

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
«Федеральный исследовательский центр  
Южный научный центр Российской академии наук»

*На правах рукописи*



**МИСИРОВ САМИР АЙДЫНОВИЧ**

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ БЕРЕГОВЫХ  
ПРОЦЕССОВ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА И ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ  
ИХ ПРОЯВЛЕНИЙ**

1.6.21. Геоэкология (географические науки)

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание учёной степени  
кандидата географических наук

Научный руководитель: д-р географических наук,  
профессор Беспалова Л.А.

Ростов-на-Дону – 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ МОРСКИХ БЕРЕГОВ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА .....	14
1.1.    Состояние изученности берегов Таганрогского залива .....	14
1.2.    Физико-географические и социально-экономические условия региона ...	23
1.3.    Геологическое и тектоническое строение берегов Таганрогского залива	28
1.4.    Типы берегов Таганрогского залива.....	34
1.5.    Гидрометеорологические факторы развития береговой зоны.....	44
1.6.    Факторы антропогенного воздействия на береговые процессы.....	58
1.7.    Выводы к Главе 1.....	61
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ .....	62
2.1.    Геоинформационная система «Берега Азовского моря» .....	67
2.2.    Методика пространственно-временного анализа динамики берегов .....	75
2.3.    Методика прогноза движения береговой линии .....	83
2.4.    Методика оценки потенциального ущерба от размыва берегов .....	92
ГЛАВА 3. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ БЕРЕГОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ .....	100
3.1.    Оценка динамики береговых клифов Таганрогского залива.....	100
3.2.    Оценка динамики морского края дельты реки Дон.....	108
3.3.    Выводы к Главе 3 .....	118
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО УЩЕРБА ОТ ОПАСНЫХ БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ.....	120
4.2.    Рекомендации по организации системы мониторинга за положением линии бровки берегового уступа .....	126
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	136
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	158

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность темы исследования:**

Береговая зона, подвергаясь постоянным интенсивным волновым, стонно-нагонным воздействиям и проявлению вследствие этого экзогенных геологических процессов, эта территория отличается высокой динамичностью и значительными изменениями своей морфологии и структуры под их воздействием. На нее оказывают большое влияние природные факторы, наиболее важные из которых — геологические условия (строение и состав пород) и динамика вод в береговой зоне (сила и повторяемость штормов). Кроме того, опасный характер разрушение берегов приобретает также на участках, подверженных оползневым процессам, которые активизируются под действием грунтовых вод и волнения.

Однако, природные факторы не единственные оказывают влияние на динамику берегов. Хозяйственная деятельность человека иногда носит необратимый характер и оказывает большой ущерб морским берегам. Нежелательные последствия для морских берегов могут быть вызваны неудачным размещением портовых сооружений и инженерных конструкций, призванных защищать берега от разрушений, но нередко перекрывающих или тормозящих поток вдольбереговых наносов. В связи с расширением масштабов хозяйственного освоения прибрежных территорий возникают новые виды воздействий: зарегулирование местного речного стока, капитальное строительство в непосредственной близости к береговым клиффам, ведение сельскохозяйственных работ (распашка земель без санитарных и пожарных отступов вблизи береговых обрывов), добыча полезных ископаемых со дна моря, дноуглубительные работы, изъятие пляжеобразующего материала для строительства и иных работ и пр.

Все это обусловлено тем, что береговая зона морей относится к уникальным ландшафтам, где взаимодействуют литосфера, гидросфера, атмосфера и биосфера. Прибрежные зоны на протяжении всей истории всегда имели важное экономическое значение и привлекали значительные инвестиции в свое развитие. Такое развитие и экономическая активность не редко приводят к изменениям

береговой линии, таким как эрозия, аккумуляция осадков, колебания уровня моря и техногенные воздействия. Их освоение и охрана требуют комплексного подхода, который учитывает, как природные, так и антропогенные факторы. Для разработки эффективных стратегий управления прибрежными территориями необходимо анализировать эти процессы, чтобы минимизировать отрицательные последствия и максимизировать положительные результаты. Однако наблюдаемые в последние десятилетия и прогнозируемые в будущем климатические изменения способствуют усилению опасных процессов в береговой зоне морей. Расширение масштабов хозяйственного освоения прибрежных территорий усиливает воздействие природных факторов. Актуальной задачей остается прогнозирование и предотвращение (или минимизация) ущерба от опасных природных явлений, ежегодный экономический ущерб от которых может быть значителен.

Береговая зона Таганрогского залива располагается в трех субъектах Федерации (Донецкая Народная Республика, Ростовская область, Краснодарский Край), традиционном месте сосредоточения населения, промышленности, транспортной инфраструктуры. Наряду с этим, она подвергается проявлению абразионных процессов, оползневых процессов, размыву пляжей, затоплению низменных территорий при нагонных повышениях уровня, что приводит к разрушению объектов промышленности и транспорта, жилых и общественных зданий, сооружений курортного комплекса, коммуникаций, потере ценных сельхозугодий и др. и наносит ущерб экономике государства. Именно поэтому важно проведение комплексного своевременного мониторинга происходящих процессов в пределах береговой зоны. Он позволит оценить динамику и направление процессов, выявить закономерности и взаимосвязи на современном этапе, а также минимизировать или предупредить возможный ущерб.

**Целью работы** являются мониторинговые исследования пространственно-временной динамики опасных береговых процессов (ОБП) и оценка возможного ущерба их проявления.

**Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:**

1. Обобщить накопленную информацию о береговой зоне Таганрогского залива, данные инструментальных наблюдений за последние 50 лет и на их основе разработать комплексную базу данных, отвечающую всем современным требованиям к организации географических данных;

2. Выполнить пространственно-временной анализ скоростей отступления морских берегов Таганрогского залива на основе данных дистанционного зондирования и геоинформационной системы, при помощи методов картирования бровки клифов;

3. Провести спутниковый мониторинг морского края дельты реки Дон на основе данных дистанционного зондирования и геоинформационной системы;

4. Оценить степень возможного ущерба при размыве/разрушений берегов на основе комплексного мониторинга.

**Объект исследования** – берега Таганрогского залива Азовского моря.

**Предмет исследования** – многолетняя динамика бровки береговых откосов под действием опасных береговых процессов.

**Основные защищаемые положения:**

1. Созданная геоинформационная система «Берега Азовского моря» является основой комплексного геоэкологического мониторинга за опасными береговыми процессами.

2. Установлено, что в период с 1964 по 2022 гг., 57% береговой линии соответствуют слабой (<1 м/год) интенсивности проявления ОБП, средней (1–2 м/год) – 13%, сильной (2-4 м/год) – 23%. Наибольшие темпы размыва характерны для участков Весело-Вознесенка (1,9 м/год) и участка между ст. Должанской и с. Воронцовка (2,4 м/год), кроме того, выявлены участки размыва устьевых областей малых рек (Мокрый Еланчик и Мокрая Чумбурка).

3. В период с 1975 до 2020 годов участки дельты р. Дон, приученные к гирлу Свиному и р. Мертвый Донец были подвержены процессу аккумуляции, в то время как центральная часть дельты была подвержена размыву со средней скоростью 0.6 м\год. В среднем граница морского края дельты на этих участках выдвинулась

вперед на 100–200 м., центральные же участки подвергались размыву, где морской край отступил на 100–200 м.

4. Оценка материальных и площадных потерь к 2030 г., показала, что площадь земель подверженных размыву на территории Ростовской области составит 41,5 Га, на территории Краснодарского края 30,5. Материальный ущерб, согласно ценам публичной кадастровой карты Росреестра оценен в 94,3 млн. руб. и 41,5 млн. руб соответственно.

#### **Научная новизна результатов исследования:**

1. Впервые созданы базы геоданных и геоинформационная система «Берега Азовского моря» для обеспечения комплексного мониторинга опасных береговых процессов в береговой зоне Таганрогского залива Азовского моря, на основе систематизации литературных и фондовых данных, инструментальных и дистанционных наблюдений.

2. Адаптирована методика космического мониторинга (ОБП) на основе разновременных данных ДЗЗ и ГИС, что позволило увеличить охват зоны мониторинга и получить более детальную картину распределения темпов отступления морских берегов.

3. Впервые выполнен пространственно-временной анализ динамики берегов всего Таганрогского залива – от косы Белосарайской до косы Долгая, включая морской край дельты реки Дон и установлены среднегодовые темпы размыва берегов.

4. Проведен спутниковый мониторинг устьевых областей рек на основе разновременных данных ДЗЗ, и ГИС и выявлены новые участки размыва: устьевые области малых рек Мокрый Еланчик и Мокрая Чумбурка;

5. Впервые проведена оценка возможного монетарного ущерба от опасных береговых процессов в пределах прибрежных районов Таганрогского залива на основе данных кадастрового деления.

**Теоретическая и практическая значимость** настоящего исследования заключается в разработке новых методов комплексного мониторинга динамики береговых линий и адаптации существующих подходов к этой проблематике.

Особое внимание уделяется оценке потенциального материального ущерба, что является критически важным аспектом для обеспечения устойчивого развития прибрежных зон. Полученные результаты способствуют углублению теоретических знаний о многолетней динамике, интенсивности и распределении абразионно-обвальных процессов в береговой зоне Таганрогского залива, что в свою очередь, позволит более точно делать прогнозы развития береговой зоны и эффективно управлять рисками, связанными с разрушением и деградацией прибрежных территорий. Кроме того, итоговые оценки и показатели могут быть использованы в области проектирования и строительства гидротехнических сооружений в береговой зоне, а также эффективно интегрированы в стратегии рекреационного освоения прибрежных территорий, что будет способствовать их устойчивому развитию и сохранению экологического баланса.

Предложенные и разработанные, в диссертации методы и подходы были использованы в комплексном мониторинге, оценке современного состояния береговой зоны и разработке рекомендаций, в рамках научно-исследовательской работы «Комплексное обследование прибрежной территории береговой линии Таганрогского залива Азовского моря», выполненной в ЮНЦ РАН в 2023 г.

**Методология и методы исследования.** Изучение пространственно-временной динамики берегов Таганрогского залива опирается на традиционные (инструментальные) и дистанционные (спутниковый мониторинг) методы мониторинга береговой зоны морей.

Комплексный характер исследований и их междисциплинарная природа потребовали тщательной проработки методологических аспектов и интеграции данных из различных источников и областей знаний. В ходе работы были использованы методологические инструменты геоэкологии, морской геоморфологии, геодезии и картографии. В процессе обработки данных были задействованы математические и статистические методы, а также описательные и картографические подходы. Особое внимание уделялось применению геоинформационных систем (ГИС) и методов обработки и дешифрования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), что позволило обеспечить высокую

точность и надежность результатов. При выполнении инструментальных полевых работ использовалось оборудование Центра коллективного пользования Южного Научного Центра РАН «Объединенный центр научно-технологического оборудования ЮНЦ РАН (исследование, разработка, апробация)» и кафедры Океанологии ЮФУ. Состав работ включал исследования геологического, геоморфологического строения берегов, измерения годового отступа береговых откосов на реперной сети методом профильных линий при помощи геодезической мерной ленты, лазерного дальномера, телескопической нивелирной рейкой с Е-шкалой. Кроме того, для получения достоверных данных о морфометрии склонов проводились геодезические съемки для закладки профилей (берега и подводного берегового склона) методом относительных спутниковых измерений при помощи ГНСС-приемника глобальных навигационных спутниковых систем «EFT M4» с полевым контроллером «EFT H3» в режиме Real Time Kinematic (RTK) от сети базовых станций «EFT CORS».

В рамках данного исследования для достижения поставленных целей были использованы данные дистанционного зондирования Земли, охватывающие различные временные периоды и включающие как аналоговые, так и цифровые материалы. В частности, были задействованы изображения, полученные с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Обработка и анализ этих данных проводились с применением современных методов обработки космических снимков и тематического дешифрирования, что позволило обеспечить высокую точность и надежность полученных результатов. Пространственно-временной анализ отступления кромки береговых уступов за 50-летний период, который основан на методике картирования бровки берегового уступа за разные годы и расчета расстояний между ними [148].

В ходе исследования применялись специализированные программные средства и продукты для сбора, анализа, обработки и хранения данных, а также графического представления результатов: геоинформационные пакеты – «ArcGIS v.10.8» и «QGIS v.3.22», цифровая фотограмметрическая система «Agisoft MetaShare», полевое программное обеспечение для сбора данных с геодезических

приемников (ГНСС) – «EFT Field Survey», различные геопорталы для доступа к архивам данных ДЗЗ – ГК «Роскосмос», «Sentinel Hub» «Spot World Heritage (SWH)» «USGS», обработки статистических данных – «Microsoft Excel» и др.).

**Фактический материал и личный вклад автора.** Диссертационное исследование базируется на обширном массиве данных, полученных в ходе полевых и камеральных исследований, проведенных автором. в экспедициях Южного Научного центра РАН и Южного Федерального Университета в период с 2018 по 2024 г., а также использованы результаты обработки фондовых материалов кафедры Океанологии ЮФУ, ЮНЦ РАН, Филиала «Южный региональный центр ГМСН» ФГУГП «Гидроспецгеология», Филиала «Азовморинформцентр» ФГБВУ «Центррегионводхоз», и различных литературных источников.

Личный вклад автора выразился в постановке целей и задач исследования, участии в экспедиционных полевых выездах на территорию исследуемого района, где автор выступал в качестве начальника или участника экспедиционного отряда.

В контексте применения современных информационных технологий автор провел разработку и создание геоинформационной системы и архива данных дистанционного зондирования Земли из космоса. Эта работа включала обработку всех вышеперечисленных данных, их обобщение, анализ и визуализации полученных результатов. Исследование проводилось лично автором или при его непосредственном участии в ходе реализации государственного задания ЮНЦ РАН и ряда научных проектов включая Крупный Научный Проект Минобрнауки РФ.

Полевые работы предусматривали исследования геологического строения берегов, а также автор лично проводил измерения годового отступа береговых откосов на реперной сети, геодезические съемки для закладки профилей методом относительных спутниковых измерений при помощи ГНСС-приемников.

Автором проведены поиск, загрузка, обработка, привязка и дешифрирование различных разновременных данных ДЗЗ на исследуемый регион за период с 1964 г по 2023 г., на основе этих работ собран архив, включающий более 300 космических снимков.

Общий объем исследований представлен в таблице 1:

Таблица 1 — Общий объем исследований, выполненных автором.

№	Виды работ	Количество
1	Замер скоростей абразии на реперной сети	63 точки наблюдений, 3 серии наблюдений
2	Обследование и оценка современного состояния берегозащитных сооружений	10 км.
3	Закладка профилей клифов при помощи ГНСС	Таганрогский залив 40 шт; Азовское море 14
4	Закладка профилей подводного берегового склона при помощи ГНСС	33 шт.
5	Экспедиционные работы при помощи БПЛА	2 съемки по 15 км/ 45 полетов
6	Создание цифровых моделей местности/орфотопланов/3D моделей	4 шт. по 15 км/3 шт./3 шт.
7	Разработка архива данных ДЗЗ (поиск, загрузки и интеграция)	300 шт.
8	Обработка данных ДЗЗ из космоса для береговой зоны Таганрогского залива	30 шт.
9	Разработка тематических слоев ГИС «Берега Азовского моря»	100 шт.
10	Картирование линий кромки клифов для территории Таганрогского залива по обработанным данным ДЗЗ из космоса	8 шт.
11	Расчеты объемов абразии по скоростям абразии, полученным по данным ДЗЗ	Расчеты объемов абразии Три серии расчетов (1971–1975, 1975–1986, 1986–2020)

**Соответствие паспорту специальности.** Диссертационное исследование соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 1.6.21 «Геоэкология»:

9. Динамика, механизмы, факторы и закономерности развития опасных природных, природно-техногенных и техногенных процессов, оценка их активности, опасности и риска проявления. Разработка методов и технологий оперативного обнаружения и прогноза возникновения катастрофических природно-техногенных процессов, последствия их проявления и превентивные

мероприятия по их снижению, инженерная защита территорий, зданий и сооружений;

16. Моделирование геоэкологических процессов и последствий хозяйственной деятельности для природных комплексов и их отдельных компонентов. Современные методы геоэкологического картирования, ГИС-технологии и информационные системы в геоэкологии.

**Степень достоверности и апробация результатов.** По материалам исследования опубликована 19 печатных работ, в том числе 1 в рецензируемых научных журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science, 6 – в журналах из перечня рецензируемых научных изданий ВАК и 12 работ в рецензируемых журналах, тематических сборниках трудов и материалах международных и всероссийских конференций, совещаний.

Исследования по теме диссертационной работы велись в рамках государственного задания ЮНЦ РАН и ряда различных научных проектов российских научных фондов и научно-исследовательских работ ЮНЦ РАН:

1. Грант РФФИ № 18–05–80082 «Закономерности формирования опасных береговых процессов в Азовском море и социально-экономические последствия их проявлений» (2018–2021 гг.) – исполнитель.

2. Грант РГО № 08/2019 «Азовская комплексная экспедиция» (2019 г.) – исполнитель.

3. Грант РНФ № 20–17–00196 «Комплексные исследования аккумулятивных береговых форм Азовского моря для понимания процессов их формирования и трансформации в голоцене» (2020–2022 гг.) – исполнитель.

4. НИР ЮНЦ РАН № 06/23 «Комплексное обследование прибрежной территории береговой линии Таганрогского залива Азовского моря» (2023 г.) – исполнитель.

Результаты работы докладывались и обсуждались на 12 российских и международных конференциях: Всероссийская научная конференция «Моря России: фундаментальные и прикладные исследования» (Севастополь, Россия, 2019); XV Ежегодная научная конференция молодых ученых «Вклад молодых

ученых Южного макрорегиона в реализацию Стратегии развития Российской Федерации: цели, задачи, результаты» (Ростов-на-Дону, Россия, 2019); Молодежная конференция в рамках школы-семинара «Аппроксимационные подходы и анализ геофизических данных» (Сочи, Россия, 2020); «Моря России: исследования береговой и шельфовой зон» (XXVIII Береговая конференция) (Севастополь, Россия, 2020); II Международная научная конференция «Закономерности формирования и воздействия морских и атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов» памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (Ростов-на-Дону, Россия, 2020); XIV Всероссийская конференция «Экология. Экономика. Информатика. Геоинформационные технологии и космический мониторинг» (Абрау-Дюрсо, Россия, 2020); Всероссийская научная конференция XVII Ежегодная молодежная научная конференция «Наука и технологии Юга России» (Ростов-на-Дону, Россия, 2021); IV Международная научная конференция «Развитие водных транспортных магистралей в условиях глобального изменения климата на территории Российской Федерации (Евразии)» памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова (Ростов-на-Дону, Россия, 2022); Международная научная конференция «ИнтерКарто. ИнтерГИС 28. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий» (Майкоп, Россия, 2022); XVI Всероссийская конференция «Экология. Экономика. Информатика. Геоинформационные технологии и космический мониторинг» (Абрау-Дюрсо, Россия, 2023); XXX Всероссийская конференция «Береговая зона морей России в XXI веке» (Москва, Россия, 2024); XVII Всероссийская конференция «Экология. Экономика. Информатика. Геоинформационные технологии и космический мониторинг» (Дюрсо, Россия, 2024).

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы и приложения. Работа изложена на 184 страницах, включает 60 рисунков и 14 таблиц. Список литературы содержит 161 наименование.

**Связь с научными программами.**

В работе использованы материалы, в рамках реализации Крупного научного проекта 13.1902.24.06 «Южный вектор национальной безопасности в условиях геополитических и климатических вызовов» (Соглашение с Минобрнауки России № 075-15-2024-258 от 24.04.2024 г.), Этап 1 - пп.1.4, ПГ и пп. 4.4, ТЗ, Этап 2-п.2.2, и 4.35 ТЗ.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность научному руководителю ЮНЦ РАН, заместителю Президента РАН, академику РАН Г.Г. Матишову и директору ЮНЦ РАН д.г.н. С.В. Бердникову за предоставленную возможность работать над диссертацией, содействие в проведении экспедиций, ценные советы и критику работы. Особую благодарность автор выражает своему научному руководителю, доктору географических наук, профессору Л.А. Беспаловой, за вклад в постановку цели и задач исследования, всестороннюю поддержку на всех этапах работы, терпение и профессионализм, проявленные в процессе научного консультирования. Считаю своим долгом выразить благодарность зав. отделом Аридных Зон, зав. лаб. Информационных технологий и математического моделирования ЮНЦ РАН к.т.н., в.н.с. В.В. Кулыгину и к.г.н., н.с. А.А. Магаевой за поддержку, консультации и плодотворные обсуждения в ходе подготовки диссертации. Кроме того, автор выражает благодарность к.г.н. И.В. Шeverдяеву, к.т.н. О.Е. Архиповой, к.г.н. О.А. Хорошеву, к.г.н. Ю.В. Артюхину, к.г.н. А.В. Клещенкову, к.г.н. А.Е. Цыганковой, которые помогали автору на различных этапах подготовки диссертации.

# ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ МОРСКИХ БЕРЕГОВ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

## 1.1. Состояние изученности берегов Таганрогского залива

На современном этапе представлений о береговой зоне она характеризуется как динамическая экосистема, где проходит граница между морской акваторией и сушей, обладающей сложной морфологией, включающей в себя как надводную, так и подводную части. Надводная часть, или субаэральная зона, включает в себя береговую линию, пляжевую область и часть коренного берега, тогда как подводная часть, или субаквальная зона, охватывает прибрежный склон, подвергающийся воздействию морских процессов [111, 142, 33]. Эта зона характеризуется высокой степенью геологической и гидродинамической активности, обусловленной изменениями в ветровых и волновых режимах, развитием течений различной природы, колебаниями уровня моря, а также биотическими и химическими процессами, включая деятельность растительных и биологических сообществ, а также хемогенные и тектонические процессы.

Современные границы береговой зоны определяются на основе зоны действия наиболее типичных экзогенных геологических процессов (ЭГП) и в первую очередь волнения. На сегодняшний день принято, что верхняя граница этой зоны проводится по линии максимального заплеска прибойного потока. В то время как нижняя граница береговой зоны устанавливается на уровне максимальной глубины, на которую волны воздействуют на дно. В условиях экстремальных ветро-волновых нагрузок, характерных для Азовского моря, динамическое воздействие волнения охватывает всю поверхность дна. В таких случаях, учитывая пространственное распределение гидродинамических процессов, всю акваторию можно классифицировать как прибрежную зону, подверженную воздействию волновых процессов [33, 140].

Говоря о экзогенных геологических процессах в береговой зоне, следует выделить волновую абразию, как наиболее распространенное разрушающее

воздействие на побережье морей и океанов. По различным фактическим данным указным в [5], средняя скорость отступления морских берегов Российской Федерации под воздействием волн составляет 1–2 м/год. В контексте Азовского моря и Таганрогского залива принято считать, что берега здесь поражены комплексом опасных ЭГП, куда входят абразионное и оползневое разрушение берегов, зона проявления этих процессов оценивается в 70–80% от всей длины береговой линии [5, 62, 96].

Под абразией в своей монографии «Основы учения о развитии морских берегов» В. П. Зенкович [47] понимал процесс механического разрушения морем коренных пород, в результате которого формируются два существенных элемента берегового профиля – клиф и бенч. Клиф представляет собой абразионный уступ (надводный обрыв), который вблизи линии уреза граничит со слабонаклоненной поверхностью сточенных морем коренных пород (бенчем), которая в свою очередь очень часто бывает покрыта накоплением наносов (перекрыта пляжем). Автор отмечает, что под термином абразии иногда понимается вся совокупность процессов и явлений отступления морских берегов под действием волн и что это может вызывать путаницу. В связи с этим применительно к берегам Таганрогского залива, согласно В. П. Зенковичу, следует употреблять термин «размыв», т.к. море разрушает берега, сложенные рыхлыми отложениями и процесс качественно отличен от механической абразии коренных пород и аналогом «клифа» в этом случае будет «береговой откос» [47, 83]. Подобная формулировка отмечается и в других работах [111, 83]. Детальный анализ механизма действия волнения и нагонных уровней на береговые клифы, которые состоят из рыхлых пород (несцементированных осадочных пород, таких как лессовидные глины и суглинки), а также прочных рифовых известняков исследовал Ю.В. Артюхин [7]. Было предложено именовать процесс разрушения рыхлых берегов «делюзией» (от сочетания лат. слов «*denudation*» – обнажение, «*luisis*» – смыв), с целью разделения понятий и процессов, но термин так и не был введен в научный оборот. Кроме того, Ю.В. Артюхин, благодаря регрессионному анализу данных на участках побережья Азовского моря установил, что процесс «делюзии» распределяется по акватории

неравномерно, а также что скорости «делюзии» имеют линейную зависимость от ширины пляжа. Стоит отметить, что в настоящей работе, автор будет применять ряд устоявшихся терминов касаясь разрушения морских берегов.

На сегодняшний день установлено, что процессы развития береговой зоны как Азовского моря в целом, так и Таганрогского залива в частности, обусловлены как правило сочетанием природных и антропогенных факторов. Геологические и гидрометеорологические условия определили большую интенсивность процессов размыва, свойственную всем типам азовских берегов [20, 17]. Геологические факторы и динамика подземных вод определяют образование оползневых процессов. Развитие аккумулятивных форм, в значительной мере связано с продуктивностью биоценозов бентоса, вдольбереговыми течениями и стонно-нагонными явлениями [140].

Наблюдается интенсификация и преобладание процессов размыва берегов и локальная аккумуляция наносов. При этом высокой скорости отступления берега при относительно слабом волновом воздействии способствуют активные обвальное-оползневые процессы, нагонные колебания уровня, геологическое строения и антропогенная нагрузка [16-]. Вместе с тем отмечается, что значительная часть прибрежной территории находится в стадии экологического неблагополучия. Уничтожается среда обитания и воспроизводства морской биоты [152].

Учитывая вышесказанное, все эти процессы требуют качественного и количественного анализа, а также современной системы мониторинга.

Важно отметить, что инструментальный мониторинг проводится уже более 60 лет, первые рекогносцировочные исследования на берегах Азовского моря начались в послевоенные годы (1947–1949 гг.). Первые же количественные сведения о динамике берегов были получены в конце 50-х начале 60-х годов, для северного берега Азовского моря А. А. Аксеновым [2, 3]. По данным автора темпы размыва берегов северного Приазовья составили в среднем 0,3–0,9 м/год, максимальные же значения колеблются в пределах 1,3–3,2 м/год [2, 3]. В это же время в 1952 г. в Ростовском государственном университете началось изучение геологии Азовского моря, с приходом на кафедру физической географии проф.

Дмитрия Геннадьевича Панова. Работа велась в трех направлениях: 1) геология и геоморфология берегов и дна моря; 2) условия и характер современного осадконакопления и 3) стратиграфия и палеогеография Азовского моря в голоцене. Д. Г. Панов опубликовал по первому направлению две монографии — «Происхождение материков и океанов» [119] и «Морфология дна Мирового океана» [118]. Обе работы переизданы в ряде зарубежных стран. С 1959 г. совместно с Д. Г. Пановым изучением осадков Азовского моря стали заниматься А. Н. Александров, А. П. Резников, Ю. П. Хрусталеv и др. [127]. В 1955–1958 гг. с целью изучения морфологии и основных закономерностей развития береговой зоны Азовского моря, по инициативе Д. Г. Панова, В.А. Мамыкиной проведены работы на северо-восточном побережье между Глафировской (Найденной) косой и Ахтарским лиманом. Эти работы ознаменовали начало систематического наблюдения динамики морских берегов Азовского моря [83, 20, 139]. Южный берег Азовского моря, в том числе и коса Чушка, был изучен такими исследователями, как В. Л. Болдырев, Е. Н. Невесский, Н. А. Айбулатов, Н. М. Губкин, Ю. Д. Шуйский, а также рядом других специалистов [139].

В 1958 году Всеволод Павлович Зенкович опубликовал фундаментальную региональную монографию «Берега Чёрного и Азовского морей» [45], которая подвела итоги первых исследований береговой зоны этих морей. Несмотря на научно-популярный характер работы, она стала значимым вкладом в формирование основ береговой геоморфологии. В 1962 году В.П. Зенкович представил монографию «Основы учения о морских берегах» [47], которая заложила теоретическую базу для дальнейших исследований в области динамики и эволюции морских побережий. В основу издания были положены накопленные к концу 1950-х годов собственные данные автора по внутренним, ряду северных и дальневосточных морей СССР, а также обобщенный опыт предшествующих исследований П.К. Божича, Н.Н. Джунковского, Б.Ф. Добрынина и многих других пионеров береговой науки России [88]. Все это позволило, отразить в книге основные представления о гидродинамике прибрежной зоны, надводных и подводных формах рельефа, типах берегов и их эволюции при колебании уровня

морей и др. В контексте берегов Азовского моря в книге характеризуются аккумулятивные и абразионные типы и условия их развития под влиянием, как природных факторов, так и факторов «неволевой природы», закрепляются основные понятия, такие как «абразия», «размыв», «клиф», «косы Азовского типа» и многие другие, на примере участка берега Сивашей вместе северной частью Арабатской стрелки и восточного берега Азовского моря описываются отмельные ингрессионные берега бухтового типа [47].

Среди ведущих ученых, исследующих берега Азовского моря, также следует выделить В.А. Мамыкину. В своих работах с соавторами [10; 80–83], она освещает широкий спектр вопросов, связанных с развитием азовских берегов, их классификацией, современными (на тот период) экзогенными геологическими процессами и мерами по берегозащите. В 1970-е гг. под руководством В.А. Мамыкиной на кафедре физической географии Ростовского государственного университета (ныне Южный федеральный университет) была инициирована и реализована комплексная программа мониторинга прибрежных процессов Азовского моря. В рамках этой программы была создана сеть стационарных реперов, охватывающая всю протяженность морского побережья. Основные результаты этих исследований были изложены в монографии, написанной в соавторстве с Ю. П. Хрустальевым, под названием "Береговая зона Азовского моря" [83]. Эти исследования были продолжены Ю. В. Артюхиным, сначала в РГУ, а затем в МГП «Азовберегозащита» и далее «Краснодарберегозащита». Исследования, представленные в работах [7-10], охватывают комплексный анализ текущего состояния и динамики прибрежных экосистем, а также их элементов. В монографии [7] детально рассмотрены ключевые аспекты антропогенного воздействия на прибрежные зоны и вызванные этим трансформации экосистем. Особое внимание уделено описанию механизмов перестройки прибрежных экосистем под влиянием человеческой деятельности, а также обосновываются меры по защите берегов юго-восточной части Азовского моря. Совместно с Н. А. Айбулатовым (учеником В. П. Зенковича) была издана монография по геоэкологии

шельфа и морских берегов, где впервые дано определение и поставлены задачи при рассмотрении их, как ландшафтной системы входящей в зону ноосферы.

В период с конца 1980 по конец 90-х годов мониторинговые исследования в прибрежной зоне Азовского моря, проводимые Ростовским государственным университетом, были приостановлены. И были возрождены лишь в 2002 году с созданием Южного научного центра Российской академии наук (РАН) [17]. В настоящее время эти изыскания систематически осуществляются под руководством и при активном участии учеников В.А. Мамыкиной и Ю.П. Хрусталева, сотрудников кафедры океанологии Южного федерального университета (ЮФУ): д.г.н., проф. Беспаловой Л.А. и д.г.н, проф. Ивлиевой О.В. совместно с Южным Научным Центром РАН на восстановленной в 2002-2005 гг. реперной сети [103, 49] и более чем 50-ти ключевых участках побережья Азовского моря. В переделах же береговой зоны Таганрогского залива сформировано 26 ключевых участков наблюдений (в соответствии с рисунком 1.1). В частности, эта сеть, дополненная новыми стационарными реперами, и в настоящее время позволяет отслеживать интенсивность размыва берегов (в соответствии с рисунком 1.2).

На современном этапе большой вклад в изучение Азовского моря, различных процессов, происходящих здесь, в том числе изучение развития морских берегов внес Академик РАН Г.Г. Матишов. Под его руководством и непосредственном участии, было издано много книг и научных статей, организованы сотни экспедиций, в большинстве которых Г.Г. Матишов лично принимал участие. В период с 2006 по 2024 гг. в своих трудах Академик Г.Г. Матишов: рассмотрел геоморфологические особенности шельфа Азовского моря [89; 91-92] и дал характеристику генезиса новых подводных форм рельефа. В этих работах было предложено обширную, пологоволнистую равнину, в центральной части шельфа Азовского моря именовать «подводной равниной Панова», в честь Д.Г. Панова; совместно с членом-корреспондентом РАН Д.Г. Матишовым и другими авторами был опубликован ряд работ, касающихся новых принципов представлений о циркуляции вод Азовского моря, сейшевых колебаний уровня, темпов размыва

берегов, а также проблем берегозащиты и эколого-географического анализа побережья [93-99]. Кроме того, под руководством и при непосредственном участии Академика Г. Г. Матишова в период с 2013 по 2024 гг., в ЮНЦ РАН выполнены комплексные экспедиционные исследования по изучению позднечетвертичной истории и палеоландшафтов Азовского моря. На основе анализа разрезов скважин, пробуренных на аккумулятивных формах (косах) Таганрогского залива и колонок донных отложений, поднятых из акватории, были представлены новые данные по геоморфологии, стратиграфии, археологии и биостратиграфии донных осадков и их абсолютные датировки [84-87; 100–101].

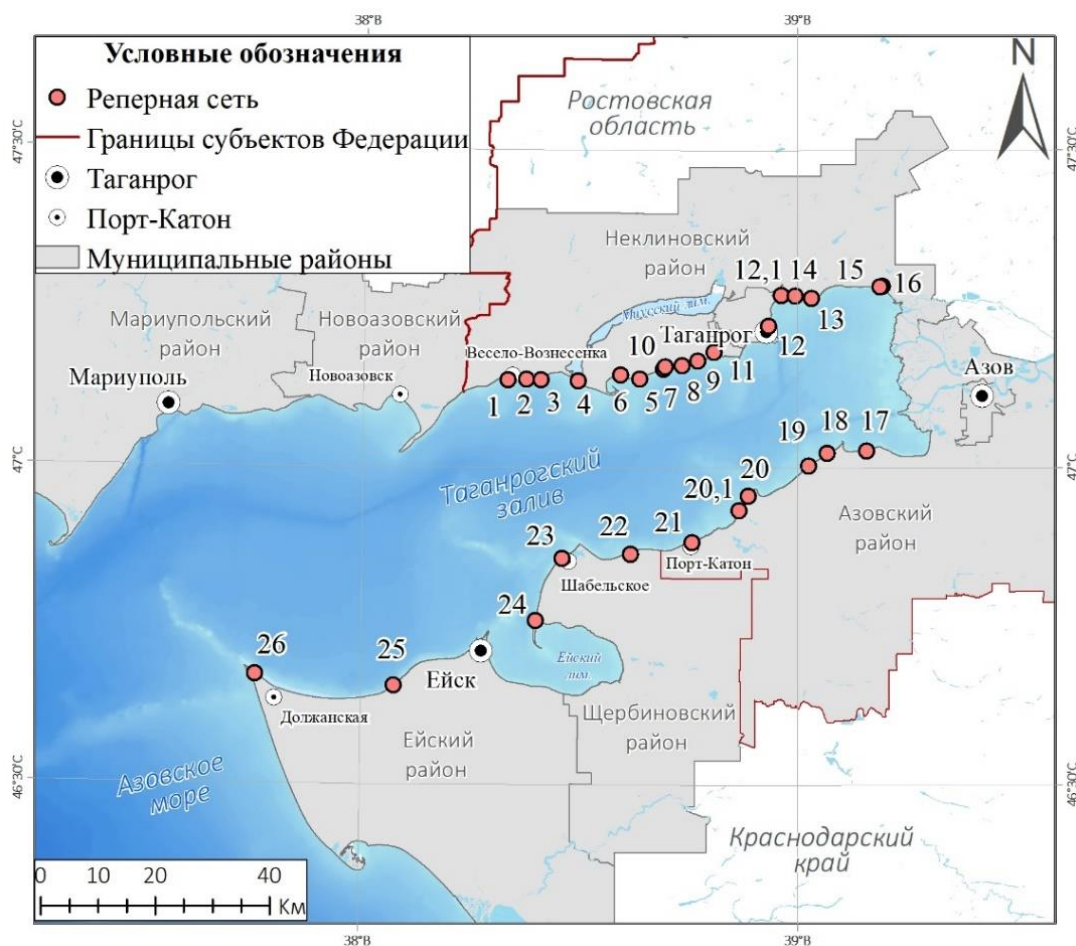


Рисунок 1.1 — Реперная сеть Южного федерального университета для наблюдений проявления опасных экзогенных геологических процессов (составлено автором)

В 2019 году авторским коллективом под руководством академика Г.Г. Матишова была опубликована монография «Палеогеография Приазовья в

голоцене», представляющая собой комплексное исследование палеогеографических процессов в данном регионе за последние десять тысяч лет. В работе детально рассмотрены результаты исследований геоморфологических особенностей Азовского моря, а также данные литофациального и микропалеонтологического анализа донных отложений и погребенных почв из ряда значимых археологических памятников региона.

Особое внимание уделено динамике развития бассейна Азовского моря, эволюции почв степной зоны, трансформации дельты реки Дон, а также изменениям в животном и растительном мире на протяжении голоцена. Монография является важным вкладом в понимание палеогеографических процессов и их влияния на формирование ландшафтов и экосистем Приазовья [101].

Продолжая тему накопленных знаний о исследовании берегов Таганрогского залива стоит отметить изданную в 2012 году монографию [62] авторского коллектива (Косолапов А.В., Дандара Н.Т., Беспалова Л.А., и др.), которая посвящена оценке экзогенных геологических процессов в береговой зоне Таганрогского залива – дана подробная характеристика побережья в пределах Ростовской области, описан масштаб, интенсивность и направленность процессов, а также основные факторы природного и антропогенного характера.

В 2015 году авторский коллектив (Г.Г. Матишов, С. В. Бердников, Л.А. Беспалова, О.В. Ивлиева, А.В. Цыганкова и др.) издал монографию «Современные экзогенные-геологические процессы в береговой зоне Азовского моря» [94], которая содержала на тот момент новейшие сведения о состоянии и освоенности побережья Азовского моря. На основе данных, полученных как традиционными инструментальными методами, так и с применением ГИС-технологий и данных ДЗЗ среднего разрешения было выполнено районирование территории по уровню антропогенного воздействия. Выявлены факторы, лимитирующие хозяйственное освоение уникальных береговых ландшафтов и изучены опасные экзогенные процессы приазовского региона.

В рамках современных исследований при участии автора, в период с 2019 по 2022 гг., научным коллективом из ЮНЦ РАН и ЮФУ проведены комплексные полевые исследования направленные на понимание роли современных природных и антропогенных факторов в формировании опасных экзогенных геологических процессов в береговой зоне Азовского моря. В результате опубликована монография «Опасные абразионные и оползневые процесса в береговой зоне Азовского моря и социально-экономические последствия их проявлений» (авт. колл.: С. В. Бердников, Л.А. Беспалова, А.Д. Хаванский и др., 2022) [17].

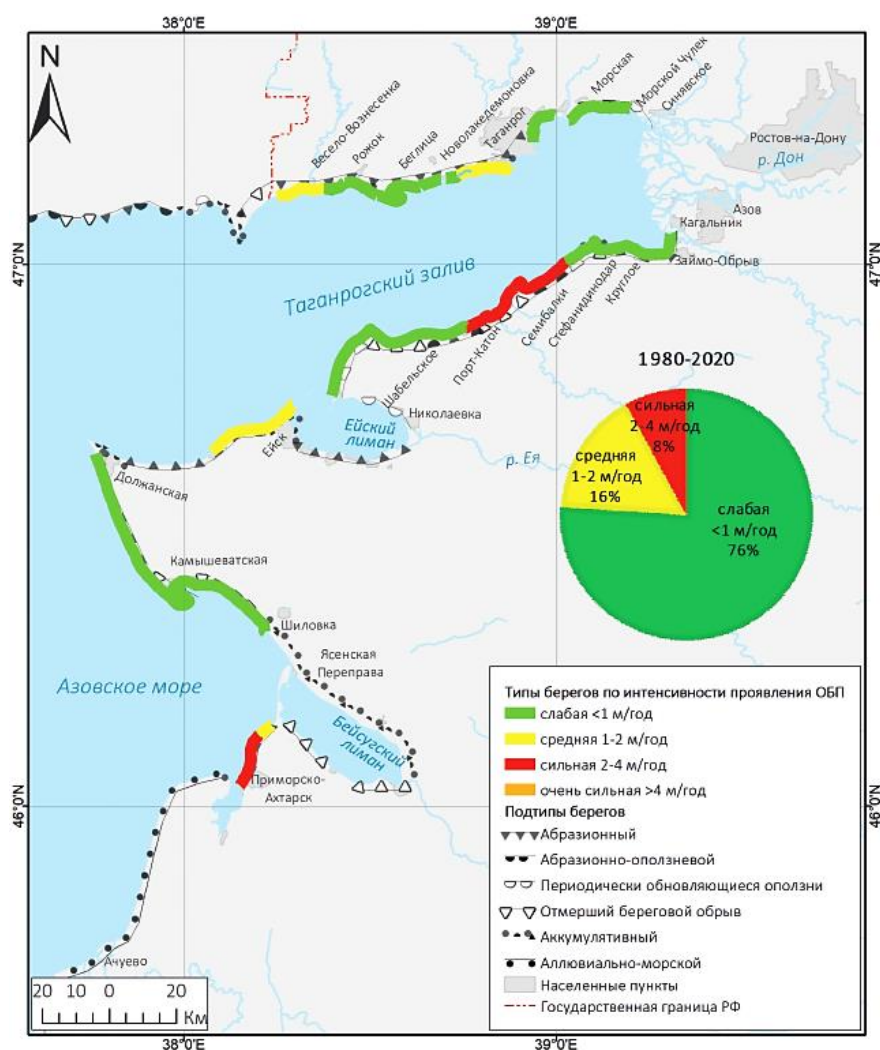


Рисунок 1.2 — Районирование берегов Азовского моря по интенсивности проявления ОБП по среднесулетним данным за период 1980–2020 гг. [136]

В 2023 году вышла в свет монография «Берега Азовского моря: 100 лет наблюдений» (авт. колл.: Л.А. Беспалова, О.В. Ивлиева, А.В. Цыганкова) [20],

которая содержит обобщенные результаты многолетних исследований берегов. В этой работе рассмотрена история изучения берегов, выполнен анализ факторов развития, дано системное описание абразионных и аккумулятивных берегов, проведен критический анализ современного состояния существующих берегозащитных сооружений, а также предложены современные подходы к защите берегов.

Подводя итог состояния изученности берегов Таганрогского залива, стоит отметить, что в большинстве приведенных выше исследований применяется инструментальный метод мониторинга динамики берегов на реперной сети, который позволяет с высокой точностью определить темпы размыва берегов и провести оценку изменений в численном выражении. Но такой подход не лишен недостатков, главным из которых является точечный характер наблюдений, который не отражает изменений бровки клифа на всем протяжении береговой зоны. Вместе с тем протяженность зоны мониторинга в пределах берегов Азовского моря составляет более 1000 км [17], а применительно к Таганрогскому заливу более 300 км. Исходя из этого значительные участки берега между опорными точками и различные труднодоступные участки не всегда могут быть полностью охвачены процессом мониторинга. Одним из возможных способов решения этих проблем является применение данных дистанционного зондирования Земли из космоса (среднего, высокого и сверхвысокого разрешения) и геоинформационных систем.

## **1.2. Физико-географические и социально-экономические условия региона**

Таганрогский залив находится в северо-восточной части Азовского моря, он отделён на южном побережье косой Долгой, а на северном Белосарайской (в соответствии с рисунком 1.3). Длина залива составляет около 140 км, ширина у входа 31 км. Таганрогский залив мелководнее, чем Азовское море и имеет очень ровный рельеф дна. Его средняя глубина составляет 4,9 м, объём — 25 км<sup>3</sup>. Площадь Таганрогского залива — 5600 км<sup>2</sup>. Ширина его возрастает с востока на запад: наибольшее значение (около 52 км) она имеет по меридиану западнее косы

Безымянной, наименьшую - (около 26 км) - между косами Петрушиной и Чумбурской [62].

Северная часть региона исследования относительно приподнята и отличается более расчлененным рельефом, с заметным повышением к северу. В южной части побережья преобладает более пологий, слаборасчлененный рельеф с относительно небольшими отметками высот до 50 м. В нижнем течении Дон образует широкую дельту с множеством рукавов и ериков, она представляет собой плоскую аллювиальную равнину с немногочисленными озёрами, обвалованными нерестилищами, лугами, обширными плавнями, заросшими тростником, рогозом, чаканом. Эта территория вместе с Донским взморьем включена в список наиболее важных водно-болотных угодий Северо-Кавказского региона России, соответствующих критериям Рамсарской конвенции [62, 27, 94].

Гидрографическая сеть распределяется согласно общей конфигурацией рельефа. Основной водной артерией выступает река Дон, которая, как и Таганрогский залив, следуя субширотной ориентации, делят регион на северную и южную части. В Таганрогский залив, помимо полноводной реки Дон, впадают несколько небольших рек, которые играют роль в расчленении этой местности. К ним относятся реки: Миус, Кальмиус, Самбек, Сухой Еланчик, Мокрый Еланчик, Грузский Еланчик, Кагальник, Ея и Мокрая-Чумбурка.

Реки Миус и Ея образуют в прибрежной зоне мелководные водоемы (Мусский и Ейский лиманы), имеющие ограниченную связь с морем. Для Азовского моря в целом характерно распространение лиманов и лагун, по данным [137] их общая площадь приблизительно составляет 4200 км<sup>2</sup>, а глубина редко превышает 2 м. Основная часть сосредоточена в районе дельты р. Кубань.

Глубины Таганрогского залива небольшие и увеличиваются от устья р. Дон (1–3 м) по направлению к открытой части моря до 8–9 м, а по мере удаления от берега достигают в центральной части 5-6 м. Примерно 75% площади составляют глубины менее 3 м.

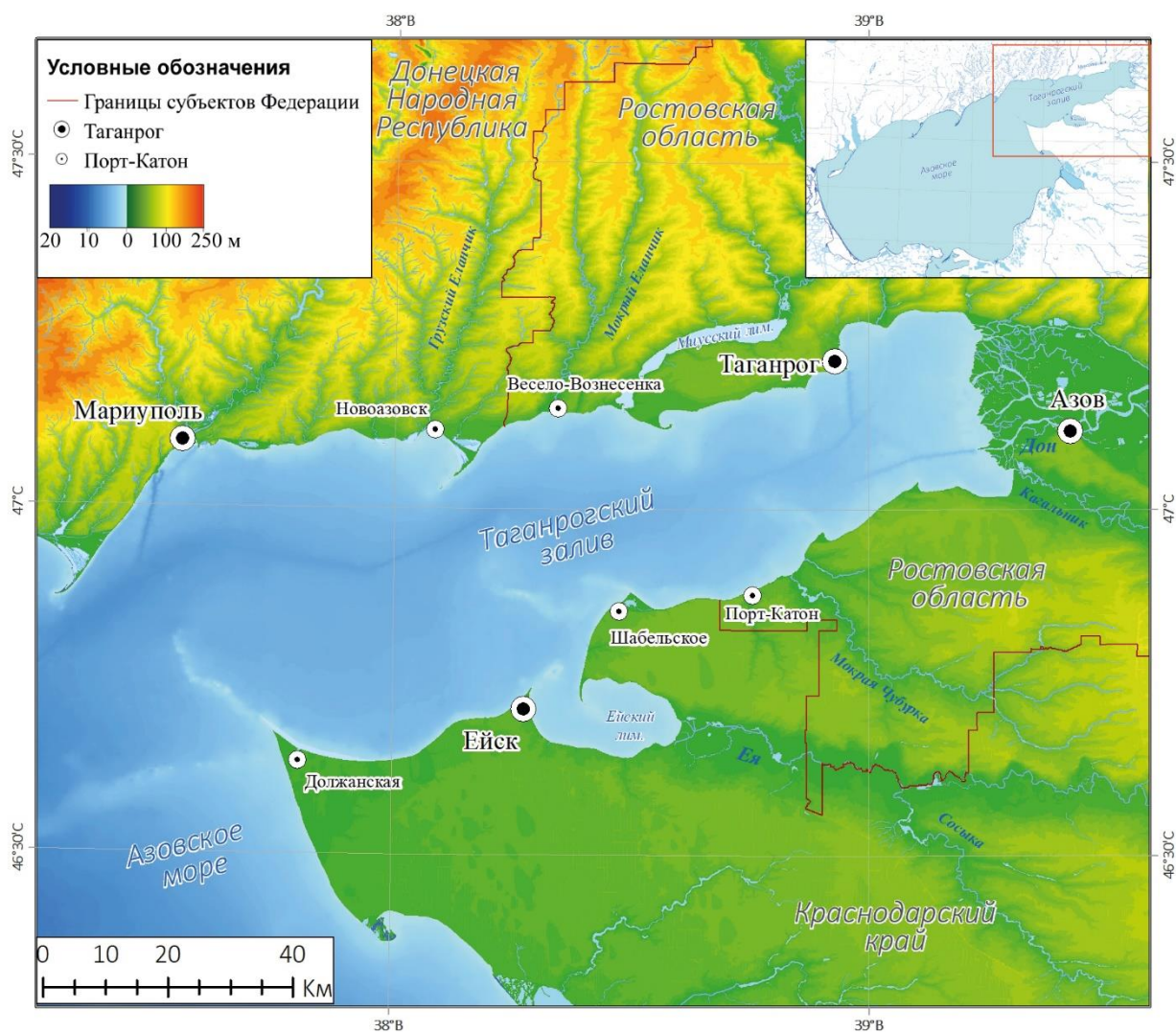


Рисунок 1.3. — Физико-географическое положение исследуемой территории (составлено автором на основе ЦМР Copernicus DEM<sup>1</sup> и батиметрии Азовского моря [91])

В прибрежной зоне располагаются шесть муниципальных районов: Неклиновский район Ростовской области; Азовский район Ростовской области, Щербининский район Краснодарского края и Ейский район Краснодарского края и два района Донецкой Народной Республики – Мариупольский и Новоазовский (в соответствии с рисунком 1.4).

Основную роль в хозяйственном комплексе прибрежных территорий играют агропромышленное производство, промышленность строительных материалов и

<sup>1</sup> Copernicus DEM – Global and European Digital Elevation Model (COP-DEM). – URL: <https://spacedata.copernicus.eu/collections/copernicus-digital-elevation-model>

деятельность портовых предприятий, что закономерно обусловлено историческими, природно-ресурсными и агроклиматическими факторами. Наряду с этим, в прибрежной зоне развивается рекреационно-курортный комплекс, основу которого составляют города Ейск и Таганрог, а также ст. Должанская, х. Красный Десант, х. Петрушино и т. д. Здесь расположено большое количество гостиниц, отелей, гостевых домов, детских оздоровительных центров и другая сопутствующая инфраструктура.

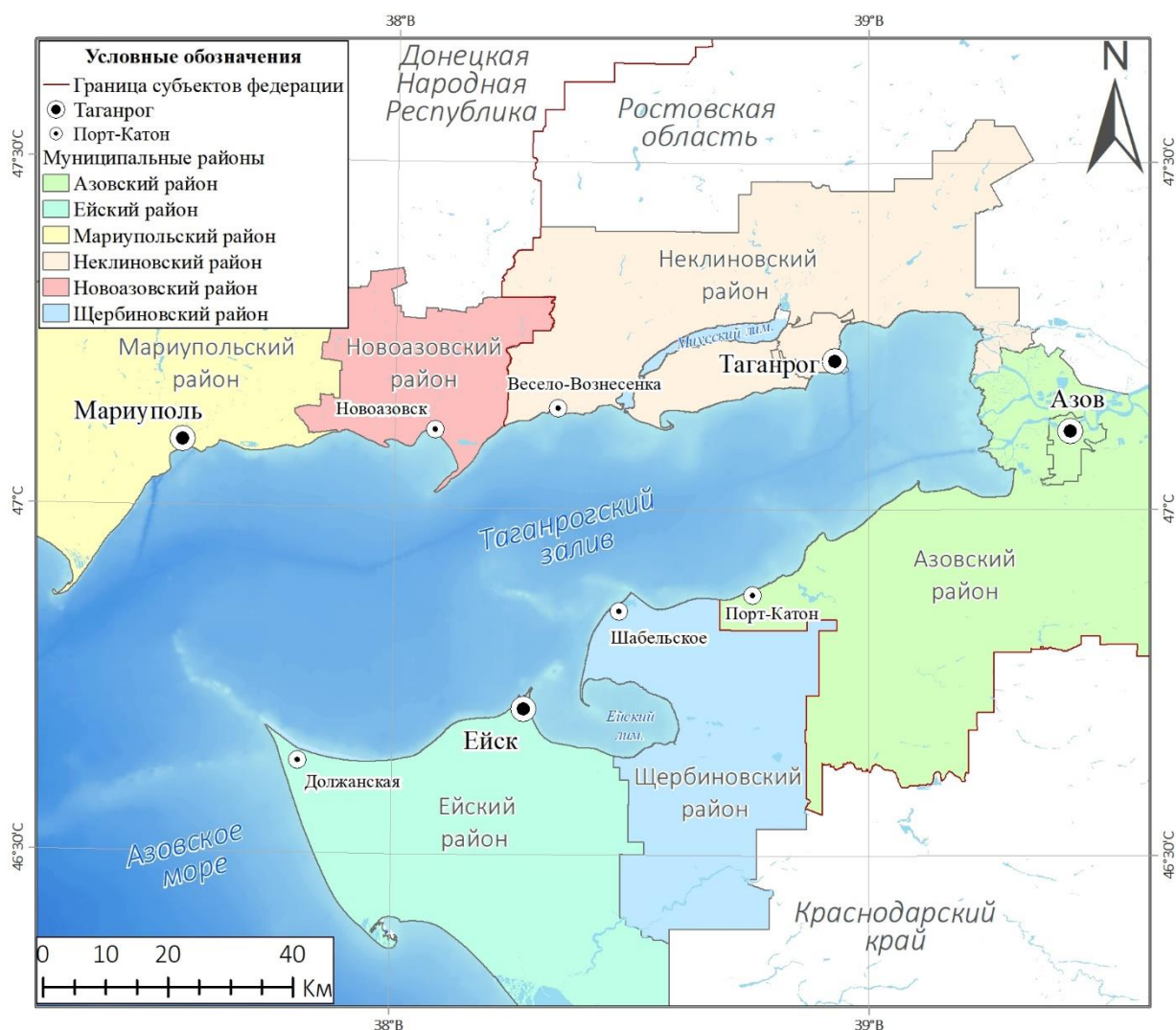


Рисунок 1.4. — Административно-территориальное деление побережья Таганрогского залива (составлено автором)

Наибольшей дифференциацией экономики закономерно располагают крупные прибрежные города, которые являются центрами Неклиновского и Ейского районов. Город Таганрог имеет полифункциональную структуру экономики с достаточно высоким уровнем развития всех основных отраслей

хозяйства и представлен: обрабатывающим производством, предприятиями по изготовлению машин и оборудования, судов, летательных и космических аппаратов, теле-радио аппаратуры, предприятиями металлургии, целлюлозно-бумажной и мебельной промышленностью, производством резиновых и пластмассовых изделий, а также пищевой промышленностью [62, 17].

