

УДК: 551.35: 912.4: 332.14

DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-666-679

С.А. Мисиров<sup>1</sup>, А.А. Магаева<sup>2</sup>, В.В. Кулыгин<sup>3</sup>

## ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

### АННОТАЦИЯ

Берега Азовского моря подвержены опасным экзогенным геологическим процессам – абразия, обвально-оползневые процессы, размыв пляжей. Для более эффективного мониторинга, пространственного анализа и оценки рисков проявления вышеуказанных опасных явлений создана геоинформационная система (ГИС) «Береговые процессы в Азовском море». В ГИС собраны: результаты полевых наблюдений за береговыми процессами на реперной сети за более, чем 60 лет, исторические картосхемы, данные литературных источников, результаты дистанционного зондирования Земли – спутниковые снимки и аэрофотосъемка с беспилотных летательных аппаратов, данные наблюдений с береговых гидрометеорологических станций, данные реанализа ERA-Interim и NCEP/NCAR Reanalysis, данные автоматизированного мониторинга уровня моря в береговой зоне.

ГИС «Береговые процессы в Азовском море» реализована на программной платформе ArcGIS 10. Все данные структурированы в виде основных блоков: блок базовой пространственной модели, блок информации о берегах и природной среде, блок полевых исследований, блок данных дистанционных наблюдений, блок социально-экономической информации, блок аналитической информации. Каждый из блоков опирается на базы геоданных, созданные в результате систематизации соответствующей информации.

Для оценки опасности и риска проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря разработан ряд инструментов поддержки принятия решений, которые встроены в ГИС и имеют возможность пространственной визуализации. Созданные геоинформационные продукты позволяют выявлять наиболее опасные участки берега для последующего формирования перечня мер и принятия решений по обеспечению их безопасности. Доступ к результатам работы реализован через картографический веб-интерфейс.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** геоинформационная система, веб-технологии, инструменты поддержки принятия решений, базы данных, опасные экзогенные геологические процессы, берега Азовского моря

---

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук», ул. Чехова, д. 41, 344006, Ростов-на-Дону, Россия; e-mail: sam.misirov@gmail.com

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук», ул. Чехова, д. 41, 344006, Ростов-на-Дону, Россия; e-mail: a.magaeva@mail.ru

<sup>3</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук», ул. Чехова, д. 41, 344006, Ростов-на-Дону, Россия; e-mail: kulygin@ssc-ras.ru

Samir A. Misirov<sup>1</sup>, Anastasia A. Magaeva<sup>2</sup>, Valerii V. Kulygin<sup>3</sup>

## GEOINFORMATION SUPPORT FOR MONITORING DANGEROUS EXOGENOUS GEOLOGICAL PROCESSES IN THE COASTAL ZONE OF THE SEA OF AZOV

### ABSTRACT

The shores of the Sea of Azov are exposed to dangerous exogenous geological processes – abrasion, landslide processes, beach erosion. For more effective monitoring, spatial analysis and risk assessment of the above-mentioned hazards, a geoinformation system (GIS) “Coastal processes in the Sea of Azov” has been created. GIS contains: the results of field observations of coastal processes on the reference network for more than 60 years, historical maps, data from literary sources, Earth remote sensing data – satellite images and aerial photography from unmanned aerial vehicles, observation data from coastal hydrometeorological stations, ERA-Interim and NCEP/NCAR Reanalysis data, automated sea level monitoring data in the coastal zone.

GIS “Coastal processes in the Sea of Azov” was implemented on the ArcGIS 10 software platform. All data are structured in the basic blocks (a block of basic spatial model, a block of information about the shores and the natural environment, a block of field research, a block of remote observation data, a block of socio-economic information, a block of analytical information), each of which relies on spatial databases that were created as a result of the systematization of relevant information.

A number of decision support tools to assess the danger and risk of abrasive and landslide processes in the coastal zone of the Sea of Azov, have been developed. They are embedded in GIS and have the possibility of spatial visualization. The created geoinformation products make it possible to identify the most dangerous areas of the coast for the subsequent prepare a list of measures and decision-making to ensure their safety. Access to the work results is implemented through a cartographic web interface.

**KEYWORDS:** geoinformation system, web technologies, decision support tools, databases, dangerous exogenous geological processes, shores of the Sea of Azov

### ВВЕДЕНИЕ

Для береговой зоны Азовского моря характерно проявление опасных экзогенных геологических процессов. Общая активизация абразии и размыв пляжей, обвальнo-оползневые процессы и затопление низменных прибрежных территорий при нагонах влекут за собой разрушение объектов промышленности и транспорта, жилых и общественных зданий, сооружений курортного комплекса, коммуникаций, ценных сельхозугодий и др., в целом, все эти процессы наносят серьезный ущерб экономике государства [Yesin, Kos'yan, et al., 1995].

Мониторинг проявления опасных экзогенных геологических процессов в береговой зоне Азовского моря проводится уже более 60 лет. Первые сведения об интенсивности

---

<sup>1</sup> Federal State Budget Institution of Science “Federal Research Center The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences”, Chehova str., 41, 344006, Rostov-on-Don, Russia; e-mail: [sam.misirov@gmail.com](mailto:sam.misirov@gmail.com)

<sup>2</sup> Federal State Budget Institution of Science “Federal Research Center The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences”, Chehova str., 41, 344006, Rostov-on-Don, Russia; e-mail: [a.magaeva@mail.ru](mailto:a.magaeva@mail.ru)

<sup>3</sup> Federal State Budget Institution of Science “Federal Research Center The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences”, Chehova str., 41, 344006, Rostov-on-Don, Russia; e-mail: [kulygin@scc-ras.ru](mailto:kulygin@scc-ras.ru)

