. – Севастополь, 2012. – с.105
9. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2023/ Под общей редакцией А.Н. Коршенко, 2025
10. Орехова Н. А. Режим биогенных элементов Черного моря // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37, № 6. С. 710–726

11. Постановление Правительства РФ № 477 от 06.06. 2013 г. «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды»
12. Подымов, О. И. Сезонная и межгодовая изменчивость солёности верхнего слоя в Геленджикском районе Чёрного моря / О. И. Подымов, А. Г. Зацепин // Океанология. – 2016. – Т. 56, № 3. – С. 379-380
13. Проект «Моря СССР» Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР Том IV. Чёрное море. Вып. 1. Гидрометеоздат, 1992. – с. 76
14. Совга Е.Е. Система экологического мониторинга Азово-Чёрноморского бассейна / Е.Е. Совга [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2022. - с. 19–22
15. Все реки. Режим доступа: <https://vsereki.ru/atlanticheskij-ocean/bassejn-chyornogo-morya/mzy%CC%81mta> (Дата обращения: 20.05.2025)

Приложение  
Приложение А

Таблица 1А - Границы классов высокого и экстремально высокого загрязнения морских вод некоторыми наиболее типичными загрязняющими веществами.

Ингредиенты и показатели	Высокое загрязнение (ВЗ)	Экстремально высокое загрязнение (ЭВЗ)
Абсолютное содержание растворенного кислорода	$2 < C < 3$ мг/л	$< 2,00$ мг/л
Азот аммонийный	$\geq 29,00$ мг/л	$\geq 145,00$ мг/л
Азот нитритный	$\geq 0,80$ мг/л	$\geq 4,00$ мг/л
Азот нитратный	$\geq 400$ мг/л	$\geq 2000$ мг/л
Фосфаты (для эвтрофных водоемов)	$\geq 2,0$ мг/л	$\geq 10,0$ мг/л
Фосфаты (для мезотрофных водоемов)	$\geq 1,5$ мг/л	$\geq 7,5$ мг/л
Нефтепродукты	$\geq 1,5$ мг/л	$\geq 2,50$ мг/л
СПАВ	$\geq 1,00$ мг/л	$\geq 5,00$ мг/л
ДДТ	$\geq 0,03$ мкг/л	$\geq 0,05$ мкг/л
ГХЦГ	$\geq 0,03$ мкг/л	$\geq 0,05$ мкг/л
Фенолы	$\geq 0,03$ мг/л	$\geq 0,05$ мг/л
Медь	$\geq 0,15$ мг/л	$\geq 0,25$ мг/л
Марганец	$\geq 0,15$ мг/л	$\geq 0,25$ мг/л
Свинец (морская вода)	$\geq 0,03$ мг/л	$\geq 0,05$ мг/л
Свинец (пресная вода)	$\geq 0,018$ мг/л	$\geq 0,030$ мг/л
Ртуть (морская вода)	$\geq 0,3$ мкг/л	$\geq 0,5$ мкг/л
Ртуть (пресная вода)	$\geq 0,03$ мкг/л	$\geq 0,05$ мкг/л
Кадмий	$\geq 0,03$ мг/л	$\geq 0,05$ мг/л



