

На правах рукописи



МИСИРОВ САМИР АЙДЫНОВИЧ

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

Специальность – 1.6.21. Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

кандидата географических наук

Ростов-на-Дону – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук» (ЮНЦ РАН)

Научный руководитель: **Беспалова Людмила Александровна**
доктор географических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», профессор кафедры океанологии

Официальные оппоненты: **Огородов Станислав Анатольевич**
доктор географических наук, профессор РАН, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», географический факультет, главный научный сотрудник
Крыленко Вячеслав Владимирович
кандидат географических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук (Южное отделение), старший научный сотрудник

Защита диссертации состоится «03» марта 2026 года в 14:00 часов на заседании диссертационного совета ЮФУ801.01.11 по географическим наукам на базе Института наук о Земле Южного федерального университета по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40, к. 201.

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке им. Ю.А. Жданова Южного федерального университета по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 21Ж и на сайте Южного федерального университета <https://hub.sfedu.ru/diss/show/1347505/>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2026 г.

Отзыв на автореферат в 2-х экз. (с указанием даты, полностью ФИО, ученой степени со специальностью, звания, организации, подразделения, должности, адреса, телефона, e-mail), заверенный печатью организации, просим направлять по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40, к. 208, ученому секретарю диссертационного совета ЮФУ801.01.11 Решетняк О.С., а также в формате pdf на e-mail: osreshetnyak@sfedu.ru (до отправки по почте).

Ученый секретарь
диссертационного совета



Решетняк Ольга Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Береговая зона, подвергаясь постоянным интенсивным волновым, стонно-нагонным воздействиям и проявлению вследствие этого экзогенных геологических процессов отличается высокой динамичностью и значительными изменениями своей морфологии и структуры. 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).

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 клифам, 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 и 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.

Объект исследования – берега Таганрогского залива Азовского моря.

Предмет исследования – многолетняя динамика опасных береговых процессов Таганрогского залива.

Цель работы – 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 ГИС, и картирования бровки клифов;
3. Провести мониторинг морского края дельты реки Дон на основе данных ДЗЗ и ГИС;
4. Оценить степень ущерба от опасных береговых процессов на основе комплексного геоэкологического мониторинга.

Научная новизна результатов исследования заключается в том, что:

– 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.

– 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.

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

– 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;

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

– дан прогноз отступления берегов до 2030 г. и проведена оценка ущерба от опасных береговых процессов.

Теоретическая и практическая значимость настоящего исследования заключается в разработке новых методов комплексного мониторинга динамики берегов 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.

Основные защищаемые положения:

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

2. Установлено, что 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, приуроченные 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.

Соответствие диссертации паспорту научной 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.

Апробация результатов исследования. Результаты работы докладывались и обсуждались на 12 российских и международных конференциях: «Моря России: фундаментальные и прикладные исследования» (**Севастополь, 2019**); «Вклад молодых ученых Южного макрорегиона в реализацию Стратегии развития Российской Федерации: цели, задачи, результаты» (**Ростов-на-Дону, 2019**); «Аппроксимационные подходы и анализ геофизических данных» (**Сочи, 2020**); «Моря России: исследования береговой и шельфовой зон» (XXVIII Береговая конференция) (**Севастополь, 2020**); «Закономерности формирования и воздействия морских и атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов» памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (**Ростов-на-Дону, 2020**); «Экология. Экономика. Информатика. Геоинформационные технологии и космический мониторинг» (**Абрау-Дюрсо, 2020, 2023, 2024**); «Наука и технологии Юга России» (**Ростов-на-Дону, 2021**); «Развитие водных транспортных магистралей в условиях глобального изменения климата на территории Российской Федерации (Евразии)» памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова (**Ростов-на-Дону, 2022**); «ИнтерКарто. ИнтерГИС 28. Геоинформационное обеспечение

устойчивого развития территорий» (Майкоп, 2022); «Береговая зона морей России в XXI веке» (Москва, 2024).

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: РФФИ № 18–05–80082; РГО № 08/2019; РНФ № 20–17–00196; НИР ЮНЦ РАН № 06/23.

Публикации. По материалам исследования опубликовано 19 печатных работ, в том числе 4 в журналах из перечня рецензируемых научных изданий ВАК, из которых 1 по специальности 1.6.21. Геоэкология, 2 в рецензируемых научных журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science, 12 работ в рецензируемых журналах, тематических сборниках трудов и материалах международных и всероссийских конференций, совещаний.

Личный вклад автора выразился в постановке целей и задач исследования, участии в экспедиционных полевых выездах на территорию исследуемого района в качестве начальника или участника экспедиционного отряда, разработке и создании геоинформационной системы и архива данных дистанционного зондирования Земли из космоса, работы с ними, обработка всех вышеперечисленных данных, обобщение, интерпретация и визуализация полученных результатов были выполнены лично автором или при его непосредственном участии в ходе реализации государственного задания ЮНЦ РАН и ряда научных проектов.

Общий объем исследований составил: 20 полевых экспедиционных выездов на различные участки береговой зоны Таганрогского залива и Азовского моря; 3 серии наблюдений на 63 реперных точках (замер годового отступа береговых откосов); измерение и фиксация 40 поперечных профилей берега в пределах Таганрогского залива; 33 профиля подводного берегового склона, обработка данных ДЗЗ 30 шт., картирование линий кромки береговых откосов по обработанным данным ДЗЗ на всем протяжении Таганрогского залива 8 шт.; 3 серии расчетов (1971-1975; 1975-1986; 1986-2022 гг.) объемов поступающего материала при разрушении берегов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложения. Работа изложена на 157 страницах, включает 63 рисунка и 14 таблиц. Список литературы содержит 161 наименование.

Связь с научными программами.

В работе использованы материалы, № 075–15-2024-258 и 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 академику РАН, заместителю

Президента РАН Г.Г. Матишову, директору ЮНЦ РАН д.г.н. С.В. Бердникову за предоставленную возможность работать над диссертацией, содействие в проведении экспедиций, ценные советы и критику работы. Автор искренне благодарен научному руководителю д.г.н., проф. Л.А. Беспаловой за помощь в постановке цели и задач исследования, критику работы, терпение, всестороннюю поддержку и помощь, оказанную на всех этапах работы; а также зав. отделом Аридных Зон 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. Считаю своим долгом выразить благодарность и признательность к.г.н. И.В. Шевердяеву, 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.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** аргументируется важность и актуальность исследования, сформулирована научная проблема, определены цель, задачи и методы их решения. Проведена оценка научной новизны и практической значимости работы.

