

СОВРЕМЕННЫЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА В ПРЕДЕЛАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ (по материалам экспедиционных исследований ЮНЦ РАН)

С.А. Мисиров

Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону
sam.misirov@gmail.com

Аннотация. В статье приводятся результаты выполнения одной из задач полевых исследований Южного научного центра РАН в рамках НИР «Комплексное обследование прибрежной территории береговой линии Таганрогского залива Азовского моря», проведенных в мае – июне 2023 г.

Объектом исследования является береговая зона Таганрогского залива Азовского моря в пределах Ростовской области. Задача включала в себя проведение комплекса геодезических и батиметрических измерений береговых клифов, подводного берегового склона и последующей интеграции всех результатов экспедиционных исследований в существующую ГИС «Берега Азовского моря».

На подготовительном этапе перед полевыми работами, при помощи анализа разновременных космических снимков, пространственного анализа и фондовых данных о скоростях абразии при помощи ГИС выделены участки побережья, наиболее подверженные проявлению опасных экзогенных геологических процессов.

В ходе экспедиционных работ выполнено измерение точек профилей с помощью ГНСС-приемника “EFT M4” с полевым контроллером “EFT H3” в режиме RTK от сети базовых станций “EFT CORS”, а также дополнительно электронным теодолитом “Vega ТЕО 20”. Параллельно проводилась фиксация ширины пляжевых зон, полевых дорог на участках между пляжем и клифом при помощи геодезических мерных лент и нивелирных реек.

В результате получено 33 профиля для береговых склонов и 33 профиля для подводных береговых склонов. Рассчитаны морфометрические характеристики и проведена визуализация данных. Все полученные данные интегрированы в ГИС «Берега Азовского моря» в виде тематических классов пространственных объектов. Данные, полученные в ходе работ в сочетании с уже имеющейся ГИС «Берега Азовского моря», позволяют проводить подробное описание береговой зоны.

Ключевые слова: абразия, Таганрогский залив, береговой обрыв, инструментальные исследования, база данных, ГИС.

Для береговой зоны Азовского моря в целом и в частности Таганрогского залива характерно проявление опасных экзогенных геологических процессов, таких как абразионное разрушение береговых клифов и оползнеобразование. Большое распространение рыхлых легкоразмываемых суглинистых отложений в береговых обрывах Таганрогского залива, малые мощности песков в породах, дефицит биогенного пляжеобразующего материала, современное усиление циклональной деятельности, связанное с увеличением повторяемости западных штормов и нагонов, предопределило широкое развитие экзогенных геологических процессов на побережье [1].

Мониторинг проявления таких процессов в береговой зоне Азовского моря проводится уже бо-

лее 60 лет. За это время были накоплены большие объемы инструментальных наблюдений, которые были систематизированы в геоинформационной системе (ГИС) «Берега Азовского моря» [2] с целью проведения пространственного анализа и оценки рисков интенсификации этих процессов.

В 2023 г. в рамках НИР «Комплексное обследование прибрежной территории береговой линии Таганрогского залива Азовского моря» в пределах Ростовской области были проведены две комплексные экспедиции. Они включали в себя исследования, направленные на изучение современного состояния береговой зоны при помощи инструментальных методов, а также использования данных дистанционного зондирования Земли из космоса и ГИС-технологий.

2. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И РАБОТЫ С ДАННЫМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (ДДЗ)

Перед проведением полевых работ был выполнен анализ разновременных космических снимков и фондовых данных о скоростях абразии, применена методика [3–5], которая позволила выделить участки побережья, наиболее подверженные проявлению опасных экзогенных геологических процессов (рис. 1).

Основным критерием для выделения таких участков стала среднеголетняя скорость движения кромки берегового клифа (более 1 м/год). В результате было выделено 13 участков побережья Таганрогского залива в пределах Ростовской области, которые в первую очередь требуют комплексных исследований состояния береговой зоны.

В периоды 22–27 мая 2023 г. и 01–15 июня 2023 г. были произведены полевые выезды на выделенные участки. Экспедиционные исследования включали широкий спектр задач:

- уточнение морфометрических особенностей береговых клифов, подводного берегового склона;
- определение мощности активного слоя пляжевого материала, отбор проб для исследования его крупности и элементов залегания указанного слоя, состава и физико-механических характеристик материала, а также подстилающих пляж донных отложений;

– проведение комплекса океанологических работ, включая измерения направлений и скоростей течений, показателей температуры и солености воды;

– выявление и фотофиксация антропогенного воздействия, влияющего на интенсивность разрушения берегов;

– актуализация информации об особенностях хозяйственного использования земель в границах зоны обследования.

