

УДК 338.14 (470.61)

DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-1-127-138

## Прогноз ущерба социально-экономическим объектам от разрушения берегов Таганрогского залива в пределах Ростовской области

С. А. Мисиров<sup>1</sup>, А. А. Магаева<sup>1\*</sup>, О. А. Хорошев<sup>1</sup>, В. В. Кулыгин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное исследовательское учреждение Южный научный центр Российской академии наук, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

\* e-mail: a.magaeva@mail.ru

**Аннотация.** Для береговой зоны Азовского моря, и в особенности Таганрогского залива, характерно развитие опасных береговых процессов (ОБП): абразионных и оползневых. В то же время прибрежная территория выступает одним из наиболее привлекательных мест расположения хозяйственной инфраструктуры: жилых, рекреационных и промышленных объектов. Целью настоящей работы является прогноз и оценка материального ущерба земельным участкам и объектам капитального строительства в зоне возможного обрушения берегов Таганрогского залива в пределах Ростовской области. На основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса выполнен анализ пространственно-временной динамики линии бровки берегового уступа, что позволило оценить скорость отступления берега на всем протяжении побережья Ростовской области. Выделены 12 аварийных участков побережья, подверженных интенсивному воздействию ОБП, для которых определена зона возможного обрушения берега к 2030 г. С использованием данных публичной кадастровой карты Росреестра выполнена идентификация социально-экономических объектов (земельных участков и объектов капитального строительства), попадающих в эту зону, и дана оценка материального ущерба от их разрушения. Суммарные потери от проявления ОБП на рассматриваемых аварийных участках составили около 128 млн рублей.

**Ключевые слова:** береговая зона, опасные береговые процессы, оценка ущерба, Таганрогский залив Азовского моря, Ростовская область

### Введение

Береговая зона Азовского моря подвержена проявлению опасных береговых процессов, которые охватывают около 80 % морского побережья [1], при этом средняя скорость разрушения берега составляет 1–2 м/год [2], но имеются также участки, где максимальная скорость абразии превышает 5 м/год [3].

Развитие ОБП в Азовском море обусловлено преимущественно природными факторами, наиболее существенными из которых являются геологические условия (строение и состав пород) и динамика вод в береговой зоне (сила и повторяемость штормов). Наряду с природными факторами разрушению берегов способствует и хозяйственная деятельность людей, в частности, неудачное размещение гидротехнических (портовых, берегоукрепительных и пр.) сооружений, распашка сельскохозяйственных угодий в близости от кромок береговых обрывов, строительство капитальных сооружений, обустройство несанкционированных свалочных очагов твердых бы-

товых отходов на склонах, подверженных воздействию ОБП, добыча полезных ископаемых у основания береговых обрывов и пр.

Береговая зона Таганрогского залива характеризуется достаточно высокой плотностью размещения населения. В прибрежных муниципальных образованиях (г. Таганрог, сельские поселения Азовского и Неклиновского районов), проживает около 300 тыс. жителей. Здесь интенсивно развито сельское хозяйство, рекреационная деятельность и рыболовство, в г. Таганроге расположены крупные промышленные предприятия и портовый комплекс. На северном и южном побережье Таганрогского залива в пределах Ростовской области абразионным процессам подвержено около 57 % береговой линии, оползневым процессам – 20 % [4]. На северном побережье самые высокие средние скорости абразии наблюдаются в районе с. Весёло-Вознесенка. Среднегодовая скорость абразии на южном побережье Таганрогского залива составляет 0,3–0,6 м/год. Однако с 1971 по 2020 гг. на отдельных участках берег отступил на 190 м [4].

Протяженность защищенной береговой полосы Таганрогского залива в пределах Ростовской области составляет около 21 км – это примерно 13 % от общей протяженности. Существующие берегоукрепительные сооружения выполнены из различного строительного материала, некоторые из них находятся в аварийном состоянии, большинство морально устарели.

В настоящее время одной из актуальных для Ростовской области является проблема комплексного использования береговой зоны Таганрогского залива. В последние годы неоднократно высказывались пожелания о расширении имеющихся либо строительстве новых рекреационных и других хозяйственных объектов [5].

Наблюдаемая динамика природных и антропогенных факторов повышает риски опасных явлений в береговой зоне Таганрогского залива, что непосредственно влияет на социально-экономические условия проживающего здесь населения. Целью настоящей работы является прогноз и оценка материального ущерба земельным участкам и объектам

капитального строительства (ОКС) на основе данных публичной кадастровой карты Росреестра (ПКК) в зоне возможного обрушения берегов Таганрогского залива в пределах Ростовской области.

### Материалы и методы исследований

Исследование проводилось в несколько этапов.

1. Анализ пространственно-временной динамики линии бровки берегового уступа.

Для оценки положения бровки берегового уступа использовались данные дистанционного зондирования Земли из космоса высокого разрешения, которые широко применяются для мониторинга состояния земельных ресурсов прибрежной зоны [6] – всего 8 снимков из открытых архивов, покрывающих побережье Таганрогского залива (табл. 1). На каждом снимке выполнена оцифровка бровки берегового уступа. Для северного побережья Таганрогского залива период исследования составил 1964–2022 гг., для южного – 1971–2022 гг.