В **первой главе «Современное состояние и факторы развития морских берегов Таганрогского залива» в разделе 1.1** описана история изучения опасных береговых процессов в пределах побережья Таганрогского залива, приводится обзор работ по этому направлению, основные понятия и концепции. В **разделах 1.2–1.6** представлено современное состояние берегов Таганрогского залива, описаны физико-географические и социально-экономические условия региона, а также основные факторы развития береговой зоны исследуемой области.

Во **второй главе «Материалы и методы»** обосновано применение современных дистанционных методов исследования в береговой зоне Таганрогского залива для создания комплексной системы мониторинга опасных береговых процессов. В **разделе 2.1** подробно рассмотрены источники данных и методы их обработки, описаны разработанные базы геоданных (БГД) и геоинформационная система (ГИС) «**Берега Азовского моря**».

Для разработки ГИС были проанализированы, обработаны и интегрированы: фондовые данные кафедры океанологии Южного федерального университета и Южного научного центра РАН, основанные на многолетних полевых исследованиях на реперной сети; данные полученные лично автором: о морфометрии берегов, скоростях отступления берега на реперной сети, данные ДЗЗ с беспилотных летательных аппаратов; материалы ежегодников «ФГУ «Азовморинформцентр», исторические картосхемы; ежегодная информационная продукция ФГУП «Гидроспецгеология» по ведению мониторинга состояния недр на территории ЮФО, данные дистанционного зондирования Земли из космоса с различных космических аппаратов (КА).

На первом этапе, в результате систематизации всех вышеуказанных данных регулярных исследований динамики берегов, имеющих более чем пятидесятилетнюю историю, были созданы различные базы геоданных, каждая из которых является подсистемой ГИС в виде хранилища с географически распределённой информацией, которые позволяют осуществлять хранение, обработку и анализ пространственных данных.

Дополнительно привлекались базы данных, созданные в ЮНЦ РАН: БГД MSEP (данные мониторинга социально-экономических процессов за период с 2000 по 2016 г.) и БД «Гидрометеорологические наблюдения на береговых постах Азовского моря».

Вся информация структурирована в ГИС в виде основных блоков (в соответствии с рисунком 1). Каждый блок содержит в себе систематизированную тематическую информацию.

Блок 1 «Базовая пространственная модель (базовая карта)». Содержит векторные данные, такие как административно-территориальное деление, дорожная сеть и др., которые являются основой картографической подложки. Настроены шаблоны компоновок, шрифты, отображение групп символов и другие параметры, на основе которых создаются документы карт.

Блок 2 «Информация о берегах и природной среде». Содержит описание ключевых береговых участков: протяженность участка (км); тип берега; геоморфологическое описание берегов: уклон подводного склона, максимальная скорость абразии, высота склона (м) и т.д.; гидрометеорологические факторы: волноопасные румбы, максимальная высота волны (м) и т.д.

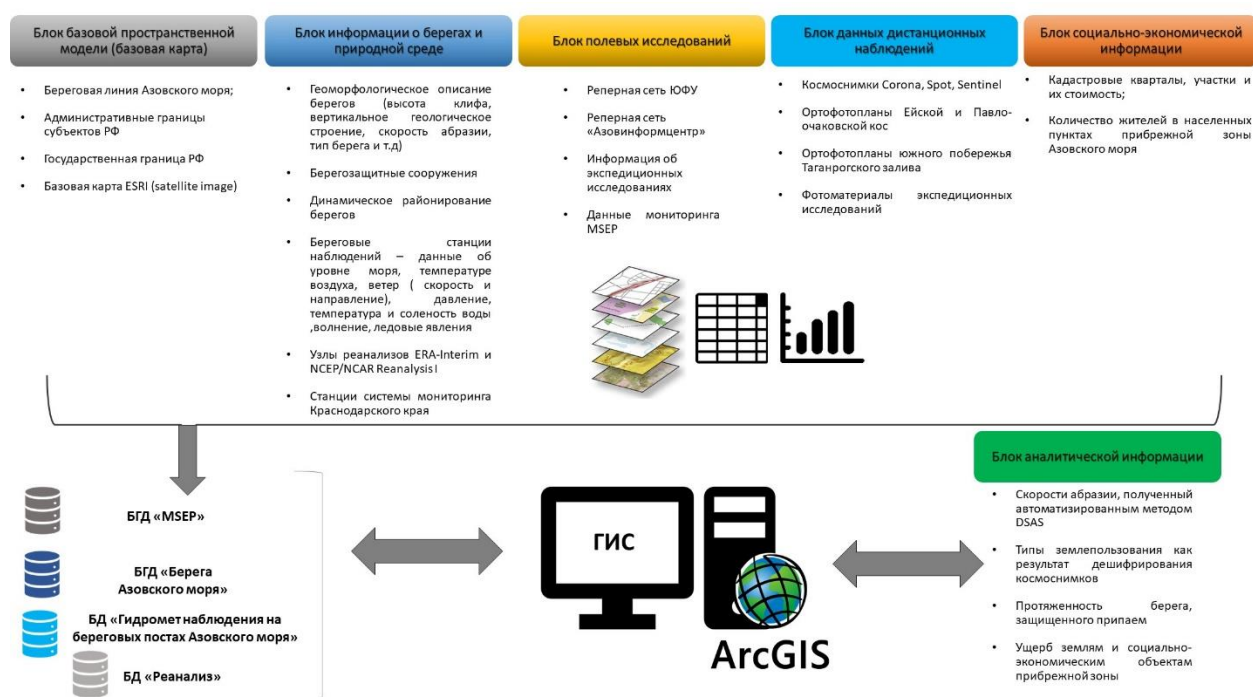


Рисунок 1 — Структура геоинформационной системы «Береговые процессы в Азовском море» (Мисиров и др., 2022)

Блок 3 «Полевые исследования» содержит информацию о реперных сетях наблюдений за береговыми процессами. В ГИС включено 26 реперов сети наблюдений Южного федерального университета, и 28 реперов (ФГБУ «Азовинформцентр»¹, охватывающие побережье Таганрогского залива.

Блок 4 «Данные дистанционных наблюдений» включает в себя данные дистанционного зондирования Земли с космических аппаратов (КА) миссий «Corona» за 1964, 1967, 1971 и 1975 гг., КА Spot-1 за 1986 г., КА Spot-5 1986, 2006, 2010 гг., КА Ресурс-П за 2014, 2017, 2019 гг., КА Sentinel-2 за 2020-2022 г., пространственное разрешение которых составляет от 1 до 10 м; аэрофотоснимки Ейской и Очаковской кос за 1941–1943 гг.; фото- и видеоматериалы, полученные с помощью БПЛА (в надир и перспективу 2016-2020 гг.).