Перед автором стояла задача проведения комплекса геодезических и батиметрических измерений береговых клифов, подводного берегового склона и последующей интеграции всех результатов экспедиционных исследований в существующую ГИС «Берега Азовского моря» [2].

Для выполнения поставленной задачи в ходе работ для каждого участка были заложены три поперечных профиля, ориентированные по нормали к берегу. Исключением стал участок 1.1. по причине невозможности прохода и проезда к нему. Ширина зоны обследования в пределах участков береговой зоны № 1.2.–5.4. составляла: в сторону моря – 500 м от уреза воды; в сторону суши – до современного положения бровки берегового уступа.

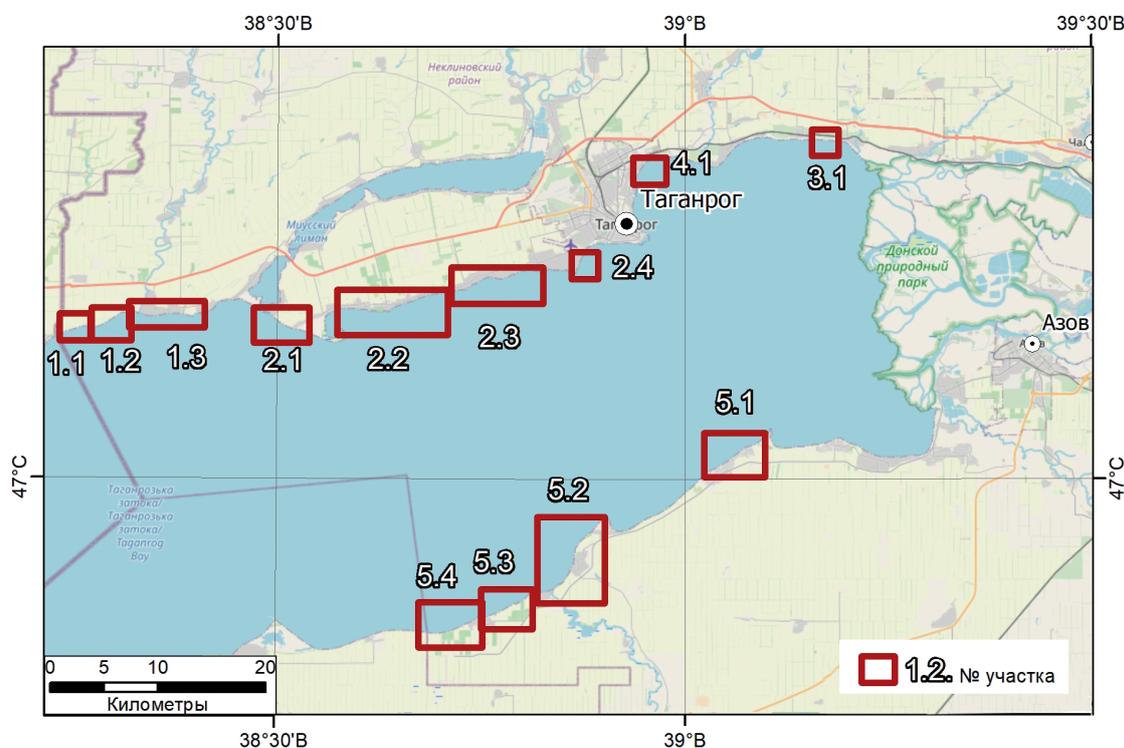


Рис. 1. Карта-схема участков экспедиционных исследований

Определение положения характерных точек на местности, отметка номеров станций, а также отсчет расстояний (500 м от уреза воды в направлении моря) выполнялись с помощью GPS-навигатора “Garmin Etrex”; измерение точек профилей выполнялись с применением ГНСС-приемника “EFT M4” с полевым контроллером “EFT H3” в режиме RTK от сети базовых станций “EFT CORS”, а также дополнительно электронным теодолитом “Vega ТЕО 20”. Параллельно проводилась фиксация ширины пляжевых зон, полевых дорог на участках между пляжем и клифом, при помощи геодезических мерных лент, нивелирных реек и оптического дальномера “RGK”.

