

Научная статья  
УДК 551.435.3, 528.8  
doi: 10.18522/1026-2237-2023-2-81-89

## ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО СТРОЕНИЯ ПОДВОДНОЙ АККУМУЛЯТИВНОЙ ФОРМЫ БАНКА ЕЛЕНИНА

**Вячеслав Владимирович Крыленко<sup>1✉</sup>, Марина Владимировна Крыленко<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup> Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва, Россия

<sup>1</sup>krylenko.slava@gmail.com ✉

<sup>2</sup>krylenko@mail.ru

**Аннотация.** Банка Еленина – подводная аккумулятивная форма в восточной части Азовского моря. Она сформировалась 2,5–1,7 тыс. лет назад в период фанагорийской регрессии, в ходе последующего повышения уровня моря банка Еленина оказалась под водой. Анализ современного строения банки Еленина выполнен с использованием литературных источников и данных дистанционного зондирования. Цифровые модели подводного рельефа для банки Еленина были построены на основе космических снимков Sentinel-2 по методике взаимной корреляции яркости каналов спектра и глубины. Длина банки – около 40 км, ширина – до 5 км, минимальные глубины – 1,5–2 м. У западной оконечности банки обнаружены дуговидные гряды длиной до 6 км. В настоящее время банка Еленина является активной аккумулятивной формой и оказывает влияние на литодинамический режим прилегающей части Азовского моря. Поперечный профиль банки указывает на преобладающее направление движения наносов – с юга на север. Банка Еленина аккумулирует большую часть донных наносов, переносимых на С-СВ, но выдвигание края аккумулятивного тела на север практически отсутствует из-за резкого свала глубин. Наличие аккумулятивного тела банки Еленина способствует формированию к северу от нее сильных и устойчивых по направлению течений.

**Ключевые слова:** Азовское море, аккумулятивная форма, подводный рельеф, дистанционные методы

**Благодарности:** использованы сведения о развитии берегов Азовского моря, гидрологических и гидролитодинамических особенностях, полученные при выполнении темы госзадания № FMWE-2021-0013. Помощь в получении и обработке данных дистанционного зондирования оказал SCANEX R&D Centre (Россия).

**Для цитирования:** Крыленко В.В., Крыленко М.В. Особенности современного строения подводной аккумулятивной формы банка Еленина // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2023. № 2. С. 81–89.

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0).

Original article

## FEATURES OF THE MODERN STRUCTURE OF THE UNDERWATER ACCUMULATIVE FORM OF THE ELENINA BANK

**Viacheslav V. Krylenko<sup>1✉</sup>, Marina V. Krylenko<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup> Shirshov Institute of Oceanology RAS (Southern Branch), Moscow, Russia

<sup>1</sup>krylenko.slava@gmail.com ✉

<sup>2</sup>krylenko@mail.ru

**Abstract.** The Elenina Bank is an underwater accumulative form of the eastern part of the Sea of Azov. It was formed 2.5-1.7 thousand years ago during the Phanagorian regression. During the subsequent sea level rise the Elenina Bank was under water. The analysis of the modern structure of the Elenina Bank was carried out using literary sources and remote sensing data. Digital models of the underwater relief for the Elenina Bank were built

© Крыленко В.В., Крыленко М.В., 2023

on the basis of Sentinel-2 satellite images using the method of mutual correlation of the brightness of the spectrum channels and depth. The length of the Elenina Bank is about 40 km, the width is up to 5 km, the minimum depth of the water area is 1.5-2 m. Arc-shaped ridges up to 6 km long were found at the western tip of the bank. Currently, the Elenina Bank is active accumulative form and influences the lithodynamic regime of the adjacent part of the Sea of Azov. The transverse profile of the bank indicates the predominant direction of sediment movement – from S to N. The Elenina Bank accumulates most of the sediments transferred to the S-SE, but there is practically no extension of the edge of the accumulative body to the North due to a sharp drop in depths. The presence of the accumulative body of the Elenina Bank contributes to the formation of strong and stable currents to the North of it.

**Keywords:** Sea of Azov, accumulative form, underwater relief, remote sensing

**Acknowledgments:** Information on the development of the coasts of the Sea of Azov, hydrological and hydro-lithodynamic features obtained during the implementation of the topic of State Assignment No. FMWE-2021-0013 was used. Assistance in obtaining and processing remote sensing data was provided by SCANEX R&D Center (Russia).

**For citation:** Krylenko V.V., Krylenko M.V. Features of the Modern Structure of the Underwater Accumulative Form of the Elenina Bank. *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Science.* 2023;(2):81-89. (In Russ.).

*This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0).*

## Введение

Банка Еленина – это крупная реликтовая подводная аккумулятивная форма, расположенная в восточной части Азовского моря (рис. 1). В отличие от расположенной рядом косы Долгой (рис. 1), являющейся объектом многих научных исследований, банка Еленина в большинстве случаев рассматривается лишь как унаследованный элемент рельефа, не играющий значительной роли в развитии современных литодинамических процессов. Однако есть основания полагать, что банка Еленина оказала и продолжает оказывать непосредственное влияние на литодинамику косы Долгой, а также во многом определяет гидролитодинамический режим прилегающей части Азовского моря. Цель представленного исследования – на основе литературных источников и данных дистанционного зондирования проанализировать строение банки Еленина и оценить влияние, которое данная форма рельефа продолжает оказывать на развитие косы Долгой и гидрологический режим Азовского моря.