Экономический потенциал муниципальных образований Краснодарского края, расположенных в пределах береговой зоны Таганрогского залива, традиционно формируется за счет аграрного сектора. Этот сектор включает в себя широкий спектр деятельности: от производства продукции растениеводства до животноводства и перерабатывающей промышленности. Здесь функционируют предприятия пищевой промышленности (мукомольные, молочные, хлебопекарные заводы), сельскохозяйственные предприятия, птицефермы, крестьянско-фермерские хозяйства, элеватор, рыбные промыслы; ведется производство стеновых стройматериалов и кирпича. В Щербиновском районе работает 92 предприятия, 10 % из которых размещены в прибрежных поселениях (Глафиоровском и Шабельском). Кроме того, в период с 2010 по 2018 год в районе реализован проект по созданию на границе Краснодарского края и Ростовской области одной из четырех федеральных игорных зон «Азов-Сити». На территории района имеются залежи природных строительных материалов в виде глины, песка и ракушечника [17].

Ейский район, являясь одним из крупнейших аграрных кластеров Краснодарского края, демонстрирует высокую степень диверсификации сельскохозяйственного производства. В его агропромышленном комплексе особое внимание уделяется возделыванию зерновых и зернобобовых, бахчевых культур, подсолнечника, а также культивированию плодовых культур. Регион также обладает значительным потенциалом по добыче рыбы. Кроме того, в Ейском районе эффективно функционируют животноводческие предприятия, ориентированные на производство мяса и молока, что позволяет обеспечивать внутренние потребности региона. В экономике района важное значение имеет

агропромышленный комплекс, действуют комбикормовый завод, сельскохозяйственные предприятия, крестьянско-фермерские хозяйства, элеватор.

Промышленный комплекс города Ейска характеризуется широким спектром отраслей, включающих машиностроение, в частности судостроение и судоремонт, металлообработку, а также отрасль строительных материалов, представленную кирпичным заводом. Кроме того, в городе развита электроэнергетика, пищевая и легкая промышленность, что свидетельствует о диверсифицированной структуре промышленного сектора.

### **1.3. Геологическое и тектоническое строение берегов Таганрогского залива**

Согласно данным [79, 112], Таганрогский залив находится в пределах краевой зоны Восточно-Европейской платформы, где допалеозойский складчатый фундамент характеризуется значительной глубиной залегания кровли, варьирующейся от 400 до 1200 метров.

В качестве структурного элемента первого порядка выделяется южный склон Украинского щита, осложнённый значительными по амплитуде (до сотен метров) дизъюнктивными нарушениями субширотного и субмеридианального простирания. Таганрогская, Миусско-Натальевская, Мокроеланчиковская, Кальмиусская и Белосарайская зоны субмеридианальных разломов образуют блоковую структуру побережья. Приподнятая часть фундамента тяготеет к Ростовскому своду, находящемуся восточнее г. Таганрога (в соответствии с рисунком 1.5).

Западнее простирается Приазовский массив. Тектонические условия способствовали и относительная приподнятость северного берега, особенно в восточной части, обуславливает обнажение в основании клиффов отложения нижне- и среднесарматского, меотического, понтического и хапровского возраста, а также скифские глинистые формации, перекрытые мощными толщами четвертичных лёссовидных суглинков.

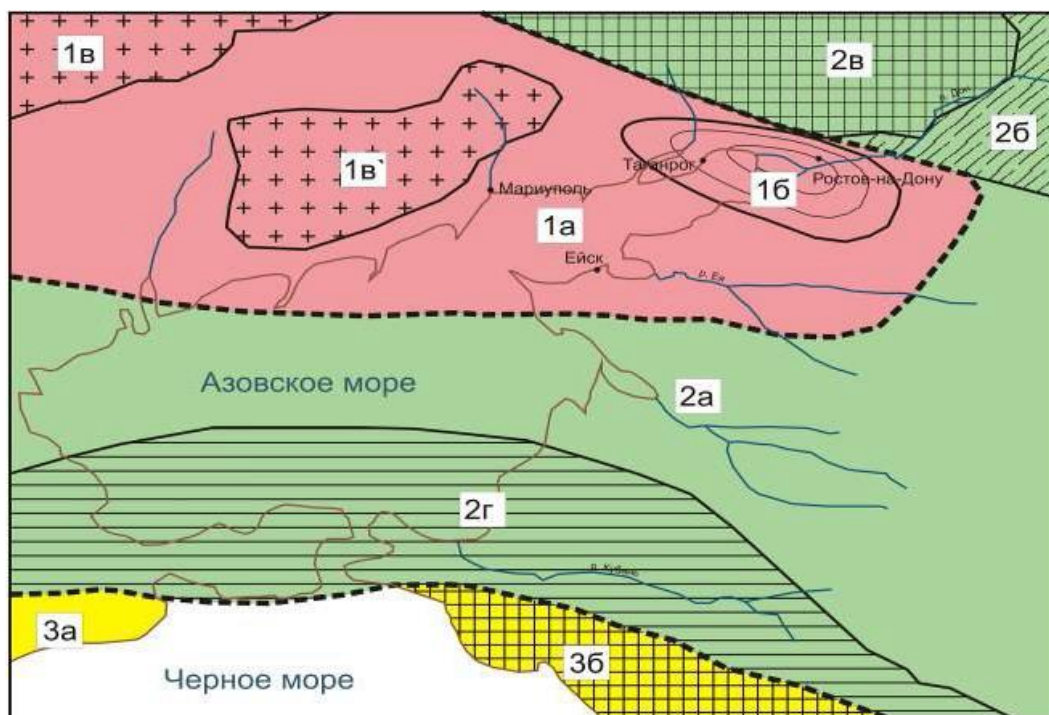


Рисунок 1.5. — Схема тектонического строения Приазовья [43]: 1 – Восточно-Европейская (докембрийская) платформа: 1а – области с погруженным фундаментом, 1б – Ростовский свод, 1в – Украинский щит (1в, - Приазовский крист. Масс. Украинского щита); 2 – Скифская (эпигерцинская) платформа

Абразионные процессы, формирующие пляжи и подводный склон, также включают размыв песчано-глинистых отложений древнеэвксинской морской террасы, которая фрагментарно прослеживается от села Бессергеновка до устья Миусского лимана и отдельными участками западнее. Мощность песчаных пластов варьируется от 1–2 метров в районе села Весёло-Вознесенка до 6–8 метров в селе Мержаново [48].

Северо-восточная часть южного побережья Таганрогского залива также тяготеет к Ростовскому своду, испытавшему интенсивные поднятия в неоген-четвертичное время. Существенное влияние на осадконакопление оказали дифференцированные блоковые голоценовые движения дна Таганрогского залива.

Северный берег Таганрогского залива, протяженностью около 150 км от с. Морской Чулек до дистали косы Белосарайской, расположен в пределах окраинной зоны Русской платформы. Восточнее г. Таганрога, где район приурочен к Ростовскому своду, кровля кристаллического фундамента погружена на 0,4–0,6 км.

Западнее г. Таганрога – к Приазовскому массиву южного склона Украинского щита, погруженного здесь на глубину 0,5–0,7 км [79].

Выходы пород в обрывах (в соответствии с рисунком 1.6.) характеризуются наличием в верхней части разреза лёссовидных суглинков светло-желтых, к западу – темно-желтых, желто-бурых, темно-бурых и коричневатых пористых полутвердых с натекми гипса, «белоглазкой» и 2–3 погребенными почвенно-растительными горизонтами. Мощность суглинков составляет в среднем 13–14 м.

Ниже суглинков залегают скифские глины бурые и пестроцветные, твердые, комковатой текстуры с конкрециями карбоната кальция и бобовинами марганца. Средняя мощность глин – 6 м, максимальная – 8 м на участке в районе д/о «Морская». Выклиниваются глины между с. Приморка и косой Петрушина, замещаясь песчано-глинистыми отложениями древнеэвксинской террасы мощностью до 4 м.

Третий горизонт представлен хапровскими песками пестроцветными, серого и белого оттенков, косо- и горизонтально-слоистыми, кварцевыми, средне- и мелкозернистыми, иногда с прослоями серных глин, слабовлажными, плотными, средней мощностью 6,5 м.

На участке между селами Морской Чулек и Приморка наличие увлажненного зеркала скольжения глин среднего и нижнего сармата, подстилающих известняки мэотиса и сармата, а также постоянной абразионной деятельности предопределило наличие непрерывной полосы оползней.

Южный берег Таганрогского залива, протяженностью около 150 км, расположен в зоне погружения Русской платформы (в соответствии с рисунком 1.7), кристаллический фундамент, который залегает на глубине от 1 км на восток-северо-востоке до 2 км- на запад-юго-западе. Юго-западный участок побережья находится в пределах Ейского прогиба Скифской эпигерцинской плиты, где кровля кристаллического фундамента погружена до отметок 2–3 км. Прогиб выполнен меловыми отложениями. Из положительных структур здесь выявлены Воронцовская и Должанская.

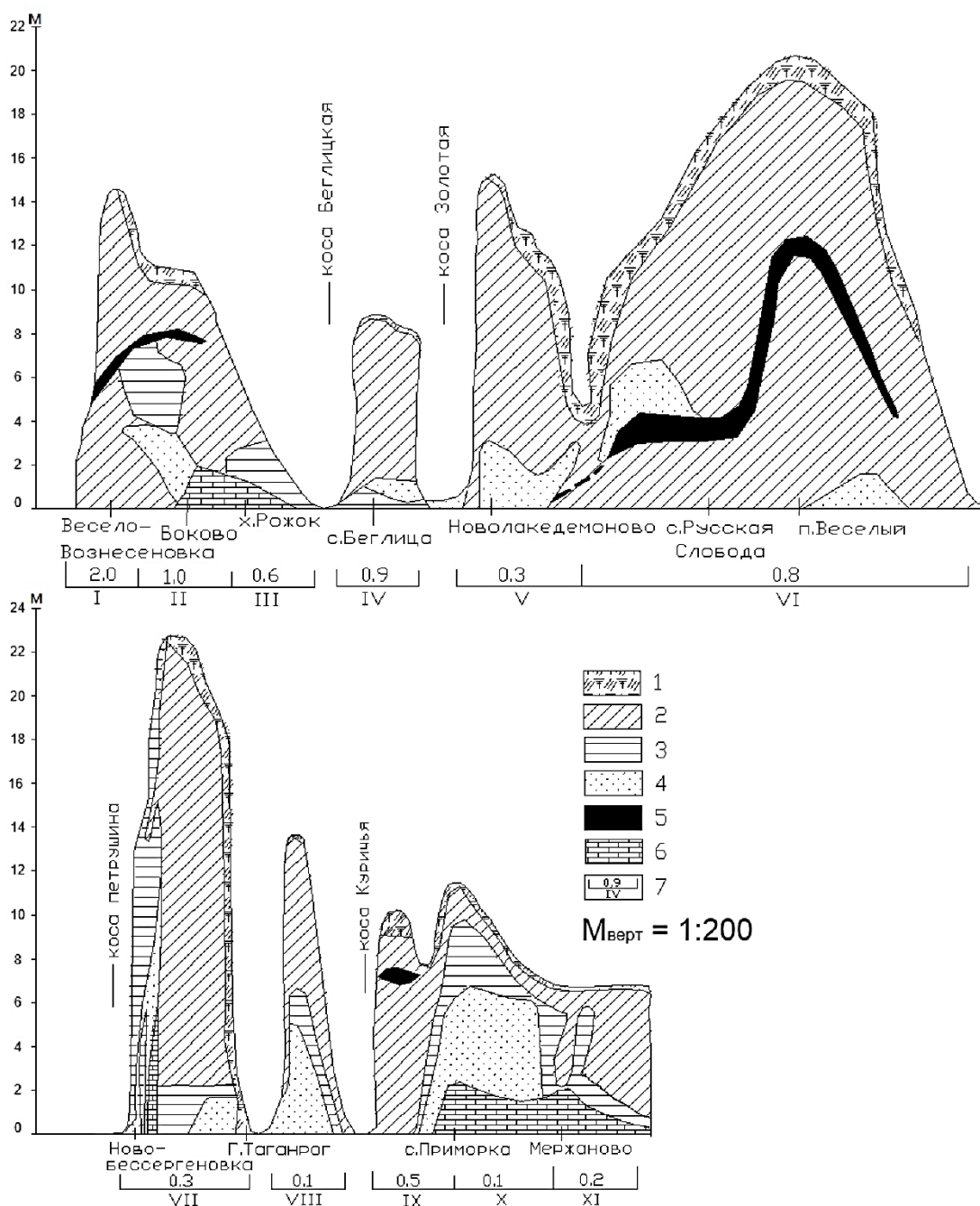


Рисунок 1.6. — Геологическое строение абразионных участков северного берега Таганрогского залива [49]: 1 - современная почва; 2 – суглинки; 3 – глина; 4 – песок; 5 - погребённая почва; 6 – известняк; 7 - участки с границами (арабские цифры - темпы отступления берегов, м/год)

Ейский прогиб, наряду с Ростовским сводом испытал в неоген-четвертичное время наибольшее поднятие. В голоцене прибрежная зона моря погружалась со скоростью 2–3 мм/год и в настоящее время вертикальные движения характеризуются опусканием со скоростью до -0,7 мм/год в районе г. Ейска.

Общая приподнятость Таганрогского залива способствовала широкому распространению в береговых обрывах пород неогенового возраста (в соответствии с рисунком 1.7). На южном побережье Таганрогского залива они представлены песчано-глинистыми отложениями «тананские пески» [48], перекрытыми скифскими глинами и четвертичными суглинками. По данным государственного мониторинга ФГУП «Гидроспецгеология» [26] это определило интенсивное развитие абразионно-оползневых процессов в прибрежных зоне, охватывающей территории от села Круглое до косы Павло-Очаковская и от села Семибалки до косы Чумбурская, а также села Порт-Катон до пос. Щабельское. Абразионно-обвальный тип берега развит на участках сел Водяная Балка — Глафировка, г. Ейск — ст. Должанская.

В береговых обрывах (в соответствии с рисунком 1.7) в верхней части разреза под почвенно-растительным горизонтом ( $M=0,8-2,0$  м) обнажаются пестроцветные суглинки палево-бурых тонов, микропористые, твердые, с включениями «белоглазки» и натоками известковистых конкреций. Их мощность уменьшается с востока от 10 м в районе с. Глафировка. В Ейском лимане (с. Николаевка) мощность суглинков достигает 14,5 м, уменьшаясь к западу до 3,0 м у ст. Должанской. В большинстве обнажений выделяется до двух погребенных почвенно-растительных горизонтов.

Непосредственно под суглинками залегают «скифские» глины коричневатобурые, зеленоватосерые с бобовинами железа и марганца, тугопластичные. Мощность глин уменьшается от 2,0 м в районе сел Круглое-Семибалки до полного исчезновения под уровнем моря в Ейском лимане. Далее к западу глины встречаются за г. Ейском видимой мощностью 1,6 м. На участке побережья Таганрогского залива, в интервале между селами Круглое и Семибалки, на поверхность выходят танаисские глины коричневатобурого цвета, обладающие тугопластичной консистенцией и мощностью около одного метра. Эти отложения характеризуются высокой плотностью и низкой проницаемостью, что свидетельствует о их длительном процессе формирования в условиях стабильной геоморфологической обстановки.

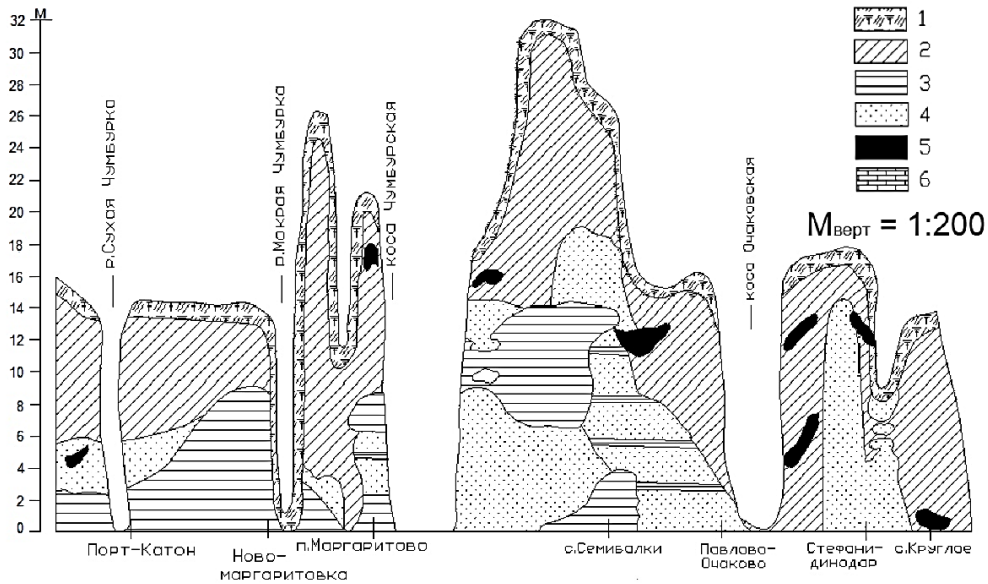
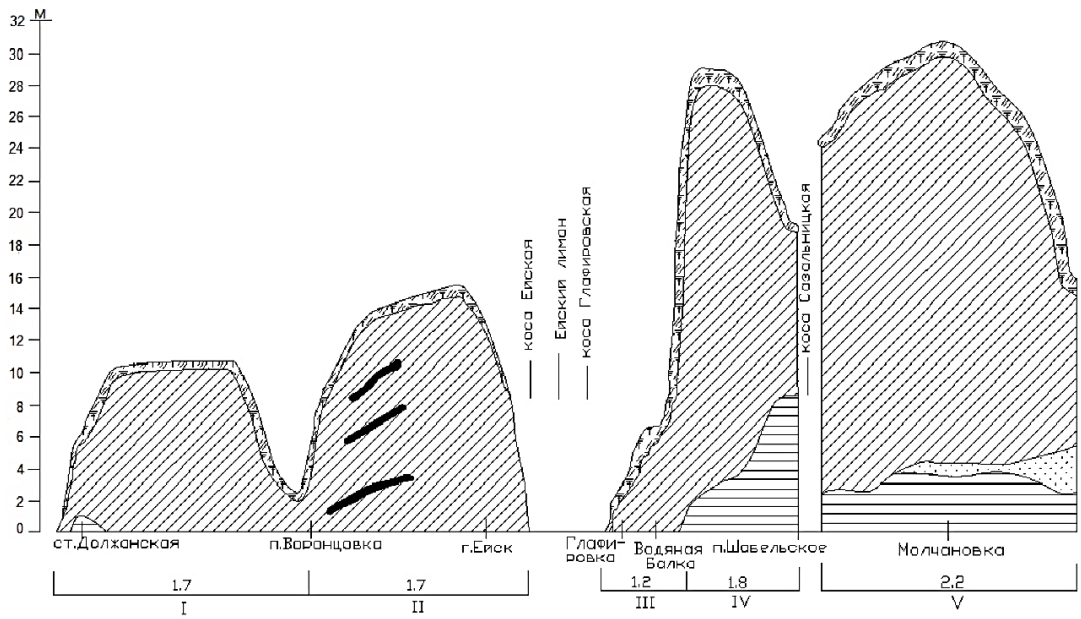


Рисунок 1.7. — Геологическое строение абразионных участков южного берега Таганрогского залива [49]: 1 - современная почва; 2 – суглинки; 3 – глина; 4 – песок; 5 - погребённая почва; 6 – известняк; 7 - участки с границами (арабские цифры - темпы отступления берегов, м/год)

При продвижении вдоль побережья на восток, в районе с. Порт-Катон, наблюдаются пески танаисской свиты, представленные светло-желтыми фракциями. Эти пески имеют слабую степень влажности и плотную текстуру, что указывает на их хорошую сортировку. Отложения характеризуются косо- и горизонтально-слоистой структурой, что свидетельствует о периодических изменениях в условиях осадконакопления. В толще аллювиальных отложений

зафиксированы прослойки коричневато-желтых пластичных глин с мощностью, не превышающей 0,25 м. Эти прослойки могут указывать на кратковременные изменения в гидрологических и климатических условиях региона [48].

Максимальная видимая мощность песчаных отложений (до 10 м) зафиксирована в обнажении, расположенном в районе с. Семибалки. В данном районе разрез представлен (сверху вниз) следующими слоями: почвенный горизонт мощностью 0,7 м; лессовидный желто-бурый суглинок мощностью 8-10 м; скифские глины мощностью 2 м; танаисские коричнево-бурые глины мощностью 1 м; танаисские мелкозернистые светло-желтые пески с прослоями коричневых глин, мощность которых достигает 10 м (в соответствии с рисунком 1.7).

Высокое содержание песчаного материала в обрывах (от 30 до 36%) способствует формированию пляжей шириной до 15–25 м.

#### **1.4. Типы берегов Таганрогского залива**

В подавляющем большинстве исследований [47, 83, 124, 94, 139, 17, 20] побережье Таганрогского залива классифицируется на две части, с условной границей, проходящей через устье главного рукава реки Дон.

1) Северное побережье (Северотаганрогский береговой район), от г. Мариуполь (Донецкой Народной Республики) до правобережного края поймы р. Дон (западная окраина с. Морской Чулек, Ростовская область);

2) Южное побережье (Южнотаганрогский береговой район), от левобережного края поймы р. Дон (северная часть с. Займо-Обрыв) до косы Долгой (ст. Должанская, Краснодарский край).

Такая схема районирования берегов Азовского моря (в соответствии с таблицей 1.1 и рисунком 1.8) была предложена В.А. Мамыкиной и Ю.П. Хрустальевым [83] и базировалась на классификационных схемах побережий, разработанных В. П. Зенковичем [44-47] и О. К. Леонтьевым [73] и др., которые использовались на тот момент при районировании берегов Черного, Каспийского, Балтийского и других морей. Предложенная схема включает «береговые области»,

как наиболее крупные единицы районирования, которые выделены на основе различия тектонических структур, направленности голоценовых движений, особенности истории их развития и геоморфологии. За следующую единицу районирования взяты «районы», отличающиеся между собой литологическим составом отложений береговых обрывов и преобладанием характерных типов берега.

Таблица 1.1 – Районирование береговой зоны Азовского моря (составлено по материалам [83])

<b>Береговая область</b>	<b>Береговой район</b>	<b>Участки берега</b>
Северная (А)	Северотаганрогский (I)	Приморский (1), Таганрогский (2), Миусский (3), Новоазовский (4), Ждановский (Мариупольский) (5)
	Североазовский (II)	Белосарайский (6), Бердянский (7), Обиточинский (8), Бирючий (9)
Арабатская (Б)	-	Северный (10), Центральный (11), Южный (12)
Керченско-Таманская (В)	Казантипский (III)	Краснокутский (13), Казантипский (14)
	Восточнокерченский (IV)	Чокракский (15), Тарханский (16)
	Западнотемерюкский (V)	Каменомысский (17), Кучугурский (18)
Кубанская (Г)	Дельта р. Кубань (VI)	Ахтаизовский (19), Петрушинский (20),
	Ачуевский (VII)	Перекопский (21), Ачуевский (22)
Северо-Восточная (Д)	Восточный (VIII)	Приморско-Ахтарский (23), Ясенский (24), Шиловский (25), Должанский (26)
	Южнотаганрогский (IX)	Ейский (27), Шабельский (28), Порт-Катоновский (29), Маргаритовский (30)

В рамках исследования, представленного в работе [16], автор провел более детальное геоморфологическое районирование береговой зоны, опираясь на комплексные данные о скорости размыва на тот момент, геологических характеристиках и особенностях морфологии клифов. В пределах береговой зоны Таганрогского залива были выделены три геоморфологических типа берегов: абразионный (включающий абразионно-обвальный и абразионно-осыпной подтипы), оползневой и аккумулятивный. Это деление отражено на рисунке 1.9.

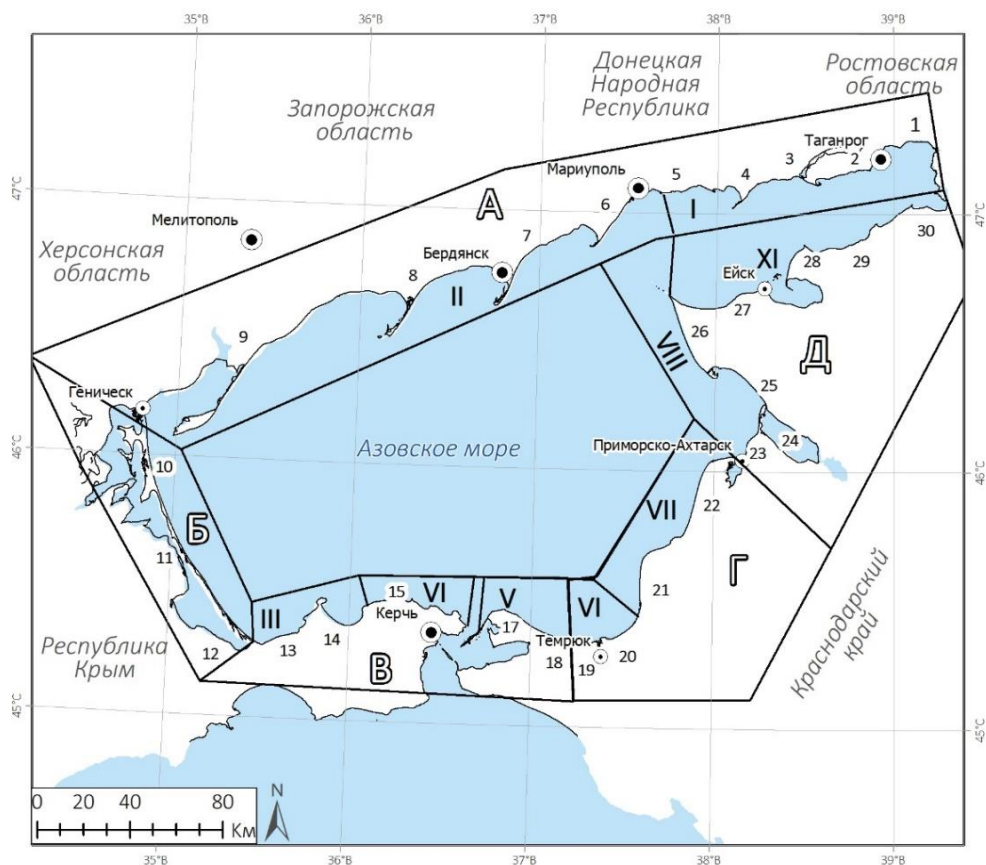


Рисунок 1.8 — Схема районирования берегов Азовского моря (составлено автором по материалам [83]): А, Б, В, Г, Д – береговые области; I–XI – береговые районы; 1–30 – участки берега

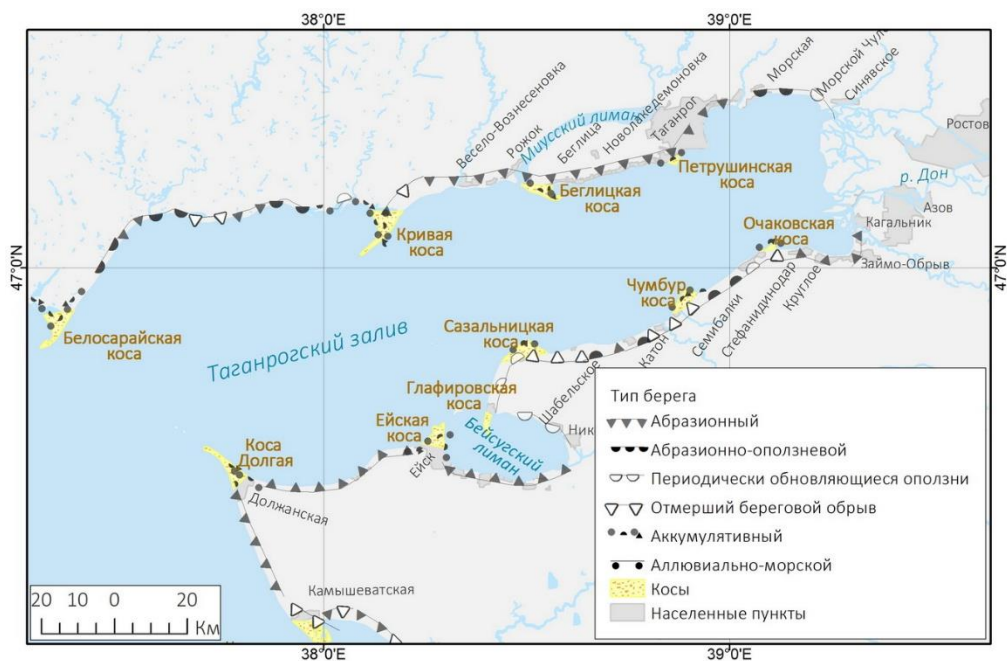


Рисунок 1.9. — Типы берегов Таганрогского залива (составлено автором по материалам [17])

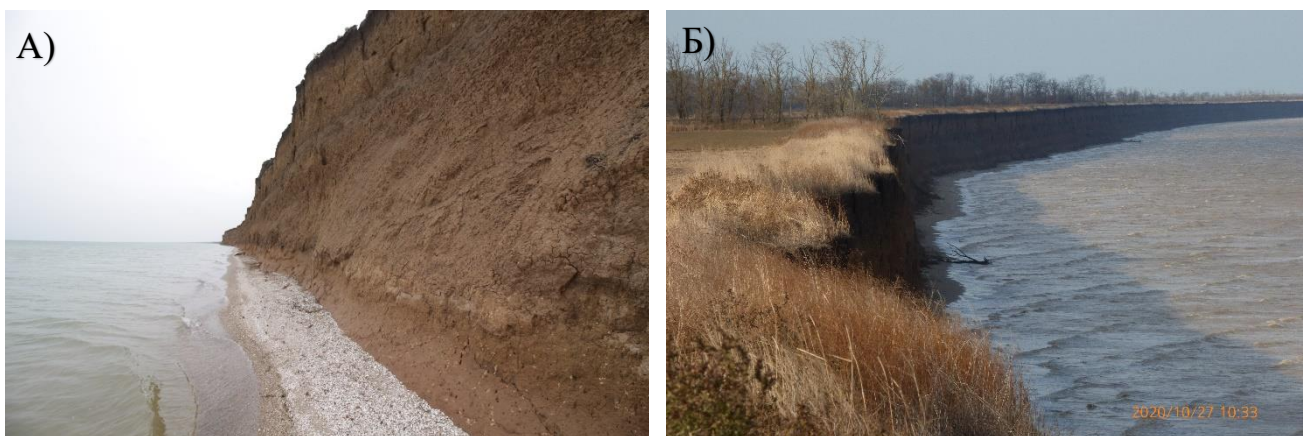


Рисунок 1.10 — Участок коренного абразионного берега с отсутствием пляжа (составлено автором): А) – Коренной абразионный берег с восточной стороны ст. Должанской; Б) – Коренной абразионный берег между х. Воронцовка и ст. Должанская

Аккумулятивные формы Таганрогского залива, такие как косы: Белосарайская, Кривая и Беглицкая, согласно В.П. Зенковичу, являются асимметричными выступами одностороннего питания и относятся косам «азовского типа», это обусловлено тем, что к западу от Миусского лимана преобладает юго-западное направление потока наносов [47, 61]. Косы южного побережья Таганрогского залива: Павло-Очаковская, Чумбурская, Сазальницкая, Глафиоровская и Ейская по данным [100] характеризуются меньшим протяжением в мористом направлении и состоят из береговых валов, которые последовательно причленяются к коренному берегу.

Абразионный тип берега распространен повсеместно (в соответствии с рисунками 1.9, 1.11), на северном побережье он преобладает от основания косы Кривой практически до г. Таганрога, прерываясь лишь на небольшие участки оползневого типа, коренных берегов в основании кос, устьевой области Миусского лимана, речных долин и эрозионных врезов оврагов и балок. Высоты берега здесь варьируются от 1–2 м в районе долин рек Грузский Еланчик, Мокрый Еланчик до 20 м в районе с. Русская Слободка. Пляжи здесь имеют ширину от 2 до 10 метров, кроме приустьевых участков рек, например, в районе х. Рожок ширина пляжа увеличивается до 20–30 м, в связи с естественным притоком пляжеобразующего материала, выносимого из Миусского лимана, также на уресе обнажается

известняк, который местами перекрыт гравием, галькой с примесью раковинного материала.

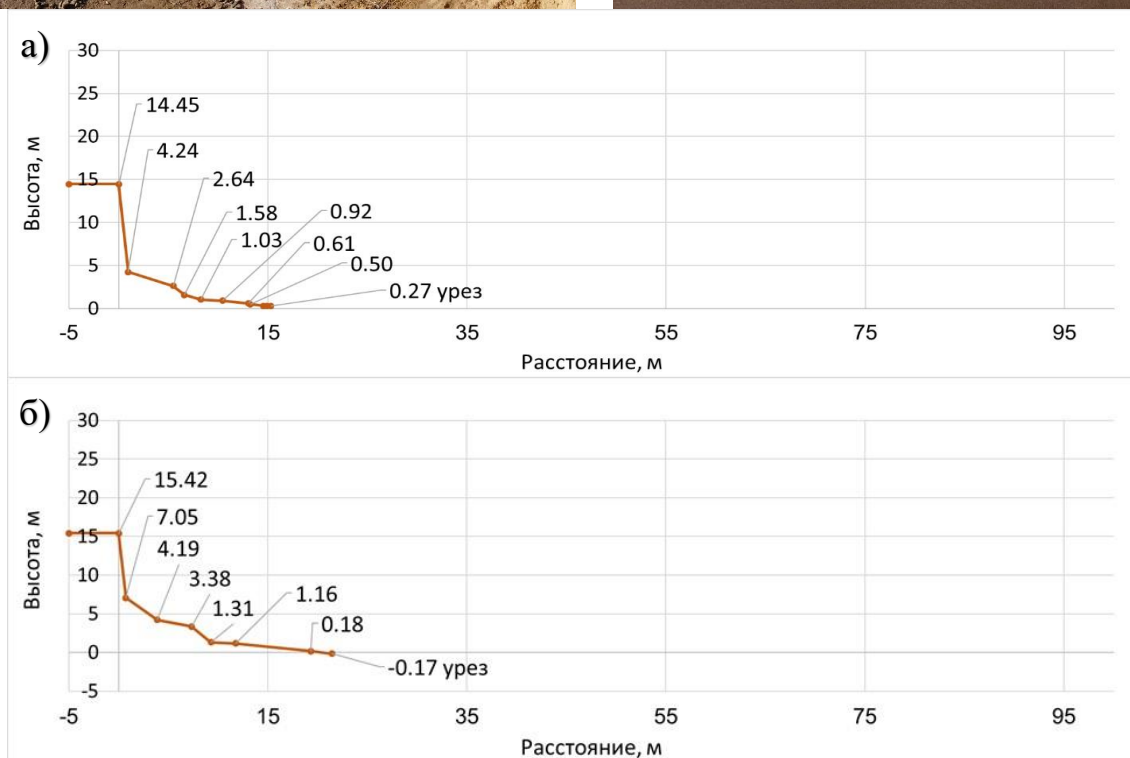
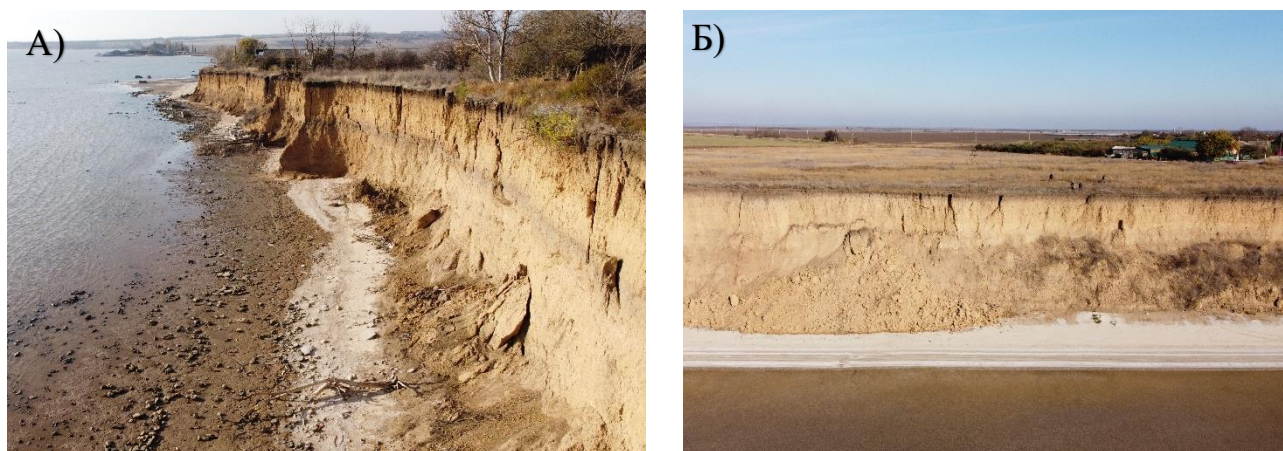


Рисунок 1.11 — Абразионный тип в пределах северного берега Таганрогского залива (составлено автором, фото — архив ЮНЦ РАН, автор Хорошев О.А.): А) – Абразионно-обвальный берег х. Весело-Вознесенка; Б) – Абразионно-обвальный берег с западной стороны косы Беглицкой; а), б) – соответствующие им профили берегового откоса

На южном побережье Абразионно-обвальный берег на южном побережье Таганрогского залива приурочен к выходам в береговых обрывах однородных по составу грунтов-суглинков и глин. В верхней части берегового обрыва здесь

наблюдается эрозионные врезы временных водотоков, а у его основания-осыпи, обвалы. В районе г. Ейска, в береговых обрывах с выходами скифских глин, сформированы в основании волноприбойные ниши высотой до 1,5–2,5 м и шириной до 3–4 м. На восточном участке побережья нижняя часть берегового обрыва имеет фестончатое строение с обнажениями скифских глин на мысках. Между ними расположены небольшие бухточки шириной 3–4 м. Приурезовая зона здесь представлена глинистым бенчем с шириной надводной части до 5–7 м.



Рисунок 1.12 — Пляжи южного побережья Таганрогского залива (составлено автором, фото — архив ЮНЦ РАН): А) – Пляж в районе с. Семибалки (Азовский район Ростовской области); Б) – Абразионно-осыпной берег с. Порт-Катон (Азовский район Ростовской области); В) – Пляж в районе с. Щабельское (Щербиновский район Краснодарского края); Г) – Пляж у основания Глафиоровской косы (Щербиновский район Краснодарского края)

На остальной части побережья в основании клифов сформированы маломощные пляжи, ширина которых уменьшается от 10–15 м (максимальная-30

м) в восточных районах (с. Круглое — п. Шабельск) до 4-6 м - в центральном (п. Шабельск — г. Ейск) и около 5 м на западе (г. Ейск — ст. Должанская) (в соответствии с рисунком 1.12). В этом же направлении уменьшается и их мощность - от 0,2–0,3 на востоке, до 0,1–0,15 м в центре и 0,1–0,2 м-на западе.

Абразионно-оползневой берег развит, как на северном, так и на южном побережье Таганрогского залива. На северном берегу особенно широко приобрели развитие оползни на участке от х. Морской Чулек до с. Приморка (в соответствии с рисунком 1.13). Здесь они протягиваются непрерывной полосой шириной до 200 м и протяженностью более 15 км. По данным государственного мониторинга опасных экзогенных геологических процессов [26] глубина залегания зеркала подземных вод изменяется здесь от 2 м до 11,5 м (п. Мержаново), что является наряду с геологическим строением одним из важнейших факторов оползнеобразования. Размах колебаний уровня в скважинах на оползневом теле от 0,34 м до 1,2 м. По наблюдениям авторов [26], отмечается слабая связь уровня режима подземных вод с атмосферными осадками. Режим грунтовых вод на этом участке связан с антропогенным фактором, прежде всего развитием на коренном склоне садоводческих товариществ, что приводит к повышению уровня подземных вод в летний период, в связи с интенсивным поливом. Кроме того, в ряду антропогенных факторов отмечаются значительные утечки из водопроводов.

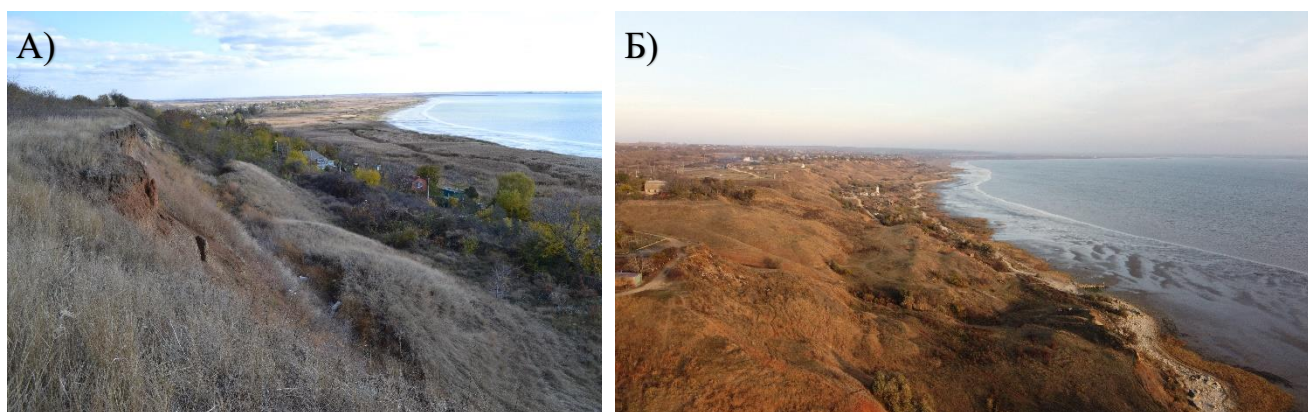


Рисунок 1.13 — Оползневые берега на участке северного берега Таганрогского залива (составлено автором): А) – Оползень х. Морской Чулек; Б) Оползневой берег х. Мержаново

В свою очередь это приводит к разрушениям инфраструктуры, жилых зданий и иных сооружений, а также приносит значительный вред сельскому хозяйству. Так в качестве примеров можно привести сход оползня в ночь с 09-10.04.2014 г. в х. Морской Чулек, где пострадали 13 домов, эвакуированы 27 человек, была повреждена линия газопровода, на дорогах образовались трещины. Также на участке с. Приморка — х. Морской Чулек практически вплотную (150–200 м) к берегу проходит железная дорога Ростов — Таганрог, которая приносит, как статические, так и динамические нагрузки и возникает риск ее разрушения, что уже отмечалось в прошлом. Исторически, второй путь данной железнодорожной линии был введен в эксплуатацию в 1911 году между хутором Морской Чулек и Мержаново. В результате интенсивной эксплуатации и воздействия внешних факторов, таких как оползневые процессы, возникла реальная угроза деформации и разрушения железнодорожного полотна. В ответ на эту проблему, в период с 1926 по 1929 годы, было принято решение о переносе железнодорожной линии вглубь береговой зоны на расстояние 100 метров [51, 20].

На южном побережье оползневой берег распространен на участках с. Круглое – Чумбур-Коса, села Маргаритово – Порт-Катон – Молчановка и сёла Шабельское – Глафировка, где в береговых обрывах обнажаются танаисские пески. Между с. Круглым и косой Павло-Очаковской наблюдаются консеквентные оползневые процессы, характеризующиеся неглубоким проникновением в грунтовую толщу по вертикальной оси. Высота стенок срыва достигает 10 метров, а ширина оплывин варьируется в пределах 12–20 метров. Относительная высота над пляжем составляет 2–3 метра, что подтверждается данными, представленными на рисунке 1.14.

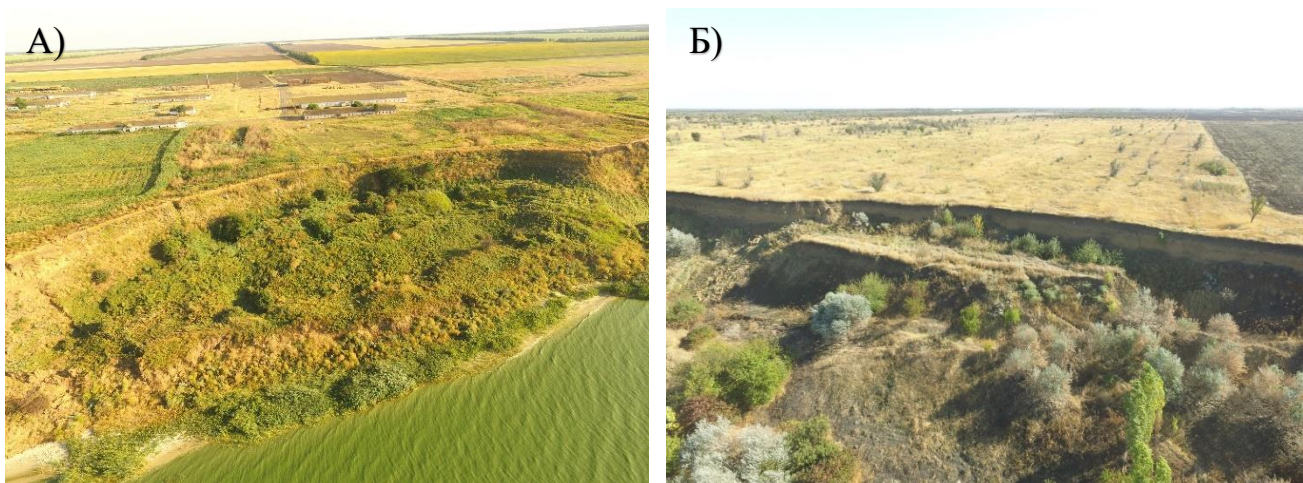


Рисунок 1.14 — Оползневые берега на участке южного берега Таганрогского залива (составлено автором): А) – Циркообразный оползень - фото с БПЛА (с. Стефанинодар Азовский район Ростовской области); Б) – Оползень с двумя плоскостями скольжения – фото с БПЛА (с. Порт-катон Азовский район Ростовской области)



Рисунок 1.15 – Оползень в районе с. Щабельское, Щербиновский район Краснодарского края (составлено автором, фото автора)

В условиях обрыва с высотой от 30 до 45 метров наблюдается захват грунта практически на всю плоскость клифа, что приводит к формированию массивных оползневых амфитеатров с двумя-тремя параллельными ступенями (в соответствии с рисунком 1.15). Это же обуславливает и ширину оползневых террас, которая

варьируется в пределах от 50 до 350 метров. Верхняя стенка срыва достигает высоты 10–20 метров, а превышение оползневого языка над пляжной поверхностью составляет около 10 метров. Поверхность террас обладает бугристой текстурой, с большим количеством трещин, что способствует фрагментации на отдельные блоки, и осложнением вторичными оползневыми процессами.

В промежутке между селом Шабельское и селом Водяная Балка развитие оползневых процессов обусловлено наличием танаисских песков и глин, залегающих ниже уровня моря. Оползни в данном регионе характеризуются меньшей мощностью и относительно неглубоким захватом грунтового массива по вертикали. Специфической чертой этих оползней является формирование единой террасы шириной до 20 метров (в соответствии с рисунком 1.14). Изредка наблюдается смена типа берега на абразионно-обвальный в связи с выклиниванием песчаников.

Исходя из данных отчета по ведению государственного мониторинга опасных экзогенных геологических процессов [26] основной причиной оползнеобразования на южном побережье является абразионная деятельность вод залива. Во время нагонных явлений, водами подмывается основание откоса, которое сложено рыхлыми породами, что нарушает устойчивость склона и при определенных условиях (подпор грунтовых вод, промачиванием пород осадками и при снеготаянии) происходит оползание (или обвал) крупных блоков.

В целом, анализ литературных данных показал, что можно выделить три основных фактора влияющих на оползнеобразование на рассматриваемой территории: 1) Геологическое строение; 2) Абразионная деятельность вод залива; 3) Антропогенный фактор.

## 1.5. Гидрометеорологические факторы развития береговой зоны

Для азовского побережья характерно проявление факторов гидродинамического режима и геологического строения, именно они определяют направление развития и эволюцию морских берегов в этом регионе. Гидродинамический фактор, то есть динамику вод определяют два основных направления ветров: восточной и западной четвертей, которая в свою очередь влияет на интенсивность современных процессов размыва берегов. Для динамики вод основными факторами выступают ветровое воздействие, колебания атмосферного давления, ветровое волнение, волновые и штормовые нагоны и речной сток. Для режима ветра характерно распределение атмосферного давления и его сезонного изменения. Преобладающими для побережья и открытой части Азовского моря и Таганрогского залива являются восточные и северо-восточные ветры. Над Таганрогским заливом второе место по повторяемости после восточных занимают западные ветры. Под влиянием сильного восточного ветра происходит сгон воды в вершине залива, а западные ветра создают сильный нагон. Эти же направления являются наиболее действенными для формирования волнения, течений и литодинамики Таганрогского залива, ось которого имеет восток-северо-восточную ориентировку [83; 19; 37; 20].

В период с октября по апрель над Азовским морем доминируют восточные и северо-восточные ветровые потоки, обусловленные влиянием отрога сибирского антициклона. Суммарная повторяемость этих двух направлений в Таганрогском заливе в январе составляет от 30 до 50 %. В контексте анализа ветрового режима исследуемого региона следует отметить, что в весенний и осенний периоды наблюдается снижение повторяемости восточных и северо-восточных ветров. В частности, в апреле данный показатель составляет 35–40 %, а в октябре достигает до 39 %. Ветровой режим теплого периода характеризуется более равномерным распределением ветров, что проявляется в менее выраженном доминировании преобладающих направлений по сравнению с холодным периодом года (с октября по апрель) [32]. Согласно результатам исследований, представленных в работах

[29, 41], в период с 1940 по 1980 годы наблюдается тенденция к снижению средней скорости ветра как в годовом разрезе, так и для отдельных сезонов. Этот процесс, вероятно, обусловлен комплексом климатических факторов, включая антропогенные воздействия и естественные климатические циклы. В последующие годы тенденция пониженной ветровой активности на азовском побережье сохранилась и даже усилилась в начале XXI века [19] (в соответствии с рисунком 1.15). По различным данным [74, 29–30; 71, 55, 19] в 1970–1980 гг. отмечается смена циркуляционной эпохи, что приводит к увеличению повторяемости западных ветров.

На основании детального анализа [45] ветровой ситуации, зафиксированной на гидрометеорологических станциях (ГМС) Таганрогского залива, включая города Таганрог, Ейск, село Маргаритово, станицу Должанскую, а также города Приморско-Ахтарск и Темрюк, авторы выявили существенные изменения в повторяемости ветров основных направлений за период с 1968 по 2001 годы. В период с 1960 по 1970 годы доминировали восточные ветры, что подтверждается их повторяемостью, составляющей в среднем 50–55% ежегодно. В 1980-е годы этот показатель значительно снизился до 37%, а в 1990-е годы достиг еще более низкого уровня — 32%. Данный временной ряд демонстрирует явную тенденцию к уменьшению повторяемости ветровых потоков, ориентированных на восточную четверть (в соответствии с таблицей 1.2).

Таблица 1.2 — Повторяемость ветров различных направлений по месяцам на ГМС Таганрог за 1970–2022 гг.