абразии были получены А.А. Аксеновым [1957], В.П. Зенковичем [1958] и Н.М. Губкиным [1973] еще в 60-е гг. XX столетия. В 1970-е гг. под руководством Д.Г. Панова, Ю.П. Хрусталева и В.А. Мамыкиной [*Мамыкина, Хрусталева, 1966, 1980; Мамыкина, 1978; Артюхин, Мамыкина, 1978, 1981; Артюхин, 1982*] кафедрой физической географии, экологии и охраны природы Ростовского госуниверситета (ныне Южного федерального университета) на всем протяжении побережья Азовского моря была организована сеть реперов для наблюдения за береговыми процессами. В 1980-е и 1990-е гг. эти работы были прекращены и восстановлены в 2002 г. с созданием Южного научного центра РАН. В настоящее время исследования регулярно проводятся сотрудниками кафедры океанологии Южного федерального университета (ЮФУ) совместно с ЮНЦ РАН на более, чем 50-ти, ключевых участках российского побережья [*Ивлиева, Бердников, 2005; Беспалова и др., 2005, 2016; Матишов и др., 2006, 2015, 2016; Ивлиева и др., 2010, 2013, 2015; Косолапов и др., 2012; Кропянко и др., 2014; Мисиров и др., 2020, Мисиров и др., 2021*]. На основе накопленных данных выполнено системное описание берегов Азовского моря и оценка состояния берегов российского сектора [*Цыганкова и др., 2020, 2021; Беспалова, Цыганкова, 2021*].

Необходимость объединения больших объемов пространственных данных для исследования прибрежных территорий с целью их анализа обуславливает значимость создания соответствующих геоинформационных систем (ГИС). Инструментальные возможности современных ГИС позволяют эффективно давать оценку текущего состояния и планировать мониторинг этих районов. В связи с чем возникла задача создания геоинформационной системы, которая позволила бы интегрировать в одном месте всю информацию, связанную с исследованием опасных береговых процессов Азовского моря, проводить пространственный анализ и давать оценки рисков этих процессов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

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

В результате систематизации данных были созданы следующие базы геоданных (БГД):

- БГД «Берега Азовского моря», которая содержит векторные и растровые данные о геологическом, геоморфологическом строении и других характеристиках берегов Азовского моря;
- БГД «MSEP» – в нее включены данные мониторинга социально-экономических процессов (МСЕП) за период с 2000 по 2016 гг., источником данных выступает база данных «Показатели муниципальных образований» сайта Федеральной службы государственной статистики по показателям, сгруппированным в девять блоков (охрана окружающей среды, деятельность предприятий, сельское хозяйство, строительство жилья, инвестиции в основной капитал, население, бытовое обслуживание населения, организация отдыха, развлечений и культуры, территория).
- БД «Гидрометеорологические наблюдения на береговых постах Азовского моря» – векторные данные береговых станций наблюдений за гидрометеорологическими параметрами среды (координаты станции, название, период наблюдений, перечень наблюдаемых параметров);

- БД Реанализ – гидрометеорологическая информация в узлах сеток реанализов ERA-Interim [Balsamo et al., 2015] (период 1979–2019 гг., шаг по времени 6 часов) и NCEP/NCAR Reanalysis I [The NCEP/NCAR 40..., 1996] (период 1948–2021 гг., шаг по времени 6 часов). Для обоих реанализов хранится информация о зональной и меридиональной компонентах скорости ветра, температуре воздуха, атмосферном давлении, относительной влажности воздуха.

В качестве программной платформы для разработки ГИС был выбран программный продукт ArcGIS 10 (ESRI, США).

Вся информация структурирована в ГИС в виде основных блоков (рис. 1):

*Блок базовой пространственной модели* выполняет роль картографической подложки и содержит следующие векторные наборы объектов: гидрография, береговая линия Азовского моря, урбанизированные территории, административные границы субъектов РФ и государственная граница РФ, а также базовая карта ESRI (satellite image)<sup>1</sup>.

Выполнена настройка картографического шаблона, на основе которого создаются документы карт. Используемая для отображения проекция WGS 1984 Web Mercator (auxiliary sphere).

*Блок информации о берегах и природной среде* содержит набор векторных данных и семантическую информацию:

- описание береговых участков. Для 52 ключевых береговых участков атрибутивная таблица содержит следующие характеристики: протяженность участка, км; тип берега; геоморфологическое описание берегов; гидрометеорологические факторы; наличие/отсутствие или необходимость берегозащитных сооружений, виды антропогенной деятельности;

- береговые гидрометеорологические станции. Для 12 береговых станций наблюдений за гидрометеорологическими параметрами среды атрибутивные данные содержат координаты станции, название, период наблюдений и перечень наблюдаемых гидрометеорологических параметров;

- данные реанализа. Под реанализом понимается восстановление пространственно-временных полей метеорологических характеристик в узлах регулярной сетки по данным наблюдений, используя модели динамики атмосферы. В ГИС включены участки сеточных областей реанализа ERA-Interim и NCEP/NCAR Reanalysis I, покрывающих акваторию моря;

- данные автоматизированного мониторинга уровня моря в береговой зоне. В ГИС включено 8 станций системы мониторинга опасных процессов Краснодарского края<sup>2</sup>, расположенных в береговой зоне Азовского моря, и 2 станции системы наблюдений ЮНЦ РАН, расположенных в дельте Дона<sup>3</sup>. Данные наблюдений охватывают период 2014–2021 гг.;

- Ледовые условия. В ГИС включены картосхемы ледовых условий в Азовском море за период 2000–2020 гг., построенные на основе информации Мирового центра данных по морскому льду – Морской Лед (МЦД–МЛ)<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> ESRI Basemap satellite image. Электронный ресурс: <https://blogs.esri-cis.ru/2020/06/11/imagery-basemap/> (дата обращения 04.03.2022).

<sup>2</sup> Информационно-аналитическая система мониторинга параметров окружающей среды «Эмерсит». Электронный ресурс: <http://www.emercit.com/map/> (дата обращения 04.03.2022).

<sup>3</sup> Информационно-аналитическая система мониторинга параметров окружающей среды ЮНЦ РАН. Электронный ресурс: <http://meteo.ssc-ras.ru/#> (дата обращения 04.03.2022).

<sup>4</sup> Арктический и антарктический научно-исследовательский институт. Электронный ресурс: <http://www.aari.ru/> (дата обращения 04.03.2022).