Таблица 1

Данные дистанционного зондирования Земли, использованные для построения серии разновременных линий бровки берегового уступа

Дата снимка	Космический аппарат	Разрешение, м
14.07.1964	CORONA J-1 (KH-4A)	2,5
19.09.1971	Corona (KH-4B)	2
01.07.1975	Hexagon (KH-9-10)	4
12.08.1988	Spot 1	10
31.05.1988	Spot 1	10
21.08.2006	Spot 5	5
19.01.2020	Sentinel-2	10
12.07.2022	Sentinel-2	10

2. Пространственно-временной анализ динамики береговой линии с помощью программного обеспечения Digital Shoreline Analysis System (DSAS) v5 [7]. DSAS позволяет определить скорость изменения линии бровки берегового уступа на основе нескольких ее исторических позиций, а также дать прогноз ее положения через заданный временной интервал [8, 9]. Данный инструмент широко используется для анализа изменений

береговых линий во многих регионах мира [10–15]. В результате применения DSAS были получены скорости отступления клифа и прогнозное положение линии бровки уступа к 2030 г.

3. Выделение аварийных участков, подверженных интенсивному воздействию ОБП. Условные границы участков определялись на основе скоростей отступления берега, полученных из анализа разновременных линий

бровки берегового уступа. Далее производилось их уточнение по данным натурных измерений на реперной сети, наблюдения на которой охватывают период с 70-х гг. прошлого века по настоящее время [16–19]. Основным критерием отнесения участка к аварийному являлась среднесуточная скорость абразии, так как этот показатель является наиболее простой и наглядной характеристикой интенсивности переработки берегов. В работах [20, 21], связанных с темой оценки отступления береговой линии, приводятся данные, что средняя скорость абразии морских берегов России под воздействием волн составляет примерно 1–2 м/год. Авторы принимают эту величину за своеобразный критический порог, при превышении которого ситуация может считаться опасной. Учитывая этот тезис, аварийными участками берега считались участки со скоростями абразии, превышающими 1 м/год.

Зона возможного обрушения берега на каждом участке представлялась полосой, ограниченной крайними точками (границами) участка, текущей линией бровки берегового уступа по состоянию на 2022 г. и прогнозной линией бровки берегового уступа к 2030 г.

4. Идентификация социально-экономических объектов (далее – СЭ объекты), попадающих в зону обрушения. В качестве СЭ объектов рассматривались земельные участки различных категорий и ОКС (объекты хозяйственной инфраструктуры, здания, сооружения, жилые дома и др.).

Идентификация СЭ объектов выполнялась по данным публичной кадастровой карты Росреестра [22]. Для работы с кадастровыми данными был использован инструмент NGQ RosreestrToolsNextGIS, разработанный российской компанией NextGIS [23, 24]: извлекались границы и атрибутивная информация обо всех отмеченных на ПКК СЭ объектах, попадающих в прогнозируемую зону обрушения берега, – земельных участках и ОКС. В число атрибутов, описывающих объекты, были включены: кадастровый номер объекта, категория земель, тип разрешенного использования, площадь объекта, кадастровая стоимость.

Для некоторых объектов в ПКК отсутствует информация о категории земель и типе

разрешенного использования. Для них соответствующий атрибут был установлен в значение «Категория не установлена».

Информация о разрешенном использовании земель указана в ППК в свободной форме, поэтому она была нормализована в соответствии с классификатором видов разрешенного использования земельных участков [25].

Объекты, не отмеченные на ПКК, но попадающие в зону возможного обрушения берега или максимально близкие к ней, также по возможности выявлялись на основе картографических материалов и по результатам рекогносцировочных обследований.

5. Оценка прогнозируемых материальных потерь (монетарная оценка) от разрушения СЭ объектов, попадающих в зону возможного обрушения берега.

Земельные участки, подверженные возможному разрушению, определялись путем выполнения пространственной операции пересечения между полигоном зоны возможного обрушения берега и полигонами земельных участков. Площади полигонов, полученные в результате операции пересечения, соответствуют площадям потери земли соответствующих земельных участков. Для каждого земельного участка определялась кадастровая стоимость за 1 м<sup>2</sup> путем деления общей стоимости участка на его площадь (в м<sup>2</sup>), после чего ущерб земельному участку определялся как произведение площади потерянной земли (в м<sup>2</sup>) на кадастровую стоимость 1 м<sup>2</sup>.

Площадь потерь земли для участков, не отмеченных на ПКК, определялась как разница между общей площадью потерь земли на аварийном участке минус сумма площадей потерь земли всех земельных участков из ПКК. В качестве ее кадастровой стоимости за 1 м<sup>2</sup> использовалось среднее значение соседних земельных участков. Таким образом, общая площадь потерь земли в пределах аварийного участка соответствует площади зоны возможного обрушения берега.

Аналогично, с помощью пространственной операции пересечения, определялись ОКС, указанные в ПКК и попадающие в зону возможного обрушения берега. В качестве оценки возможного ущерба для них использовалась полная кадастровая стоимость объ-

екта, даже если в зону обрушения попадает только его часть, поскольку нарушается целостность объекта.

Итоговая оценка прогнозируемых материальных потерь на аварийном участке складывается из суммы ущерба земельным участкам и объектам капитального строительства.