По итогам проведенных работ все данные из ГНСС-приемника, а также данные с других приборов были экспортированы в формат «.csv», данные из полевых дневников обработаны переведены в цифровой вид. После этого для каждого типа измерений в базе данных ГИС «Берега Азовского моря» создавались тематические классы пространственных объектов.

В результате были получены 33 профиля береговых клифов и 33 профиля подводного берегового склона (рис. 2).

Измерение точек профилей высокоточными геодезическими приборами позволило рассчитать следующие морфометрические характеристики (табл. 1): высота и уклон склона; ширина и уклон пляжа; превышение уровня пляжа над урезом; максимальная и средняя глубина подводного берегового склона; уклон подводного берегового склона.

Основные сводные характеристики представлены в таблице 1. Для иллюстрации приведем графический материал только двух профилей под номерами 2.1.2. (рис. 3–4) и 5.4.1. (рис. 5–6).

Полученные в ходе экспедиционных работ данные позволяют подробно описать современное состояние береговой зоны исследуемых участков. Для примера приводится краткое описание представленных выше профилей.

Профиль 2.1.2. характеризуется как абразионно-оползневой тип берега. В основании обрыва наблюдается обвал и осыпи. Высота склона составляет 14,11 м. Крутизна склона на стенке отрыва оползня – 90°, сползшее тело оползня (уклон 50°) активно размывается. Пляж – прислоненного типа. Ширина надводной части пляжа – 12,3 м. Превышение над урезом – 1,48 м. Рельеф дна прибрежной части приглубый. От уреза

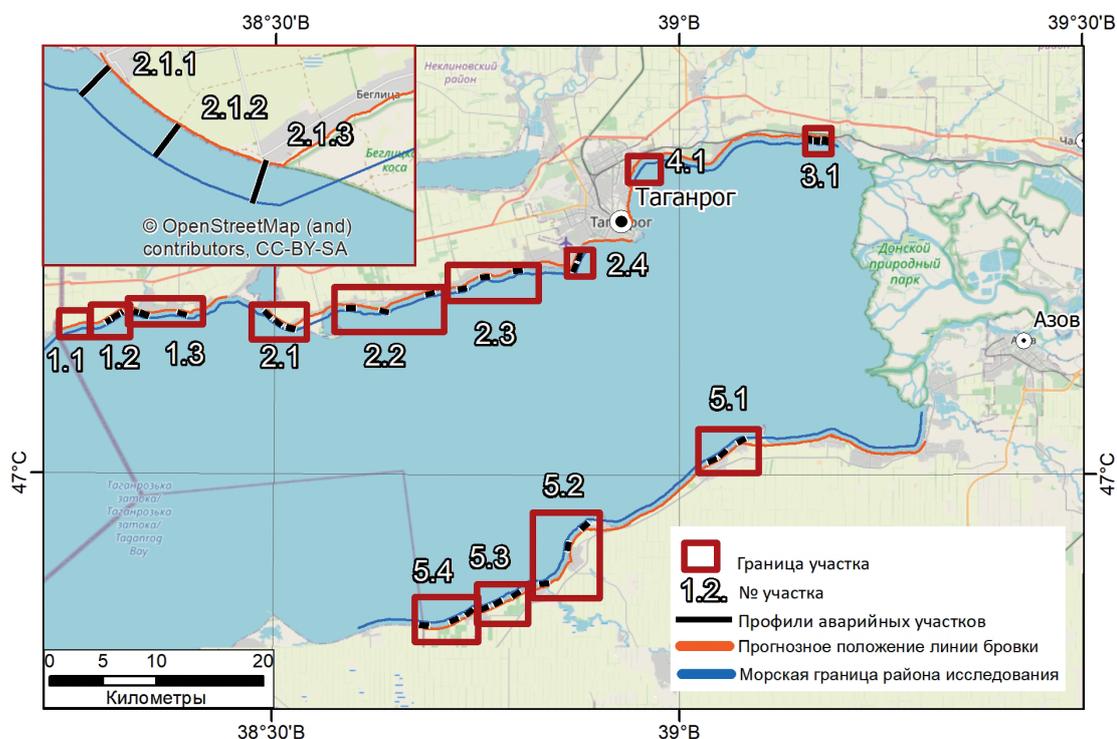


Рис. 2. Карта-схема расположения профилей в пределах исследуемых участков

2. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
И РАБОТЫ С ДАННЫМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (ДДЗ)