Первое графическое изображение и промеры глубин отмелей банки Еленина имеются на карте Азовского моря П. Бергмана 1701 г. В 1702 г. этим же автором была издана детальная карта Таганрогского залива, с высокой достоверностью передающая очертания берегов, в том числе аккумулятивных форм, с указанием измеренных глубин. В основу перечисленных карт были положены промеры глубин, выполненные в ходе Азовских походов царя Петра I [1].

В последующее столетие гидрографические работы в этой части Азовского моря не велись. В работе [2] указано, что «новая банка Елена» описана К.Л. Влито в 1803 г., после того как на ней в 1801 г. на мели стояло военное судно «Елена», по имени которого банка получила свое название. В данной работе [2] приведены сведения по конфигурации и размерам банки. Банка начинается в 0,93 км к югу от мыса Обрыв, ориентирована на ЗЮЗ. Длина банки 31,75 км. Глубины к ЮВ от оси банки меньше, чем к СЗ (т.е. поперечный профиль несимметричен). Непосредственно на банке грунт состоит из «крупного песку и красноватых мелких ракушек», к западу от банки грунт илистый.

В изданном полвека спустя описании Азовского моря [3] приведены новые данные по банке Еленина (сокращенно): «Южнее косы Долгой протягивается от мыса Обрыв к WSW на 27,78 км отмель. Отмель Еленина тянется языком от 0,93 до 3,7 км шириною. В 7,4 км от берега на ней глубина 5 футов; в 16,7 км – 9 футов; в 22,2 км – 12 футов, и в 27,8 км – 10 футов. Грунт везде крупный песок с мелкою красноватою ракушкою». Документ иллюстрирован картой из атласа Е.П. Манганари [1], фрагмент которой приведен на рис. 2. Видно, что очертания подводных форм рельефа в целом соответствуют современным.

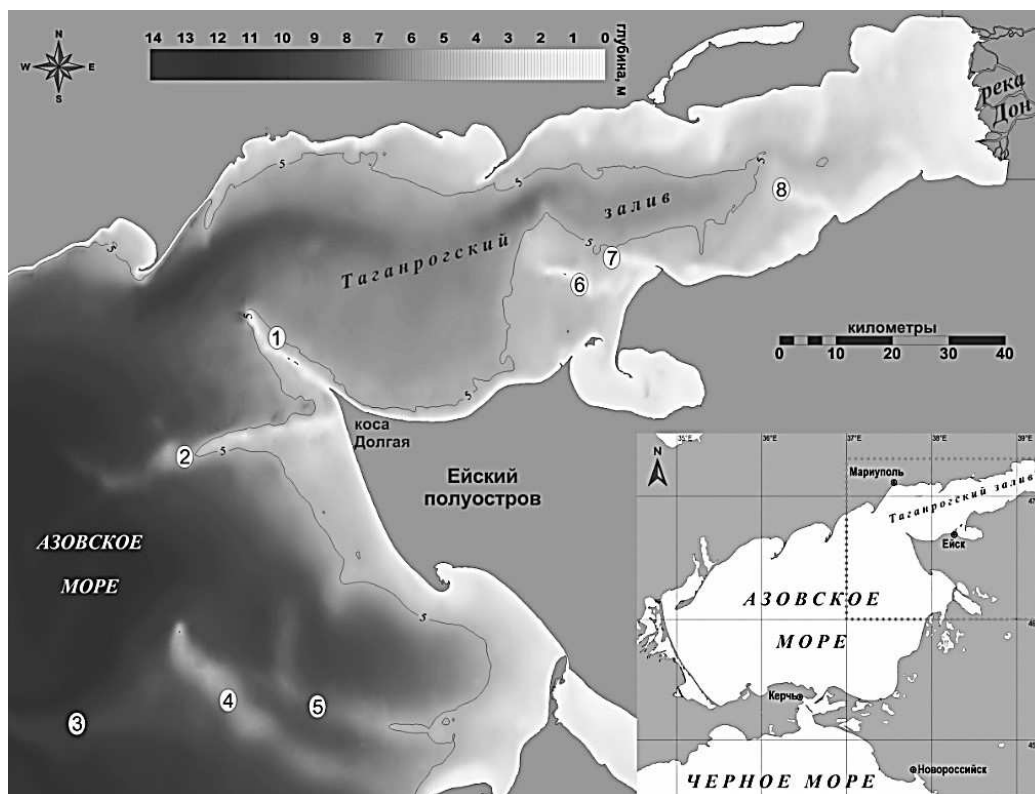


Рис. 1. Рельеф дна и подводные аккумулятивные формы восточной части Азовского моря: банки: 1 – Долгая; 2 – Еленина; 3 – Ачуйевская; 4 – Железинская; 5 – Ахтарская; 6 – Песчаных островов; 7 – Сазальницкая; 8 – Чумбурская / Fig. 1. Bottom relief and underwater accumulative forms of the Eastern part of the Sea of Azov: banks: 1 - Dolgaya; 2 - Elenina; 3 - Achuyevskaya; 4 - Zhelezinskaya; 5 - Akhtarskaya; 6 - Sandy Islands; 7 - Sazalnitskaya; 8 - Chumburskaya