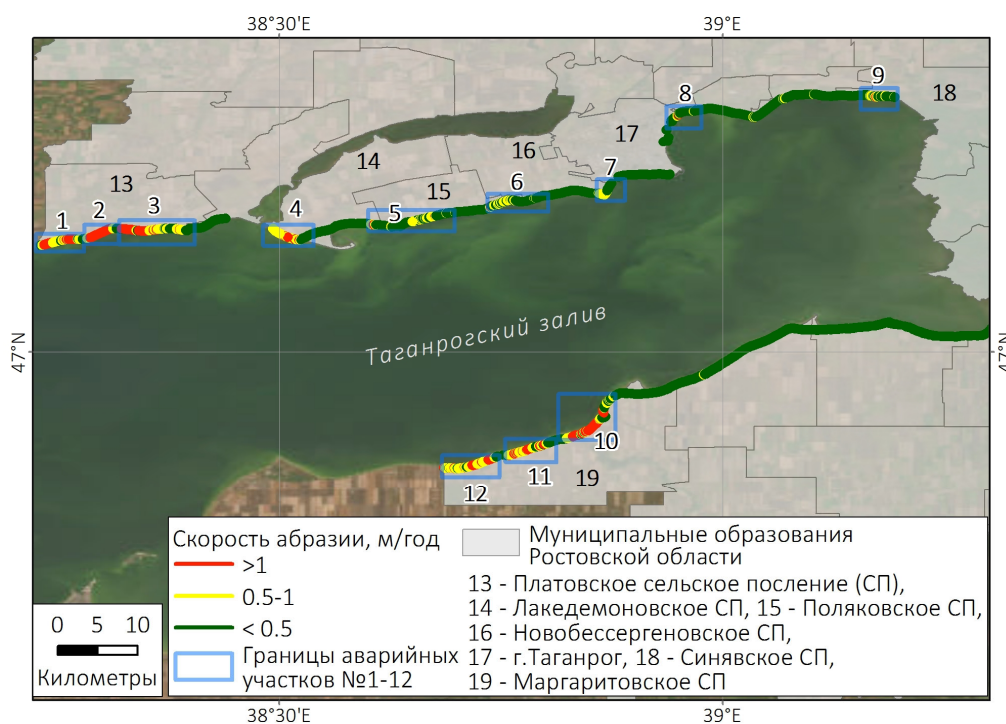
### Результаты и обсуждение

В результате обработки спутниковых снимков для всей береговой линии в пределах Ростовской области был получен набор разновременных линий бровки берегового уступа, позволивший оценить скорости отступления берега. Районы высоких скоростей были объединены в 12 аварийных участков.

Границы участков корректировались (в частности, расширялись) на основе данных о строении берегов и сравнении скоростей абразии с данным измерений на реперной сети. Так, например, по результатам анализа данных ДЗЗ среднемноголетняя скорость абразии в среднем на участке № 6 составляет 0,4 м/год, максимальные скорости на участке достигают 1,1 м/год. Однако на этом же участке находятся три пункта реперной сети, на двух из которых отмечаются высокие скорости абразии: 3,2 м/год (2014–2016 г.) и 1 м/год (2013–

2014 г.) [16]. Кроме того, на участке расположен ряд берегозащитных сооружений, что свидетельствует об его интенсивном разрушении до их строительства [5, 17, 26]. Такой участок следует рассматривать как единую систему, объединенную общим геологическим строением, морфологией пляжа и подводного берегового склона, характером волнового воздействия и в настоящее время находящуюся в квазистабильном состоянии.

На северном побережье Таганрогского залива выделено 9 аварийных участков (рисунков), 8 из которых (участки № 1–7, 9) территориально относятся к Неклиновскому району Ростовской области и один (участок № 8) к г. Таганрогу. Максимальные  $V_{max}$  и средние по участку  $V_{avr}$  скорости разрушения берега приведены в табл. 2. Берег на участках № 1–8 имеет абразионный и абразионно-обвальный тип. Здесь основным процессом, влияющим на интенсивность разрушения, является подрезка морской абразией оснований клифа, который сложен легко размываемыми породами, вследствие чего происходит увеличение крутизны склона, вызывающее затем обвалы и осыпи вышележащих пород. На участке № 9 преобладает оползневой процесс, что влечет за собой обрушение большого объема пород в короткий период времени.



Картосхема отступления берегов Таганрогского залива

Наибольшие скорости абразии отмечаются на участках № 1–3. Это обусловлено в первую очередь геологическим строением [17]. Кроме того, на этих участках преобладают узкие пляжи шириной до 8 м. В некоторых местах отмечено отсутствие пляжа, например, в с. Весёло-Вознесенка, где высота клифа колеблется от 4 до 15 м, при этом крутизна склона составляет 70°. Побережье на участках № 1–3 активно используется под распашку полей, граница которых зачастую подходит на расстояние менее 5 м к бровке берегового уступа.

На южном побережье выделено три участка (см. рисунок, табл. 2), которые относятся к Азовскому району Ростовской области. Все они характеризуются как абразионные и абразионно-обвальные. Максимальные скорости здесь зафиксированы на участке № 10 (см. табл. 2), который имеет схожее морфометрическое строение с участками северного берега. В пределах участков южного побережья отмечаются малоразвитые пляжи шириной от 2 до 15 м, высота склонов более значительная – до 35 м на участке № 12, крутизна склонов доходит до 80°. Все это способствует разрушению клифов и передвижению бровки в сторону суши.