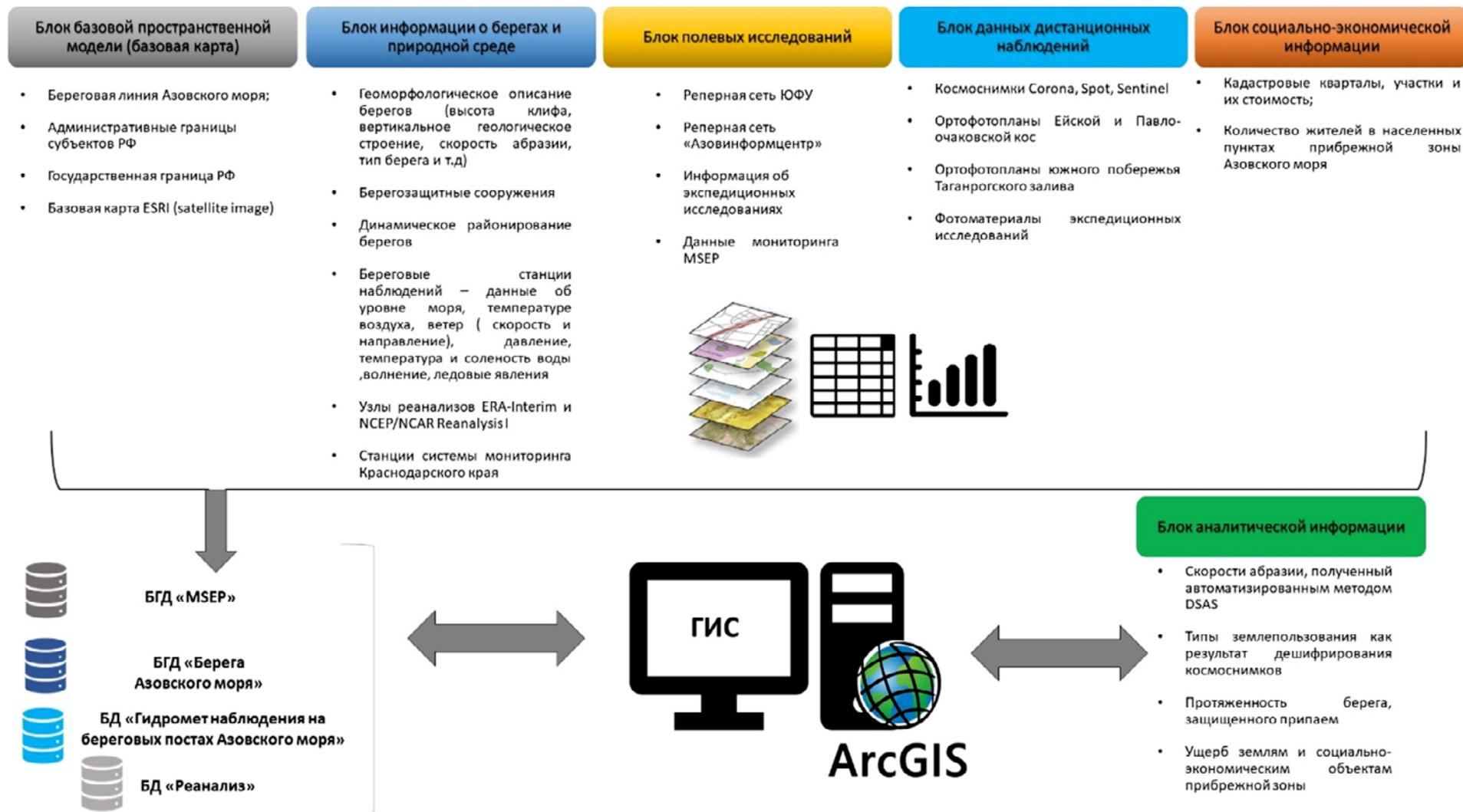


Рис. 1. Структура геоинформационной системы «Береговые процессы в Азовском море»

Fig. 1. The structure of the geoinformation system “Coastal processes in the Sea of Azov”

*Блок полевых исследований* содержит векторные слои с информацией о реперных сетях наблюдений за береговыми процессами. Из них 53 репера сети наблюдений Южного федерального университета, охватывающие Таганрогский залив, юго-восточное побережье Азовского моря и азовское побережье Керченского полуострова, и 23 репера Федерального государственного бюджетного учреждения «Информационно-аналитический центр по водопользованию и мониторингу Азовского моря» (ФГБУ «Азовинформцентр»<sup>1</sup>) на побережье Таганрогского залива в пределах Ростовской области.

*Блок данных дистанционных наблюдений* включает в себя растровые данные:

- данные дистанционного зондирования Земли из космоса миссий «Corona» за 1967, 1971 (пространственное разрешение – 1,8–2 м) и 1975 гг. (пространственное разрешение – 6–12 м), миссии Spot-5 за 1986 г. (пространственное разрешение – 10 м), миссии Sentinel-2 за 2020 г. (пространственное разрешение – 10 м);
- аэрофотоснимки Ейской и Очаковской кос за 1941–1943 гг.;
- фото- и видеоматериалы экспедиционных исследований, полученные с помощью БПЛА (в надир и перспективу 2016–2020 гг.);
- ортофотопланы южного побережья Таганрогского залива от с. Круглое до Очаковской косы (2016, 2018, 2019 гг.).

*Блок социально-экономической информации* содержит векторные данные с информацией о:

- кадастровых кварталах, участках и их стоимости на основе данных о стоимости земель в кадастровых кварталах муниципальных районов Ростовской области и Краснодарского края и публичной кадастровой карты<sup>2</sup>;
- социально-экономических показателях за период 2015–2020 гг. по муниципальным образованиям и поселениям, размещенным вдоль побережья Азовского моря: количество жителей, количество хозяйствующих субъектов и доходы бюджетов в расчете на душу населения<sup>3</sup>.

*Блок аналитической информации* включает в себя результаты модельных оценок и пространственного анализа данных:

- оценки скорости абразии на участках северного и южного берегов Таганрогского залива на основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса;
- районирование берегов по типу проявления опасных береговых процессов;
- классификация землепользования в пределах 300-метровой зоны от уреза воды для Таганрогского залива и восточного берега Азовского моря на основе регулярно обновляемых спутниковых снимков Bing Maps с пространственным разрешением 2 м;
- районирование береговой зоны по величине социально-экономического риска проявления абразионных и оползневых процессов Азовского моря;
- картосхемы прогноза ожидаемого ущерба землям и социально-экономическим объектам инфраструктуры в результате опасных береговых процессов на период 10 и 20 лет.