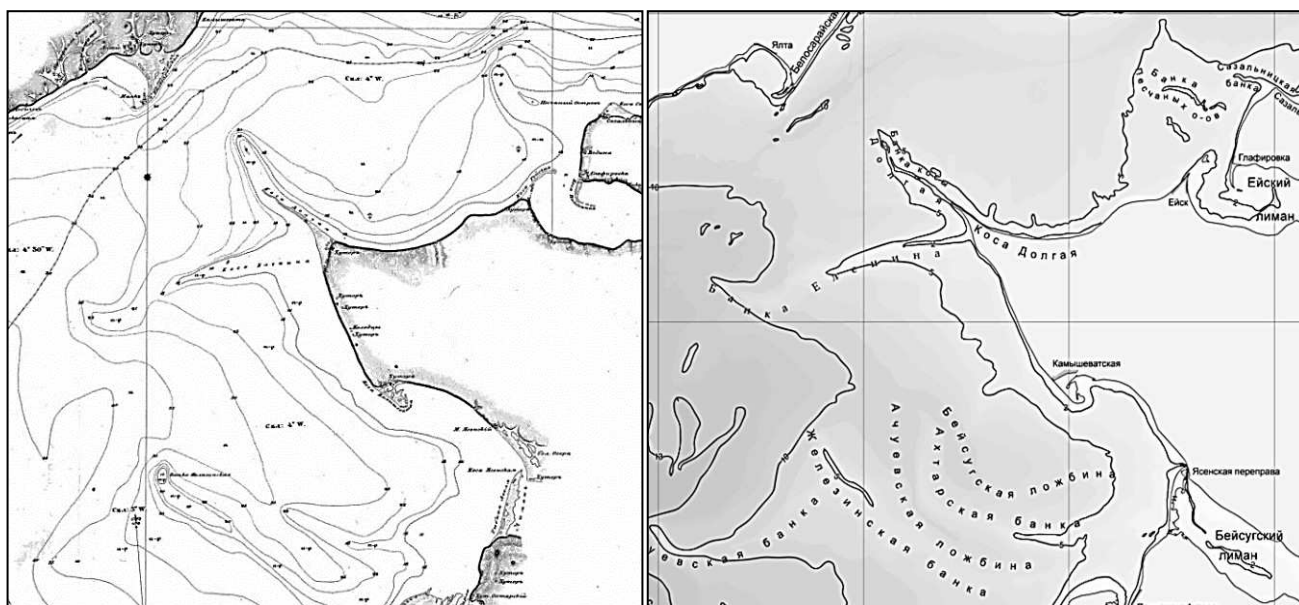


Рис. 2. Банка Еленина и коса Долгая. Слева – фрагмент карты Азовского моря Е.П. Манганари (1833 г.) [1]; справа – современная батиметрическая карта [4] / Fig. 2. The Elenina Bank and the Dolgaya Spit. On the left – a fragment of the map of the Sea of Azov by E.P. Manganari (1833) [1]; on the right – a modern bathymetric map [4]

## Краткая характеристика района исследования

Развитие рельефа Азовского моря проходило под воздействием трансгрессивно-регрессивных циклов Азово-Черноморского бассейна. Определяющую роль в формировании исходного донного рельефа и накоплении донных отложений в плиоцен-четвертичное время сыграла флювиальная деятельность Дона и других рек [5]. В трансгрессивные эпохи происходило перераспределение накопленного аллювиального материала и преобладала морская аккумуляция, в результате которой неровности подводного рельефа сглаживались. Современный рельеф дна моря отличается большой выположенностью (рис. 1). Однако в пределах восточной части моря имеются крупные положительные формы рельефа.

В настоящее время основными поставщиками пляжеобразующего материала для питания современных аккумулятивных форм Азовского моря являются продукты абразии коренных берегов и материал биогенного происхождения, поступающий со дна моря [6]. Продукты абразии играли некоторую роль на начальных стадиях образования аккумулятивных форм, тем не менее роль биогенного источника в настоящее время значительно важнее. Биогенным материалом сформировано большинство кос Азовского моря, особенно их дистальные части. Часто основание аккумулятивного тела кос и их корневая часть сложены продуктами абразии, а дистальная часть – биогенным материалом.