Период	Штиль	Направление ветра							
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	4,2	12,8	17,5	23,7	3,3	6,1	14,0	12,7	5,5
Февраль	3,3	12,5	20,1	24,8	3,3	5,3	13,7	12,1	4,8
Март	2,6	12,6	20,4	24,4	3,3	4,9	16,0	10,9	4,9
Апрель	2,4	11,7	15,2	22,4	4,4	6,9	18,7	12,9	5,4
Май	2,2	16,0	13,8	19,8	5,4	7,1	17,0	11,3	7,2
Июнь	2,0	18,5	11,7	13,5	4,9	8,7	17,5	13,0	10,2
Июль	1,9	24,6	13,7	11,9	4,7	7,0	13,5	12,0	10,7
Август	2,7	26,3	17,4	15,8	4,6	6,0	9,9	7,9	9,5
Сентябрь	2,9	20,0	17,3	16,6	3,5	6,2	11,6	12,1	9,8
Октябрь	3,1	18,7	19,3	19,2	3,3	5,3	10,9	12,1	8,2

Период	Штиль	Направление ветра							
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Ноябрь	3,2	12,3	20,6	24,4	3,5	6,9	10,1	13,4	5,8
Декабрь	3,8	12,7	17,4	23,8	2,9	6,8	12,7	14,2	5,7
Год	2,9	16,6	17,0	20,0	3,9	6,4	13,8	12,0	7,3

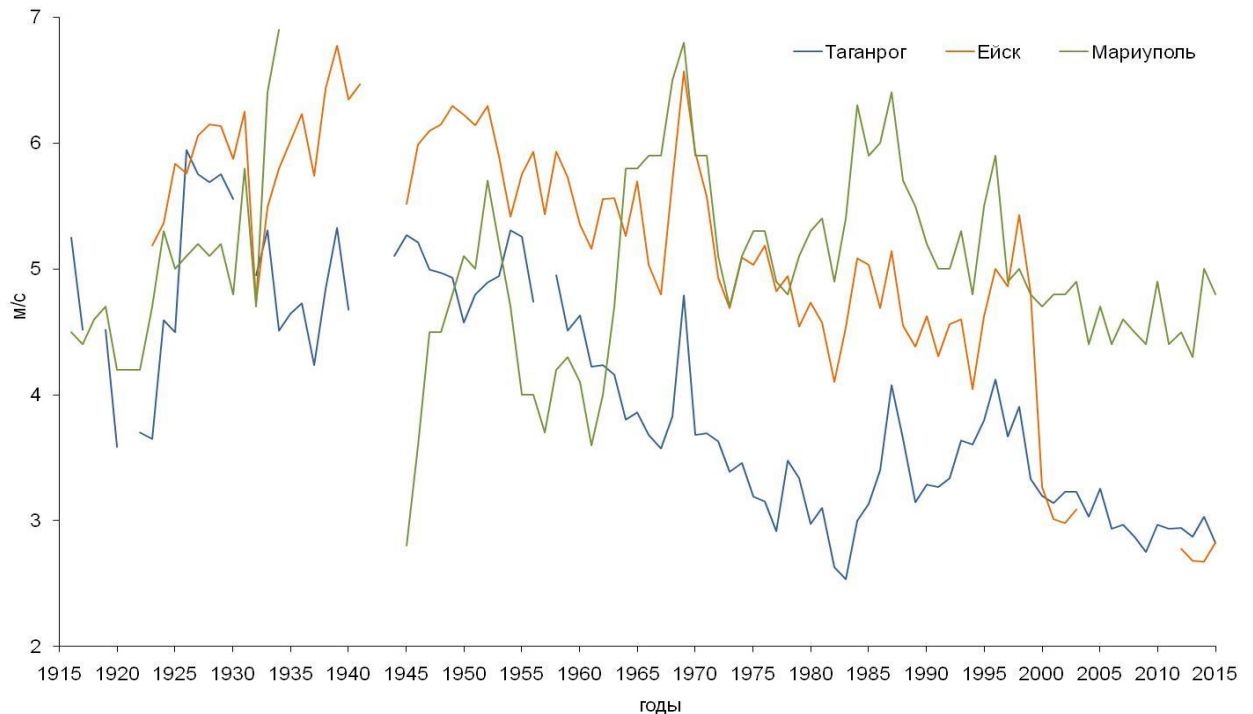


Рисунок 1.15 — Среднегодовая скорость ветра над Таганрогским заливом по данным ГМС (составлено автором)

Таблица 1.3 — Соотношение преобладающих в течение месяца ветров восточных и западных румбов за периоды 1976–1986 и 1996–2002 гг. (составлено по материалам [71])

Год	Направление ветра											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1976	–	–	В	В	З	З	З	В	В	В	В	В
1977	В	В	В	В	В	В	В	В	В	З	З	З
1978	В	В	В	В	В	З	З	В	З	З	З	В
1979	В	В	В	В	В	В	З	В	З	В	В	В
1980	В	В	В	В	В	З	З	З	В	В	З	З
1981	З	В	З	З	В	В	В	В	В	В	З	В
1982	В	В	В	З	В	З	З	В	З	З	В	В
1983	З	З	З	З	З	З	З	В	В	З	В	З
1984	В	В	В	В	З	З	З	В	В	В	В	В
1985	В	В	В	З	В	З	З	В	З	З	В	В
1986	З	В	В	В	З	З	З	В	З	З	В	З
1996	В	В	В	В	З	З	З	В	З	В	З	В

Год	Направление ветра											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1997	3	3	3	3	В	3	В	В	3	3	В	3
1998	3	3	3	3	В	3	3	3	В	В	В	3
1999	3	3	В	В	3	В	В	В	В	В	В	3
2000	3	3	3	3	3	3	3	В	В	В	В	3
2001	3	3	3	В	3	3	В	3	В	В	3	3
2002	3	3	3	3	3	В	В	В	3	3	–	–

Исходя из анализа климатических данных, авторы констатируют, что в период с 1970 по 1990 годы наблюдалось устойчивое увеличение продолжительности доминирования западных ветров в рассматриваемом регионе. В 1970-е годы этот феномен фиксировался в среднем на протяжении 3–4 месяцев в году, в 1980-е годы — 4–5 месяцев, а в 1990-е годы продолжительность увеличилась до 5–6 месяцев, что подтверждается исследованиями [55] и дополнительно освещается в работе [71].

На южном побережье Таганрогского залива (гидрометеорологическая станция Маргаритово) восточные ветры демонстрируют повторяемость в 44,7 и 26,94 %. В дельте реки Дон (гидрометеорологическая станция Азов) данный показатель составляет 43,76 % и 28,72 % соответственно. Сильные штормовые ветры, дующие с востока, северо-востока, запада и юго-запада, составляют от 70 до 80 % от общего числа штормовых явлений всех направлений, что подтверждается данными [55].

Динамика частоты ветров со скоростью более 10 м/с в городе Таганроге демонстрирует тенденцию к снижению: с 95 случаев в год в 1960-е годы до 62 случаев в 1980-е и до 53 случаев в 1990-е годы, что составляет снижение на 42 %. Во время шторма, произошедшего 11–13 апреля 1997 года, который привел к значительным разрушениям прибрежной зоны, скорость ветра достигала 38 м/с. Подобные климатические аномалии были зафиксированы и на других гидрометеорологических станциях побережья Таганрогского залива, что свидетельствует о системном характере наблюдаемых изменений.

Максимальные значения скорости ветра (24–34 м/с) на большинстве прибрежных станций отмечены, в основном, при восточных и северо-восточных штормах [57]. Согласно [62] скорость ветра без учёта направления, полученная расчётным путём, возможная один раз в год, близка к 20 м/с; один раз в 10 лет — близка к 25 м/с, один раз в 20 лет — близка к 30 м/с (в соответствии с таблицей 1.4).

Как отмечалось выше, влияние запад-юго-западных приводит к нагонным явлениям в акватории залива, а восток-северо-восточных ветров на стоны. Однако стоит рассмотреть ветровые ситуации, приводящие к экстремальным колебаниям уровня и течений, как один из основополагающих факторов влияния на процессы в береговой зоне.

Таблица 1.4 — Максимальная скорость ветра (м/с) различной повторяемости по направлениям (составлено по материалам [62])

ГМС	Румб	Период повторяемости				
		1 год	5 лет	10 лет	15 лет	20 лет
Таганрог	С	14	16	17	18	19
	СВ	20	24	25	25	26
	В	22	24	26	26	27
	ЮВ	18	21	22	23	24
	Ю	20	24	26	27	28
	ЮЗ	18	21	22	23	24
	З	15	17	18	19	19
	СЗ	12	14	14	15	15
Мариуполь	С	20	24	25	26	27
	СВ	23	26	27	28	29
	В	25	30	31	32	33
	ЮВ	20	24	25	26	27
	Ю	19	22	24	25	26
	ЮЗ	23	26	28	29	30
	З	22	25	27	28	29
	СЗ	23	28	30	31	32
	Ю	19	22	24	25	26
	ЮЗ	23	26	28	29	30
	З	22	25	27	28	29
	СЗ	23	28	30	31	32

В разделе «Новые принципы представления циркуляции вод Азовского моря» Экологического атласа Азовского моря [140] основанного на комплексных исследованиях академика Г.Г. Матишова представлена детальная картина течений в Таганрогском заливе при различных направлениях ветровых потоков, включая

северо-восточные и юго-западные (в соответствии с рисунками 1.16; 1.17). Эти течения претерпевают значительные трансформации под воздействием ветровых факторов в прибрежной зоне, где активно развиваются аккумулятивные формы рельефа, такие как песчаные косы Долгая, Белосарайская, Кривая, Беглицкая, Сазальницкая, Чумбурская и Очаковская. Данные аккумулятивные образования, в свою очередь, генетически связаны с подводными отмелями, характеризующимися глубинами менее 1 метра [140], что существенно влияет на динамику водных потоков и их гидродинамическую структуру. Сильные дрейфовые течения, индуцированные ветровым воздействием, формируют на мелководье сложные системы вихревых структур и циркуляций водных масс, перемещающихся в направлении доминирующего вектора ветра. Эти процессы способствуют генерации вдольбереговых потоков взвешенных наносов, приводящих к формированию петлевидных песчаных гряд и береговых валов в дистальных зонах выступающих кос. Данные морфологические особенности рельефа являются наглядными индикаторами гидродинамических процессов и служат важным индикатором динамики водных потоков в исследуемой акватории [140].

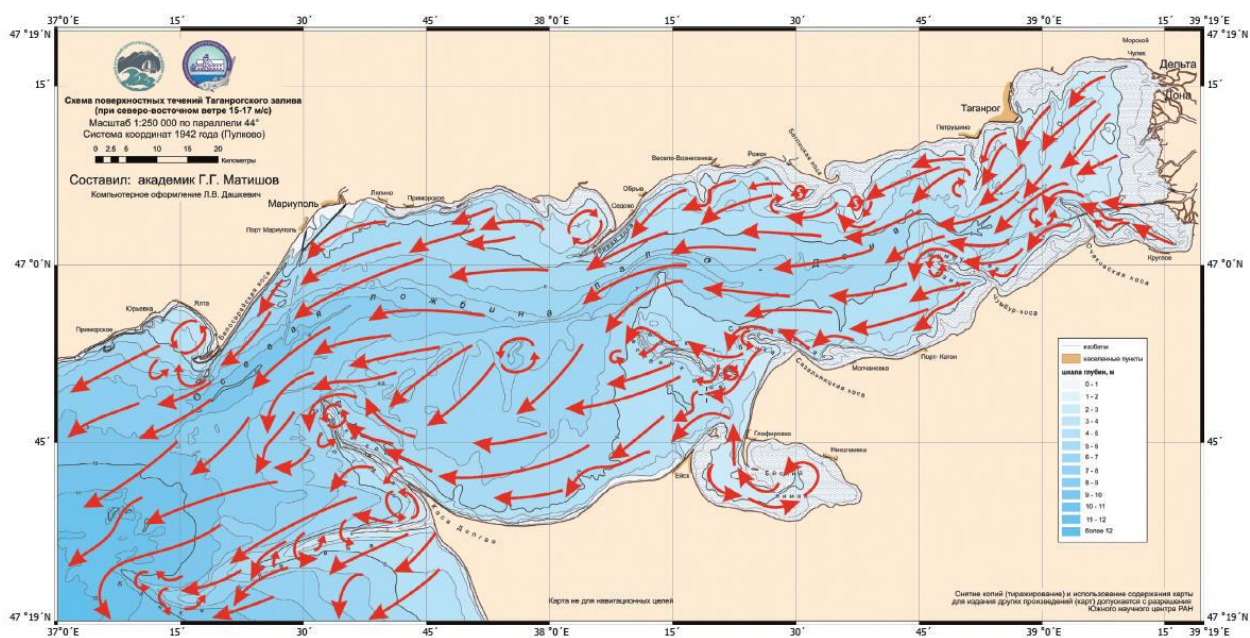


Рисунок 1.16 — Схема поверхностных течений Таганрогского залива (при северо-восточном ветре 15–17 м/с) [98, 140]

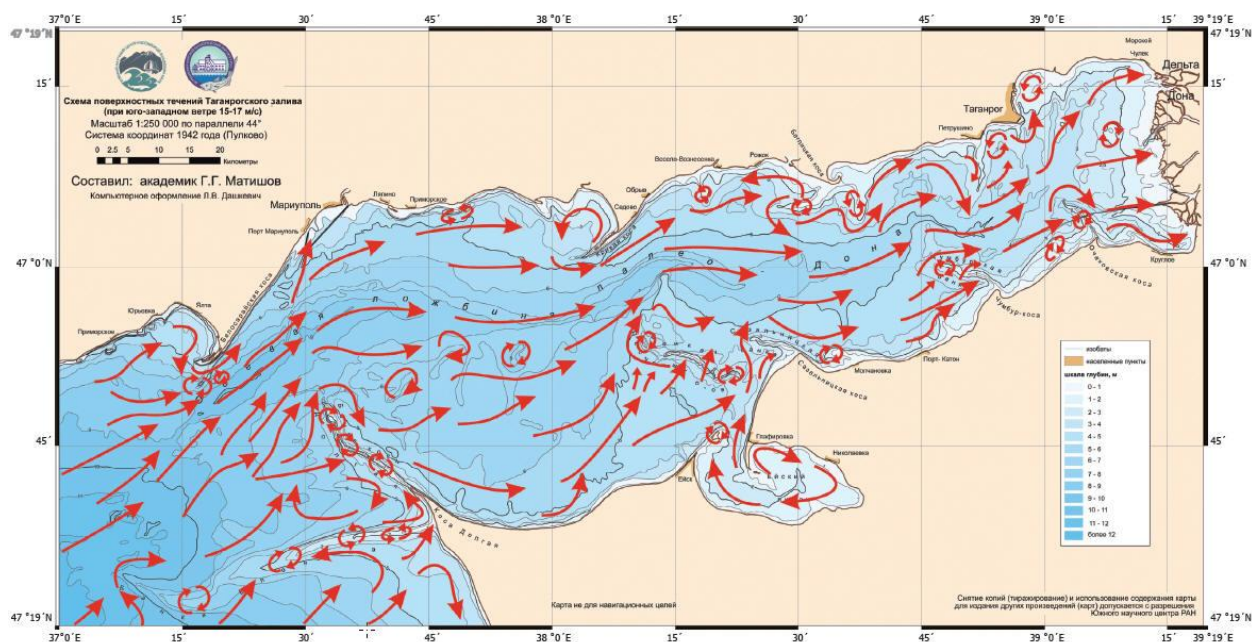


Рисунок 1.17 — Схема поверхностных течений Таганрогского залива (при юго-западном ветре 15–17 м/с) [98, 140]

Опасные природные явления на Азовском море и Таганрогском заливе происходят главным образом при штормовых нагонах и сгонах, а также связаны с интенсивным размывом берегов. Согласно анализу, приведенному в работе [22], многолетних данных о динамике и повторяемости опасных (ОЯ) и неблагоприятных (НЯ) гидрологических явлений на протяжении последних десятилетий позволяет констатировать наличие тесной корреляции между этими явлениями и активизацией экзогенных геологических процессов, таких как абразия берегов и образование оползней. Эти процессы, в свою очередь, являются ключевыми факторами, определяющими геоморфологическую эволюцию береговой зоны и её устойчивость к внешним воздействиям.

Статистика по нагонным явлениям дает представление о наиболее серьезных последствиях. Авторы указывают, что первые достоверные сведения о катастрофических нагонах относятся к периоду русско-турецких войн и связаны с донесениями генштабов русской армии (в соответствии с таблицей 1.5).

Таблица 1.5 — Статистика катастрофических наводнений в Таганрогском заливе XVIII–XXI вв. (составлено по материалам: [39-40; 138, 102, 130, 112, 22])

Дата / Год	Район	Ветер (направление, скорость)	Подъем уровня, см	Последствия
27.09-2.10.1739	Азов-Ачуево	западный	200	1 октября турецкие форпосты Ачуево, Темрюк и Тамань были осаждены русскими войсками генерала Дебрилля. Вдруг Азовское море покатило свои волны на русские позиции вокруг Ачуево. Войска вынуждены были отступить.
10.11.1770	Таганрог	западный-юго-западный	более 300	Морская стихия обрушилась на вновь создаваемую базу российского флота на Азовском море — Таганрог. Всю гавань до основания разнесло, по казармам, землянкам ходил мор, хлестала людей лихоманка (лихорадка)».
1831	Ейская коса	ветры западных румбов	нд	Нанесен ущерб казачьим хуторам и рыбным заводам на Ейской косе. Походная церковь св. Троицы, находящаяся на косе, водой была размыва до основания.
ноябрь 1881	Ейск- - Кагальник	юго-западный	420	При сильной буре море выступило около устья р. Дон с таким стремлением, что в 12 верстах от берега у деревни Кагальник вода поднялась на 14 футов (4,2 м).
28.02.1914	Все юго-восточное побережье	северный 28 м/с	430	Вода залила весь берег моря от Ейска до Керченского пролива. Города Темрюк и Ейск были частично разрушены волнами. Погибло около 3000 человек.
25.10.1948	Должанская	западный, 30 м/с	более 200	Разрушены постройки.
28.02.1949	Мариуполь	юго-западный, 20 м/с	нд	Разрушены береговые постройки.
29.10.1962	Ейск	северо-западный, 35 м/с	нд	Разрушены постройки, гибель скота.
28-29.10.1969	Ейск - Темрюк	северо-западный, 35 м/с	400	Уничтожены рыбацкие поселки Чайкино, Вербеная, Перекопка, Ачуево, разрушила Темрюкский морской порт, судоремонтный завод, консервного завода, рыболовецкие станы, курорты ст. Голубицкая.

Дата / Год	Район	Ветер (направление, скорость)	Подъем уровня, см	Последствия
1970, май 1983, 2007	коса Долгая	нд	нд	Смыты рыбацкие домики, их нашли на противоположном берегу.
25.03.2013	Ейск, Азов, Таганрог	западный, 15–20 м/с	нд	Подтопление домов, разрушены береговые сооружения.
24.09.2014	вся акватори я Азовског о моря	юго-западный, 40 м/с	выше ОЯ на всех ГМС (УПЯ)	Затоплены жилые дома, смыты пляжи, разрушена прибрежная инфраструктура на Восточном побережье, в Таганрогском заливе и дельте Дона.

*Примечание: нд – нет данных.*

Однако на современном этапе можно привести случай сильного нагонного явления. 26–27 ноября 2023 г. В этот период обрушился шторм, сопровождаемый ливнем и усилением ветра, где порывы достигали 27 м/с, в результате чего в районе г. Таганрога, с. Петрушино уровень превысил опасные отметки. После шторма, филиалом «Азовморинформцентр» ФГБВУ «Центррегионводхоз» по Донскому бассейновому округу, который осуществляет мониторинг берегов, были проведены внеплановые обследования некоторых участков побережья (в соответствии с рисунком 1.17) Таганрогского залива и были зафиксированы изменения на створах стационарных наблюдений за темпами разрушения берега [141].

На ряду с этим сильные стонно-нагонные колебания наблюдаются на фоне постепенного повышения уровня в Азовском море (в соответствии с рисунком 1.18, 1.19). Статистический анализ показывает, что частота таких явлений составляет приблизительно 6–10% в год. В работе [145] была проведена оценка повторяемости экстремальных уровней на основе анализа случаев, когда изменения уровня воды превышали критические отметки для неблагоприятных и опасных явлений за период с 1991 по 2016 годы. Исследование выявило, что в указанный временной интервал в прибрежной зоне моря зафиксировано 216 случаев экстремальных колебаний уровня, что свидетельствует о высокой вероятности возникновения

подобных событий и их значительном влиянии на прибрежные экосистемы и инфраструктуру (в соответствии с таблицей 1.6).

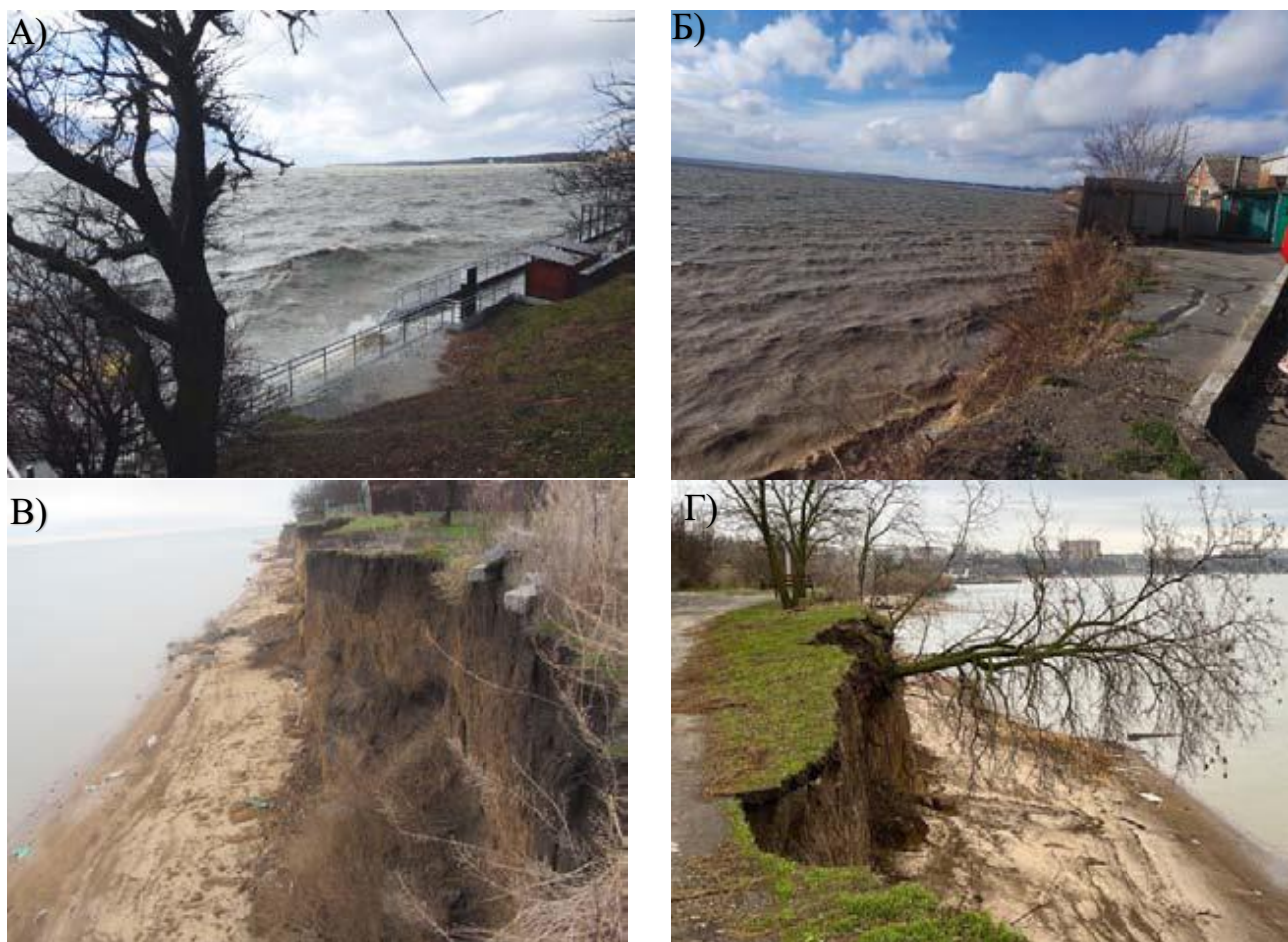


Рисунок 1.17 — Последствия нагонного явления 26–27 ноября 2023 г. на мониторинговых участках филиала «Азовморинформцентр», ФГБВУ «Центррегионводхоз» (составлено по материалам [121]: А) – г. Таганрог, пляж в районе Приморского парка; Б) – г. Таганрог, берега в районе ул. 3-я Надгорная (Богудония); В) – с. Петрушино, Неклиновский район; Г) – с. Петрушино, Неклиновский район;

Таблица 1.6. — Экстремальные (НЯ и ОЯ) уровни Азовского моря за период 1991–2014 гг. (составлено по материалам [145]).

№	ГМС	Нагон				Сгон				Сумма НЯ и ОЯ уровней
		НЯ		ОЯ		НЯ		ОЯ		
		ч.с*	%	ч.с	%	ч.с	%	ч.с	%	ч.с
1	Таганрог	5	9,0	2	3,6	25	45,0	23	42	55
2	Ейск	13	61,9	6	29,0	2	9,5	0	0	21
3	Должанская	15	65,2	7	30,4	1	4,3	0	0	23
6	Азовское море	96	44,4	53	24,5	41	19,0	26	12	216

Примечание: \* - число случаев

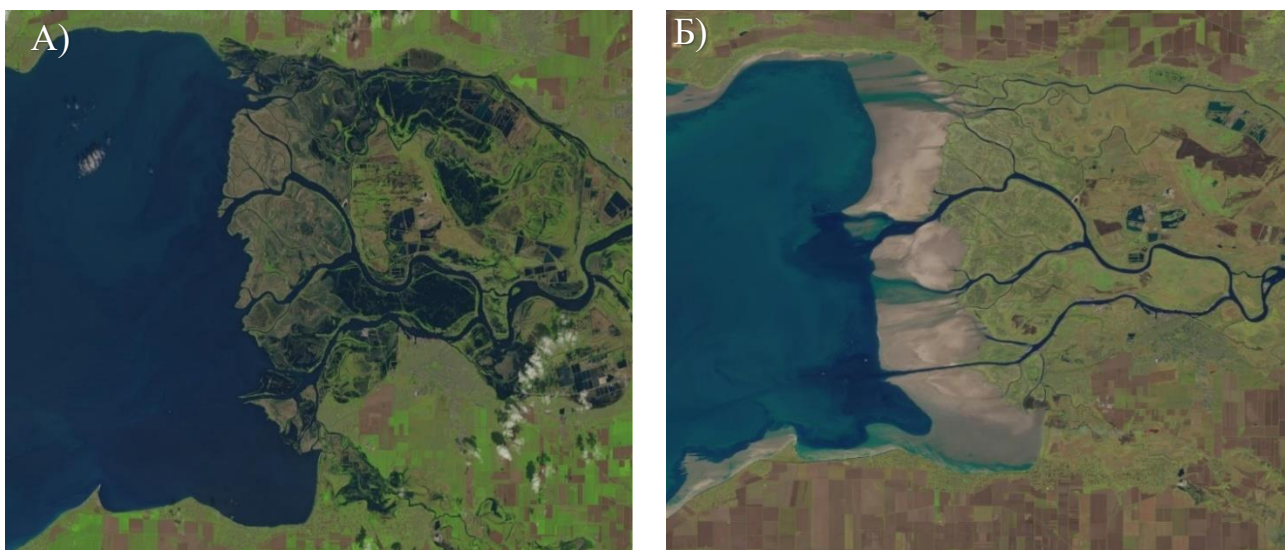


Рисунок 1.18 — Примеры стонно-нагонных явлений в дельте р. Дон (составлено автором): А) – Нагон 23.04.2016 г. (фрагмент снимка с КА «Landsat 8»); Б) – Стгон воды 23.10.2016 г. (фрагмент снимка с КА «Sentinel 2»)

Также в этой работе приводятся исследования состояния уровня Азовского моря в современный период. Авторы проанализировали данные наблюдений за период 1923–2016 гг. На основе систематизации многолетних данных наблюдений авторы выявили, что флуктуации уровня моря обусловлены совокупным воздействием множества факторов. В частности, выделяются два ключевых типа колебаний: объемные многолетние изменения и денивеляционные процессы, включающие стонно-нагонные и сейшевые явления [20, 22].

Объемные колебания уровня моря находятся в прямой зависимости от водного баланса региона. Годовая амплитуда этих колебаний не превышает 2,5–3,0 метров, что подтверждается данными, представленными в таблице 1.7. Максимальный подъем уровня, достигающий 140 сантиметров, может быть обусловлен совокупным вкладом речного стока объемом 38 кубических километров в год и притока воды из Черного моря в аналогичном объеме. Атмосферные осадки также вносят свой вклад в повышение уровня моря, обеспечивая дополнительное увеличение на 55 сантиметров.

Среди расходных компонентов водного баланса, способствующих понижению уровня Азовского моря, следует выделить отток воды в Черное море, составляющий 77 кубических километров в год, что приводит к снижению уровня

на 185 сантиметров. Дополнительно, испарение с поверхности моря, оцениваемое в 38 кубических километров воды в год, способствует снижению уровня на 103 сантиметра.

Объемные колебания уровня Азовского моря характеризуются постепенным характером и не приводят к катастрофическим последствиям, что обусловлено их относительно низкой амплитудой и плавным течением [42].

Таблица 1.7 — Размах сгонно-нагонных колебаний уровня Таганрогского залива (составлено по материалам [145])

<b>ГМС</b>	<b>Мах</b>	<b>Дата</b>	<b>min</b>	<b>Дата</b>	<b>Размах колебаний за 1923–2016 гг.</b>
<b>Тагарог</b>	839	IX.2014	193	XII.2009	738
<b>Ейск</b>	656	IX.2014	323	I.2008	438
<b>Должанская</b>	755	IX.2014	350	I.2008	435

По данным многолетнего мониторинга наблюдается устойчивый тренд повышения уровня моря. Средний уровень Азовского моря, рассчитанный за период с 1923 по 1972 годы на основании данных шести уровенных постов (Таганрог, Должанская, Ейск, Приморско-Ахтарск, Темрюк, Тамань), с учётом площадей, которые они характеризуют, составляет 470 см, что подтверждается графическим представлением (в соответствии с рисунком 1.19) [42].

В период с 1977 по 2002 годы уровень воды в Азовском море демонстрировал тенденцию к повышению, достигнув отметки 482 см. В последующие годы, с 2003 по 2016, этот показатель продолжил возрастать, достигнув значения 486 см. За 94-летний период наблюдений средний годовой уровень воды в Азовском море увеличился на 17 см, что соответствует среднегодовому темпу подъема 0,18 см/год.

Максимальный среднегодовой уровень воды был зафиксирован в 2010 году и составил 497 см, тогда как минимальный уровень был отмечен в 1925 году и составил 439 см. Таким образом, амплитуда межгодовых колебаний уровня воды в Азовском море за исследуемый период составила 58 см.

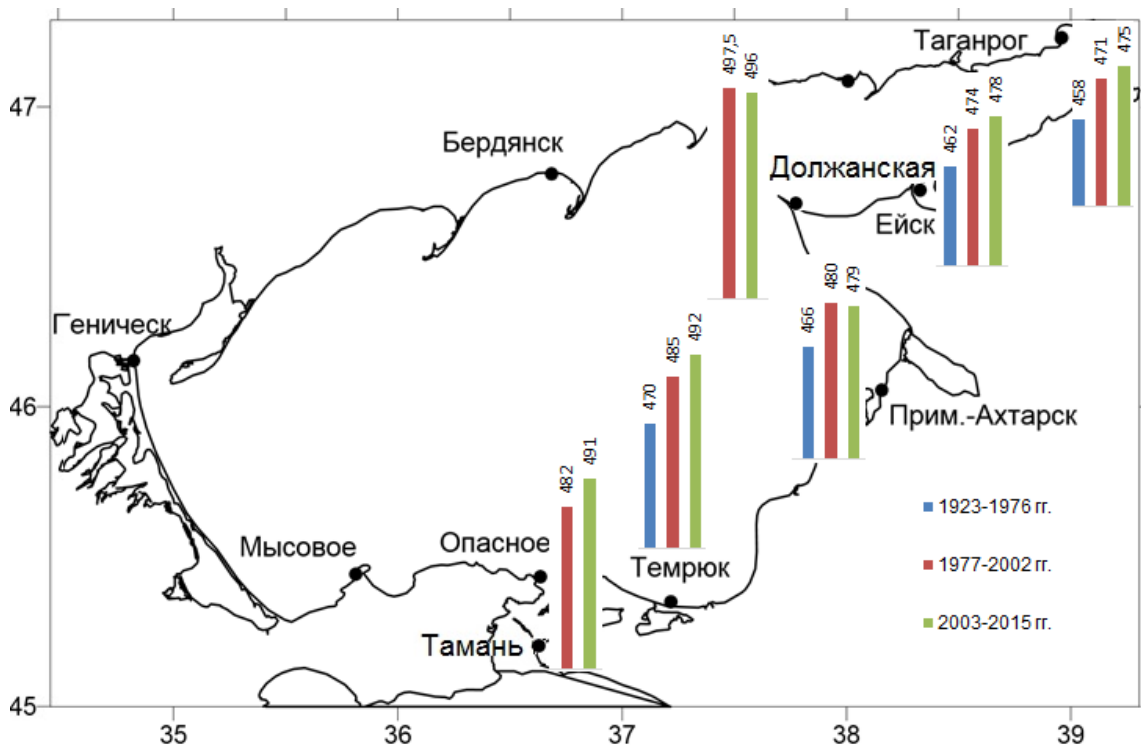


Рисунок 1.19 — Многолетние изменения уровня Азовского моря по данным гидрометеопостов (ГМС) Азовского моря [22]

Полученные данные о динамике уровня Азовского моря сопоставимы с результатами исследований изменений уровня Мирового океана и Черного моря. Межправительственная группа экспертов по изменению климата оценивает, что интенсивность повышения уровня Мирового океана в последние 100 лет составляла в среднем 0,17 см/год. Скорость подъема уровня Черного моря за аналогичный период находилась в диапазоне 0,16–0,18 см/год [34, 1].

В работах [20, 22] представлен детальный анализ многолетних режимных наблюдений за процессами абразии на реперной сети. Этот анализ выявил, что ключевым фактором, способствующим развитию и активизации абразионных процессов, являются штормовые нагоны, что подтверждается данными, представленными на рисунке 1.20.

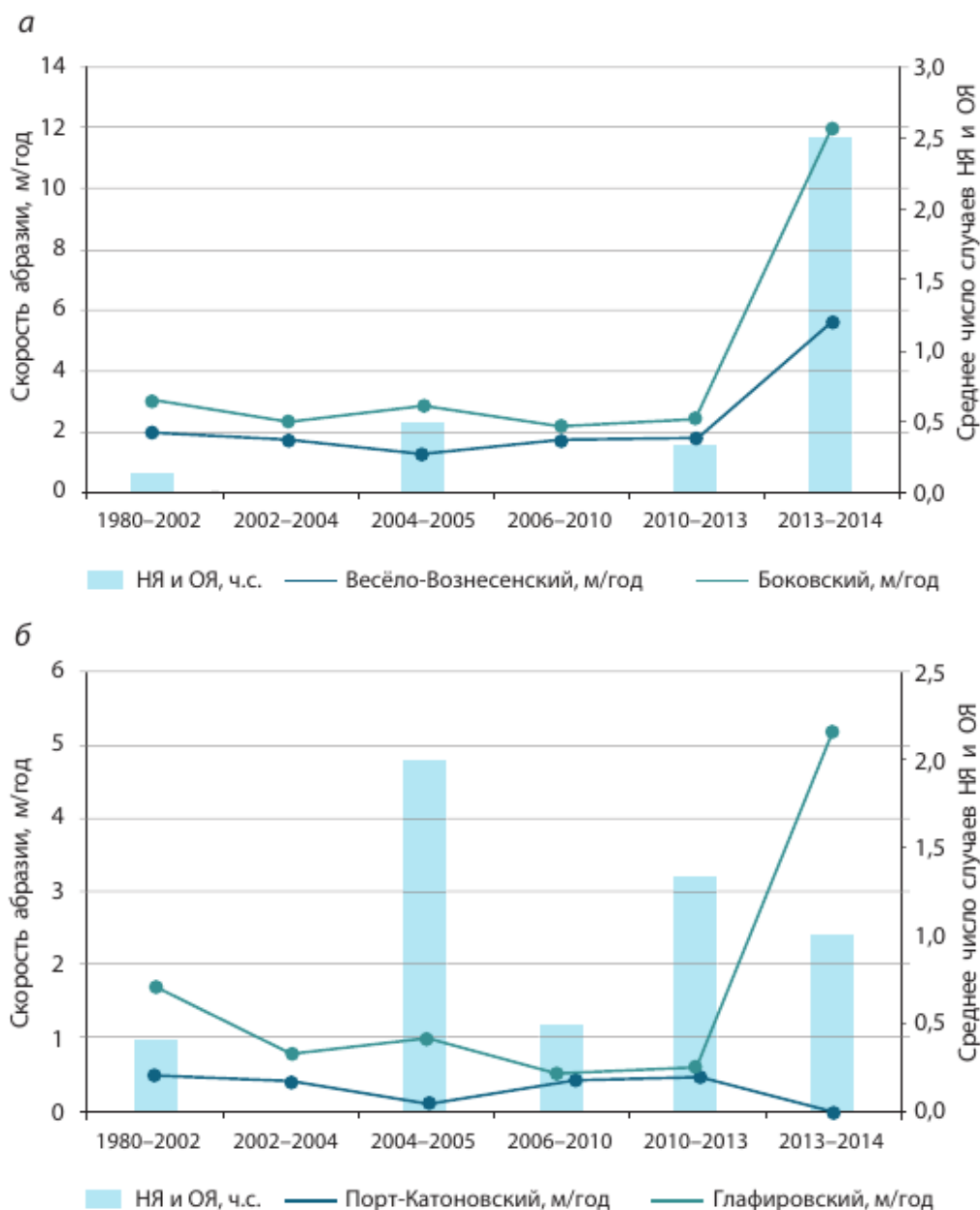


Рисунок 1.20 — Динамика повторяемости экстремальных нагонов и скоростей абразии Таганрогского залива по периодам [22]: а – северное побережье; б – южное побережье

Имеющийся ряд наблюдений размыва берегов на стационарных площадках за период с 1980 г. по 2015 г. позволил авторам выявить циклы активизации и стабилизации абразионно-оползневых процессов и нагонных повышений уровня. Так периоды 1980–2002 гг. и 2006–2010 гг. характеризовались стабилизацией процесса абразии, средние скорости в это время не превышали 1 м/год, периоды 2004-2006 гг. и 2010-2014 гг. отличаются интенсификацией этих процессов, что связано с увеличением частоты штормовых нагонов с западной составляющей.

## 1.6. Факторы антропогенного воздействия на береговые процессы

Побережье Азовского моря представляет собой сложный экосистемный и социально-экономический регион, где наблюдается интенсивное развитие сельского хозяйства, промышленного производства и портовой инфраструктуры. В крупных центрах активно развиваются промышленные кластеры (г. Мариуполь, г. Таганрог, г. Ейск), а рекреационная деятельность и рыболовство играют важную роль в экономике региона. Высокая плотность населения также является значимым фактором, оказывающим влияние на экосистемные процессы и антропогенную трансформацию территории. В результате побережье Азовского моря подвергается значительной антропогенной нагрузке, что требует комплексного подхода к управлению прибрежными территориями и устойчивому развитию региона. [94, 97].

По мнению Ю. П. Хрусталева, В.А. Мамыкиной, Ю.В. Артюхина и др. — все факторы антропогенного воздействия на береговую зону Азовского моря следует подразделить на две группы: непосредственные (прямые) и косвенные (опосредствованные) [83, 7].

К непосредственным факторам относятся: недопустимая застройка оползневых террас, пляжей, бровок абразионных откосов (обрывы, образуемые волнами на абразионном берегу), дисталей (оконечностей) кос; нерациональная берегозащита (возведение берегозащитных сооружений не соответствующих типов на берегах абразионного типа); изъятие наносов (песка, ракуши) с поверхностей кос и пляжей; подводная разработка кос в объемах, превышающих естественное возобновление биогенного материала; сооружение подводных каналов и ведение дноуглубительных работ без учета направлений перемещения наносов течениями, ведения сельскохозяйственных работ и орошения в пределах водоохранных и прибрежных защитных полосах, что приводит к переувлажнению склонов, подъему уровней грунтовых вод, водной эрозии (образование береговых оврагов), нарушению устойчивости склонов.

К косвенным (опосредствованным) факторам антропогенного воздействия на развитие береговой зоны моря авторы относят [83, 7]: необоснованное зарегулирование стока и водообмена, приводящее к изменению баланса биогенных компонентов и карбоната кальция, что резко снижает продуктивность фито- и зоопланктона; явления, обуславливающие повышение солености, что ухудшает условия обитания гидробионтов, формирование донных биоценозов и их биомассы, что сказывается на объемах ракушечного материала на подводных и надводных аккумулятивных формах; загрязнение водоема промышленно-фекальными сбросами.

Благоприятные природно-климатические особенности обуславливают сельскохозяйственную специализацию районов, что в свою очередь это привело к тому, что большая часть береговой зоны занята сельхозугодиями, которые прерываются населенными пунктами и естественными выходами оврагов и балок. Зачастую в пределах сельхозугодий распашка земель проводится практически вплотную к бровке клифа (в соответствии с рисунком 1.21), что косвенно отражается на общей устойчивости склона. В частности, агротехнические мероприятия, такие как распашка склонов без применения противоэрозионных технологий, способствуют активизации склоновых процессов, включая плоскостной смыв и линейную эрозию. Интенсивное использование орошаемых земель и чрезмерный полив вызывают повышение уровня грунтовых вод, что приводит к развитию процессов оползнеобразования, заболачивания и засоления почв.

Засоление почв, вызванное аккумуляцией солей в почвенном профиле, активизирует процессы дефляции, ускоряя эрозию и деградацию почв. Просадочные процессы в лёссовидных суглинках могут инициировать суффозионные явления, характеризующиеся вымыванием мелких частиц грунта и образованием пустот. Эти процессы могут привести к изменению инженерно-геологических характеристик береговых клифов.

Кроме характера сельскохозяйственного использования территории, не мало важными факторами является застройка и плотность населения на данном отрезке побережья.



Рисунок 1.21 — Примеры проявления антропогенных факторов в береговой зоне Таганрогского залива (составлено автором, фото автора): А) – Капитальная постройка на абразионном берегу (с. Весело-Вознесенка, Рост. Обл.); Б) – Нерациональная берегозащита (ст. Должанская, Краснодарский край.); В) – Распашка под обрыв (с. Шабельское, Краснодарский край.); Г) – Изъятие пляжевого материала (с. Порт-Катон Должанская, Ростовская область)

В целом, из трех элементов береговой зоны Таганрогского залива – коренного берега, пляжа и подводного берегового склона на абразионных берегах, человеком используются преимущественно только коренные берега, на которых повсеместно располагаются населенные пункты. Хозяйственные и жилые постройки нередко выдвинуты к бровке обрыва, большей частью вследствие интенсивного отступания берега, но иногда это обусловлено недоучетом во время строительства природных особенностей развития суглинистых берегов.

## 1.7. Выводы к Главе 1

В главе представлена история изучения берегов Таганрогского залива и общее физико-географическое описание, а также рассмотрены факторы, влияющие на развитие береговой зоны района исследования. При анализе этих факторов установлено:

– Пространственная неравномерность процессов абразии связана в первую очередь с неоднородностью геологических условий (литологических особенностей пород береговых обрывов, современных тектонических движений), на фоне которых по-разному проявляется действие гидродинамических факторов: ветро-волновых процессов, стонно-нагонных колебаний уровня, перемещения наносов и т. д.

– Развитие современных береговых процессов на побережье Таганрогского залива, также тесно связано с хозяйственной деятельностью человека. Высокая плотность населения, активное строительство на нестабильном берегу, а также на косах, распашка под обрыв сельскохозяйственных земель приводит к потере устойчивости клифа и к волновым воздействиям.

В целом на исходя из анализа литературы можно выделить три основных фактора влияющих на размыв берегов и оползнеобразование на рассматриваемой территории: 1) Геологическое строение; 2) Абразионная деятельность вод залива; 3) Антропогенный фактор.

На современном этапе исследований исходя из анализа литературы имеется достаточное описание факторов формирования и эволюции морских берегов Таганрогского залива, большой ряд наблюдений за гидрометеорологическим факторами, геологическим строением берегов, динамикой экзогенных геологических процессов на мониторинговых участках. Однако стоит отметить, что достаточно протяженные участки берега не охвачены процессами мониторинга, а данные имеют разрозненный характер. Именно поэтому целесообразно применение современных информационных технологий и данных дистанционного мониторинга для решения этих проблем.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Динамическое преобразование берегов Таганрогского залива, сложенных четвертичными отложениями, не находят своевременного отклика в открытых картографических источниках, таких как крупномасштабные топографические карты и т.д., так как это напрямую зависит от сроков обновления данных материалов. В этой связи актуальность приобретает использование современных технологий анализа пространственных данных при помощи геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования Земли из космоса среднего, высокого и сверхвысокого пространственного разрешения. Благодаря своей наглядности и мобильности они имеют широкие перспективы использования в системных геоэкологических и геоморфологических исследованиях, а также для мониторинга экстремальных процессов на этапах обнаружения и наблюдения как за собственно процессом в действии, так и за последствиями его проявления.

В настоящее время мониторинг экзогенных геологических процессов на территории Ростовской области и Краснодарского края выполняется преимущественно инструментальными методами рядом научных и государственных ведомственных организаций, основной из которых, является Южный региональный центр Государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) — филиалом Федерального государственного унитарного геологического предприятия "Гидроспецгеология" (ФГУПП «Гидроспецгеология»). Наблюдения, выполняемые ФГУПП «Гидроспецгеология» являются составной частью функциональной подсистемы мониторинга состояния недр единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Существующая государственная опорная наблюдательная сеть (ГОНС) мониторинга ЭГП на территории округа, включает площадные объекты (участки дежурных инженерно-геологических обследований и участки детальных наблюдений), оборудованные линейными и точечными технологическими объектами (створ полуинструментальных наблюдений, скважина гидрогеологическая, репер грунтовый, марка настенная) (в соответствии с рисунком 2.1).

Кроме того, ведение государственного мониторинга реализуется специалистами Федерального государственного бюджетного учреждения «Информационно-аналитический центр по водопользованию и мониторингу Азовского моря» (ФГУ «Азовморинформцентр»), в соответствии с утвержденной «Программой работ по ведению государственного мониторинга водного объекта – Азовского моря». Для детального анализа динамики береговой линии и морфометрических характеристик прибрежных территорий Азовского моря в пределах Ростовской области и Краснодарского края были определены ключевые мониторинговые участки. Их общее количество составляет двенадцать, включающих 23 створа наблюдений, а суммарная протяженность достигает 193 километра. Данный подход позволяет обеспечить непрерывный контроль за изменениями в геоморфологическом облике прибрежной зоны, что имеет важное значение для разработки эффективных стратегий управления водными ресурсами и минимизации негативного воздействия антропогенных факторов на экосистему Азовского моря.

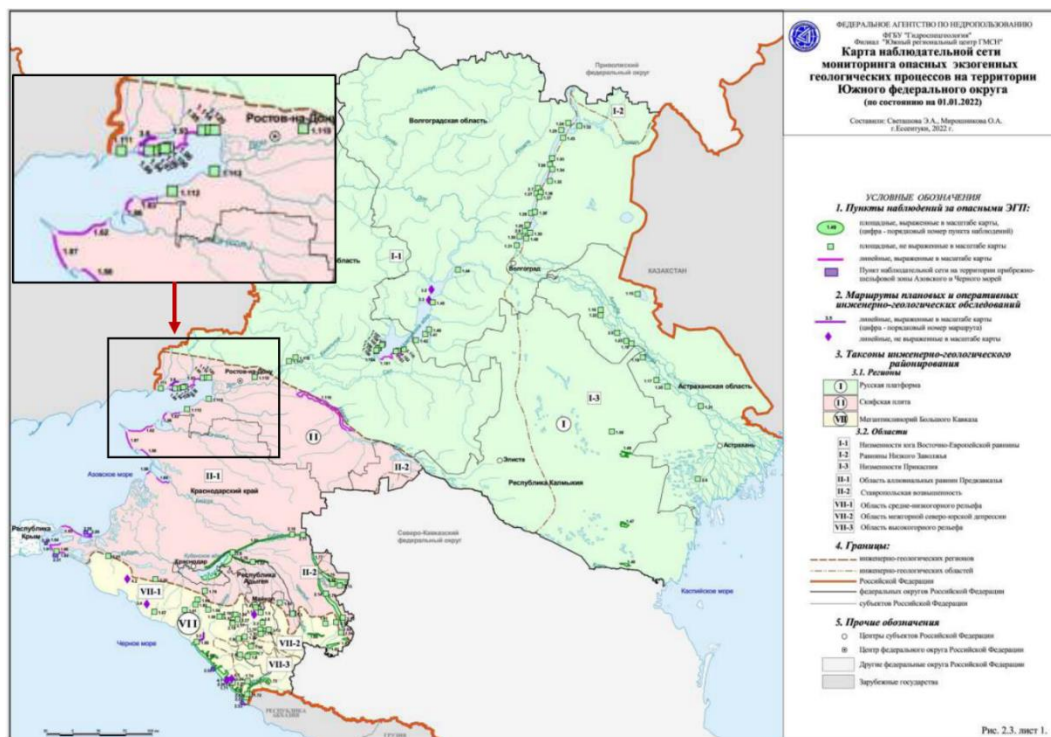


Рисунок 2.1 — Карта Государственной наблюдательной сети мониторинга ОЭГП на территории Южного федерального округа ФГУП «Гидроспецгеология» [59]

В рамках этих программ измерения выполняются на основе инструментальных методов мониторинга и проводятся по одним и тем же реперным точкам (пунктам/створам), а для прочих (соседних), участков дается краткое текстовое описание ситуации на основе маршрутных инженерно-геодезических обследований без формализованной количественной характеристики.

Комплексный анализ современных подходов к мониторингу динамики прибрежных зон морей и водохранилищ позволяет выделить несколько групп методов, каждая из которых характеризуется уникальными особенностями и специфическими областями применения. Эти группы включают в себя:

- Геодезические методы — геодезические инструментальные измерения, спутниковые геодезические измерения с применением глобальных навигационных спутниковых сетей (ГНСС) (ГЛОНАСС, GPS, Beidou и др.), наземное лазерное сканирование (наземная сканерная съёмка);

- Картографические методы — сравнительный анализ данных топографической съёмки и иных картографических материалов разных лет;

- Фотограмметрические методы — сравнительный анализ данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), полученных при помощи беспилотных воздушных судов (БВС), самолетов и вертолетов (активные и пассивные методы аэрофотосъемки (АФС)), сравнительный анализ данных ДЗЗ из космоса (активные и пассивные методы съёмки).

Однако стоит отметить, что все эти методы дополняют друг друга исходя из своих достоинств и недостатков. Так, например, классические инструментальные методы обладают самой высокой точностью, но имеют ограниченный пространственный охват и требуют значительных трудозатрат на организацию мониторинга.

Картографические методы являются эффективным инструментом для анализа динамики береговой зоны в долгосрочном временном интервале. Это обусловлено периодичностью обновления государственных топографических карт и государственных топографических планов. Она определяется на основе оценки

степени изменения местности по итогам анализа результатов аэросъемки, дистанционного зондирования Земли, информации, содержащейся в единой электронной картографической основе, Едином государственном реестре недвижимости и государственных информационных системах обеспечения градостроительной деятельности, а также информации, содержащейся в государственных фондах пространственных данных <sup>2</sup>.

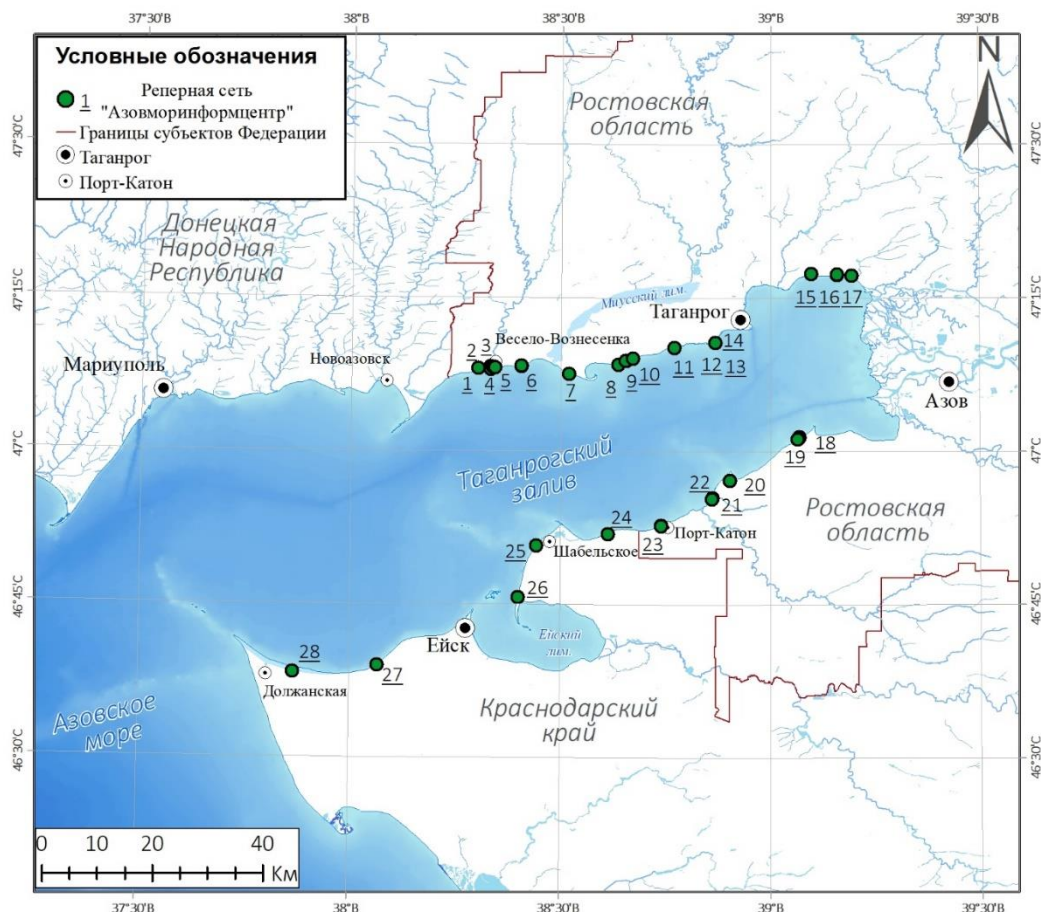


Рисунок 2.2 — Реперная сеть ФГУ «Азовморинформцентр» для наблюдения за состоянием берегов и изменением их морфометрических показателей (составлено автором)

Из этого следует что картографические материалы являются продуктом комплексного анализа результатов всех вышеперечисленных методов и период

<sup>2</sup>Постановление Правительства РФ от 12.11.2016 г. N 1174 "Об установлении требований к периодичности обновления государственных топографических карт и государственных топографических планов, а также масштабов, в которых они создаются" [Электронный ресурс] (ред. от 07.09.2020). – Режим доступа: СПС «Консультант Плюс»

обновления их может исчисляться годами, что не соответствует динамике процесса размыва берегов на территории Таганрогского залива.

Фотограмметрические методы используются для мониторинга больших площадей. Современные КА ДЗЗ предоставляют данные сверхвысокого пространственного разрешения в оптическом диапазоне до 30 см/пикс. Ярким примером служат космические аппараты «WorldView 3» и «WorldView 4», разработанные компанией «Digital Globe», являющиеся передовыми системами дистанционного зондирования Земли. Они предоставляют значительный объем данных космической съемки с пространственным разрешением от 0,5 до 1 метра, что сопоставимо с характеристиками российских космических систем, включая КА «Ресурс-П». В контексте анализа точности данных, получаемых от этих систем, следует отметить, что погрешность по высоте, как правило, составляет от 1,5 до 2 пикселей, что эквивалентно диапазону от 75 до 100 сантиметров. В плане погрешность обычно находится в пределах 2–3 пикселей, что соответствует 1–1,5 метрам. Эти параметры позволяют осуществлять разработку планов в масштабе от 1:5000 до 1:2000, что является важным фактором для эффективного планирования и управления территориями и дает возможность использовать материалы космической съемки для мониторинга долговременной динамики морских берегов.