Все описанные выше структурные блоки позволили собрать в одном месте данные, связанные с исследованием опасных береговых процессов (рис. 2), которые послужили информационной основой для разработки ряда инструментов поддержки принятия решений (ИППР).

---

<sup>1</sup> Информационно-аналитический центр по водопользованию и мониторингу Азовского моря» ФГУ «Азовинформцентр». Электронный ресурс: <http://azovinform.ru> (дата обращения 10.09.2022).

<sup>2</sup> Публичная кадастровая карта. Электронный ресурс: <https://pkk.rosreestr.ru> (дата обращения 04.03.2022).

<sup>3</sup> Федеральная служба государственной статистики. Электронный ресурс: <https://rostov.gks.ru/folder/56777> (дата обращения 04.03.2022).

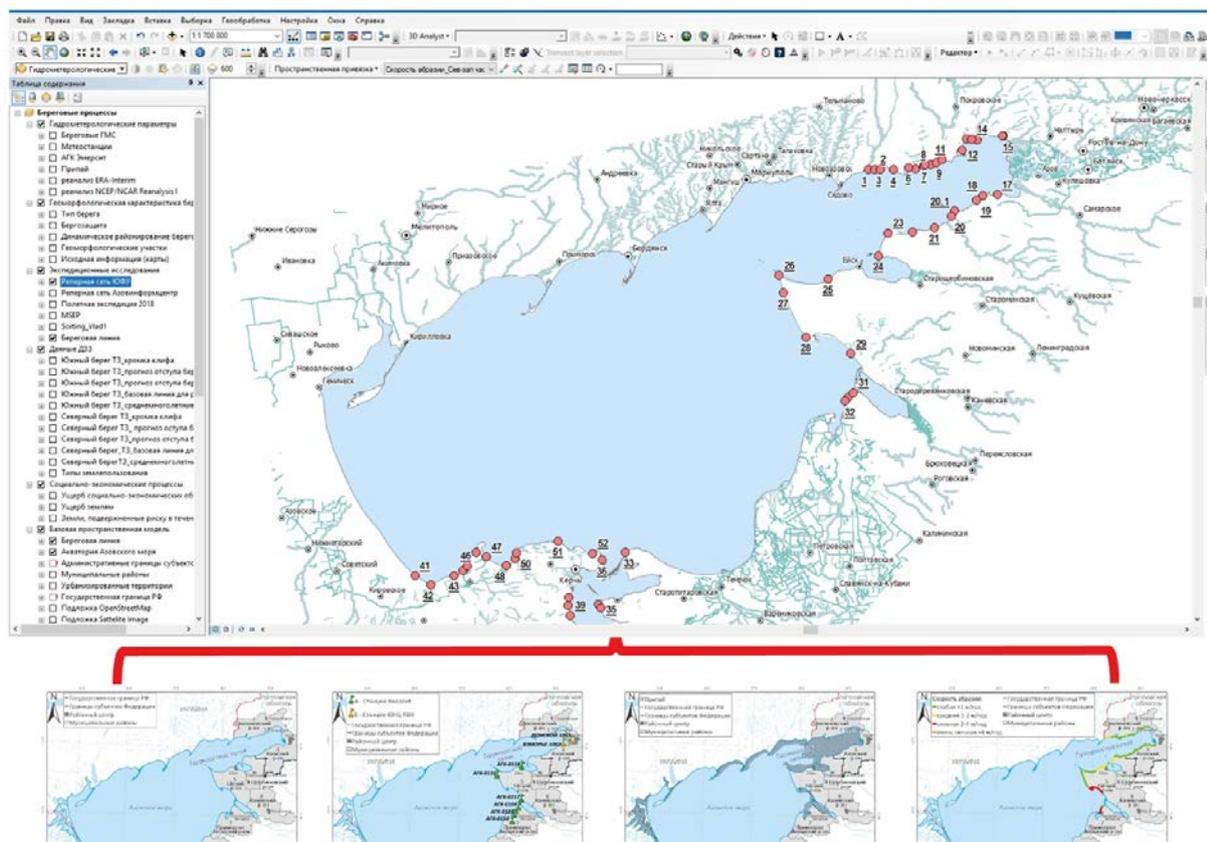


Рис. 2. Общий вид геоинформационной системы «Береговые процессы в Азовском море»

Fig. 2. General view of the geoinformation system “Coastal processes in the Sea of Azov”