Таблица 2

Аварийные участки в пределах береговой зоны Ростовской области

Номер аварийного участка	Границы участка		Протяженность, км	V <sub>max</sub> (м/год)	V <sub>avr</sub> (м/год)
	x	y			
1	47,1199989	38,2332993	3,2	1,4	1,0
	47,1265984	38,2723999			
2	47,1277008	38,2834015	2,8	2,0	1,4
	47,1388016	38,3156013			
3	47,1383018	38,3214989	5,6	3,9	1,8
	47,1366005	38,3941994			
4	47,1386986	38,4917984	3	1,2	0,8
	47,1254997	38,5232010			
5	47,1432991	38,6027985	7,7	1,3	0,4
	47,1566010	38,6977997			
6	47,1622009	38,7368011	5,5	1,1	0,4
	47,1757011	38,8022003			
7	47,1759987	38,8664017	1,6	0,9	0,4
	47,1887016	38,8742981			
8	47,2653999	38,9485016	1,5	1,2	0,5
	47,2681999	38,9511986			
9	47,2871017	39,1716995	0,5	1,3	0,7
	47,2871017	39,1736984			
10	46,9514008	38,8785019	7,3	3,5	1,3
	46,9031982	38,8237000			
11	46,8978004	38,8022995	4	1,7	0,9
	46,8839989	38,7577019			
12	46,8821983	38,7445984	5	1,6	0,8
	46,8695984	38,6856003			

Суммарная зона обрушения в пределах аварийных участков составляет 418,7 тыс. м<sup>2</sup>, из которых 123,2 тыс. м<sup>2</sup> (99 земельных участков) – земли сельскохозяйственного назначения, 60,2 тыс. м<sup>2</sup> (192 земельных участков) – земли населенных пунктов, 32,1 тыс. м<sup>2</sup> (6 земельных участков) – земли неустановленной категории и 203,2 тыс. м<sup>2</sup> земель, не отмеченных на ПКК.

На участках земель сельскохозяйственного назначения получило развитие полеводство (производство полевых сельскохозяйственных культур). Здесь выращиваются зерновые культуры, подсолнечник, сахарная свекла, овощи и т. д. Возможное влияние земледелия на разрушение берегов может выражаться в механическом воздействии тяжелой сельскохозяйственной техники на почвенный покров в непосредственной близости от края обрывов. Помимо этого косвенное влияние может оказывать пал сухой растительности и внесение гербицидов, в результате которых происходит деградация древесно-кустарниковой растительности, закрепляющей аварийные склоны.

В пределах земель населенных пунктов отмечается деятельность личных подсобных и приусадебных хозяйств населения, крестьянско-фермерских хозяйств, а также объектов рекреационного и лечебно-оздоровительного назначения. В ходе рекогносцировочных работ, среди прочего, на отдельных участках было зафиксировано, что земли поселений, предназначенные для ведения дачного хозяйства, по факту используются населением для выпаса скота, сенокосения, а также рекреационной деятельности (неорганизованный пляжный отдых). К типичным проявлениям хозяйственного воздействия в пределах земель населенных пунктов на берега можно отнести: строительство капитальных сооружений на склонах; обустройство в береговой зоне свалочных очагов твердых бытовых отходов, выгребных ям, траншей, спусков к морю; физическое воздействие автомобильного транспорта; добыча песчано-ракушечного материала у основания береговых обрывов; уничтожение древесно-кустарниковой растительности, закрепляющей аварийные склоны; возведение самодельных берегоукрепительных сооружений из различных материалов, включая строительные отходы, и пр.

Оценка прогнозируемого материального ущерба от разрушения земель сельскохозяйственного назначения составила 4,3 млн рублей, от разрушения земель населенных пунктов – 28,6 млн рублей. Для земель неустановленной категории оценка ущерба составила 0,02 млн рублей. Ущерб от разрушения земель, не отмеченных на ПКК, рассчитывался на ос-

нове средней кадастровой стоимости соседних участков и составляет 83,1 млн рублей.

В прогнозируемую до 2030 г. зону обрушения берега Таганрогского залива в пределах аварийных участков попадает 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», 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 всем СЭ объектам, попадающим в зону обрушения аварийных участков, представлены в табл. 3.

Наибольший ущерб, в размере 45 млн рублей, прогнозируется для Маргаритовского сельского поселения, в пределах которого расположены аварийные участки № 10–12. Общая зона обрушения составит 193,6 тыс. м<sup>2</sup> – это земли населенных пунктов, на которых предусмотрено ведение личных подсобных хозяйств, а также земли сельскохозяйственного назначения. Существенные потери также прогнозируются для Поляковского сельского поселения, охватывающего частично участок № 5 и полностью участок № 6. Здесь зона обрушения значительно меньше – 46,6 тыс. м<sup>2</sup>, однако величина ущерба составляет 32,1 млн рублей. Это объясняется тем, что в зону обрушения в основном попадают земли населенных пунктов, стоимость которых на порядок выше стоимости земель сельскохозяйственного назначения.

Наименьший ущерб прогнозируется для Синявского сельского поселения (аварийный участок № 9). В зону обрушения площадью 7,5 тыс. м<sup>2</sup> попадают исключительно земли сельскохозяйственного назначения, предназначенные для садоводства и огородничества. Ожидаемые потери составят 3,5 млн рублей.