Циркуляция воздушных масс над акваторией Азовского моря в течение года отличается широтной направленностью. Зимой преобладают ветра восточной четверти, в теплый период преобладает западный перенос. Соответственно, с учетом конфигурации моря в районе банки Еленина проявляется роль как западных, так и восточных волнений. В узком и мелководном Таганрогском заливе при сильных западных ветрах формируется нагон, величина которого достигает нескольких метров, а при восточных ветрах – сгон. Поскольку банка Еленина примыкает к Ейскому полуострову, играющему роль барьера на входе в Таганрогский залив, у его северной оконечности формируются мощные течения, скорость которых может достигать 1–1,5 м/с, а направление обычно совпадает с направлением ветра.

## Материалы и методы

В представленной работе исследования подводного рельефа проводились на основе дистанционных данных. В качестве исходных данных использовались снимки спутника дистанционного зондирования Sentinel-2 периода 2015–2018 гг. Предварительно был произведен визуальный анализ снимков. Критериями отбора были отсутствие облачности, отсутствие сильного волнения и поверхностной пленки, минимальная площадь зон повышенной мутности. На следующем этапе была проведена обработка изображений, включающая в себя атмосферную коррекцию, коррекцию солнечных бликов и создание маски водной поверхности. Атмосферная коррекция производилась в модуле Sen2Core программы ESA SNAP [7]. Для коррекции солнечных бликов использовался алгоритм Хедли [8]. Программная реализация построения карт глубин производилась с использованием сертифицированного программного обеспечения ScanEx Image Processor. Для определения глубин были использованы алгоритмы Stumpf и Lyzenga [9, 10]. В качестве базовых карт использовались современные навигационные карты [11].

В результате по данным Sentinel-2 за разные даты построена цифровая модель подводного рельефа (рис. 3). Пространственное разрешение полученной модели равно разрешению исходных снимков (10 м).

## Результаты и обсуждение

Общая длина банки Еленина – около 40 км (рис. 2), ширина – до 5 км, минимальные глубины – 1,5–2 м. Рельеф и конфигурация банки Еленина не позволяет предположить наличие в настоящее время мощного продольного движения наносов, инициируемого волнами. При этом, исходя из рельефа на профиле Е9 (рис. 3, 4), можно предположить возможность движения наносов вдоль северного склона аккумулятивной формы в периоды усиления течений, направленных со стороны Таганрогского залива. Вероятно, наличие аккумулятивного тела банки Еленина способ-

ствует формированию к северу от нее сильных и устойчивых по направлению течений, приводящих в движение наносы даже на большой глубине. Как отмечено в работе [12], в полях взвеси в верхнем слое Азовского моря банка Еленина отчетливо проявляется при интенсивном северо-восточном ветровом воздействии. В работе [13] дно к северу от банки Еленина отнесено к участку с преобладанием флювиальных (течениевых) литодинамических условий, к югу от нее – смешанные флювиально-волновые условия, вдоль берега – волновые.