Таблица 1. Морфометрические характеристики профилей в пределах исследуемых участков

№	$h_{ск}$ (м)	$i_{ск}$ (°)	$B_{зн}$ (м)	B_n (м)	h_n (м)	i_n (°)	$max h_{нбс}$ (м)	$\mu h_{нбс}$ (м)	$i_{нбс}$ (°)
1.2.1	12,74	78,44	нет	2,80	0,37	7,63	1,62	0,57	0,17
1.2.2	12,26	67,76	нет	3,25	0,47	8,22	1,34	0,64	0,15
1.2.3	3,22	87,90	нет	2,21	0,41	10,46	1,32	0,62	0,15
1.3.1	8,61	79,26	нет	нет	нет	нет	1,42	0,98	0,20
1.3.2	13,41	85,93	нет	7,02	0,76	6,19	1,34	0,48	0,12
1.3.3	11,43	70,36	нет	8,17	0,90	6,26	1,38	0,73	0,15
2.1.1	9,17	60,11	3,11	13,57	2,02	8,45	1,35	0,92	0,17
2.1.2	14,11	56,72	нет	12,17	1,47	6,90	1,33	0,79	0,17
2.1.3	13,23	62,02	нет	9,75	1,87	10,85	1,21	0,67	0,16
2.2.1	13,32	39,85	нет	нет	нет	нет	1,46	1,00	0,17
2.2.2	7,07	88,17	нет	5,04	1,09	12,15	1,45	0,97	0,15
2.2.3	15,92	87,52	нет	13,01	1,36	5,98	1,49	1,02	0,17
2.3.1	14,45	86,77	нет	15,30	1,17	4,39	1,78	1,14	0,21
2.3.2	17,88	88,33	нет	23,67	1,70	4,11	1,27	0,75	0,16
2.3.3	16,00	44,76	нет	12,36	0,89	4,13	1,25	0,67	0,14
2.4.1	12,46	84,84	нет	16,53	1,53	5,29	1,51	0,89	0,19
2.4.2	11,62	81,97	нет	5,50	0,91	9,44	1,49	0,89	0,17
2.4.3	10,98	88,07	нет	3,86	0,34	5,01	1,50	0,93	0,16
3.1.1	39,53	11,49	нет	21,13	1,99	5,39	1,45	0,84	0,19
3.1.2	23,79	9,54	нет	нет	нет	нет	1,40	0,78	0,18
3.1.3	25,67	6,33	нет	нет	нет	нет	1,35	0,80	0,18
5.1.1	23,75	29,49	нет	13,69	1,27	5,29	1,41	0,69	0,18
5.1.2	21,20	36,06	нет	17,14	1,23	4,11	1,58	0,79	0,17
5.1.3	17,98	33,99	18,30	52,67	1,59	1,73	1,12	0,73	0,14
5.2.1	2,95	79,78	нет	нет	нет	нет	1,43	0,52	0,16
5.2.2	15,05	51,89	нет	13,47	1,40	5,95	1,27	0,66	0,15
5.2.3	3,78	90,00	нет	10,58	1,40	7,53	1,18	0,65	0,15
5.3.1	13,80	72,82	нет	4,35	1,05	13,60	1,20	0,52	0,12
5.3.2	18,10	66,42	нет	8,10	1,04	7,29	0,92	0,69	0,12
5.3.3	17,63	68,10	нет	6,16	0,78	7,24	1,00	0,62	0,14
5.4.1	35,14	21,31	нет	10,08	1,04	5,87	1,46	1,01	0,18
5.4.2	28,91	27,10	нет	2,87	0,31	6,07	1,32	0,81	0,11
5.4.3	5,59	78,32	нет	16,63	0,98	3,38	1,14	0,92	0,15

Примечание: * $h_{ск}$ – высота склона; $i_{ск}$ – уклон склона; $B_{зн}$ – ширина задернованной части пляжа; B_n – ширина пляжа; h_n – превышение пляжа над урезом; i_n – уклон пляжа; $max h_{нбс}$ – максимальная глубина подводного склона; $\mu h_{нбс}$ – средняя глубина подводного склона; $i_{нбс}$ – уклон подводного склона.