В рамках классификации аэрокосмических методов дистанционного зондирования, помимо традиционной космической съемки, выделяется воздушная съемка, осуществляемая с различных типов носителей. К ним относятся беспилотные воздушные суда (БВС) различной взлетной массы, продолжительности полета и конструктивных характеристик. Также применяются малые носители, такие как мотодельтопланы, обеспечивающие мобильность и гибкость в проведении аэрофотосъемки. Съемка с вертолетов и самолетов, обладающих высокой маневренностью и возможностью достижения значительных высот, является еще одним важным компонентом воздушной съемки. Кроме того, в данном контексте следует упомянуть наземную фотограмметрическую съемку, которая, несмотря на свою принадлежность к

наземным методам, играет важную роль в общей системе аэрокосмических исследований.

Аэрофотосъемка позволяет определить геометрию береговой зоны и в дальнейшем оценить ее морфометрию и динамику. В качестве примеров можно рассмотреть удачный опыт применения БВС для исследований береговых процессов Цимлянского водохранилища, полученный сотрудниками Российского научно-исследовательского института комплексного использования и охраны водных ресурсов (РосИНИВХЦ) [63, 131, 134,].

Исходя из этого, для создания комплексной системы мониторинга береговой зоны Таганрогского залива необходима разработка основы, которая включила бы в себя результаты перечисленных методов мониторинга, а также большое число пространственных данных и иной непространственной информации об исследуемом объекте.

Доступным способом визуализации и систематизации пространственной информации может выступать комплексная геоинформационная система, которая позволит успешно решить задачи моделирования и прогнозирования опасных береговых процессов. Как известно, разработки в этой области картографирования остаются на сегодняшний день одним из основных методов системного географического изучения развития территорий, так как к числу основных функций таких систем относится: сбор; хранение; обработка и визуализации пространственной информации (геоданных).

## **2.1. Геоинформационная система «Берега Азовского моря»**

В последние десятилетия геоинформационные технологии широко применяются для решения целого ряда научных и практических задач, особенно в области наук о Земле [25, 36, 12]. Геоинформационные системы (ГИС) играют ключевую роль в комплексном анализе прибрежных территорий, учитывая их высокую уязвимость к воздействию как природных, так и антропогенных факторов. В контексте комплексного анализа и управления прибрежными зонами, инструментальные возможности ГИС представляют собой незаменимый

инструмент для эффективного планирования, мониторинга и анализа данных. Эти системы позволяют интегрировать и анализировать пространственные и временные данные, что способствует более точному прогнозированию изменений и разработке стратегий устойчивого развития. Большое количество исследований, посвященных применению ГИС в прибрежных зонах [114, 15, 13, 67] подтверждают значимость данного подхода для обеспечения экологической безопасности и устойчивого использования природных ресурсов.

В рамках комплексного исследования проблем прибрежной зоны Азовского моря, ряд ученых предприняли попытки разработки геоинформационных систем (ГИС): ГИС «Вербяная коса» [5]; ГИС «Опасные природные и техноприродные процессы морского побережья Ростовской области» [36]; серия тематических картографических материалов созданным на базе ГИС построены в работах Л.В. Кропянко [54-59]. Для побережья Крыма реализована информационно-справочная система «Морские берега Крыма» [114, 28]. В ЮНЦ РАН с 2008 года проводятся работы по созданию единой геоинформационной системы (ГИС), содержащей данные об экологической изученности наземных и водных экосистем Юга России [46]. В продолжении этих работ в монографии [133] описан алгоритм и реализация совместного проекта ЮНЦ РАН и кафедры «Глобальных информационных систем», института высоких технологий и пьезотехники ЮФУ – «Геопортал «Экологическая изученность береговой зоны и шельфа Азовского и Черного морей» с применением облачной технологии» на основе разработанной локальной ГИС [62, 63, 11].

Опираясь на этот опыт, для успешного функционирования системы мониторинга береговой зоны Таганрогского залива необходимо наличие информационной системы, которая содержит как фактографическую, так и картографическую информацию о природной среде, социально-экономических показателей, динамике размыва берегов и др. Учитывая определяющую роль пространственного фактора, эта система должна быть основана на геоинформационных технологиях, которые обеспечивают интеграцию различных пространственных и непространственных данных по исследуемым объектам.

Целью разработки такой ГИС является создание основы для единой схемы мониторинга береговой зоны Таганрогского залива, обеспечивающей сбор данных, их обработку, анализ, моделирование и представление информации.

Для разработки геоинформационной системы были задействованы обширные и разнообразные источники данных. В частности, использовались фондовые материалы кафедры океанологии ЮФУ и Южного научного центра РАН, которые основаны на многолетних полевых исследованиях, проводимых на реперной сети мониторинга [20]. Также были привлечены данные ежегодных отчетных бюллетеней Федерального государственного учреждения «Азовморинформцентр» в рамках «Программы работ по ведению государственного мониторинга водного объекта – Азовского моря на территории Ростовской области и Краснодарского края».

В дополнение к этим источникам, в исследовании были использованы исторические картографические материалы, литературные источники, данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса и результаты аэрофотосъемки с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). На первом этапе работ была проведена систематическая обработка и структуризация этих данных, что позволило создать комплексную базу информации для последующего анализа и интеграции в ГИС.

Для разработки геоинформационной системы были использованы: фондовые данные кафедры океанологии ЮФУ и Южного Научного Центра РАН, основанные на многолетних полевых исследованиях на реперной сети; материалы «ФГУ «Азовморинформцентр», полученные в рамках «Программы работ по ведению государственного мониторинга водного объекта – Азовского моря на территории Ростовской области и Краснодарского края»; исторические картосхемы, литературные источники, данные дистанционного зондирования Земли из космоса и результаты аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов.

На первом этапе работ в результате систематизации данных регулярных исследований динамики берегов, имеющих более чем сорокалетнюю историю, была разработана специализированная база геоданных, представляющая собой

подсистему геоинформационной системы (ГИС). Данная структура функционирует как интегрированное хранилище географически распределённой информации, обеспечивая комплексное управление, обработку и анализ пространственных данных.

БГД «Берега Азовского моря» содержит векторные и растровые данные о геологическом, геоморфологическом строении и других характеристиках берегов Азовского моря.

Кроме того, для наполнения ГИС более широкой информацией были добавлены базы данных, созданные в ЮНЦ РАН:

– БГД MSEP – д мониторинга социально-экономических процессов за период с 2000 по 2016 г.;

– БД «Гидрометеорологические наблюдения на береговых постах Азовского моря» [107].

В качестве программной платформы для разработки ГИС был выбран программный продукт ArcGIS 10.\*. Вся информация структурирована в ГИС в виде основных блоков (в соответствии с рисунком 2.3), каждый из которых содержит в себе структурированную тематическую информацию.

Общепринятым представлением информации в ГИС является картографическая основа, которая может быть представлена в виде растровой или векторной электронной карты и поверх нее уже отображается интересующая пользователя информация.

В связи с этим, в первом блоке «Базовая пространственная модель (или базовая карта)», реализована в виде картографической подложка на основе векторных данных, в которой настроены шаблоны компоновок, шрифты, отображение групп символов и другие параметры, из которых создаются документы карт. Блок включает в себя более двадцати векторных классов пространственных объектов на основе свободно распространяемых данных о территории «OpenStreetMap (OSM)<sup>3</sup>», такие как: административно-

---

<sup>3</sup> OpenStreetMap некоммерческий веб-картографический проект по созданию свободной географической информации. – URL: <https://www.openstreetmap.org/>

территориальное деление (государственные границы, границы субъектов федерации, границы муниципальных образований и т.д.); дорожная сеть (федеральные трассы, дороги регионального и местного значения, с твердым покрытием, грунтовые); улицы; здания; водоемы и реки; границы ООПТ; туристические объекты др. Используемая для отображения картографическая проекция WGS 1984 Web Mercator (auxiliary sphere).

Описание структуры ГИС приводится по материалам [107]:

*Блок Информация о берегах и природной среде* содержит описание ключевых береговых участков, куда включена информация : протяженности участка (км); типе берега: абразионный (А), абразионно-оползневой (А-Оп), обвальный (Об), оползневой (О), отмерший береговой обрыв (ОтБ), аккумулятивный (Акк), аллювиально-морской (Алл-М); геоморфологическое описание берегов: уклон подводного склона, максимальная скорость абразии, высота склона (м), крутизна склона (град.), вертикальное геологическое строение клифа, тектоника (+/- мм/год), ширина пляжа (м), эрозионная расчлененность (км/км<sup>2</sup>); гидрометеорологические факторы: волноопасные румбы, максимальная высота волны (м), экстремальные уровни воды (м); наличие/отсутствие или необходимость берегозащитных сооружений, виды антропогенной деятельности.

*Блок полевых исследований* содержит информацию о реперных сетях наблюдений за береговыми процессами. В ГИС включено 53 репера сети наблюдений Южного федерального университета, охватывающие Таганрогский залив, юго-восточное побережье Азовского моря и азовское побережье Керченского полуострова (в соответствии с рисунком 2.4) и 28 репера (ФГБУ «Азовинформцентр»<sup>4</sup> на побережье Таганрогского залива в пределах Ростовской области и Краснодарского края (в соответствии с рисунком 2.2).

*Блок данных дистанционных наблюдений* включает в себя растровые данные: данные дистанционного зондирования Земли из космоса, с космических аппаратов (КА) миссий «Corgona» за 1964, 1967, 1971 (пространственное разрешение 1,8–2 м)

---

<sup>4</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Информационно-аналитический центр по водопользованию и мониторингу Азовского моря». – URL: <http://azovinform.ru/>

и 1975 гг. (пространственное разрешение 6–12 м), КА Spot-1 за 1986 г. (пространственное разрешение 10 м), КА Spot-5 1986, 2006, 2010 гг. (пространственное разрешение 5 м), КА Ресурс-П за 2014, 2017, 2019 гг. (пространственное разрешение 1 м) КА Sentinel-2 за 2020-2022 г. (пространственное разрешение 10 м); аэрофотоснимки Ейской и Очаковской кос за 1941–1943 гг.; фото- и видеоматериалы экспедиционных исследований, полученные с помощью БПЛА (в надир и перспективу 2016-2020 гг.). Этот блок будет рассмотрен более детально в следующих разделах настоящей работы.

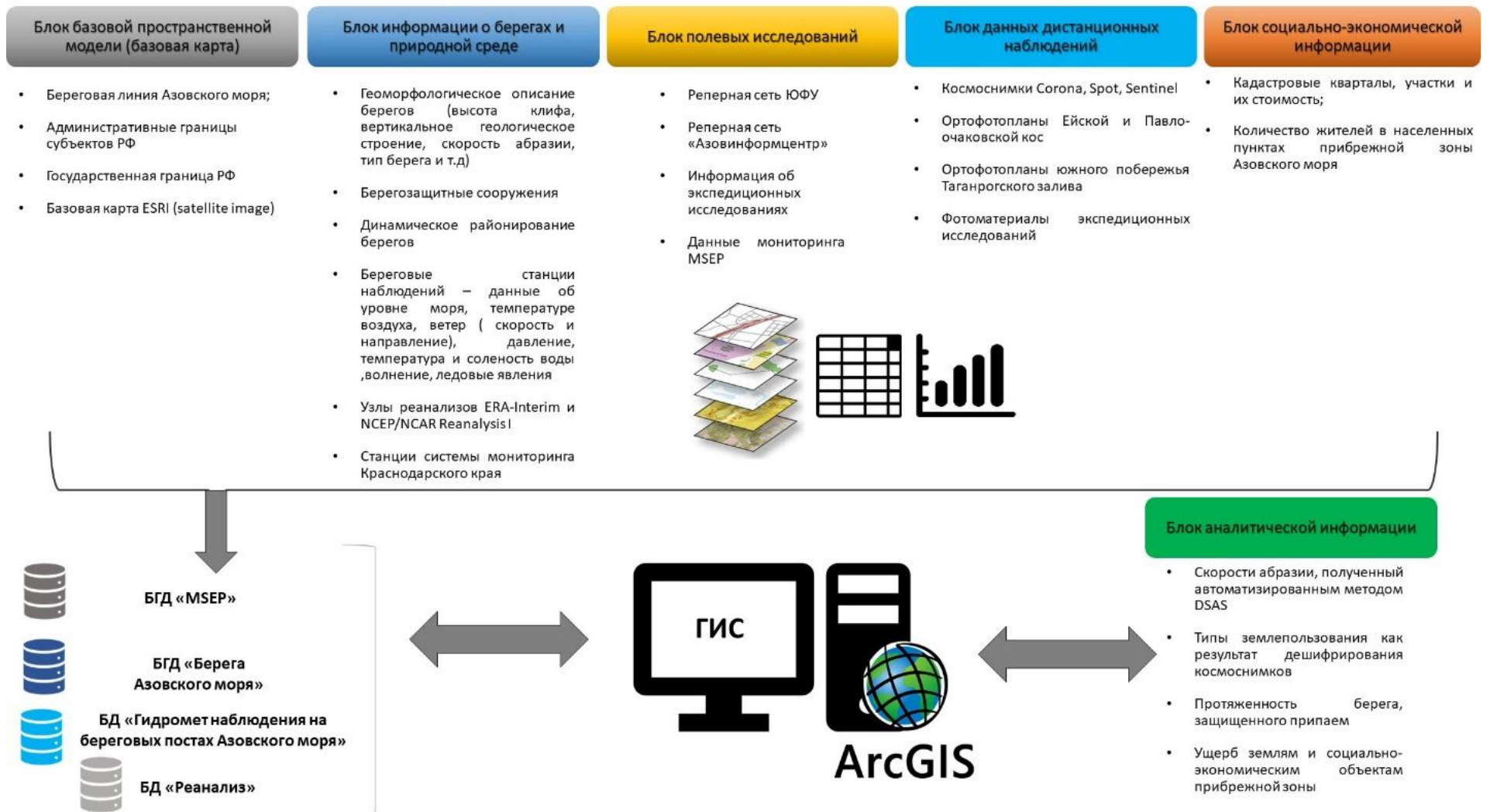


Рисунок 2.3 — Структура геоинформационной системы «Береговые процессы в Азовском море» [107]

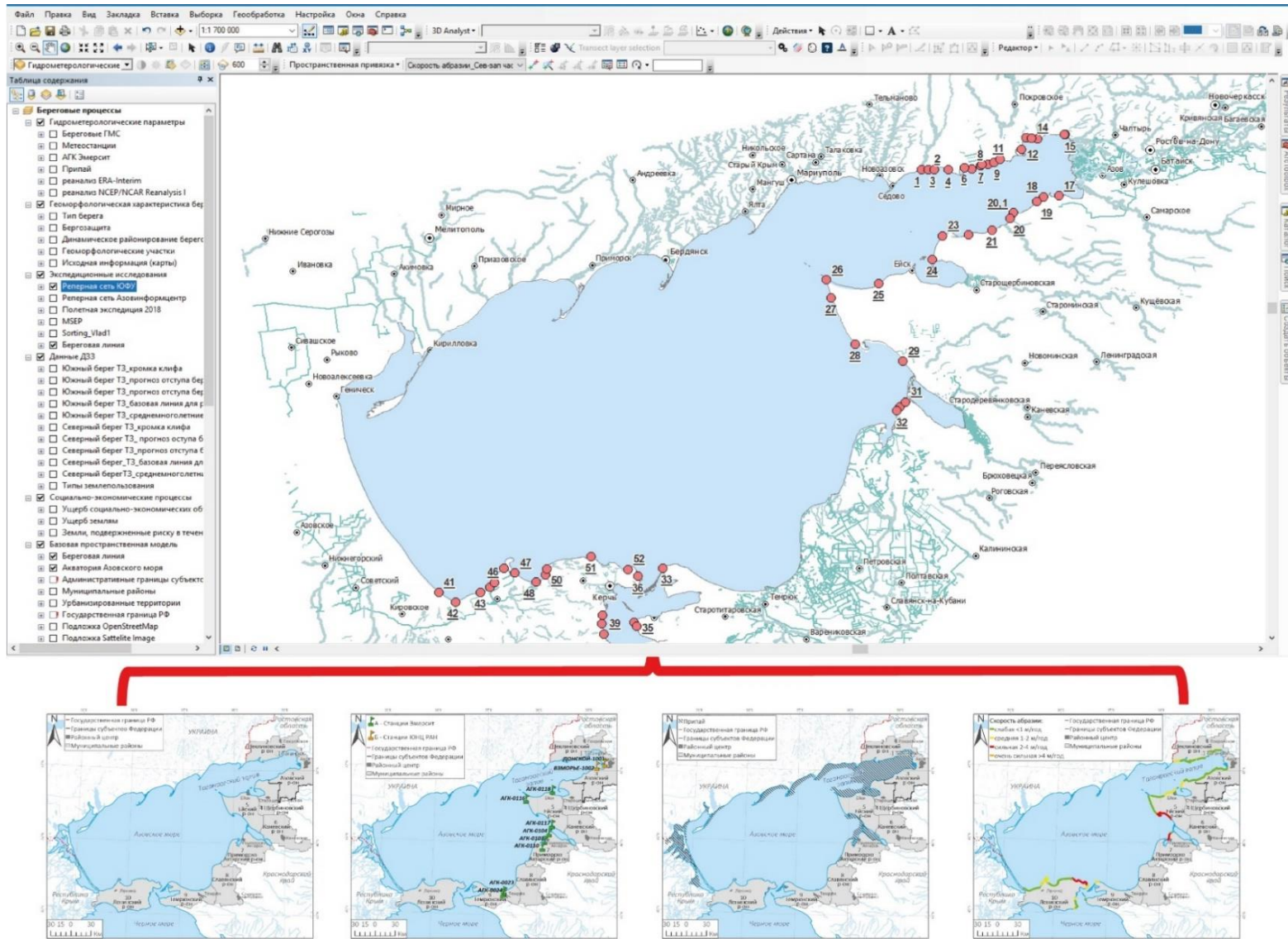


Рисунок 2.4 — Общий вид геоинформационной системы «Береговые процессы в Азовском море» [107]

## 2.2. Методика пространственно-временного анализа динамики берегов

В настоящий момент для оценки состояния береговой зоны морей и океанов используют различные группы методов, однако большая протяженность береговой линии исследуемых морей и океанов обуславливает роль применения современных дистанционных методов в изучении береговых процессов.

Современные космические снимки (КС) высокого (до 10–30 м/пикс.) и сверхвысокого (<1 м) пространственного разрешения обладают рядом значительных преимуществ по сравнению с традиционными методами аэрофотосъемки. Несмотря на сопоставимые показатели пространственного разрешения, КС обеспечивают существенно больший охват территории, что делает их особенно эффективными для крупномасштабных исследований. В последние годы значительный прогресс в области информационно-космических технологий привел к существенному повышению пространственного разрешения КС, что открывает новые возможности для детального изучения динамики береговых процессов.

Снимки с сверхвысоким пространственным разрешением (0,5-0,8 м) могут быть получены с различных космических аппаратов, таких как Иконос (Ikonos) с 1999 года, Квикбёрд (QuickBird) с 2001 года, Ворлдвью (WorldView)-1,2 с 2007 года, Ресурс ДК с 2006 года и Ресурс-П с 2016 года. Однако, несмотря на эти достижения, существует ряд ограничений, которые сдерживают их широкое применение для изучения многолетней динамики береговых зон морей. Ограниченный временной охват архива снимков высокого разрешения и высокая стоимость их получения являются существенными факторами, ограничивающими их использование в научных исследованиях.

Таким образом, несмотря на значительные преимущества, которые предоставляют современные космические снимки, для их эффективного применения в изучении береговых процессов необходимо учитывать ряд технических и экономических факторов, которые требуют дальнейшего анализа и оптимизации. Снимки высокого разрешения, как правило имеют большую

популярность при проведении научных исследований, по причине большего временного охвата (Landsat с 1972 г., Spot с 1986 г.) и как правило открытым доступом к данным.

Кроме того, большой интерес имеют снимки раннего периода эпохи ДЗЗ, например, архивы данных с разведывательной миссии «Corona». В ходе этой миссии в августе 1960 года были получены первые снимки территории СССР из космоса. Программа задумывалась как американская система видовой разведки для оценки работ по советской ракетной программе и данные были засекречены вплоть до 1998 года. Всего в рамках программы было получено более 900 тысяч изображений земной поверхности. В настоящий момент часть данных находится в свободном доступе, часть имеет коммерческий доступ.

С развитием геоинформационных систем все больше исследователей стали применять дистанционные методы в изучении береговой зоны. Открытые архивные данные позволяют оценивать динамику рельефа в пределах последних 50–60 лет в пределах морских и океанических побережий всего мира:

В рамках исследования динамики береговой линии в регионе Каньякумари - Тутикорин (южное побережье Индии), где после катастрофического цунами 2004 года наблюдаются непрерывные гидродинамические и морфологические трансформации, были использованы геоинформационные системы (ГИС) и данные ДЗЗ со спутников IRS и Landsat за период с 1999 по 2009 годы [149];

Исторические изменения положения береговой линии и зон затопления на основе прогнозируемых сценариев уровня моря на 0,5 и 1 м были оценены для района Нагапаттинам (в соответствии с рисунком 2.5), низменного прибрежного района на юго-восточном побережье Индии на основе данных миссии Shuttle Radar Topography с высоким разрешением, нескольких датированных спутниковых снимков Landsat 1978, 1991, 2003 и 2015 годы и данных переписи 2011 года [128];

В работе [143], на основе исторических карт и спутниковых снимков были выполнены оценки изменений береговой линии и территориальных изменений прибрежной равнины Вольтурно, Южная Италия;

В дельте реки Ешилirmак на севере Турции проанализированы темпы эрозии и изменения береговой линии (в соответствии с рисунком 2.6) до строительства крупномасштабных плотин на реке за период с 1953 год до 2017 года [129];

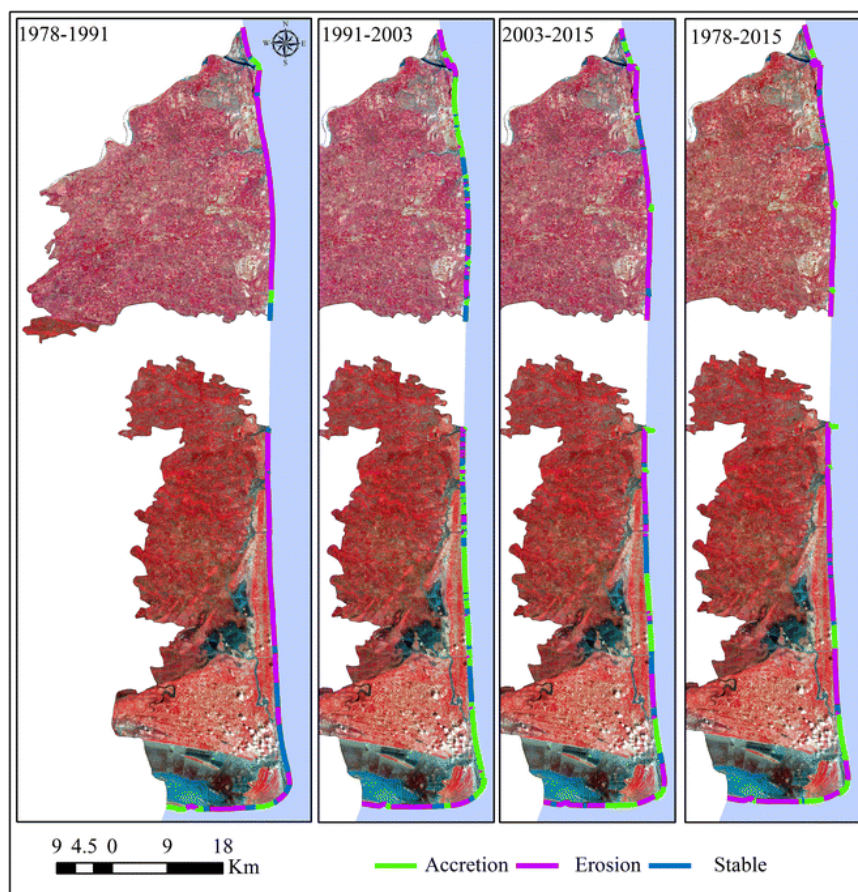


Рисунок 2.5 — Положение береговой линии, наложенное на спутниковые снимки 1978–2015 годов [128]

В прибрежных районах Сурабаи (Индонезия) выявлены изменения береговой линии с 1994 по 2018 год. Исследователи использовали данные дистанционного зондирования со спутников Landsat 5 (1994), Landsat 7 (2003) и Landsat OLI 8 (2018) [27];

Для крымского побережья Черного моря в районе пос. Любимовка, на основе спутниковых изображений, размещенных на ресурсе «Google Планета Земля»<sup>5</sup> выполнен анализ статистических характеристик смещений береговой линии пляжа за период 2009–2014 гг. [28];

<sup>5</sup> Google Планета Земля — проект компании «Google», в рамках которого в сети Интернет размещены спутниковые (или в некоторых точках аэрофото-) изображения всей земной поверхности. – URL: <https://www.google.ru/intl/ru/earth/>

Для побережья Карского моря группа ученых из Лаборатории геоэкологии севера МГУ провели оценку динамики за несколько периодов. Исследование базировалось на совмещении съемок с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с более ранними спутниковыми снимками и глобальной арктической цифровой моделью рельефа (ArcticDEMs) [136].

Все вышеупомянутые исследования базируются на применении программного обеспечения Digital Shoreline Analysis System (DSAS), которое интегрировано с Esri ArcGIS desktop. Представленный метод, реализованный в программном обеспечении DSAS, обеспечивает автоматизированный подход к анализу изменений береговой линии, предоставляя надежный набор коэффициентов регрессии в рамках стандартизированного и легко воспроизводимого алгоритма. Данный метод применим к большим объемам данных, собранных на национальном уровне, что позволяет проводить комплексные исследования пространственно-временных изменений. DSAS разработано для упрощения процесса расчета динамики береговой линии, предоставляя информацию о скорости изменений и статистические данные, необходимые для оценки достоверности результатов. DSAS также может быть адаптирован для широкого спектра приложений, связанных с анализом временных изменений пространственных характеристик, таких как оценка динамики границ ледников на последовательных аэрофотоснимках, мониторинг изменений береговой линии рек или анализ трансформации растительного покрова. Данный инструмент получил широкое признание среди национальных и региональных правительств по всему миру, став неотъемлемой частью стратегий управления прибрежными ресурсами и принятия обоснованных решений в данной сфере.

DSAS был первоначально разработан Геологической службой США (USGS) в начале 1990-х годов и с тех пор непрерывно совершенствовался, став ключевым компонентом проекта по оценке рисков изменения береговой линии на территории США [147-148]. Первоначальная версия программного обеспечения, DSAS 1.0 (1992), была реализована на языках программирования C и awk, обеспечивая интеграцию с географическими информационными системами MapGrafix и

ArcInfo, что значительно расширило его функциональные возможности и область применения. DSAS версии 2.0 была написана на Avenue для ArcView 3.x. DSAS версии 3.x (ArcGIS 9), DSAS версии 4.2 (ArcGIS 9) и DSAS версии 4.3.4730 (ArcGIS 10) были написаны на VB.NET использование библиотеки объектов ArcObjects для ArcGIS.

Исходя из анализа литературы [143-144; 146–150] исследователи со всего мира применяют данную систему для оценки пространственной динамики поведения прибрежной зоны. Инструменты системы в рамках ArcGIS не только расширяют функциональные возможности программного обеспечения, но и позволяют рассчитывать масштабы и темпы эрозии по нескольким историческим позициям береговой линии.

На современном этапе Digital Shoreline Analysis System (DSAS) v5, представляет собой панель инструментов добавляемой в виде модуля к полнофункциональной ГИС Esri ArcGIS Desktop 10.4–10.6 и предоставляется на бесплатной основе.

Для работы с инструментом используются линейные классы пространственных объектов из базы геоданных, с настроенной семантической информацией, которая включает указание даты береговой линии, оценки неопределенности и длины линии в метрических единицах измерения (в соответствии с таблицей 2.1). Такая информация обусловлена работой инструмента, иначе статистика не будет рассчитываться, и будет сгенерировано предупреждающее сообщение.

Использование базы геоданных, позволяет хранить и управлять всеми данными в одном месте, а использование метрических единиц позволяет получить статистику по расстояниям между линиями и высчитать скорости размыва или аккумуляции за указанный временной период.

Методика с применением инструмента DSAS предоставляет возможность расчета статистических показателей скорости изменения береговой линии на основе анализа исторических данных, полученных с использованием серии

разрезов (трансектов), перпендикулярных береговой линии и расположенных с заданным интервалом (в соответствии с рисунком 2.6)

Таблица 2.1 — Основные поля атрибутов для береговых и базовых линий (составлено по материалам [148])

Field name	Data type	Attribute addition	DSAS requirement
OBJECTID	Object identifier	Autogenerated	Required
SHAPE	Geometry	Autogenerated	Required
SHAPE_Length	Double	Autogenerated	Required
DATE_ (DSAS_date)*	Text (Length=10 OR Length=20)	User-created*	Required
UNCERTAINTY (DSAS_uncy)*	Any numeric field	User-created*	Required
SHORELINE_TYPE (DSAS_type)*	Text	User-created*	Optional (unless dataset includes the proxy-datum bias, then this field is required)

В качестве начальной точки отсчета используется базовая линия, которая определяется и строится пользователем произвольно на дистанции от современной береговой линии. Положение такой линии не ограничено никакими строгими правилами: она может быть размещена как в одной стороне от современных данных береговой линии (например, на суше или в море), так и между историческими позициями береговой линии, что предоставляет исследователю значительную гибкость в выборе исходных данных.

В рамках вычислительного процесса DSAS осуществляет измерение евклидова расстояния между базовой линией и каждой точкой пересечения береговой линии вдоль заданного разреза. Дополнительно система интегрирует информацию о временной метке и статистическую оценку погрешности позиционирования для каждого положения береговой линии.

Данная процедура позволяет генерировать следующие ключевые метрики изменения береговой линии [148]:

*Измерения расстояния:*

- Изменения береговой линии (SCE);
- Чистое движение береговой линии (NSM).

*Статистика:*

- Скорость конечной точки (EPR);
- Коэффициент линейной регрессии (LRR);
- Взвешенный коэффициент линейной регрессии (WLR).

*Дополнительная статистика для линейной и взвешенной регрессии:*

- Доверительный интервал (LCI/WCI);
- Стандартная ошибка (LSE/WSE);
- R-квадрат (LR2 / WR2).

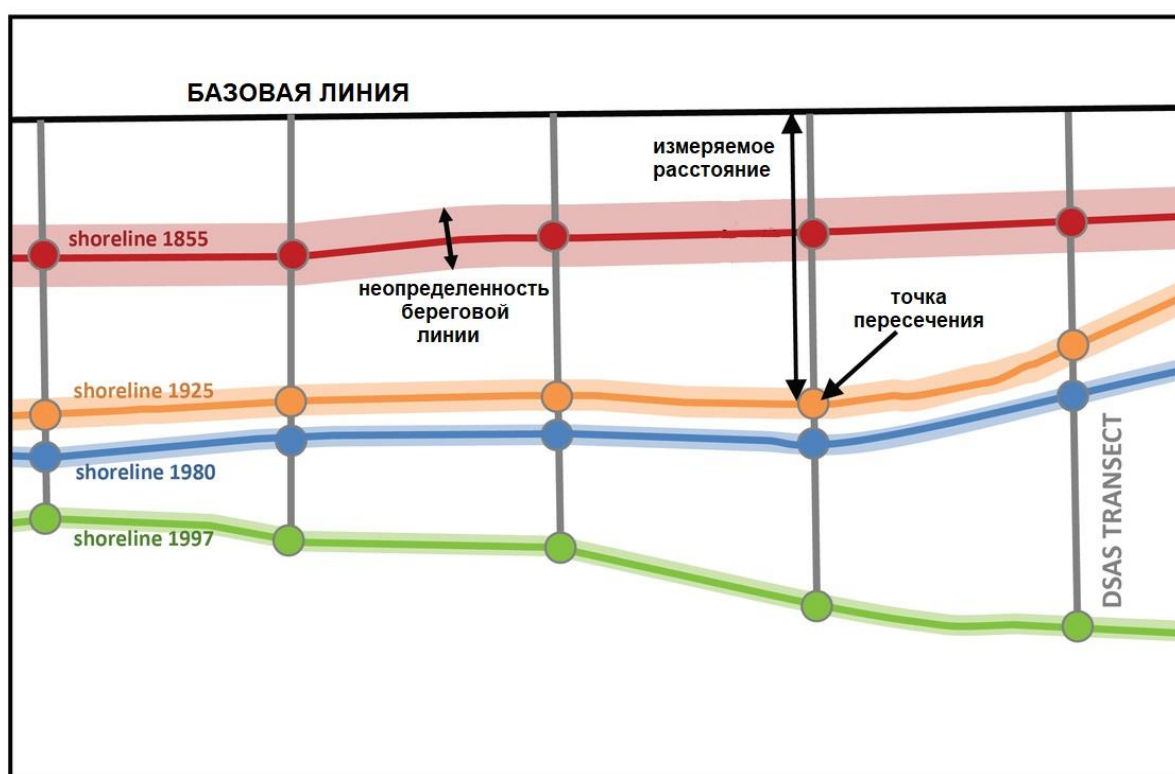


Рисунок 2.6 — Схема измерения расстояния от базовой линии до каждой точки пересечения DSAS v5 [148]

С использованием инструмента анализа динамики береговых линий, основанного на последовательном алгоритме, который схематически представлен на рисунке 2.7 пользователь может автоматизировать процесс расчета на базе предоставленных ВХОДНЫХ ДАННЫХ.

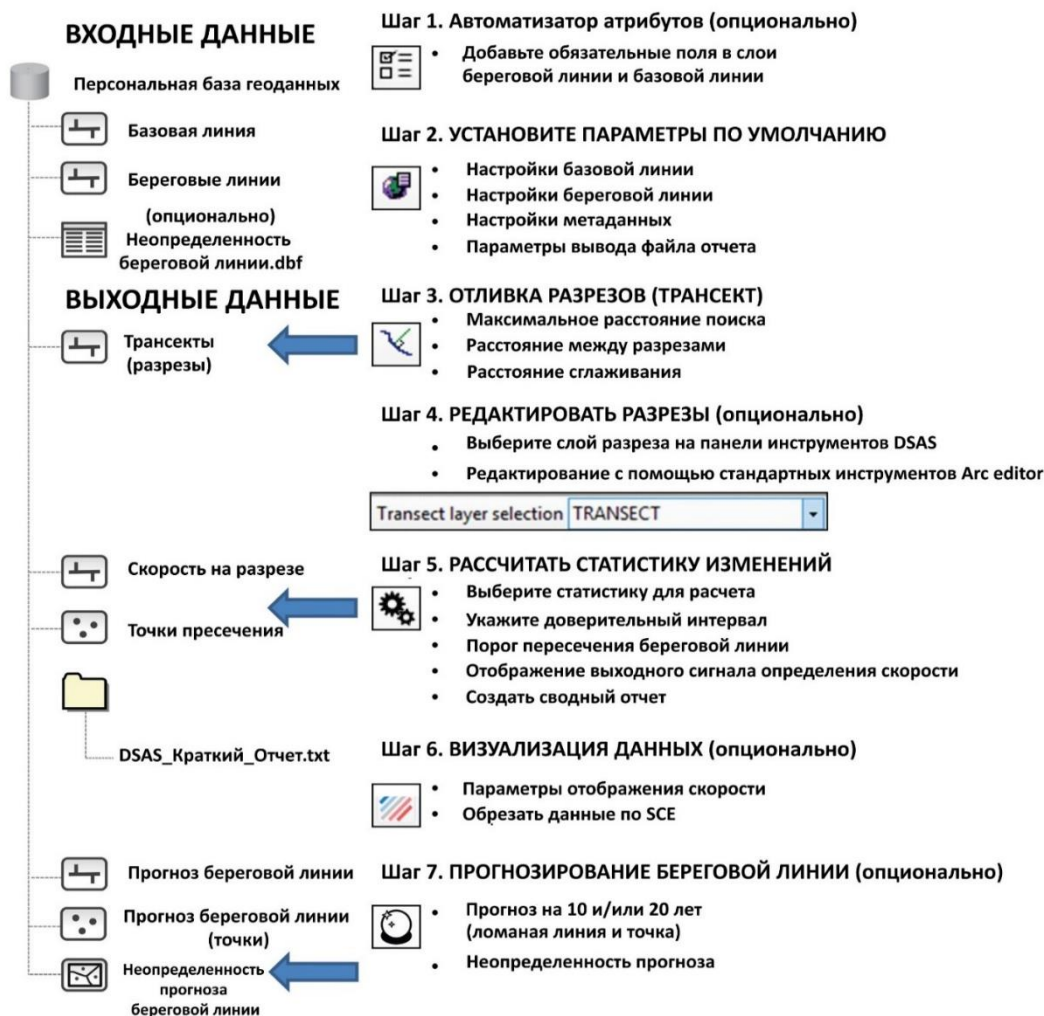


Рисунок 2.7 — Алгоритм работы с инструментом DSAS (составлено автором)

Все вычислительные операции завершаются генерацией нового класса пространственных объектов, характеризующихся скоростью изменений. Этот класс обладает функциональностью, позволяющей визуализировать результаты как в стандартном биннинге, так и с возможностью масштабирования в зависимости от объема данных. Система автоматически определяет длину разреза и корректирует его до границ экстенда данных береговой линии, обеспечивая тем самым точность анализа [148].

Дополнительно пользователи имеют возможность генерировать сводные текстовые файлы, содержащие средние значения рассчитанных **скоростей** и расстояний. Визуализация данных предоставляет гибкие опции отображения информации о скорости, что способствует более глубокому пониманию динамики

изменений береговых линий и позволяет принимать обоснованные решения на основе полученных данных.

### **2.3. Методика прогноза движения береговой линии**

Помимо вышеупомянутых функций и генерации статистических данных о динамике береговых линий в DSAS v 5.0, предоставляется возможность прогнозирования будущих изменений береговой линии на период от 10 до 20 лет. Прогнозирование осуществляется на основе анализа исторических данных о местоположении береговой линии с использованием фильтра Калмана [151] и математической модели, описывающей эволюцию береговой линии [154].

На рисунке 2.8 показан пример прогноза береговой линии и неопределенности, полученных на основе модели фильтра Калмана. Для сравнения также показана простая линейная регрессия.

Алгоритм фильтра Калмана инициализируется посредством линейной регрессии (в соответствии с рисунком 2.9), вычисленной с помощью программного обеспечения DSAS. Впоследствии он осуществляет оценку положения и скорости изменения береговой линии с периодичностью в десять лет, предоставляя оценку неопределенности на каждом временном шаге. Для корректного применения фильтра Калмана необходимо предварительно выполнить расчеты скорости, включающие линейную регрессию в качестве одной из метрик скорости. Следует отметить, что линейная регрессия (LLR) может быть выполнена при наличии трех или более береговых линий, однако прогнозирование береговой линии не представляется возможным при использовании данных, содержащих менее четырех береговых линий. После активации функции прогнозирования береговой линии на панели инструментов DSAS, объекты, содержащие поле атрибута LRR, отобразятся в выпадающем меню для выбора (в соответствии с рисунком 2.10).

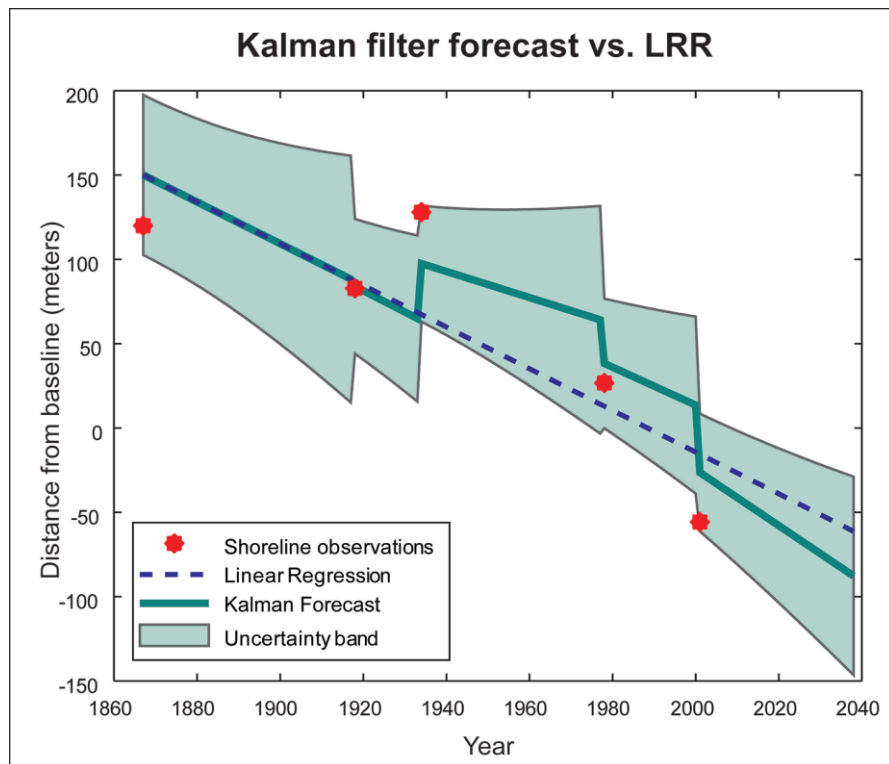


Рисунок 2.8 — Сравнение прогноза береговой линии с использованием фильтра Калмана и линейной регрессии [148]

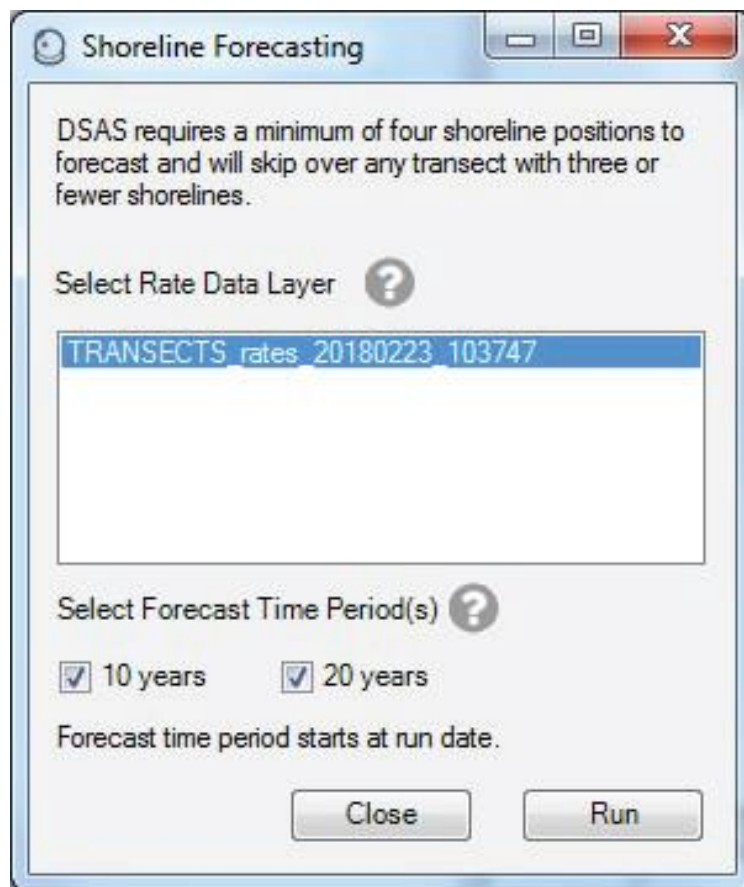


Рисунок 2.9 — Окно прогнозирования береговой линии (составлено автором)

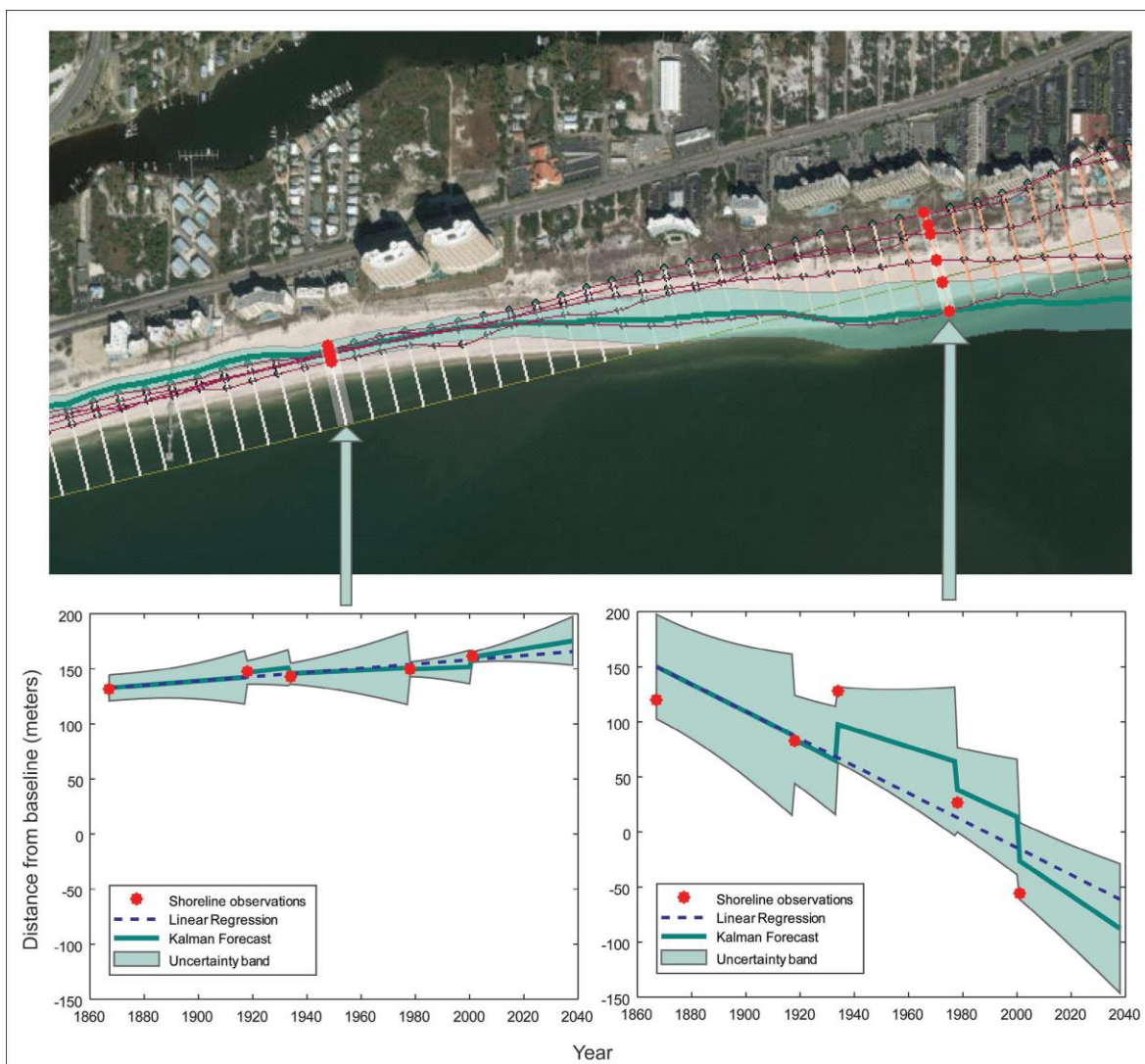


Рисунок 2.10 — Пример прогноза береговой линии на основе фильтра Калмана и неопределенности в двух точках трансекта цифровой системы анализа береговой линии (DSAS) [148]

Прогноз динамики береговой линии на временной горизонт в 10 и/или 20 лет представляется в виде двух классов пространственных объектов: полилинейных и точечных. Полилинейные объекты отображают прогнозируемую траекторию изменения береговой линии в указанный период, в то время как точечные объекты содержат дополнительные атрибуты, включая параметры трансектов и прогнозные характеристики, что обеспечивает их функциональность при экспорте и последующем анализе.

Для визуализации прогнозируемых изменений береговой линии необходимо учитывать соответствующую неопределенность прогноза. Линия горизонта прогноза должна быть отображена с учетом возможных отклонений от прогнозируемого положения береговой линии, что позволяет более точно интерпретировать результаты моделирования и принимать обоснованные решения на основе полученных данных.

Неопределенность прогноза береговой линии визуализируется посредством прозрачного класса полигональных объектов, что позволяет интерпретировать данный слой как полосу неопределенности в отношении прогнозируемой линии горизонта.

Следует подчеркнуть, что использование прогнозов, генерируемых данным инструментом, требует особой осторожности. Процессы, определяющие динамику береговой линии, характеризуются высокой степенью сложности и часто не поддаются точному количественному описанию в рамках исходных данных модели. Множество факторов, которые могут оказывать существенное влияние на изменение береговой линии, остаются вне учета данной методологии или включаются в модель лишь в рамках допущений неопределенности.

Методология основывается на предположении, что линейная регрессия, экстраполированная на основе исторических данных о положении береговой линии, является адекватным инструментом для прогнозирования будущих изменений. Однако данное предположение не всегда оказывается корректным, учитывая нелинейные и стохастические процессы, которые могут существенно влиять на динамику береговой линии.

#### **2.4. Методика анализа динамики морского края дельты реки Дон**

Методика основывается, как и в предыдущем разделе на дешифровании одновременных космических снимков среднего, высокого и сверхвысокого пространственного разрешения.

За морской край дельты была принята граница сплошной надводной растительности, так как МКД сильно изрезан и практически на всем протяжении

зарос тростниковой растительностью (в соответствии с рисунком 2.11). Во многих исследованиях применяется такой подход к выделению МКД, так как установить береговую линию местами затруднительно. Зрелый растительный покров является надежным показателем состояния береговой линии, независимо от разрешения спутниковых снимков [144, 64, 65, 110, 153].

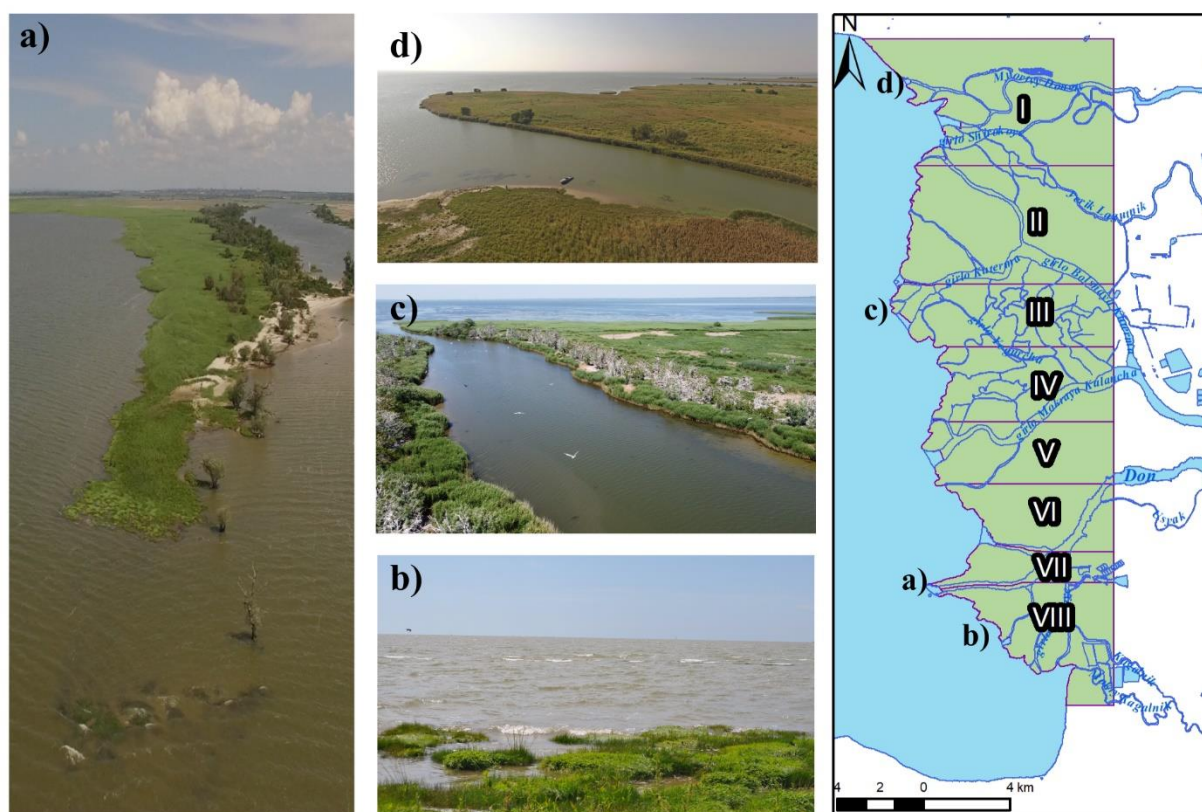


Рисунок 2.11 — Вид на МКД в различных районах дельты р. Дон (составлено автором)

В работе использованы материалы, в рамках реализации Крупного научного проекта 13.1902.24.06 «Южный вектор национальной безопасности в условиях геополитических и климатических вызовов» (Соглашение с Минобрнауки России № 075-15-2024-258 от 24.04.2024 г.), Этап 1 - пп.1.4, ПГ и пп. 4.4, ТЗ, Этап 2-п.2.2, и 4.35 ТЗ.

В рамках данного исследования были задействованы архивные данные космических миссий «Corona», «Spot» и «Sentinel-2». Выбор этих источников обусловлен наличием открытого доступа к материалам через архивы данных «EarthExplorer USGS» (Геологической службы США) и «SWH Data Center», а также

высоким пространственным разрешением снимков (в диапазоне от 4 до 10 метров). Для анализа динамики изменения морского края дельты реки Дон была сформирована выборка космических снимков (в соответствии с таблицами 2.2 и рисунками 2.12), охватывающая период с 1975 по 2020 годы. Таким образом, временной интервал оценки составил 45 лет, что позволило провести комплексный анализ долгосрочных тенденций изменения береговой линии.