В конечном счете ГИС «Берега Азовского моря» содержит более 15000 численных, векторных и растровых данных. ГИС является основой геоинформационного мониторинга опасных береговых процессов, позволяет проводить различные виды анализа и получать модельные оценки характеристик, таких как: динамика движения береговых клифов; морфометрия склонов и т.д., визуализировать полученные результаты в виде карта-схем.

В разделе 2.2 представлена методика пространственно-временного анализа динамики берегов Таганрогского залива на основе архивных данных дистанционного зондирования (ДЗЗ) Земли из космоса (среднего, высокого и сверхвысокого пространственного разрешения) и инструментов ГИС за период с 1964 по 2022 гг. Дан обзор работ применения данной методики, её возможности и ограничения.

Методика базируется на тематическом дешифрировании положения бровки берегового клифа и последующего картирования (оцифровки) этой линии. Всего в работе дешифрировано 30 спутниковых изображений. Для оценки движения береговой линии использован инструмент «Digital Shoreline Analysis System (DSAS)» v5.0, который является надстройкой к ESRI ArcGIS Desktop 10.4–10.6. Инструментарий позволяет вычислить статистику скорости изменений береговой линии в точках пересечения исторических позиций берега и построенных разрезов (трансект) перпендикулярных берегу с заданным шагом по горизонтали. Кроме того, DSAS v5.0 позволяет выполнить расчет прогноза береговой линии (на 10 или 20 лет вперед) на основе исторических данных о местоположении береговой линии.

Также была проведена оценка движения морского края дельты (МКД) реки Дон двумя методами: путем расчёта изменений площади суши на морском крае дельты и оценивая аккумуляцию/размыв на перпендикулярных к МКД разрезах. Для оценки изменений площади суши была выделена зона между МКД и меридианом Кагальник—Синявское. Согласно классификации (Бронфман, Хлебников, 1985), в её пределах было

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Информационно-аналитический центр по водопользованию и мониторингу Азовского моря». – URL: <http://azovinform.ru/>

выделено 8 участков, для каждого из которых построены перпендикулярные к МКД разрезы через каждые 10 м.

Для оценки точности полученных результатов выполнен анализ неопределенностей или ошибок оцифровки/картографирования МКД (см. главу 2, раздел 2.4.). Неопределённость линии составила $0.000128 \text{ км}^2/\text{год}$ или $\pm 0.01 \text{ Га}^2/\text{год}$, неопределённость скорости выдвигания или размыва МКД $\pm 0.3 \text{ м/год}$.

В разделе 2.5 описывается методика оценки потенциального ущерба от опасных береговых процессов на основе построенной линии прогноза движения берега до 2030 года и данных о земельных участках и объектах капитального строительства из публичной кадастровой карты Росреестра (ПКК) (<https://pkk.rosreestr.ru/>).

Для участков береговой линии Таганрогского залива со скоростями более 1 м/год был дан прогноз движения берега до 2030 г., построена предполагаемая зона обрушения, которая представляется полосой, ограниченной крайними точками участка, текущей линией бровки берегового уступа по состоянию на 2022 г. и прогнозной линией бровки берегового уступа к 2030 г. Оценка ущерба выполнялась по перечню объектов капитального строительства (ОКС) и участков земель различных категорий использования (все вместе — социально-экономические объекты, далее — СЭ объекты), попадающих в зону возможного разрушения. Идентификация СЭ объектов выполнялась по данным публичной кадастровой карты Росреестра. В ПО NextGIS помощью инструмента NGQ RosreestrToolsNextGIS извлекались границы и атрибутивная информация о всех отмеченных на ПКК социально-экономических объектов, попадающих в прогнозируемую зону обрушения берега: земельных участках и объектах капитального строительства (объекты хозяйственной инфраструктуры, здания, сооружения, жилые дома и др.).

Оценка прогнозируемых материальных потерь (монетарная оценка) от разрушения СЭ объектов выполнялась на основе данных о кадастровой стоимости, представленных в ПКК (по кадастровым ценам на 01.01.2022 г.) по формуле:

$$\text{Прогнозируемый ущерб} = \text{Площадь обрушения} * \text{кадастровая стоимость кв. метра (1)}$$

В главе 3 «Пространственно-временной анализ динамики берегов на основе данных дистанционного зондирования земли» представлены результаты оценки изменений бровки клифов Таганрогского залива и морского края дельты реки Дон.

На основе исторических береговых линий Таганрогского залива и инструментария DSAS v5.0 построены разрезы (трансекты) с шагом 10 м по горизонтали, для каждой из которых получены среднемноголетние скорости отступления абразионных берегов Таганрогского залива (в соответствии с рисунком 2). Далее для каждого участка береговой зоны согласно

районированию (Мамыкина, Хрусталеv, 1980; Берега..., 2023) были рассчитаны скорости по периодам (в соответствии с рисунком 3). Для верификации полученных результатов среднемноголетние скорости размыва берегов были сопоставлены с данными натурных наблюдений на мониторинговых участках (реперной сети) в соответствии с рисунком 4. В результате установлено, что различия обусловлены большей выборкой данных, полученных при помощи дистанционных методов, различными временными периодами и общей суммарной погрешностью $\pm 0,3$ м/год, которая учитывает несколько неопределённостей береговой линии (пространственное разрешение снимков, точность линий оцифровки/картографирования, точность географической привязки каждого снимка).