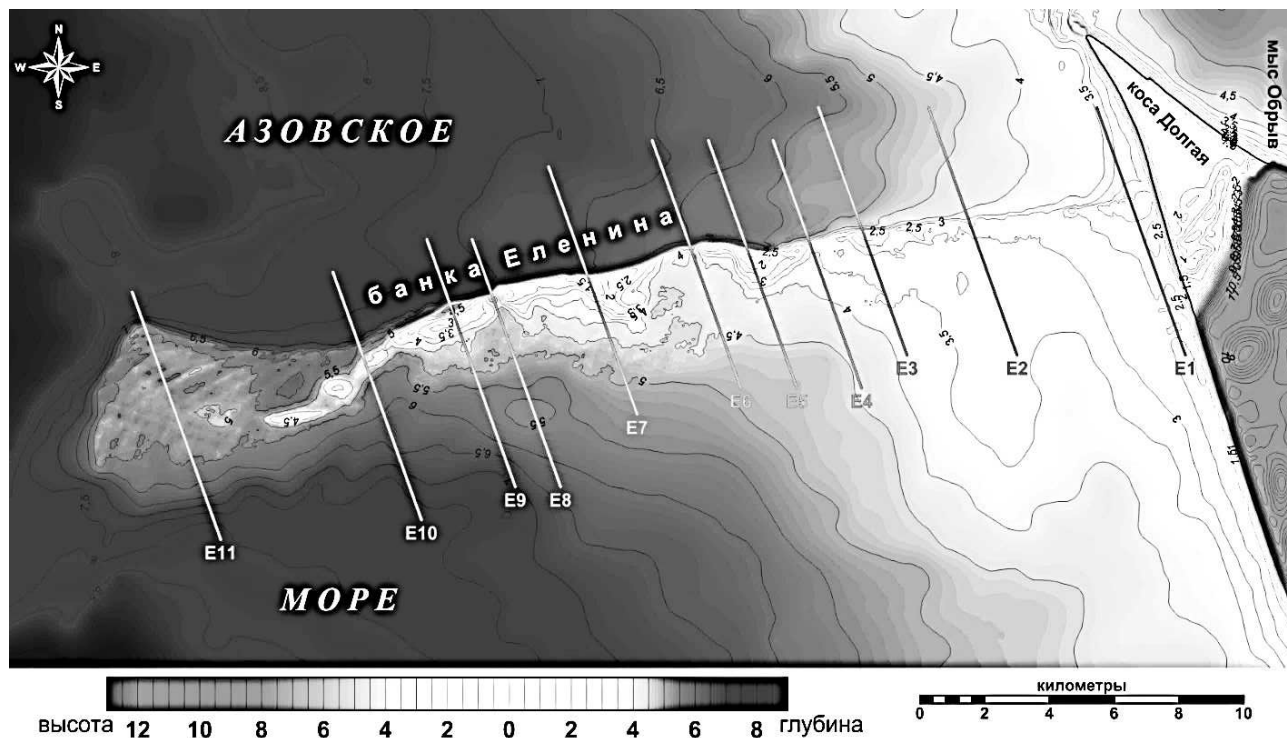


Рис 3. Цифровая модель рельефа банки Еленина  
 / Fig. 3. Digital elevation model of the Elenina Bank

У западной оконечности банки, в районе профиля E11, расположены особые формы рельефа (рис. 3, 4). Прослеживаются 8 дуговидных гряд (волн) длиной до 6 км, расстояние между соседними – 0,3–0,5 км, высота гребней – около 0,5 м. Данные формы могут являться реликтовыми дистальными оконечностями, подобные которым имеются на современных косах Азовского моря. Еще одним вариантом возникновения таких форм может быть проявление современных гидрогенных процессов – пульсирующих движений воды, возникающих при обтекании большими массами воды оконечности банки Еленина во время сгонно-нагонных или сейшевых явлений. Подобные формы обнаружены [14] у оконечности подводной отмели косы Долгой. К сожалению, использованная методика построения карт донного рельефа не позволяет получить достоверные сведения для глубин более 6 м в акваториях с высокой мутностью воды. Вероятно, там также имеются формы рельефа, позволяющие выявить особенности современного и предшествующих этапов развития банки Еленина.

Как на самой банке Еленина, так и на обширном пространстве дна к югу от неё происходит продуцирование больших объемов ракуши. По сведениям [2, 3], на банке Еленина в грунте присутствуют «красноватые мелкие ракушки». Этому описанию соответствует внешний облик одного из самых массовых видов раковинных моллюсков Азовского моря – *Cerastoderma glaucum* (Poiret, 1789) [15]. Этот моллюск, отличающийся большой продуктивностью и прочностью створки к механическому воздействию, играет важнейшую роль в образовании пляжеобразующих осадков Азовского моря [16]. Например, в составе отложений косы Долгой и её подводной отмели содержится свыше 80 %, а на островах – до 90–95 % створок *Cerastoderma* [17, 18]. До зарегулирования р. Дон (1950–1952 гг.) биоценоз *Cerastoderma* формировался на 38 % дна Азовского моря.

