



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
филиал ФГБОУ ВО «РГГМУ» в г. Туапсе

Кафедра «Метеорологии экологии и природопользования»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)  
по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология  
(квалификация – бакалавр)

На тему «Сравнительный анализ гидрометеорологических условий портов Туапсе и Новороссийска»

Исполнитель: Мирошников Севастьян Александрович

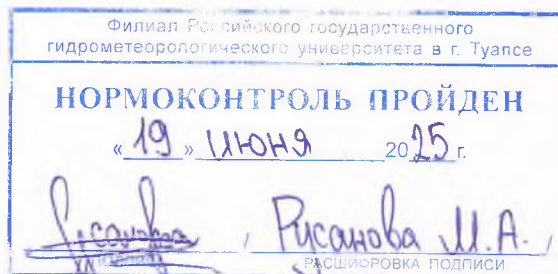
Руководитель: к.г.н., доцент Иошпа Александр Рувимович

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Цай Светлана Николаевна

«19» июня 2025 г.



Туапсе  
2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                     | 3  |
| 1 Физико-географические условия акватории портов Черноморского побережья.....     | 5  |
| 1.1 Географические условия районов Туапсе и Новороссийск.....                     | 5  |
| 1.2 Производственно-техническая характеристика портов Туапсе и Новороссийска..... | 13 |
| 2 Метеорологические условия портов Туапсе и Новороссийска.....                    | 21 |
| 2.1 Температура приземного воздуха.....                                           | 21 |
| 2.2 Ветровой режим портов.....                                                    | 28 |
| 3 Гидрологические условия портов Туапсе и Новороссийска.....                      | 35 |
| 3.1 Температурный режим прибрежных вод.....                                       | 35 |
| 3.2 Режим волнения в прибрежной зоне портов.....                                  | 48 |
| 3.3 Режим и характеристика распределения течений.....                             | 56 |
| Заключение .....                                                                  | 64 |
| Список литературы .....                                                           | 67 |

## Введение

Актуальность работы. Порты Туапсе и Новороссийск являются ключевыми транспортными узлами на Черноморском побережье России, обеспечивающими значительную часть грузооборота страны. Их функционирование напрямую зависит от гидрометеорологических условий, которые могут как способствовать, так и затруднять судоходство, погрузочно-разгрузочные работы и инфраструктурное развитие.

В условиях изменения климата и увеличения экстремальных погодных явлений изучение метеорологических и гидрологических параметров этих портов приобретает особую актуальность. Анализ температурного режима, ветровых условий, волнения и течений позволяет оптимизировать логистику, повысить безопасность мореплавания и минимизировать экономические риски, связанные с неблагоприятными погодными условиями.

Исследование гидрометеорологических условий портов Туапсе и Новороссийска имеет не только научное, но и практическое значение. Результаты работы могут быть использованы для совершенствования навигационных и погодных прогнозов, при проектировании портовой инфраструктуры, для разработки мер по снижению рисков, связанных с опасными гидрометеорологическими явлениями (штормы, сильные ветры, обледенение).

Кроме того, данное исследование вносит вклад в развитие прикладной гидрометеорологии, расширяя базу знаний о региональных особенностях Черноморского побережья.

Актуальность работы обоснована тем, что порты Туапсе и Новороссийск являются ключевыми транспортными узлами на Черноморском побережье России, обеспечивающие значительную часть грузооборота страны функционирование которых зависит от гидрометеорологических условий.

Объектом исследования выступают порты Туапсе и Новороссийск.

Предмет исследования – гидрометеорологические условия, влияющие на

функционирование портов (температура воздуха, ветровой режим, температурный режим вод, волнение, течения).

Цель работы – анализ гидрометеорологических условий портов Туапсе и Новороссийск и оценка их влияния на хозяйственную деятельность.

Исходя из поставленной цели, были определены следующие задачи исследования:

1. Изучить физико-географические условия, географические особенности размещения и производственно-технические характеристики портов.
2. Проанализировать метеорологические условия: температурный и ветровой режим приземного воздуха.
3. Исследовать гидрологические условия: температурный режим, режим волнения, распределение и характеристика течений прибрежных вод.

# 1 Физико-географические условия акватории портов Черноморского побережья

## 1.1 Географические условия районов Туапсе и Новороссийск

Порты Туапсе и Новороссийск играют ключевую роль в транспортной системе Юга России, обеспечивая значительную часть грузооборота Черноморского побережья. Их географическое положение, особенности рельефа и климатические условия во многом определяют специфику гидрометеорологических процессов, влияющих на судоходство и портовую деятельность.

Туапсе и Новороссийск расположены в пределах Черноморского побережья Кавказа, однако имеют существенные различия в орографии и гидрологическом режиме. Новороссийск находится в северо-восточной части Чёрного моря, в глубоководной Цемесской бухте, окружённой горными хребтами, что создаёт уникальные условия для формирования местных ветров (бора) и волновых процессов. Туапсе, расположенный юго-восточнее, отличается более открытой акваторией, но при этом защищён от сильных северо-восточных ветров благодаря особенностям береговой линии.

Изучение географических условий этих районов необходимо для понимания закономерностей формирования метеорологических и гидрологических режимов, влияющих на эксплуатацию портов. В данном разделе рассматриваются основные физико-географические характеристики акваторий Туапсе и Новороссийска, включая рельеф дна, особенности береговой линии, климатические факторы и их взаимосвязь с гидродинамическими процессами. Анализ этих параметров позволяет оценить степень благоприятствования природных условий для судоходства и портовой инфраструктуры.

Результаты данного раздела служат основой для последующего анализа метеорологических и гидрологических условий, рассматриваемых в следующих главах работы.

Морские порты представляют собой стратегически важные транспортные узлы, расположенные на побережьях морей, океанов или крупных рек. Их инфраструктура включает специально оборудованные акватории и прибрежные территории с комплексом гидротехнических сооружений, предназначенных для безопасной стоянки, погрузочно-разгрузочных операций и обслуживания судов различного класса [1, с. 10].

Функционально современный морской порт – это сложная многоуровневая система, выполняющая следующие ключевые задачи:

- ~ обеспечение межвидовой транспортной логистики (перевалка грузов между морским, железнодорожным, автомобильным и речным транспортом);
- ~ обработка и временное хранение грузов (включая сортировку, упаковку, таможенное оформление);
- ~ техническое обслуживание и снабжение судов.

С точки зрения гидрографической организации, портовая акватория структурно делится на:

- ~ внутреннюю гавань – защищённую от волнового воздействия, ветров и течений зону с причальными сооружениями, обеспечивающими безопасную стоянку судов;
- ~ внешний рейд – открытую часть акватории с подводными каналами и фарватерами для подхода/отхода судов.

Порт Туапсе расположен в северо-восточной части Чёрного моря (44°05' с.ш., 39°04' в.д.) в вершине одноимённой бухты, ограниченной мысом Кадош и устьями рек Туапсе и Паук. Глубины акватории достигают 40 м, что позволяет принимать суда с большой осадкой. Особое значение имеет подходной канал длиной 400 м, шириной 120 м и гарантированной глубиной 13,5 м, обеспечивающий безопасный заход крупнотоннажных судов (рисунок 1.1).

Как многофункциональный транспортный узел, порт Туапсе характеризуется:

- ~ круглогодичной навигацией;
- ~ возможностью обработки различных типов грузов (включая

нефтепродукты);

~ развитой инфраструктурой (топливозаправочные терминалы, очистные сооружения, ремонтные доки).

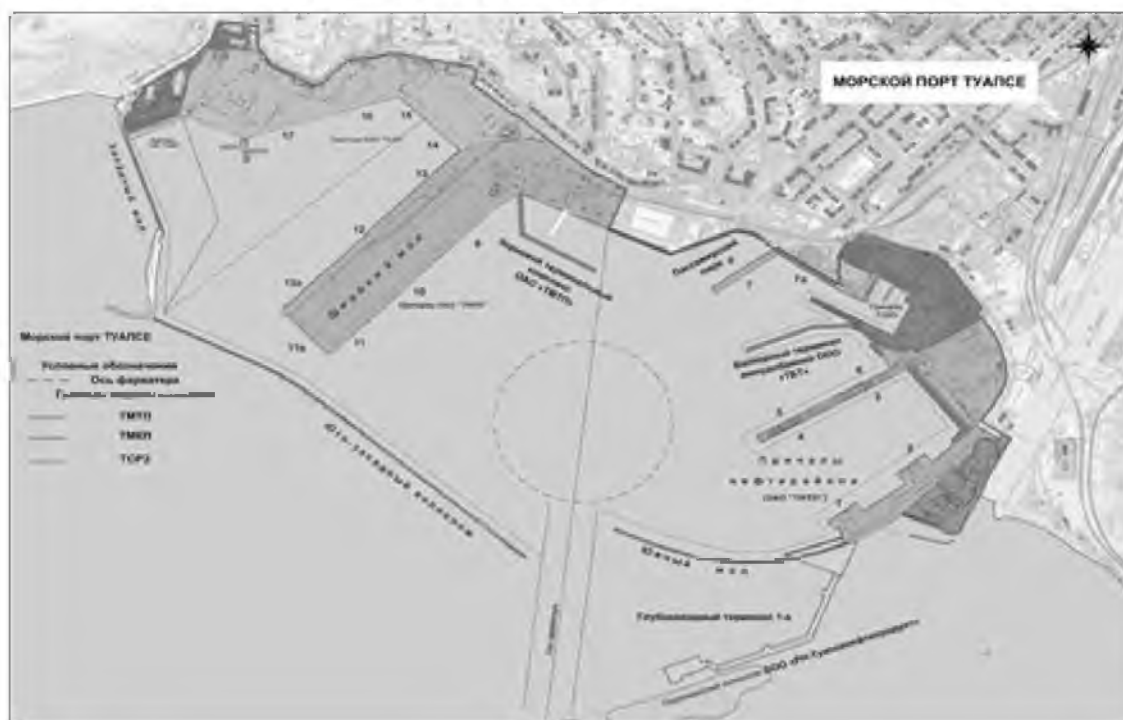


Рисунок 1.1 – Схема морского порта Туапсе [5, с. 24]

Перспективы развития порта связаны с расширением грузооборота при условии модернизации инфраструктуры и совершенствования систем навигационной безопасности. Особое значение имеет его географическое положение, позволяющее эффективно обслуживать транспортные потоки между Россией и странами Средиземноморья.

Портовая инфраструктура Туапсе характеризуется высокой оперативностью реагирования на чрезвычайные ситуации. Специализированные службы порта способны в минимальные сроки ликвидировать последствия аварийных ситуаций, обеспечивая непрерывность грузовых операций. Как показано на рисунке 1.2, акватория порта имеет четко обозначенные границы, что способствует эффективному управлению судоходством. Технические параметры порта позволяют принимать суда значительных размеров: максимальная осадка составляет 12 метров, ширина - до 44 метров, а длина – 250 метров.



Рисунок 1.2 – Акватория и границы морского порта Туапсе [5, с. 27]

Что касается порта Новороссийск, его географическое положение в северо-восточной части Черного моря определяет особые условия эксплуатации. Внутренняя гавань, расположенная в Новороссийской бухте, ограничена линией между Восточным и Западным молами (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Схема причалов порта Новороссийск [5, с. 25]

Навигационное обеспечение подходов к бухте и внутренней акватории

отличается высокой степенью оснащенности, что наглядно демонстрирует схема портовых сооружений и подходных каналов (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Схема морского порта Новороссийск [5, с. 26]

Климатические условия Новороссийска формируются под влиянием двух основных факторов: особенностей рельефа местности и близости моря. Для данной территории характерен умеренно-теплый климат с существенными сезонными колебаниями температур. Разница между экстремальными значениями температур холодного и теплого периодов может достигать 60°C [3, с. 44].

В зимний период преобладает циркуляция воздушных масс, характерная для умеренных широт. Однако частые вторжения средиземноморских воздушных масс приводят к формированию погодных условий, более типичных для весенне-летнего сезона. В результате среднемесячные температуры даже в самые холодные месяцы редко опускаются ниже 0...+5°C. Вместе с тем, эпизодические вторжения арктического воздуха могут вызывать резкое похолодание, когда ночные и утренние температуры достигают -20°C. Такие метеорологические явления классифицируются как опасные и требуют особых мер предосторожности при осуществлении портовых операций.

Особое внимание при эксплуатации портовых сооружений в Новороссийске уделяется мониторингу и прогнозированию подобных экстремальных погодных явлений, что позволяет минимизировать их влияние на работу портового хозяйства.

Порты характеризуются следующими данными, описываемыми в таблице 1.1 [19, с. 83].

Таблица 1.1 - Геометрические параметры портов Новороссийск и Туапсе

| Порт Новороссийск                         | Характеризуется следующими данными: |
|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| протяженность причального фронта          | 14836 м;                            |
| внутренней гавани                         | 9822 м;                             |
| акватории порта                           | 5014 м;                             |
| берегоукреплений                          | 804 м;                              |
| оградительные гидротехнические сооружения | 3968 м.                             |
| Порт Туапсе                               | Характеризуется следующими данными: |
| площадь защищаемой акватории порта        | 79,6 кв. км;                        |
| протяженность причального фронта          | 2961 м;                             |
| площадь открытых складских площадей       | 24600 кв. м;                        |
| площадь крытых складов                    | 8027 кв. м;                         |
| общая длина подкрановых путей             | 1705 м;                             |
| общая длина ж.д. путей                    | 5,2 км;                             |
| общая длина автомобильных дорог           | 3,8 км                              |
| протяженность оградительных сооружений    | 2500 м;                             |

Проведенный анализ геометрических параметров двух ключевых портов Черноморского побережья выявил существенные различия в их инфраструктурном развитии. Порт Новороссийск обладает значительно более протяженным причальным фронтом (14 836 м против 2 961 м в Туапсе), что свидетельствует о его больших масштабах и пропускной способности. Особенно впечатляют показатели внутренней гавани Новороссийска (9 822 м) и оградительных сооружений (3 968 м), обеспечивающих надежную защиту акватории.

Порт Туапсе, хотя и уступает по линейным параметрам, демонстрирует сбалансированное развитие складской инфраструктуры. Общая площадь крытых и открытых складов составляет более 32 600 кв. м, что при относительно компактных размерах порта (защищаемая акватория 79,6 км<sup>2</sup>)

указывает на эффективное использование территории. Особого внимания заслуживает развитая транспортная сеть, включающая 5,2 км железнодорожных и 3,8 км автомобильных путей, что обеспечивает качественную логистику грузов.

Геометрические характеристики портов отражают их специализацию и масштабы операций. Новороссийск, как крупнейший российский порт на Черном море, имеет более развитую причальную инфраструктуру, тогда как Туапсе демонстрирует рациональное использование ограниченного пространства с акцентом на складские и транспортные мощности. Эти различия следует учитывать при планировании грузопотоков и развитии портовой инфраструктуры региона.

В морских портах Туапсе и Новороссийска при пункте пропуска допускаются суда, описываемые в таблице 1.2 [5, с. 94].

Таблица 1.2 – Параметры судов для допуска в морские порты Туапсе и Новороссийск

| Типы судов                      |                                 | Характеристика предназначений допусков                                                                                                                | Перечень перемещаемых судов                    |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Туапсе                          | Новороссийск                    |                                                                                                                                                       |                                                |
| Танкер                          | Танкер                          | перевозка грузов наливом (нефть, нефтепродукты, жидкие удобрения, жидкие химические грузы и т.д.)                                                     | Нефть, нефтепродукты и жидкие химические грузы |
| Комбинированное судно           | Комбинированное судно           | перевозки наливом сырой нефти и нефтепродуктов, а также насыпных грузов                                                                               | Наливные и насыпные грузы                      |
| Универсальное сухогрузное судно | Универсальное сухогрузное судно | перевозка генеральных грузов в упаковке, а также негабаритных и тяжеловесных грузов                                                                   | Генеральные грузы                              |
| Накатное судно                  | Накатное судно                  | перевозка грузов, горизонтальным способом погрузки – выгрузки.                                                                                        | Автотехника, подкарантинные грузы              |
| Пассажирское судно              | Пассажирское судно              | перевозки более 12 пассажиров.                                                                                                                        | Пассажиры                                      |
| Грузовое судно                  | Грузовое судно                  | не являющееся пассажирским (сухогрузное, наливное, транспортный рефрижератор, буксир, толкач, спасательного назначения и другие непассажирские суда). | Вся номенклатура грузов                        |
| Наливное судно                  | Наливное судно                  | перевозка жидких грузов наливом                                                                                                                       | Наливные грузы                                 |

Продолжение таблицы 1.2

|                   |                                         |                                                                                                                       |                                           |
|-------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Навалочное судно  | -                                       | в конструкцию которого входят одна палуба, бортовые подпалубные танки и бортовые скуловые танки в грузовых помещениях | Навалочные грузы                          |
| Сухогрузное судно | -                                       | перевозки различных грузов                                                                                            | Генеральных, контейнеров, леса, насыпных, |
| -                 | Контейнеровоз                           | перевозка грузов в контейнерах                                                                                        | Международные грузы                       |
| -                 | Паромы                                  | Осуществляющие регулярные перевозки пассажиров и перевозку на открытой и/или закрытой палубе колесной техники         | Международные перевозки                   |
| -                 | Рыбопромысловое судно                   | Предназначено для ведения рыбного промысла                                                                            | Транспортировки рыбы и морепродуктов      |
| -                 | Научно-исследовательское экспедиционное | для исследований водных дна, атмосферы земли и космического пространства                                              | Морское, озерное или речное судно         |

Анализ допускаемых типов судов в порты Туапсе и Новороссийск показывает как общие черты, так и существенные различия в их специализации. Оба порта принимают стандартные типы судов, включая танкеры для перевозки нефти и нефтепродуктов, универсальные сухогрузы для генеральных грузов, накатные суда для автотехники, а также пассажирские суда. Однако Новороссийск демонстрирует более широкий профиль, принимая специализированные суда, которые отсутствуют в Туапсе: контейнеровозы для международных перевозок, паромы для регулярных пассажирских перевозок, рыбопромысловые и научно-исследовательские суда.