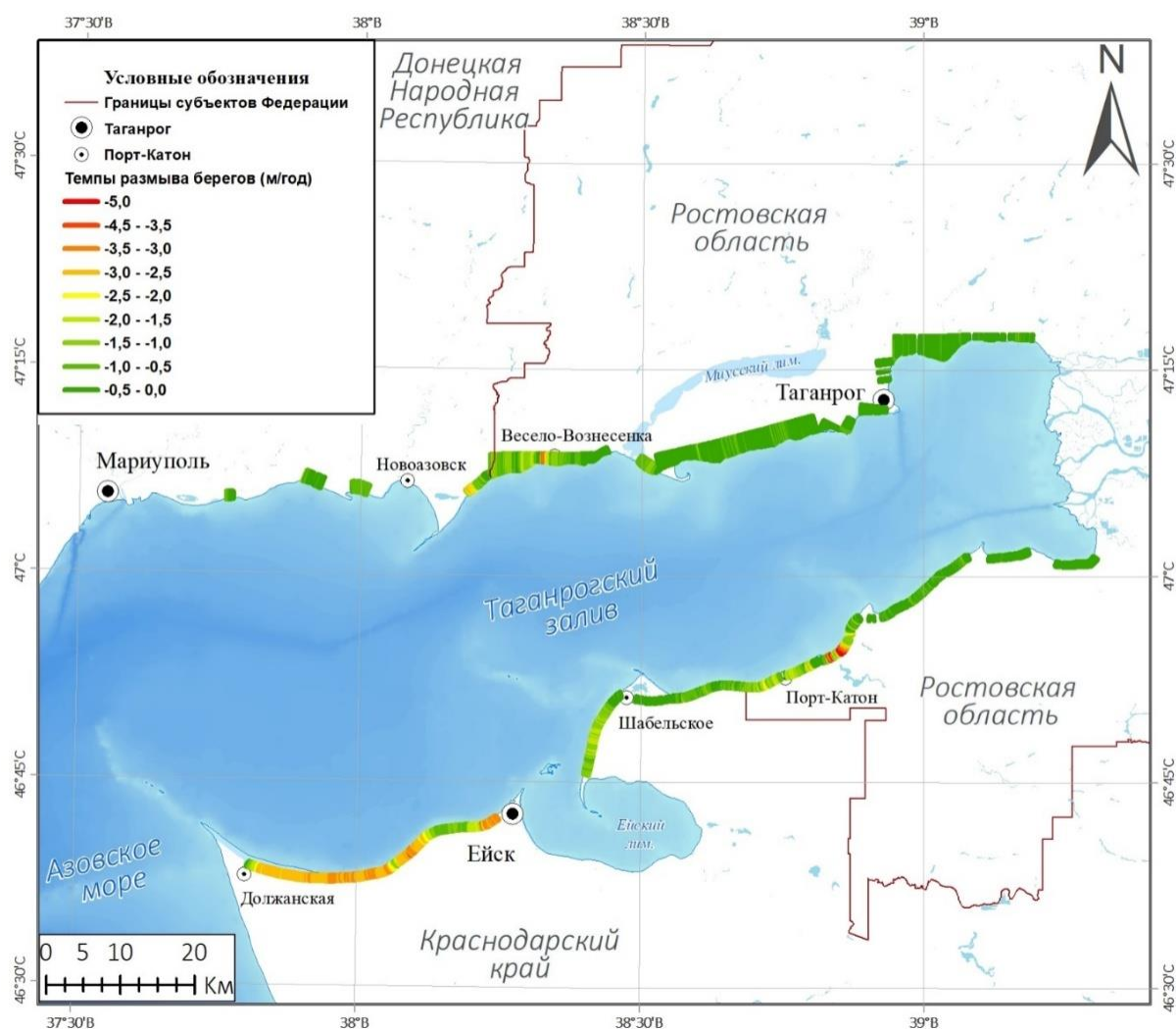


Рисунок 2 — Среднемноголетние темпы отступления берегов за период с 1964 по 2022

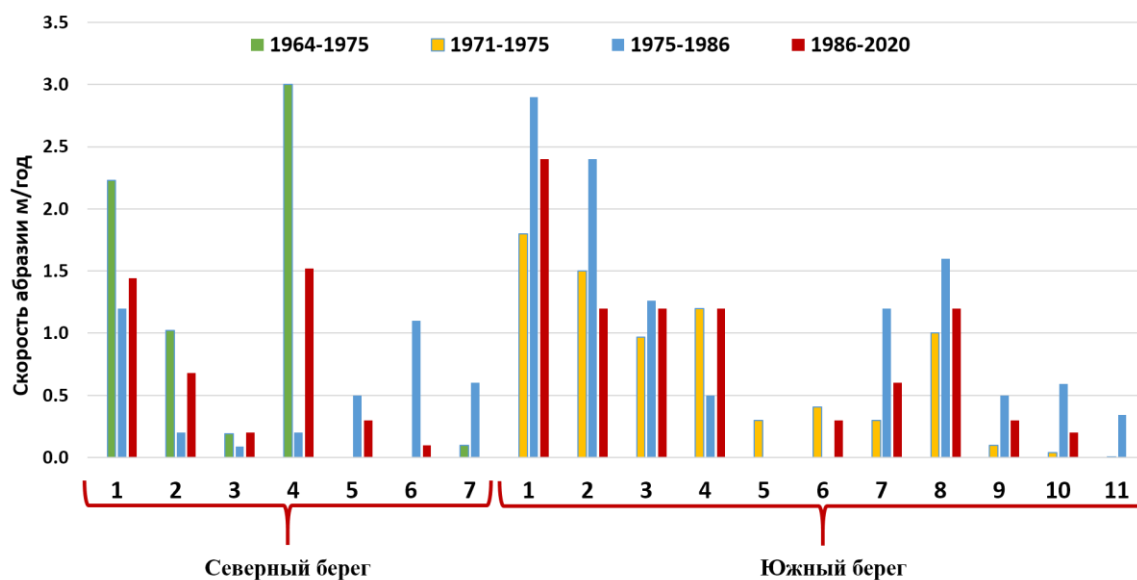


Рисунок 3 — Темпы отступления берегов, рассчитанные для периодов 1964–1975 гг., 1971–1975 гг., 1975–1986 гг., 1986–2020 гг.