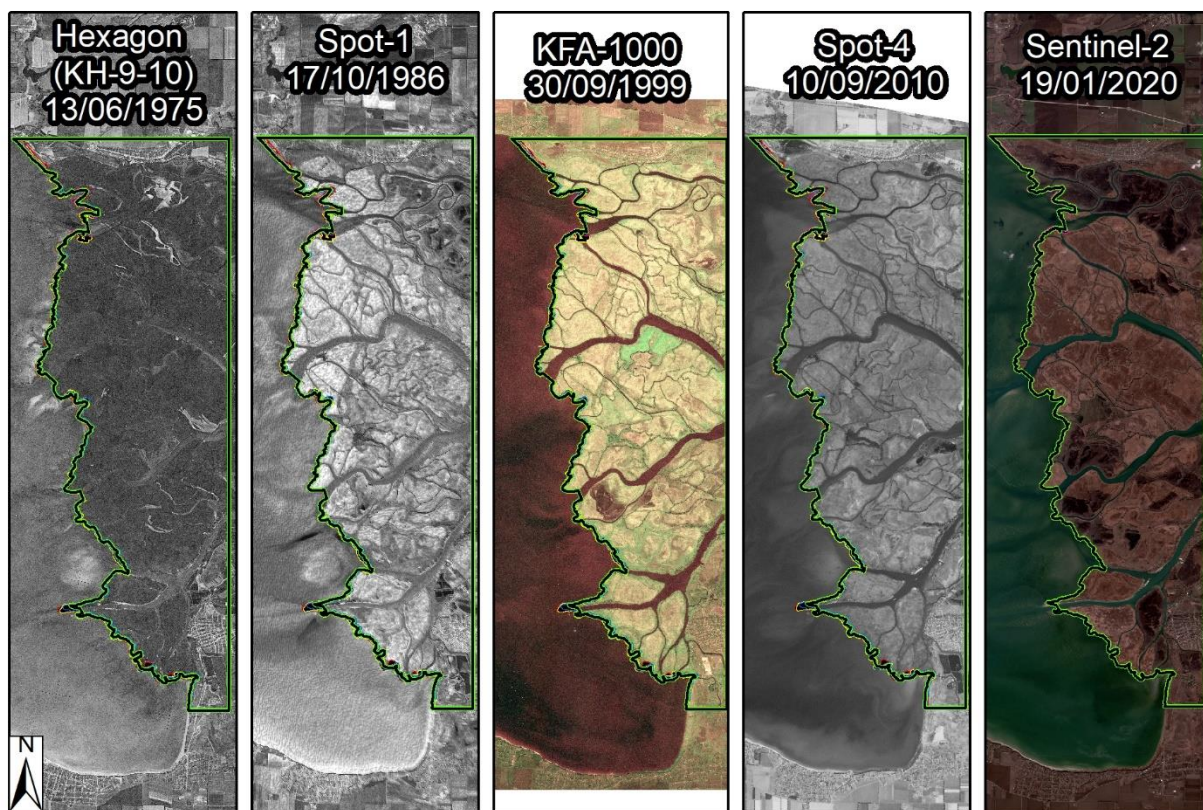


Рисунок 2.12 — Данные ДЗЗ отобранные для анализа (составлено автором)

В связи с тем, что снимки миссий «Cорона» поставляются без геопривязки, а снимки «Spot» характеризуются точностью позиционирования в диапазоне 300–500 метров, было принято решение осуществить процедуру пространственной привязки указанных изображений с использованием опорных точек современного снимка Sentinel-2 и Ресурс-П. Данный метод позволяет обеспечить более высокую степень геометрической согласованности и точности позиционирования.

Далее была проведена серия операций по фиксации положения морского края дельты для каждой даты съемки. Эти операции включали визуальное

дешифрирование и последующую оцифровку на масштабах 1:2000 и 1:5000. Для оцифровки применялось стандартное перо с толщиной линии 0,35 мм, что является стандартным инструментом геоинформационной системы. Полученные данные были классифицированы в линейный класс пространственных объектов с точностью до пикселя, что позволило достичь высокой степени детализации и точности в описании пространственных характеристик морского края дельты. (в соответствии с рисунком 2.13).

Таблица 2.2 — Данные дистанционного зондирования Земли, использованные в работе (составлено автором)

Спутник	Миссия	Дата съемки	Разрешение м.	Неопределенность м.
Corona KH-9-10	DZB1210-500022L009001_a	13.06.1975	4	4.45
Spot-1	005-011_S1_117-255-0_HRV-1_P_DT_KK	17.10.1986	10	10.21
KFA-1000	-	30.09.1999	4	4.08
Spot-4	002-004_S4_117-255-0_HRVIR-1_M_DT_BK	10.09.2010	10	10.15
Sentinel-2	T37TEN_A023899	19.01.2020	10	10.15

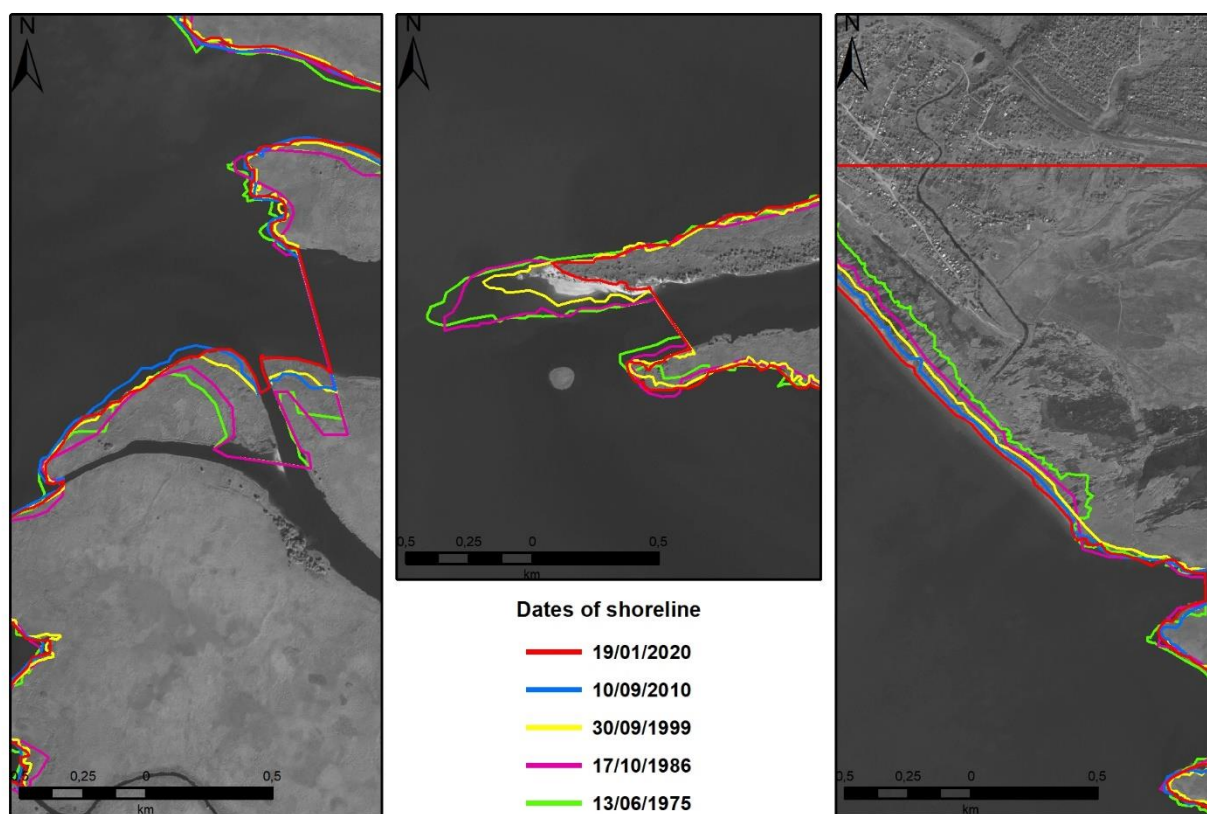


Рисунок 2.13 — Примеры оцифрованной линии морского края дельты р. Дон  
(составлено автором)

Исследование динамики морского края дельты реки Дон (МКД) проводилось с использованием программного обеспечения ArcGIS 10.4, включающего два методологических подхода: оценку изменений площади суши на МКД и анализ процессов выдвигения/размыва на поперечных профилях, перпендикулярных к МКД.

1. Для анализа изменений площади суши была определена зона между МКД и меридианом Кагальник—Синявское. Далее был создан полигональный (площадной) класс пространственных объектов и на основе классификации, предложенной Бронфманом А.М. [23], которая базировалась на оценке характера миграции осадочного материала в зоне бара, данная территория была разделена на восемь секторов.

2. Для оценки процессов выдвигения и размыва были установлены поперечные профили к МКД с интервалом в десять метров. Анализ и интерпретация данных осуществлялись с применением программного обеспечения

Digital Shoreline Analysis System (DSAS) версии 5, что позволило провести комплексное исследование динамики береговой линии [148].

Следующим этапом исследования стала оценка неопределенностей линейной характеристики (ошибок оцифровки и картографирования) морского края дельты, обозначаемая как  $E_p$ . В рамках данного анализа были учтены три ключевые компоненты, которые могут вносить значимые погрешности [109]:

- $E_r [m]$  – Разрешение данных ДЗЗ из космоса (таб.1);
- $E_g [m]$  – Неопределенность географической привязки, которая была рассчитана как среднее значение среднеквадратичных ошибок всех точек привязки (общее значение RMSE в ArcGIS);
- $E_c [m]$  – Точность оцифровки линии при помощи стандартных инструментов ГИС. Для масштаба 1:2000 и стандартного пера 0.35 мм, соответствует линия шириной 0.7 м. на местности. Для масштаба 1:5000, ширина равна 1.75 м.

Общая погрешность определения положения линии МКД (в соответствии с таблицей. 2.3) на одном снимке рассчитывается как  $E_p$  – сумма среднеквадратических погрешностей всех составляющих [146, 158, 147, 144, 155]:

$$E_p = \sqrt{E_r^2 + E_g^2 + E_c^2}$$

Погрешность линейной скорости отступления берега между положениями береговой линии  $E_{p1}$  и  $E_{p2}$  за период времени  $t_1$  и  $t_2$  рассчитывается как [147, 148, 155, 109]:

$$E_a = \frac{\sqrt{E_{p1}^2 + E_{p2}^2}}{t_2 - t_1}$$

где:  $E_{p1}$  и  $E_{p2}$  оценки неопределенности самой старой и самой новой линии, а  $t_1$  и  $t_2$  две изучаемые даты в десятичных годах, соответственно, более старая и более поздняя.

Для периода с 1975 по 2020 гг. погрешность в оценке линейной скорости перемещения МКД составила 0.25 м/год.

Для количественной оценки неопределенности, связанной с годовым темпом изменения площади ( $E_{AC}$ ) МКД реки Дон, выраженной в  $[км^2/год]$ , и последующей конвертации в  $[Га/год]$ , была применена следующая методологическая формула [147, 148, 144]:

$$E_{AC} = \frac{\sqrt{ShaE_{t_0}^2 + ShaE_{t_1}^2}}{t_1 - t_0}$$

где:  $ShaE_{t_0}$  и  $ShaE_{t_1}$  в  $[км^2]$  являются усредненными оценками неопределенности площади для последовательных наборов изображений, а  $t_0$  и  $t_1$  – две изучаемые даты в десятичных годах, соответственно, более старая и более поздняя.

Неопределенность площади изменений МКД составила  $\pm 0.000128 км^2/год$  или  $\pm 0.01 Га^2/год$ .

#### **2.4. Методика оценки потенциального ущерба от размыва берегов**

В современной международной практике отсутствует унифицированный методологический подход к оценке экономического ущерба, обусловленного опасными природными явлениями. Существующие методы преимущественно направлены на ретроспективный анализ и количественную оценку последствий уже произошедших стихийных бедствий, что значительно ограничивает возможности прогнозирования и разработки превентивных мер [16]. Так, авторы работы [113], посвященной оценке ущерба от весенних половодий в Российской Федерации, говорят о том, что в большинстве случаев при оценке экономического ущерба от наводнений учитывается прямой физический ущерб, обусловленный непосредственным контактом паводковых вод с хозяйственными объектами. Размер ущерба в этом случае определяется на основании затрат на восстановление разрушенных объектов или их текущей рыночной стоимости. Аналогичным образом оценивается ущерб от разрушения жилых зданий, повреждения имущества, мостов, автомобильных и железных дорог, линий связи, электропередач, газопроводов и нефтепроводов.

В аграрном секторе ущерб от наводнений в основном выражается в потерях сельскохозяйственной продукции и затратах на восстановление утраченного плодородия почв. В состав ущерба также включаются расходы на страховые выплаты, единовременные компенсации в денежной и натуральной форме, а также затраты на проведение спасательных операций, возведение временных защитных сооружений и другие аналогичные мероприятия.

Для определения потенциального экономического ущерба от гибели или повреждения лесных массивов вследствие негативного воздействия водных потоков в работе [78] применяются государственные нормативно-правовые акты и региональные методики<sup>6,7</sup>, направленные на оценку продуктивности лесных ресурсов. Эти документы позволяют комплексно подойти к анализу ситуации и разработать эффективные меры по минимизации последствий наводнений для лесных экосистем.

Касаемо оценки ущерба от абразионного разрушения берегов, в работе [72] общий ущерб от абразии D рассчитывается путем суммирования всех возможных видов ущерба: D1 – потери основных фондов (строений, креплений, водозаборов и др.), D2 – потери оборотных фондов; D3 – потери природных ресурсов (земельных угодий, лесных ресурсов и др.); D4 - недополученная прибыль; D5 – затраты на ликвидацию последствий; D6 – прочие ущербы.

Для оценки рисков и ущерба от опасных природных явлений широко применяются ГИС-технологии. В работе [28] ГИС-инструментарий применен для оценки площади затопленных территорий при подъеме уровня Каспийского моря по категориям и видам земель, а также для оценки потерь земель при трансгрессии.

В [157] выполнены оценка и прогноз земельных потерь европейских прибрежных стран от береговой эрозии. Прогноз береговой эрозии до 2050 г.

---

<sup>6</sup>Об утверждении особенностей возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства / Постановление Правительства РФ от 29 дек. 2018 г. (ред. от 18 дек. 2020 г.) № 1730 [Электронный ресурс]. — [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_315299/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_315299/) (дата обращения 15.05.2024)

<sup>7</sup> О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности /Постановление Правительства РФ от 22.05.2007 № 310 (ред. от 29.11.2021) [Электронный ресурс]. — [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_68813/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_68813/) (дата обращения 05.05.2024).

выполнен с помощью инструмента динамической и интерактивной оценки уязвимостей (DIVA), который позволяет исследовать уязвимость прибрежных территорий к изменению климата. Инструмент основан на общей базе данных ГИС и объединяет прогнозы относительного повышения уровня моря, потери земель, прибрежных наводнений и изменения водно-болотных угодий. Согласно выполненным прогнозам на период 2006–2050 гг., общие потери от береговой эрозии составят от ~3700 км<sup>2</sup> до ~5800 км<sup>2</sup>. Экономические потери составят до 2,9 миллиардов евро в год к 2050 году.

В [161] с помощью комплексного подхода, основанного на многокритериальном индексе выполнена оценка уязвимости берегов города Сямынь (портовый город на юго-восточном побережье Китая, крупнейший порт на побережье Тайваньского пролива) к береговой эрозии. Система индексов оценки уязвимости местного побережья к эрозии г. Сямынь включает 12 индексов, основанных на природных (высота, уклон, геоморфология, текстура почвы, близость к береговой линии, прибрежная растительность, изменение береговой линии) и социально-экономических факторах (плотность населения, LULC (землепользование и земельный покров), иждивенческое население, туристические места, дорожная сеть, уровень грамотности). Характеристики пространственной дифференциации уязвимости берегов к эрозии вдоль побережья г. Сямынь (2018 г.) были количественно оценены с помощью ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования земли. Результаты показывают, что зоны очень высокой уязвимости, высокой уязвимости, средней уязвимости, низкой уязвимости и очень низкой уязвимости береговой эрозии составляют 4,6%, 30,5%, 51,6%, 12,5% и 0,8% побережья г. Сямынь соответственно. Уязвимость берегов к классам эрозии искусственных побережий значительно выше, чем у естественных побережий, что объясняется в основном береговым уклоном и буферной способностью побережья.

В настоящей работе для оценки прогнозируемых материальных потерь от разрушения объектов, попадающих в зону возможного обрушения берега, в пределах аварийных участков использовалась информация публичной кадастровой

карты Росреестра (далее — ПКК) (<https://nspd.gov.ru/map/><sup>8</sup>), текущее и прогнозное (к 2030 г.) положения линии бровки берегового уступа, построенные на предыдущем этапе работ, и материалы рекогносцировочных обследований береговой зоны в ходе полевых экспедиционных исследований [108].

ПКК представляет собой специализированный информационно-справочный ресурс, разработанный и поддерживаемый Росреестром в сотрудничестве с Федеральной кадастровой палатой. Данный веб-сервис функционирует на безвозмездной основе в рамках портала пространственных данных «Национальная система пространственных данных» запущенной с 1 января 2025 года. Данный информационный ресурс предоставляет широкий доступ к актуальным и достоверным данным о границах различных объектов недвижимости, включая населенные пункты, муниципальные образования, территориальные зоны, зоны с особыми условиями использования территорий, а также территории объектов культурного наследия. Все эти сведения интегрированы в Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН), что гарантирует их высокую степень надежности и актуальности.

Функциональные возможности интерактивной кадастровой карты включают пространственный поиск объектов, зарегистрированных в ЕГРН, а также выполнение измерений длины линий с использованием встроенных инструментов. Пользователи могут добавлять на карту собственные объекты, применяя функции рисования или импортируя координатные данные. Кроме того, карта позволяет определять площадь и координаты пользовательских полигонов, а также получать географические координаты указанных точек в системе WGS84, что обеспечивает высокую точность и надежность пространственной информации.

Таким образом, ПКК представляет собой важный инструмент для получения и анализа пространственных данных, способствующий повышению эффективности управленческих и правовых решений в области недвижимости и территориального планирования.

---

<sup>8</sup> Публичная кадастровая карта Росреестра. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pkk.rosreestr.ru/>

Зона потенциального обрушения берегового уступа на каждом анализируемом участке определяется полосой, ограниченной крайними точками рассматриваемого участка, текущей линией бровки берегового уступа, зафиксированной на 2022 год, и прогнозной линией бровки, экстраполированной при помощи фильтра Калмана [151] к 2030 году.

Идентификация социально-экономических (СЭ) объектов проводилась на основе данных публичной кадастровой карты (ПКК) Росреестра. Для извлечения границ и атрибутивной информации использовался инструмент NGQ RosreestrToolsNextGIS, который позволил получить данные обо всех социально-экономических объектах, попадающих в прогнозируемую зону обрушения берега. К таким объектам относятся земельные участки и объекты капитального строительства, включая хозяйственную инфраструктуру, здания, сооружения, жилые дома и другие элементы. В рамках атрибуции объектов были зафиксированы следующие параметры: кадастровый номер, категория земель, разрешенное использование, площадь и кадастровая стоимость.

Оценка прогнозируемых материальных потерь от разрушения социально-экономических объектов в зоне возможного обрушения берега осуществлялась на основе данных о кадастровой стоимости, представленных в ПКК по состоянию на 01.01.2022 г. Для этого все исходные данные были интегрированы в геоинформационный проект с использованием программного обеспечения NextGIS QGIS. QGIS представляет собой специализированное программное обеспечение для создания, редактирования и анализа пространственных данных, включенное в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных Минсвязи РФ. Проект был выполнен в системе координат GSK-2011 / Gauss-Kruger zone 7 с масштабом по умолчанию 1:200 000. В качестве базового слоя карты была использована OSM Standard.

Таким образом, комплексный подход к идентификации и оценке СЭ объектов позволил провести всесторонний анализ и прогнозирование потенциальных последствий обрушения берега, что является важным этапом в процессе принятия управленческих решений и планирования мероприятий по минимизации рисков.

### Этап 1 Построение зоны обрушения

Для построения зоны обрушения были созданы 2 буферных зоны:

- буфер от береговой линии 2021 г., по направлению «на сушу»,
- буфер от прогнозной линии 2030 г. по направлению «в море».

Далее, с помощью инструмента «Пересечение» выполнено пересечение двух буферных зон и получен shp-файл зоны обрушения – полигональный слой, охватывающий территорию между положением береговой зоны и прогнозной линией на 2030 г.

Этап 2: Извлечение геометрических характеристик и атрибутивных данных земельных участков, попадающих в зону прогнозируемого обрушения, осуществляется с применением специализированных инструментов NGQ Rosreestr Tools в рамках программного обеспечения NextGIS QGIS входящего в единый реестр российского программного обеспечения. Этот инструментарий представляет собой набор программных модулей, разработанных для эффективного взаимодействия с кадастровыми данными Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) в среде NextGIS QGIS. Он обеспечивает полномасштабный доступ ко всем типам кадастровых объектов Публичной кадастровой карты (ПКК) и предоставляет функциональность для конвертации кадастровых данных в векторные слои, что является критически важным для проведения комплексного геопространственного анализа.

Полигоны земельных участков, попадающих в зону обрушения, экспортированы в векторный shp-файл «Земельные участки ПКК». Атрибутивная таблица содержит следующую информацию: тип объекта; вид объекта; кадастровый номер; кадастровый квартал; кадастровый номер ЕЗП; адрес; площадь, уточненная и т.д.

### Этап 3 Обработка векторных данных ПКК

На данном этапе производилась обработка данных, полученных на этапе 1 и 2 для дальнейшей работы. По умолчанию инструментарий NGQ Rosreestr Tools экспортирует данные ПКК в системе координат WGS84. Это всемирная/международная система геодезических параметров Земли 1984 года,

используемая в GPS, а также Международной организацией гражданской авиации (ИКАО). Однако, согласно Федеральному закону от 30 декабря 2015 г. N 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» с 1 января 2021 г. государственной геодезической системой координат, предназначенной для осуществления геодезической, картографической, навигационной и других видов деятельности для текущих и перспективных потребностей экономики, науки, обороны и безопасности Российской Федерации и обеспечивающей преемственность существующих геодезических систем координат СК-95 и СК-42 (применяются до 1 января 2021) является система координат ГСК-2011.

Таким образом, векторный полигональный shp-файл «Земельные участки ПКК» и полигональный векторный шейп-файл «Зона обрушения до 2030 г.» были перепроецированы из WGS 84 в GSK-2011. Далее все расчеты производились в данной проекции.

Для уточнения и проверки данных площади земельных участков, указанной в ПКК, к шейп-файлу «Земельные участки ПКК», был добавлен атрибут Area\_m и выполнен расчет площади земельных участков, а также вычислена ошибка расчетных данных и данных ПКК.

Далее, выполнен расчет кадастровой стоимости 1 кв.м. земельного участка. Добавлен атрибут CsCostMetr. Расчет выполнен следующим образом:

Кадастровая стоимость участка (руб) / площадь земельных участков (кв.м.) =  
Кадастровая стоимость 1 кв.м. (руб) [108].

Этап 4 На четвертом этапе исследования осуществляется идентификация территорий, подверженных потенциальному обрушению, в соответствии с прогнозной линией, экстраполированной на 2030 год. Эта линия, которая пересекает границы полигона земельного участка, что позволяет выделить зоны повышенного риска. В рамках данного этапа был сформирован специализированный картографический слой под названием «Прогноз

обрушения\_земучастки», интегрирующий данные о геодинамических процессах, литологических характеристиках и гидрологических условиях исследуемой территории.

Этап 5 С помощью инструмента «Пересечение» выполнено пересечение полигональных объектов «Земельные участки ПКК» и «Зона обрушения до 2030 г.». Получен полигональный шейп-файл «Прогноз обрушения\_земучастки», который содержит «части» земельных участков, которые подвергнутся предполагаемому обрушению в период до 2030 г. согласно прогнозу.

Этап 6 Расчёт площади обрушенных частей земельных участков с помощью внутренних инструментов NextGis QGIS. Предварительно был добавлен атрибут AreaDamage.

Этап 7 Добавление атрибута CoastDamage и расчёт прогнозируемого ущерба:

Прогнозируемый ущерб = Площадь обрушения \* кадастровая стоимость кв.метра.

Этап 8 С помощью внутреннего инструмента NextGIS QGIS Статистика по категориям выполнены расчеты площади обрушения, средней стоимости кв.м. и прогнозируемого ущерба для:

- муниципальных районов – Щербиновского и Ейского;
- категории земель;
- разрешенного вида использования;
- каждой категории земель в пределах муниципальных районов;
- каждого вида разрешённого использования в пределах муниципальных районов.

Этап 9 Расчет площади обрушения неучтенных земель в ПКК

## **ГЛАВА 3. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ БЕРЕГОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

### **3.1. Оценка динамики береговых клифов Таганрогского залива**

В большинстве работ, обзор которых представлен в разделе 2.2, объектом исследования для оценки динамики является, как правило, береговая линия, определяемая как среднемноголетнее положение уреза воды. Эта линия представляет собой границу, по которой водная поверхность пересекается с сушей, или некоторое усредненное положение между морским и сухопутным пространствами в рассматриваемый период [33]. Таким образом, основная цель оценки заключается в определении скорости эрозионных или аккумулятивных процессов в прибрежной зоне и зоне пляжа.

В данной работе применяется методологический подход, при котором объектом исследования выступает линия бровки берегового уступа. Этот подход позволяет, исходя из изменения положения бровки в различные временные периоды, проводить количественный анализ скоростей отступления клифа в абразионной зоне.

Для проведения анализа динамики береговых процессов были использованы данные дистанционного зондирования Земли, отобранные в соответствии с таблицей 3.1. Данные были получены из различных источников: «Spot World Heritage (SWH Data center)» (<https://regards.cnes.fr/>) – это открытый архив данных ДЗЗ (доступен с июля 2021 г.), созданный по инициативе французского космического агентства. В нем хранятся данные с космических аппаратов Spot 1–5, временной охват с 1986 по 2015 гг.; архив данных ДЗЗ Геологической службы США «US. Geological Survey (USGS)» (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), который предоставляет архивные снимки программы «Corona» с КА «KeyHole» действующей с 1960 по практически 1980 гг.; архив данных европейского космического агентства, который предоставляет набор открытых данных ДЗЗ с КА «Sentinel-2» с пространственным разрешением 10 м\пикс; геопортал данных ДЗЗ ГК «Роскосмос», предоставляет данные с российских КА. В работе использованы

изображения со спутника «Ресурс-П» за 2017–2020 гг, с пространственным разрешением 1 м.

Таблица 3.1. — Данные дистанционного зондирования Земли использованные для построения серии разновременных линий бровки берегового уступа

№	Дата снимка	Космический аппарат	Разрешение, м	Побережье
1	14.07.1964	CORONA J-1 (КН-4А)	2,5	северное
2	01.07.1975	Hexagon (КН-9-10)	4	то же
3	12.08.1988	Spot 1	10	<< >>
4	31.05.1988	Spot 1	10	<< >>
5	21.08.2006	Spot 5	5	<< >>
6	01.05.2017	Ресурс-П №2	0,6	<< >>
7	03.10.2017	Ресурс-П №2	0,6	<< >>
8	05.10.2017	Ресурс-П №1	0,6	<< >>
9	19.01.2020	Sentinel-2	10	<< >>
10	12.07.2022	Sentinel-2	10	<< >>
11	19.09.1971	Corona (КН-4В)	2	южное
12	01.07.1975	Hexagon (КН-9-10)	4	то же
13	12.08.1988	Spot 1	10	<< >>
14	31.05.1988	Spot 1	10	<< >>
15	21.08.2006	Spot 5	5	<< >>
16	26.07.2016	Ресурс-П №2	0,6	<< >>
17	19.01.2020	Sentinel-2	10	<< >>
18	12.07.2022	Sentinel-2	10	<< >>

На первом этапе была проведена комплексная процедура предварительной обработки и пространственной привязки всех снимков. Основой для данной процедуры послужили данные с российских космических аппаратов, обладающие сверхвысоким разрешением и высокой степенью детализации. Привязка осуществлялась по реперным точкам, включающим углы зданий, пересечения дорог, водонапорные башни и другие характерные объекты. Каждый снимок был привязан к геопространственной системе координат с использованием 50–60 контрольных точек, при этом применялась трансформация полиномом второго порядка. Ошибка взаимной привязки снимков варьировалась в диапазоне от 40 до 1,5 метров, что свидетельствует о высокой точности проведенных операций.

Далее проводилась оцифровка береговой линии клифа на различных масштабах, включая 1:500, 1:1500 и 1:2000. Полученные цифровые модели береговой линии использовались для расчета скорости абразионных процессов. Для Северного побережья анализ охватывал временной интервал с 1964 по 2022 год, в то время как для Южного побережья — с 1971 по 2022 год. Таким образом, был выполнен всесторонний мониторинг динамики береговой линии, что позволило получить достоверные данные о характере и интенсивности абразионных процессов в исследуемых регионах.

Согласно методике, представленной в разделе 2.2. настоящей работы, были построены разрезы (трансекты) для исторических береговых линий Таганрогского залива с шагом 10 м по горизонтали (в соответствии с рисунком 3.1). В результате проведенного исследования были определены среднесуточные темпы отступления береговых линий для абразионных и оползневых типов. Эти данные были получены для всего побережья Таганрогского залива с интервалом в 10 метров (в соответствии с рисунком 3.2).

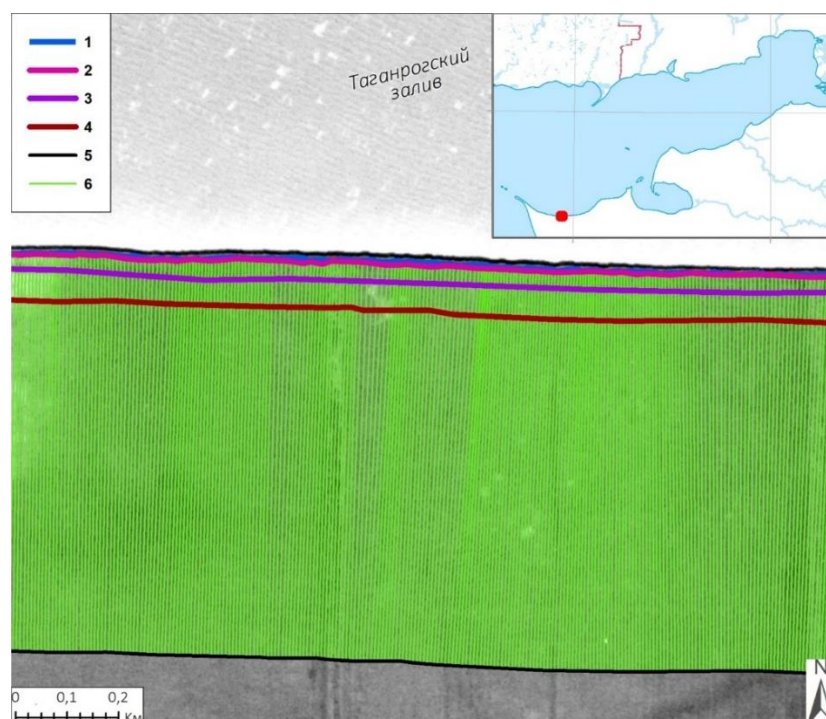


Рисунок 3.1 — Пример слайда трансекта на промежуточном этапе работ (составлено автором): 1 — бровка клифа 01.04.1971 г.; 2 — бровка клифа 01.07.1975 г.; 3 — бровка клифа 17.10.1986 г.; 4 — бровка клифа 19.01.2022 г.; 5 — базовая линия; 6 — трансекты

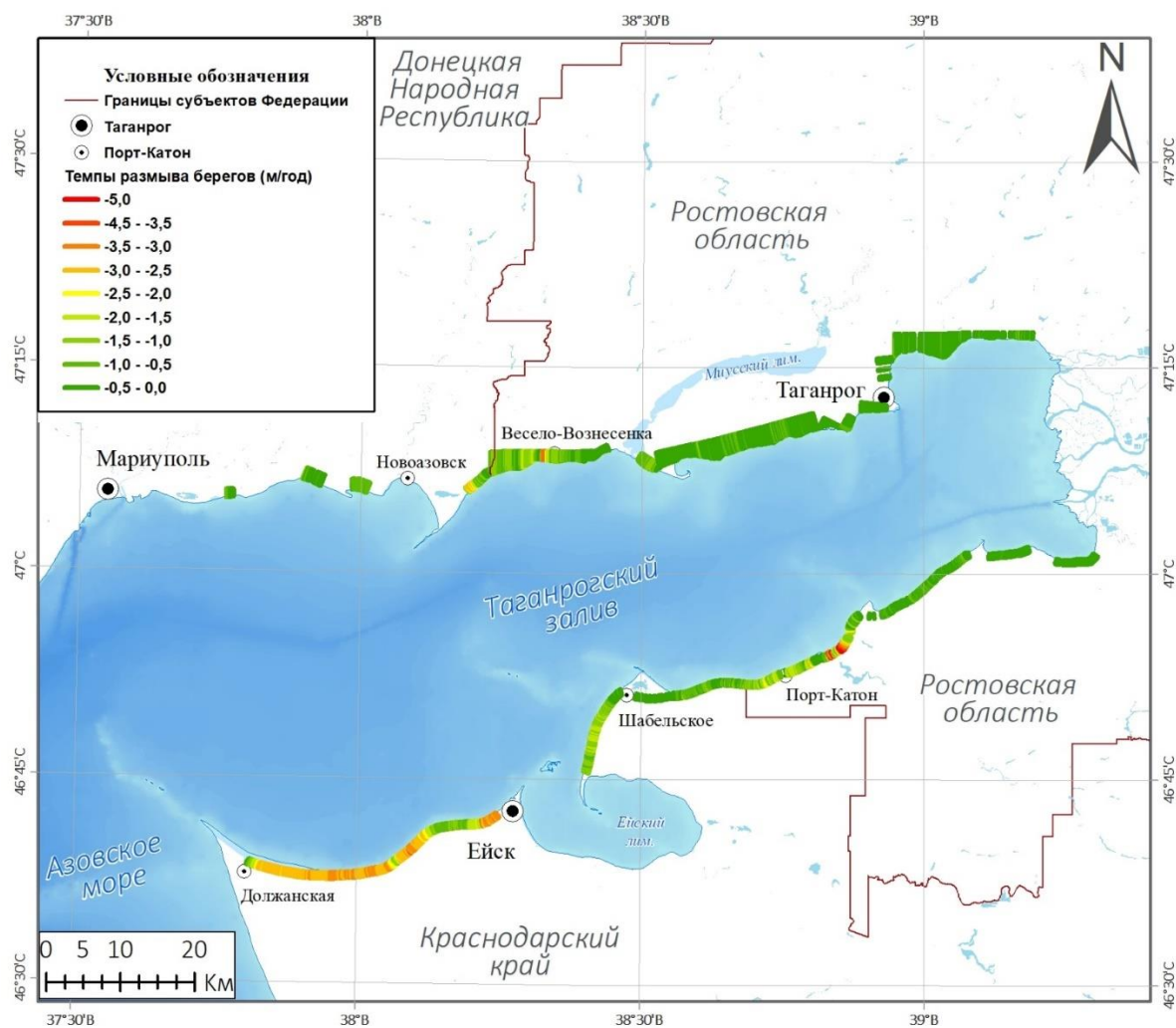


Рисунок 3.2 — Среднегодовое темпы отступления берегов за период с 1964 по 2022 (составлено автором)

Далее для каждого участка береговой зоны согласно районированию [83, 20], были рассчитаны скорости по периодам (в соответствии с рисунком 3.3). Для верификации полученных результатов среднегодовое темпы размыва берегов были сопоставлены с данными натурных наблюдений на мониторинговых участках (реперной сети) в соответствии с рисунком 3.4.

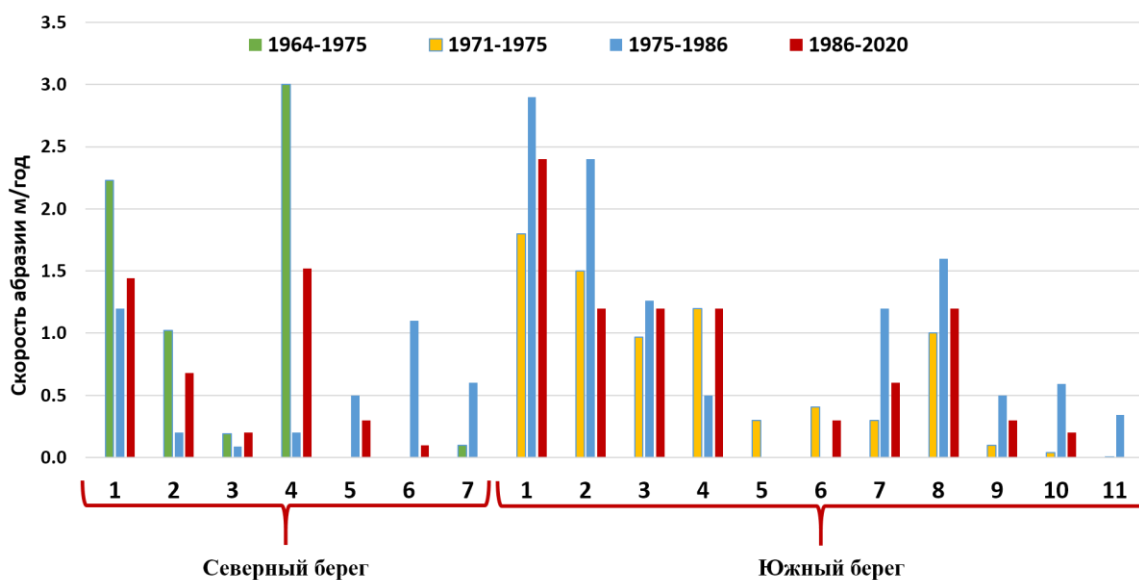


Рисунок 3.3 — Темпы отступления берегов, рассчитанные для периодов 1964–1975 гг., 1971–1975 гг., 1975–1986 гг., 1986–2020 гг. (составлено автором)

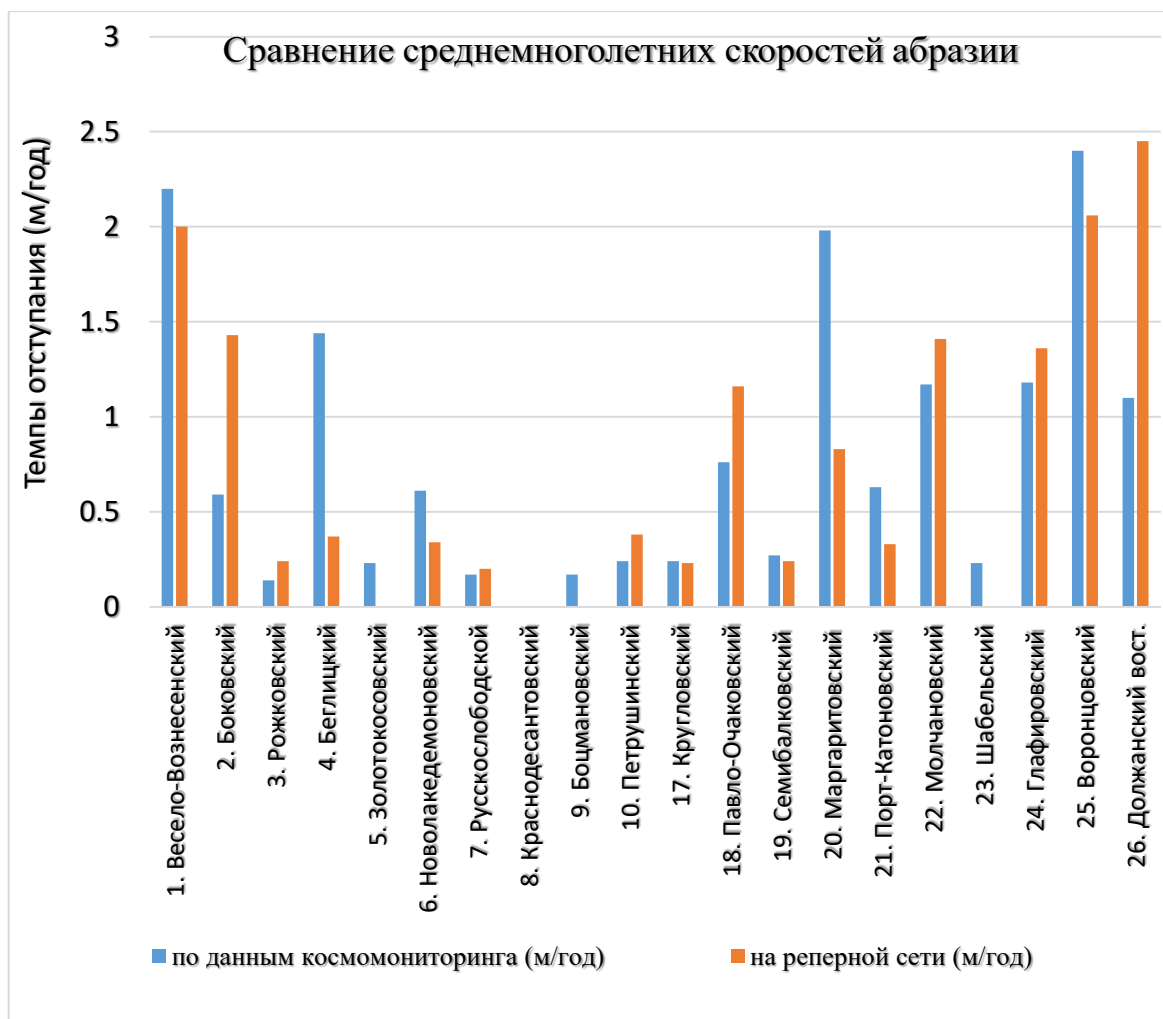


Рисунок 3.4 — Сравнение результатов, полученных по данным космомониторинга (1964–2022 гг.) и по данным на реперной сети (1980–2021 гг.) (составлено автором)

Сопоставление результатов с натурными измерениями показало хорошую сходимость, различия обусловлены прежде всего разной выборкой данных, т. к. по натурным данным есть 1–2 точки измерений на участок, в то время как для данных космомониторинга от 100 до 5000 разрезов, которые учитываются при расчетах средних значений по участку. Кроме того, еще одним источником различий стала общая суммарная погрешность, которая учитывает несколько неопределённостей береговой линии (пространственное разрешение снимков, точность линий оцифровки/картографирования, точность географической привязки каждого снимка). Исходя из расчетов суммарная погрешность составила  $\pm 0,2$  м/год. Третьим источником различий стали периоды исследования – для натурных данных период составляет с 1980 по 2022, а по данным ДЗЗ период исследования для северного берега Таганрогского залива составил 1964–2022 гг., для южного побережья с 1971 по 2022, что обусловлено доступностью данных спутниковых изображений.

На основании пространственно-временного анализа установлено, что 57% береговых клифов характеризуются низкой ( $<1$  м/год) интенсивностью проявления ОБП, средней 13%, сильной 23% [109].

Наибольшие темпы размыва характерны для участков Весело-Вознесенка (средняя скорость по участку 1,87 м/год) и участка между ст. Должанской и с. Воронцовка (2,4 м/год) [109]. Исходя из описания факторов влияющих на размыв берегов, указанных в Главе 1 настоящей работы, основным фактором интенсивного размыва на этих участках является геологическое строение. Берег на этих участках сложен легкоразмываемыми суглинистыми отложениями (в соответствии с рисунком 3.5.). Дополнительным фактором, способствующим интенсивному разрушению береговой линии, является отсутствие природной защиты, что выражается в наличии узких маломощных пляжей, как в случае с х. Весело-Вознесенкой или вовсе его отсутствия, как на участке от х. Воронцовка до ст. Должанской.

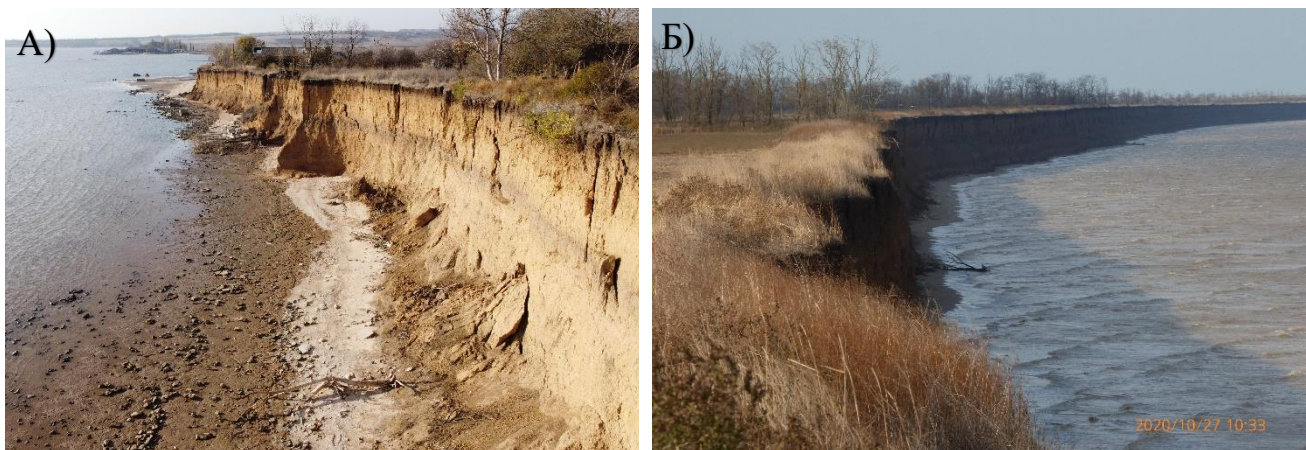


Рисунок 3.5 — Фото берега интенсивно размывающихся участков (составлено автором): А) – Коренной абразионный берег в районе х. Весело-Вознесенка; Б) – Коренной абразионный берег между х. Воронцовка и ст. Должанская

Кроме того, проведенный анализ позволил выявить участки размыва устьевых областей малых рек, со скоростями размыва до 5 м/год. Стоит отметить, что эти участки побережья ранее не были выявлены в ходе натурных наблюдений. Они приурочены к устью р. Мокрый Еланчик (северное побережье Таганрогского залива, х. Весело-Вознесенка, Платовское с.п. Неклиновского района, Ростовской области) и устью р. Мокрая Чумбурка (южное побережье Таганрогского залива, х. Новомаргаритово, Маргаритовского с.п., Азовского района, Ростовской области) (в соответствии с рисунками 3.5, 3.6.).

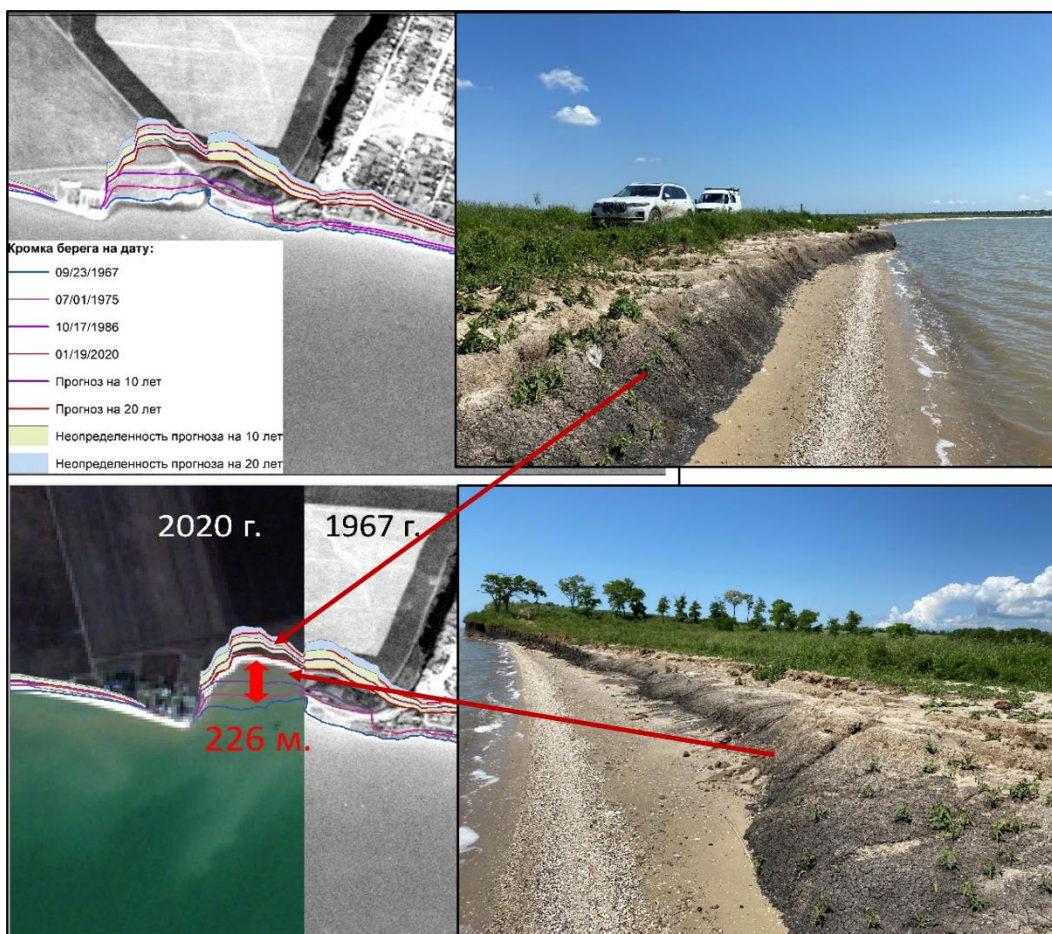


Рисунок 3.5 — Размываемый берег в устьевой части р. Мокрый Еланчик (составлено автором)

За период исследования береговая линия отступила здесь на 160–220 м. По различным литературным данным (Матишов, Григоренко, 2021; Бердников и др., 2019; 2022; Ивлиева и др, 2020) интенсивный размыв связан с общим зарегулированием стока как малых рек, так и Дона и Кубани, что в свою очередь привело к уменьшению поступления пляже-образующего материала и вызвало сокращение ширины пляжей в устьях рек почти в 2 раза за последние 30 лет: с 12–15 м до 6–7 м по данным [48, 20]. К этому же фактору можно отнести период маловодья, начавшийся с 2007 года, что в сочетании с зарегулированным стоком, привело к необратимым деформациям естественных процессов, в частности иссушению почвы, уменьшению густоты мелких водоемов и водотоков, в результате этого многие малые реки Приазовья в теплый период полностью прекращают сток [90].

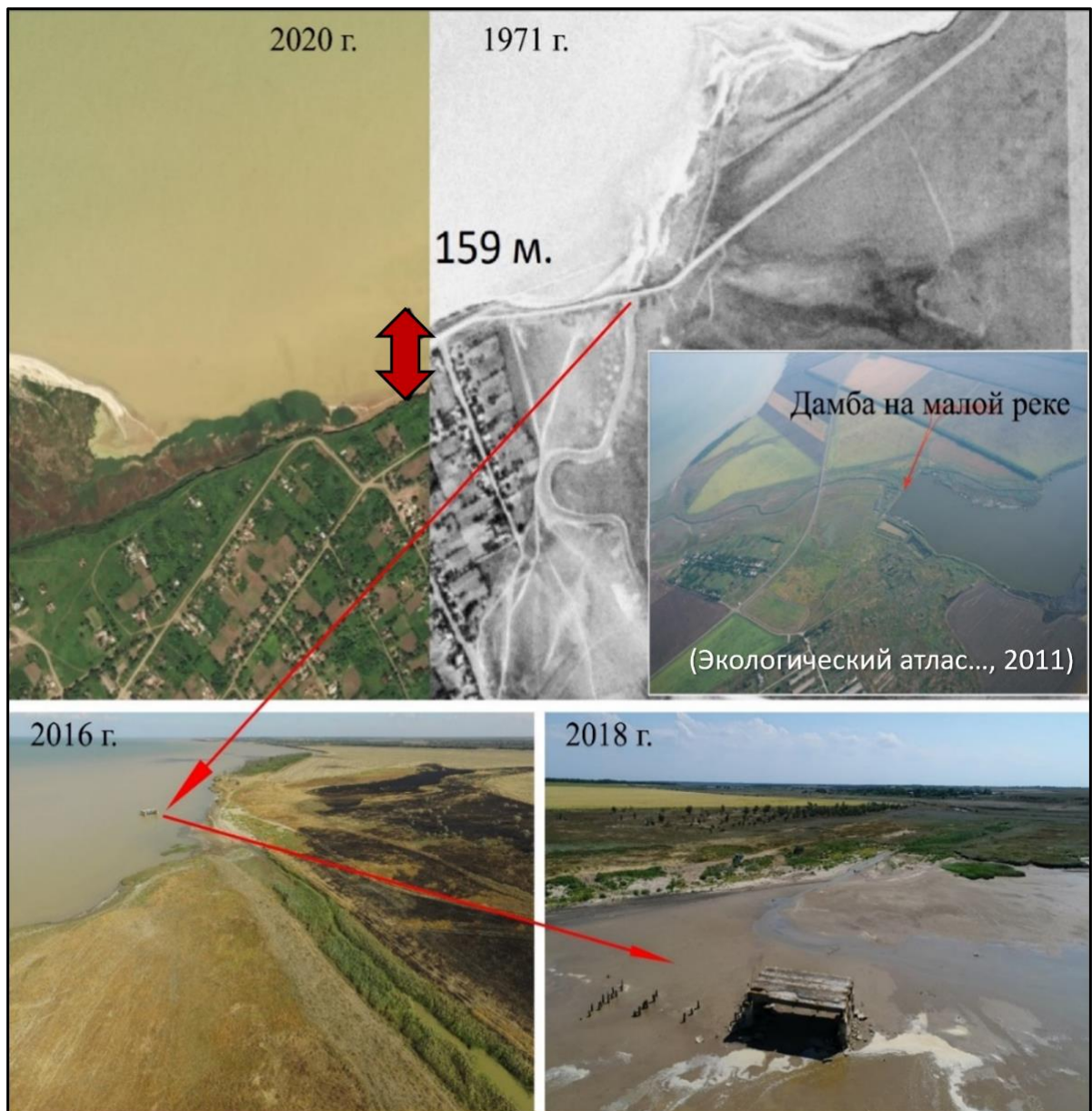


Рисунок 3.6 — Размываемый участок берега в устьевой зоне р. Мокрая Чумбурка (составлено автором)

### 3.2. Оценка динамики морского края дельты реки Дон

На основе методики, представленной в разделе 2.4, была проведена оценка движения морского края дельты реки Дон по двум единицам измерения – площадные изменения и линейные в м. В соответствии с классификацией Бронфмана А.М., представленной в работе [23], дельта подразделялась на 8 участков (в соответствии с рисунком 3.7).