Особого внимания заслуживает разница в обработке навалочных грузов - если Туапсе принимает специализированные навалочные суда, то в Новороссийске такие суда в перечне не указаны. Также показательно, что Новороссийск имеет более развитую инфраструктуру для международных перевозок, о чем свидетельствует прием контейнеровозов и паромов.

Порт Новороссийск обладает более широкими возможностями по приему разнообразных специализированных судов, что подтверждает его статус

универсального международного порта. Туапсе же ориентирован на стандартные типы судов с акцентом на наливные и навалочные грузы. Эти различия отражают разную специализацию портов и должны учитываться при планировании грузопотоков и развитии портовой инфраструктуры.

Проведенный анализ географических условий портов Туапсе и Новороссийск выявил существенные различия в их природно-географических характеристиках, определяющих специфику их функционирования. Новороссийск, расположенный в глубоководной Цемесской бухте с развитой системой оградительных сооружений (3968 м), обладает значительными преимуществами для защиты судов от неблагоприятных метеоусловий, несмотря на сложный ветровой режим, обусловленный местной орографией. Порт Туапсе, имея меньшую по протяженности систему ограждений (2500 м), компенсирует это выгодным географическим положением в открытой бухте, менее подверженной воздействию сильных ветров.

Особенности рельефа прибрежной зоны в районе Новороссийска (окружение Маркотхским хребтом) создают уникальные микроклиматические условия, существенно отличающиеся от более открытого расположения Туапсе. Эти различия находят прямое отражение в гидрометеорологическом режиме акваторий портов, что требует индивидуального подхода к организации навигации и грузовых операций в каждом случае.

Выявленные географические особенности будут учитываться при последующем анализе гидрометеорологических условий данных портов в следующих разделах исследования.

## 1.2 Производственно-техническая характеристика портов Туапсе и Новороссийска

Порты Туапсе и Новороссийск, являясь ключевыми транспортными узлами Черноморского побережья России, обладают уникальными производственно-техническими особенностями, определяющими их

функциональные возможности и специализацию. Анализ их инфраструктурного потенциала необходим для понимания взаимосвязи между техническими параметрами портовых комплексов и гидрометеорологическими условиями их эксплуатации.

Новороссийский морской порт, расположенный в глубоководной Цемесской бухте, представляет собой крупнейший в России грузовой терминал с развитой системой причальных сооружений (общей протяженностью 14,8 км) и оградительных гидротехнических конструкций (3,9 км). Его инфраструктура ориентирована на обработку широкой номенклатуры грузов, включая нефтепродукты, зерновые и контейнерные shipments. Особое значение имеет наличие специализированных терминалов для различных типов судов, включая танкеры дедвейтом до 250 тыс. тонн.

Порт Туапсе, обладая меньшими масштабами (протяженность причального фронта 2,9 км), демонстрирует высокую эффективность использования акватории (79,6 км<sup>2</sup>). Его производственные мощности включают современные крытые склады (8 тыс. м<sup>2</sup>) и открытые площадки (24,6 тыс. м<sup>2</sup>), что обеспечивает комплексную обработку генеральных, навалочных и наливных грузов. Особенностью является развитая транспортная логистика с протяженностью ж/д путей 5,2 км и автодорог 3,8 км.

Сравнительный анализ технических характеристик портов выявляет их взаимодополняющую роль в транспортной системе региона:

1. Новороссийск как универсальный хаб для крупнотоннажных судов и международных перевозок;
2. Туапсе как специализированный терминал с акцентом на эффективную обработку смешанных грузопотоков.

Данная характеристика служит основой для последующей оценки влияния гидрометеорологических факторов на эксплуатационные возможности портовых комплексов.

Формирование и развитие морского порта Туапсе обусловлено комплексом природных и социально-экономических факторов, включая

географическое положение, гидрологические условия и потребности региональной экономики [15, с. 39]. Расположенный в северо-восточной части Черного моря, порт занимает стратегически важное положение на кавказском побережье, уступая по грузообороту только новороссийскому портовому комплексу.

История порта восходит к 1896 году, когда началось строительство первых защитных сооружений - Берегового и Рейдового молов. Современная акватория порта, ограниченная системой волноломов (Южным, Юго-Западным и Западным), занимает площадь 79,6 км<sup>2</sup>. Подходной канал длиной 400 метров с глубиной 13,5 метров позволяет принимать суда с осадкой до 12 метров и длиной до 230 метров.

Портовая инфраструктура включает:

- ~ специализированные терминалы для обработки нефти и нефтепродуктов, соединенные с местным нефтеперерабатывающим заводом;
- ~ мощности для перевалки насыпных (уголь, руды) и генеральных грузов (металлопродукция, оборудование);
- ~ продовольственные терминалы для зерна, растительных масел и других пищевых продуктов.

Особенностью порта является его тесная интеграция с промышленной зоной, включающей два крупных нефтехранилища - для темных и светлых нефтепродуктов. Оператором грузовых операций выступает ОАО «Туапсинский морской торговый порт», в состав флота которого входят более 25 единиц вспомогательных судов различного назначения.

Транспортная доступность обеспечивается железнодорожной станцией Туапсе-сортировочная, что позволяет эффективно организовать мультимодальные перевозки. Современный портовый комплекс продолжает развиваться, сохраняя свою значимость как важного транспортного узла юга России.

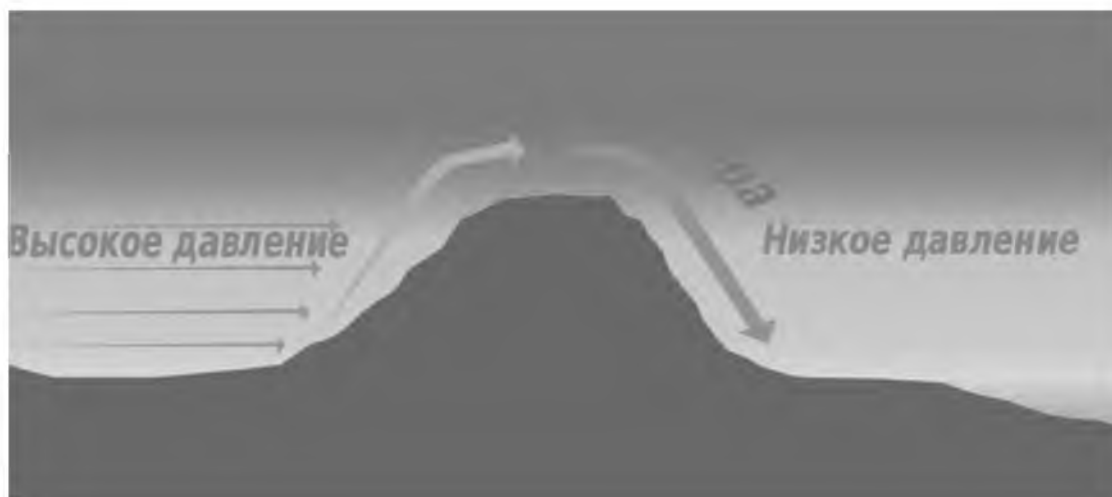
Морской порт Новороссийск, расположенный в северо-восточной части Черного моря, занимает особое положение среди портовых комплексов

Кавказского побережья. Его уникальные географические и гидрологические характеристики обусловлены расположением в акватории Цемесской бухты, глубоко вдающейся в сушу на 4,6 км (2,5 морских мили) от мыса Мысхако. Бухта отличается слабой изрезанностью береговой линии и наличием каменистой отмели с глубинами менее 10 метров вдоль побережья [19, с. 82].

Гидрографическая специфика акватории порта характеризуется:

- ~ наличием двух основных фарватеров (западного и восточного), причем западный отличается большей шириной и удобством для судоходства.
- ~ присутствием Пенайских банок в центральной части входа в бухту, требующих особого внимания при навигации.
- ~ глубоководными подходами, позволяющими принимать суда с большой осадкой.

Климатические особенности порта определяются его местоположением у подножия Маркотхского хребта. Это создает уникальные условия для формирования сильного северо-восточного ветра – боры, скорость которого в холодный период года может достигать 40-60 м/с (рисунок 1.5).



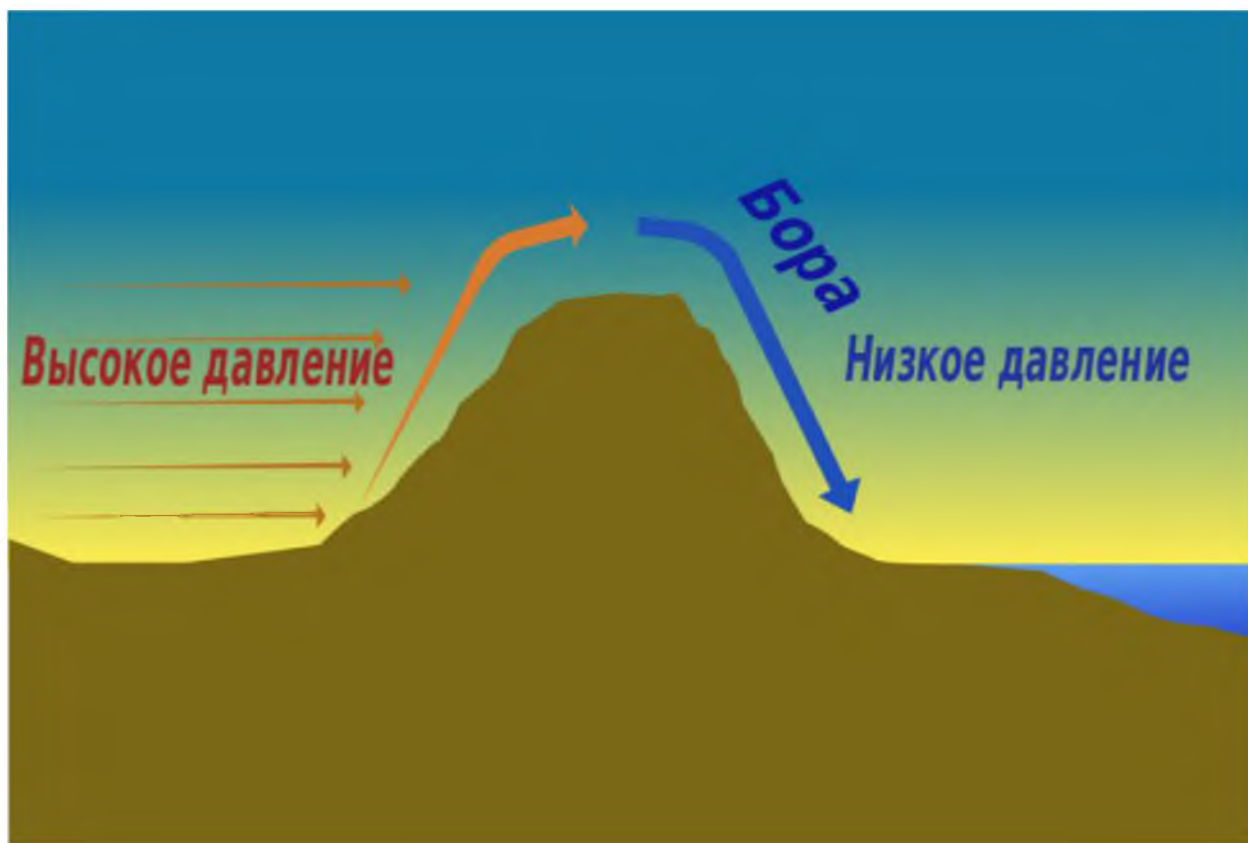


Рисунок 1.5 – Северо-восточный ветер «бора» [9, с. 83]

Данное метеорологическое явление представляет серьезную опасность для судоходства, неоднократно приводя к аварийным ситуациям, когда суда, сорванные с якорей, получали повреждения о прибрежные скалы. В такие периоды судам рекомендуется покидать акваторию порта и выходить в открытое море.

Несмотря на эти особенности, Новороссийский порт функционирует круглогодично, обеспечивая:

- ~ перевалку широкой номенклатуры грузов (нефтепродукты, зерновые, контейнеры, лесоматериалы);
- ~ круглосуточные швартовые операции (с учетом текущих метеоусловий);
- ~ обслуживание судов различного класса и специализации.

Техническая оснащенность порта в сочетании с его естественными глубоководными характеристиками позволяет ему сохранять статус важнейшего транспортного узла юга России, хотя гидрометеорологические

условия требуют постоянного мониторинга и учета при планировании портовых операций. Особое значение имеет разработка и совершенствование систем раннего предупреждения о наступлении бора, что позволяет минимизировать риски для судоходства и портовой инфраструктуры.

Во время действия сильного северо-восточного ветра (бора) навигация в акватории порта Новороссийска существенно затрудняется. Характерной особенностью данного метеорологического явления является его внезапное возникновение и резкое усиление скорости ветра, что делает невозможным безопасный вход и выход судов из порта. В таких условиях капитанам судов, находящихся на подходах к порту или уже находящихся на рейдах, предписывается немедленно выходить в открытое море либо переходить в специально отведённый 416-й район якорной стоянки.

Особую опасность представляет сочетание сильного ветра с отрицательными температурами воздуха, приводящее к интенсивному обледенению судовых конструкций. Это явление значительно ухудшает остойчивость судов и требует постоянной готовности главных двигателей к немедленному использованию. Гидрографические условия внешнего рейда с глубинами до 22 метров теоретически позволяют осуществлять якорную стоянку, однако при маневрировании судам необходимо соблюдать минимальный запас глубины под килем не менее 0,3 метра.

Данные ограничения судоходства обусловлены спецификой географического положения порта Новороссийска у подножия Маркотхского хребта, что создаёт благоприятные условия для формирования сильных нисходящих ветровых потоков. Подробные технические характеристики портовых сооружений и навигационные параметры акватории представлены в таблице 1.3 [5, с. 116], где систематизированы все необходимые для безопасного судовождения данные.

Таблица 1.3 – Основные технические характеристики портов

| Основные технические характеристики портов | Туапсе             | Новороссийск         |
|--------------------------------------------|--------------------|----------------------|
| Площадь территории                         | 38 км <sup>2</sup> | 2,38 км <sup>2</sup> |

|                                                              |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| морского порта                                               |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Площадь акватории<br>морского порта:                         | 25,18 км <sup>2</sup>                                                                                        | 344 км <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Количество причалов                                          | 35 единиц                                                                                                    | 88 единиц                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Длина причального<br>фронта морского порта                   | 5 888 п. м                                                                                                   | 15 288 п. м                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Пропускная способность<br>грузовых терминалов:               | -всего 37 560<br>тыс. т. в год;<br>- наливные 27<br>000 тыс. т. в<br>год;<br>-сухие 10 560<br>тыс. т. в год. | -всего 152 109,3 тыс. тонн в год<br>-наливные 112 748 тыс. тонн в год;<br>-сухие 31 537,3 тыс. тонн в год;<br>-контейнерные 652 тыс. тонн в год;                                                                                                                                                    |
| Максимальные габариты<br>судов, заходящих в<br>морской порт: | - всего 15 м;<br>- по осадке<br>250 м;<br>- по длине 45<br>м;<br>- по ширине<br>23,69 тыс. м <sup>2</sup>    | - на внешний рейд: с осадкой до 13,1 м;<br>-на внутреннюю акваторию морского порта: с<br>осадкой не более 13,1 м,<br>длиной не более 295 м;<br>-на выносных причальных устройства КТК и<br>КТК-2: шириной не более 45,04 без<br>ограничения осадки; длиной не более 324 м;<br>шириной не более 58м; |
| Площадь крытых складов                                       | 42,7 тыс. м <sup>2</sup>                                                                                     | 95,38 тыс. м <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Площадь открытых<br>складов                                  | 106,7 тыс.<br>тонн                                                                                           | 696,53 тыс. м <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Сравнительный анализ технических параметров двух ключевых портов Черноморского побережья России выявляет существенные различия в их инфраструктурном потенциале и функциональных возможностях.