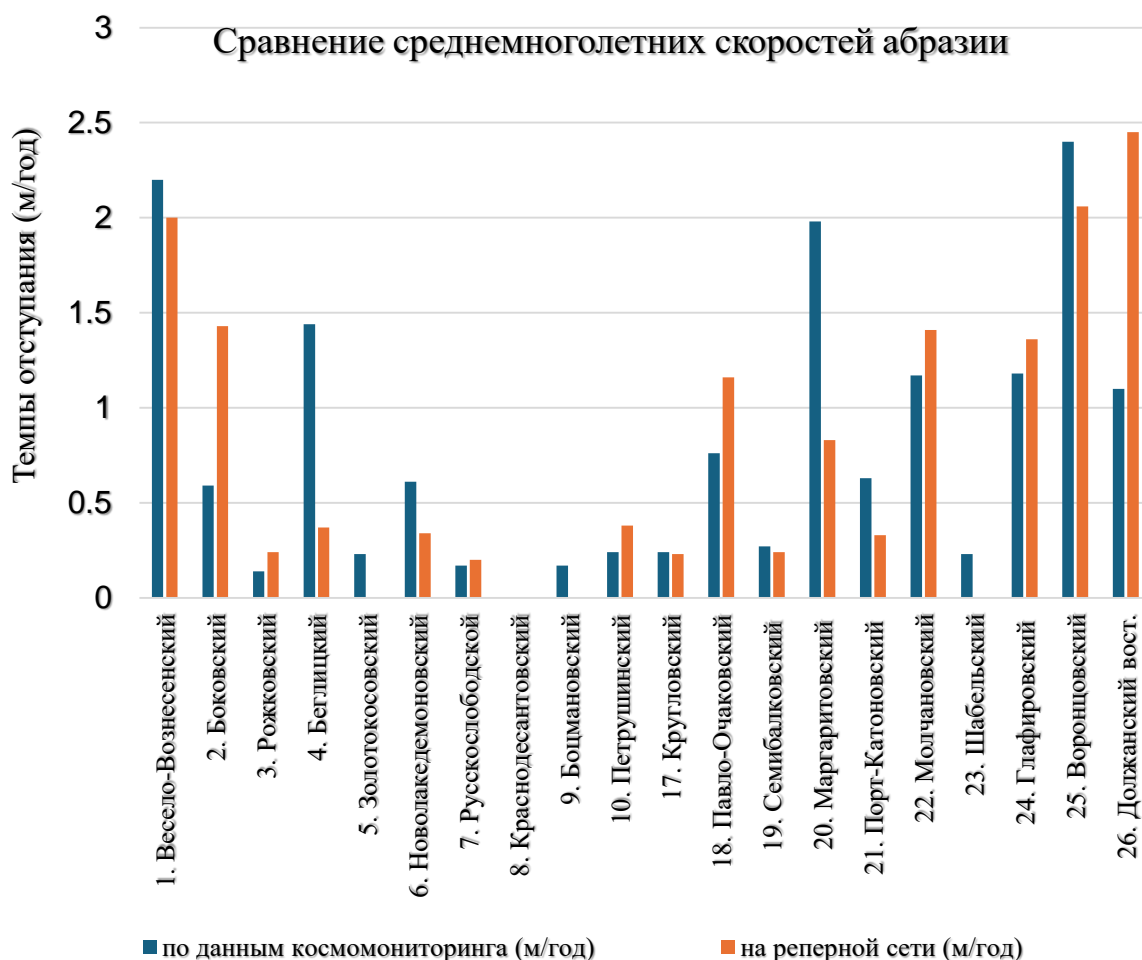
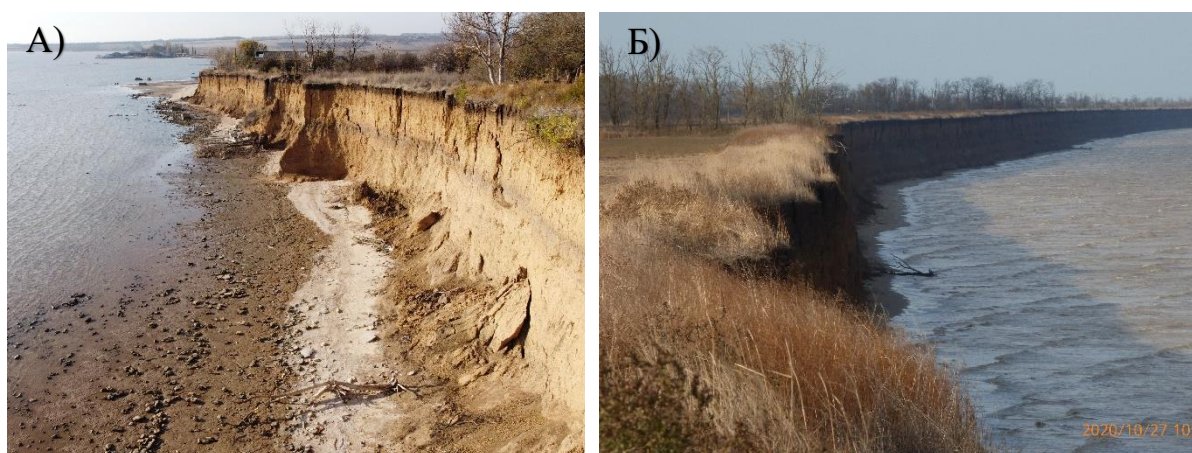


Рисунок 4 — Сравнение результатов, полученных по данным космомониторинга (1964–2022 гг.) и по данным на реперной сети (1980–2021 гг.)

Выполненный пространственно-временной анализ позволил установить, что 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 участка Весело-Вознесенка (средняя скорость 1,87 м/год) и участка между ст. Должанская и с. Воронцовка (2,4 м/год). Основным фактором интенсивного размыва на этих участках является геологическое строение берегов, которые сложены легкоразмываемыми суглинистыми отложениями (в соответствии с рисунком 5). Дополнительным фактором является отсутствие так называемой природной защиты, т.е. наличие узких маломощных пляжей, как в случае с х. Весело-Вознесенка или вовсе его отсутствия, как на участке от с. Воронцовка до ст. Должанская.



А) – Коренной абразионный берег в районе х. Весело-Вознесенка; Б) – Коренной абразионный берег между с. Воронцовка и ст. Должанская

Рисунок 5 — Фото берега интенсивно размывающихся участков

Кроме того, были выявлены участки размыва устьевых областей малых рек со скоростями размыва до 5 м/год. Они приурочены к устью р. Мокрый Еланчик (северное побережье Таганрогского залива, х. Весело-Вознесенка) и устью р. Мокрая Чумбурка (южное побережье Таганрогского залива, х. Новомаргаритово) (в соответствии с рисунками 6, 7). Стоит отметить, что ранее эти участки побережья не были обследованы в ходе натурных наблюдений.

За период с 1975 по 2020 гг., береговая линия отступила здесь на 160–220 м. Это обусловлено комплексным гидротехническим регулированием речного стока в сочетании с периодом маловодья, начавшимся с 2007 года, что привело к существенному снижению поступления пляжеобразующих наносов.