Таблица 3

Оценка прогнозируемых материальных потерь от разрушения СЭ объектов, попадающих в зону возможного обрушения берега аварийных участков, к 2030 г.

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 руб.*		
			Земельным участкам	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

Суммарный прогнозируемый ущерб от проявления ОБП на рассматриваемых аварийных участках составит 128,1 млн рублей. Следует отметить, что полученные оценки нельзя рассматривать как общую оценку ущерба от ОБП в береговой зоне Таганрогского залива в пределах Ростовской области по двум причинам. Во-первых, рассмотрена только часть береговой зоны в пределах Ростовской области: участки с наиболее высокой скоростью абразии. Однако, поскольку на других участках береговой зоны ОБП также наблюдаются, хоть и с меньшей интенсивностью, следовательно, здесь также будет возникать ущерб. Во-вторых, при монетарных оценках использовались только данные ПКК. Здесь следует учесть, что не все ОКС представлены на ПКК (по данным [27], только 60 % объектов недвижимого имущества внесено в ЕГРН). По некоторым объектам в ПКК могут быть указаны заниженные цены (например, для дорог [28]). Эти обстоятельства побуждают рассматривать выполнен-

ный расчет материальных потерь как ориентировочный.

### Заключение

На основе данных дистанционного зондирования Земли высокого разрешения выполнена оцифровка бровки берегового уступа Таганрогского залива в пределах Ростовской области. Выделены участки со скоростью абразии более 1 м/год общей протяженностью 47,7 км. С помощью программной надстройки DSAS получен прогноз развития опасных береговых процессов в пределах аварийных участков – к 2030 г. зона обрушения составит 418,7 тыс. м<sup>2</sup>.

Дана оценка материальных потерь от разрушения СЭ объектов, попадающих в зону возможного обрушения берега (в соответствии с прогнозом изменения линии бровки берегового уступа на период до 2030 г. включительно) на основе данных о кадастровой

стоимости, представленных на ПКК (по кадастровым ценам на 01.01.2022). Суммарный прогнозируемый ущерб от проявления ОБП на аварийных участках береговой зоны Таганрогского залива в пределах Ростовской области составит 128,1 млн рублей.

### **Благодарности**

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта

122013100131-9, и научно-исследовательской работы «Комплексное обследование прибрежной территории береговой линии Таганрогского залива Азовского моря». При выполнении работ использовалось оборудование ЦКП ЮНЦ РАН «Объединенный центр научно-технологического оборудования ЮНЦ РАН (исследование, разработка, апробация)»: программно-аппаратный комплекс для компьютерного моделирования и расчетов.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Матишов Г. Г., Ивлиева О. В., Беспалова Л. А., Кропянко Л. В. Эколого-географический анализ морского побережья Ростовской области // Доклады Академии наук. – 2015. – № 1. – С. 53–57. – DOI 10.7868/S0869565215010181.
2. Крыленко В. В., Крыленко М. В., Алейников А. А. Уточнение длины береговой линии Азовского моря с использованием данных спутников Sentinel-2 // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 4. – С. 78–92.
3. Матишов Г. Г., Беспалова Л. А., Ивлиева О. В., Цыганкова А. Е., Кропянко Л. В. Азовское море: современные абразионные процессы и проблемы берегозащиты // Доклады Академии наук. – 2016. – Т. 471, № 4. – С. 1–4. – DOI 10.7868/S086956521634020X.
4. Бердников С. В., Беспалова Л. А., Хаванский А. Д., Хорошев О. А., Магаева А. А., Мисиров С. А., Меринова Ю. Ю., Кульгин В. В., Цыганкова А. Е., Иошпа А. Р., Сорокина В. В., Лихтанская Н. В., Бульшева Н. И., Шохин И. В., Савикин А. И., Оганесян А. А., Смирнова Е. А. Опасные абразионные и оползневые процессы в береговой зоне Азовского моря и социально-экономические последствия их проявлений. – Ростов н/Д. : ЮНЦ РАН, 2022. – 288 с.
5. Ивлиева О. В., Беспалова Л. А., Ивлиев П. П. Современные береговые процессы Таганрогского залива // Изв. высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Сер. Естественные науки. – 2010. – № 5 (159). – С. 107–111.
6. Карпик А. П., Аврунев Е. И., Добротворская Н. И., Дубровский А. В., Малыгина О. И., Попов В. К. Организация системы геоинформационного мониторинга состояния земельных ресурсов прибрежной зоны Новосибирского водохранилища // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 8. – С. 133–145. – DOI 10.18799/24131830/2019/8/2219.
7. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.usgs.gov/centers/whcmsc/science/digital-shoreline-analysis-system-dsas>.
8. Himmelstoss E. A., Henderson R. E., Kratzmann M. G., Farris A. S. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide: U.S. Geological Survey Open-File Report 2018–1179. – 110 p. – DOI 10.3133/ofr20181179.
9. Мисиров С. А., Шевердяев И. В., Магаева А. А. Оценка площадных потерь земель в пределах береговой зоны Таганрогского залива // Экология. Экономика. Информатика. Сер. Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – 2021. – Т. 2, № 6. – Р. 66–73. – DOI 10.23885/2500-123X-2021-2-6-66-73.
10. Jayanthi M., Thirumurthy S., Samynathan M., Duraisamy M., Muralidhar M., Ashokkumar J., Vijayan K.K. Shoreline change and potential sea level rise impacts in a climate hazardous location in southeast coast of India // Environmental Monitoring and Assessment. – 2018. – Vol. 190, No. 1. – P. 51. – DOI 10.1007/s10661-017-6426-0.
11. Kale M. M., Ataol M., Tekkanat I. S. 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 // Environmental Monitoring and Assessment. – 2019. – Т. 191. – P. 398. – DOI 10.1007/s10661-019-7535-8.
12. Sheik M., Chandrasekar N. A shoreline change analysis along the coast between Kanyakumari and Tuticorin, India, using digital shoreline analysis system // Geo-spatial information Science. – 2011. – Vol. 14, No. 4. – P. 282–293. – DOI 10.1007/s11806-011-0551-7.