Новороссийский порт значительно превосходит Туапсинский по масштабам портовой инфраструктуры: протяженность причального фронта составляет 15 288 пог. м против 5 888 пог. м в Туапсе, а количество причалов - 88 единиц против 35. При этом площадь акватории Новороссийска (344 км<sup>2</sup>) в 13,6 раза превышает аналогичный показатель Туапсе (25,18 км<sup>2</sup>), что обеспечивает более благоприятные условия для маневрирования крупнотоннажных судов.

Особого внимания заслуживает разница в пропускной способности терминалов: Новороссийск с показателем 152,1 млн тонн в год (включая 112,7 млн тонн наливных грузов) значительно превосходит Туапсе (37,5 млн тонн в год). Это объясняется как большей площадью складских помещений (95,38 тыс. м<sup>2</sup> крытых и 696,53 тыс. м<sup>2</sup> открытых складов в Новороссийске против 42,7 тыс.

м<sup>2</sup> и 106,7 тыс. м<sup>2</sup> соответственно в Туапсе), так и возможностью принимать более крупные суда - до 324 м длиной и 58 м шириной на выносных причальных устройствах.

Технические характеристики портов отражают их различную специализацию и роль в транспортной системе региона. Новороссийск, обладая более развитой инфраструктурой и значительной пропускной способностью, выполняет функции универсального международного транспортного хаба, тогда как Туапсе ориентирован на обслуживание судов среднего тоннажа с акцентом на перевалку нефтепродуктов и генеральных грузов. Эти различия следует учитывать при планировании грузопотоков и развитии портовой инфраструктуры Черноморского побережья.

Проведенный анализ производственно-технических характеристик портов Туапсе и Новороссийск демонстрирует их принципиальные различия в масштабах, специализации и функциональных возможностях. Новороссийск, обладая более развитой инфраструктурой (протяженность причального фронта 15,3 км против 5,9 км в Туапсе) и значительной пропускной способностью (152 млн тонн против 37,5 млн тонн), подтверждает свой статус крупнейшего универсального порта России на Черном море. Его ключевые преимущества – возможность обработки широкой номенклатуры грузов, включая контейнерные перевозки, и прием судов дедвейтом до 250 тыс. тонн.

Туапсинский порт, уступая по абсолютным показателям, демонстрирует эффективную организацию работы на ограниченной территории (38 км<sup>2</sup> против 2,38 км<sup>2</sup> у Новороссийска) с акцентом на перевалку нефтепродуктов и генеральных грузов. Его конкурентное преимущество – рациональное использование акватории и развитая транспортная логистика (5,2 км ж/д путей).

Оба порта, несмотря на различия в масштабах, играют взаимодополняющую роль в транспортной системе Юга России. Их производственно-технические характеристики напрямую связаны с географическими особенностями расположения и требуют учета местных гидрометеорологических условий, что будет рассмотрено в следующих

разделах исследования.

## 2 Метеорологические условия портов Туапсе и Новороссийска

### 2.1 Температура приземного воздуха

Метеорологические условия являются ключевым фактором, определяющим эксплуатационную деятельность морских портов. Для портов Туапсе и Новороссийск, расположенных на Черноморском побережье Кавказа, характерен комплекс специфических атмосферных процессов, формирующихся под влиянием географического положения, орографии местности и циркуляционных особенностей региона. Изучение этих процессов имеет существенное значение для обеспечения безопасности мореплавания, оптимизации грузовых операций и планирования портовой деятельности.

Особый научный и практический интерес представляет анализ температурного режима, ветровой активности и других метеорологических параметров, оказывающих непосредственное влияние на:

- ~ условия швартовки и стоянки судов;
- ~ технологию погрузочно-разгрузочных работ;
- ~ эксплуатацию портовой инфраструктуры;
- ~ формирование ледового режима (в зимний период).

В данной главе рассматриваются основные характеристики метеорологического режима портов Туапсе и Новороссийск, выявляются их сходства и различия, а также оценивается степень влияния на портовую деятельность. Особое внимание уделено экстремальным метеорологическим явлениям, представляющим потенциальную опасность для судоходства и портовых операций.

Температурный режим приземного слоя атмосферы является одним из важнейших метеорологических параметров, определяющих условия функционирования портовых комплексов. Для портов Туапсе и Новороссийск характерны существенные различия в температурном режиме, обусловленные особенностями их географического положения и местной циркуляции воздушных масс.

Анализ многолетних данных температурных наблюдений позволяет выявить:

- ~ среднегодовые и сезонные характеристики температурного режима;
- ~ амплитуду суточных и годовых колебаний температуры;
- ~ частоту и интенсивность экстремально высоких и низких температур;
- ~ особенности пространственного распределения температуры в акваториях портов.

Полученные результаты имеют важное значение для оценки термического режима портовых акваторий, планирования сезонных работ и разработки мер по минимизации последствий температурных экстремумов. Особое внимание в разделе уделено анализу случаев аномально низких температур, способствующих обледенению судов и портовых сооружений, что представляет серьезную опасность для портовой деятельности.

Район порта Туапсе расположен в зоне умеренного климата с выраженными субтропическими чертами, что обусловлено его географическим положением и орографическими особенностями. Зимы здесь мягкие, с частыми оттепелями, а лето продолжительное, тёплое и относительно сухое. Среднегодовая температура воздуха составляет  $+14,0^{\circ}\text{C}$ , а количество осадков достигает 1280 мм в год [8, с. 20].

Преобладающими ветрами являются северо-восточные (32,8%) и южные (юго-восточные, южные и юго-западные – 36%) [8, с. 20]. Зимой на климат значительное влияние оказывает отрог Азиатского антициклона, приносящий холодные воздушные массы с северо-востока. Это приводит к резким, но кратковременным похолоданиям. В то же время часты вторжения средиземноморских циклонов, сопровождающиеся потеплением, сильными осадками и штормовыми южными ветрами.

Летом территория попадает под воздействие Азорского антициклона, что способствует установлению устойчивой ясной погоды. Однако из-за разницы в нагреве суши и моря периодически возникают бризы, смягчающие жару.

Большой Кавказский хребет играет роль естественного барьера,

защищающего побережье от холодных воздушных масс, что усиливает субтропические характеристики климата [11, с. 157]. Тепловой баланс Черного моря также оказывает влияние: к югу от 44-й параллели море получает больше тепла, чем отдаёт в атмосферу, что способствует мягкости зимнего периода [14, с. 315].

Традиционное деление на четыре сезона в районе Туапсе менее репрезентативно, чем выделение двух основных периодов:

- Тёплый (апрель–октябрь) – преобладает сухая и солнечная погода;
- Холодный (ноябрь–март) – характеризуется неустойчивыми условиями с осадками в виде дождя, мокрого снега и редкими морозами. Устойчивый снежный покров не формируется.

Для обозначения районов, по которым предоставляется гидрометеорологическая информация, используется Атлас районирования морей и океанов. Современные методы локализации включают географические названия и координаты, что обеспечивает точность прогнозов и штормовых предупреждений.

Таким образом, климат Туапсе отличается благоприятными условиями для навигации, поскольку порт не замерзает даже в наиболее холодные периоды, а сезонные колебания температур и осадков остаются в пределах умеренных значений.

В таблице 2.1 приведены средние и экстремальные температуры воздуха на станции Туапсе и средние температуры воздуха над открытым морем в квадрате 20.

Таблица 2.1 – Среднее и экстремальные температуры воздуха, °С

| Т °С                  | I   | II  | III | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII | Год  |
|-----------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| Ср. Туапсе            | 4,4 | 4,7 | 7,2 | 11,1 | 16,1 | 20,0 | 23,0 | 23,4 | 19,5 | 15,1 | 10,2 | 6,7 | 13,4 |
| Макс.                 | 20  | 22  | 29  | 30   | 34   | 36   | 41   | 39   | 38   | 34   | 26   | 24  | 41   |
| Миним.                | -18 | -19 | -15 | -4   | 2    | 7    | 10   | 8    | 2    | -7   | -11  | -18 | -19  |
| Квадрат 20<br>Средняя | 6,4 | 5,5 | 6,7 | 10,7 | 15,5 | 20,1 | 23,3 | 24,0 | 21,0 | 16,2 | 11,5 | 8,1 | 14,1 |

Многолетние наблюдения свидетельствуют, что среднегодовая

температура воздуха в районе порта Туапсе составляет  $+13,6^{\circ}\text{C}$ . Минимальные значения отмечаются в январе ( $+4,5^{\circ}\text{C}$ ), тогда как июль является самым тёплым месяцем со средней температурой  $+23,1^{\circ}\text{C}$ . Абсолютные температурные экстремумы достигают амплитуды в  $60^{\circ}\text{C}$ , что указывает на значительную изменчивость погодных условий в течение года. В летние месяцы (июль–август) средняя максимальная температура поднимается до  $+28,2^{\circ}\text{C}$ , а зимой (январь–февраль) минимальные значения редко опускаются ниже  $+1,5^{\circ}\text{C}$  [21, с. 84].

Для района характерно избыточное увлажнение с годовым количеством осадков около 1424 мм, распределяющихся относительно равномерно между тёплым (704 мм, 49%) и холодным (720 мм, 51%) периодами. Однако зимние осадки преобладают, особенно в декабре–январе, тогда как минимум приходится на апрель–май. Летом осадки носят преимущественно ливневый характер, сопровождаясь грозами. Снежный покров неустойчив, его средняя продолжительность не превышает 50 дней (появление – 9 января, сход – 27 февраля), а заморозки наблюдаются с конца ноября по конец марта (в среднем 32 дня в году) [27, с. 63].

Влажность воздуха остается высокой на протяжении всего года (среднегодовая относительная влажность – 72%), с небольшим увеличением в мае–июне (76%). Парциальное давление водяного пара (абсолютная влажность) составляет 12,4 гПа, при этом его годовой ход обратно коррелирует с относительной влажностью.

В холодный сезон преобладает штормовая активность, тогда как летом формируется устойчивая бризовая циркуляция: днём ветер дует с юго-запада, ночью – с северо-востока. Средняя скорость ветра и его направление варьируются в зависимости от сезона, но суховеи и пыльные бури в данном регионе отсутствуют.

В отличие от Туапсе, климат Новороссийска отличается большей континентальностью. Среднегодовая температура здесь немного ниже ( $+12,7^{\circ}\text{C}$ ), а безморозный период длится 232 дня. Зимой возможны

экстремальные похолодания до  $-24^{\circ}\text{C}$ , летом – потепления до  $+41^{\circ}\text{C}$ .

Атмосферная циркуляция в районе Новороссийска определяется взаимодействием Сибирского антициклона и средиземноморских воздушных масс. Зимой преобладают северо-восточные ветры, приносящие холодный континентальный воздух, тогда как при ослаблении антициклона активизируются атлантические и средиземноморские циклоны, что приводит к потеплению и смене ветров на западные и южные направления [24, с. 79].

Климатические условия Туапсе благоприятны для функционирования порта благодаря мягкой зиме, отсутствию устойчивого снежного покрова и высокой влажности, что минимизирует риски ледовых явлений. В то же время ливневый характер летних осадков и зимние штормы требуют учёта при планировании портовой деятельности. Сравнение с Новороссийском показывает, что, несмотря на географическую близость, различия в атмосферной циркуляции формируют уникальные микроклиматические особенности каждого из портов.

Все указанные режимы наиболее интенсивно проявляются в северо-восточной части моря и районе Новороссийской бухты. В таблице 2.2 приведены средняя температура воздуха и норма осадков в Новороссийске.

Таблица 2.2 – Средняя температура воздуха и норма осадков в порту Новороссийска,  $^{\circ}\text{C}$

| Показатель                    | I   | II  | III | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI  | XII | Год  |
|-------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| Средняя $T, ^{\circ}\text{C}$ | 2,3 | 2,7 | 5,8 | 10,5 | 15,8 | 20,2 | 23,7 | 23,6 | 19,1 | 14,3 | 8,6 | 4,8 | 12,6 |
| Норма осадков, мм             | 84  | 74  | 57  | 49   | 43   | 58   | 60   | 47   | 52   | 57   | 75  | 104 | 758  |

Климатические наблюдения свидетельствуют о выраженной сезонности в распределении осадков. Максимальные показатели регистрируются в зимний период, тогда как летом их количество существенно сокращается. Среднегодовая норма осадков достигает 724 мм, при этом осадки отмечаются в среднем 139 дней в году [25, с. 94].

Осенний сезон представляет собой переходную фазу между летним и зимним типами циркуляции атмосферы. Летом, начиная с мая, над материком

формируется область пониженного давления. При этом значительное влияние оказывает Азорский субтропический антициклон, чьи отроги распространяются на северо-восточные и восточные акватории моря. Это способствует установлению продолжительных периодов устойчивой погоды с преобладанием ясных дней.

В открытой части Черного моря повторяемость туманов колеблется в пределах 1-5%, составляя в среднем 5% в год. Наибольшая вероятность их возникновения наблюдается:

- ~ в переходные сезоны (февраль-март);
- ~ в период с октября по февраль, когда возможно явление «парения моря» с ухудшением видимости;
- ~ весной (апрель-май) с повторяемостью до 9%.

Прибрежные районы демонстрируют аналогичную сезонную динамику, с преобладанием туманов в холодное время года. С июня по сентябрь их появление становится редким явлением, а в отдельные месяцы может отсутствовать полностью. Наиболее подвержены туманам западное и северо-западное побережья, где в холодный сезон регистрируется от 3 до 7 дней с туманом ежемесячно, а в отдельных пунктах - до 10-12 дней.

Средняя продолжительность туманов имеет выраженную географическую изменчивость:

- ~ на северо-западном побережье: 5-6 часов;
- ~ на Кавказском побережье: около 3 часов.

Наиболее продолжительные непрерывные туманы (свыше 100 часов) характерны для северо-западных прибрежных районов в холодный период. В открытом море их длительность не превышает 12 часов. В регионе наблюдаются как адвективные, так и радиационные типы туманов [25, с. 94].

Для акватории Новороссийской бухты туманы являются относительно редким явлением: среднее количество дней с туманом: 6 в год, в отдельные годы: до 15 дней, пик повторяемости: первая половина мая.

Радиационные (поземные) туманы могут возникать в течение всего года,

преимущественно в прибрежной зоне при ясной погоде и слабом ветре. Они отличаются локальным характером распространения и быстрым рассеиванием после восхода солнца.

Полученные данные имеют важное значение для организации безопасного судоходства и планирования портовых операций в регионе. Особое внимание следует уделять периодам с повышенной вероятностью туманообразования, которые могут существенно ограничивать видимость и создавать дополнительные риски для морского транспорта.

По данным таблицы 2.3 мы видим, что туманы преобладают в осеней период года.

Таблица 2.3 – Среднее число дней с туманом

| Порт         | I | II  | III | IV | V | VI  | VII | VIII | IX   | X    | XI   | XII | год |
|--------------|---|-----|-----|----|---|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|
| Туапсе       | 0 | 0,4 | 1   | 2  | 2 | 0,3 | 0   | 0,03 | 0,03 | 0    | 0,07 | 0   | 5   |
| Новороссийск | 0 | 0,3 | 0,5 | 2  | 2 | 0,4 | 0,1 | 0,09 | 0,04 | 0,09 | 0,2  | 0,2 | 6   |

Радиационные поземные туманы непродолжительны. Высокие радиационные туманы наблюдаются как на побережье, так и на море в холодное время года. Они продолжительны и распространяются на большие площади. Зимой после вторжения на Черное море с континента холодных масс воздуха, что обычно бывает при сильных ветрах от NE, наблюдается парение моря - туманы испарения. При температуре воздуха  $-15^{\circ}\text{C}$  и ниже эти туманы могут достигать высоты мачт судна. Чаще всего такие туманы наблюдаются в северной части моря.