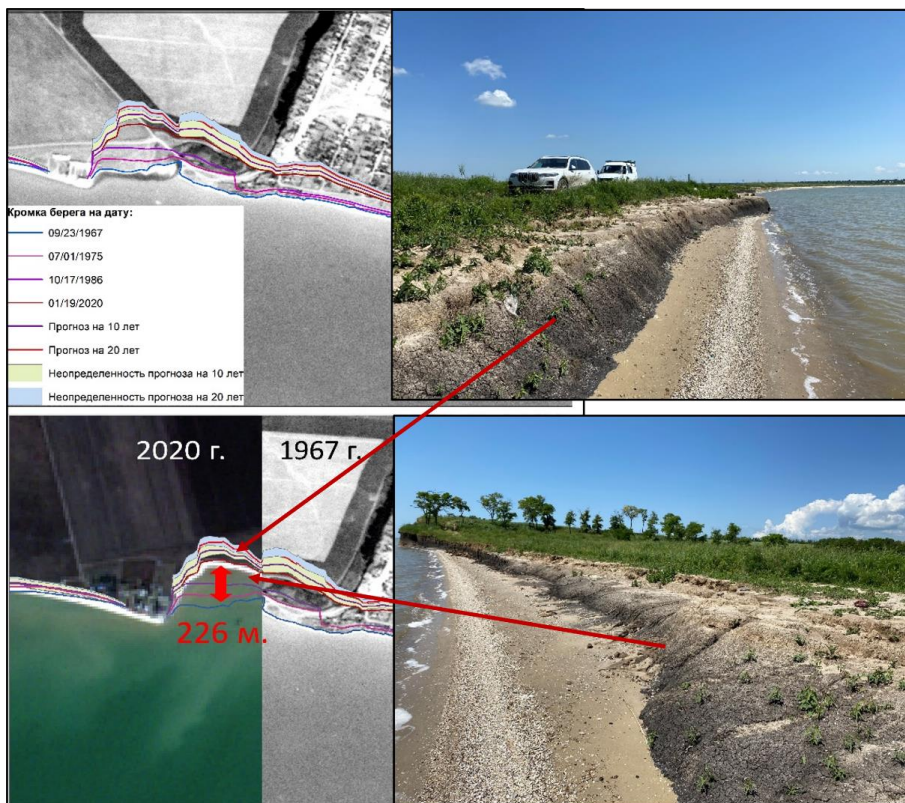


Рисунок 6 — Размываемый берег в устьевой части р. Мокрый Еланчик

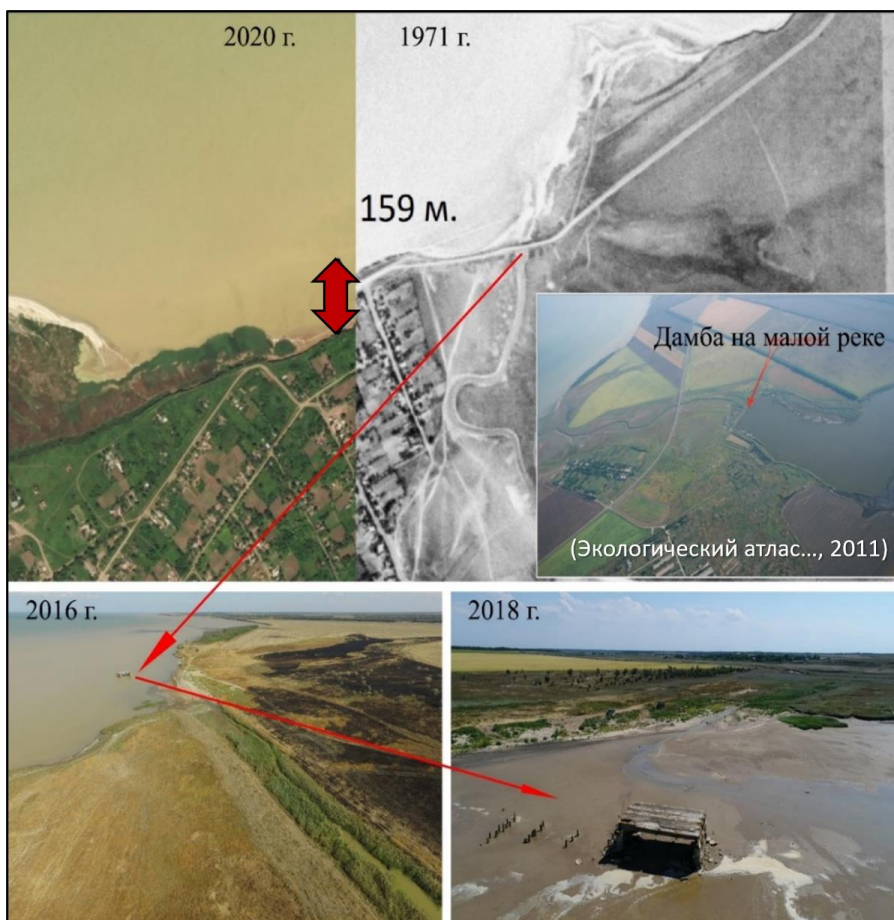


Рисунок 7 – Размываемый участок берега в устьевой зоне р. Мокрая Чумбурка

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) за период с 1975 по 2020 гг.

Участок 1 ограничен местом впадения р. Ерик (х. Морской Чулек) и гирлом Средня Кутерьма. За период исследования участок характеризуется увеличением площади (аккумуляцией) континентальной части и размывом островной в (соответствии с рисунком 8). В целом за многолетний период площадь участка постоянно плавно увеличивается, суммарно на 40 Га. При этом размыв островной части проходил со средней скоростью 0,98 м/год за этот же период, максимальная среднемноголетняя скорость размыва составила 10 м/год.

Участок 2 ограничен устьем гирла Средня Кутерьма и устьем гирла Кутерьма. Участок характеризуется сокращением площади на 8 Га вплоть до 1999 года, затем к 2020 площадь незначительно нарастает на 2 Га. Среднемноголетняя скорость размыва соответствует значениям 0,56 м/год.