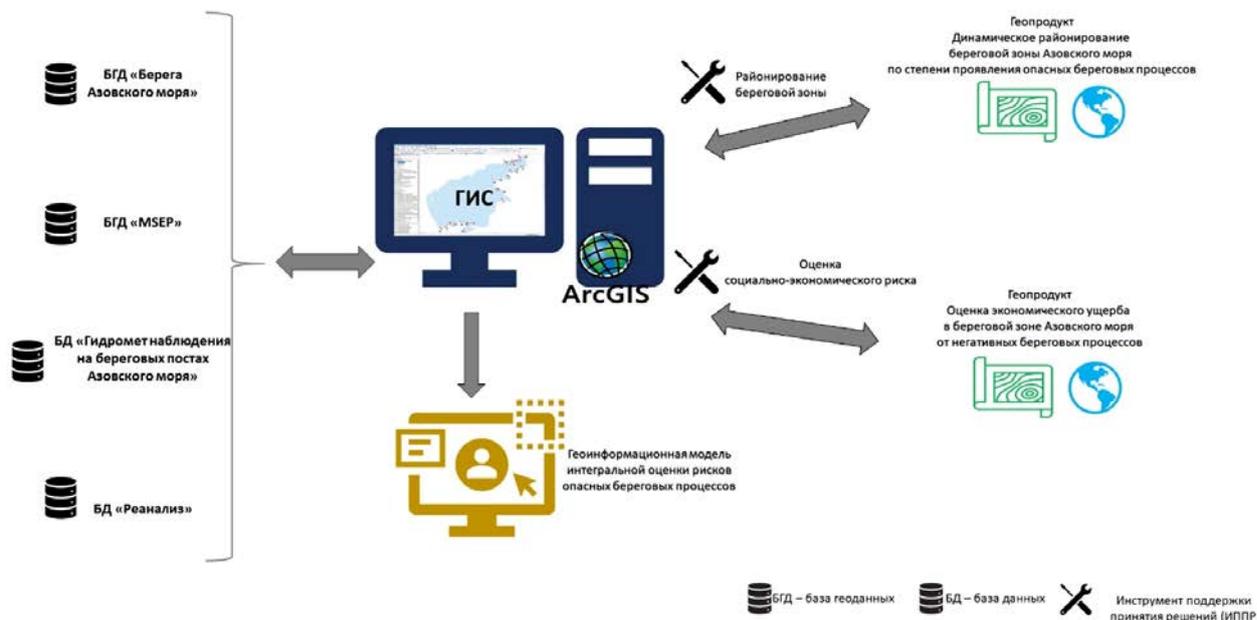
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С целью мониторинга опасных береговых процессов была разработана геоинформационная модель интегральной оценки рисков опасных природных явлений в береговой зоне Азовского моря, которая строится на основе данных ГИС «Береговые процессы в Азовском море». Она представляет собой разбиение береговой линии на участки (элементарные элементы), однородные по характеристикам, важным с точки зрения береговых процессов. Описание участка береговой зоны геоинформационной модели содержит следующие разделы:

- географическая характеристика (плановая геометрия участка, экспозиция склона и т.д.);
- геолого-геоморфологическая характеристика (тип берега, геологическое строение склона, геометрия профиля берега, тип пляжа и т.д.);
- результаты мониторинга (результаты измерений на ближайшем репере, оценки скоростей отступления берега по данным дистанционного зондирования и т.д.);
- гидрометеорологические факторы (динамика уровня моря, ветро-волновые характеристики и т.д.);
- антропогенные факторы (наличие берегозащитных сооружений, землепользование на клифе и в зоне пляжа и т.д.).

На основе этой модели были созданы два пространственных ИППР (рис. 3):

- оценки социально-экономического риска проявления абразионных и оползневых процессов береговой зоне Азовского моря;
- районирование береговой зоны Азовского моря по степени проявления опасных природных явлений.



*Рис. 3. Геоинформационная модель интегральной оценки рисков опасных природных явлений в береговой зоне Азовского моря*

*Fig. 3. Geoinformation model of integrated risk assessment of hazardous natural phenomena in the coastal zone of the Sea of Azov*

Для расчета риска в рамках первого инструмента использовался метод идентификации и анализа социально-экономических объектов в прогнозируемой зоне воздействия опасных абразионных и оползневых процессов [Хорошев и др., 2020; Хаванский и др., 2021]. Методика включает выделение в береговой зоне однородных функциональных участков, установление прогнозируемой на 20-летний период зоны воздействия опасных береговых процессов, выявление в ее пределах социально-экономических объектов, расчет прогнозируемого экономического ущерба с использованием инструментария публичного ГИС-сервиса «Кадастровая карта Росреестра».

Результаты второго ИППР основаны на методике использования динамического подхода для районирования берегов Азовского моря, выполненного на основе комплексного анализа природных и антропогенных факторов, определяющих развитие опасных береговых процессов и разделенных на две группы: повышающие интенсивность береговых процессов и способствующие снижению их проявления. [Цыганкова и др., 2020; Цыганкова и др., 2021].

Результаты работы перечисленных ИППР интегрированы в геоинформационную модель интегральной оценки рисков опасных береговых процессов Азовского моря. Доступ к геоинформационной модели реализован через картографический веб-интерфейс<sup>1</sup> (рис. 4). Основной интерактивный функционал этого веб-сервиса заключается в выборе участка берега и просмотре его характеристик.

<sup>1</sup> Веб-сервис оценки опасности и риска проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря. Электронный ресурс: <http://nh.ssc-ras.ru/coast/maP.html> (дата обращения 10.03.2022).