Проведенный анализ температурного режима приземного воздуха в портах Туапсе и Новороссийска выявил как общие черты, так и существенные различия, обусловленные географическим положением и особенностями атмосферной циркуляции.

Для Туапсе характерен более мягкий температурный режим со среднегодовым показателем  $+13,6^{\circ}\text{C}$ , что объясняется защитным влиянием Кавказского хребта и преобладанием морских воздушных масс. Зимние температуры редко опускаются ниже  $+1,5^{\circ}\text{C}$ , а летние достигают  $+28,2^{\circ}\text{C}$ ,

демонстрируя умеренную амплитуду колебаний.

В Новороссийске климат отличается большей континентальностью, с более резкими сезонными перепадами. Среднегодовая температура здесь несколько ниже ( $+12,7^{\circ}\text{C}$ ), при этом возможны экстремальные значения: от  $-24^{\circ}\text{C}$  зимой до  $+41^{\circ}\text{C}$  летом.

Ключевые различия обусловлены орографическими факторами – защитная роль Кавказских гор в Туапсе, особенностями циркуляции воздушных масс – более выраженное влияние континентальных антициклонов в Новороссийске, морским влиянием – смягчающий эффект Черного моря сильнее проявляется в Туапсе.

Полученные данные имеют практическое значение для оценки эксплуатационных условий портов, планирования судоходства и разработки мер по адаптации к климатическим изменениям. Учет выявленных температурных особенностей необходим при проектировании инфраструктуры и оценке рисков, связанных с экстремальными погодными явлениями.

## 2.2 Ветровой режим портов

Ветровой режим является ключевым фактором, определяющим условия судоходства и эксплуатации портовой инфраструктуры в акваториях Туапсе и Новороссийска. Особенности циркуляции воздушных масс в данном регионе формируются под влиянием сложного взаимодействия географических и атмосферных факторов, включая орографию побережья, сезонные колебания барических систем и термические контрасты между сушей и морем.

Анализ ветрового режима имеет важное практическое значение для обеспечения безопасности мореплавания, оптимизации портовых операций, разработки мер по минимизации рисков, связанных с экстремальными погодными явлениями.

В данном разделе рассматриваются характерные особенности ветровой циркуляции, сезонная динамика преобладающих направлений и скоростей

ветра, а также специфические явления (такие как новороссийская бора), оказывающие существенное влияние на работу портовых комплексов. Особое внимание уделяется сравнительному анализу ветровых условий в портах Туапсе и Новороссийска, что позволяет выявить как общие закономерности, так и принципиальные различия, обусловленные местными географическими условиями.

Исследование основано на данных многолетних метеорологических наблюдений и современных представлениях о физике атмосферных процессов в Черноморском регионе. Полученные результаты имеют значение не только для прикладных задач портового хозяйства, но и для понимания региональных климатических особенностей северо-восточной части Черного моря.

Анализ ветрового режима порта Туапсе позволяет выделить характерные особенности, обусловленные географическим положением и атмосферной циркуляцией в регионе. В течение года здесь преобладает влияние континентальных полярных воздушных масс, сочетающееся с активной циклонической деятельностью над Средиземным морем [18, с. 247].

В порту Туапсе имеются преобладающие направления ветрового режима: северо-восточные ветры (наиболее частые) и юго-восточные и юго-западные ветры (12-20% повторяемости). Среднегодовая скорость ветра: 4.5 м/с, максимальные зарегистрированные скорости: 40 м/с (северо-восточное и юго-восточное направления), до 28 м/с (другие направления).

В порту Туапсе направления ветрового режима имеют свои сезонные особенности. В холодный период (ноябрь-февраль) усиление юго-восточных ветров (8-10 м/с), увеличение скорости юго-западных ветров (5-10 м/с), 67% случаев сильных ветров ( $\geq 15$  м/с). В теплый период преобладание слабых бризовых ветров, дневной бриз: юго-западный, ночной бриз: северо-восточный.

Особого внимания заслуживают редкие, но опасные метеорологические явления:

~ бора – средняя скорость: 40 м/с, порывы: до 54 м/с, сопутствующие явления: интенсивное парение моря, обледенение судов и волноломов;

~ фены (преимущественно весной) – теплые нисходящие ветры, резкое снижение влажности воздуха.

~ шквалы (крайне редко) – внезапные усиления ветра, часто сопровождаются ливнями и грозами.

Наибольшую среднюю годовую скорость демонстрируют юго-восточные ветры, тогда как северо-западные характеризуются минимальными показателями. В годовом разрезе наибольшую повторяемость имеют северо-восточные ветры, что связано с орографическими особенностями региона и влиянием континентальных воздушных масс.

Полученные данные имеют важное значение для обеспечения безопасности мореплавания и оптимизации портовых операций, особенно в период действия экстремальных ветровых явлений. Понимание сезонной динамики ветрового режима позволяет прогнозировать потенциально опасные ситуации и разрабатывать соответствующие превентивные меры.

Штормовые явления в районе порта Туапсе демонстрируют выраженную сезонную зависимость. В холодный период продолжительность штормовых ветров варьируется от 8 до 15 часов, тогда как в теплое время года сокращается до 3-8 часов. Исторический максимум был зафиксирован в январе 1956 года, когда юго-восточный ветер со скоростью до 50 м/с продолжался непрерывно в течение 81 часа [4, с. 110]. Такие экстремальные условия сопровождаются опасными явлениями: интенсивным парообразованием на поверхности моря, обледенением судов и портовых сооружений.

Наибольшую угрозу для портовой деятельности представляют ветры южных направлений. Юго-западные воздушные потоки могут сохраняться до 40 часов, достигая скорости 35 м/с, хотя подобные интенсивные шторма наблюдаются относительно редко. При этом даже умеренные ветры скоростью 12 м/с уже создают существенные ограничения для работы порта, особенно для маломерного флота и буксировочных операций.

Критическими для портовой инфраструктуры являются следующие ветровые режимы:

- ~ 12-15 м/с - частичное прекращение погрузочно-разгрузочных работ
- ~ 15 м/с и более - полная остановка швартовых операций и работы порталных кранов
- ~ выше 25 м/с - необходимость вывода судов на внешний рейд

Особую опасность представляют юго-восточные ветры для конкретных причальных сооружений. Например, для Южного мола и Нефтепирса критической отметкой становится скорость 12 м/с, тогда как для других причалов (№2-4, 11) пороговое значение повышается до 18 м/с. При смене ветрового направления с юго-восточного на юго-западное, что обычно связано с прохождением атмосферных фронтов, в акватории порта возникает опасная зыбь и явление «тягуна», вынуждающее эвакуировать суда на внешний рейд.

Следует отметить, что северо-западные и восточные ветры в Туапсинском порту не достигают опасных значений. Однако даже умеренные ветры западной четверти при скорости 10-12 м/с приводят к приостановке работы плавучих кранов и монтажных операций из-за развивающегося волнения.

Анализ ветрового воздействия на портовую деятельность показывает, что наиболее уязвимыми элементами инфраструктуры становятся крановое хозяйство (особенно плавучие краны), швартовые устройства, нефтеналивные системы, причальные сооружения определённой ориентации.

Полученные данные подчеркивают необходимость разработки дифференцированных регламентов работы портового оборудования в зависимости от направления и силы ветра, что позволит минимизировать экономические потери и обеспечить безопасность портовых операций.

Данные о преобладающих ветрах и их повторяемости в районе Туапсе приводим в таблицы 2.4.

Таблица 2.4 – Повторяемость ветров различных направлений, %

| Направление | С | СВ | В | ЮВ | Ю  | ЮЗ | З | СЗ | штиль | Сумма % |
|-------------|---|----|---|----|----|----|---|----|-------|---------|
| ГМБ Туапсе  | 8 | 36 | 8 | 12 | 15 | 11 | 7 | 3  | 4     | 100     |

Новороссийская бухта характеризуется специфическим ветровым режимом, определяемым взаимодействием атмосферных процессов различного

масштаба. Среднегодовая скорость ветра здесь составляет 4,6 м/с, при этом преобладают северо-восточные и южные направления. Сезонная динамика проявляется в увеличении повторяемости слабых ветров в летний период, особенно в утренние часы, когда их вероятность достигает 90–94% [2, с. 76].

Наиболее интенсивные и продолжительные ветры наблюдаются при северо-восточных воздушных потоках, связанных с ультраполярными вторжениями и усилением западного отрога Сибирского антициклона. Важную роль играет также средиземноморская циклоническая активность: углубляющиеся циклоны, перемещаясь в Черноморский регион, увеличивают барический градиент. Это создает условия для формирования сильных штормов на Черном и Азовском морях, а также способствует развитию бора в Новороссийской бухте.

Бора отличается резким усилением ветра, скорость которого может достигать 20–40 м/с и более. Холодные воздушные массы, преодолевая горные хребты, стремительно опускаются к побережью, что приводит к значительному ухудшению погодных условий. В среднем такие явления отмечаются 50–60 дней в году [2, с. 76].

Весной (март–апрель) термический контраст между сушей и морем уменьшается, что ослабляет барические градиенты и способствует выравниванию атмосферного давления. В этот период преобладают южные и юго-западные ветры, приносящие повышенную влажность.

Статистические данные показывают выраженную сезонную неравномерность в распределении штормовых ветров. Около 70% случаев северо-восточных штормов приходится на холодный сезон (сентябрь–март), тогда как в теплый период (апрель–август) их частота снижается до 29,3% [2, с. 76].

Таким образом, ветровой режим Новороссийской бухты формируется под влиянием сложного взаимодействия региональных и крупномасштабных атмосферных процессов, что определяет его высокую изменчивость в течение года (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Распределение количества и продолжительности штормовых северо-восточных периодов по месяцам

| №              | Месяцы<br>(периоды в<br>днях) | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Всего    |
|----------------|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|----------|
| 1              | 1-3 дня                       | 27  | 31  | 34  | 27  | 12  | 9   | 10  | 22   | 25  | 29  | 26  | 32  | 284(763) |
| 2              | 4-6 дней                      | 9   | 5   | 7   | 1   | 7   | 5   | 7   | 5    | 5   | 9   | 4   | 5   | 69(18,6) |
| 3              | 7-9 дней                      | 1   | 2   | 2   | 1   | 0   | 0   | 1   | 0    | 2   | 1   | 2   | 1   | 13(3,5)  |
| 4              | 10-12 дней                    | 2   | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 1    | 0   | 0   | 0   | 0   | 5(1,3)   |
| 5              | 13-15 дней                    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 1   | 0   | 1(0,3)   |
| Итого периодов |                               | 39  | 39  | 43  | 30  | 19  | 14  | 18  | 28   | 32  | 39  | 33  | 38  | 372      |
| Среднее        |                               | 2,6 | 2,6 | 2,9 | 2,0 | 1,3 | 0,9 | 1,2 | 1,9  | 2,1 | 2,6 | 2,2 | 2,5 | 24,8     |

О длительности периодов северо-восточных штормов можно судить по данным таблицы 2.6.

Таблица 2.6 - Средняя и максимальная продолжительность в днях штормовых северо-восточных периодов по месяцам

| № | Месяцы                | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Средняя<br>годовая    |
|---|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----------------------|
| 1 | Средняя<br>продолжит. | 3.3 | 3.0 | 2.8 | 2.1 | 2.5 | 2.5 | 3.0 | 2.6  | 2.7 | 2.8 | 3.0 | 2.6 | 2.8                   |
| 2 | Макс.<br>продолжит.   | 12  | 10  | 8   | 11  | 5   | 6   | 7   | 11   | 8   | 7   | 15  | 7   | Макс. за<br>период 15 |

В среднем в месяце отмечалось со штормом зимой- около 7-8 дней, летом от 2-6 дней. При этом за год в среднем случалось около 69 штормовых дней северо-восточного ветра. Распределение количества дней со штормовым ветром представлено в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Количество штормовых дней СВ направления

| № | Месяцы<br>(число дней) | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Всего                    |
|---|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|--------------------------|
| 1 | Всего                  | 129 | 117 | 120 | 63  | 47  | 35  | 54  | 74   | 87  | 109 | 100 | 99  | 1034                     |
| 2 | Среднее                | 8,6 | 7,8 | 8,0 | 4,2 | 3,1 | 2,3 | 3,6 | 4,9  | 5,8 | 7,3 | 6,7 | 6,6 | 68,9                     |
| 3 | Максимум               | 18  | 17  | 17  | 17  | 11  | 7   | 12  | 14   | 11  | 19  | 17  | 13  | За весь<br>период<br>-19 |

Температура понижается до минус 7-9°, иногда до -20°C. Повторяемость южных и юго-восточных ветров для бухты составляет до 16 % в году, ветер

достигают значительных скоростей до 20 м/с. и распространяется в узком секторе вдоль береговых хребтов.

Проведенный анализ метеорологических условий позволил выявить существенные различия в температурном и ветровом режимах портов Туапсе и Новороссийска, обусловленные их географическим положением и особенностями атмосферной циркуляции.

Для Туапсе характерен более мягкий климат со среднегодовой температурой  $+13.6^{\circ}\text{C}$  и меньшими сезонными колебаниями. В Новороссийске наблюдается большая континентальность климата с экстремальными значениями температур (от  $-24^{\circ}\text{C}$  до  $+41^{\circ}\text{C}$ ). В Туапсе преобладают северо-восточные и южные ветры с максимальными скоростями до 50 м/с. Новороссийск отличается особой опасностью боры - катастрофическими северо-восточными ветрами. Для обоих портов характерна выраженная сезонность ветрового режима

Полученные результаты имеют важное практическое значение для обеспечения безопасности судоходства, оптимизации портовых операций, разработки превентивных мер при экстремальных погодных явлениях, планирования развития портовой инфраструктуры.

Выявленные климатические особенности необходимо учитывать при разработке регламентов работы портов и систем раннего предупреждения об опасных метеорологических явлениях. Особое внимание следует уделять периодам с повышенной вероятностью экстремальных температур и штормовых ветров, которые представляют наибольшую угрозу для портовой деятельности.

### 3 Гидрологические условия портов Туапсе и Новороссийска

#### 3.1 Температурный режим прибрежных вод

Гидрологические условия Черноморского побережья играют ключевую роль в обеспечении безопасной эксплуатации портовых комплексов и организации судоходства. Для портов Туапсе и Новороссийска, расположенных в северо-восточной части Черного моря, характерны специфические гидрологические особенности, обусловленные сложным взаимодействием природных и антропогенных факторов.

Изучение гидрологического режима данных акваторий включает анализ:

- ~ температурного режима прибрежных вод;
- ~ динамики уровня моря;
- ~ волновых характеристик;
- ~ течений и водообмена.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью учета гидрологических параметров при проектировании портовых сооружений, планировании судоходных маршрутов и разработке мер по минимизации рисков, связанных с экстремальными гидрометеорологическими явлениями. В данной главе рассматриваются основные гидрологические характеристики портов Туапсе и Новороссийска, выявляются их сезонные и пространственные закономерности, а также оценивается влияние на портовую деятельность.

Температурный режим прибрежных вод является важным индикатором гидрологических процессов и оказывает значительное влияние на экологическое состояние акваторий и работу портовой инфраструктуры. В данном разделе анализируются сезонная динамика температуры воды, пространственное распределение температурных показателей, влияние континентального стока и атмосферных процессов на термический режим, экстремальные температурные явления и их последствия для портовой деятельности.

Исследование основано на данных многолетних наблюдений, что

позволяет выявить устойчивые закономерности и аномальные отклонения в температурном режиме прибрежных вод изучаемых портов.

Анализируя геоморфологию прибрежной зоны можно сказать, что в районе Туапсе Главный Кавказский хребет отстоит от береговой линии на расстояние около 18 км. Его отроги, отличающиеся значительной крутизной, формируют сложный рельеф с выраженными террасами и скальными обрывами, спускающимися к морю. Участок побережья между мысами Грязнов и Кадош представляет собой залив, обрамленный лесистыми горными склонами. Береговая линия здесь рассечена несколькими ущельями, а вдоль скал тянется узкая (10–12 м) полоса галечного пляжа, местами прерывающаяся. В местах впадения рек ширина пляжей увеличивается до 30 м.

Порт Туапсе обладает выгодным географическим положением благодаря незамерзающей акватории, доступной для крупнотоннажных судов. Его защиту обеспечивают волноломы, расположенные с западной, юго-западной и южной сторон, а также Первомайский мол. Однако даже при наличии этих сооружений полностью исключить волнение не удастся: при юго-западных и западных ветрах наблюдаются значительные колебания воды, осложняющие швартовку судов. В такие периоды возможны разрывы швартовых канатов, а вход в порт становится опасным для крупных кораблей.