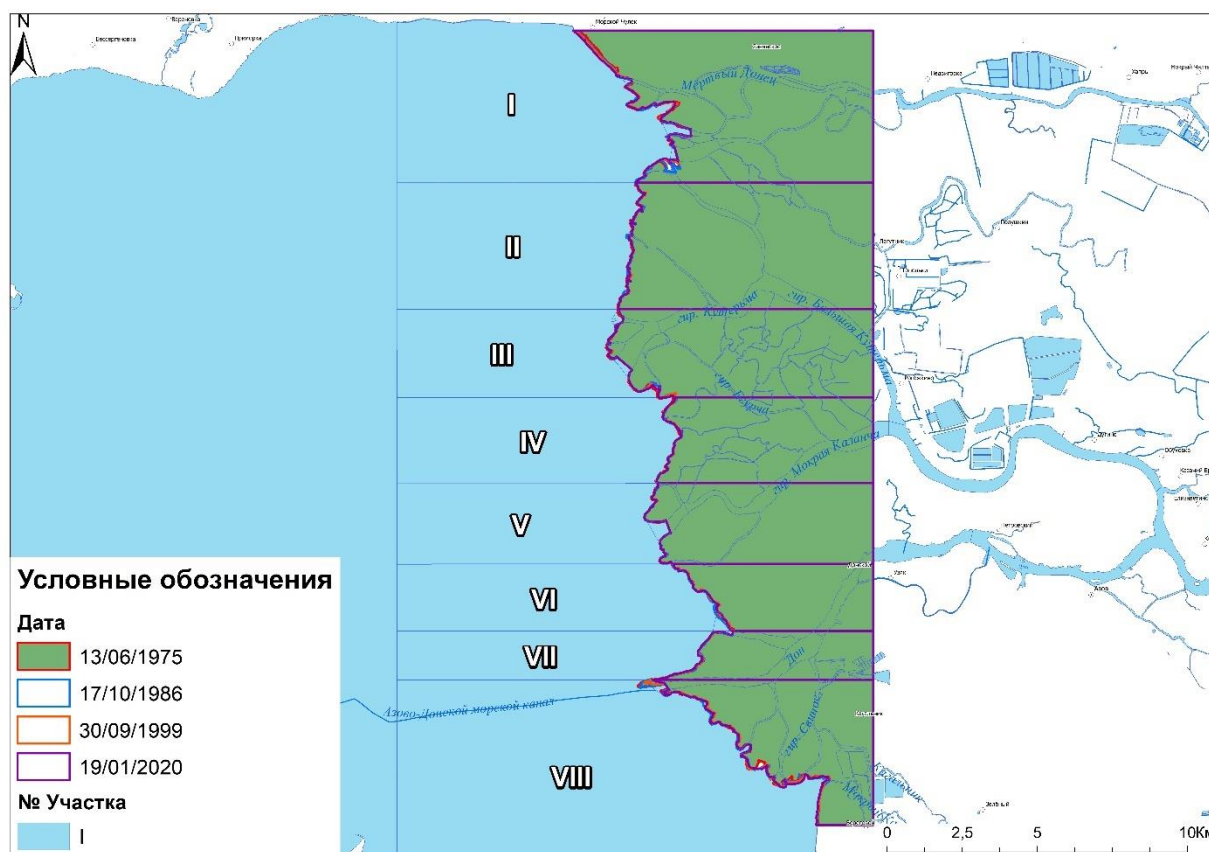


Рисунок 3.7 — Общий вид дельты р. Дон и выделенных 8 частей (составлено автором по материалам [23])

Участок 1 ограничен местом впадения р. Ерик (х. Морской чулок) и гирлом Средняя Кутерьма. За период исследования участок характеризуется увеличением площади (аккумуляцией) континентальной части и размывом островной в (соответствии с рисунками 3.8 и 3.9). В целом площадь участка характеризуется постоянным, плавным увеличением площади, которое в сумме за период составило 40 Га. Островная часть размывалась со средней скоростью 0,98 м/год за весь период, максимальная среднемноголетняя скорость размыва составила 10 м/год.

Участок 2 ограничен устьем гирла Средняя Кутерьма и устьем гирла Кутерьма. За период исследования участок характеризуется сокращением площади на 8 Га вплоть до 1999 года, к 2020 площадь незначительно нарастает на 2 Га (соответствии с рисунком 3.10 и 3.11). Среднемноголетняя скорость размыва соответствует значениям 0,56 м/год.

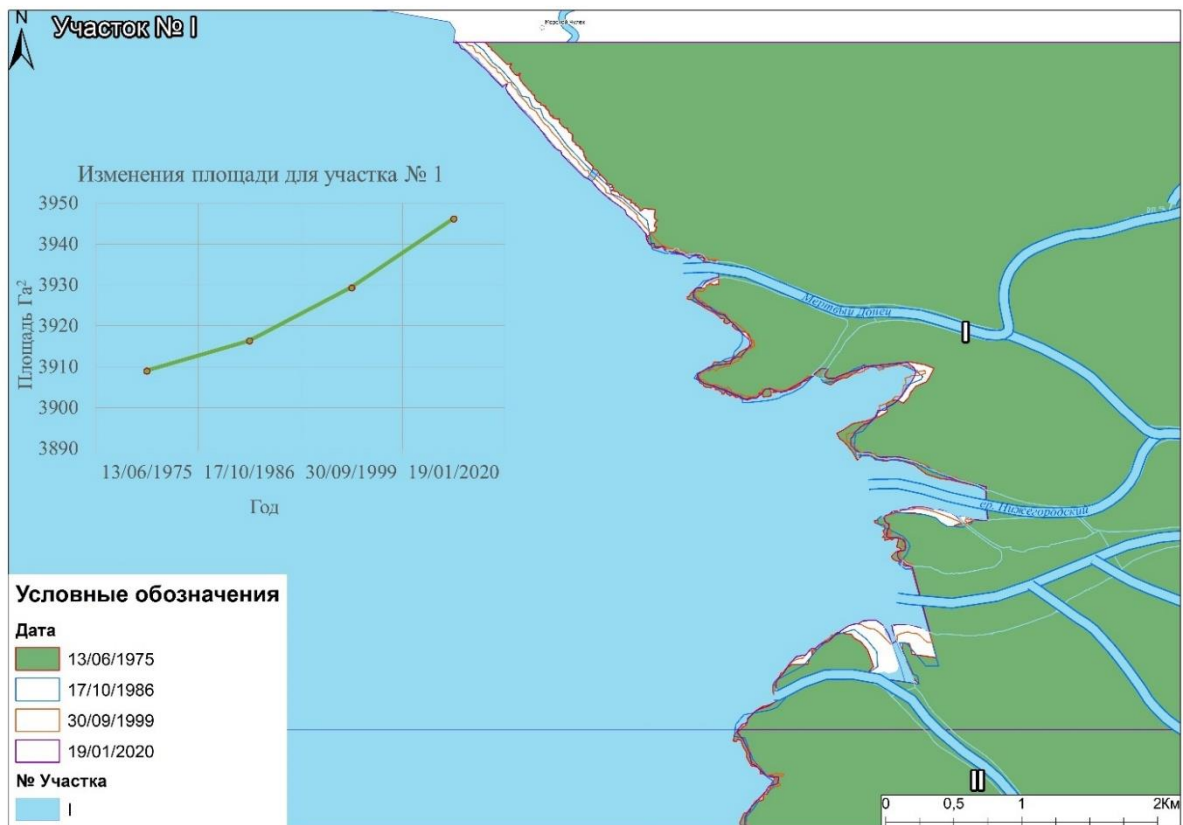


Рисунок 3.8 — Площадные изменения участка 1 за период с 1975 по 2020 гг. (составлено автором)



Рисунок 3.9 — Линейные изменения участка 1 с шагом между разрезами 10 м (составлено автором)

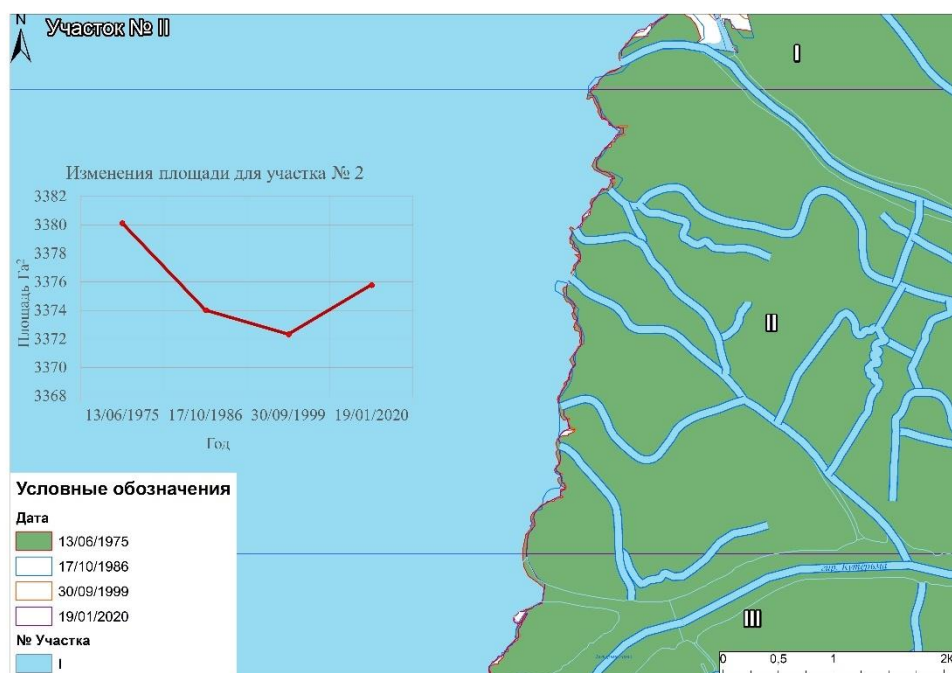


Рисунок 3.10 — Площадные изменения участка 2 за период с 1975 по 2020 гг. (составлено автором)

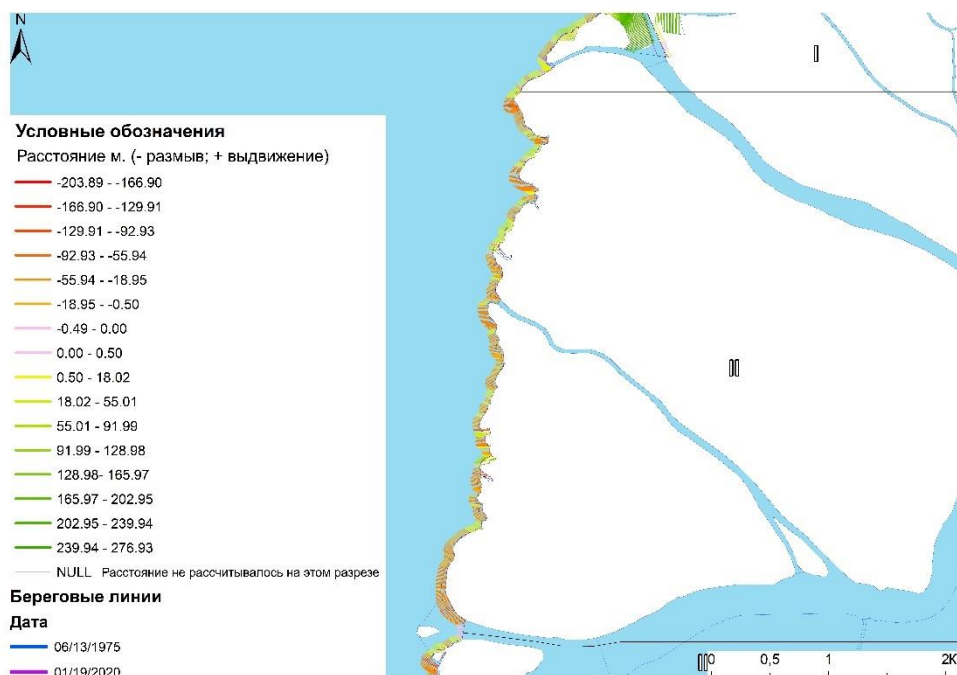


Рисунок 3.11 — Линейные изменения участка 2 с шагом между разрезами 10 м (составлено автором)

Участок 3 ограничен устьем гирла Кутерьма до места впадения ерика Егуречка. За период исследования участок характеризуется сокращением площади на 12 Га до 1986 года, далее площадь начинает постепенно возрастать к 1999 г. на 4 Га, а затем отмечается стабилизация процесса (соответствии с рисунком 3.12 и

3.13). Среднемноголетняя скорость размыва соответствует значениям 0,47 м/год, а аккумуляции на отдельных участках составляет 0,89 м/год.



Рисунок 3.12 - Площадные изменения участка 3 за период с 1975 по 2020 гг.

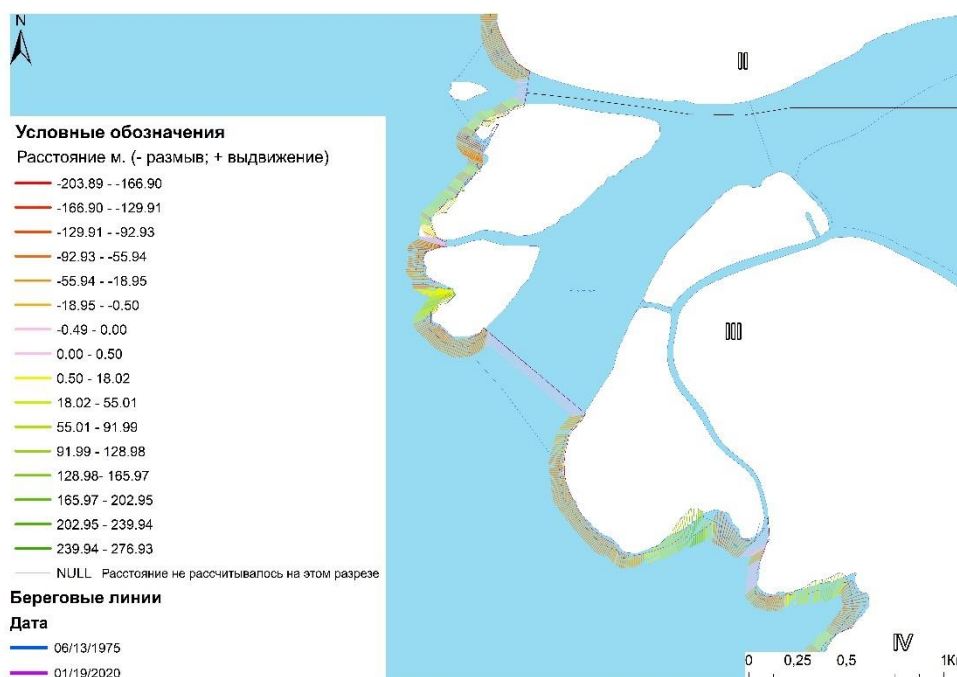


Рисунок 3.13 — Линейные изменения участка 3 с шагом между разрезами 10 м (составлено автором)

Участок 4 ограничен местом впадения ерика Егуречка до устья протоки Багадан. За период исследования участок, как и предыдущий, характеризуется

сокращением площади на 6 Га до 1986 года, далее площадь начинает плавно возрастать до 2020 г. на 2 Га (в соответствии с рисунком 3.14 и 3.15). Среднемноголетняя скорость размыва соответствует значениям 0,45 м/год, а аккумуляции на отдельных участках 0,24 м/год, максимальные скорости размыва отмечены на уровне 5,6 м/год.



Рисунок 3.14 - Площадные изменения участка 4 за период с 1975 по 2020 гг.

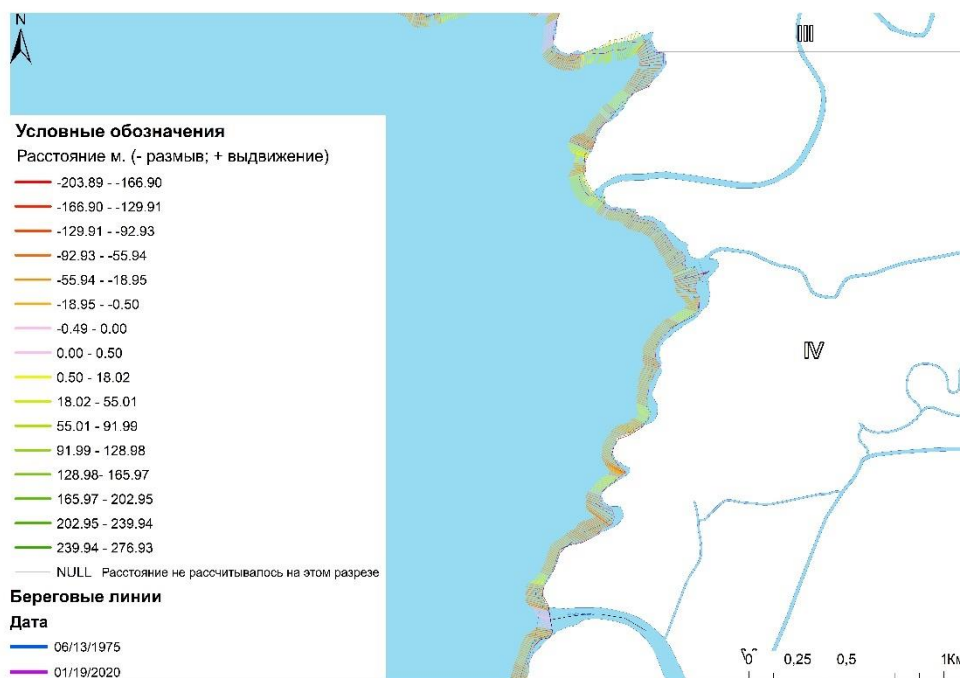


Рисунок 3.15 – Линейные изменения участка 4 с шагом между разрезами 10 м

Участок 5 ограничен от устья протоки Багадан до места впадения протоки Сухая Каланча. За период исследования участок, как предыдущие два участка, характеризуется сокращением площади на 2 Га до 1986 года, далее площадь начинает плавно возрастать до 1999 г. на 1 Га (в соответствии с рисунком 3.16 и 3.17). Среднемноголетняя скорость размыва соответствует значениям 0,49 м/год, а аккумуляции на отдельных участках 0,25 м/год, максимальные скорости размыва отмечены на уровне 7,4 м/год.

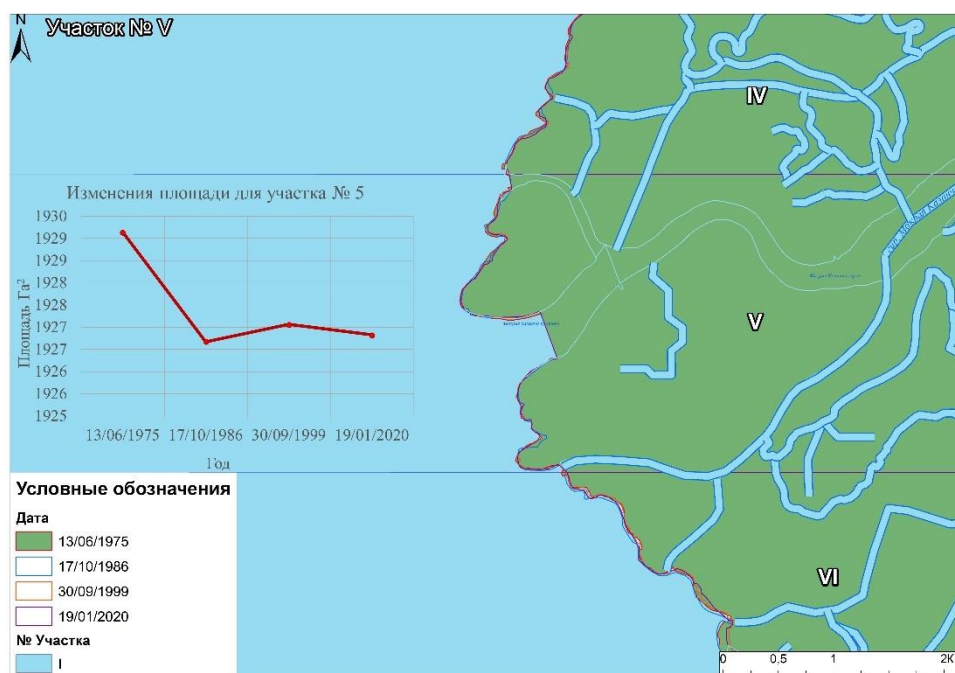


Рисунок 3.16 - Площадные изменения участка 5 за период с 1975 по 2020 гг.

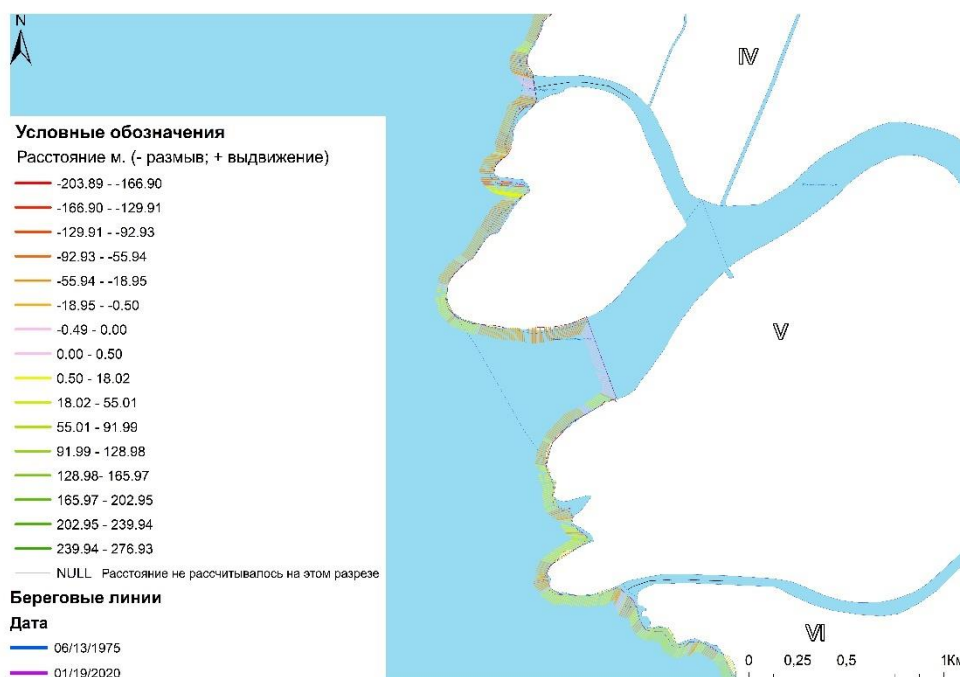


Рисунок 3.17 – Линейные изменения участка 5 с шагом между разрезами 10 м

Участок 6 ограничен от места впадения протоки Сухая Каланча до устья гирла Мериновое. За период исследования участок характеризуется возрастанием площади на 8 Га до 1986 года, далее площадь начинает резко сокращаться до 1999 г. на 14 Га и после 1999 г., увеличивается на 1-2 Га (в соответствии с рисунком 3.18 и 3.19). Среднемноголетняя скорость размыва соответствует значениям 1,33 м/год, а аккумуляции на отдельных участках 0,48 м/год, максимальные скорости размыва отмечены на уровне 3,4 м/год.

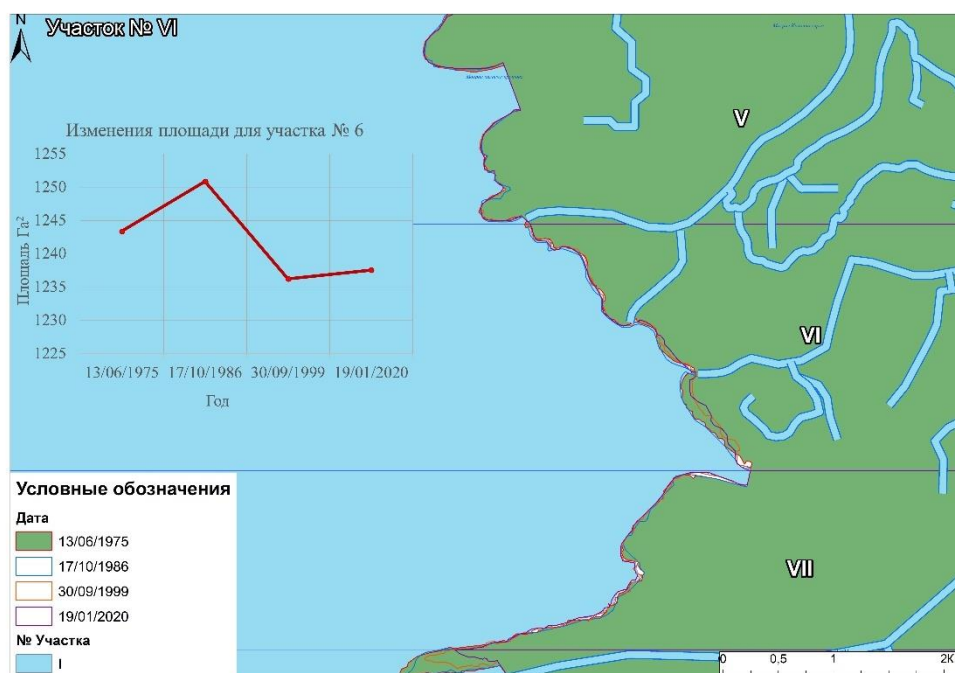


Рисунок 3.18 — Площадные изменения участка 6 за период с 1975 по 2020 гг.

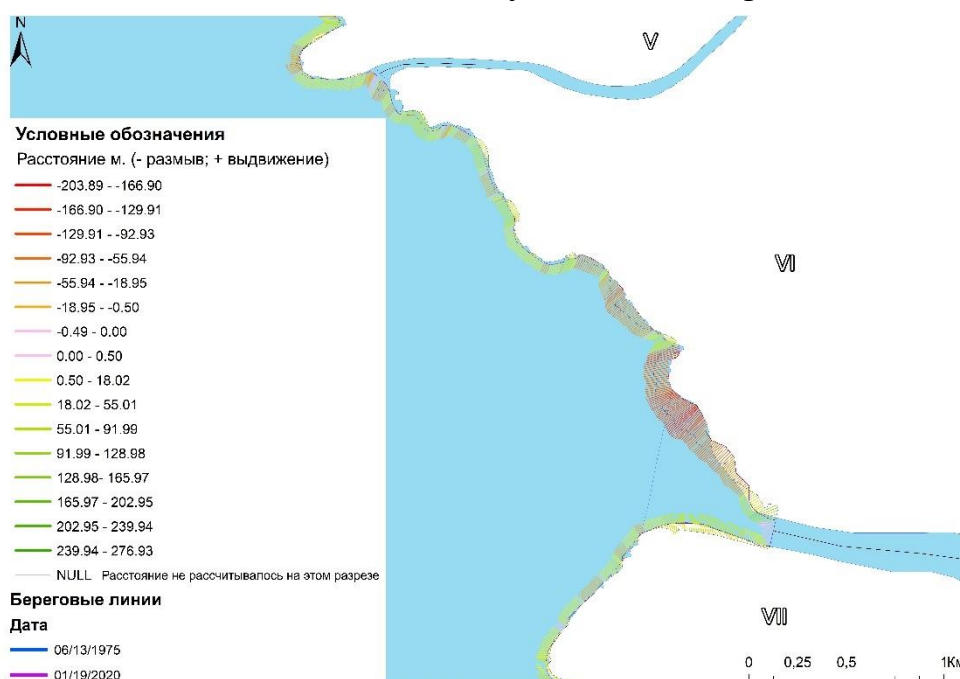


Рисунок 3.19 — Линейные изменения участка 6 с шагом между разрезами 10 м

Участок 7 ограничен от места впадения протоки Сухая Каланча до устья основного судоходного канала р. Дон. За период исследования участок характеризуется сокращением площади на 4 Га до 1986 года, далее площадь начинает резко увеличиваться до 2020 г. на 10 Га (в соответствии с рисунком 3.20 и 3.21). Среднегодовое изменение скорости аккумуляции соответствует значениям 0,56 м/год, а размыва 0,13 на отдельных участках 0,48 м/год, максимальные скорости аккумуляции отмечены на уровне 2,6 м/год.

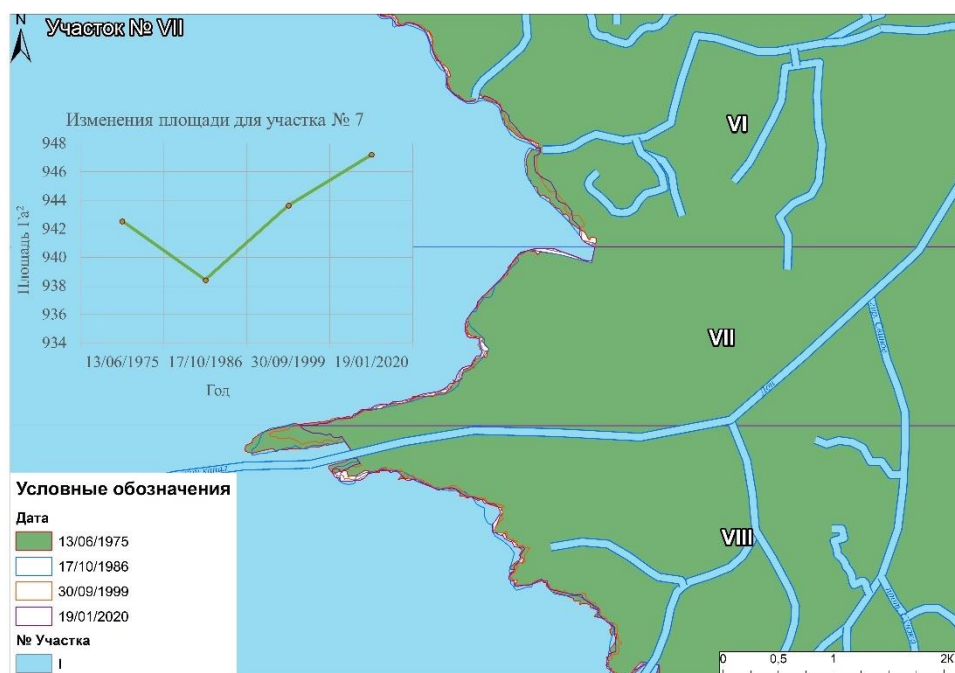


Рисунок 3.20 - Площадные изменения участка 7 за период с 1975 по 2020 гг.

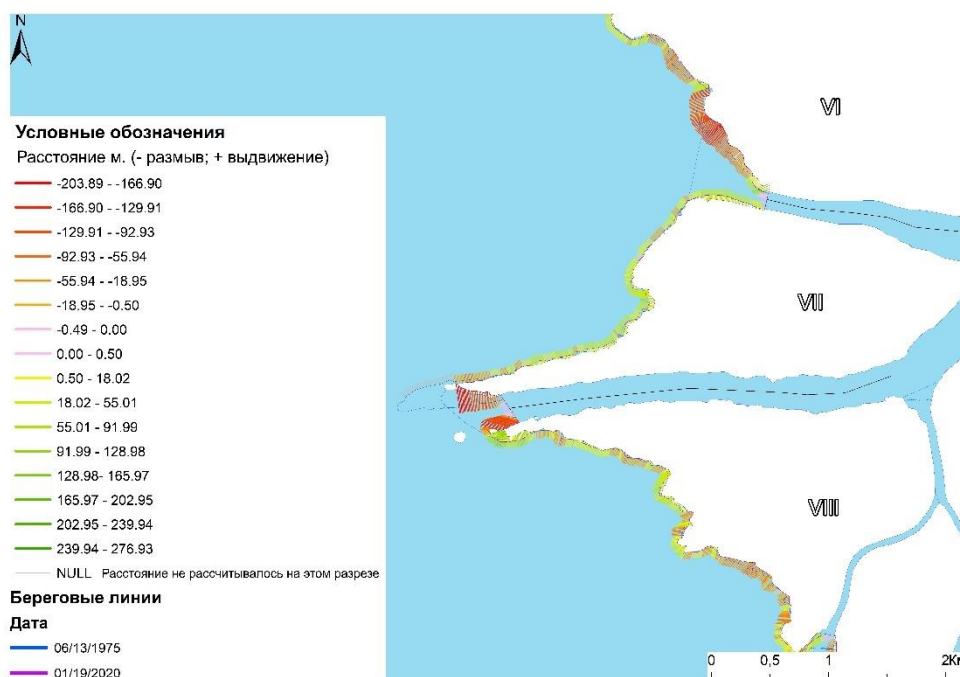


Рисунок 3.21 – Линейные изменения участка 7 с шагом между разрезами 10 м

Участок 8 ограничен от устья основного судоходного канала р. Дон до места впадения реки Мокрый Кагальник. За период исследования участок характеризуется увеличением площади на 17 Га до 1986 года, далее площадь начинает резко сокращаться до 1999 г. на 23 Га и в последующем до 2020 возрастает на 14 Га (в соответствии с рисунком 3.22 и 3.23). Среднеголетняя скорость аккумуляции соответствует значениям 1,07 м/год, а размыва на отдельных участках 0,78 м/год, максимальные скорости аккумуляции отмечены на уровне 34 м/год.



Рисунок 3.22 — Площадные изменения участка 8 за период с 1975 по 2020 гг. (составлено автором)

Этот участок отмечается как наиболее динамичный в своем развитии. Особо активные области аккумуляции отмечаются на островах Бирючий, Кривой, Кукувека и устья реки Мокрый Кагальник, что подтверждается литературными данными (Ивлиева, Череватая, 2009; Берега..., 2023) Наиболее подверженная размыву область соответствует устью рукава Старый Дон и частично о. Кривой.

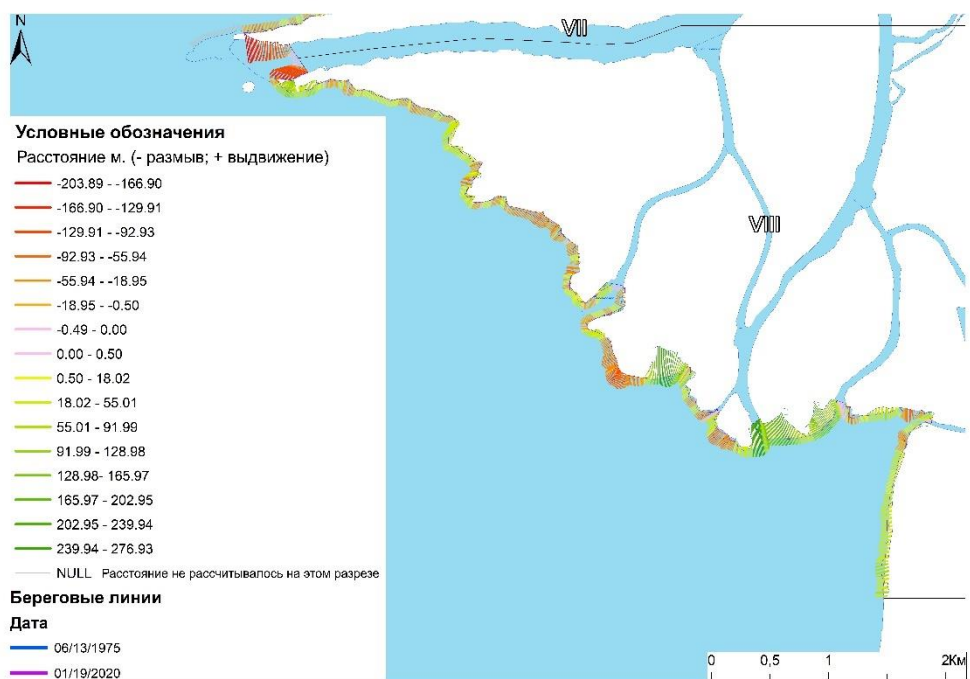


Рисунок 3.23 — Линейные изменения участка 8 с шагом между разрезами 10 м (составлено автором)

В целом, можно отметить, что для центральных районов дельты (2–6) характерен размыв со среднемноголетней скоростью 0,66 м/год, для краевых районов (1,7,8) в большей степени характерна аккумуляция со среднемноголетней скоростью 1,36 м/год. Линейное движение морского края дельты реки Дон, как отступления, так и выдвигения в сторону моря, варьируются в пределах 100–200 м.

### 3.3. Выводы к Главе 3

В главе представлены результаты пространственно-временного анализа побережья Таганрогского залива, включая морской край дельты р. Дон на основе данных ДЗЗ среднего, высокого и сверхвысокого пространственного разрешения и ГИС.

Ряд результатов диссертационного исследования представлены в Отчете по Этапу 1 КНП 13.1902.24.06 «Южный вектор национальной безопасности в условиях геополитических и климатических вызовов» (Соглашение с Минобрнауки России № 075–15-2024-258 от 24.04.2024 г.), и будут представлены в отчетах за Этапы 2–3.

На основе выполненного пространственно-временного анализа установлено:

- 57% береговой линии соответствуют слабой (<1 м/год) интенсивности проявления ОБП, средней (1–2 м/год) 13%, сильной (2–4 м/год) 23%;

- наибольшие темпы размыва характерны для участков Весело-Вознесенка (средняя скорость по участку 1,87 м/год) и участка между ст. Должанской и с. Воронцовка (2,4 м/год);

- выявлены участки размыва устьевых областей малых рек со скоростями размыва до 5 м/год, которые приурочены к устьевым областям малых рек (Мокрый Еланчик и Мокрая Чумбурка);

- для центральных районов дельты (№2–6) характерен размыв со среднемноголетней скоростью 0,66 м/год, для краевых районов (№№1,7,8) в большей степени характерна аккумуляция со среднемноголетней скоростью 1,36 м/год;

- линейное движение морского края дельты реки Дон, как отступления, так и выдвижения в сторону моря, варьируются в пределах 100–200 м.

## ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО УЩЕРБА ОТ ОПАСНЫХ БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ

В контексте современных экономических вызовов, стоящих перед Ростовской областью и Краснодарским краем, особое внимание привлекает проблема комплексного использования прибрежных территорий Таганрогского залива. За последние годы наблюдается тенденция к увеличению числа предложений по расширению существующих или созданию новых объектов рекреационного и хозяйственно-экономического назначения в данной зоне.

Данная проблема требует тщательного анализа с точки зрения экономической эффективности, экологической устойчивости и социальной значимости. Комплексное использование прибрежных территорий предполагает интеграцию различных видов деятельности, таких как туризм, аквакультура, рыболовство и промышленное производство, что требует разработки сбалансированных стратегий и подходов. [62]. Об этом свидетельствуют и различные готовящиеся и принятые стратегии социально-экономического развития побережья (Стратегия развития Приазовья Краснодарского края, стратегия развития побережья Азовского моря).

На основе анализа разнородных эмпирических данных установлено, что средняя скорость абразии морских берегов Российской Федерации вследствие волновой эрозии составляет приблизительно 1–2 метра в год [5]. В рамках данного исследования были идентифицированы участки береговой зоны, где многолетняя средняя скорость отступления превышает 1 метр в год, что рассматривается как критический порог. С учетом этого критерия в пределах береговой зоны Таганрогского залива выделено 12 участков с абразией более 1 метра в год.

Далее, применяя методологию, детально изложенную в разделах 2.2, 2.3 и 2.5, был выполнен прогноз динамики отступления морских берегов с целью оценки потенциальных материальных потерь, связанных с разрушением объектов, расположенных в зоне возможного обрушения береговой линии. В основу данной оценки также были интегрированы данные публичной кадастровой карты

Росреестра и результаты полевых исследований, проведенных в береговой зоне Таганрогского залива.

На основании полученных данных проведена монетарная оценка потерь, включающая в себя оценку ущерба, наносимого земельным участкам и объектам капитального строительства.

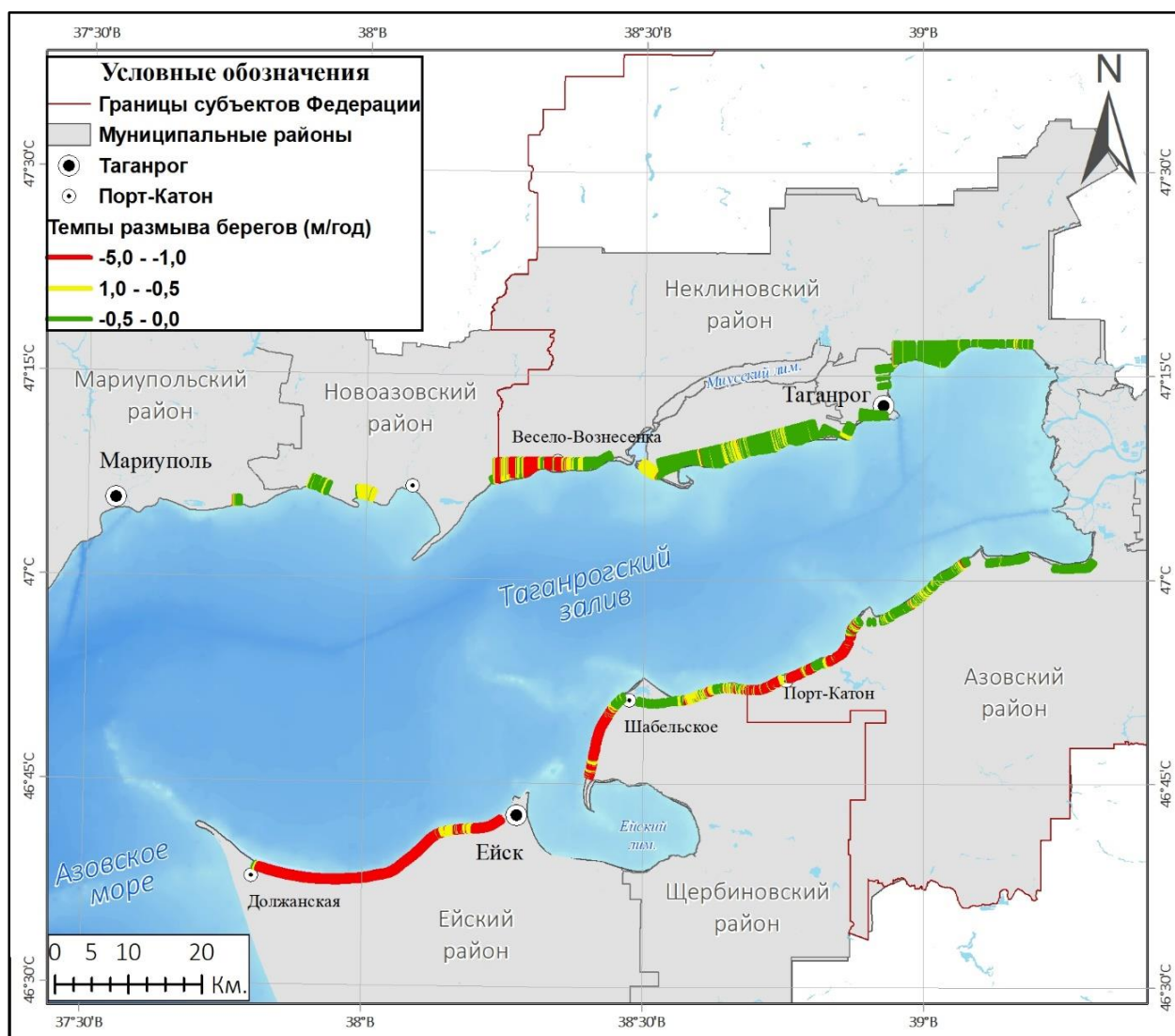


Рисунок 4.1 — Среднегодовое темпы разрушения берегов, ранжированные по пороговому значению 1 м/год (составлено автором)

Для территории Ростовской области общая площадь зоны обрушения в пределах аварийных участков составляет 418,7 тыс. м<sup>2</sup>. Из данной площади 123,2 тыс. м<sup>2</sup> (99 земельных участков) относятся к землям сельскохозяйственного назначения, 60,2 тыс. м<sup>2</sup> (192 земельных участка) — к землям населенных пунктов,

32,1 тыс. м<sup>2</sup> (6 земельных участков) — к землям неустановленной категории, а 203,2 тыс. м<sup>2</sup> земель не отражены на Публичной кадастровой карте (ПКК) [108].

В указанную зону входят 70 объектов капитального строительства, как отмеченных, так и не отмеченных на ПКК [108]. Среди них:

- 22 жилых, нежилых и аварийных здания;
- 15 опор воздушных линий электропередачи (ЛЭП) напряжением 220 кВ;
- 8 участков внутрипоселковых дорог;
- 21 иной объект хозяйственной инфраструктуры;
- 4 объекта исторической памяти: объект культурного наследия «Ансамбль усадьбы – дачи А. Б. Лакиера», кирпичные склады «Золотой экономии» А. Б. Лакиера, памятник над братской могилой погибшим красноармейцам и морякам при высадке десанта (1918 г.), а также часть старого кладбища в с. Порт-Катон.

Сводные данные по территории Ростовской области представлены в таблице 4.1. Более подробная с характеристиками объектов информация представлена в Приложении 1.

Таблица 4.1 — Оценка прогнозируемых материальных потерь от разрушения объектов, попадающих в зону возможного обрушения берега к 2030 г., Ростовской области (составлено автором) [108]

Административная единица	Площадь земель, подверженных воздействию, тыс. м <sup>2</sup>	Кол-во ОКС в зоне обрушения берега, ед.	Прогнозируемый материальный ущерб СЭ объектам, млн. р.*		
			Земельный участок	ОКС**	Суммарный
Платовское сельское поселение	143,9	13	22,1	0,8	22,9
Лакедемоновское сельское поселение	12,4	0	5,6	0	5,6
Поляковское сельское поселение	46,6	13	27,0	5,1	32,1

Новобессергеновское сельское поселение	13,2	20	10,4	3,9	14,3
Синявское сельское поселение	7,5	10	2,3	1,2	3,5
г. Таганрог	1,5	0	4,7	0	4,7
Маргаритовское сельское поселение	193,6	14	43,9	1,1	45,0
Всего:	418,7	70	116,0	12,1	128,1

*Примечание — \* — стоимость дана по кадастровым ценам на начало 2022 г.; \*\* — материальный ущерб ОКС рассчитан только для объектов, отмеченных на ПКК.*

Для территории Краснодарского края, в пределах двух аварийных участков, зона обрушения составляет 704,6 тыс. м<sup>2</sup>. Из них 401,9 тыс. м<sup>2</sup> включены в Публичную кадастровую карту (ПКК), а оставшиеся 302,7 тыс. м<sup>2</sup> (около 43% от общей площади) не представлены в ПКК. Отсутствие данных о кадастровой стоимости, разрешенном использовании и других характеристиках для этих земель обусловлено неполнотой сведений в базе данных Росреестра. По данным, опубликованным в работе [60], только 60% объектов недвижимого имущества внесены в Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН).

В зону предполагаемого обрушения попадают 74 земельных участка. Из них информация о разрешенной категории использования имеется только для 5 участков, а о типе собственности — для 23. Таким образом, для значительной части земельных участков (около 50%) отсутствуют необходимые данные, что делает невозможным предоставление более детальных характеристик и оценок. Вследствие этого расчетные оценки могут быть некорректными.

На побережье Таганрогского залива в Краснодарском крае зона обрушений охватывает 91% (639,5 тыс. м<sup>2</sup>, 64 земельных участка) Ейского муниципального района и оставшиеся 9% (34,1 тыс. м<sup>2</sup>, 11 земельных участков) Щербиновского района.

Предполагаемый ущерб от обрушений составляет 206 138,7 руб. для Щербиновского района и 41 258 929,5 руб. для Ейского района. Суммарный

материальный ущерб от проявления опасных береговых процессов на территории Таганрогского залива Краснодарского края оценивается в 41 465 068,2 руб.

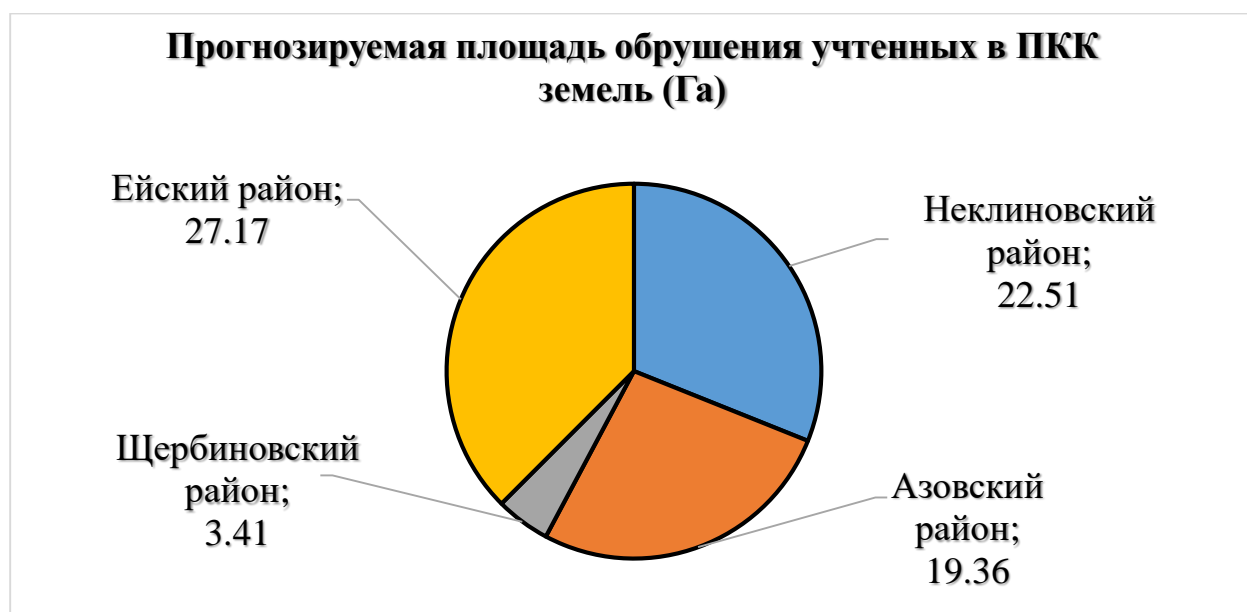


Рисунок 4.2 - Прогнозируемая площадь обрушения учтенных в ПКК земель для береговой зоны Ростовской области и Краснодарского края

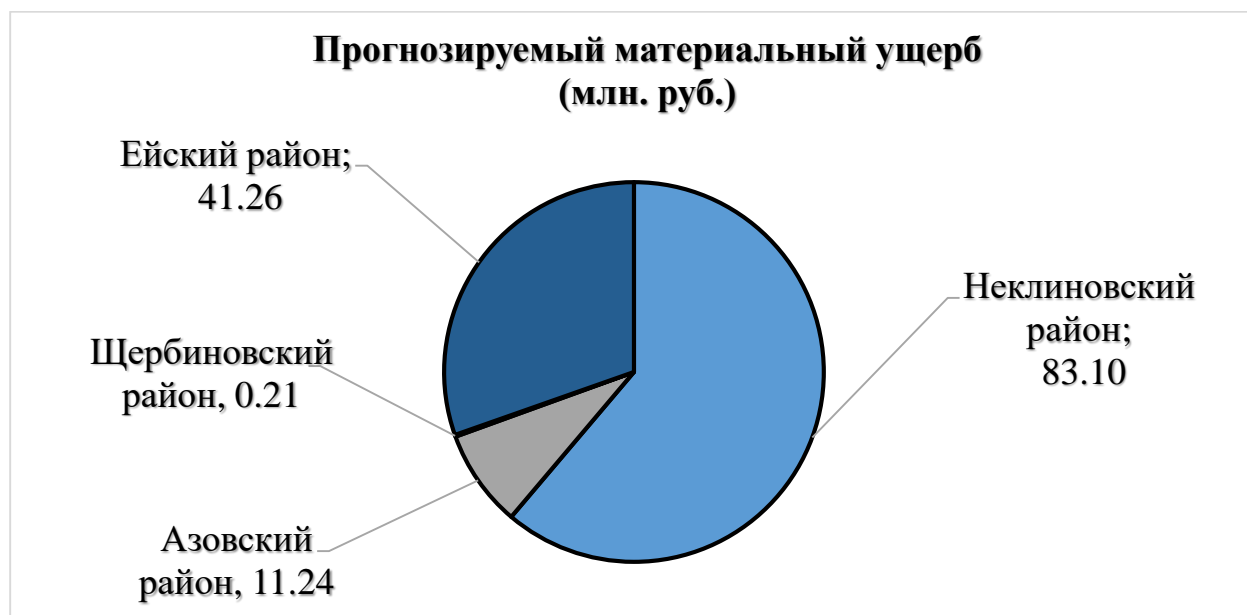


Рисунок 4.3 - Прогнозируемый материальный ущерб (млн. руб.) для береговой зоны Ростовской области и Краснодарского края

Следует подчеркнуть, что исследование сосредоточено исключительно на участках побережья, где среднестатистическая скорость абразии превышает один метр в год. Тем не менее, необходимо учитывать, что другие прибрежные зоны, где интенсивность опасных береговых процессов менее выражена, также подвержены

рisku эрозионных процессов. Это, в свою очередь, может привести к увеличению материального ущерба. Кроме того, данные, полученные с использованием прибрежно-континентальных комплексов (ПКК), не охватывают все земельные участки и объекты капитального строительства, которые потенциально могут оказаться в зоне обрушения. Таким образом, при учете этих факторов общий объем потенциального ущерба может существенно возрасти.

Еще одним фактором влияющим на конечную оценку величины материальных потерь, будет то, что использована прогнозная линия по рассчитанным темпам отступления берегов и она не учитывает сложность всех процессов и факторов, влияющих на разрушения. Однако, как уже упоминалось в разделе 2.5 на сегодняшний день не существует единой методики расчета ущербов от подобных процессов, что позволяет рассматривать данную работу, как один из подходов к монетарным оценкам.

## **4.2. Рекомендации по организации системы мониторинга за положением линии бровки берегового уступа**

Назначением системы мониторинга за положением линии бровки берегового уступа является обеспечение заинтересованных пользователей (ведомств и организаций) информацией об интенсивности проявления экзогенных геологических процессов (ЭГП) и их воздействиях на хозяйственные объекты, необходимой для предотвращения или минимизации последствий чрезвычайных ситуаций.

Объектом мониторинга являются участки линии бровки берегового уступа, сопряженные с землями различного назначения, испытывающими непосредственное воздействие ЭГП или находящимися в зоне потенциальной опасности.

Осуществление регулярного мониторинга позволяет решать следующие основные задачи:

- учет проявлений ЭГП и их воздействий на хозяйственные объекты;
- прогнозирование ЭГП (смещения линии бровки берегового уступа);
- разработка рекомендаций и предложений по проведению мероприятий, снижающих последствия ЭГП.

Мониторинг положения линии бровки берегового уступа является частью системы наблюдений за состоянием недр в части исследования экзогенных геологических процессов, поэтому к нему применимы все требования, предъявляемые к мониторингу геологической среды. Ниже сформулированы некоторые из них, относящиеся к предлагаемым рекомендациям.

Необходимость создания и ведения информационных фактографических и картографических баз данных, включающих в себя весь набор ретроспективной и текущей геологической и технологической информации, позволяющей осуществлять: оценку пространственно-временных изменений состояния геологической среды и связанных с ней компонентов окружающей природной среды, на основе полученных в процессе мониторинга данных.

Высокая пространственная точность наблюдений. Точность наблюдений связана со значениями скоростей отступления берега: максимальные скорости разрушения берега Таганрогского залива в отдельные годы могут достигать 6 м/год; на менее активных участках (например, на южном побережье Таганрогского залива) среднегодовая скорость составляет 0,3–0,6 м/год. Таким образом, работа с пространственными данными должна вестись в масштабах 1:500, 1:1000, 1:2000.