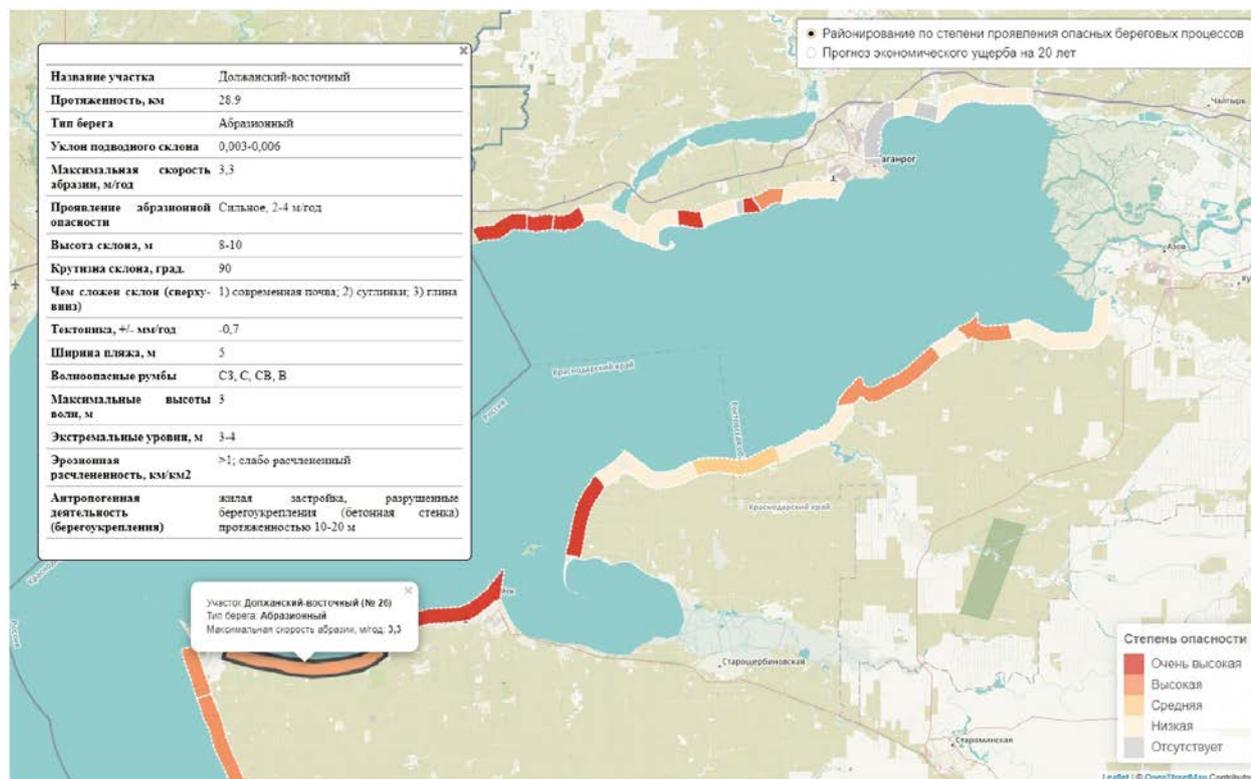


Рис. 4. Внешний вид картографического веб-интерфейса модели интегральной оценки рисков опасных береговых процессов Азовского моря

Fig. 4. Cartographic web interface of the model of integrated risk assessment of dangerous coastal processes of the Sea of Azov

Для удобства пользователей дополнительно были созданы два геоинформационных продукта, которые по сути являются результатами работы указанных выше ИППР, предоставляемые в векторных ГИС-форматах (форматы shp и geopackage). Эти геоинформационные продукты доступны на официальном сайте ЮНЦ РАН<sup>1</sup>.

Аналогом предлагаемых информационных ресурсов выступают европейские продукты о состоянии берега, подготовленные в рамках EMODnet Geology<sup>2</sup>:

- изменение береговой линии по полевым наблюдениям (Coastal behavior from field data);
- изменение береговой линии по спутниковым снимкам (Coastal behavior from satellite data).

Для Азовского моря информация присутствует только в наборе данных оценки изменения береговой линии по данным спутниковых снимков. Главное различие между продуктами EMODnet Geology и ЮНЦ РАН заключается в том, что в европейском продукте дана информация об изменении линии уреза воды, а в отечественном – бровки берегового уступа (клифа), что представляет собой качественно более ценную информацию.

<sup>1</sup> Геоинформационные продукты оценки опасности и риска проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря. Электронный ресурс: <http://nh.ssc-ras.ru/data-products/coast/index.html> (дата обращения 10.03.2022).

<sup>2</sup> EMODnet Geology, Coastal Behavior. Электронный ресурс: <https://www.emodnet-geology.eu/data-products/> (дата обращения 16.11.2021).

## ВЫВОДЫ

В процессе создания геоинформационной системы «Береговые процессы в Азовском море» удалось объединить и интегрировать в одном месте большой объем накопленных данных для геоинформационного обеспечения мониторинга опасных природных процессов.

Следует отметить, что, несмотря на остроту проблем рационального природопользования для Юга России, системы поддержки принятия решений (СППР) в этой области практически отсутствуют. Разработка полноценной СППР и поддержание ее работоспособности для оценки риска опасных природных процессов в береговой зоне Азовского моря с экономической точки зрения невыгодна, это обусловлено сравнительно небольшими ущербами, которые оцениваются на период 20 лет для побережья Ростовской области и Краснодарского края от воздействия абразионных и оползневых процессов в 756 млн. руб. (в ценах 2020 г.) [Хаванский и др., 2021].

В качестве альтернативы создания полнофункциональной СППР для оценки опасности и риска проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря был разработан ряд инструментов поддержки принятия решений. Информационной основой для них послужила ГИС «Береговые процессы в Азовском море». Результаты работы инструментов добавлены в геоинформационную модель интегральной оценки рисков опасных береговых процессов Азовского моря, доступ к которой реализован через картографический веб-интерфейс.

Разработанные геоинформационные продукты могут быть использованы в процессе управления береговой зоной. Они позволяют выявлять наиболее опасные участки берега для последующего формирования перечня мер и принятия решений по обеспечению их безопасности.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, грант № 18-05-80082 и в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта 122013100131-9.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, grant No. 18-05-80082 and the state assignment research of SSC RAS, project No. 122013100131-9.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов А.А. Некоторые особенности абразии берегов Азовского моря. Труды ГОИН, 1957. Вып. 34. С. 386–388.
2. Артюхин Ю.В. Волновое разрушение обвальных берегов Азовского моря. Геоморфология. 1982. № 4. С. 51–58.
3. Артюхин Ю.В., Мамыкина В.А. Изменчивость поступления материала абразии в Азовское море. Известия СКНЦ ВШ. Естественные науки. 1978. № 3. С. 79–81.
4. Беспалова Л.А., Лурье П.М., Цыганкова А.Е., Веткина Т.А., Носикова О.Ш. Уровенный режим Таганрогского залива в современный период. Современные технологии мониторинга и освоения природных ресурсов южных морей. Мат-лы Междунар. семинара (г. Ростов-на-Дону, 15–17 июня 2005 г.). Ростов-на-Дону: Изд-во ООО «ЦВВР», 2005. С. 27–29.
5. Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е. Опасные береговые процессы Азовского моря в многолетнем аспекте. Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов («Опасные явления – III»): мат-лы III Междунар.

- науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 15–19 июня 2021 г.). Ростов-н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2021. С. 178–182.
6. *Губкин Н.М.* Разрушение восточных берегов Азовского моря и возможные меры борьбы с ним. Геоморфология. 1973. № 1. С. 43–45.
  7. *Зенкович В.П.* Берега Черного и Азовского морей. М.: Географгиз, 1958. 376 с.
  8. *Ивлиева О.В., Бердников С.В.* Современные скорости разрушения берегов российского побережья Азовского моря. Геоморфология. 2005. № 4. С. 74–82.
  9. *Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Ивлиев П.П.* Современные береговые процессы Таганрогского залива. Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2010. № 5. С. 107–110.
  10. *Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е., Сушко К.С., Комогоров А.Ю.* Современное состояние абразионных и аккумулятивных берегов Азовского моря. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. Севастополь: Морской гидрофизический институт РАН. 2015. Вып. 1. С. 40–47.
  11. *Ивлиева О.В., Ивлиев П.П., Беспалова Л.А.* Опасные природные и техноприродные процессы морского побережья. Тамбовский области вестник ТГУ. 2013. Т. 18. Вып. 2. С. 606–610.
  12. *Косолапов А.Е., Дандара Н.Т., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Ляшик А.Н., Никаноров В.А., Калиманов Т.А. Дорожкин Е.В., Клименко О.А., Шеффер Е.А., Косолапова Н.А., Коржов И.В., Дандара А.Н., Беспалова Е.В., Дандара А.Н., Цыганкова А.Е., Ивлиев П.П., Филиппов В.В.* Таганрогский залив Азовского моря: современное состояние и проблемы природопользования: монография. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2012. 556 с.
  13. *Кропянко Л.В.* Применение ГИС-технологий для оценки демографической нагрузки на береговую зону южных морей. Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. 2012. № 1. С. 35–38.
  14. *Кропянко Л.В., Беспалова Л.А., Беспалова Е.В.* Оценка состояния уникальных береговых ландшафтов Азово-Черноморского побережья по степени благоприятности природных факторов для развития хозяйственной деятельности. Естественные и технические науки. 2014. № 2. С. 146–152.
  15. *Мамыкина В.А.* Интенсивность современных процессов в береговой зоне Азовского моря. Известия ВГО. 1978. Т. 110. Вып. 4. С. 351–355.
  16. *Мамыкина В.А., Хрусталева Ю.В.* Процессы абразии и аккумуляции в современном осадконакоплении на примере Азовского моря. Океанология. 1966. Т. 6. Вып. 3. С. 42–43.
  17. *Мамыкина В.А., Хрусталева Ю.П.* Береговая зона Азовского моря. Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 1980. 176 с.
  18. *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. 483–486.
  19. *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.
  20. *Матишов Д.Г., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Сорокина В.В., Ивлиев П.П.* Современные скорости абразии и состояние берегоукрепительных сооружений российского побережья Азовского моря. Труды Южного научного центра РАН. Т. 1: Геология. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. С. 151–164.
  21. *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 при-

- брежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления - II»). Материалы II Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова, 2020. С. 182–185.
22. Мисиров С.А., Шевердяев И.В., Магаева А.А. Оценка площадных потерь земель в пределах береговой зоны Таганрогского залива. Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2021. Т. 2. № 6. С. 66–73. DOI: 10.23885/2500-123X-2021-2-6-66-73.
  23. Хаванский А.Д., Хорошев О.А., Меринова Ю.Ю. Оценка материального ущерба от проявления абразионных и оползневых процессов в муниципальных образованиях береговой зоны Азовского моря. Наука Юга России. 2021. Т. 17. № 2. С. 74–82. DOI: 10.7868/S25000640210208.
  24. Хорошев О.А., Меринова Ю.Ю., Хаванский А.Д., Латун В.В. Оценка социально-экономического ущерба проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря. Труды Южного научного центра Российской академии наук. 2020. Т. 8. С. 300–311. DOI: 10.23885/1993-6621-2020-8-300-311.
  25. Цыганкова А.Е., Беспалова Л.А., Магаева А.А., Беспалова Е.В., Подколзина Д.А. Активные, пассивные и стабильные берега Азовского моря. Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2021. Т. 1. № 6. С. 178–184. DOI: 10.23885/2500-395X-2021-1-6-178-184.
  26. Цыганкова А.Е., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Магаева А.А. Использование динамического подхода при районировании берегов Азовского моря. Экология. Экономика. Информатика. Сер.: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2020. Т. 1. № 5. С. 207–213. DOI: 10.23885/2500-395X-2020-1-5-207-213.
  27. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bulletin of the American Meteorological Society. March, 1996.
  28. Yesin N.V., Kos'yan R.D., Ivanov A.A. Ecological Situation on the eastern coast of the Sea of Azov. Inter. Oceanographic Commission. Workshop Report N0 105 Supplement, UNESCO, 1995.

## REFERENCES

1. Aksenov A.A. Some features of the abrasion of the shores of the Sea of Azov. Tr. GOIN. 1957. No. 34. P. 386–388 (in Russian).
2. Artyukhin Yu.V. Volnovoe razrushenie obval'nykh beregov Azovskogo moray. Geomorfologiya. 1982. No. 4. P. 51–58 (in Russian).
3. Artyukhin Yu.V., Mamykina V.A. Wave destruction of the landslide shores of the Sea of Azov. Izv. SKNTs VSh. Estestvennye nauki. 1978. No. 3. P. 79–81 (in Russian).
4. Bepalova L.A., Lurie P.M., Tsygankova A.E., Vetkina T.A., Nosikova O.Sh. Level regime of the Taganrog Bay in the modern period. Modern technologies of monitoring and development of natural resources of the southern seas. Mat-ly Intern. seminar (Rostov-on-Don, June 15–17, 2005). Rostov-on-Don: Publishing house of OOO TsVVR, 2005. P. 27–29 (in Russian).
5. Bepalova L.A., Tsygankova A.E. Dangerous coastal processes of the Sea of Azov in the long-term aspect. 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 – III”) in memory of Corresponding Member RAS D.G. Matishov: Proceedings of the International Scientific Conference (Rostov-on-Don, 15–19 June 2021). Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers. Rostov-on-Don: Publishing House of the Russian Academy of Sciences, 2021. P. 178–182 (in Russian).