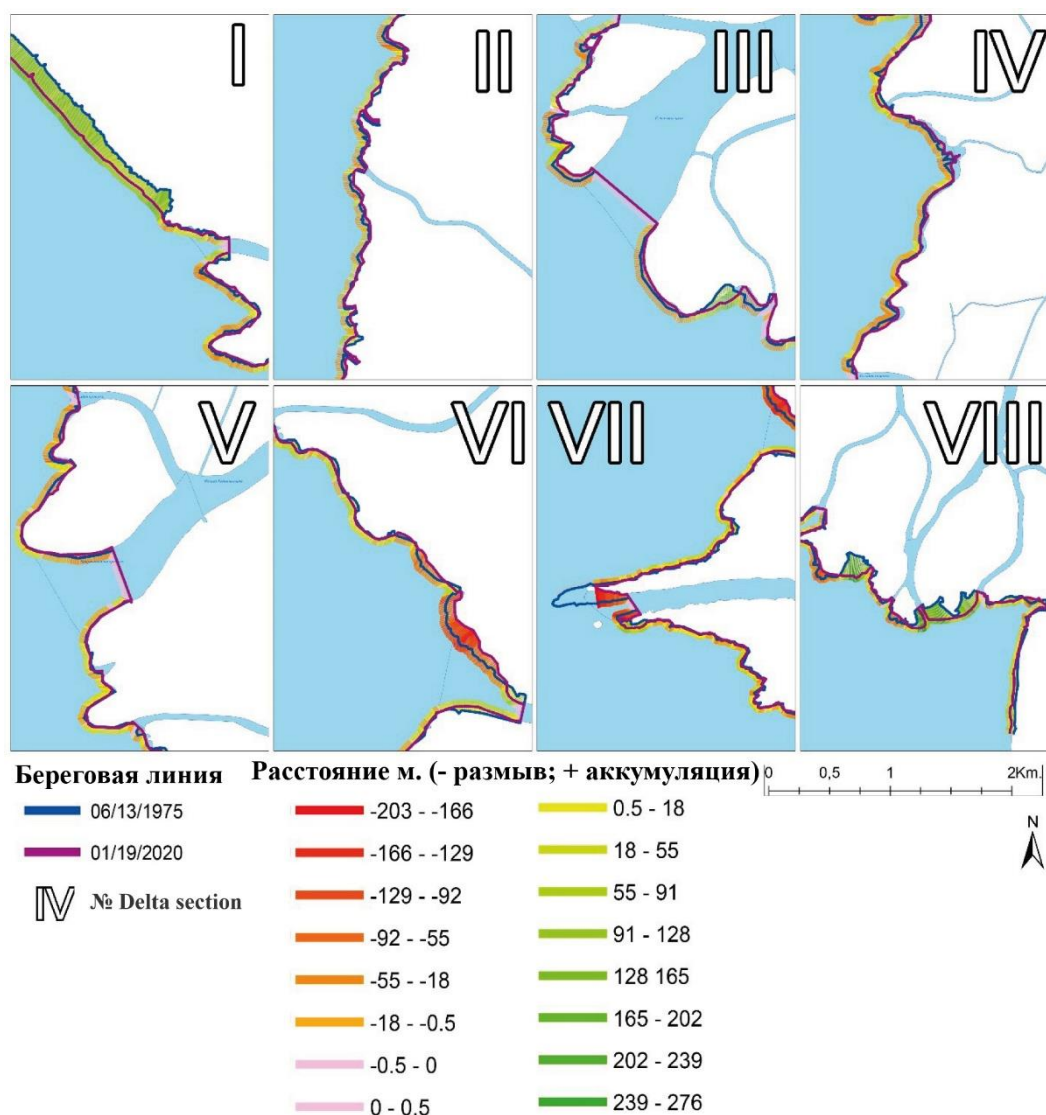


Рисунок 8 — Изменения на морском края дельты р. Дон

Участок 3 ограничен устьем гирла Кутерьма до места впадения ерика Егуречка. Для участка характерно сокращение площади на 12 Га до 1986 г., далее площадь начинает постепенно возрастать к 1999 г. на 4 Га, а затем отмечается стабилизация процесса. Среднеголетняя скорость размыва соответствует значениям 0,47 м/год, а аккумуляции на отдельных участках 0,89 м/год.

Участок 4 ограничен местом впадения ерика Егуречка до устья протоки Багадан. Этот участок, как и предыдущий, характеризуется сокращением площади на 6 Га до 1986 года, далее площадь начинает плавно возрастать до 2020 г. на 2 Га. Среднеголетняя скорость размыва соответствует значениям 0,45 м/год, аккумуляция на отдельных участках 0,24 м/год, максимальные скорости размыва отмечены на уровне 5,6 м/год.

Участок 5 ограничен от устья протоки Багадан до места впадения протоки Сухая Каланча. Как и участки 3 и 4, этот участок характеризуется сокращением площади на 2 Га до 1986 года, далее площадь начинает плавно возрастать до 1999 г. на 1 Га. Среднеголетняя 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.

Участок 6 ограничен от места впадения протоки Сухая Каланча до устья гирла Мериновое. Площадь участка возрастает на 8 Га до 1986 года, далее резко сокращается до 1999 г. на 14 Га и после 1999 г., увеличивается на 1-2 Га. Среднеголетняя 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.

Участок 7 ограничен от места впадения протоки Сухая Каланча до устья основного судоходного канала р. Дон. Для участка характерно сокращение площади на 4 Га до 1986 года, с последующим резким увеличением на 10 Га до 2020 г. Среднеголетняя скорость аккумуляции соответствует значениям 0,56 м/год, а размыва 0,13 м/год, на отдельных участках значения возросли до 0,48 м/год, максимальные скорости аккумуляции отмечены на уровне 2,6 м/год.

Участок 8 ограничен от устья основного судоходного канала р. Дон до места впадения реки Мокрый Кагальник. Участок характеризуется увеличением площади на 17 Га до 1986 года, далее площадь начинает резко сокращаться до 1999 г. на 23 Га, а затем к 2020 г. возрастает на 14 Га. Среднеголетняя скорость аккумуляции соответствует значениям 1,07 м/год, размыв на отдельных участках достигает 0,78 м/год, максимальные скорости аккумуляции отмечены на уровне 3,4 м/год.

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

В главе 4 «Оценка потенциального ущерба от опасных береговых процессов» представлены результаты оценки потенциального ущерба. На основании разработанной и предложенной в диссертационной работе методики произведена оценка потерь площади земель до 2030 года и выполнена монетарная оценка на основе данных о стоимости земельных участков и объектов капитального строительства.

Для двух муниципальных образований в пределах побережья Таганрогского залива площадь земель, подверженных размыву, согласно оценке, составила 72,5 Га, из них:

1) Для территории Ростовской области суммарная зона обрушения в пределах участков со среднемноголетней скоростью >1 м/год, составляет 418,7 тыс. м², из которых 123,2 тыс. м² (99 земельных участков) – земли сельскохозяйственного назначения, 60,2 тыс. м² (192 земельных участков) – земли населенных пунктов, 32,1 тыс. м² (6 земельных участков) – земли неустановленной категории и 203,2 тыс. м² земель, не отмеченных на ПКК (Мисиров и др. 2024).

В эту зону в том числе попадают 70 объектов капитального строительства, отмеченных и не отмеченных на ПКК, в том числе: – 22 жилых, нежилых и аварийных дома; – 15 опор линий электропередачи (ЛЭП) 220 В; – 8 участков внутрипоселковых дорог; – 21 прочий объект хозяйственной инфраструктуры (мосты, гаражи, амбары и пр.); – 4 объекта исторической памяти: объект культурного наследия «Ансамбль усадьбы – дачи А. Б. Лакиера» (п. Золотая Коса, Неклиновский район Ростовской обл.), кирпичные склады «Золотой экономии» А. Б. Лакиера, памятник над братской могилой погибшим красноармейцам и морякам при высадке десанта (1918 г.) (с. Боцманово, Неклиновский район Ростовской обл.), а также часть старого кладбища в с. Порт-Катон.

Предполагаемый суммарный ущерб соответствует значениям 83,1 млн. руб. для Неклиновского района и 11,24 млн. руб. для Азовского района Ростовской области.

2) Для территории Краснодарского края от х. Молчановка до ст. Должанская суммарная зона обрушения в пределах 2-х аварийных участков составляет 704,6 тыс. м², из которых 401,9 тыс. м² – учтены в ПКК и 302,7 тыс. м² не представлены в ПКК, это составляет около 43% от всех земель, попадающих в предполагаемую зону обрушения.