Периодичность мониторинга. Наблюдения должны осуществляться не реже, чем один раз в год. В случаях активизации ЭПП, например, в результате возникновения экстремальных нагонных явлений, возможно учащение наблюдений. Оптимальное время для мониторинга весенне-летний период. Наблюдения могут производиться весной после начала сезона вегетации или позже, в летнее время.

Ширина зоны обследования, учитывая мелководность Таганрогского залива, должна составлять в сторону моря до 500 метров от уреза воды; в сторону суши — 200–250 м. Такие размеры, обеспечивают примерно 50-ти летний горизонт исследования, поскольку на отдельных участках Таганрогского залива берег с 1971 по 2020 гг. отступил на 190 м.

Анализ существующей практики изучения динамики береговой зоны морей и водохранилищ показывает, что основными группами методов мониторинга на сегодняшний день являются:

- геодезические методы — геодезические инструментальные измерения, спутниковые геодезические измерения с применением глобальных навигационных спутниковых сетей (ГНСС) (ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система), GPS (Global Positioning System), Beidou и др.), наземное лазерное сканирование (наземная сканерная съёмка);

- картографические методы — сравнительный анализ данных топографической съёмки и иных картографических материалов разных лет;

- фотограмметрические методы — сравнительный анализ данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), полученных при помощи беспилотных

воздушных судов (БВС), самолетов и вертолетов, и данных ДЗЗ из космоса (активные и пассивные методы съёмки).

Классические инструментальные методы обладают самой высокой точностью, но имеют ограниченный пространственный охват и требуют значительных трудозатрат на организацию масштабного мониторинга.

Картографические методы пригодны для изучения долговременной динамики береговой зоны. Периодичностью обновления государственных топографических карт и планов определяется на основе оценки степени изменения местности по итогам анализа: результатов аэросъемки, материалов дистанционного зондирования Земли; информации, содержащейся в единой электронной картографической основе, едином государственном реестре недвижимости и государственных информационных системах обеспечения градостроительной деятельности, а также информации, содержащейся в государственных фондах пространственных данных [72]. Из этого следует что картографические материалы являются комплексным продуктом, и период их обновления может исчисляться многими годами, что не соответствует требованиям к периодичности мониторинга положения линии бровки берегового уступа.

Современные космические аппараты ДЗЗ предоставляют данные высокого пространственного разрешения в оптическом диапазоне 0,5–1 м/пиксел (например, космический аппарат «Ресурс-П» российских космических систем). Кроме того, существуют съемки сверхвысокого пространственного разрешения до 30 см/пиксел (космические аппараты «WorldView 3» и «WorldView 4» компании Digital Globe). У спутниковых снимков высокого пространственного разрешения погрешность в плане обычно находится на уровне 2–3 пикселей и составляет 1–1,5 м, что позволяет проводить оцифровку объектов в масштабе 1:5000 – 1:2000. Это дает возможность использовать материалы космической съемки для мониторинга долговременной динамики морских берегов.

Кроме космической съемки, выделяют воздушную съемку с различных носителей: БВС различного типа, взлетной массы, продолжительности полета и т.д.; с малых носителей (мотодельтопланы); съемка с вертолетов и самолетов;

наземная фотограмметрическая съемка. Аэрофотосъемка используется для мониторинга больших площадей.

Фотограмметрические методы позволяют определить геометрию береговой зоны и в дальнейшем оценить ее морфометрию и динамику. В качестве примеров можно рассмотреть удачный опыт применения БВС для исследований береговых процессов Цимлянского водохранилища сотрудниками Российского научно-исследовательского института комплексного использования и охраны водных ресурсов (РосИНИВХЦ) [73], [74].

Стоит отметить, что все перечисленные методы имеют сильные и слабые стороны, и наилучший результат мониторинга может быть достигнут при их комбинации.

В настоящее время мониторинг экзогенных геологических процессов на территории Ростовской области выполняется Южным региональным центром Государственного мониторинга состояния недр — филиалом Федерального государственного унитарного геологического предприятия "Гидроспецгеология" (ФГУГП «Гидроспецгеология»). Он является составной частью функциональной подсистемы мониторинга состояния недр единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Изучение режима экзогенных геологических процессов осуществляется на наблюдательных участках опорной государственной сети.

Кроме того, мониторинг состояния береговой зоны Таганрогского залива, осуществляется специалистами Федерального государственного бюджетного учреждения «Информационно-аналитический центр по водопользованию и мониторингу Азовского моря» (ФГУ «Азовморинформцентр») согласно «Программе работ по ведению государственного мониторинга водного объекта — Азовского моря». Для наблюдения за состоянием берегов и изменением морфометрических особенностей Азовского моря в границах Ростовской области определены 12 участков, общей протяженностью 193 км. Инструментальные наблюдения за продвижением бровки берегового склона на особо опасных участках с интенсивным обрушением выполняются на 23 створах наблюдения.

На основе проведенных работ, анализа используемых методов наблюдений и существующих систем мониторинга выработан следующий перечень рекомендаций по совершенствованию системы мониторинга за положением линии бровки берегового уступа:

- 1) добавить ежегодный этап анализа текущей ситуации по данным спутниковым снимков;
- 2) расширить комплекс полевых исследований;
- 3) дополнить перечень методов, используемых на этапе обработки результатов мониторинга;
- 4) создать информационную систему, содержащую как фактографическую, так и картографическую информацию о движении линии бровки берегового уступа.

Анализ текущей ситуации по спутниковым ДЗЗ заключается в подборе снимков высокого пространственного разрешения, оцифровки по ним линии бровки берегового уступа и характеристика ее временной динамики. В результате появляется возможность количественно оценить скорость отступления берега вдоль всей его протяженности с малым шагом по пространству (каждые 5–10 м) и каждый раз выделять аварийные участки, с высокой скоростью отступления берега.

Процедура обработки разновременных космических снимков выполняется согласно методике, описанной в разделе «Материалы и методы». Анализ может выполняться на платформе полнофункциональной настольной геоинформационной системы (ГИС) «Next QGIS», с привлечением дополнительного модуля «graphic modeler» и инструмента «EPR4Q». Перечень КА/программ, данных которых рекомендуется использовать для работы представлен в таблице 4.2.

Этап анализа спутниковых снимков может ежегодно предварять полевой этап работ. В начале года по свежим данным ДЗЗ определяются участки активизации ЭГП, ситуацию на которых затем уточняется в ходе полевых работ.

Потребность в таком этапе работ возникает вследствие необходимости максимального охвата береговой линии Таганрогского залива при мониторинге для формирования более детальной картины о состоянии берегов. В рамках

существующих программ мониторинга инструментальные измерения проводятся по одним и тем же пунктам/створам, а для прочих/соседних, иногда весьма протяженных, участков дается краткое текстовое описание ситуации, без формализованной количественной характеристики.

Таблица 4.2 — Рекомендуемые данные дистанционного зондирования Земли из космоса для целей мониторинга положения линии бровки берегового уступа

Космический аппарат	Пространственное разрешение, м	Страна	Оператор	Тип данных	Возможность заказа новой съемки
CORONA J-1 (KH-4A)	2,5	США	Геологическая служба США (USGS)	Архивные / открытые	-
Spot 1–5	5–10	Франция	Национальный центр космических исследований Франции	Архивные / открытые	-
Spot 6–7	1,5	Франция	Airbus Defence and Space (SPOT-6), Azerkosmos (Азербайджан; SPOT-7/Azersky)	Архивные / Коммерческие	-
Канопус-В 1–6	2,1	Россия	ГК Роскосмос, НЦ ОМЗ ОАО «Российские космические системы»	Архивные / Коммерческие	-
Аист-2Д	1,5	Россия	ГК Роскосмос, НЦ ОМЗ ОАО «Российские космические системы»	Архивные / Коммерческие	+
Ресурс-П 1–3	1	Россия	ГК Роскосмос, НЦ ОМЗ ОАО «Российские космические системы»	Архивные / Коммерческие	+
World View 3–4	0,3	США	DigitalGlobe	Архивные / Коммерческие	-
Cartosat-2B	0,8	Индия	ISRO, Antrix	Архивные / Коммерческие	+
Cartosat-2C, 2D, 2E, 2F	0,65	Индия	ISRO, Antrix	Архивные / Коммерческие	+

Комплекс полевых (инструментальный) исследований предлагается расширить как количественно, так и качественно. На этом этапе мониторинга должны проводиться:

- измерения отступления бровки берегового уступа при помощи геодезических инструментальных методов в районах установленных створов наблюдений;

- рекогносцировочные инструментальные съемки морфометрических характеристик береговых клифов и подводного берегового склона с использованием ГНСС устройств геодезического класса;

- аэрофотосъемка с применением БВС самолетного или мультироторного типа в районах с максимальными среднесуточными скоростями движения бровки берегового клифа, а также на оползневых участках.

Предлагается расширить существующую систему наблюдений ФГУ «Азовморинформцентр» дополнительными створами наблюдений в районах:

Подробные морфометрические съемки береговых клифов и подводного берегового склона следует осуществлять каждые 2–3 года, или чаще в случае сильной активизации ЭГП.

Рекомендуется внедрить в оперативный мониторинг состояния береговой зоны использование беспилотных воздушных судов. Тип БВС выбирается в зависимости от длины участка. В качестве съёмочного оборудования целесообразно использовать цифровые фотографические камеры с полноразмерными или «Advanced Photo System type-C (APS-C)» матрицами, обеспечивающие получение снимков высокого качества.

Также рекомендовано наличие на борту БВС геодезической платы (ГНСС-приемника), обеспечивающих сантиметровую точность выполнения спутникового позиционирования. В качестве примера БВС, оснащённых необходимым для съёмки оборудованием, можно привести Геоскан 101 и Геоскан 201. В случае отсутствия аппаратуры, обеспечивающей сантиметровую точность, требуется создание планово-высотного съёмочного обоснования геодезическими методами и закладка опознавательных знаков.

Фотограмметрическая обработка материалов аэрофотосъёмки может выполняться с использованием цифровых фотограмметрических систем российских производителей, таких как Agisoft «MetaShape Professionals» от компании ООО «ЖИВОЙСОФТ» (<https://reestr.digital.gov.ru/reestr/343812/>) и «PHOTOMOD» от компании «Ракурс», входящих в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных.

Таблица 4.3 — Примеры российских БВС различных типов для выполнения аэрофотосъёмки

Характеристики	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Название БВС	Альбатрос М1	SuperCam S250	Геоскан 201	Геоскан 401
Производитель	Россия, «Альбатрос»	Россия, «SuperCam»	Россия, ГК «Геоскан»	Россия, ГК «Геоскан»
Максимальная протяженность маршрута, км	70	180	210	40
Скорость полёта	65–120 км/ч	65–120 км/ч	50–110 км/ч	до 50 км/ч
Высота полёта, м	50–500	100–5000	100–4000	500
Диапазон температур, °С	-30 – +40	-50 – +50	-20 – +40	-20 – +40
Взлёт/посадка	С помощью катапульты / на парашюте	С помощью катапульты / на парашюте	С помощью катапульты / на парашюте,	Ввертикально в автоматическом режиме
Съёмочное оборудование	Камера Sony A6000 24,3 МРх Тип матрицы CMOS	Камера Sony Alpha 6000 24,7 МРх Тип матрицы CMOS	Камера Sony RX1R II 42 Мпикс, объектив 35 мм, полноразмерная матрица, центральный затвор	Камера Sony RX1R II 42 Мпикс, объектив 35 мм, полноразмерная матрица, центральный затвор
Гарантия	80 полётов / 1 год	70 полётов / 1 год	160 полётов / 2 года	1 год

Традиционными методами, используемыми при обработке рекогносцировочных обследований, являются расчет величины отступления берега в створах наблюдений и построение профилей динамики берегового склона. В случае внедрения этапа обработки спутниковых снимков их следует дополнить процедурами совмещения данных и построением модели эволюции берега (т.е.

движения линии бровки берегового уступа). Уточнение результатов анализа спутниковых снимков по данным полевых наблюдений позволит дать более качественную оценку современного состояния береговой зоны. Модель эволюции берега предоставит возможность давать прогноз изменений в береговой зоне на будущий период. Проверка оправдываемости прогноза предыдущих лет также должна стать одной из процедур, предназначенных для внесения изменений в модель с целью повышения ее качества.

Для успешного функционирования системы мониторинга береговой зоны Таганрогского залива в пределах Ростовской области необходимо наличие информационной системы, содержащую как фактографическую, так и картографическую информацию о движении линии бровки берегового уступа. Учитывая определяющую роль пространственного фактора, эта система должна быть основана на геоинформационных технологиях, которые обеспечивают интеграцию различных пространственных и непространственных данных по исследуемым объектам. Целью разработки такой ГИС является создание основы для единой схемы мониторинга береговой зоны Таганрогского залива в пределах Ростовской области, обеспечивающей сбор данных, их обработку, анализ, моделирование и представление информации.

В состав ГИС наряду с результатами регулярных мониторинговых наблюдений должны входить данные о геологическом, геоморфологическом строении и других характеристиках берегов Азовского моря. Кроме того, должна присутствовать информация о процессах, сопутствующих развитию береговых процессов: гидрометеорологические наблюдения и характеристика антропогенной нагрузки. В ГИС должен быть представлен максимально возможный набор ретроспективной информации для оценки пространственно-временной динамики линии бровки берегового уступа и построения модели береговых процессов с целью прогноза их изменений под влиянием естественных природных факторов и антропогенной деятельности. В качестве примера возможной структуры и содержимого ГИС можно привести созданную в ЮНЦ РАН геоинформационную систему «Береговые процессы в Азовском море».

Разработку ГИС можно проводить на основе продуктов российской платформы «NextGIS», в частности «NextGIS QGIS», которые входят в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных ([https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301877/?sphrase\\_id=1516076](https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301877/?sphrase_id=1516076)). «NextGIS QGIS» — это полнофункциональная настольная ГИС для создания и редактирования данных, производства карт, выполнения аналитических операций.

Существование такой ГИС обеспечит наличие оперативной информации о состоянии берегов, а также предоставит возможность проводить оценку эффективности мероприятий по защите берега.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) На основе систематизации литературных и фондовых данных, инструментальных и дистанционных наблюдений с применением современных технологий и программных средств созданы базы геоданных и геоинформационная система «Берега Азовского моря» для обеспечения комплексного мониторинга абразионно-обвальных процессов в береговой зоне Таганрогского залива Азовского моря. ГИС разработана как уникальная среда, для сбора, хранения, анализа и мониторинга пространственно-временной динамики берегов. Для визуализации данных настроены картографические шаблоны, что позволяет получать комплекты картографического материала исходя из накопленной информации.

2) С учетом региональных особенностей адаптирована методика космического мониторинга абразионно-обвальных процессов для береговой зоны Таганрогского залива на основе разновременных данных ДЗЗ и ГИС, что позволило увеличить охват зоны мониторинга и получить более детальную картину распределения темпов отступления морских берегов.

3) Выполнен пространственно-временной анализ динамики темпов отступления берегов всего Таганрогского залива на основе сопоставления разновременных ДДЗЗ высокого и сверхвысокого пространственного разрешения, с шагом по горизонтали 10 м., за период с 1964 по 2022 гг. На основе, которого установлено:

- 57% береговой линии соответствуют слабой (<1 м/год) интенсивности проявления ОБП, средней (1–2 м/год) – 13%, сильной (2–4 м/год) – 23%;

- наибольшие темпы размыва характерны для участков Весело-Вознесенка (средняя скорость по участку 1,87 м/год) и участка между ст. Должанской и с. Воронцовка (2,4 м/год);

- выявлены участки размыва устьевых областей малых рек, со скоростями размыва до 5 м/год, которые приурочены к устьевым областям малых рек (Мокрый Еланчик и Мокрая Чумбурка);

4) Линейное движение морского края дельты реки Дон, как отступления, так и выдвижения в сторону моря, варьируются в пределах 100–200 м. Для центральных районов дельты (2–6) характерен размыв со среднемноголетней скоростью 0,66 м/год, для краевых районов (1,7,8) в большей степени характерна аккумуляция со среднемноголетней скоростью 1,36 м/год.

5) Оценка материальных и площадных потерь к 2030 г., показала, что площадь земель, подверженных размыву на территории Ростовской области, составит 41,5 Га, на территории Краснодарского края 30,5 Га. Материальный ущерб, согласно ценам публичной кадастровой карты Росреестра оценен в 94,3 млн. руб. и 41,5 млн. руб. соответственно.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адрианова О.Р. Сравнительный анализ тенденций изменения уровня на побережьях Атлантического океана, Средиземного и Черного морей. / О.Р. Адрианова // Вестник Одесского Национального университета. Географические и геологические науки. — 2012. — Том 17. — № 3(16). — С. 48-60.

2. Аксенов А.А. Морфология и динамика северного берега Азовского моря / А.А. Аксенов // Труды ГОИН. — 1955. — Вып. 29. № 41. — С. 107–143.

3. Аксенов А.А. Некоторые особенности абразии берегов Азовского моря / А.А. Аксенов // Труды ГОИН. — 1957. — Вып. 31. № 43. — С. 122–145.

4. Актуализированные ГИС-пакеты оперативной геологической информации [Электронный ресурс] // ГИС-Атлас «Недра России». — 2021. — Режим доступа: <http://atlaspacket.vsegei.ru/#b75c3ba3184057c93>

5. Анисимова Н.Г. Природные опасности России. Том 3. Экзогенные геологические опасности / Анисимова Н.Г., Бутова В.Н., Викторов А.С., [и др.] — Москва.: Изд-во. КРУК, 2002, — 348 с.

6. Антоненко М.В. Современная морфология и динамика компонентов береговой зоны в юго-восточной части Азовского моря (район Вербяной косы) :

автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. : 25.00.25 / Антоненко Михаил Викторович. — Краснодар., 2011. — 24 с.

7. Артюхин Ю. В. Антропогенный фактор в развитии береговой зоны моря / Ю.В. Артюхин; отв. ред. Г. А. Сафьянов. — Ростов н/Д : Изд-во Ростовского университета. 1989. — 142 с.

8. Артюхин Ю.В. Волновое разрушение обвальных берегов Азовского моря / Ю.В. Артюхин // Геоморфология. — 1982. — № 4. — С. 51–58.

9. Артюхин Ю.В. Инженерные аспекты изучения берегов морей / Ю.В. Артюхин, О.В. Ивлиева // Геоморфология. — 1988. — № 4. — С. 94–95.

10. Артюхин Ю.В. Изменчивость поступления материала абразии в Азовское море / Ю.В. Артюхин, В.А. Мамыкина // Известия СКНЦ ВШ. Серия: Естественные науки. — 1978. — № 3. — С. 79–81.

11. Архив данных дистанционного зондирования Земли геологической службы США [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения 02.02.2020)

12. Архипова О.Е. Веб-ГИС для оценки сценариев использования природно-ресурсного потенциала Южного макрорегиона / О.Е. Архипова // ИнтерКарто. ИнтерГИС. — 2017. — Т. 23, № 2. — С. 144–156.

13. Архипова О.Е. ГИС «Экологическая изученность южных морей РОССИИ» на технологической платформе ArcGis Online / О.Е. Архипова // Геоинформатика. — 2014. — Т. 3, № 3. — С. 2–9.

14. Архипова О.Е. Оценка современной медико-экологической обстановки южного макрорегиона на основе технологий геопортала / О.Е. Архипова, Д.А. Агапов // Экология, экономика, информатика. Т.2: Геоинформационные науки и экологическое развитие: новые подходы, методы, технологии. Геоинформационные технологии и космический мониторинг (п. Абрау-Дюрсо, 8–13 сентября 2013 г.). Ростов-на-Дону. — 2013. — С. 103–106.

15. Архипова О.Е. Атласная информационная система оценки устойчивого развития прибрежной зоны Азовского моря / О.Е. Архипова, Ю.М. Лычагина // ИнтерКарто. ИнтерГИС. — 2018. — Т. 24. № 1. С. 68–74.

16. Бадина С.В. Влияние опасных природных явлений на социально-экономический потенциал регионов России : дисс...канд.геогр.наук: 25.00.24 / Бадина Светлана Вадимовна. — Москва, — 2018. — 202 с.

17. Бердников С.В., Опасные абразионные и оползневые процессы в береговой зоне Азовского моря и социально-экономические последствия их проявлений / С.В. Бердников, Л.А. Беспалова, А.Д. Хаванский [и др.] — Ростов н/Д. : ЮНЦ РАН, 2022. — 288 с.

18. Бердников С.В. Новое состояние гидрологического режима Азовского моря в XXI веке / С.В. Бердников, Л.В. Дашкевич, В.В., Кулыгин // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. — 2022. — Т. 503, № 1. — С. 65–70. — DOI: 10.31857/S2686739722030057.

19. Бердников С.В. Климатические условия и гидрологический режим Азовского моря в XX — начале XXI вв. / С.В. Бердников, Л.В. Дашкевич, В.В. Кулыгин // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2019. — Т. 2, № 2. — С. 7–19.

20. Беспалова Л.А. Берега Азовского моря: 100 лет наблюдений. / Л.А. Беспалова, О.В. Ивлиева, А.Е. Цыганкова ; науч. Ред. акад. РАН Матишов Г.Г.; отв. ред. Бердников С.В. — Ростов-на-Дону. Изд-во: ЮНЦ РАН. 2023. — 384 с.

21. Беспалова Л.А. Уровенный режим Таганрогского залива в современный период / Л.А. Беспалова, П.М. Лурье, А.Е. Цыганкова, Т.А. Веткина, О.Ш. Носикова // Современные технологии мониторинга и освоения природных ресурсов южных морей. Мат-лы Междунар. семинара (г. Ростов-на-Дону, 15–17 июня 2005 г.). — Ростов н/Д.: Изд-во ООО «ЦВВР». 2005. — С. 27–29.

22. Беспалова Л.А. Опасные штормовые нагоны и разрушение берегов Азовского моря / Л.А. Беспалова, А.Е. Цыганкова, Е.В. Беспалова, С.А. Мисиров // Наука Юга России. — 2019. — Т. 15, № 2. — С. 29–38.

23. Бронфман А.М. Азовское море: основы реконструкции / А.М. Бронфман, Е.П. Хлебников — Л : Гидрометеиздат, 1985. — 270 с.

24. Брыксина Н.А. Изучение динамики береговой зоны Балтийского моря с использованием космических снимков / Н.А. Брыксина // Вестник Балтийского

федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. — 2014. — №1. — С. 50-59.

25. Варфоломеев А.Ф. Оценка эколого-хозяйственного баланса территории Темниковского района Республики Мордовия с использованием ГИС-технологий на основе данных дистанционного зондирования / А.Ф. Варфоломеев, О.А. Вакулич, В.Ф. Манухов // Геодезия и картография. — 2016. — № 1. — С. 46–54.

26. Ведение государственного мониторинга состояния недр территории Ростовской области в 2008–2010 гг. : отчет о НИР / ФГУГП «Гидроспецгеология», «Южный региональный центр ГМСН»; рук. И.Б. Королев; исполн.: В.М. Мошкин, Е.А. Святко, А.Н. Ляшик, Т.А. Еленевич. Ростов-на-Дону, 2011. 191 с. Библиогр.: с. 190. № ГР 032–07/06. Инв. № 17898

27. Водно-болотные угодья России. Том 6. Водно-болотные угодья Северного Кавказа / под общ. ред. А. Л. Мищенко. — М.: Wetlands International. 2006. — 316 с.

28. Гаджиев М.Г. Оценка экономических последствий при трансгрессии Каспийского моря / М.Г. Гаджиев // Вопросы структуризации экономики. — 2004. — №. 1. — С. 153–157.

29. Гаргопа Ю.М. Закономерности многолетней динамики океанографических процессов и компонентов биоты Азовского моря / Ю.М. Гаргопа // В сб. «Среда, биота и моделирование экологических процессов в Азовском море». — 2001. — Апатиты.: КНЦ РАН. — С. 44-71.

30. Гаргопа Ю.М. Сопряженность крупномасштабных изменений биопродуктивности Азовского моря и гидрометеорологических условий ее формирования / Ю.М. Гаргопа // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. — 2003. — №2. — С.78-82.

31. Геологическая служба США (USGS) – официальный сайт [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://www.usgs.gov/centers/whcmssc/science/digital-shoreline-analysis-system-dsas?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/centers/whcmssc/science/digital-shoreline-analysis-system-dsas?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects) (дата обращения 05.02.2020)

32. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 5: Азовское море / Под ред. Н.П. Гоптарева и др. — СПб.: Гидрометеоздат, 1991. — 236 с.
33. Гогоберидзе Г.Г. Глоссарий по Кадастру береговой (прибрежной) зоны. / Гогоберидзе Г.Г., Жамойда В.А., Нестерова Е.Н., [и др.] — 2008. СПб.: Изд. РГГМУ. — 95 с.
34. Горячкин Ю.Н. Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее / Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. — 2006. Севастополь. Изд-во: Гидрофизический институт. — 210 с.
35. Губкин Н.М. Разрушение восточных берегов Азовского моря и возможные меры борьбы с ним / Губкин Н.М. // Геоморфология. — 1973. — № 1. — С. 43–45.
36. Дзеранов Б.В. Использование ГИС-технологий при оценке качества подземных вод Республики Северная Осетия – Алания / Дзеранов Б.В., Гогичев Р.Р., Джусоева Н.Г. // Геология и геофизика Юга России. — 2017. — Т. 7, № 3. — С. 40–56.
37. Дивинский Б.В. Климатические спектры колебаний уровня Азовского моря / Дивинский Б.В., Фомин В.В., Косьян Р.Д., Дьяков Н.Н. // Морской гидрофизический журнал. — 2023. — Т. 39, № 5. — С. 584–598.
38. Долотов В.В. Статистический анализ изменений береговой линии пляжа поселка Любимовка / Долотов В.В. Горячкин Ю.Н. Долотов А.В. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. — 2017. — № 1. — С.40–47.
39. Доценко С.Ф. Природные катастрофы Азово-Черноморского региона / Доценко С.Ф., Иванов В.А. — Севастополь. Изд-во: МГИ. 2010. — 174 с.
40. Дьяков Н.Н. Синоптические условия возникновения аномальных колебаний уровня Азовского моря / Дьяков Н.Н., Фомин В.В. // Научные труды УкрНДГИ. — 2002. Вып. 250. — 10 с.
41. Дьяков Н.Н. Ветро-волновой режим Азовского моря / Дьяков Н.Н., Фомин В.В., Мартынов Е.С., Гармашов А.В. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. — 2010. — № 22. — С. 228–239.

42. Жилияев А.П. Справочник. Расчет колебаний уровня Азовского моря / Жилияев А.П.— 1977. Том 12. М., Наука. — С. 62-82.

43. Захаров А.Л. Западный рельеф и динамика берегов Ейского полуострова [Электронный ресурс] / Захаров А.Л., Иванов М.М., Коряк Е.О., Мухаметшин А.Р., Цветкова Д.Ю., Черноморец Л.С., Чернышева А.А. // Отчет о зимней экспедиции НСО кафедры геоморфологии и палеогеографии — Режим доступа: <http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/nso/Otchet2012/otchet2012.pdf>

44. Зенкович В. П. Динамика и морфология морских берегов: Ч. 1. / Зенкович В. П. — Ленинград: Морской транспорт, 1946. — 462 с.

45. Зенкович В.П. Берега Чёрного и Азовского морей / Зенкович В. П. — М.: Географгиз, 1958. — 376 с.

46. Зенкович В.П. Динамическая классификация морских берегов / Зенкович В.П. // Труды Института океанологии. — М.: Изд-во АН СССР. — 1954. — Т. 10. — С. 112–134.

47. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов / В.П. Зенкович — М. Изд-во: Академии наук СССР. 1962. — 719 с.

48. Ивлиев П.П. Геоэкологическая оценка развития опасных природных и техноприродных процессов побережья Азовского моря (в пределах Ростовской области) : автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. : 25.00.36 / Ивлиев Петр Павлович — Ростов-на-Дону. 2012. — 24 с.

49. Ивлиева О.В. Современные скорости разрушения берегов российского побережья Азовского моря / Ивлиева О.В., Бердников С.В. // Геоморфология. — 2005. — № 4. — С. 74–82.

50. Ивлиева О.В. Современные береговые процессы Таганрогского залива / Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Ивлиев П.П. // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. — 2010. — № 5. — С. 107–110.

51. Ивлиева О.В. Прогноз развития северного берега Таганрогского залива Азовского моря / Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Мысливец В.И., Шипилова Л.М. // Вестник Московского университета. Сер. 5: География. — 2017. — № 6. — С.71–77.

52. Ивлиева О.В. Современная динамика абразионного процесса побережья Таганрогского залива / Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е. // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления»): материалы Международной научной конференции (г. Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 г.). — Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН. — 2019. — С. 165–168.

53. Ивлиева О.В. Современное состояние абразионных и аккумулятивных берегов Азовского моря / Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е., Сушко К.С., Комогоров А.Ю. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. — 2015. — Вып. 1. — С. 40–47.

54. Ивлиева О.В. Опасные природные и техноприродные процессы морского побережья / Ивлиева О.В., Ивлиев П.П., Беспалова Л.А. // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. — 2013. — Т. 18, Вып. 2. — С. 606–610.

55. Ивлиева О.В. Поступление эолового материала на акваторию Азовского моря / Ивлиева О.В., Сорокина В.В. // Современные проблемы аридных и семиаридных экосистем юга России : сборник статей. — Ростов-н/Д : Изд-во ЮНЦ РАН. 2006. — С. 493–504.

56. Ивлиева О. В. Современные береговые процессы Таганрогского залива / Ивлиева, О. В., Беспалова Л.А., Ивлиев П.П. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2010. – № 5 (159). – С. 107–111

57. Ильин Ю.П. Гидрометеорологические условия морей Украины. Т. 1: Азовское море / Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н., Горбач С.Б. — Севастополь. Изд-во: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. — 402 с.

58. Интегрированное управление ресурсами и безопасностью в бассейне Азовского моря / Под ред. Буркинського Б.В., Степанова В.Н., Бердникова С.В. — Одесса: ИПРЭЭ НАН Украины, 2010. — 674 с.

59. Королев И.Б. Информационный бюллетень о состоянии недр территории ЮФО РФ за 2022 год [Электронный ресурс] / Королев И.Б., Терещенко Л.А., Пилипчук О.В., Светашова Э.А. // ФГБУ «Гидроспецгеология» «Южный региональный центр ГМСН». — 2023. Вып. 19. Ессентуки. — 385 с. — Режим доступа: <https://geomonitoring.ru/arxiv.html#item2022>

60. Ключниченко В.Н. Особенности формирования кадастра в России / Ключниченко В.Н., Ивчатова Н.С. // Вестник СГУГиТ. — 2020. — Т. 25, №. 2. — С. 198–208. — DOI 10.33764/2411–1759-2020-25-2-198-208.

61. Косолапов А.Е. Оценка современных экзогенных геологических процессов в береговой зоне Таганрогского залива / Косолапов А.Е., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Дандара Н.Т., Скрипка Г.И. // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2009. — № 6. — С. 4–22.

62. Косолапов А.Е. Таганрогский залив Азовского моря: современное состояние и проблемы природопользования / Косолапов А.Е., Дандара Н.Т., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Ляшик А.Н., Никаноров В.А., Калиманов Т.А., Дорожкин Е.В., Клименко О.А., Шеффер Е.А., Косолапова Н.А., Коржов И.В., Дандара А.Н., Беспалова Е.В., Цыганкова А.Е., Ивлиев П.П., Филиппов В.В. — монография. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ. 2012. — 556 с.

63. Косолапов А.Е. Исследование морфологических и морфометрических особенностей берегов Цимлянского водохранилища с использованием беспилотных летательных аппаратов и ГИС-технологий / Косолапов А.Е., Скрипка Г.И., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Филатов А.А. // Аридные экосистемы. — 2018. — Т. 24. № 3. — С. 36–42.

64. Кравцова В.И. Динамика дельты Дуная в XXI веке: исследование по космическим снимкам / Кравцова В.И., Инюшин А.Н. // Геоинформатика. — 2018. — № 2. — С. 45-62.

65. Кравцова В.И. Методика исследований динамики дельт приливных северных рек по космическим снимкам (на примере Северной Двины) / Кравцова В.И., Вахнина О.В., Лебедева С.В., Харьковец Е.Г., Чалова Е.Р. // Геоинформатика. — 2022. — № 1. — С. 17-31. — DOI 10.47148/1609-364X-2022-1-17-31.

66. Кропянко Л.В. Геоэкологическая оценка и районирование Азово-Черноморского побережья России : автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. : 25.00.36 / Кропянко Лариса Владимировна — Ростов-на-Дону. 2014. — 23 с.

67. Кропянко Л.В. Применение ГИС-технологий для оценки демографической нагрузки на береговую зону южных морей / Кропянко Л.В. // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. — 2012. — № 1. — С. 35–38.

68. Кропянко Л.В. Применение современных информационных технологий для изучения видов хозяйственной деятельности и антропогенного давления на акватории южных морей / Кропянко Л.В., Сапрыгин В.Н. // Актуальные проблемы географии новой России. — СПб: Факультет географии и геоэкологии СПбГУ. — 2008. — С. 260–266.

69. Кропянко, Л.В. Оценка воздействия городов на приморские экосистемы юга России с использованием ГИС-технологий / Кропянко, Л.В., Беспалова Л.А. // Естественные и технические науки. — 2010. — № 6 — Т. 50 — С. 384–389.

70. Крыленко М.В. Научное обеспечение сбалансированного планирования хозяйственной деятельности на уникальных морских береговых ландшафтах и предложения по его использованию на примере Азово-Черноморского побережья. / Крыленко М.В., Крыленко В.В. // Том 7: Азовское море. — 2013. 1189 с.

71. Латун В.В. Изменения сезонной ветровой ситуации в районе Таганрогского подходного канала и их влияние на заносимость канала / Латун В.В. // Известия вузов. СевероКавказский регион. Серия: Естественные науки. — 2005. — №4. — С. 53-61.

72. Левкевич В.Е. Современные методы оценки абразионного риска на водохранилищах Беларуси. – Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии: материалы / Левкевич В.Е., Михневич Э.И., Кобяк В.В. // V Международн. научной конф. (к 80-летию геогр. фак. и каф. геогр. экологии БГУ), 14-17 октября 2014 г., Минск / редкол.: А.Н. Витченко (науч. ред.) [и др.]. — Минск: Изд. Центр БГУ. — 2014 г. — С. 48–50.

73. Леонтьев О.К. Основы геоморфологии морских берегов / Леонтьев О.К. — М.: Изд-во МГУ. 1961. — 418 с.

74. Лурье П.М. Влияние изменений климата на гидрологический режим р. Дон в начале XXI столетия / Лурье П.М., Панов В.Д. // Метеорология и гидрология. — 1999. — № 4. — С. 90-97.

75. Луц Н.В. Многолетняя изменчивость скорости ветра в Восточном Приазовье / Луц Н.В. // Метеорология и гидрология. — 2001. — № 2. — С. 98–102.

76. Лычагина Ю.М. Применение методов web-технологий в разработке ИС «Экологическая изученность экосистем Юга России» / Лычагина Ю.М. // Экология. Экономика. Информатика. III конференция «Геоинформационные технологии и космический мониторинг» (8–10 сентября 2010 г.). — Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. — 2010. — С.71-76.

77. Лычагина Ю.М. Технология наполнения карты геопортала информационной системы «Экологическая изученность Юга России» / Лычагина Ю.М., Дуденкова А.О. // Экология. Экономика. Информатика. IV конференция. Сер. «Геоинформационные технологии и космический мониторинг» (5–10 сентября 2011 г.). — Ростов-на-Дону: Издательство южного федерального университета. — 2011. — С.152-157.

78. Макаренко Е.Л. Картографирование лесной растительности и оценка ущерба от ее потенциальной потери в результате негативного воздействия вод / Макаренко Е.Л. // Картографирование биоты: традиции и актуальные вопросы развития : Материалы Международной научной конференции, посвященной 85-летию со дня рождения д.г.н. Алексея Васильевича Белова и д.б.н. Валерия Федоровича Лямкина, Иркутск, 10–12 октября 2023 года / Под редакцией В.М. Плюснина, И.Н. Владимирова. – Иркутск: Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук. 2023. — С. 61–64.

79. Маловицкий Я.П. Тектоника и история геологического развития Азовского моря: (По данным морских геофизических исследований) / Я.П. Маловицкий // Молодые платформы, их тектоника и перспективы нефтегазоносности. — М.: Наука. — 1965. — С. 74–88.

80. Мамыкина В.А. Типы берегов Азовского моря и особенности их динамики / В.А. Мамыкина // Труды Океанографической комиссии. Т.8. — М.: изд-во АН СССР. — 1961. — С.33-44.

81. Мамыкина В.А. Интенсивность современных процессов в береговой зоне Азовского моря / В.А. Мамыкина // Известия Всесоюзного географического общества. — 1978. — Т. 110. Вып. 4. — С. 351–355.

82. Мамыкина В.А. Процессы абразии и аккумуляции в современном осадконакоплении на примере Азовского моря / В.А. Мамыкина, Ю.П. Хрусталева // Океанология. — 1966. — Т. 6. Вып. 3. — С. 42–43.

83. Мамыкина В.А. Береговая зона Азовского моря / В.А. Мамыкина, Ю.П. Хрусталева — Ростов н/Д.: Изд-во РГУ. 1980. — 176 с.

84. Матишов Г.Г. Результаты комплексных исследований голоценовых отложений Таганрогского залива Азовского моря / Г.Г. Матишов, В.В. Польшин, К.В. Дюжова, К.С. Сушко, В.В. Титов // Наука Юга России. — 2017. — Т. 13. № 4. — С. 43–59. — DOI 10.23885/2500–0640-2017-3-4-43-59.

85. Матишов Г.Г. Новые данные о строении Беглицкой косы / Г.Г. Матишов, В.В. Польшин, В.В. Титов, К.С. Григоренко, К.С. Сушко, С.А. Мисиров // Наука Юга России. — 2022. — Т. 18, № 3. — С. 13–20. — DOI 10.7868/S25000640220302.

86. Матишов Г.Г. Новые результаты исследования голоценовой истории шельфа Азовского моря / Г.Г. Матишов, В.В. Польшин, В.В. Титов, К.С. Григоренко, К.С. Сушко, Е.П. Коваленко, Е.Э. Кириллова // Наука Юга России. — 2021. — Т. 17, № 4. — С. 34–44. — DOI 10.7868/S25000640210404.

87. Матишов Г.Г. Результаты комплексного исследования береговых кос Таганрогского залива Азовского моря / Г.Г. Матишов, В.В. Польшин, В.В. Титов, В.В. Кулыгин, Г.В. Ковалева, С.А. Мисиров, Е.П. Коваленко, А.С. Тесаков, П.Д. Фролов // Наука Юга России. — 2023. — Т. 19, № 1. — С. 17–28. — DOI 10.7868/25000640230103.

88. Матишов Г.Г. Проблемы изучения берегов морей и задачи научного обеспечения их освоения (к 100-летию профессора В.П. Зенковича) / Г.Г. Матишов,

Ю.В. Артюхин // Вестник Южного научного центра РАН. — Т. 6. № 2. — 2010. — С.21-27.

89. Матишов Г.Г. Геоморфологические особенности шельфа Азовского моря / Г.Г. Матишов // Вестник Южного научного центра. — 2006. — Т. 2. № 1. — С. 44–48.

90. Матишов Г.Г. Гидрохимический состав воды на взморье и авандельте Дона в условиях маловодья (XX–XXI вв.) / Г.Г. Матишов, К.С. Григоренко // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. — 2021. — Т. 499. № 2. — С. 193–202.

91. Матишов Г.Г. Новые данные о геоморфологии дна Азовского моря / Г.Г. Матишов // Доклады Академии Наук. — 2006. — Т. 409. №3. — С. 375–380.

92. Матишов Г.Г. Сейсмопрофилирование и картирование новейших отложений дна Азовского моря / Г.Г. Матишов // Вестник Южного научного центра. — 2007. — Т. 3. № 3. — С. 32–40.

93. Матишов Г.Г. Экстремальное затопление дельты Дона весной 2013 г. / Г.Г. Матишов, С.В. Бердников // Известия РАН. Серия географическая. — 2015. — № 1. — С. 111–118. — DOI: 10.15356/0373-2444-2015-1-111-118.

94. Матишов Г.Г. Современные опасные экзогенные процессы в береговой зоне Азовского моря: монография / Г.Г. Матишов, С.В. Бердников, Л.А. Беспалова, О.В. Ивлиева, А.Е. Цыганкова, С.М. Хартиев, А.Р. Иошпа, О.Е. Архипова, Л.В. Кропянко, К.С. Сушко, И.В. Шевердяев, Е.В. Беспалова — Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета. — 2015. — 324 с.

95. Матишов Г.Г. Атлас климатических изменений в больших морских экосистемах Северного полушария (1878–2013). Регион 1. Моря Восточной Арктики. Регион 2. Чёрное, Азовское и Каспийское моря / Матишов Г.Г., Бердников С.В., Жичкин А.П., Макаревич П.Р., Дженюк С.Л., Кулыгин В.В., Яицкая Н.А., Поважный В.В., Шевердяев И.В., Кумпан С.В., Третьякова И.А., Цыганкова А.Е. — Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН. 2014. — 256 с.

96. Матишов Г.Г. Азовское море: современные абразионные процессы и проблемы берегозащиты / Матишов Г.Г., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Цыганкова

А.Е., Кропянко Л.В. // Доклады Академии наук. — 2016. — Т. 471. № 4. — С. 483–486.

97. Матишов Г.Г. Эколого-географический анализ морского побережья Ростовской области / Матишов Г.Г., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Кропянко Л.В. // Доклады Академии наук. — 2015. — № 1. — С. 53–57.

98. Матишов Г.Г., Новые принципы представления циркуляции вод Азовского моря / Г.Г. Матишов, Д.Г. Матишов // Труды Южного научного центра Российской академии наук — Гл. ред. акад. Г.Г. Матишов. Т. 4: Моделирование и анализ гидрологических процессов в Азовском море. — Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН. 2009. — С. 196–202.

99. Матишов Г.Г. Признаки субаэральных условий осадконакопления в голоценовых отложениях Азовского моря / Матишов Г.Г., Польшин В. В., Титов В.В. // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. — 2022. — Т. 506, № 1. — С. 92–97. — DOI 10.31857/S2686739722600989.

100. Матишов Г.Г. Исследования отложений кос Азовского моря (на примере косы Долгой) / Матишов Г.Г., Польшин В.В., Титов В.В. // Океанология. — 2020. — Т. 60. № 1. — С. 158–161

101. Матишов Г.Г. Палеогеография Приазовья в голоцене / Г.Г. Матишов, В.В. Титов, Г.В. Ковалёва, В.В. Польшин, К.В. Дюжова, В.С. Байгушева, А.В. Зайцев, Л.П. Ильина, Г.В. Нестерук, К.С. Сушко, Г.И. Тимонина, С.В. Куршаков, Д.Г. Невидомская — Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН. 2019. — 224 с.

102. Матишов Г.Г. Экстремальное наводнение в дельте Дона (23–24 марта 2013 г.) и факторы, его определяющие / Г.Г. Матишов, А.Л. Чикин, С.В. Бердников, И.В. Шевердяев // Доклады академии наук. — 2014. — Т. 455, № 3. — С. 342–345.

103. Матишов Д.Г. Современные скорости абразии и состояние берегоукрепительных сооружений российского побережья Азовского моря / Д.Г. Матишов, О.В. Ивлиева, Л.А. Беспалова, В.В. Сорокина, П.П. Ивлиев // Труды Южного научного центра РАН. Т. 1: Геология. — Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН. 2006. — С. 151–164.

104. Матишов Г.Г. Течения Азовского моря в период маловодья Дона / Г.Г. Матишов, К.С. Григоренко // *Океанология*. — 2021. — Т. 61, № 2. — С. 198–208. — DOI 10.31857/S0030157421020131.

105. Матишов Г.Г. Сейшевые течения Азовского моря по данным натурных наблюдений / Г.Г. Матишов, К.С. Григоренко // *Океанология*. — 2023. — Т. 63. № 1. — С. 32–40. — DOI 10.31857/S0030157423010094

106. Мисиров С.А. Оценка площадных потерь земель в пределах береговой зоны Таганрогского залива / С.А. Мисиров, И.В. Шевердяев, А.А. Магаева // *Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг*. — 2021. — Т. 2. № 6. — С. 66–73. — DOI: 10.23885/2500-123X-2021-2-6-66-73.

107. Мисиров С.А. Геоинформационное обеспечение мониторинга опасных экзогенных геологических процессов в береговой зоне Азовского моря /С.А. Мисиров, А.А. Магаева, В.В. Кулыгин // *ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М: Географический факультет МГУ*. — 2022. — Т. 28. — Ч. 2. — С. 666–679. — DOI: 10.35595/2414–9179-2022-2-28-666–679.

108. Мисиров С.А. Прогноз ущерба социально-экономическим объектам от разрушения берегов Таганрогского залива в пределах Ростовской области /С.А. Мисиров, А.А. Магаева, О.А. Хорошев, В.В. Кулыгин // *Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий)*. — 2024. — Т. 29. № 1. — С127–13838. DOI: 10.33764/2411–1759-2024-29-1-127-138.

109. Мисиров С.А. Оценка пространственно-временной динамики клифа на основе данных дистанционного зондирования земли и геоинформационных систем (на примере береговой зоны Таганрогского Залива) / С.А. Мисиров // *Успехи современного естествознания*. — 2025. — № 11. — С. 44–50.— DOI: 10.17513/use.38450.

110. Михайлова М.В. Многолетние изменения морского края дельты Дуная / Михайлова М.В., Кравцова В.И., Морозов В.Н. // *Водные ресурсы*. — 2019. — Т. 46. — №.5. — С. 474–484. — DOI: 10.31857/S0321-0596465474-484.

111. Морская геоморфология. Терминологический справочник: процессы, понятия, определения / Науч. ред. В.П. Зенкович, Б.А. Попова. — М.: Мысль. — 1980. — 279 с.

112. Мысливец В.И. Морфоструктурная основа экосистемы Азовского моря / В.И. Мысливец // Комплексный мониторинг среды и биоты Азовского бассейна. — Т. VI - Апатиты: Изд-во Кольского науч. центра РАН. — 2004. — С. 28–43.

113. Никольский Е.К. К вопросу об оценке ущерба от весенних половодий / Е.К. Никольский, А.М. Тарарин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. — 2009. — №. 1. — С. 31–35.

114. Новикова А.М. Использование СУБД и ГИС для развития и анализа региональной океанологической базы данных по Чёрному морю / А.М. Новикова // Системы контроля окружающей среды. — 2018. — № 12. — С. 52–56.

115. Постановление Правительства РФ от 22.05.2007 № 310 (ред. от 10.04.2023) «О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности» [Электронный ресурс] // СЗ РФ. — 2023. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_68813/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_68813/) (дата обращения 05.05.2024).

116. Постановление Правительства РФ от 29 дек. 2018 г. (ред. от 18 дек. 2020 г.) № 1730 «Об утверждении особенностей возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства» [Электронный ресурс] // СЗ РФ. — 2020. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_315299/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_315299/) (дата обращения 15.05.2024).

117. Панов Д.Г. История развития Азовского моря в голоцене / Д.Г. Панов // Океанология — М.: — 1965.— Т.5. Вып.4. — С.673-683.

118. Панов Д.Г. Морфология дна Мирового океана. / Д.Г. Панов — М.— Л., Изд-во АН СССР. — 1963. — 228 с.

119. Панов Д.Г. Происхождение материков и океанов. / Д.Г. Панов — М., Географгиз. — 1961. — 184 с.

120. Панов Д.Г. Скорость осадконакопления в Азовском море / Д.Г. Панов, М.К. Спичак // Доклады Академии наук СССР — 1961 — Т. 137 № 5 — С. 1212–1213.

121. Панов Д.Г., Хрусталеv Ю. П. Новейшие тектонические движения берегов и дна Азовского моря / Д.Г. Панов, Ю.П. Хрусталеv // Доклады Академии наук СССР — 1966. — Т. 166. № 3. — С. 688–690.

122. Панов Д.Г. Некоторые итоги геологического исследования Азовского моря / Д.Г. Панов // В кн. «Тезисы докладов научной геологической конференции Ростовского государственного университета» — Ростов-на-Дону — 1963.

123. Панов Д.Г. Можно ли приостановить разрушение берегов Азовского моря / Д.Г. Панов, В.А. Мамыкина // Природа. — 1961. — № 5. — С. 50-51.

124. Пешков В.М. Береговая зона моря // В.М. Пешков — Краснодар. Изд-во: «Лаконт». 2003. — 350 с.

125. Попов Г.И. О границе распространения морских отложений на восточном побережье Азовского моря / Г.И. Попов // В кн.: Вопросы теоретической и прикладной геологии. М., 1947.

126. Попов Г.И. Четвертичные и континентальные плиоценовые отложения Нижнего Дона и Северо-Восточного Приазовья / Г.И. Попов // Материалы по геологии и полезным ископаемым Азово-Черноморья. XXII сб. тр. Азово-Черном. геол. управл. М.; — Л., 1947. — С. 3-71.

127. Резников А.П. Геологические науки в Ростовском государственном университете за 50 лет (1915—1965): Работы в области геологии моря / А.П. Резников // Очерки по истории геологических знаний – Геологи высших учебных заведений южной России. М. Изд-во: Наука. 1972. Вып. № 15 — С. 138—140.

128. Руководство по методам исследований и расчетов перемещения наносов и динамики берегов при инженерных изысканиях. — Отв. Редакторы М.Н. Костяницын, Л.А. Логачев, В.П. Зенкович. — Москва. Изд-во: Гидрометеоиздат. 1975. — 240 с.

129. Руководство пользователя Digital Shoreline Analysis System (DSAS) версии 5.0 [Электронный ресурс] // Геологическая служба США (USGS) –

<https://pubs.er.usgs.gov/publication/ofr20181179> (дата обращения 05.02.2020)

130. Рязанцев Г. Мини-цунами на Азовском море / Г. Рязанцев, В. Монин // Наука и жизнь. — 2017. — №11. — С. 42–43.

131. Сапрыгин В.В. Применение беспилотных летательных аппаратов и геоинформационных систем при осуществлении мониторинга берегов и водоохранных зон водохранилищ / В.В. Сапрыгин, В.В. Глинка, Г.И. Скрипка // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2023. — № 2. — С. 90–100. — DOI 10.35567/19994508\_2023\_2\_6.

132. Сафитри Д.А. Определение изменения береговой линии в районе Сурабаи (Индонезия) с помощью дистанционного зондирования / Д.А. Сафитри, Л.А. Беспалова, Ф. Биоресита, Р. Нугрохо // Наука Юга России — Т. 17. — № 3. — 2021. — С. 10–17.

133. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021612217 Российская Федерация. "Информационно-справочная система "Морские берега Крыма": № 2020666147: заявл. 08.12.2020: опубл. 12.02.2021 / Горячкин Ю.Н., Долотов В.В.; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН». – EDN VNOBKV.

134. Скрипка Г.И. Мониторинг опасных береговых процессов Цимлянского водохранилища с использованием ГИС-технологий / Г.И. Скрипка, О.В. Ивлиева, Л.А. Беспалова, А.А. Филатов, В.В. Сапрыгин // Материалы межд. конф.: Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий. М: Изд-во Московского университета. —2020. — Т.26, Ч.2. — С. 253–263. DOI:10.35595/2414–9179-2020-2-26-253–263.

135. Фомин В.В. Штормовые нагоны в Таганрогском заливе и затопление дельты Дона / В.В. Фомин, Д.И. Лазоренко, Д.В. Алексеев, А.А. Полозок // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. — 2015. — № 1. — С. 74–82.

136. Цыганкова А.Е. Активные, пассивные и стабильные берега Азовского моря / А.Е. Цыганкова, Л.А. Беспалова, А. А. Магаева, Е.В. Беспалова, Д.А. Подколзина // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. — 2021. — Т. 1, № 6. — С. 178–184.

137. Шнюков Е.Ф. Геология Азовского моря / Е.Ф. Шнюков, Г.Н. Орловский, В.П. Усенко [и др.] // Киев: Наукова думка, 1974. — 248 с.

138. Шнюков Е.Ф. Катастрофы в Черном море. / Е.Ф. Шнюков, Л.И. Митин, В.П. Цемко. — Нац. акад. наук Украины. Отд-ние мор. геологии и осадочного рудообразования ЦНПМ. Киев. Изд-во: Манускрипт. 1994. — 296 с.

139. Шуйский Ю.Д. История развития и методология береговедения / Ю.Д. Шуйский. — Одесса: Астропринт. 2018. — 448 с.

140. Экологический атлас Азовского моря [Электронный ресурс] / Глав. Ред. академик РАН Г. Г. Матишов; Отв. ред. Н. И. Голубева, В. В. Сорокина — Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН. 2011. — 328 с. Режим доступа: <http://atlas.ssc-ras.ru/sitemap-ecoatlas.html>

141. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2023 году» / Под общ. ред. М. В. Фишкина. — Ростов-на-Дону: Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области. 2024. — 370 с.

142. Хрусталеv Ю.П. Эколого-географический словарь // Ю. П. Хрусталеv, Г.Г. Матишов. Апатиты. 1996. — 144 с.

143. Alberico I. Historical maps and satellite images as tools for shoreline variations and territorial changes assessment the case study of Volturno coastal plain (southern Italy) / I. Alberico, G. Cavuoto, V. Di Fiore, M. Punzo, D. Tarallo, N. Pelosi, L. Ferraro, E. Marsella // Journal of Coastal Conservation. — 2018. — Т. 22. — № 5.

144. Besset M. Multi-decadal variations in delta shorelines and their relationship to river sediment supply: An assessment and review / M. Besset, E.J. Anthony, F. Bouchette // Earth-Science Reviews. — Vol. 193. — 2019. — P. 199-219. DOI: 10.1016/j.earscirev.2019.04.018.

145. Bepalova L. A. Extreme levels of the Sea of Azov / L.A. Bepalova, O.V. Ivlieva, E.V. Bepalova, E. M. Kazachkova // International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. — 2017. — Т. 17. — P. 863-869. DOI: 10.5593/sgem2017/31/S15.109

146. Fletcher C. Mapping shoreline change using digital orthophotogrammetry on Maui, Hawaii. [Электронный ресурс] / C. Fletcher, B. Richmond, J. Rooney, M. Barbee, S.C. Lim // Journal of Coastal Research. Special Issue. — 2003. — Vol. 38. No 38. — P. 106–124. Режим доступа: <http://www.jstor.org/stable/25736602>.