Глубины в 15-мильной зоне подходов к порту варьируются в пределах 80–100 м, резко увеличиваясь до 200–300 м, особенно в юго-западном направлении. Береговая отмель, ограниченная 100-метровой изобатой, имеет пологий уклон (менее  $0,5^\circ$ ) и постепенно переходит в крутой береговой склон. Ширина отмели составляет 4–5 морских миль, при этом изобата 100 м достаточно точно повторяет конфигурацию береговой линии. Рельеф дна на склоне отличается сложностью, что необходимо учитывать при навигации.

Измерения уровня моря в районе Туапсе проводятся с использованием уровенной рейки и самописца уровня моря (СУМ). За условный горизонт принят единый нуль, применяемый для всех черноморских портов. Непериодические колебания уровня связаны с изменениями компонентов

водного баланса, включая речной сток, атмосферные осадки, испарение и водообмен с соседними акваториями, которые, в свою очередь, обусловлены атмосферной циркуляцией.

Анализ многолетних данных выявил два выраженных периода:

~ 1967–1981 гг. – постепенный рост среднего годового уровня с 467 до 485 см;

~ 1981–1985 гг. – устойчивое снижение показателя с 483 до 465 см.

Эти колебания подтверждают зависимость уровня моря от климатических факторов, что требует дальнейшего изучения в контексте современных изменений климата.

Прибрежная зона Туапсе характеризуется сложным рельефом и динамичными гидрологическими процессами. Учет этих особенностей важен для безопасной эксплуатации порта и прогнозирования возможных рисков, связанных с волнением и колебаниями уровня моря. Значения годового хода уровня моря приведен в таблицы 3.1 [6, с. 387].

Таблица 3.1 – Годовой ход уровня моря района Туапсе (1917-85 гг)

| Средний | I                                      | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII |
|---------|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 467     | 466                                    | 467 | 467 | 470 | 474 | 476 | 477 | 471  | 463 | 457 | 458 | 463 |
| Год     | Наибольший и из средних (1950-1985 гг) |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |
| 483     | 495                                    | 489 | 491 | 492 | 495 | 496 | 492 | 483  | 474 | 472 | 477 | 485 |
|         | Наименьший из средних                  |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |
| 460     | 454                                    | 454 | 453 | 464 | 466 | 465 | 458 | 449  | 449 | 446 | 448 | 460 |

Наибольшее значение среднегодового уровня моря за период наблюдений было зафиксировано в 1981 году и составило 483 см, тогда как минимальные показатели (460 см) отмечены в 1957 и 1973 годах. Анализ многолетних данных выявил корреляцию между уровнем моря и атмосферным давлением: в годы с пониженным давлением (1952, 1955, 1958, 1963, 1966, 1970, 1975, 1981) наблюдалось повышение уровня, тогда как периоды с высоким давлением (1957, 1959, 1964, 1969, 1972, 1977, 1984) характеризовались его снижением. Однако данная зависимость не является абсолютной – в отдельные годы (1952, 1968, 1978, 1979, 1985) эта закономерность нарушалась, что свидетельствует о

влиянии дополнительных факторов, таких как речной сток, испарение и водообмен с соседними акваториями.

Годовой ход уровня моря в целом соответствует циклу атмосферного давления, за исключением апреля-мая, когда при стабильном давлении наблюдается рост уровня. Это связано с увеличением речного стока вследствие таяния снегов в горных районах Кавказа. Максимальные значения уровня обычно приходятся на июнь-июль (превышение среднегодового показателя на 3–10 см), что обусловлено интенсивным поступлением пресных вод, тогда как минимум отмечается в октябре-ноябре (отклонение на 1–10 см ниже среднего) из-за снижения речного стока и усиленного испарения в летний период.

Средняя амплитуда сезонных колебаний составляет 20 см, однако в отдельные годы наблюдаются отклонения от типичного режима. Например, минимальный уровень может смещаться на декабрь или сентябрь, что требует дополнительного изучения локальных метеорологических условий в эти периоды.

Несмотря на значительные межгодовые колебания (размах до 23 см), прослеживается устойчивая тенденция к постепенному росту среднего уровня моря от десятилетия к десятилетию. Этот тренд, наблюдаемый на протяжении всего года, может быть связан как с региональными климатическими изменениями, так и с глобальными процессами, такими как повышение температуры поверхности океана.

Таким образом, можно увидеть, что уровень моря в районе Туапсе формируется под комплексным воздействием атмосферных и гидрологических факторов. Для точного прогнозирования его изменений необходимо учитывать не только сезонную динамику, но и долгосрочные климатические тренды.

По данным приведенным в таблицы 3.2 можно проследить изменения уровня моря за три десятилетия.

Таблица 3.2 – Средний уровень моря за 3 десятилетия района Туапсе

| Месяц   | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Год |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1956-65 | 468 | 470 | 471 | 472 | 476 | 476 | 479 | 472  | 463 | 455 | 458 | 462 | 469 |
| 1966-75 | 471 | 472 | 472 | 473 | 477 | 480 | 479 | 475  | 467 | 462 | 460 | 468 | 472 |

Продолжение таблицы 3.2

|          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1975-85  | 472 | 475 | 473 | 477 | 480 | 480 | 480 | 477 | 469 | 462 | 460 | 467 | 473 |
| Рост, см | 5   | 2   | 5   | 4   | 4   | 1   | 5   | 6   | 7   | 2   | 5   |     | 4   |

В таблицы 3.3 для каждого месяца приведены экстремальные значения уровней, которые наблюдались в районе Туапсе за весь период наблюдения. Для него уровень моря, достигший отметки 498 см, считается критическим. Только в сентябре и октябре в течение рассматриваемого периода уровень моря никогда не достигал верхнего критического уровня, только в период с июня по август уровень моря не снижался до более низкого критического уровня.

Таблица 3.3 – Максимальный и минимальный уровень моря района Туапсе, 1917-85гг

| Месяц        | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Максимальный | 515 | 514 | 509 | 507 | 517 | 516 | 509 | 502  | 495 | 495 | 507 | 508 |
| Минимальный  | 425 | 424 | 426 | 427 | 436 | 443 | 443 | 443  | 429 | 423 | 421 | 414 |
| Амплитуда    | 90  | 90  | 83  | 80  | 81  | 73  | 66  | 59   | 66  | 72  | 86  | 94  |

Наибольшее зарегистрированное значение уровня моря в районе Туапсе было отмечено в мае 1941 года, когда показатель достиг 517 см, что на 19 см превысило критическую отметку. Напротив, абсолютный минимум зафиксирован в декабре 1924 года - 414 см, что на 24 см ниже критического уровня. Примечательно, что все рекордно низкие значения уровня наблюдались исключительно до 1930 года. Более поздние наблюдения (1954-1985 гг.) демонстрируют существенно более высокие минимальные значения, варьирующиеся в диапазоне 432-456 см.

В условиях замкнутых морских бассейнов, к которым относится Черное море, ветровое воздействие играет ключевую роль в формировании дрейфовых течений и локальных изменений уровня воды у побережья. Особенностью Кавказского побережья является относительно небольшая глубина прибрежной зоны, что существенно влияет на характер колебаний уровня.

На мелководных участках амплитуда колебаний уровня моря оказывается значительно меньше, чем в глубоководных районах. Это объясняется тем, что в

глубоком море ветровой наклон водной поверхности быстро компенсируется возникновением обратных течений, тогда как на мелководье этот процесс протекает иначе.

Анализ почасовых данных за 1970-1979 годы (таблицы 3.4) показал отсутствие выраженного суточного хода уровня моря в течение года. Это свидетельствует о том, что в данном регионе приливные явления оказывают минимальное влияние на колебания уровня по сравнению с другими факторами, такими как ветровое воздействие и атмосферное давление.

Таблица 3.4 – Средняя суточная амплитуда уровня моря, 1963-85 гг.

| Месяц        | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Год |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Максимальный | 468 | 471 | 470 | 472 | 478 | 481 | 480 | 476  | 471 | 463 | 460 | 468 | 471 |
| Минимальный  | 464 | 467 | 467 | 469 | 475 | 478 | 477 | 473  | 468 | 460 | 457 | 464 | 469 |
| Амплитуда    | 4   | 4   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3    | 3   | 3   | 3   | 4   | 2   |

Исследование динамики уровня моря в районе Туапсе выявило значительные межгодовые колебания с выраженной тенденцией к увеличению минимальных значений во второй половине XX века. Особенности гидродинамических процессов в мелководной прибрежной зоне определяют характерные черты местного режима колебаний уровня.

Анализ фактических данных наблюдений, в отличие от усредненных показателей, позволяет выявить существенные особенности в суточных колебаниях уровня моря. Наиболее выраженные изменения наблюдаются при прохождении глубоких циклонов, сопровождающихся штормовыми ветрами южных направлений и резким снижением атмосферного давления. В такие периоды амплитуда суточных колебаний может достигать 20-30 см, хотя подобные случаи относительно редки и составляют около 0,2% от общего времени наблюдений [26, с. 153].

Ярким примером служат события января 1967 года, когда при преобладании южных и юго-западных ветров (35% от общего времени) уровень моря за период с 4 по 13 января поднялся с 471 до 489 см, а к 24 января достиг 502 см, превысив критическую отметку. Еще более показателен случай 24-26 ноября 1955 года, когда при юго-восточном ветре скоростью 16-28 м/с уровень

за короткий период увеличился на 45 см - с 462 до 507 см, а затем, при смене ветра на северо-восточный, снизился на 35 см.

Гидрологический режим прибрежных вод играет ключевую роль в развитии экзогенных геологических процессов. Особое значение имеют два основных элемента гидросферы: акватория Черного моря и речная сеть. Береговая линия в данном районе характеризуется крутыми абразионными склонами и узкими полосами валунно-галечных пляжей.

Основными факторами, определяющими динамику береговых процессов, являются режим колебаний уровня моря и интенсивность волнового воздействия. Наибольшая штормовая активность отмечается в холодный период года. Зимой частота волнений силой 5 баллов и выше увеличивается почти вдвое по сравнению со среднегодовыми показателями, при этом их энергетическое воздействие на береговую зону превышает 60% от общего годового воздействия волн. По своим основным параметрам (высота и длина волны) штормовые волны в этом районе приближаются к океаническому типу.

В отличие от многих других морских акваторий, в Черном море практически не наблюдаются приливные явления. Основные колебания уровня носят сезонный характер и обусловлены изменениями компонентов водного баланса, включая речной сток, испарение и атмосферные осадки. Эти факторы в совокупности формируют уникальный гидрологический режим прибрежной зоны, оказывающий существенное влияние на развитие береговых процессов.

Годовой ход уровня моря (1917-85 гг.) приведен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Многолетние значения средних месячных и средне годовых уровней Новороссийска

| Месяцы                | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | год |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Период за (1917-1985) | 473 | 475 | 475 | 477 | 482 | 484 | 484 | 479  | 469 | 464 | 465 | 470 | 475 |

Наибольший подъем уровня моря наблюдается в весенне-летний период (май-июнь), что связано с увеличением речного стока во время паводков. В последующие летние месяцы отмечается постепенное снижение уровня.

Амплитуда этих сезонных колебаний обычно не превышает 20 см. Анализ многолетних данных свидетельствует о тенденции к постепенному повышению среднегодового уровня моря со скоростью около 1,5 мм/год, хотя этот процесс носит неравномерный характер [26, с. 153].

Соленость вод в прибрежной зоне отличается стабильностью, несмотря на влияние речного стока. Многолетние наблюдения фиксируют колебания солености в пределах 16-18‰. Начиная с глубины 150 м этот показатель увеличивается до 23‰, что связано с особенностями вертикальной стратификации водных масс.

Зимой температура поверхностных вод в открытой части моря составляет 6-7°C. В самый теплый месяц (обычно август) средняя температура достигает +24°C. Отклонения от среднегодового значения (15,7°C) обычно не превышают 3°C. На глубинах 50-70 м температура стабилизируется на уровне 6-7°C и практически не изменяется в течение года.

Вертикальная циркуляция водных масс выражена слабо, что приводит к резкому уменьшению содержания кислорода ниже 50 м. На глубинах свыше 200 м наблюдается сероводородное заражение. В прибрежной зоне преобладают течения западного и северо-западного направлений со средней скоростью 13-22 см/с, которая постепенно уменьшается с глубиной, достигая минимума ниже 15 м.

Гидрографическая сеть региона относится к черноморскому бассейну и представлена многочисленными реками и балками, имеющими преимущественно субмеридиональное направление. Питание водотоков преимущественно дождевое и грунтовое. Водный режим отличается непостоянством - кратковременные паводки, связанные с интенсивными осадками, могут наблюдаться в любое время года, но чаще всего происходят в осенне-весенний период.

Для большинства малых рек и балок характерно ежегодное пересыхание в летне-осенний период продолжительностью 1-2 месяца. Химический состав поверхностных вод относится к гидрокарбонатно-кальциевому типу с низкой

минерализацией (0,2-0,5 г/л), что делает их пригодными для хозяйственного использования.

Температурные характеристики играют определяющую роль в формировании плотностной стратификации вод Черного моря. Наблюдается выраженная пространственная неоднородность: в прибрежных районах значения плотности несколько ниже по сравнению с открытыми акваториями. Сезонная динамика демонстрирует увеличение поверхностной плотности в осенне-зимний период по сравнению с весенне-летним сезоном [26, с. 153].

Глубинные слои характеризуются постепенным ростом плотности. В осенний период при относительно слабой стратификации продолжительные ветровые воздействия вызывают активное перемешивание водных масс до горизонтов 15-20 м. В позднеосенний сезон этот процесс усиливается за счет конвективно-ветрового взаимодействия. В теплый период года речной сток формирует устойчивую стратификацию, когда опресненные поверхностные воды перекрывают более соленые глубинные слои. Летние слабые ветры обеспечивают перемешивание лишь в верхнем однородном слое.

Особенности температурного режима в прибрежных районах существенно отличаются от открытоморских условий. Это обусловлено следующими факторами:

- ~ мелководностью прибрежной зоны;
- ~ быстрой адаптацией к локальным воздействиям;
- ~ спецификой морфометрических характеристик.

Наличие стационарных постов с многолетними наблюдениями позволяет применять современные методы статистического анализа для исследования механизмов формирования термической структуры вод и оценки вклада различных гидрометеорологических факторов.

Исследование базируется на данных наблюдений за 1933-1980 гг., которые по своей продолжительности и дискретности позволяют изучать: внутрисуточные колебания, синоптическую изменчивость, сезонную динамику, межгодовые тренды.

Зимний период характеризуется значительной пространственной изменчивостью температур при относительно стабильных временных показателях. Весной наблюдается обратная картина. Летом отмечается минимальная изменчивость как во времени, так и в пространстве, тогда как осенью эти показатели существенно возрастают.

В районе Туапсе зафиксированы наименьшие колебания температуры поверхностного слоя (15-17°C), что объясняется сглаживающим влиянием динамики водных масс. Минимальные среднемесячные температуры в прибрежной зоне обычно регистрируются в феврале, что соответствует максимуму выхолаживания. Исключение составляет северо-восточный район, где этот процесс запаздывает до марта.

Отмеченные закономерности могут нарушаться при адвекции теплых вод основным черноморским течением и под влиянием локальных морфометрических факторов, что приводит к рассогласованию между теплопотерями и фактическими температурными показателями.

В таблицы 3.6 и таблицы 3.7 описывается средняя месячная температура, наибольшая и наименьшая температура в портах Туапсе и Новороссийска.

Таблица 3.6 – Средняя месячная температура воды в прибрежном районе Туапсе, °C

| Показания                           | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Среднемесячная температура          | 8,8  | 8,1  | 8,6  | 11,3 | 15,6 | 20,4 | 24,0 | 24,9 | 22,6 | 18,4 | 14,6 | 10,9 |
| Наибольшая ср. месячная температура | 10,5 | 10,1 | 11,6 | 14,1 | 18,0 | 23,4 | 26,5 | 27,1 | 25,7 | 21,5 | 17,4 | 14,0 |
| Наименьшая ср. месячная температура | 5,3  | 5,5  | 5,7  | 8,6  | 13,5 | 17,9 | 21,6 | 22,8 | 20,2 | 15,9 | 10,8 | 7,0  |

Таблица 3.7 – Средняя месячная температура воды в прибрежном районе Новороссийска, °C

| Месяц                               | I   | II  | III | IV   | V    | VI   | VII  | VIII<br>I | IX   | X    | XI   | XII  |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|
| Среднемесячная температура          | 7,5 | 6,7 | 7,3 | 10,6 | 15,5 | 20,1 | 23,2 | 23,7      | 21,4 | 17,5 | 17,3 | 9,9  |
| Наибольшая ср. месячная температура | 9,7 | 8,8 | 9,5 | 13,0 | 18,2 | 22,7 | 26,1 | 26,2      | 24,1 | 20,5 | 16,3 | 12,9 |
| Наименьшая ср. месячная температура | 3,0 | 0,5 | 2,7 | 7,3  | 13,5 | 18,1 | 20,4 | 21,2      | 18,8 | 13,4 | 8,6  | 5,4  |

Прибрежные воды Кавказского района Черного моря отличаются наиболее высокими температурными показателями по сравнению с другими регионами. На участке у Туапсе зафиксирован минимальный для всего моря годовой размах колебаний температуры - всего 15,3°C. Статистический анализ показывает, что с 90%-ной вероятностью температура воды здесь не опускается ниже 7°C в период с третьей декады января по конец февраля. В летний сезон с 20%-ной вероятностью наблюдаются значения, превышающие 26°C [26, с. 153].