6. *Gubkin N.M.* Destruction of the eastern shores of the Sea of Azov and possible measures to combat it. *Geomorfologiya*, 1973. No. 1. P. 43–45 (in Russian).
7. *Ivlieva O.V., Berdnikov S.V.* Recent destruction rates of the Azov beaches in Russia. *Geomorfologiya*. 2005. No. 4. P. 74–83. DOI: 10.15356/0435-4281-2005-4-74-83 (in Russian).
8. *Ivlieva O.V., Bespalova L.A., Ivliev P.P.* Contemporary coastal processes of the Taganrog Bay. *Bulletin of higher education institutes North Caucasus region. Natural Sciences*. 2010. No. 5. P. 107–110 (in Russian).
9. *Ivlieva O.V., Bespalova L.A., Tsygankova A.E., Sushko K.S., Komogorov A.Y.* Abrasion and accumulative shores of the Azov Sea now days. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*. 2015. No. 1. P. 40–46 (in Russian).
10. *Ivlieva O.V., Ivliev P.P., Bespalova L.A.* Dangerous natural and techno-natural processes of seacoast of Rostov region. *Tambov region Bulletin of TSU*, 2013. Vol. 18. No. 2. P. 606–610 (in Russian).
11. *Khavanskiy A.D., Khoroshev O.A., Merinova Yu. Yu.* Assessment of material damage of abrasive and landslide processes effect in municipalities in the coastal zone of the Sea of Azov. *Science in the South of Russia*. 2021. Vol. 17. No. 2 P. 74–82. DOI: 10.7868/S25000640210208 (in Russian).
12. *Khoroshev O.A., Merinova Yu. Yu., Khavanskiy A.D., Latun V.V.* Assessment of socio-economic damage of manifestation of coastal abrasion and landslide processes in the coastal zone of the Sea of Azov. *Issue VIII: Modelling and analysis of natural hazards in the Sea of Azov Region*. Rostov-on-Don: Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, 2020. P. 300–311. DOI: 10.23885/1993-6621-2020-8-300-31 (in Russian).
13. *Kosolapov A.E., Dandara N.T., Bespalova L.A., Ivlieva O.V., Kalimanov T.A., Klimenko O.A., Kosolapova N.A., Korzhov I.V., Dandara A.N., Bespalova E.V., Dandara A.N., Tsygankova A.E., Ivliev P.P.* Gulf of Taganrog Sea of Azov: current state and natural management problems. Rostov-on-Don: Publishing House of the Southern Federal University, 2012. 556 p. (in Russian).
14. *Kropyanko L.V.* Application of GIS technologies to assess the demographic load on the coastal zone of the southern seas. *Fundamental and applied research: problems and results*, 2012. No. 1. P. 35–38 (in Russian).
15. *Kropyanko L.V., Bespalova L.A., Bespalova E.V.* Assessment of the state of the unique coastal landscapes of the Azov-Black Sea coast according to the degree of favorableness of natural factors for the development of economic activity. *Natural and technical sciences*. 2014. No. 2. P. 146–152 (in Russian).
16. *Mamykina V.A.* The intensity of modern processes in the coastal zone of the Sea of Azov. *Izv. VGO*, 1978. Vol. 110. No. 4. P. 351–355 (in Russian).
17. *Mamykina V.A., Khrustalev Yu.P.* The coastal zone of the Azov Sea. Rostov-on-Don: Izd-vo RGU, 1980. 176 p. (in Russian).
18. *Mamykina V.A., Khrustalev Yu.V.* Processes of abrasion and accumulation in modern sedimentation on the example of the Sea of Azov. *Oceanology*, 1966. Vol. 6. No. 3. P. 42–43 (in Russian).
19. *Matishov D.G., Ivlieva O.V., Bespalova L.A., Sorokina V.V., Ivliev P.P.* Modern rates of abrasion and the state of shore protection structures of the Russian coast of the Sea of Azov. *Proceedings of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. Vol. 1: *Geology*. Rostov-on-Don: Izd. YuNTs RAS, 2006. P. 151–164 (in Russian).
20. *Matishov G.G., Ivlieva O.V., Bespalova L.A., Kropyanko L.V.* Ecological and geographical analysis of the sea coast of the Rostov region. *Doklady Earth Sciences*. 2015. Vol. 460. No. 1. P. 53–57. DOI: 10.1134/S1028334X15010043 (in Russian).

21. *Matishov G.G., Bespalova L.A., Ivlieva O.V., Tsygankova A.E., Kropyanko L.V.* The Sea of Azov: Recent abrasion processes and problems of coastal protection. *Doklady Earth Sciences*. 2016. Vol. 471 (2). P. 1269–1272. DOI: 1134/S1028334X16120059 (in Russian).
  22. *Misirov S.A., Magaeva A.A., Tsygankova A.E.* Evaluation of the dynamics of the Taganrog Bay coasts (by the example of the northern coast) with the help of GIS and ERS. 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 – II”) in memory of Corresponding Member RAS D.G. Matishov: Proceedings of the International Scientific Conference (Rostov-on-Don, 6–10 July 2020). Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers, 2020. P. 182–185 (in Russian).
  23. *Misirov S.A., Sheverdiaev I.G., Magaeva A.A.* Assessment of areal land losses within the coastal zone of the Taganrog Bay. *Ecology. Economy. Computer science. Series: geoinformation technologies and space monitoring*. 2021. Vol. 2. No 6. P. 66–73. DOI: 10.23885/2500-123X-2021-2-6-66-73 (in Russian).
  24. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*. March, 1996.
  25. *Tsygankova A.E., Bespalova L.A., Ivlieva O.V., Magaeva A.A.* The use of a dynamic approach in the zoning of the shores of the Sea of Azov. *Ecology. Economy. Computer science. Series: System analysis and modeling of economic and ecological systems*. 2020. Vol. 1. No. 5. P. 207–213. DOI: 10.23885/2500-395X-2020-1-5-207-213 (in Russian).
  26. *Tsygankova A.E., Bespalova L.A., Magaeva A.A., Bespalova E.V., Podkolzina D.A.* Active, passive and stable shores of the Sea of Azov. *Ecology. Economy. Computer science. Series: System analysis and modeling of economic and ecological systems*. 2021. Vol. 1. No. 6. P. 178–184. DOI: 10.23885/2500-395X-2021-1-6-178-184 (in Russian).
  27. *Yesin N.V., Kos'yan R.D., Ivanov A.A.* Ecological Situation on the eastern coast of the Sea of Azov. *Inter. Oceanographic Commission. Workshop Report No. 105 Supplement, UNESCO*, 1995.
  28. *Zenkovich V.P.* Shores of the Black and Azov Seas. Moscow: Geografgiz (Publ.), 1958. 376 p. (in Russian).
-