147. Napke C.J. National Assessment of Shoreline Change Part 3: Historical Shoreline Change and Associated Coastal Land Loss Along Sandy Shorelines of the California Coast National Assessment of Shoreline Change Part 3: Historical Shoreline Change and Associated Coast [Электронный ресурс] / C.J. Napke, D. Reid, B.M. Richmond, P. Ruggiero, J. List // Open-file Report. 2006. 72 p. — Режим доступа: <https://pubs.usgs.gov/of/2006/1219/>.

148. Himmelstoss E.A. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide / E.A. Himmelstoss, R.E. Henderson, M.G. Kratzmann, A.S. Farris // U.S. Geological Survey Open-File Report. 2018. 2018–1179. 110 p. DOI: 10.3133/ofr20181179.

149. Jayanthi M. Shoreline change, and potential sea level rise impacts in a climate hazardous location in southeast coast of India / M. Jayanthi, S. Thirumurthy, M. Samynathan, M. Duraisamy, M. Muralidhar, J. Ashokkumar, K.K. Vijayan // Environmental Monitoring and Assessment. — 2018. — Vol. 190. No 1. — P. 51.

150. Kale M.M. Assessment of shoreline alterations using a Digital Shoreline Analysis System a case study of changes in the Yeşilirmak delta in northern Turkey from 1953 to 2017 / M.M. Kale, M. Ataol, I.S. Tekkanat // Environmental Monitoring and Assessment. — 2019. — Vol. 191. — p. 398

151. Kalman R.E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction / R.E. Kalman // Transaction ASME Journal of Basic Engineering. — 1960. — No 86. — p. 35–45.

152. Kos'yan R.D. Carbonate beaches of the eastern part of the sea of Azov under anthropogenic impact. / R.D. Kos'yan, V.M. Peshkov, N.V. Yesin, S.Yu. Shcherbakov // Proc. Of the Int Conf. "Carbonate Beaches". 2000.

153. Krasnozhon, G.F. Studying the delta and shallow offshore zone of the Volga river based on space photographs / G.F. Krasnozhon, E.E. Kovalev // Water Resources. — 2005. — Vol. 32. No. 6. — P. 688-697. — DOI 10.1007/s11268-005-0085-1

154. Long J., Plant N. Extended Kalman Filter framework for forecasting shoreline evolution / J. Long, N. Plant // Geophysical Research Letters. — 2012. — Vol. 39. — p. 13603. DOI: 10.1029/2012GL052180.

155. Novikova A.V. Determining dynamics of the Kara sea coasts using remote sensing and UAV data: A case study / A.V. Novikova, A.P. Vergun, E.A. Zelenin, A.V. Baranskaya, S.A., Ogorodov // Russian Journal of Earth Sciences. — 2021. — Vol. 21. No 3. — p. ES3004. — DOI:10.2205/2020ES000743.

156. Priyamvada B. Shifting shoreline of the estuarine landscape in the East Godavari district of Andhra Pradesh, India / B. Priyamvada, M. Debashish, N. Subrata, K. Sivakumar // Environmental Earth Sciences. — 2021. — Vol. 80. No 503. — DOI: 10.1007/s12665-021-09790-5

157. Roebeling P.C. Ecosystem service value losses from coastal erosion in Europe: historical trends and future projections / P.C. Roebeling, L. Costa, L. Magalhães-Filho [et all.] // Journal of Coastal Conservation. — 2013. — Vol. 17. — p. 389–395. — DOI: 10.1007/s11852-013-0235-6.

158. Rooney J. Dynamics of sandy shorelines in Maui, Hawaii: Consequences and causes / J. Rooney, C. Fletcher, M. Barbee, D. Eversole, S.C. Lim, B. Richmond, A. Gibbs // Coastal Sediments. Proceedings (Clearwater Beach, Florida). — 2003.

159. Sheik M., Chandrasekar A. shoreline change analysis along the coast between Kanyakumari and Tuticorin. India. using digital shoreline analysis system. Geo-spat. Inf. Sci. 14. 282–293 (2011). <https://doi.org/10.1007/s11806-011-0551-7>

160. Yesin N.V. Ecological Situation on the eastern coast of the Sea of Azov / N.V. Yesin, R.D. Kos'yan, A.A. Ivanov // International Oceanographic Commission. Workshop Report. — Supplement, UNESCO. 1995. No 105.

161. Zhu Z.T. Coastal vulnerability to erosion using a multi-criteria index: A case study of the Xiamen coast / Zheng-Tao Zhu, Feng Cai, Shen-Liang Chen, Dong-Qi Gu, Ai-Ping Feng, Chao Cao, Hong-Shuai Qi, Gang Lei // Sustainability. — 2019. — Vol. 11. No. 1. — p. 93. DOI: 10.3390/su11010093.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

**Перечни объектов капитального строительства, культурного наследия, участков земель различных категорий использования, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 года с оценкой прогнозируемых материальных потерь от их разрушения на основе данных о кадастровой стоимости, представленных в ПКК**

Таблица А.1 — Перечень СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа (на период до 2030 г. включительно), выявленных рекогносцировочным обследованием в пределах аварийных участков №№ 1.1–5.4

№	№ аварийного участка	Наименование объекта	Сельское поселение	Координаты объекта	
				° с. ш.	° в. д.
Неклиновский район Ростовской области					
1.3.1	1.3	Железный мост	Платовское	47,138530	38,330187
1.3.2	1.3	Кирпичный аварийный амбар	Платовское	47,138414	38,331857
1.3.3	1.3	Участок газораспределительной сети	Платовское	47,138299	38,333607
1.3.4	1.3	Нежилой (аварийный) дом	Платовское	47,138094	38,334112
1.3.5	1.3	Кирпичный амбар	Платовское	47,138380	38,379198
2.2.1	2.2	Кирпичные склады завода "Золотая экономия" А.Б. Лакиера	Поляковское	47,141248	38,635949
2.2.2	2.2	ОКН «Ансамбль усадьбы – дачи Лакиера А.Б.»	Поляковское	47,144877	38,641373
2.2.3	2.2	Бетонное хозяйственное сооружение	Поляковское	47,151744	38,670472
2.2.4	2.2	Опора ЛЭП 220 со светильником	Поляковское	47,151853	38,670692
2.2.5	2.2	Кирпичный амбар	Поляковское	47,152099	38,671017
2.2.6	2.2	Жилой дом с хозпостройками	Поляковское	47,156138	38,689527
2.3.1	2.3	Жилой дом	Поляковское	47,168722	38,751765
2.3.2	2.3	Памятник над братской могилой погибшим красноармейцам и морякам при высадке десанта, 1918 г.	Поляковское	47,170062	38,767075
2.3.3	2.3	Опора ЛЭП 220	Поляковское	47,169454	38,770024
2.3.4	2.3	Опора ЛЭП 220	Поляковское	47,169361	38,770322
2.3.5	2.3	Кирпичное хозяйственное строение	Новобессергеновское	47,170929	38,782187
2.3.6	2.3	Жилой дом	Новобессергеновское	47,171445	38,783823
2.3.7	2.3	Опора ЛЭП 220	Новобессергеновское	47,175796	38,797662

№	№ аварийного участка	Наименование объекта	Сельское поселение	Координаты объекта	
				° с. ш.	° в. д.
2.4.1	2.4	Жилой дом	Новобессергеновское	47,177772	38,867186
2.4.2	2.4	Опора ЛЭП 220	Новобессергеновское	47,177579	38,867101
2.4.3	2.4	Опора ЛЭП 220	Новобессергеновское	47,177823	38,867286
2.4.4	2.4	Опора ЛЭП 220	Новобессергеновское	47,178065	38,867643
2.4.5	2.4	Кирпичный гараж	Новобессергеновское	47,178448	38,867702
2.4.6	2.4	Опора ЛЭП 220	Новобессергеновское	47,178499	38,867756
2.4.7	2.4	Жилой дом с хозпостройками	Новобессергеновское	47,178940	38,867831
2.4.8	2.4	Кирпичный гараж	Новобессергеновское	47,179857	38,868671
2.4.9	2.4	Опора ЛЭП 220	Новобессергеновское	47,180363	38,869027
2.4.10	2.4	Кирпичный гараж	Новобессергеновское	47,180830	38,869142
2.4.11	2.4	Жилой дом с хозпостройками	Новобессергеновское	47,181053	38,869243
2.4.12	2.4	Опора ЛЭП 220	Новобессергеновское	47,181216	38,869515
2.4.13	2.4	Кирпичный забор	Новобессергеновское	47,186043	38,872203
3.1.1	3.1	Нежилое дачное сооружение	Синявское	47,287493	39,172332
Азовский район Ростовской области					
5.1.1	5.1	Дачный дом	Семибалковское	47,024547	39,070175
5.1.2	5.1	Опора ЛЭП 220	Семибалковское	47,024121	39,069386
5.2.1	5.2	Опора ЛЭП 220	Маргаритовское	46,930890	38,865633
5.2.2	5.2	Жилой дом	Маргаритовское	46,930762	38,865945
5.2.3	5.2	Нежилой (аварийный) дом	Маргаритовское	46,905560	38,834307
5.2.4	5.2	Нежилой (аварийный) дом	Маргаритовское	46,905387	38,834337
5.3.1	5.3	Часть старого кладбища в с. Порт-Катон	Маргаритовское	46,883693	38,758168
5.3.2	5.3	Опора ЛЭП 220	Маргаритовское	46,883793	38,757556
5.4.1	5.4	Жилой дом с хозпостройками	Маргаритовское	46,880499	38,741913
5.4.2	5.4	Опора ЛЭП 220	Маргаритовское	46,880495	38,741803
5.4.3	5.4	Нежилой разрушенный дом	Маргаритовское	46,880457	38,741560
5.4.4	5.4	Опора ЛЭП 220	Маргаритовское	46,880086	38,740684
5.4.5	5.4	Опора ЛЭП 220	Маргаритовское	46,879992	38,740338
5.4.6	5.4	Нежилой (аварийный) дом	Маргаритовское	46,879838	38,740423
5.4.7	5.4	Жилой дом	Маргаритовское	46,879651	38,739699

В таблицах А.2 – А.14, содержащих перечни СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения берега в пределах аварийных участков, используются следующие сокращения:

СХН — земли сельскохозяйственного назначения;

НП — земли населенных пунктов;

СХП — для сельскохозяйственного производства;

ЛПХ — для ведения личного подсобного хозяйства;

ИЖС — для индивидуального жилого строительства;

СиО — для ведения садоводства и огородничества;

ОКН — объект культурного наследия.

Таблица А.2 — Перечень СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно, в пределах участка № 1.1

Кадастровый номер объекта/Название объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Земельные участки, отмеченные на ПКК							
61:26:0600018:1179	СХН	СХП	541000	11473,06	7882,37	14,57	167,16
61:26:0600018:1180	СХН	СХП	450000	17783,45	5652,00	12,56	223,36
Земельные участки, не отмеченные на ПКК							
—	—	—	—	7033,04	—	13,57	95,40
Итого:				36289,55	—	—	485,93
Объекты культурного наследия							
Стоянка Максимов IV	—	ОКН	53188,94	2855,04	—	—	17837,68
Итого по ОКН:				2855,04	—	—	17837,68

Таблица А.3 — Перечень СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно, в пределах участка № 1.2

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Земельные участки, отмеченные на ПКК							
61:26:0600018:1732	СХН	Ведение дачного хозяйства	41809	5063,09	9713,90	232,34	1176,36
61:26:0600018:1418	СХН	СХП	228000	14225,65	3365,28	14,76	209,97
61:26:0600018:649	СХН	СХП	148000	708,15	1981,72	13,39	9,48
61:26:0600018:651	СХН	СХП	240000	3734,94	3424,80	14,27	53,30
61:26:0600018:1862	НП	СХП	2000	339,33	26,78	13,39	4,54
61:26:0600018:1661/2	СХН	СХП	50089	2649,91	670,69	13,39	35,48
61:26:0600018:1662	СХН	СХП	4245	1132,56	56,84	13,39	15,16
61:26:0600018:1836	НП	Туристическое обслуживание	16666	262,79	4233,66	254,03	66,76
61:26:0600018:1850	СХН	СХП	54530	2278,57	809,23	14,84	33,81
61:26:0600018:1879	СХН	СХП	114000	848,41	1691,76	14,84	12,59
Земельные участки, не отмеченные на ПКК							
—	—	—	—	6948,91	—	68,69	477,32
Итого:				38192,29	—	—	2094,78

Таблица А.4 — Перечень СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно, в пределах участка № 1.3

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Земельные участки, отмеченные на ПКК							

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
61:26:0600018:1864	СХН	СХП	47000	21584,39	629,34	13,39	289,02
61:26:0100101:111	НП	Для производственных целей	22600	923,28	7718,35	341,52	315,32
61:26:0100101:1158	НП	ЛПХ	2000	283,60	825,30	412,65	117,03
61:26:0100101:1159	НП	ЛПХ	2000	264,64	825,66	412,83	109,25
61:26:0100101:1160	НП	ЛПХ	2000	252,09	826,00	413,00	104,11
61:26:0100101:1161	НП	ЛПХ	2000	332,05	824,62	412,31	136,91
61:26:0100101:1162	НП	ЛПХ	2000	290,02	824,96	412,48	119,63
61:26:0100101:1166	НП	ИЖС	1500	13,43	625,80	417,20	5,60
61:26:0100101:1168	НП	ИЖС	1500	12,33	626,21	417,47	5,15
61:26:0100101:1209	НП	ЛПХ	2000	230,12	826,34	413,17	95,08
61:26:0100101:241	НП	Спортивно-оздоровительный лагерь "Ивушка"	16298	848,75	8998,45	552,12	468,61
61:26:0100101:3401	НП	Земельные участки внутрипоселковых дорог	1582	32,23	713,18	450,81	14,53
61:26:0100101:3638	НП	Для размещения тротуаров	2389	19,23	1023,93	428,60	8,24
61:26:0100101:4524	НП	ЛПХ	2000	58,54	828,06	414,03	24,24
61:26:0100101:4578	НП	ЛПХ	2000	57,88	827,72	413,86	23,95
61:26:0100101:4610	НП	ЛПХ	2000	74,97	828,42	414,21	31,05
61:26:0100101:4714	НП	ЛПХ	2000	11,53	829,46	414,73	4,78
61:26:0100101:4718	НП	ЛПХ	2000	0,03	829,80	414,90	0,01
61:26:0100101:4754	НП	ИЖС	1100	144,39	450,12	409,20	59,09
61:26:0100101:4755	НП	ИЖС	1100	149,72	450,37	409,43	61,30
61:26:0100101:5088	НП	ЛПХ	770	1,41	320,06	415,66	0,59
61:26:0100101:5092	НП	ЛПХ	2000	25,76	831,86	415,93	10,71
61:26:0100101:5101	НП	ЛПХ	980	118,75	405,23	413,50	49,10

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
61:26:0100101:5102	НП	ЛПХ	770	197,92	318,19	413,24	81,79
61:26:0100101:5103	НП	ЛПХ	770	118,73	318,46	413,58	49,10
61:26:0100101:805	НП	ЛПХ	1999	414,79	816,31	408,36	169,38
61:26:0100101:90	НП	ИЖС	2312	164,56	942,60	407,70	67,09
61:26:0100101:921	НП	ЛПХ	2310	101,07	936,87	405,57	40,99
61:26:0100101:930	НП	ИЖС	2300	1068,51	934,63	406,36	434,20
61:26:0000000:6018	СХН	СХП	786700	71,33	9786,55	12,44	0,89
61:26:0100301:1078	НП	Коммунальное обслуживание	10612	972,78	1110,23	104,62	101,77
61:26:0100301:1377	НП	Для ведения приусадебного хозяйства	4500	372,02	1899,77	422,17	157,06
61:26:0100301:1717	НП	Коммунальное обслуживание	9253	943,81	2024,28	218,77	206,48
61:26:0600018:1448	СХН	СХП	200	143,65	2,68	13,39	1,92
61:26:0600018:1863	СХН	СХП	422800	148,79	5324,67	12,59	1,87
61:26:0600019:298	СХН	СХП	4000	34,78	56,8	14,20	0,49
61:26:0600019:78	Без категории	Не установлено	4000	0,07	27,28	6,82	0,001
Земельные участки, не отмеченные на ПКК							
—	—	—	—	38928,10	—	416,94	16230,82
Объекты капитального строительства, отмеченные на ПКК							
61:26:0100101:4451	—	Жилой дом	54,1	—	787,95	—	787,95
61:26:0100101:3765	—	Нежилое здание	23,8	—	20,30	—	20,30
61:26:0100101:4456	Без категории	Не установлено	—	—	3,17	—	0,07
61:26:0100101:4458		Внутрипоселковая дорога	—	—	3,17	—	0,08
61:26:0100101:4621		Внутрипоселковая дорога	—	—	3,17	—	0,11
61:26:0100101:4622		Внутрипоселковая дорога	—	—	3,17	—	0,06
61:26:0100101:4623		Внутрипоселковая дорога	—	—	3,17	—	0,04
61:26:0100101:4624		Внутрипоселковая дорога	—	—	3,17	—	0,07

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Итого:				69410,04	—	—	20405,86
Объекты культурного наследия							
Стоянка Приазовский II	—	ОКН	43927	1431,90	—	—	8969,66
Итого по ОКН:				1431,90	—	—	8969,66

Таблица А.5 — Перечень СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно, в пределах участка № 2.1

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Земельные участки, отмеченные на ПКК							
61:26:0600021:354	СХН	СХП	6100	50,05	86,62	14,20	0,71
61:26:0600021:356	СХН	СХП	24400	382,70	346,48	14,20	5,43
61:26:0600021:442	СХН	СХП	9150	111,51	129,93	14,20	1,58
61:26:0600021:969	СХН	СХП	12200	1580,61	108,26	8,87	14,03
61:26:0000000:6756	НП	ИЖС	2097	94,20	1010,38	481,82	45,39
61:26:0160401:114	НП	ИЖС	2091	132,66	1100,26	526,19	69,81
61:26:0160401:2255	НП	ИЖС	1791	640,09	972,33	542,90	347,50
61:26:0160401:3673	НП	ЛПХ	2973	49,91	1611,72	542,12	27,06
61:26:0160401:3704	НП	ИЖС	1678	0,03	906,09	539,98	0,01
61:26:0160401:535	НП	ЛПХ	960	18,21	503,51	524,49	9,55
61:26:0160401:561	НП	ЛПХ	2500	80,12	1311,65	524,66	42,04
61:26:0160401:916	НП	ЛПХ	1221	30,59	640,54	524,60	16,05
61:26:0160401:917	НП	ЛПХ	1245	45,78	653,21	524,67	24,02
61:26:0160401:918	НП	ЛПХ	8100	201,01	4257,85	525,66	105,66

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
61:26:0600021:207	НП	ЛПХ	3386	548,02	1633,71	482,49	264,41
61:26:0600021:208	НП	ЛПХ	4725	562,65	2273,01	481,06	270,67
61:26:0600021:209	НП	ЛПХ	4723	361,17	2275,64	481,82	174,02
Земельные участки, не отмеченные на ПКК							
—	—	—	—	3620,91	—	515,57	1866,84
Итого:				8510,22	—	—	3284,79
Объекты культурного наследия							
Бegliцкий некрополь I-III	—	ОКН	68649,2	1311,45	—	—	8226,47
Семеновская крепость	—	ОКН	143615	653,00	—	—	5978,06
Стоянка Бegliцкая коса I	—	ОКН	64479	204,90	—	—	1884,13
Итого по ОКН:				2169,35	—	—	16088,66

Таблица А.6 — Перечень СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно, в пределах участка № 2.2

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Земельные участки, отмеченные на ПКК							
61:26:0070201:1138	НП	Земельные участки, предназначенные для размещения административных и офисных зданий	9994	1144,49	1514,19	151,51	173,40
61:26:0070201:12	НП	Для размещения	735	129,37	129,06	175,59	22,72

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
		поста					
61:26:0070201:1235	НП	Спорт	5900	440,71	11591,26	1964,62	865,84
61:26:0070201:189	НП	ЛПХ	2276	21,75	1575,61	692,27	15,06
61:26:0070201:192	НП	ЛПХ	2525	41,15	1748,71	692,56	28,50
61:26:0070201:21	НП	ИЖС	2055	49,45	1444,58	702,96	34,76
61:26:0070201:254	НП	ИЖС	2292	65,16	1609,47	702,21	45,76
61:26:0070201:920	НП	ИЖС	1882	3,03	1308,44	695,24	2,11
61:26:0070301:19	НП	ИЖС	4868	58,56	3427,12	704,01	41,23
61:26:0070501:128	НП	ЛПХ	2301	171,15	1542,52	670,37	114,73
61:26:0070501:141	НП	ЛПХ	1746	93,89	1172,68	671,64	63,06
61:26:0070501:151	НП	ЛПХ	1606	32,87	1082,30	673,91	22,15
61:26:0070501:186	НП	ЛПХ	3303	279,75	2243,86	679,34	190,05
61:26:0070501:189	НП	ЛПХ	3168	224,59	2153,16	679,66	152,65
61:26:0070501:194	НП	ИЖС	2747	145,57	1869,31	680,49	99,06
61:26:0070501:208	НП	ЛПХ	1949	143,62	1322,18	678,39	97,43
61:26:0070501:211	НП	ИЖС	1659	89,19	1113,97	671,47	59,89
61:26:0070501:28	НП	ИЖС	3129	413,61	2123,78	678,74	280,74
61:26:0070501:32	НП	ИЖС	1659	74,27	1113,69	671,30	49,86
61:26:0070501:7	НП	ИЖС	2860	214,91	1938,74	677,88	145,68
61:26:0070501:740	НП	ЛПХ	1537	6,81	1040,61	677,04	4,61
61:26:0070601:1	НП	ЛПХ	2300	157,46	1533,59	666,78	104,99
61:26:0070601:10	НП	ИЖС	2572	262,06	1728,33	671,98	176,10
61:26:0070601:1147	НП	ЛПХ	1535	101,51	1023,18	666,57	67,67
61:26:0070601:1440	НП	ЛПХ	1874	132,66	1247,84	665,87	88,33
61:26:0070601:15	НП	ИЖС	1825	138,96	1223,33	670,32	93,15
61:26:0070601:171	НП	ИЖС	1371	95,55	918,75	670,13	64,03
61:26:0070601:181	НП	ИЖС	3900	183,18	2615,38	670,61	122,84
61:26:0070601:184	НП	ЛПХ	1675	9,94	1120,86	669,17	6,65

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
61:26:0070601:20	НП	ИЖС	2586	232,86	1736,94	671,67	156,41
61:26:0070601:22	НП	ИЖС	3182	144,43	2113,36	664,16	95,92
61:26:0070601:261	НП	ЛПХ	1639	77,24	1084,59	661,74	51,11
61:26:0070601:270	НП	ЛПХ	1680	88,89	86,55	51,52	4,58
61:26:0070601:281	НП	ИЖС	1745	100,65	1159,85	664,67	66,90
61:26:0070601:286	НП	ИЖС	2083	89,70	1384,13	664,49	59,61
61:26:0070601:287	НП	ЛПХ	1475	90,87	982,97	666,42	60,55
61:26:0070601:30	НП	ИЖС	1560	83,39	1039,30	666,22	55,56
61:26:0070601:36	НП	ЛПХ	1951	78,83	1288,38	660,37	52,06
61:26:0070601:38	НП	ИЖС	2257	85,28	1490,03	660,18	56,30
61:26:0070601:395	НП	ИЖС	1498	77,34	1002,82	669,44	51,77
61:26:0070601:49	НП	Для размещения учреждения образования	8475	442,93	836,23	98,67	43,70
61:26:0070601:5	НП	ИЖС	1194	37,66	801,11	670,95	25,27
61:26:0070601:52	НП	ИЖС	2041	176,43	1357,80	665,26	117,37
61:26:0070601:55	НП	ИЖС	2500	203,87	1663,70	665,48	135,67
61:26:0070601:8	НП	ИЖС	1809	100,59	1196,11	661,20	66,51
61:26:0071001:119	НП	Для размещения ОЦ "Хижина Рыбака"	54530	256,08	16933,20	310,53	79,52
61:26:0071001:133	НП	Для строительства коттеджного поселка (клубного типа)	19785	9,29	12957,99	654,94	6,09
61:26:0071001:136	НП	Туристическое обслуживание	56915	512,32	17695,44	310,91	159,28
61:26:0071001:1800	НП	ИЖС	4500	431,97	2997,32	666,07	287,72
61:26:0071001:23	НП	ИЖС	2448	48,74	1657,15	676,94	32,99

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
61:26:0071001:2316	НП	ЛПХ	1600	61,76	1062,91	664,32	41,03
61:26:0071001:586	НП	Для размещения оздоровительного центра "Спутник"	11330	196,50	3518,42	310,54	61,02
61:26:0071001:809	НП	Для размещения склада	860	0,71	306,91	356,87	0,25
61:26:0160101:2284	НП	ЛПХ	2617	121,11	1732,51	662,02	80,18
61:26:0160501:8	НП	ИЖС	3157	47,07	1705,57	540,25	25,43
61:26:0160601:199	НП	ЛПХ	9300	1021,47	5037,72	541,69	553,32
61:26:0160501:15	Без категории	Не установлено	12500	92,01	425,88	34,07	3,13
61:26:0070201:339	НП	ЛПХ	2394	41,02	1669,82	697,50	28,61
Земельные участки, не отмеченные на ПКК							
—	—	—	—	26413,84	—	626,79	16555,89
Итого:				36290,08	—	—	22246,78
Объекты культурного наследия							
Золотая коса I	—	ОКН	17177	3978,74	—	—	24659,19
Золотая коса II	—	ОКН	34359	35,52	—	—	253,00
Стоянка Красный Пахарь	—	ОКН	13446	1318,81	—	—	8269,64
Итого по ОКН:				5333,07	—	—	33181,83

Таблица А.7 — Перечень СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно, в пределах участка № 2.3

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Земельные участки, отмеченные на ПКК							
61:26:0070801:740	НП	Для автостоянки	3442	63,66	1168,87	339,59	21,62
61:26:0070801:219	НП	ЛПХ	1530	13,87	53,67	35,08	0,49
61:26:0070801:2302	НП	ЛПХ	2027	113,42	1416,04	698,59	79,24
61:26:0070901:249	НП	ЛПХ	1058	164,93	732,81	692,64	114,24
61:26:0070901:251	НП	ЛПХ	2040	186,47	1414,94	693,60	129,34
61:26:0180501:226	НП	ЛПХ	1450	2,10	1189,54	820,37	1,72
61:26:0180501:54	НП	ЛПХ	2800	31,13	2332,18	832,92	25,93
61:26:0180601:1481	НП	ЛПХ	1740	17,44	1400,94	805,14	14,05
61:26:0180601:1986	НП	ЛПХ	1818	0,01	1461,44	803,87	0,01
61:26:0070801:106	НП	Для насаждения многолетних растений	9800	116,62	6456,14	658,79	76,83
61:26:0070801:1474	НП	Для размещения памятника павшим воинам	400	25,31	78,00	195,00	4,94
61:26:0070101:2783	НП	Для размещения пансионата	158615	2256,24	96276,13	606,98	1369,49
61:26:0070901:74	НП	Для размещения рыбокомбината	10600	599,49	67,52	6,37	3,82
61:26:0070101:50	НП	Здравоохранение, отдых (рекреация), спорт	84310	1286,99	24662,36	292,52	376,47
61:26:0180501:736	НП	ЛПХ	1500	173,76	1246,17	830,78	144,35
61:26:0070901:1874	НП	ИЖС	92742	1247,88	13355,78	144,01	179,71
61:26:0070801:453	НП	ИЖС	2357	229,59	1644,48	697,70	160,19
61:26:0070801:546	НП	ИЖС	3068	2,57	2169,17	707,03	1,82
61:26:0070901:253	НП	ИЖС	1641	187,26	1244,26	758,23	141,99
61:26:0180601:193	НП	ИЖС	1600	69,22	1288,99	805,62	55,76

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
61:26:0180601:1545	НП	Охота и рыбалка	3138	12,05	1908,78	608,28	7,33
61:26:0070801:68	НП	ИЖС	1407	106,03	982,45	698,26	74,04
61:26:0070901:23	НП	ИЖС	1760	199,46	1209,01	686,94	137,02
61:26:0070901:44	НП	ИЖС	1822	5,04	1256,92	689,86	3,48
61:26:0070901:72	НП	ИЖС	1046	93,18	726,55	694,60	64,72
61:26:0070901:73	НП	ИЖС	2245	190,27	82,32	36,67	6,98
61:26:0070901:89	НП	ИЖС	3905	76,91	143,20	36,67	2,82
61:26:0180501:1184	НП	ИЖС	1423	48,94	1185,81	833,32	40,78
61:26:0180501:15	НП	ИЖС	2915	87,89	2425,02	831,91	73,12
61:26:0180601:1608	НП	ИЖС	1328	0,25	1064,09	801,27	0,20
61:26:0070801:741	НП	ЛПХ	1300	38,00	921,49	708,84	26,94
61:26:0070801:747	НП	ЛПХ	1700	53,70	1203,26	707,80	38,01
61:26:0070901:517	Без категории	Не установлено	1526,1	63,15	55,96	36,67	2,32
Земельные участки, не отмеченные на ПКК							
—	—	—	—	11675,46	—	586,23	6844,47
Здания и сооружения, отмеченные на ПКК							
61:26:0070101:1793	—	Нежилое здание	1359,6	—	1728,31	—	1728,31
61:26:0070101:2418	—	Нежилое здание	760,9	—	3186,09	—	3186,09
61:26:0070101:1791	—	Нежилое здание	186,1	—	236,57	—	236,57
61:26:0180501:1172	—	Жилой дом	134,50	—	340,14	—	340,14
61:26:0180601:1575	—	Внутрипоселковая дорога, тырсовое покрытие		—	3,17	—	0,03
Итого:				19438,30	—	—	15715,32
Объекты культурного наследия							
Поселение "Ново-Золотовское"	—	ОКН	18734,14	357,73	—	—	2249,78
Поселение "Веселый"	—	ОКН	39494,33	1147,90	—	—	7214,96
Итого по ОКН:				1505,63	—	—	9464,74

Таблица А.8 — Перечень СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно, в пределах участка № 2.4

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Земельные участки, отмеченные на ПКК							
61:26:0180201:274	НП	ИЖС	1700	16,62	1531,72	901,01	14,98
61:26:0180201:35	НП	ИЖС	1265	93,15	1141,60	902,45	84,07
61:26:0180201:362	НП	ЛПХ	2893	87,12	2611,97	902,86	78,66
61:26:0180201:368	НП	ЛПХ	1565	588,99	1414,24	903,67	532,25
61:26:0180201:4	НП	ЛПХ	2064	270,94	1867,18	904,64	245,10
61:26:0180201:41	НП	ИЖС	1560	103,68	1406,14	901,37	93,46
61:26:0180201:4185	НП	Туристическое обслуживание	1488	123,56	843,43	566,82	70,03
61:26:0180201:4186	НП	Туристическое обслуживание	525	35,94	412,41	785,54	28,23
61:26:0180201:4258	НП	Туристическое обслуживание	1290	160,83	998,61	774,12	124,50
61:26:0180201:4582	НП	Благоустройство территории	990	139,06	1251,99	1264,64	175,86
61:26:0180201:79	НП	ИЖС	835	68,70	756,28	905,72	62,22
61:26:0180201:882	НП	ЛПХ	1640	0,03	1504,37	917,30	0,03
61:26:0180201:954	НП	Для организации зоны отдыха населения	3000	17,70	2322,06	774,02	13,70
Земельные участки, не отмеченные на ПКК							
—	—	—	—	6251,87	—	903,11	5646,14
Здания и сооружения, отмеченные на ПКК							
61:26:0180201:1256	—	Жилой дом	198	—	3529,38	—	3529,38
61:26:0180201:3975	—	Внутрипоселковая дорога, тырсовое покрытие	—	—	3,17	—	0,08
Итого:				7958,20	—	—	10698,69
Объекты культурного наследия							

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Поселение Петрушино		ОКН	24556,82	7785,32	—	—	70281,89
Итого по ОКН:				7785,32	—	—	70281,89

Таблица А.9 — Перечень СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно, в пределах участка № 3.1

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Земельные участки, отмеченные на ПКК							
61:26:0000000:6639	СХН	СиО	1121	147,07	287,07	256,08	37,66
61:26:0000000:6721	СХН	Земельные участки (территории) общего пользования	7615	176,41	2192,21	287,88	50,78
61:26:0000000:6727	СХН	Земельные участки (территории) общего пользования	38217	319,59	22418,47	586,61	187,47
61:26:0509201:10	СХН	СиО	746	20,87	232,29	311,38	6,50
61:26:0509201:11	СХН	СиО	774	32,11	210,67	272,19	8,74
61:26:0509201:12	СХН	СиО	884	188,26	227,66	257,53	48,48
61:26:0509201:13	СХН	СиО	772	155,65	206,22	267,13	41,58
61:26:0509201:14	СХН	СиО	732	224,81	188,15	257,04	57,79
61:26:0509201:15	СХН	СиО	700	76,75	180,86	258,37	19,83
61:26:0509201:161	СХН	СиО	605	94,42	186,86	308,87	29,16

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
61:26:0509201:166	СХН	СиО	702	156,45	171,64	244,50	38,25
61:26:0509201:19	СХН	СиО	652	122,00	168,89	259,03	31,60
61:26:0509201:2	СХН	СиО	908	38,20	259,59	285,89	10,92
61:26:0509201:20	СХН	СиО	618	243,78	154,33	249,72	60,88
61:26:0509201:28	СХН	СиО	820	103,56	217,84	265,65	27,51
61:26:0509201:29	СХН	СиО	551	111,23	190,75	346,19	38,51
61:26:0509201:31	СХН	СиО	677	115,57	188,41	278,31	32,16
61:26:0509201:32	СХН	СиО	561	84,55	186,86	333,09	28,16
61:26:0509201:34	СХН	СиО	619	93,59	198,85	321,24	30,07
61:26:0509201:35	СХН	СиО	256	100,28	186,86	729,94	73,20
61:26:0509301:10	СХН	СиО	660	77,16	182,72	276,85	21,36
61:26:0509301:11	СХН	СиО	739	69,95	200,93	271,90	19,02
61:26:0509301:12	СХН	СиО	680	71,70	197,93	291,07	20,87
61:26:0509301:14	СХН	СиО	685	76,72	202,43	295,52	22,67
61:26:0509301:15	СХН	СиО	632	64,15	180,54	285,66	18,33
61:26:0509301:3	СХН	СиО	662	76,76	187,58	283,35	21,75
61:26:0509301:41	СХН	СиО	843	55,40	224,80	266,67	14,77
61:26:0509301:44	СХН	СиО	641	83,94	190,28	296,85	24,92
61:26:0509301:45	СХН	СиО	692	79,40	204,30	295,23	23,44
61:26:0509301:46	СХН	СиО	654	74,18	191,36	292,60	21,70
61:26:0509301:47	СХН	СиО	508	90,50	147,50	290,35	26,28
61:26:0509301:48	СХН	СиО	522	89,17	139,61	267,45	23,85
61:26:0509301:49	СХН	СиО	663	88,42	189,64	286,04	25,29
61:26:0509301:5	СХН	СиО	771	67,59	208,97	271,04	18,32
61:26:0509301:50	СХН	СиО	687	79,07	195,91	285,17	22,55
61:26:0509301:65	СХН	СиО	799	68,64	215,02	269,11	18,47
61:26:0509301:8	СХН	СиО	854	92,45	255,80	299,53	27,69
61:26:0510301:103	СХН	СиО	1228	161,82	338,83	275,92	44,65

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
61:26:0510301:130	СХН	СиО	589	112,39	156,24	265,26	29,81
61:26:0510301:131	СХН	СиО	2704	56,00	855,17	316,26	17,71
61:26:0510301:399	СХН	СиО	353	83,18	91,06	257,95	21,46
61:26:0510301:95	СХН	СиО	588	96,68	154,44	262,66	25,40
61:26:0510301:99	СХН	СиО	469	67,93	122,26	260,68	17,71
61:26:0510901:10	СХН	СиО	1003	78,18	292,35	291,48	22,79
61:26:0510901:129	СХН	СиО	921	80,77	269,85	293,00	23,67
61:26:0510901:130	СХН	СиО	801	72,31	234,15	292,32	21,14
61:26:0510901:17	СХН	СиО	848	62,60	250,10	294,93	18,46
61:26:0510901:19	СХН	СиО	953	52,84	276,20	289,82	15,31
61:26:0510901:36	СХН	СиО	926	77,55	269,72	291,27	22,59
61:26:0510901:37	СХН	СиО	862	50,23	255,01	295,83	14,86
61:26:0510901:49	СХН	СиО	892	15,88	232,52	260,67	4,14
61:26:0510901:59	СХН	СиО	678	0,70	214,35	316,15	0,22
61:26:0600016:326	СХН	СиО	779	1,96	200,97	257,98	0,51
61:26:0510301:400	СХН	СиО	351	15,44	89,72	255,60	3,95
61:26:0510901:67	СХН	СиО	883	79,77	260,43	294,94	23,53
Земельные участки, не отмеченные на ПКК							
—	—	—	—	2451,04	—	296,66	727,14
Здания и сооружения, отмеченные на ПКК							
61:26:0510301:155	—	Нежилое здание	67,9	—	131,96	—	131,96
61:26:0510301:132	—	Жилой дом	30,0	—	177,03	—	177,03
61:26:0509201:123	—	Нежилое здание	11,8	—	39,11	—	39,11
61:26:0509201:122	—	Жилой дом	86,8	—	141,12	—	141,12
61:26:0509201:125	—	Нежилое здание	61,8	—	100,48	—	100,48
61:26:0509201:89	—	Жилой дом	40,0	—	203,48	—	203,48
61:26:0510901:312	—	Жилой дом	76,0	—	326,35	—	326,35
61:26:0509301:72	—	Нежилое здание	6,4	—	47,73	—	47,73

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
61:26:0509201:118	—	Нежилое здание	26,6	—	43,25	—	43,25
Итого:				7527,65			3496,08
Объекты культурного наследия							
Поселение 1300 км	—	ОКН	40135,87	1526,18	—	—	9557,32
Итого по ОКН:				1526,18	—	—	9557,32

Таблица А.10 — Перечень СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно, в пределах участка № 4.1

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Земельные участки, отмеченные на ПКК							
61:58:0007030:12	НП	ИЖС	600	9,20	2014,82	3358,04	30,89
61:58:0007030:13	НП	ИЖС	1200	37,45	4006,94	3339,12	125,06
61:58:0007030:29	НП	ИЖС	1597	183,88	5370,70	3362,99	618,39
61:58:0007030:30	НП	ИЖС	1329	123,79	4567,25	3436,61	425,40
61:58:0007059:11	НП	Для размещения парикмахерской	854	17,79	1861,71	2179,99	38,78
Земельные участки, не отмеченные на ПКК							
—	—	—	—	1100,46	—	3135,35	3450,32
Итого:				1472,56	—	—	4688,84
Объекты культурного наследия							
Стоянка Михайловка		ОКН	29845,4	657,66	—	—	6027,63

Итого по ОКН:	657,66	—	—	6027,63
---------------	--------	---	---	---------

Таблица А.11 — Перечень СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно, в пределах участка № 5.1

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Земельные участки, отмеченные на ПКК							
61:01:0180301:38	НП	ЛПХ	756	0,13	571,32	755,72	0,10
Земельные участки, не отмеченные на ПКК							
—	—	—	—	44,95	—	755,72	33,97
Итого:				45,09	—	—	34,07

Таблица А.12 — Перечень СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно, в пределах участка № 5.2

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Земельные участки, отмеченные на ПКК							
61:01:0100101:286	НП	ЛПХ	2714	390,81	1468,82	541,20	211,51
61:01:0100101:308	НП	ЛПХ	5336	1055,50	2897,13	542,94	573,07
61:01:0100101:345	НП	ЛПХ	4299	1202,77	2377,39	553,01	665,14
61:01:0100101:558	НП	ЛПХ	2170	109,95	1196,67	551,46	60,63
61:01:0100101:584	НП	ЛПХ	2580	585,49	1430,04	554,28	324,53
61:01:0100101:585	НП	ЛПХ	2580	510,07	1431,23	554,74	282,96
61:01:0100101:588	НП	ЛПХ	2818	149,99	1531,95	543,63	81,54

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
61:01:0100101:596	НП	ЛПХ	2500	390,96	1394,05	557,62	218,01
61:01:0100101:598	НП	ЛПХ	2500	88,61	1395,38	558,15	49,46
61:01:0100101:606	НП	ЛПХ	3080	179,53	1676,04	544,17	97,69
61:01:0100101:639	НП	ЛПХ	1500	809,00	828,30	552,20	446,73
61:01:0100201:235	НП	ЛПХ	3212	116,30	1614,00	502,49	58,44
61:01:0100201:245	НП	ЛПХ	3000	0,30	1508,76	502,92	0,15
61:01:0100201:27	НП	ЛПХ	2963	1234,13	1485,91	501,49	618,90
61:01:0100201:372	НП	ЛПХ	2838	64,46	1415,79	498,87	32,16
61:01:0100201:407	НП	ЛПХ	2200	7,02	137,48	62,49	0,44
61:01:0100201:413	НП	ЛПХ	2732	780,03	1368,40	500,88	390,70
61:01:0100201:477	НП	ЛПХ	2370	828,05	1187,70	501,14	414,97
61:01:0100201:497	НП	ЛПХ	3624	938,37	1814,07	500,57	469,72
61:01:0100201:513	НП	ЛПХ	3162	1446,43	1587,20	501,96	726,05
61:01:0100201:539	НП	ЛПХ	860	430,84	430,35	500,41	215,60
61:01:0100201:575	НП	ЛПХ	2741	2352,26	1378,04	502,75	1182,60
61:01:0600008:1383	НП	Селитебная зона для малоэтажного строительства и рекреационная зона	15000	2038,16	4971,60	331,44	675,53
61:01:0600008:1384	НП	Селитебная зона для малоэтажного строительства и рекреационная зона	15000	1985,39	4971,60	331,44	658,04
61:01:0600008:1385	НП	Селитебная зона для малоэтажного строительства и рекреационная зона	20000	2201,42	6628,80	331,44	729,64
61:01:0600008:1386	НП	Селитебная зона для малоэтажного	50000	4164,14	16572,00	331,44	1380,16

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
		строительства и рекреационная зона					
61:01:0600008:1392	Без категории	Не установлено	330000	10075,49	188,10	0,57	5,74
61:01:0600008:1393	Без категории	Не установлено	342200	21837,23	195,05	0,57	12,45
61:01:0600008:276	Без категории	Не установлено	605486,22	19,82	4601,70	7,60	0,15
Земельные участки, не отмеченные на ПКК							
—	—	—	—	42912,41	—	479,04	20556,91
Итого:				98904,91	—	—	31139,60
Объекты культурного наследия							
Многослойное поселение Чумбурки-I	—	ОКН	498356,97	25669,02	—	—	157946,37
Чумбур Коса I	—	ОКН	230000,00	2245,38	—	—	14070,73
Итого по ОКН:				27914,40	—	—	172017,10

Таблица А.13 — Перечень СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно, в пределах участка № 5.3

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Земельные участки, отмеченные на ПКК							
61:01:0600008:2043	СХН	СХП	313000	5109,40	5490,02	17,54	89,62
61:01:0600008:2078	СХН	СХП	34200	81,15	598,16	17,49	1,42
61:01:0600008:2097	СХН	СХП	39400	32,58	649,31	16,48	0,54

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
61:01:0600008:2111	СХН	СХП	39400	0,21	685,95	17,41	0,00
61:01:0600008:2117	СХН	СХП	39400	797,89	692,26	17,57	14,02
61:01:0600008:2182	СХН	СХП	39400	114,13	659,95	16,75	1,91
61:01:0600008:2192	СХН	СХП	39400	1,20	672,16	17,06	0,02
61:01:0600008:2007	СХН	СХП	39400	283,29	693,05	17,59	4,98
61:01:0600008:2009	СХН	СХП	39400	514,16	692,65	17,58	9,04
61:01:0600008:2017	СХН	СХП	39400	41,87	678,07	17,21	0,72
61:01:0600008:2027	СХН	СХП	39400	18,55	649,31	16,48	0,31
61:01:0600008:2113	СХН	СХП	39400	365,69	685,95	17,41	6,37
61:01:0600008:2126	СХН	СХП	39400	20,92	692,65	17,58	0,37
61:01:0600008:2142	СХН	СХП	39400	0,76	674,53	17,12	0,01
61:01:0600008:2170	СХН	СХП	39400	21,73	649,31	16,48	0,36
Земельные участки, не отмеченные на ПКК							
—	—	—	—	32373,60	—	17,18	556,22
Итого:				39777,12	—	—	685,90

Таблица А.14 — Перечень СЭ объектов, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно, в пределах участка № 5.4

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Земельные участки, отмеченные на ПКК							
61:01:0600008:1466	СХН	Эксплуатация производственных объектов сельскохозяйственного	27253	22,57	3422,43	125,58	2,83

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
		назначения (ангар зерновой, склад сетчатый, здание сельхозбригады)					
61:01:0600008:742	СХН	СХП	39400	539,60	617,79	15,68	8,46
61:01:0600008:744	СХН	СХП	39400	44,44	596,52	15,14	0,67
61:01:0600008:749	СХН	СХП	39400	625,33	596,52	15,14	9,47
61:01:0600008:751	СХН	СХП	39400	32,02	596,52	15,14	0,48
61:01:0600008:754	СХН	СХП	39400	152,39	591,00	15,00	2,29
61:01:0600008:758	СХН	СХП	39400	1288,62	569,72	14,46	18,63
61:01:0600008:761	СХН	СХП	39400	887,83	596,52	15,14	13,44
61:01:0000000:2238	НП	Охрана Государственной границы Российской Федерации	7173	1232,07	554,62	77,32	95,26
61:01:0100301:1058	НП	ЛПХ	2264	228,14	1042,53	460,48	105,05
61:01:0100301:1120	НП	ЛПХ	3719	376,48	1699,14	456,88	172,00
61:01:0100301:1132	НП	Жилой дом	1658	381,01	761,85	459,50	175,07
61:01:0100301:1133	НП	ЛПХ	2100	162,96	967,39	460,66	75,07
61:01:0100301:787	НП	ЛПХ	1863	199,71	857,50	460,28	91,92
61:01:0100301:792	НП	ЛПХ	2922	482,71	1334,27	456,63	220,42
61:01:0100301:793	НП	ЛПХ	2834	123,19	1295,85	457,25	56,33
61:01:0100301:795	НП	ЛПХ	2389	97,81	1092,66	457,37	44,74
61:01:0100301:797	НП	ЛПХ	1494	646,73	685,51	458,84	296,75
61:01:0100301:801	НП	ЛПХ	2450	427,94	1126,49	459,79	196,76
61:01:0100301:803	НП	ЛПХ	2003	293,77	921,36	459,99	135,13
61:01:0100301:3918	НП	СХП	17474	88,32	2617,95	149,82	13,23
61:01:0600008:3419	СХН	СХП	392959	22155,53	4995,28	12,71	281,64
61:01:0600008:756	СХН	СХП	39400	969,25	596,52	15,14	14,67

Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Расчетная площадь, подверженная воздействию, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость, тыс. р.	Кадастровая стоимость за 1 м <sup>2</sup> , р.	Расчетная величина прогнозируемого ущерба, тыс. р.
Земельные участки, не отмеченные на ПКК							
—	—	—	—	23459,3	—	429,42	10073,92
Здания и сооружения, отмеченные на ПКК							
61:01:0100301:3123		Жилой дом	60,3		1088,95	—	1088,95
Итого:				54917,68	—	—	13193,21

Таблица А.15 — Перечень земельных участков Краснодарского края в пределах Таганрогского залива, попадающих в зону возможного разрушения в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно

№	Муниципальный район	Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Площадь, м <sup>2</sup>	Прогнозируемая площадь обрушения, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость 1 м <sup>2</sup> /руб	Прогнозируемый ущерб, руб
1	Щербиновский	23:36:0101000:365	не установлена		138813	42,3	13,1	555,8
2		23:36:0201001:24	-		109328	1408,2	15,2	21437,5
3		23:36:0101000:853	-		390765	1742,6	13,2	23003,4
4		23:36:0105003:75	НП	Для ведения сельскохозяйственного производства	26123,9	183,6	9,9	1820,1
5		23:36:0000000:997	СХН	Для сельскохозяйственного производства (угодья- пастбища)	212069	21587,9	4,1	88420,6
6		23:36:0201001:8	не установлена		866932	6409,2	7,7	49152,9
7		23:36:0101006:18	-		77534	190,9	5,5	1052,9
8		23:36:0101006:19	-		90745,6	919,2	9,4	8661,5

№	Муниципальный район	Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Площадь, м <sup>2</sup>	Прогнозируемая площадь обрушения, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость 1 м <sup>2</sup> /руб	Прогнозируемый ущерб, руб
9		23:36:0101006:22	-		3993,7	215	7,5	1611,1
10		23:36:0101006:23	-		4321	1184,2	7,4	8811,8
11		23:36:0101006:22	-		3993,7	215	7,5	1611,1
12	Ейский	23:08:0202005:118	НП	ЛПХ	1502,7	290,4	493,6	143336
13		23:08:0000000:1771	НП	Земельные участки (территории) общего пользования	235138	26404,6	52,3	1381130
14		23:42:0701001:62	не установлена		604475	24976,5	12,7	318405
15		23:42:0701001:74	-		245542	2147,1	12,8	27410,3
16		23:42:0701001:16	-		6770660	66360,9	367,2	24368700
17		23:42:0701001:696	-		71814,8	7188,8	4,1	29420,5
18		23:08:0202005:95	-		1503,3	55,5	492,4	27332,1
19		23:08:0202005:156	-		1574,2	89,4	419,2	37480
20		23:08:0202005:100	-		1502,9	104,4	493,7	51565,9
21		23:08:0202005:125	-		1502,8	436,9	493,3	215529
22		23:08:0202005:762	-		3003,6	856,6	429,1	367598
23		23:08:0202005:165	-		3781,9	1123,4	411,2	461949
24		23:08:0202005:126	-		1503,6	429,3	493	211680
25		23:08:0202005:129	-		1504	416,6	492,9	205303
26		23:08:0202005:130	-		1503,6	421,6	492,9	207808
27		23:08:0202005:131	-		1503,5	434,2	492,9	214012
28		23:08:0202005:154	-		1504,3	432,1	492,6	212825
29		23:08:0202005:155	-		1502,6	424,1	492,8	208979
30		23:08:0202002:73	-		5803,8	1424,4	77	109678
31		23:08:0201001:335	-		249270	3363,5	11,5	38788,3
32	23:08:0000000:1623	-		56369,8	20335,7	10,4	212384	

№	Муниципальный район	Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Площадь, м <sup>2</sup>	Прогнозируемая площадь обрушения, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость 1 м <sup>2</sup> /руб	Прогнозируемый ущерб, руб
33		23:08:0103001:35	-		27892,6	10391,3	12,7	132337
34		23:08:0103001:295	-		163561	199,6	12,7	2539,6
35		23:08:0103001:297	-		136896	967,4	12,5	12045,8
36		23:08:0103001:299	-		250516	8088,3	12,7	102590
37		23:08:0103001:85	-		344208	8523,3	12,8	108683
38		23:08:0103001:277	-		275683	6652,3	11,9	79165
39		23:08:0103001:288	-		297546	12572,2	12,6	157946
40		23:08:0103001:104	-		335047	9460,7	11,3	106582
41		23:08:0103001:150	-		109534	4950,5	11,9	58785,9
42		23:08:0103001:26	-		179023	7049,7	12,8	89913,1
43		23:08:0103001:625	-		23554,2	9722,3	4,5	43498,3
44		23:08:0103001:105	-		50073,2	631,5	12,8	8051,9
45		23:08:0103001:99	-		203205	4163,1	12,4	51819,5
46		23:08:0103001:303	-		149492	4690,5	11,7	54986
47		23:08:0000000:196	-		3977220	20382,8	489,4	9974730
48		23:08:0202005:110	НП	Под жилую застройку Индивидуальную	1503,9	170,1	493,4	83938,1
49		23:08:0103001:113	не установлена		10842,4	368,7	6,1	2239
50		23:08:0103001:114	-		49385,4	426,4	6	2543,3
51		23:08:0103001:119	-		20777,3	452,3	6	2710,8
52		23:08:0103001:117	-		42558,8	583,3	6,1	3539,4
53		23:08:0103001:116	-		47111,5	567	6,1	3440,1
54		23:08:0103001:115	-		49822,8	626,3	6,1	3794,7
55		23:08:0103001:120	-		19150,3	349,4	6	2106,2
56		23:08:0103001:121	-		16441,6	341,3	6	2056,8
57		23:08:0103001:122	-		29046	660,3	6,1	4031,9

№	Муниципальный район	Кадастровый номер объекта	Категория земель	Разрешенное использование/Тип объекта	Площадь, м <sup>2</sup>	Прогнозируемая площадь обрушения, м <sup>2</sup>	Кадастровая стоимость 1 м <sup>2</sup> /руб	Прогнозируемый ущерб, руб
58		23:08:0103001:123	-		17003,5	399,7	6	2398,3
59		23:08:0103001:124	-		21379,4	475,8	6,1	2895
60		23:08:0103001:126	-		25112,0	575,9	6,1	3485,4
61		23:08:0103001:125	-		24582,1	560,8	6,1	3409,9
62		23:08:0103001:127	-		24190,1	612,4	6,1	3737,1
63		23:08:0103001:131	-		24315,7	589,7	6,1	3575,3
64		23:08:0103001:130	-		24683,3	534,1	6,1	3245
65		23:08:0103001:129	-		14642,0	364,6	6	2194,1
66		23:08:0103001:128	-		23240,1	550,8	6	3331,9
67		23:08:0103001:132	-		27601,4	563,0	6,1	3437,9
68		23:08:0103001:133	-		16175,3	431,1	6	2576
69		23:08:0201001:7	-		29400,6	579,8	6,1	3528,5
70		23:08:0201001:8	-		59159,2	417,7	6	2489,9
71		23:42:0701001:30	-		573726,0	1543,8	9,6	14895,8
72		23:08:0000000:1622	-		185063,0	2244,6	11,5	25875,9
73		23:42:0701001:108	-		1587820,0	16232,6	12	193986
74		23:08:0201001:3	-		5842630,0	70402	11,9	838481