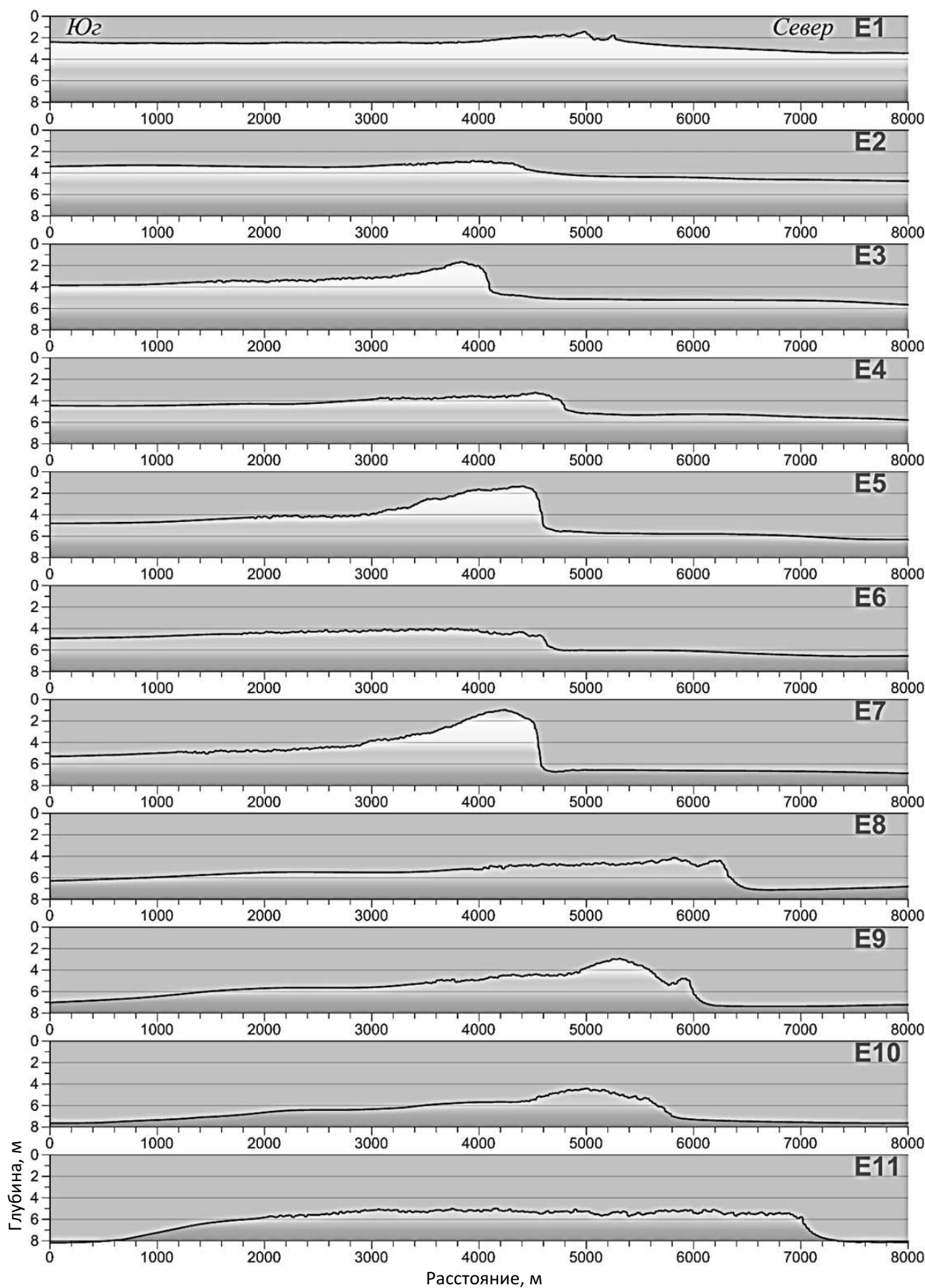


Рис. 4. Поперечные профили рельефа банки Еленина (положение профилей показано на рис. 3)  
/ Fig. 4. Transverse relief profiles of the Elenina Bank (the position of the profiles is shown in Fig. 3)

Резкие колебания гидрохимических параметров, сероводородное заражение и появление видов-вселенцев привели к изменению видового состава биоценозов моллюсков и их продуктивности. Увеличились площади сообществ с участием вселенца *Mya arenaria*, более устойчивого к дефициту кислорода [19]. Створки *Mya arenaria* обладают большими размерами, в 2–3 раза превышающими размеры *C. glaucum*, поэтому обычно накапливаются в зоне продуцирования и не поступают на берег [20]. С конца XX в. на многих участках дна Азовского моря (в том числе на банке Еленина) наблюдается замещение биоценозов *Cerastoderma* биоценозами, где доминирует вселенец *Anadara kagoshimensis* [21]. Раковина *A. kagoshimensis* превосходит по толщине одномерную раковину *C. glaucum* в полтора раза, растет на 25 % быстрее, а вид более устойчив к недостатку кислорода. При условии сохранения современных тенденций можно предположить постепенный рост общих запасов ракуши в ЮВ части Азовского моря за счет распространения видов вселенцев, обладающих большими скоростями роста раковин и их массы и более высокой толерантностью к условиям среды.

Поперечный профиль банки Еленина (рис. 4) указывает на современное преобладающее направление движения наносов – на север. Дно к югу от банки представлено пологой абразионной подводной террасой (бенчем) [22], образовавшейся в ходе отступления коренного берега. Уклон дна и волновой режим способствуют активной миграции наносов (преимущественно ракуши) на С-СЗ-З. Таким образом, ракуша, влекомая течениями и волнами по пологому южному склону банки Еленина, достигает северного края аккумулятивного тела, расположенного над резким свалом глубин (бортом долины Палео-Дона). Дальнейшее выдвигание аккумулятивного тела на север практически отсутствует, поскольку по мере увеличения глубин требует все большего объема наносов. В работе [23] показано, что в почти двухметровой толще современных донных осадков между подводной отмелью косы Долгой и банкой Еленина, где расположена зона больших глубин, ракуша отсутствует. Очевидно, что банка Еленина аккумулирует ракушу, продуцируемую в её пределах или влекомую по дну с юга, что определяет рост протяженности и мощности аккумулятивной формы. Соответственно, данная форма рельефа является литодинамически активной.

По данным 2020–2022 гг. на берегах косы Долгой в составе наносов по-прежнему преобладают створки *C. glaucum* [18]. Вероятно, это обусловлено влиянием банки Еленина. На косу Долгую с ЮЗ могут поступать только наносы, перемещаемые непосредственно вдоль берега. Преимущественно это более легкие и подвижные створки *C. glaucum*. Однако во время экстремальных гидрологических событий (штормы, усиление придонных течений) к берегу могут поступать и более массивные створки *A. kagoshimensis* и *M. arenaria*. Таким образом, на современном этапе своего развития аккумулятивное тело банки Еленина продолжает оказывать влияние на литодинамический режим прилегающей части Азовского моря, прежде всего на косу Долгую.

### Заключение

Полученные данные показали, что в настоящее время банка Еленина является активной аккумулятивной формой – она аккумулирует ракушу, продуцируемую в её пределах и влекомую волнами с юга. Кроме того, на современном этапе своего развития аккумулятивное тело банки Еленина продолжает оказывать влияние на литодинамический и гидрологический режим прилегающей части Азовского моря.