Всего в зону предполагаемого обрушения попадает 74 земельных участка, только для 5 земельных участков имеется информация о разрешенной категории использования и лишь для 23 указана информация о типе собственности. Таким образом, не представляется возможным дать более подробные характеристики и оценки, так как для большей половины земельных участков отсутствует вышеуказанная информация, следовательно, расчетные оценки будут некорректны.

Прогнозируемая площадь обрушения учтенных в ПКК земель (Га)

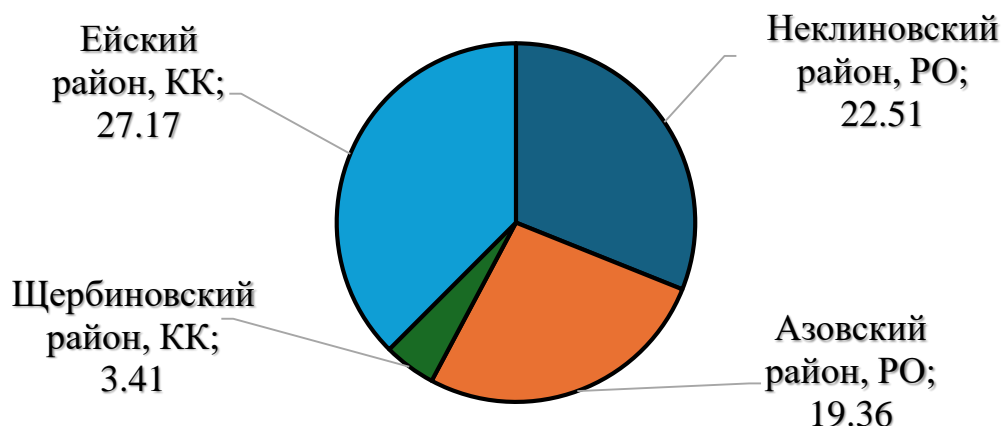


Рисунок 9 — Прогнозируемая площадь обрушения учтенных в ПКК земель для береговой зоны Ростовской области (РО) и Краснодарского края (КК)

Прогнозируемый материальный ущерб (млн. руб.)

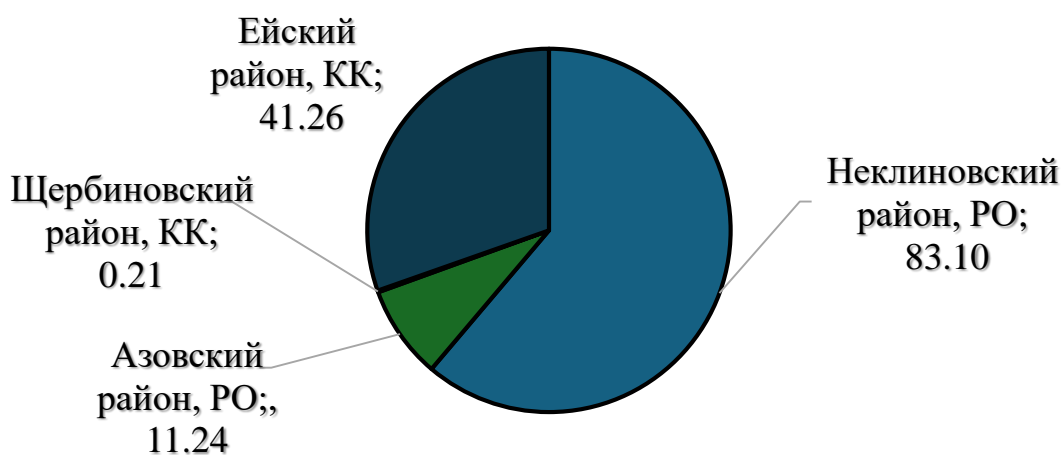


Рисунок 10 — Прогнозируемый материальный ущерб (млн. руб.) для береговой зоны Ростовской области (РО) и Краснодарского края (КК)

На побережье Таганрогского залива в пределах Краснодарского края в зону обрушений попадают 64 земельных участка или 639,5 тыс. м² земель Ейского муниципального района и 11 земельных участков или 34,1 тыс. м², входящих в Щербиновский район.

Предполагаемый ущерб соответствует значениям – 206 138,7 руб. для Щербиновского района и 41 258 929,5 руб. для Ейского района. Суммарный предполагаемый материальный ущерб от проявления опасных береговых процессов в пределах Таганрогского залива Краснодарского края составит 41 465 068,2 руб.

В разделе 4.2. приведен перечень рекомендаций по организации современной системы мониторинга за положением бровки берегового

клифа, обосновано применение данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных систем для улучшения существующих систем наблюдений.

В заключении приведены основные результаты исследования:

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 ДДЗ 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 выдвигения 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Всего по теме диссертации опубликовано 19 научных работ (в том числе в соавторстве). Ниже перечислены основные работы.

Статьи в научных изданиях, входящих в Перечень ВАК

1. 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. – URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38450> (дата обращения: 17.12.2025). K2

Статьи в научных изданиях, входящих в Scopus, Web of Science

2. Архипова, О. Е. Оценка рекреационной привлекательности Восточного Приазовья / О. Е. Архипова, С. А. Мисиров // Геология и геофизика Юга России. – 2025. – Т. 15, № 1. – С. 166-179. – DOI: 10.46698/VNC.2025.89.22.014. K1. Scopus Q3.

3. Don River Delta hydrological and geomorphological transformation under anthropogenic and natural forcings. Dynamics of delta shoreline, risk of coastal flooding and related management options / S. Venevsky, S. Berdnikov, J. W. Day [et al.] // Ocean & Coastal Management. – 2024. – Vol. 258. – P. 107364. – DOI 10.1016/j.ocescoaman.2024.107364. WoS Q1

Публикации в сборниках трудов конференций

4. 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 Международной конференции, Майкоп (Республика Адыгея, Россия), 22–23 октября, Ташкент (Узбекистан), 26–27 октября 2022. – Москва: Географический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, 2022. – Т. 28, ч. 2. – С. 666-679. – DOI 10.35595/2414-9179-2022-2-28-666-679. – URL: <http://intercarto.msu.ru/jour/data/c3/issue23.pdf> (дата обращения: 17.12.2025).

Иные публикации (статьи в научных изданиях, входящих в Перечень ВАК)

5. 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. – С. 127-138. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-1-127-138.

6. Исследование овражно-балочной сети Южного берега Таганрогского залива с использованием беспилотных летательных аппаратов / С. А.

Мисиров, Л. А. Беспалова, А. А. Магаева, Е. В. Беспалова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2019. – № 4(204). – С. 77-83. – DOI 10.23683/0321-3005-2019-4-77-83.

7. 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. – DOI 10.7868/S25000640190204.