13. Долотов В. В., Горячкин Ю. Н., Долотов А. В. Статистический анализ изменений береговой линии пляжа поселка Любимовка // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2017. – № 1. – С. 40–47.
14. Alberico I., Cavuoto G., Di Fiore V., Punzo M., Tarallo D., Pelosi N., Ferraro L., Marsella E. Historical maps and satellite images as tools for shoreline variations and territorial changes assessment the case study of Volturno coastal plain (southern Italy) // Journal of Coastal Conservation. – 2018. – Vol. 22, No. 5. – P. 919–937. – DOI 10.1007/s11852-017-0573-x.
15. Нгуен Т. Д., Малинников В. А. Исследование динамики изменения береговой линии по материалам разновременных космических съемок // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2021. – № 4. – С. 436–441. – DOI 10.30533/0536-101X-2021-65-4-436-441.
16. Цыганкова А. Е., Беспалова Л. А. Интенсивность проявления береговых процессов Азовского моря за 1980-2020 гг. // Экология. Экономика. Информатика. Сер. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. – 2022. – Т. 1, № 7. – С. 132–138. – DOI 10.23885/2500-395X-2022-1-7-132-138.
17. Ивлиева О. В., Бердников С. В. Современные скорости разрушения берегов российского побережья Азовского моря // Геоморфология. – 2005. – № 4. – С. 74–83. – DOI 10.15356/0435-4281-2005-4-74-83.
18. Мамыкина В. А., Хрусталева Ю. В. Процессы абразии и аккумуляции в современном осадконакоплении на примере Азовского моря // Океанология. – 1966. – Т. 6, № 3. – С. 42–43.
19. Мамыкина В. А., Хрусталева Ю. П. Береговая зона Азовского моря. – Ростов н/Д : РГУ, 1980. – 176 с.
20. Анисимова Н. Г., Бурова В. Н., Викторова А. С. и др. Природные опасности России. Т. 3. Экзогенные геологические опасности / под ред. В. М. Кутепова, А. И. Шеко. – М. : КРУК, 2002. – 348 с.
21. Лукьянова С. А., Соловьева Г. Д. Абразия морских берегов России // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. – 2009. – № 4. – С. 40–44.
22. Публичная кадастровая карта Росреестра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pkk.rosreestr.ru/>.
23. Крюков С. М., Ершов А. В. Анализ возможностей применения геоинформационной системы QGIS в землеустроительных и кадастровых работах // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2021. – № 2. – С. 180–185.
24. NextGIS QGIS. Официальный сайт разработчика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nextgis.ru/nextgis-qgis>.
25. Об утверждении классификатора видов разрешенного использования земельных участков (с изменениями на 23.06.2022) [Электронный ресурс] : Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 10.10.2020 № П/0412. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573114694> (дата обращения: 24.06.2023).
26. Зеленщиков Г. В., Мошкин В. М., Ляшик А. Н. Оценка опасных природных геологических процессов в береговой зоне Таганрогского залива // Геология, география и экология океана : материалы Междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Д. Г. Панова (8–11 июня 2009 г., г. Ростов-на-Дону). – Ростов н/Д : ЮНЦ РАН, 2009. – С. 129–132.
27. Ключниченко В. Н., Ивчатова Н. С. Особенности формирования кадастра в России // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 2. – С. 198–208. – DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-2-198-208.
28. Костеша В. А., Рулева Н. П., Колесникова И. К. Проблемы и перспективы совершенствования кадастрового учета автомобильных дорог // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2021. – Т. 65, № 3. – С. 366–374. – DOI 10.30533/0536-101X-2021-65-3-366-374.

### Об авторах

*Самир Айдынович Мисиров* – младший научный сотрудник.

*Анастасия Алексеевна Магаева* – кандидат географических наук, научный сотрудник.

*Олег Анатольевич Хорошев* – кандидат географических наук, старший научный сотрудник.

*Валерий Валерьевич Кулыгин* – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник.