на подводном склоне сразу начинается глинистый бенч.

Профиль 5.4.1. характеризуется максимальной интенсивностью современного образования оползней. Ширина оползневых террас доходит до нескольких сотен метров. Верхняя стенка отвыва

имеет высоту 2,7 м, хотя не редки высоты 10–30 м. Оползневые террасы разбиты трещинами и осложнены оползнями второго порядка. Ширина пляжа составила 10,08 м. Подводный склон пологий, со средней глубиной 1,01, на расстоянии 500 м от уреза воды глубина составила 1,46 м.

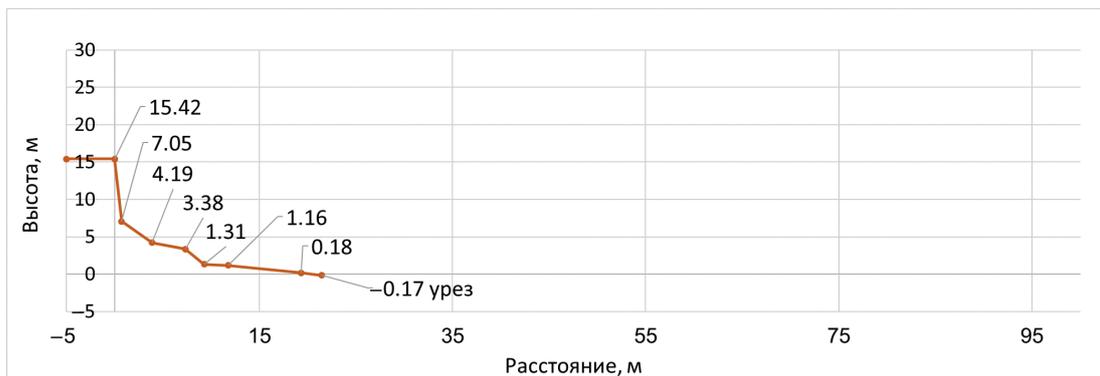


Рис. 3. Профиль берегового склона 2.1.2

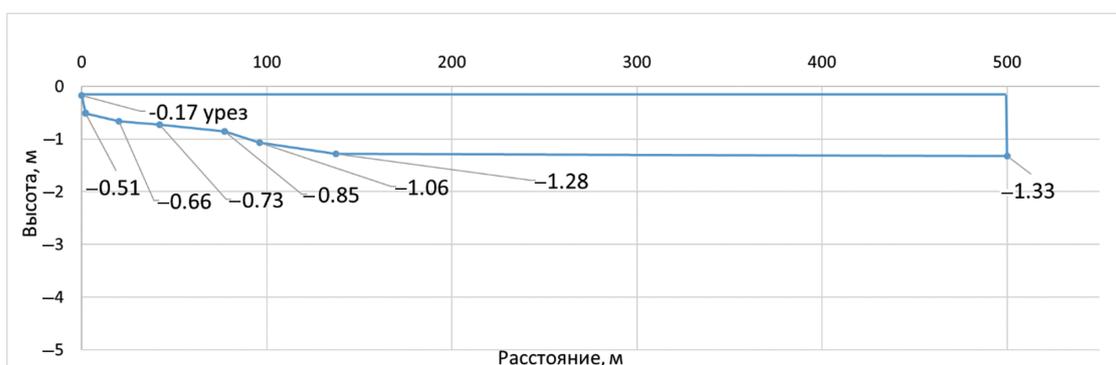


Рис. 4. Профиль подводного берегового склона 2.1.2

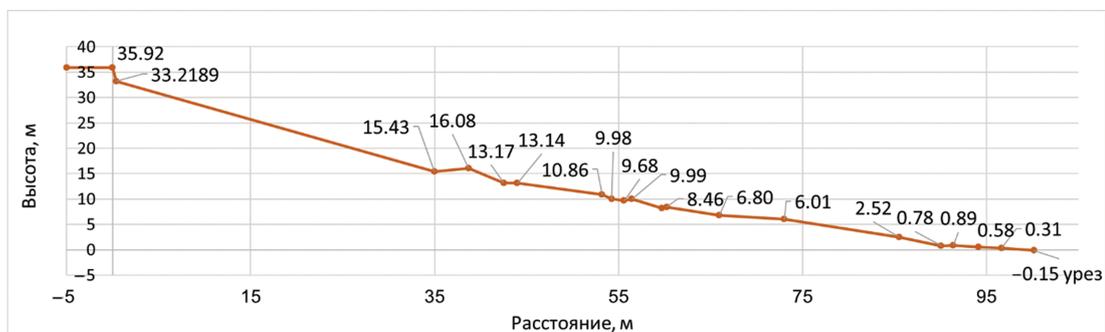


Рис. 5. Профиль берегового склона 5.4.1

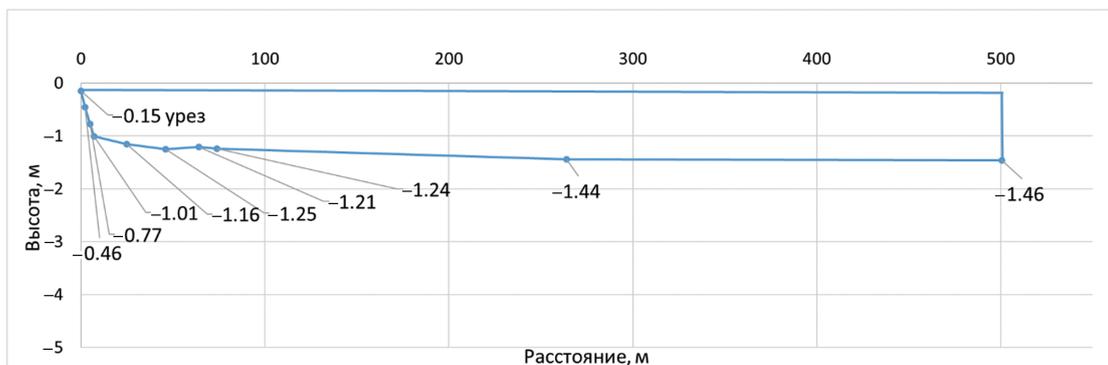


Рис. 6. Профиль подводного берегового склона 5.4.1

При изучении динамически активных берегов важное значение имеет выполнение комплекса геодезических и батиметрических измерений, анализ которых позволяет оценить состояние береговой зоны.

В ходе выполненных экспедиционных работ получены новые данные о морфометрических характеристиках береговых клифов и подводных

склонах в пределах исследуемых участков Таганрогского залива. Все полученные данные интегрированы в базу данных ГИС «Берега Азовского моря» в виде тематических классов пространственных объектов. В ходе дальнейших исследований планируется продолжить мониторинг береговой зоны Таганрогского залива для оценки интенсивности развития опасных береговых процессов.

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)»: ГНСС-приемник «EFT M4» с полевым контроллером «EFT H3».

Список литературы

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

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