### Список источников

1. Парасома. URL: <http://parasoma.narod.ru/maps-index.htm> (дата обращения: 10.03.2022).
2. Будищев И.М. Морской путеводитель по Азовскому и Черному морям. СПб.: Морская тип., 1808. Ч. 1. 65 с.
3. Сухомлин А.М. Лоция Азовского моря и Керченского пролива. Николаев: Черноморское гидрографическое депо, 1854. 96 с.
4. Матишов Г.Г. Новые данные о геоморфологии дна Азовского моря // Докл. АН. 2006. Т. 409, № 3. С. 375–380.
5. Мищенко А.А., Волкова Т.А., Миненкова В.В., Антипова Ю.О. Палеогеография Черного и Азовского морей и их побережий в плейстоцене и голоцене (в пределах Краснодарского края) // Изв. Дагестанского гос. пед. ун-та. Естеств. и точн. науки. 2018. Т. 12, № 1. С. 65–72.

6. Мамыкина В.А., Хрусталеv Ю.П. Береговая зона Азовского моря. Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 1980. 176 с.
7. Sentinel Online technical website. URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/level-1c/product-formatting> (дата обращения: 03.02.2022).
8. Hedley J.D., Harborne A.R., Mumby P.J. Simple and robust removal of sun glint for mapping shallow-water benthos // Intern. J. Remote Sensing. 2005. Vol. 26 (10). P. 2107–2112.
9. Stumpf R., Holderied K., Sinclair M. Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. // Limnol. Oceanogr. 2003. Vol. 48 (1). P. 547–556.
10. Lyzenga D.R., Malinas N.P., Tanis F.J. Multispectral bathymetry using a simple physically based algorithm // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2006. Vol. 44(8). P. 2251–2259.
11. Навионикс. URL: <https://navionics.ru/katalog-kart> (дата обращения: 10.02.2022).
12. Кочергин С. В. Идентификация структур рельефа дна в Азовском море по спутниковым данным // Системы контроля окружающей среды. 2017. № 10. С. 68–71.
13. Буркацкий О.Н., Аксенов В.А., Кузьмин В.Ю. Ландшафтно-экологическое районирование юго-восточной части Азовского моря // Морские биологические исследования: достижения и перспективы : материалы Всерос. науч.-практ. конф. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. С. 283–286.
14. Krylenko V., Aleinikov A., Krylenko M., Beliaeva N., Moiseeva N. Possibility of the underwater topography studying of large accumulative forms according to Sentinel-2 data // Seventh Intern. Conf. on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2019). 2019. Vol. 11174. P. 111741. Doi: 10.1117/12.2532292.
15. World Register of Marine Species. URL: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=138999> (дата обращения: 17.06.2022).
16. Ивлиева О.В., Фроленко Л.Н. Биогенное карбонатакопление Азовского моря во второй половине XX века // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2009. № 4. С. 96–99.
17. Ивлиева О.В. Влияние биогенного фактора на современное осадконакопление Азовского моря // 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.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. С. 135–137.
18. Матишов Г.Г., Польшин В.В., Кулыгин В.В., Титов В.В., Коваленко Е.П., Сушко К.С. Новые данные о строении косы Долгой Азовского моря (бурение, исследование обнажений, малакофауна) // Наука Юга России. 2020. Т. 16, № 3. С. 26–39.
19. Савикин А.И., Набоженко М.В. Распространение двустворчатого моллюска *Cerastoderma glaucum* (Poiret, 1789) (Bivalvia: cardiidae) в Таганрогском заливе Азовского моря // Вестн. ЮНЦ РАН. 2010. Т. 6, № 4. С. 105–107.
20. Савчук М.Я. *Mya arenaria* – новый элемент Азовского моря // Вестн. зоологии. 1980. № 5. С. 11–15.
21. Живоглядова Л.А., Ревков Н.К., Фроленко Л.Н., Афанасьев Д.Ф. Экспансия двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) в Азовском море // Рос. журн. биол. инвазий. 2021. Т. 14, № 1. С. 83–94.
22. Экологический атлас Азовского моря / гл. ред. Г.Г. Матишов; отв. ред. Н.И. Голубева, В.В. Сорочкина. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. 328 с.
23. Матишов Г. Г., Ковалева Г. В., Польшин В. В. Новые данные о скорости седиментации в Азовском море в позднем голоцене // Докл. АН. 2009. Т. 428, № 6. С. 820–823.