Получено 01.09.2023

© С. А. Мисиров, А. А. Магаева, О. А. Хорошев, В. В. Кулыгин, 2024

## Forecast of damage to socio-economic objects from the destruction of the Taganrog bay shore within the Rostov region

S. A. Misirov<sup>1</sup>, A. A. Magaeva<sup>1\*</sup>, O. A. Khoroshev<sup>1</sup>, V. V. Kulygin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Research Center the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation

\* e-mail: a.magaeva@mail.ru

**Abstract.** The coastal zone of the Sea of Azov, and especially the Taganrog Bay, are subject to dangerous coastal processes – abrasion and landslides. At the same time, the coastal area is one of the most attractive locations for economic infrastructure: residential, recreational and industrial facilities. The aim of the work is to predict and assess material damage of socio-economic objects in the zone of possible collapse of the Taganrog Bay shores within the Rostov region. The authors analyzed the spatio-temporal dynamics of the bluff crest along the entire Rostov region coast with the use of remote sensing data and Digital Shoreline Analysis System, which made it possible to estimate the rate of shore retreat. There were identified 12 stretches of shoreline with high abrasion rate. For each stretch the collapse zone by 2030 was calculated. Socio-economic objects (land plots and construction objects) located within the collapse zone and their monetary value were identified on the basis of the official public cadastral map of Russian Federation. The total losses from the dangerous coastal processes in 12 shoreline stretches amounted to about 128 million rubles.

**Keywords:** coastal zone, hazardous coastal processes, damage assessment, Taganrog Bay of the Azov Sea, Rostov Region

### REFERENCES

1. Matishov, G. G., Ivlieva, O. V., Bespalova, L. A., & Kropyanko, L. V. (2015). Ecological and geographical analysis of the sea coast of the Rostov region. *Doklady Akademii nauk [Doklady Earth Sciences]*, 460(1), 53–57. DOI 10.1134/S1028334X15010043.
2. Krylenko, V. V., Krylenko, M. V., & Aleynikov, A. A. (2019). Specifying the length of the Azov sea coastline using satellite data Sentinel-2. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 24(4), 78–92 [in Russian].
3. Matishov, G. G., Bespalova, L. A., Ivlieva, O. V., Tsygankova, A. E., & Kropyanko, L. V. (2016). The Sea of Azov: recent abrasion processes and problems of coastal protection. *Doklady Akademii nauk [Doklady Earth Sciences]*, 471(2), 1269–1272.
4. Berdnikov, S. V., Bespalova, L. A., Khavansky, A. D., Khoroshev, O. A., Magaeva, A. A., Misirov, S. A., Merinova, Yu. Yu., Kulygin, V. V., Tsygankova, A. E., Ioshpa, A. R., Sorokina, V. V., Likhtanskaya, N. V., Bulysheva, N. I., Shokhin, I. V., Savikin, A. I., Oganesyanyan, A. A., & Smirnova, E. A. (2022). *Opasnye abrazionnye i opolznevye processy v beregovoy zone azovskogo morya i social'no-ekonomicheskie posledstviya ih proyavlenij [Hazardous abrasion and landslide processes in the Sea of Azov coastal zone and socio-economic consequences of their impact: [monograph]*. Rostov-on-Don: SSC RAS Publ., 288 p. [in Russian].
5. Ivlieva, O. V., Bespalova, L. A., & Ivliev, P. P. (2010). Contemporary coastal processes of the Taganrog Bay. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvennye nauki. [Bulletin of Higher Education Institutes North Caucasus Region. Natural Sciences]*, 5, 107–111 [in Russian].
6. Karpik, A. P., Avrunev, E. I., Dobrotvorskaya N. I., & et al. (2019). Organization of a system for geoinformation monitoring of the state of land resources in the coastal zone of the Novosibirsk reservoir. *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of Georesources]*, 330(8), 133–145. DOI: 10.18799/24131830/2019/8/2219 [in Russian].
7. Digital Shoreline Analysis System (DSAS). Retrieved from <https://www.usgs.gov/centers/whcms/science/digital-shoreline-analysis-system-dsas>.
8. Himmelstoss, E. A., Henderson, R. E., Kratzmann, M. G., & Farris, A. S. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide: U.S. Geological Survey Open-File Report 2018–1179, 110 p. DOI 10.3133/ofr20181179.
9. Misirov, S. A., Sheverdiaev, I. G., & Magaeva, A. A. (2021). Assessment of areal land losses within the coastal zone of the Taganrog Bay. *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Seriya: Geoinformacionnye tekhnologii i kosmicheskij monitoring [Ecology. Economy. Computer Science. Series: Geoinformation Technologies and Space Monitoring]*, 2(6), 66–73. DOI 10.23885/2500-123X-2021-2-6-66-73 [in Russian].