Температурный режим характеризуется устойчивыми сезонными закономерностями. В августе (с конца первой декады по третью) температура стабильно превышает 25°C, аналогичные показатели отмечаются с середины июля до конца августа. Наиболее интенсивный прогрев поверхностного слоя происходит в июле-августе.

Анализ среднемесячных и среднегодовых значений температуры воды за многолетний период не выявил статистически значимых однонаправленных тенденций. Это свидетельствует об отсутствии выраженного влияния климатических изменений или антропогенных факторов на изучаемом временном отрезке. Синхронность колебаний температуры воды и воздуха на различных станциях подтверждает определяющую роль климатических факторов в формировании термического режима.

В районе Новороссийска отмечаются следующие особенности быстрое нарастание отрицательных значений теплового баланса в холодный период, относительно небольшое снижение температуры воды (1,5-2,0°C), среднегодовая температура около 14,5°C.

Северо-западная часть акватории в среднем на 1°C холоднее, что объясняется влиянием устойчивого потока теплых вод из юго-восточного района и циклонических круговоротов, переносящих теплые водные массы из центральных областей моря. Эти процессы наглядно отображены на карте распределения температуры (рисунок 3.1), где четко прослеживаются «языки» теплых вод [8, с.19].

Проведенный анализ демонстрирует устойчивость термического режима

прибрежных вод Кавказского региона и его зависимость от крупномасштабных процессов водообмена в Черном море. Отсутствие выраженных многолетних трендов свидетельствует о стабильности климатических условий в исследуемом районе.

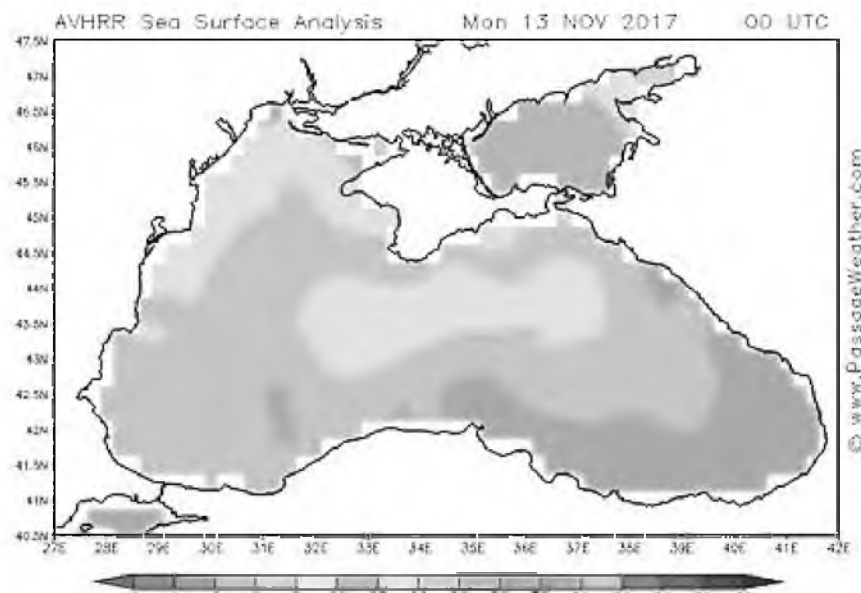


Рисунок 3.1 – Карта распределения температуры поверхностного слоя в виде языков теплых вод [8, с.19]

Межгодовая изменчивость сезонного хода температуры воды оценивалась по среднему квадратическому отклонению (СКО). Это приведено в таблицы 3.8.

Таблица 3.8 – СКО температуры воды, °С

| Период<br>1923—1985 | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Новороссийск        | 1,72 | 1,75 | 1,35 | 1,09 | 1,16 | 1,22 | 1,25 | 1,14 | 1,18 | 1,61 | 1,64 | 1,83 |
| Туапсе              | 1,24 | 1,07 | 1,09 | 1,06 | 1,19 | 1,25 | 1,14 | 1,02 | 1,09 | 1,36 | 1,34 | 1,26 |

Синхронный ход СКО температуры воды характерен для района Новороссийск, чем для Туапсе. Это означает повышенную континентальность климата в Новороссийске, чем в Туапсе.

Температура воды отличается наибольшей изменчивостью в весенний и осенний периоды, зимой ее СКО минимально. Такая синхронность в ходе СКО — результат ледообразования в прибрежных водах мелководья, приводящего к

стабилизации хода их температуры воды. В этом районах его максимум (около 2 °С) зимой и минимум (около 1 °С) летом. По данным таблицы составлен график СКО температуры воды на рисунок 3.2.

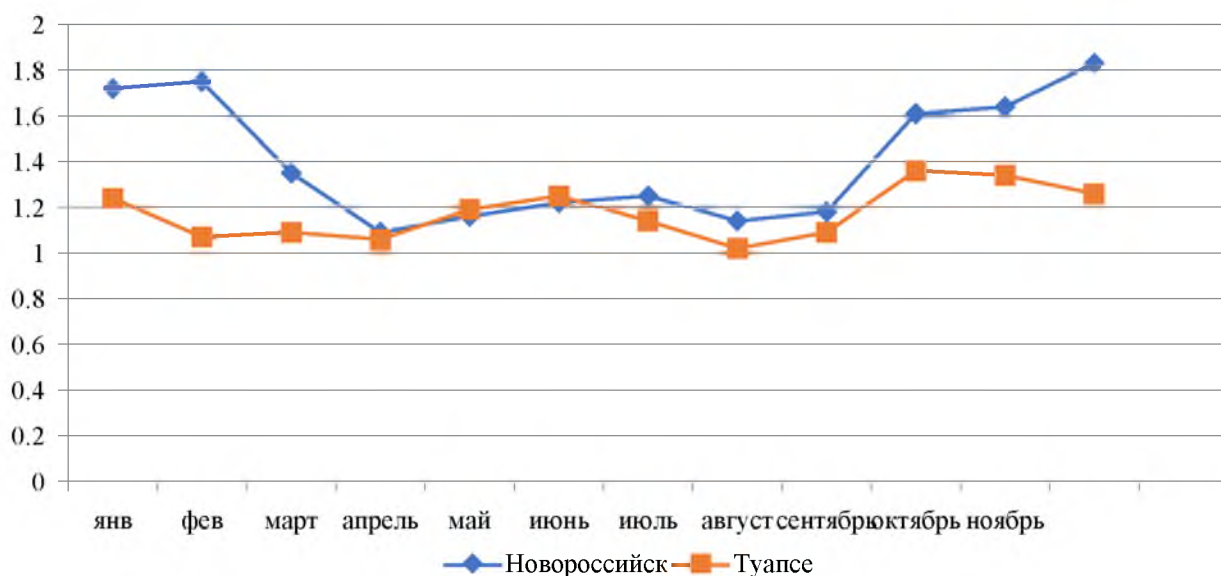


Рисунок 3.2 – График СКО температуры воды

Из графика рисунка 3.2 следует, что в многолетнем ходе колебание температуры воды района Туапсе и Новороссийска взаимосвязаны. Размах колебаний сравнительно невелик тем самым нет оснований ожидать, что в последующих изменениях климата в районах портов проводится окончательно низкие температуры воздуха, причиняющие трудности для портовых работ. Рассматриваемый факт отражает снижение благоприятности климата в Новороссийске, которое затрагивает работу порта.

В районе Туапсе летние пики СКО незначительны (порядка 1,2 °С). Это подтверждается и повторяемостью сгонных ветров, составляющих для ЮБК 13%, а для Кавказского побережья 6%. В районе Туапсе пик сезонного хода СКО незначительны и примерно одинаковы (около 1,2 °С), что связано с большой термической инерционностью водных масс этого приглубого района и меньшей изменчивостью климата.

Обращает на себя внимание, что второй пик СКО на станциях этих районов отмечается в октябре, ноябре и связан с изменчивостью

результатирующей теплового баланса, имеющей максимум в эти месяцы.

Таким образом, приведенный анализ показал, что в море выделяются районы, обладающие общностью сезонного хода СКО температуры поверхностного слоя прибрежных вод.

Проведенный анализ выявил существенные различия в термических характеристиках исследуемых акваторий. Для района Туапсе характерны наиболее высокие температурные показатели и минимальный годовой размах колебаний ( $15,3^{\circ}\text{C}$ ) во всем Черном море, что обусловлено стабилизирующим влиянием теплых водных масс, поступающих с юго-восточного направления. В Новороссийске отмечается более выраженная сезонная динамика с заметным охлаждением в зимний период, хотя и менее значительным, чем можно было бы ожидать исходя из значений теплового баланса.

Оба района демонстрируют устойчивую связь между температурой воды и крупномасштабными процессами циркуляции вод Черного моря, что проявляется в наличии характерных «языков» теплых вод. При этом многолетние наблюдения не выявили статистически значимых трендов изменения температуры, что свидетельствует о стабильности термического режима в рассматриваемый период. Синхронность колебаний температуры воды и воздуха подтверждает определяющую роль климатических факторов в формировании термических характеристик прибрежных вод.

### 3.2 Режим волнения в прибрежной зоне портов

Гидродинамические процессы в прибрежной зоне портов Туапсе и Новороссийска играют ключевую роль в обеспечении безопасной эксплуатации портовых сооружений и судоходства. Режим волнения, формирующийся под воздействием ветровых нагрузок, рельефа дна и особенностей береговой линии, определяет условия навигации, динамику береговых процессов и устойчивость гидротехнических конструкций.

Прибрежные акватории Черного моря в районе указанных портов

характеризуются сложным взаимодействием естественных и антропогенных факторов. Геоморфологические особенности — крутые подводные склоны, изрезанная береговая линия и наличие волноломов — оказывают существенное влияние на параметры волнения, изменяя его высоту, период и направление. В холодный сезон преобладают штормовые волны, генерируемые сильными ветрами юго-западного и северо-восточного направлений, тогда как летом волнение обычно менее интенсивно.

Анализ режима волнения необходим для оценки рисков, связанных с экстремальными гидрометеорологическими явлениями, а также для проектирования и модернизации портовой инфраструктуры. В данном разделе рассматриваются пространственно-временные закономерности волновых процессов, их сезонная изменчивость и влияние на эксплуатационные характеристики портов Туапсе и Новороссийска. Особое внимание уделяется связи волнения с ветровым режимом, морфометрией шельфа и антропогенными преобразованиями береговой зоны.

Морское волнение является важным фактором, оказывающим значительное воздействие на хозяйственную деятельность в прибрежных зонах. В частности, в районе порта Туапсе были проведены систематические наблюдения за динамикой волн, позволившие выявить особенности их формирования и распространения.

Наблюдения осуществлялись с двух постов: Кадош и Туапсе. Пост Кадош располагался на мысе, выступающем в море, в 1,5 км к северо-западу от порта, на высоте 36 м над уровнем воды. Сектор обзора охватывал направление от юго-востока до северо-запада. Для измерения высоты волн использовался буюк, установленный в 700 м от берега на глубине 16 м.

Дополнительные данные получали с помощью волномера-перспектометра, размещенного на вышке спасательной станции (высота 10 м). В этом случае буюк находился на глубине 10 м, а сектор наблюдений простирался от юго-востока до запада.

В районе Туапсе выделяют пять основных типов волнения:

- Штиль – отсутствие волн;
- Ветровое волнение – волны, формируемые под действием местного ветра;
- Зыбь – волны, пришедшие из удаленных акваторий;
- Мёртвая зыбь – затухающие волны после ослабления ветра;
- Смешанное волнение – комбинация ветровых волн и зыби.

При обработке данных смешанное волнение относили к преобладающему типу. Анализ показал, что ветровое волнение составляет в среднем 48% от общего числа наблюдений. Его доля превышает 50% в зимне-весенний (январь–март) и осенний (сентябрь–декабрь) периоды, тогда как с апреля по август отмечается некоторое снижение (менее 50%).

Зыбь занимает второе место по повторяемости (30%), причём её интенсивность не демонстрирует выраженной сезонности – месячные значения варьируются от 20 до 42%. Уменьшение ветрового волнения летом связано с ослаблением ветровой активности и увеличением частоты штилей.

На посту Туапсе наблюдается более выраженная деформация волн по сравнению с Кадошем, что обусловлено мелководьем и изменением направления гребней при подходе к берегу. Это явление требует дополнительного изучения, поскольку влияет на безопасность судоходства и береговую инфраструктуру.

Таким образом, проведённые исследования позволяют лучше понять динамику волновых процессов в районе Туапсе, что важно для прогнозирования их воздействия на прибрежную зону.

В таблице 3.9 приводим повторяемость в процентах различного направления волнения моря в холодный и теплый периоды года для поста Туапсе.

Таблица 3.9 – Повторяемость волнения моря по направлению, %

| пост Туапсе, 1963-85 гг |     |      |     |     |      |      |     |     |      |     |
|-------------------------|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|-----|
| Октябрь-март            | 1,3 | 18,5 | 6,9 | 2,8 | 31,6 | 34,4 | 3,9 | 0,6 | 0,04 | 100 |
| Апрель-сентябрь         | 2,4 | 11,1 | 4,8 | 2,5 | 25,7 | 41,8 | 8,9 | 2,8 | 0,05 | 100 |
| Год                     | 2,0 | 14,0 | 5,6 | 2,6 | 28,2 | 38,8 | 6,9 | 1,9 | 0,04 | 100 |

Волнение моря в районе Туапсе демонстрирует выраженную зависимость от направления ветра и конфигурации береговой линии. Наблюдения показывают, что при северных, северо-восточных и восточных ветрах волны формируются перпендикулярно побережью, тогда как при юго-восточных и северо-западных ветрах они распространяются вдоль берега. Наибольшую опасность представляют волны южного, юго-западного и западного направлений, поскольку акватория в этом районе открыта для их проникновения.

Следует отметить, что данные, полученные на Туапсинском посту, отражают волновой режим лишь в прибрежной зоне. По мере приближения к берегу и уменьшения глубины происходит трансформация трёхмерных ветровых волн в двумерные, что приводит к упорядочиванию их структуры.

Анализ многолетних наблюдений позволяет выделить следующие закономерности:

- Штормовая активность. В среднем за год доля штормовых волн составляет около 20%, причём лишь 1% из них достигает высоты более 3 м. Наибольшая повторяемость штормов отмечается в декабре (до 40%), а также в январе, феврале и ноябре. Наименьшая волновая активность характерна для мая, июня и августа.

- Сезонные изменения в направлении волн. в тёплый период года уменьшается частота юго-восточного волнения, но возрастает доля волн юго-западного и западного направлений. В целом, независимо от сезона, преобладают волны южных и юго-западных румбов.

- Высота волн и её распределение. Для района Туапсе типично преобладание волн высотой 0–1,0 м, доля которых варьируется от 61 до 97% в зависимости от места и времени наблюдений. При этом повторяемость слабого волнения увеличивается с зимы к лету. Волны высотой более 1,0 м, считающиеся бурными, наблюдаются менее чем в 10% случаев.

- Интересной особенностью является небольшое повышение штормовой активности в июле, что, вероятно, связано с локальными

атмосферными процессами. Волны выше 3 м крайне редки: в мае они не фиксируются вовсе, а с июня по октябрь встречаются лишь в 1–3 случаях за 15 лет. Максимальная зарегистрированная высота волн в летний период достигала 5,0 м, однако средние значения для южного и юго-западного направлений составляют 0,5–0,7 м.

– Региональные различия. Направление волн на станции Туапсе существенно отличается от других точек наблюдений. Это объясняется эффектом преломления при подходе к берегу, которое увеличивает частоту южных волн за счёт юго-восточных и юго-западных. Волны северного, восточного, западного и северо-западного направлений имеют малую среднюю высоту (0,1–0,3 м) и наблюдаются редко.