## References

1. *Papacoma*. Available from: <http://papacoma.narod.ru/maps-index.htm> [Accessed 10th March 2022]. (In Russ.).
2. Budishchev I.M. *Marine guide to the Azov and Black seas*. Saint Petersburg: Marine Printing House; 1808. Part 1. 65 p. (In Russ.).
3. Sukhomlin A.M. *Sailing directions of the Sea of Azov and the Kerch Strait*. Nikolaev: Black Sea Hydrographic Depot Press; 1854. 96 p. (In Russ.).
4. Matishov G.G. New data on the geomorphology of the bottom of the Sea of Azov. *Dokl. AN = Proceedings of the Academy of Sciences*. 2006;409(3):375-380. (In Russ.).
5. Mishchenko A.A., Volkova T.A., Minenkova V.V., Antiptseva Yu.O. Paleogeography of the Black and Azov seas and their coasts in the Pleistocene and Holocene (within the Krasnodar Krai). *Izvestiya DGPU. Estestvennye i tochnye nauki = Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2018;12(1):65-72. (In Russ.).
6. Мамыкина В.А., Хрусталеv Ю.П. *Coastal zone of the Sea of Azov*. Rostov-on-Don: Rostov State University Press; 1980. 176 p. (In Russ.).
7. Sentinel Online technical website. Available from: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/level-1c/product-formatting> [Accessed 3rd February 2022].

8. Hedley J.D., Harborne A.R., Mumby P.J. Simple and robust removal of sun glint for mapping shallow-water benthos. *Intern. J. Remote Sensing*. 2005;26(10):2107-2112.
9. Stumpf R., Holderied K., Sinclair M. Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. *Limnol. Oceanogr.* 2003;48(1):547-556.
10. Lyzenga D.R., Malinas N.P., Tanis F.J. Multispectral bathymetry using a simple physically based algorithm. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 2006;44(8):2251-2259.
11. Navioniks. Available from: <https://navionics.ru/katalog-kart> [Accessed 10th February 2022]. (In Russ.).
12. Kochergin S.V. Identification of bottom relief structures in the Sea of Azov from satellite data. *Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy = Monitoring Systems of Environment*. 2017;(10):68-71. (In Russ.).
13. Burkatskii O.N., Aksenov V.A., Kuzmin V.Yu. Landscape and ecological zoning of the southeastern part of the Sea of Azov. *Marine biological research: achievements and prospects*. Materials of All-Russian Scientific and Practical Conference. Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika Publ.; 2016:283-286. (In Russ.).
14. Krylenko V., Aleinikov A., Krylenko M., Beliaeva N., Moiseeva N. Possibility of the underwater topography studying of large accumulative forms according to Sentinel-2 data. *Seventh International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2019)*. 2019;11174:111741, doi: 10.1117/12.2532292.
15. *World Register of Marine Species*. Available from: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=138999> [Accessed 17th June 2022].
16. Ivlieva O.V., Frolenko L.N. Biogenic carbonate accumulation of the Sea of Azov in the second half of the 20th century. *Izv. vuzov. Sev.-Kavk. region. Estestv. nauki = Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Science*. 2009;(4):96-99. (In Russ.).
17. Ivlieva O.V. Influence of the biogenic factor on the modern sedimentation of the Sea of Azov. *Geology, Geography and Ecology of the Ocean: Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of D.G. Panov (June 8-11, 2009, Rostov-on-Don)*. Rostov-on-Don: Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences Press; 2009:135-137. (In Russ.).
18. Matishov G.G., Polshin V.V., Kulygin V.V., Titov V.V., Kovalenko E.P., Sushko K.S. New data on the structure of the Dolgaya spit of the Sea of Azov (drilling, study of outcrops, malacofauna). *Nauka Yuga Rossii = Science in the South Russia*. 2020;16(3):26-39. (In Russ.).
19. Savikin A.I., Nabozhenko M.V. Distribution of bivalvia *Cerastoderma glaucum* (Poiret, 1789) (*Bivalvia: cardiidae*) in the Taganrog Bay of the Sea of Azov. *Vestn. YuNTs RAN = Bulletin of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2010;6(4):105-107. (In Russ.).
20. Savchuk M.Ya. *Mya arenaria* – new element of the Sea of Azov. *Vestnik zoologii = Bulletin of Zoology*. 1980;(5):11-15. (In Russ.).
21. Zhivoglyadova L.A., Revkov N.K., Frolenko L.N., Afanasyev D.F. Expansion of the bivalve mollusk *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) in the Sea of Azov. *Ros. zhurn. biol. invazii = Russian Journal of Biological Invasions*. 2021;14(1):83-94. (In Russ.).
22. Matishov G.G., Golubeva N.I., Sorokina V.V., eds. *Ecological atlas of the Sea of Azov*. Rostov-on-Don: Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences Press; 2011. 328 p. (In Russ.).
23. Matishov G.G., Kovaleva G.V., Pol'shin V.V. New data on sedimentation rate in the Sea of Azov in the late Holocene. *Dokl. AN = Proceedings of the Academy of Sciences*. 2009;428(6):820-823. (In Russ.).

#### **Информация об авторах**

В.В. Крыленко – кандидат географических наук, старший научный сотрудник.  
М.В. Крыленко – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник.

#### **Information about the authors**

V.V. Krylenko - Candidate of Science (Geography), Senior Researcher.  
M.V. Krylenko - Candidate of Science (Geography), Leading Researcher.

Статья поступила в редакцию 02.11.2022; одобрена после рецензирования 20.01.2023; принята к публикации 19.05.2023.  
The article was submitted 02.11.2022; approved after reviewing 20.01.2023; accepted for publication 19.05.2023.