10. Jayanthi, M., Thirumurthy, S., Samynathan, M., Duraisamy, M., Muralidhar, M., Ashokkumar, J., & Vijayan, K. K. (2018). Shoreline change and potential sea level rise impacts in a climate hazardous location in southeast coast of India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(1), P. 51, DOI 10.1007/s10661-017-6426-0.
11. Kale, M. M., Ataol, M., & Tekkanat, I. S. (2019) 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. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, P. 398, DOI 10.1007/s10661-019-7535-8.
12. Sheik, M., & Chandrasekar, N. (2011). A shoreline change analysis along the coast between Kanyakumari and Tuticorin, India, using digital shoreline analysis system. *Geo-spatial information Science*, 14(4), 282–293. DOI:10.1007/s11806-011-0551-7.
13. Dolotov, V. V., Goryachkin, Yu. N., & Dolotov, A. V. (2017). Statistical analysis of changes in the coastline of the beach in the Lyubimovka village. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zony morya [Environmental Safety of the Coastal and Shelf Zones of the Sea]*, 1, 40–47 [in Russian].
14. Alberico, I., Cavuoto, G., Di Fiore, V., Punzo, M., Tarallo, D., Pelosi, N., Ferraro, L., & Marsella, E. (2018). Historical maps and satellite images as tools for shoreline variations and territorial changes assessment the case study of Volturno coastal plain (southern Italy). *Journal of Coastal Conservation*, 22(5), 919–937. DOI 10.1007/s11852-017-0573-x.
15. Nguyen, T. D., & Malinnikov, V. A. (2021). Shoreline changes detection based on multi-temporal satellite imagery. *Izvestiya vuzov "Geodeziya i aerofotos"emka" [Izvestia Vuzov "Geodesy and Aerophotosurveying"]*, 65(4), 436–441. DOI 10.30533/0536-101X-2021-65-4-436-441 [in Russian].
16. Tsygankova, A. E., & Bespalova, L. A. (2022). Intensity of manifestation of coastal processes of the Sea of Azov for 1980–2020. *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Seriya: Sistemnyj analiz i modelirovanie ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem [Ecology. Economy. Computer Science. Series: System Analysis and Modeling of Economic and Ecological Systems]*, 1(7), 132–138. DOI 10.23885/2500-395X-2022-1-7-132-138 [in Russian].
17. Ivlieva, O. V., & Berdnikov, S. V. (2005). Present-Day Rates of Destruction of the Russian Coasts of the Sea of Azov. *Geomorfologiya [Geomorfology]*, 4, 74–83. DOI:10.15356/0435-4281-2005-4-74-83 [in Russian].
18. Mamykina, V. A., & Khrustalev, Yu. V. (1966). Processes of abrasion and accumulation in modern sedimentation on the example of the Sea of Azov. *Okeanologiya [Oceanology]*, 6(3), 42–43 [in Russian].
19. Mamykina, V. A., & Khrustalev, Yu. P. (1980). *Beregovaya zona Azovskogo morya [The coastal zone of the Azov Sea]*. Rostov n/Donu: RGU Publ., 176 p. [in Russian].
20. Anisimova, N. G., Burova, V. N., Viktorov, A. S., & et al. (2002). *Prirodnye opasnosti Rossii: T. 3, Ekzogennye geologicheskie opasnosti [Natural hazards in Russia: T. 3, Exogenous geological hazards]*. V. M. Kutepov, A. I. Sheko (Eds.). Moscow: KRUK Publ., 348 p. [in Russian].
21. Lukyanova, S. A., & Soloveva, G. D. (2009). Abraziya morskikh beregov Rossii. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 5, Geografya [Moscow University Bulletin. Series 5, Geography]*, 4, 40–44 [in Russian].
22. Public cadastral map of Rosreestr. (n. d.). Retrieved from <https://pkk.rosreestr.ru/> [in Russian].
23. Kryukov, S. M., & Ershov, A. V. (2021). Analysis of the possibilities of application of QGIS geoinformation system in land considerations and cadastre works. *Regulirovanie zemel'no-imushchestvennykh otnoshenij v Rossii: pravovoe i geoprostranstvennoe obespechenie, ocenka nedvizhimosti, ekologiya, tekhnologicheskie resheniya [Regulation of Land and Property Relations in Russia: Legal and Geospatial Support, Real Estate Valuation, Ecology, Technological Solutions]*, 2, 180–185 [in Russian].
24. NextGIS QGIS. (n. d.). Official website of the developer. Retrieved from <https://nextgis.ru/nextgis-qgis> [in Russian].
25. Order of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography of November 10, 2020 No. П/0412. On approval of the classifier of types of permitted use of land plots (as amended on June 23, 2022). Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/573114694> [in Russian].
26. Zelenschikov, G. V., Moshkin, V. M., & Lyashik, A. N. (2009). Estimation of dangerous natural geological processes in the coastal zone of the Taganrog Bay. In *Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvyashchennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya D. G. Panova: Geologiya, geografiya i ekologiya okeana [Proceedings of the International Scientific Conference: Geology, Geography and Ecology of the Ocean]* (pp. 129–132). Rostov-on-Don: SSC RAS Publ. [in Russian].
27. Klushnichenko, V. N., & Ivchatova, N. S. (2020). Peculiarities of cadastre formation in Russia. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 25(2), 198–208. DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-2-198-208 [in Russian].

28. Kostesha, V. A., Ruleva, N. P., & Kolesnikova, I. K. (2021). Problems and prospects of improving the cadastral registration of highways. *Izvestiya vuzov "Geodeziya i aerofotos"emka" [Izvestia Vuzov "Geodesy and Aerophotosurveying"]*, 65(3), 366–374. DOI 10.30533/0536-101X-2021-65-3-366-374 [in Russian].

#### Author details

*Samir A. Mirov* – Junior Researcher.

*Anastasiia A. Magaeva* – Ph. D., Researcher.

*Oleg A. Khoroshev* – Ph. D., Senior Researcher.

*Valerii V. Kulygin* – Ph. D., Leading Researcher.

Received 01.09.2023

© *S. A. Mirov, A. A. Magaeva, O. A. Khoroshev, V. V. Kulygin, 2024*