Таким образом, волновой режим в районе Туапсе характеризуется значительной пространственной и временной изменчивостью, что необходимо учитывать при планировании хозяйственной деятельности в прибрежной зоне.

В таблице 3.10 вошли все дни, когда высота волн достигала и превышала 1,0 м хотя бы в один из сроков наблюдений. Общий характер распределения количества дней со штормами в течение года одинаковый для обеих точек наблюдения – увеличение количества дней шторма в холодный период и уменьшение теплых дней.

Таблица 3.10 – Число дней со штормовым волнением моря в районе Туапсе. Высота волн 1,0 м и более

| пост Туапсе         |    |    |     |    |    |    |     |      |    |    |    |     |     |
|---------------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| Месяц               | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Год |
| Число дней(среднее) | 16 | 14 | 11  | 10 | 6  | 6  | 7   | 6    | 7  | 8  | 14 | 16  | 121 |
| Наибольшее          | 24 | 22 | 19  | 16 | 14 | 10 | 12  | 10   | 13 | 14 | 24 | 25  | 203 |
| Наименьшее          | 9  | 6  | 2   | 3  | 2  | 0  | 3   | 2    | 1  | 2  | 2  | 6   | 38  |

Анализ многолетних данных выявил выраженную сезонную изменчивость штормовой активности в районе Туапсе. В холодный период года (ноябрь-апрель) ежемесячно наблюдается более 10 дней с высотой волн свыше 1,0 метра, что свидетельствует о повышенной гидродинамической активности в это время. Напротив, в теплый сезон (май-октябрь) среднемесячное количество

штормовых дней сокращается до 6-8.

Межгодовая изменчивость данного показателя демонстрирует существенные колебания. В отдельные годы в ноябре-феврале количество штормовых дней может превышать 20, тогда как в другие годы не достигает и 10. Для весенне-летнего периода (март-октябрь) максимальное количество штормовых дней варьируется в пределах 10-16, минимальное - от 0 до 3.

Наблюдения показывают, что большинство штормов в исследуемом районе имеют продолжительность 1-3 дня. Доля таких кратковременных штормовых явлений составляет 60-90% от общего числа случаев в зависимости от месяца. Это указывает на преобладание быстро проходящих атмосферных фронтов, вызывающих кратковременное усиление волновой активности.

Волновая обстановка в Новороссийской бухте формируется под влиянием двух основных факторов морского волнения, проникающего в бухту при южных и юго-западных ветрах и локальных ветровых воздействий (таблица 3.11). В таблице 3.11 описана повторяемость волнения моря различной средней высоты (%).

Таблица 3.11 – Повторяемость волнения моря в районе Новороссийска различной средней высоты (%)

| Месяцы<br>Высота<br>волны, м | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X    | XI  | XII |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|
| 0.0 -0.3                     | 35  | 27  | 40  | 32  | 37  | 41  | 38  | 34   | 40  | 44   | 35  | 37  |
| 0.4 -0.7                     | 24  | 24  | 20  | 30  | 47  | 43  | 42  | 26   | 27  | 31   | 30  | 19  |
| 0.8 -1.2                     | 18  | 11  | 9   | 17  | 10  | 13  | 15  | 15   | 14  | 10.5 | 16  | 13  |
| 1.3 -1.9                     | 11  | 17  | 15  | 13  | 4   | 2.5 | 2   | 3.6  | 13  | 7    | 12  | 10  |
| 2.0 -2.9                     | 12  | 18  | 9   | 7   | 2   | 0.5 | 3   | 1.4  | 5.5 | 7    | 7   | 13  |
| 3.0 -3.9                     | -   | 2   | 5   | -   | -   | -   | -   | -    | 0.5 | 0.5  | -   | 8   |
| 4.0 -4.9                     | -   | 1   | 1.3 | -   | -   | -   | -   | -    | -   | -    | -   | -   |
| >4.9                         | -   | -   | 0.7 | 1   | -   | -   | -   | -    | -   | -    | -   | -   |
| Все                          | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100  | 100 | 100  | 100 | 100 |

При юго-западных ветрах скоростью 10-15 м/с на входе в бухту наблюдаются волны высотой до 2,5 метров с длиной около 40 метров. Усиление ветра до 15-20 м/с приводит к увеличению длины волн до 65 метров

при сохранении значительной высоты.

Полученные данные позволяют сделать вывод о существенной пространственно-временной изменчивости волнового режима в исследуемом регионе, что необходимо учитывать при планировании хозяйственной деятельности и обеспечении безопасности мореплавания.

Второе волновое поле возникает в самой бухте под влиянием юго-восточных, северо-западных и северо-восточных ветров. При сильном северо-восточном ветре в глубине залива, на выходе из него и под его западным берегом есть тенденция с волновыми высотами до 2-2,5 м и зоной спокойствия с северо-восточного берега. Отметим, что наиболее часто наблюдающиеся ветры обладают и наибольшими скоростями. В таблице 3.12 показаны средняя и максимальная высота волн (м) в Новороссийской бухте (район нефтегавани Шесхарис).

Таблица 3.12 – Средняя и максимальная высота волн (м) в Новороссийской бухте (район нефтегавани Шесхарис)

| Месяцы       | 1                     | 2                            | 3         | 4                     | 5               | 6               | 7         | 8                     | 9        | 10       | 11        | 12                     | год       |
|--------------|-----------------------|------------------------------|-----------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------------|----------|----------|-----------|------------------------|-----------|
| Средняя      | 0,8                   | 1,0                          | 1,0       | 0,6                   | 0,5             | 0,5             | 0,5       | 0,5                   | 0,7      | 0,7      | 0,7       | 1,1                    | 0,7       |
| Максимальная | ЮЗ<br>2.5<br>Ю<br>4.0 | ЮЗ<br>4.0<br>Ю,<br>ЮВ<br>4.0 | ЮВ<br>5.0 | ЮЗ<br>5.0<br>Ю<br>5.0 | ЮВ,<br>Ю<br>2.5 | ЮВ,<br>Ю<br>2.5 | ЮВ<br>2.0 | ЮВ<br>2.5<br>Ю<br>2.0 | Ю<br>3.5 | Ю<br>3.5 | ЮЗ<br>3.5 | СВ<br>4.0<br>ЮВ<br>4.0 | ЮВ<br>5.0 |

В таблице 3.13 описана повторяемость высоты волн в Новороссийской бухте по направлениям (%), (район нефтегавани Шесхарис).

Таблица 3.13 – Повторяемость высоты волн в районе Новороссийской бухты по направлениям (%) (район нефтегавани Шесхарис)

| Направление ветра | С    | СВ   | В    | ЮВ   | Ю    | ЮЗ   | З    | СЗ   | штиль | Все  |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Высота волн, м    |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |
| <0.3              | 0,40 | 17,3 | 0,30 | 2,90 | 4,0  | 4,70 | 1,0  | 1,80 | 2,80  | 35,2 |
| 0.3 -0.7          | 0,07 | 0,90 | -    | 6,40 | 10,9 | 12,2 | 0,40 | 1,10 | -     | 32,0 |
| 0.8 -1.2          | 0,07 | 0,10 | 0,07 | 4,10 | 4,20 | 4,90 | 0,07 | 0,10 | -     | 13,6 |
| 1.3 -2.0          | 0,07 | 0,10 | -    | 2,80 | 6,60 | 4,40 | 0,30 | -    | -     | 14,3 |

Продолжение таблицы 3.13

|          |      |      |   |      |      |      |      |     |      |      |
|----------|------|------|---|------|------|------|------|-----|------|------|
| 2.1 -2.9 | 0,07 | 0,07 | - | 1,20 | 2,30 | 0,70 | -    | -   | -    | 4,30 |
| 3.0 -3.9 | -    | -    | - | 0,20 | 0,07 | 0,10 | -    | -   | -    | 0,40 |
| 4.0 -4.9 | -    | -    | - | 0,07 | 0,05 | 0,05 | -    | -   | -    | 0,20 |
| >4.9     | -    | -    | - | 0,07 | -    | -    | -    | -   | -    | 0,07 |
| Все      | -    | -    | - | 17,7 | 28,1 | 27,1 | 1,80 | 3,0 | 2,80 | 100  |

Соленость морской воды составляет в среднем 17 ‰. Зимой соленость уменьшается, летом и осенью увеличивается. Максимальная амплитуда изменения среднемесячной солености в январе, минимум наблюдается в октябре. Наибольшая наблюдаемая соленость воды в бухте была 19 ‰, наименьшая 15‰. Мониторинг погоды на нефтяных терминалах осуществляется как с фиксированных метеорологических станций, так и с гидрометеобуев, что значительно повышает надежность фактических метеорологических данных, используемых при швартовных операциях, и наличие судов в порту.

Проведённый анализ волнового режима в акваториях портов Туапсе и Новороссийска выявил существенные различия в характере и динамике волнообразования. Для района Туапсе характерна выраженная сезонность штормовой активности с максимальной повторяемостью волн высотой более 1,0 м в холодный период (ноябрь-апрель) и относительным затишьем в летние месяцы. В Новороссийской бухте волновой режим формируется под комплексным воздействием морской зыби юго-западного направления и локальных ветровых воздействий, что создаёт специфические условия для судоходства и портовой деятельности.

Наблюдаемая межгодовая изменчивость штормовой активности, а также преобладание кратковременных (1-3 дня) штормовых явлений требуют учёта этих особенностей при проектировании гидротехнических сооружений и организации безопасного судоходства.

Полученные данные подчёркивают необходимость дифференцированного подхода к оценке гидрологических условий для каждого из рассматриваемых портов.

### 3.3 Режим и характеристика распределения течений

Изучение динамики морских течений представляет собой важный аспект гидрологических исследований в прибрежных акваториях, имеющий существенное значение для безопасной эксплуатации портовых комплексов. В данном разделе рассматриваются особенности формирования и пространственно-временного распределения течений в акваториях портов Туапсе и Новороссийска, которые обладают выраженной спецификой, обусловленной особенностями береговой линии и региональной циркуляции вод Чёрного моря.

Анализ режима течений в указанных портовых акваториях позволяет выделить несколько ключевых факторов, определяющих их гидродинамические характеристики:

- ~ влияние крупномасштабной циркуляции Чёрного моря;
- ~ воздействие локальных ветровых режимов;
- ~ особенности батиметрии прибрежной зоны;
- ~ антропогенное воздействие портовой инфраструктуры.

Особое внимание уделяется сезонной изменчивости течений, их скорости и направлению, что имеет принципиальное значение для решения практических задач судоходства, проектирования гидротехнических сооружений и экологического мониторинга.

Полученные данные позволяют разработать научно обоснованные рекомендации по оптимизации портовой деятельности с учётом гидрологических особенностей каждого из рассматриваемых портовых комплексов.

Течения Черного моря возникают под воздействием ветров. Они возникают в поверхностном слое. На рисунке 3.3 показаны течения Черного моря.

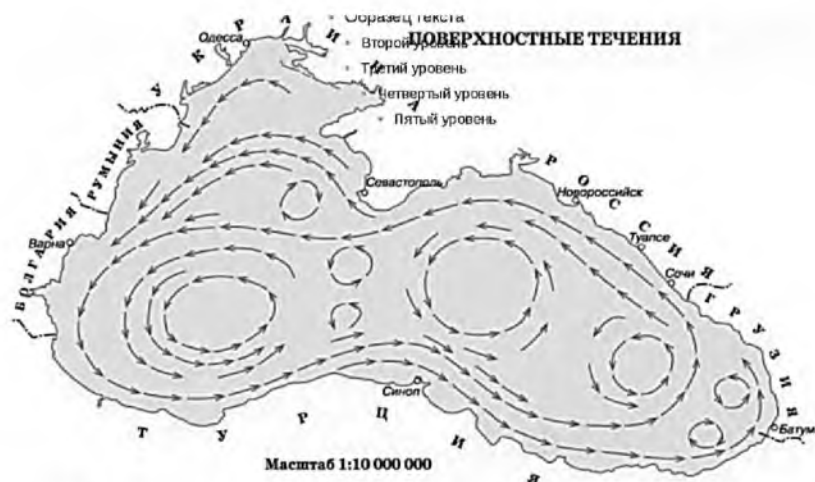


Рисунок 3.3 – Поверхностные течения Черного моря [25, с.38]

Гидродинамические процессы в Черном море отличаются значительной пространственно-временной изменчивостью, обусловленной сложным взаимодействием различных факторов. Основная циркуляция вод представляет собой замкнутое кольцевое течение, направленное по часовой стрелке вдоль береговой линии. В районе кавказского побережья прослеживается устойчивый северо-западный поток со скоростью 25-35 см/с, берущий начало у Батуми. Однако локальная картина течений существенно отличается от общей схемы циркуляции из-за влияния многочисленных факторов, включая ветровое воздействие, батиметрические особенности и сезонные изменения гидрологических условий.

В прибрежной зоне, включая акватории портов, преобладают слабые течения, скорость которых в большинстве случаев не превышает 0,5 м/с. Их формирование происходит преимущественно в поверхностном слое под влиянием ветрового воздействия. Следует отметить, что наблюдаемые в конкретный момент течения представляют собой результат сложного взаимодействия долгосрочного ветрового дрейфа, постоянных градиентов плотности воды и инерционных движений водных масс.

Наибольшее разнообразие направлений течений наблюдается в весенний период. В районе Туапсе в это время преобладают юго-восточные (40% случаев) и южные потоки, тогда как характерное для региона северо-западное

направление встречается лишь в 15% наблюдений. Скорость течений весной варьирует в широких пределах - от 0 до 76 см/с, однако в 82% случаев не превышает 29 см/с.

Летом усиливается роль северо-западных течений, доля которых достигает 25%, а вместе с западными - 33%. При этом отмечается значительный разброс скоростей - от 0 до 91 см/с, хотя в большинстве случаев (56%) значения находятся в диапазоне 5-24 см/с. Средние скорости по направлениям составляют 11-37 см/с.

Осенний период характеризуется выраженным доминированием западных, северо-западных и северных течений (более 70% случаев). Средние скорости в это время составляют 15-28 см/с при максимальных значениях до 80 см/с. Характерно, что 61% наблюдений фиксирует скорости в пределах 10-29 см/с.

Полученные данные свидетельствуют о сложной динамике течений в прибрежной зоне, что необходимо учитывать при организации портовой деятельности и обеспечении безопасности судоходства.

В зимний период наблюдается ярко выраженное преобладание основного направления течений, составляющее свыше 60% от всех зарегистрированных случаев. Юго-восточные и юго-западные потоки встречаются значительно реже - около 10% наблюдений. Прочие направления не превышают 4-5% случаев. Характерной особенностью зимнего сезона является снижение средней скорости течений по сравнению с другими временами года, варьирующейся в пределах 14-27 см/с. Максимальные значения достигают 33-85 см/с, при этом скорости северных, западных и северо-западных течений крайне редко превышают 60-80 см/с. В 76% случаев фиксируются скорости в диапазоне 5-29 см/с.

Анализ 330 наблюдений, проведенных на двадцатиметровом горизонте в апреле-мае, выявил доминирование юго-восточных (50-60% случаев) и южных течений. Северо-западное направление, являющееся основным для региона, отмечалось лишь в 20% измерений. Средние скорости всех направлений были

сравнительно невысокими (12-18 см/с), с максимальными значениями до 65 см/с для западных и северо-западных потоков. Примечательно, что 90% измерений показали скорости в пределах 5-24 см/с.

Летние исследования (651 наблюдение) продемонстрировали увеличение частоты северо-западных течений, которые встречались почти вдвое чаще юго-восточных. Совместная доля основных и обратных течений превышала 60% случаев. Особый интерес представляет распределение скоростей: если средние значения для всех направлений составляли 10-15 см/с, то для северо-западных течений этот показатель достигал 33 см/с. Максимальные скорости варьировались от 21 до 40 см/с для большинства направлений, но для северо-западных потоков фиксировались значения до 91 см/с.

Осенние наблюдения (344 замера) подтвердили абсолютное доминирование основного направления течений, составляющего около 45% случаев. Средние скорости колебались в пределах 12-23 см/с при максимальных значениях 19-68 см/с. В 81% случаев скорости не превышали 29 см/с, а значения свыше 40 см/с отмечались лишь в 14 замерах, преимущественно для юго-восточного, южного и северо-западного направлений.

Полученные данные свидетельствуют о сложной сезонной динамике течений на двадцатиметровом горизонте, что имеет важное значение для понимания гидрологических процессов в прибрежной зоне Черного моря.