3. *Бердников С.В., Беспалова Л.А., Хаванский А.Д. [и др.]*. Опасные абразионные и оползневые процессы в береговой зоне Азовского моря и социально-экономические последствия их проявлений. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2022. 280 с.

4. *Мисиров С.А., Магаева А.А., Цыганкова А.Е.* Оценка динамики берегов Таганрогского залива (на примере северного берега) при помощи ГИС и ДЗЗ // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов («Опасные явления – II»): мат-лы II Междунар. науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова. 2020. С. 182–185.

5. *Мисиров С.А., Швердяев 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. С. 66–73. DOI: 10.23885/2500-123X-2021-2-6-66-73.

MODERN MORPHOMETRIC DATA OF THE COASTAL ZONE OF THE TAGANROG BAY (WITHIN THE ROSTOV REGION) ACCORDING TO THE DATA OF THE EXPEDITION RESEARCH OF THE SOUTHERN SCIENTIFIC CENTRE OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

S.A. Misirov

Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don
sam.misirov@gmail.com

Abstract. The article presents the results of one of the tasks of field research of the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences within the framework of the research project «Comprehensive survey of the coastal territory of the coastline of the Taganrog Bay of the Sea of Azov», conducted in May-June 2023. The object of the study is the coastal zone of the Taganrog Bay of the Sea of Azov within the Rostov region. The task included carrying out a complex of geodetic and bathymetric measurements of coastal cliffs, an underwater coastal slope and the subsequent integration of all the results of expeditionary research into the existing GIS «Shores of the Sea of Azov».

At the preparatory stage before field work, using the analysis of multi-time satellite images, spatial analysis and stock data on abrasion rates using GIS, the coastal areas most susceptible to the manifestation of dangerous exogenous geological processes were identified.

During the expedition work, profile points were measured using the GNSS receiver «EFT M4» with the field controller «EFT H3» in RTK mode from the network of base stations «EFT CORS», as well as additionally with the electronic theodolite «Vega TEO 20». In parallel, the width of the beach zones, field roads in the areas between the beach and the cliff was fixed using geodetic measuring tapes and leveling rails.

As a result, 33 profiles for coastal slopes and 33 profiles for underwater coastal slopes were obtained. Morphometric characteristics are calculated and data visualization is carried out. All the data obtained are integrated into the GIS «Shores of the Sea of Azov» in the form of thematic classes of spatial objects. The data obtained during the work in combination with the existing GIS «Shores of the Sea of Azov» allow for a detailed description of the coastal zone.

Keywords: abrasion, Taganrog Bay, coastal cliff, instrumental research, database, GIS.

References

1. Ivliyeva O.V., Bespalova L.A., Tsygankova A.E. Contemporary dynamics of the abrasive process of the coast of the Taganrog Bay. *Zakonomernosti formirovaniya i vozdeystviya morskikh, atmosferykh opasnykh yavleniy i katastrof na pribrezhnuyu zonu RF v usloviyakh global'nykh klimaticheskikh i industrial'nykh vyzovov («Opasnyye yavleniya»)*. [Regularities of Formation and Impact of Marine and Atmospheric Hazardous Phenomena and Disasters on the Coastal Zone of the Russian Federation under the Conditions of Global Climatic and Industrial Challenges («Dangerous Phenomena»): Proceedings of the International Scientific Conference (Rostov-on-Don, 13–23 June 2019)]. Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers, 2019. P. 165–168 (In Russian).
2. Misirov S.A., Magaeva A.A., Kulygin V.V. Geoinformation support for monitoring dangerous exogenous geological processes in the coastal zone of the Sea of Azov. *InterKarto. InteRGIS. Geoinformatsionnoye obespecheniye ustoychivogo razvitiya territoriy: mat-ly Mezhdunar. konf.* [InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International conference]. Moscow: Faculty of Geography MSU, 2022. Vol. 28. Part 2. P. 666–679. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-666-679
3. Berdnikov S.V., Bespalova L.A., Khavanskii A.D. [et al.]. *Opasnye abrazionnye i opolznevyie protsessy v beregovoi zone Azovskogo moria i sotsial'no-ekonomicheskie posledstviia ikh proiavlenii*. [Dangerous abrasion and landslide processes in the coastal zone of the Sea of Azov and socio-economic consequences of their manifestations]. Rostov-on-Don: SSC RAS, 2022. 280 p. (In Russian).
4. Misirov S.A., Magaeva A.A., Tsygankova A.E. Evaluation of the dynamics of the coast of the Taganrog Bay (on the example of the northern coast) using GIS and remote sensing. *Zakonomernosti formirovaniya i vozdeystviyamorskikh, atmosferykh opasnykh yavleniy i katastrof na pribrezhnuyu zonu RF v usloviyakh global'nykh klimaticheskikh i industrial'nykh vyzovov («Opasnyye yavleniya»): mat-ly II Mezhdunar. nauch. konf. pamiati chl.-korr. RAN D.G. Matishova. 2020*. [Patterns of formation and impact of marine, atmospheric hazards and disasters on the coastal zone of the Russian Federation in the context of global climatic and industrial challenges («Hazardous Phenomena – II»): Proceedings of the 2nd Int. scientific conference memory of Corresponding Member RAS D.G. Matishov]. Rostov-on-Don: SSC RAS, 2020. P. 182–185. (In Russian).
5. Misirov S.A., Sheverdiaev I.V., Magaeva A.A. Evaluation of areal losses of land within the coastal zone of the Taganrog Bay. *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Ser.: Geoinformatsionnye tekhnologii i kosmicheskii monitoring*. [Ecology. Economy. Computer science. Ser.: Geoinformation technologies and space monitoring]. 2021. Vol. 2. No. 6. P. 66–73. DOI: 10.23885/2500-123X-2021-2-6-66-73.