Распределение направлений морских течений на тридцатиметровом горизонте демонстрирует выраженную сезонную устойчивость. В течение всего года преобладает основное течение, доля которого варьируется от 36% летом до 45% в холодный период. Противоположное направление наблюдается значительно реже — от 17% весной до 22% летом. Течения иных направлений составляют от 3% до 20% в зависимости от сезона, причем их вклад минимален зимой и максимален осенью.

Скорость течений также подвержена сезонным изменениям. Наиболее часто регистрируются скорости в диапазоне 5–24 см/с (70–81% случаев), что

указывает на преобладание умеренных течений. Более высокие скорости (25–49 см/с) фиксируются в 13–27% случаев, тогда как экстремальные значения (свыше 50 см/с) встречаются редко (3–4%).

Зимой и летом средняя скорость основного течения превышает таковую для обратного. Например, летом северо-западные течения имеют среднюю скорость 22 см/с, тогда как для юго-восточных этот показатель составляет лишь 9–14 см/с. Максимальная зарегистрированная скорость (101 см/с) отмечена летом в северо-западном направлении, что может быть связано с усилением ветрового воздействия в этот период.

Можно выделить следующие сезонные особенности:

- Весна (апрель–май). Основное течение наблюдается в 34% случаев, обратное — в 17%. Преобладают слабые течения (5–14 см/с — 81% случаев), что обусловлено переходным характером гидрологических условий.

- Лето (июнь–сентябрь). Северо-западное направление доминирует (36%), противоположное — 22%. Скорости 5–19 см/с характерны для 71% наблюдений, что согласуется с общей тенденцией к снижению динамики в теплый период.

- Осень (октябрь–ноябрь). Увеличивается доля северо-западных течений (41%), что может быть связано с перестройкой циркуляционных систем. Основной скоростной диапазон смещается к 10–29 см/с (74% случаев), отражая усиление ветрового воздействия.

Проведенный анализ выявил устойчивую пространственно-временную структуру течений на глубине 30 метров. Преобладание основного направления и умеренных скоростей свидетельствует о влиянии крупномасштабных циркуляционных процессов.

Сезонные вариации связаны с изменением ветрового режима и термохалинной стратификации водной толщи. Полученные данные могут быть использованы для верификации гидродинамических моделей региона. В таблице 3.15 приводятся данные о повторяемости течений по направлениям на горизонтах 0, 20, 30 и 40 в целом за год.

Таблица 3.14 – Повторяемость течений по направлениям, % горизонт 0 метров

|                    |      |     |     |      |     |     |      |      |     |
|--------------------|------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-----|
| Направление        | С    | СВ  | В   | ЮВ   | Ю   | ЮЗ  | З    | СЗ   |     |
| Повторяемость, %   | 15,0 | 4,4 | 5,7 | 16,0 | 7,9 | 8,9 | 14,9 | 27,2 | 100 |
| горизонт 20 метров |      |     |     |      |     |     |      |      |     |
| Направление        | С    | СВ  | В   | Ю    | ЮЗ  | ЮВ  | З    | СЗ   |     |
| Повторяемость, %   | 8,6  | 3,5 | 5,4 | 20,5 | 7,0 | 5,7 | 7,9  | 41,4 | 100 |
| горизонт 30 метров |      |     |     |      |     |     |      |      |     |
| Направление        | С    | СВ  | В   | Ю    | ЮЗ  | ЮВ  | З    | СЗ   |     |
| Повторяемость, %   | 9,2  | 3,3 | 5,6 | 20,0 | 7,4 | 6,1 | 8,7  | 39,7 | 100 |
| горизонт 40 метров |      |     |     |      |     |     |      |      |     |
| Направление        | С    | СВ  | В   | Ю    | ЮЗ  | ЮВ  | З    | СЗ   |     |
| Повторяемость, %   | 8,5  | 5,0 | 5,3 | 18,7 | 7,3 | 6,1 | 11,2 | 37,9 | 100 |

Анализ данных, представленных в таблице 3.14 показывает устойчивую пространственную организацию течений в исследуемом регионе. На всех рассмотренных горизонтах (0–40 м) доминирует северо-западное направление, формируемое под влиянием результирующей атмосферной циркуляции. Это свидетельствует о баротропном характере течений в районе Туапсе, где основная циркуляционная система пронизывает всю толщу воды от поверхности до дна.

На 40-метровой глубине весной сохраняется общая закономерность распределения направлений, однако здесь отмечается вторичный максимум повторяемости (30% случаев) юго-восточных течений, что может быть связано с сезонной перестройкой циркуляционных процессов. Северо-западные течения в этот период наблюдаются в 20% случаев, а прочие направления составляют 6–10%.

Рассматривая региональные особенности циркуляции, можно отметить, что в акватории Новороссийской бухты преобладает антициклональная схема циркуляции водных масс, которая при устойчивых северо-восточных ветрах сменяется циклональным режимом. Фоновые скорости течений здесь колеблются в пределах 0,15–0,20 м/с, однако при усилении ветровой активности могут достигать 0,3–0,4 м/с.

Для Цемесской бухты характерна выраженная зависимость течений от ветрового воздействия и сгонно-нагонных явлений. Примечательно, что даже в

условиях штиля здесь регистрируются устойчивые течения как в поверхностном слое, так и в придонных горизонтах, что указывает на наличие дополнительных факторов циркуляции, возможно связанных с термохалинными процессами или рельефом дна.

Упрощенная модель ветрового воздействия предполагает совпадение направления поверхностных течений с преобладающим ветром. Однако в прибрежной зоне наблюдается их отклонение в сторону острого угла между береговой линией и направлением ветрового потока. Интенсивность и направление течений определяются тремя ключевыми параметрами: продолжительностью, силой и устойчивостью ветра.

Интересно отметить, что при определенных гидрометеорологических условиях возможно формирование течений, направленных противоположно действующему ветру. Этот феномен, вероятно, связан с компенсационными процессами в сложной системе прибрежной циркуляции.

Проведенный анализ выявил сложную пространственную организацию течений в исследуемом регионе, где глобальные циркуляционные закономерности взаимодействуют с местными орографическими и ветровыми факторами. Полученные данные подчеркивают необходимость учета многофакторности гидродинамических процессов при моделировании прибрежных экосистем.

Анализ температурного режима прибрежных вод портов Туапсе и Новороссийска выявил значительные сезонные колебания. В Туапсе средняя годовая температура воды составляет около  $15,7^{\circ}\text{C}$ , с максимумом в августе ( $24,9^{\circ}\text{C}$ ) и минимумом в феврале ( $8,1^{\circ}\text{C}$ ). В Новороссийске температурные показатели несколько ниже: средняя годовая температура —  $14,5^{\circ}\text{C}$ , с пиком в августе ( $23,7^{\circ}\text{C}$ ) и минимумом в феврале ( $6,7^{\circ}\text{C}$ ). Межгодовая изменчивость температуры воды в Новороссийске выше, что связано с повышенной континентальностью климата. Наблюдается устойчивая тенденция к росту среднего уровня моря, что коррелирует с изменениями атмосферного давления и речного стока.

Волновой режим в портах Туапсе и Новороссийска характеризуется преобладанием волн высотой 0–1 м (до 97% случаев). Штормовые волны (высотой более 1 м) чаще наблюдаются в холодный период (декабрь–февраль), достигая максимальной высоты 5 м. В Туапсе преобладают южные и юго-западные волны, в то время как в Новороссийской бухте волнение формируется под влиянием южных и юго-западных ветров, а также локальных ветровых систем. Средняя высота волн в Новороссийске составляет 0,7 м, с максимумом в декабре (1,1 м). Штормовые явления создают риски для судоходства и портовой инфраструктуры, особенно в зимние месяцы.

Течения в районе портов Туапсе и Новороссийска формируются под воздействием ветров и имеют сезонную изменчивость. В Туапсе преобладают северо-западные течения (до 41% случаев на глубине 20 м), со средней скоростью 10–30 см/с. В Новороссийской бухте циркуляция вод антициклональная, со скоростью 0,15–0,20 м/с, увеличивающейся до 0,4 м/с при сильных ветрах. Течения в Цемесской бухте зависят от ветровых и сгонно-нагонных явлений, при этом даже в штиль наблюдаются устойчивые течения. Анализ показал, что гидродинамические процессы в регионе носят сложный, многофакторный характер, что необходимо учитывать при планировании портовой деятельности.

Таким образом, можно закономерно прийти к заключительному выводу о том, что гидрологические условия портов Туапсе и Новороссийска определяются сочетанием природных факторов, включая температурный режим, волнение и течения. Полученные данные подчеркивают важность учета сезонной и межгодовой изменчивости этих параметров для обеспечения безопасной и эффективной работы портов. Результаты анализа могут быть использованы для оптимизации судоходных маршрутов, проектирования защитных сооружений и управления рисками, связанными с экстремальными гидрометеорологическими явлениями.

## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы на тему «Гидрометеорологические условия портов Туапсе и Новороссийск» были проведены комплексные исследования физико-географических, метеорологических и гидрологических условий, влияющих на функционирование этих ключевых транспортных узлов Черноморского побережья России. Работа позволила выявить как общие закономерности, так и существенные различия между портами, обусловленные их географическим положением, климатическими особенностями и гидродинамическими процессами.

Выделим основные результаты исследования.

1. Физико-географические условия. Порт Туапсе расположен в открытой бухте, защищённой от сильных северо-восточных ветров, что обеспечивает более стабильные условия для судоходства. Его акватория характеризуется глубинами до 40 м, что позволяет принимать крупнотоннажные суда. Порт Новороссийск находится в глубоководной Цемесской бухте, окружённой горными хребтами. Это создаёт уникальные условия для формирования сильных ветров (бора), которые значительно осложняют эксплуатацию порта.

2. Метеорологические условия. Температурный режим: В Туапсе среднегодовая температура воздуха составляет  $+13,6^{\circ}\text{C}$ , с мягкими зимами и тёплым летом. В Новороссийске климат более континентальный, с экстремальными значениями температур (от  $-24^{\circ}\text{C}$  зимой до  $+41^{\circ}\text{C}$  летом), что увеличивает риски обледенения причалов и судов

3. Ветровой режим: В Туапсе преобладают северо-восточные и южные ветры, максимальные скорости которых достигают 40–50 м/с. В Новороссийске особую опасность представляет бора — катастрофические северо-восточные ветры, скорость которых может превышать 50 м/с, что приводит к частым остановкам портовых операций.

4. Гидрологические условия. В Туапсе наблюдается более стабильный

температурный режим с минимальным годовым размахом (15,3°C). В Новороссийске сезонные колебания температуры воды более выражены, что связано с влиянием континентальных воздушных масс. В обоих портах преобладают волны высотой до 1 м, но в холодный период (декабрь–февраль) возможны штормовые волны до 5 м. В Новороссийске волнение усиливается из-за ветровых воздействий, особенно при боре. Течения в районе портов слабые (до 0,5 м/с) и формируются преимущественно под влиянием ветров. В Новороссийске отмечается антициклональная циркуляция вод, которая может сменяться циклональной при сильных ветрах.

5. Сравнительный анализ показал, что порт Туапсе обладает более благоприятными гидрометеорологическими условиями для круглогодичной эксплуатации, включая мягкий температурный режим, умеренное волнение и отсутствие экстремальных ветровых явлений.

6. Порт Новороссийск, несмотря на глубоководную акваторию и развитую инфраструктуру, сталкивается с серьёзными ограничениями из-за боры, низких зимних температур и интенсивного волнения.

#### Рекомендации и предложения.

На основе проведенного исследования, в рамках дальнейшего изучения особенностей гидрометеорологических условий портов, можно выделить следующие рекомендации.

1. Для Новороссийска необходимо совершенствовать системы раннего предупреждения о боре и разрабатывать меры по защите инфраструктуры от обледенения.

2. В Туапсе следует уделить внимание оптимизации логистики с учётом сезонных колебаний волнения и ветрового режима. Оба порта требуют постоянного мониторинга гидрометеорологических условий для минимизации рисков и повышения эффективности грузоперевозок.

Таким образом, проведённое исследование вносит вклад в развитие прикладной гидрометеорологии и может быть использовано для планирования судоходных операций, проектирования портовой инфраструктуры и разработки

мер по адаптации к изменяющимся климатическим условиям. Результаты работы представляют ценность для метеорологических служб, логистических компаний и органов управления морским транспортом.

## Список литературы

1. Альтман, Л.П. Черное море. Экономико-географический очерк. - Л.: Знание, 1975. - 40 с.
2. Архангельский, А.Д., Страхов, Н.М. Геологическое строение и история развития Черного моря. - М.: Изд-во АН СССР, 1938. - 253 с.
3. Белокурова, Н.И., Старов, Д.К. Гидрометеорологическая характеристика Черного моря. - Л.: Гидрометиздат, 1946. - 254 с.
4. Богданова, А.К., Кропачев, Л.Н. Сгонно-нагонная циркуляция и ее роль в гидрологическом режиме Черного моря. // Метеорология и гидрология. - 1959. - №4. – С. 110 - 112.
5. Ванцар, В.Б., Литвиненко, Г.И., Цыкало, В.А. Порт Туапсе: 100-летний виток истории. – М.: Транспорт, 2000. – 215 с.
6. Водяницкий, В.А. Основной водообмен и история формирования солености Черного моря. // Тр. Севостопольской биол. Станции. - 1948. - Т.6. - С. 386-432.
7. Георгиев, Ю.С. О динамике холодного промежуточного слоя в Черном море. // Океанографические исследования Черного моря. - Киев: Наукова Думка, 1967. - С. 105-113.
8. Гицба, Я.В. Многолетняя и сезонная изменчивость климатических факторов над абхазской акваторией Черного моря. // Известия вузов Северокавказского региона. - Ростов-на-Дону. - 2007. - № 5. - С. 18-25.
9. Егоренко, Н.П. Типовые барические поля над бассейном Черного моря // Тр. ИОАН СССР. – М. - 1962. - т.57. - С. 81-92.
10. Земляков, В.М. Атмосферное давление и ветер над Черным морем // Тр. УкрНИГМИ. – М.,1957. - Вып. 7. - С. 183-195.
11. Земляков, В.М. Характеристика температуры воздуха над Черным морем//Тр. УкрНИГМИ. – М. - 1976. - Вып. 8. - С. 156-164.
12. Зенкевич, В.П. Берега Черного и Азовского морей. – М.: Географгиз, 1958. - 373 с.

13. Кикнадзе, А.Г. Применение литологического метода к исследованиям динамики береговой зоны (на примере Черноморского побережья Кавказа). //Вестник МГУ. География. - 1970. - №6. - С. 88-92.
14. Колесников, А.Г. Годовой ход температуры, устойчивости и вертикального турбулентного обмена тепла в открытой части Черного моря. //Тр. Мор.гидрофиз. ин-та АН СССР. –1953. – вып. 1. - С. 313-325.
15. Кузьминская, Г.Г. Черное море. – Краснодар, 1963. – 163 с.
16. Кузьминская, Г.Г. Черное море. Часть 2. О морской воде Черного моря. – Краснодар, 1977. – 148 с.
17. Лурье, Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1974. - 336 с.
18. Москаленко, Л.В. Расчет стационарных ветровых течений в Черном море. Океанология. - 1975. - т.15. - С. 245-250.
19. Нагалецкий, Ю.Я., Чистяков, В.И. Физическая география Краснодарского края: учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – Краснодар: «Северный Кавказ», 2003. – 256 с.
20. Наставление по гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 9, ч. 1. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. - 312 с.
21. Сергин, С.Я., Яйли, Е.А., Цай, С.Н., Потехина, И.А., Климат и природопользование Краснодарского Причерноморья. – СПб.: изд. РГГМУ, 2001. – 188 с.
22. Сорокин, Ю.И. Черное море. - М.: изд-во «Наука», 1982. - 216 с.
23. Титов, В.Б. Статистический анализ вековых рядов приземной температуры воздуха в Черноморском регионе // Метеорология и гидрология. - 1993. - №10. - С.105-107.
24. Титов, В.Б., Савин М.Т. Об оценке температурного режима атмосферы, формирующего гидрологическую структуру Черного моря // Метеорология и гидрология. - 2000. - № 10. - С. 78 -84.
25. Филиппов, Д.М. Циркуляция и структура вод Черного моря. - М.: Наука, 1968. – 136 с.

26. Вылканов, А., Данов, Х., Мариеов, Х. и др. Черное море: сборник// пер. с болгарского. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 408 с.

27. Чернякова, А. Л. Типовые поля ветра на Черном море // Гидрохимические и гидрофизические исследования в Черном море. - М.: Наука, 1967. – 254 с.