

УДК 551.35 : 551.794 : 551.795
DOI: 10.7868/S25000640210404

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОЛОЦЕНОВОЙ ИСТОРИИ ШЕЛЬФА АЗОВСКОГО МОРЯ

© 2021 г. Академик Г.Г. Матишов^{1,2}, В.В. Польшин¹, В.В. Титов¹,
К.С. Григоренко¹, К.С. Сушко¹, Е.П. Коваленко¹, Е.Э. Кириллова¹

Аннотация. В статье представлены результаты палеогеографических и океанологических экспедиционных исследований косы Долгой Азовского моря, полученные в 2021 г. Комплекс проводившихся мероприятий состоял из бурения скважин, измерения морских течений и термохалинной структуры прилегающих вод, отбора гидрохимических, гидробиологических, литологических проб и археологических работ.

При любом направлении ветра у западного (азовоморского) берега косы Долгой существует постоянное вдольбереговое течение. При западном ветре оно является дрейфовым, при восточном – компенсационным. Такой характер течений способствует транспортировке ракушечного материала с Елениной и Железинской банок и продуктов абразии с западного коренного берега. Приведены новые данные о строении разрезов скважин из различных районов косы Долгой. В нижних горизонтах скважин, пробуренных у основания косы, а также в лагунах, были отобраны пробы воды, общая минерализация в которых вдвое превышает соленость Азовского моря. Верхний водоносный горизонт островов косы Долгой хорошо промывается водами Азовского моря. Проведенные исследования островов позволили выявить различия в их строении, составе отложений и донной фауны. Отмеченные особенности стратиграфии и состава наносов, слагающих островные гряды, объясняются различиями их физико-механических характеристик и литодинамическими условиями транспортировки осадочного материала. Отложения островов в основном сложены ракушечным детритом различной степени раздробленности, органогенно-детритусовыми песками и отдельными створками раковин. В составе раковинного материала отложений преобладают створки моллюска *Cerastoderma*. Находки археологических артефактов на островной части косы относятся к различным эпохам и датируются II веком до н.э. и XIII–XIV веками н.э.

Ключевые слова: Азовское море, коса Долгая, вдольбереговые потоки наносов, течения, ракушечные отложения, скважины, состав малакофауны, береговые валы, острова.

NEW RESULTS OF THE HOLOCENE HISTORY INVESTIGATION OF THE SEA OF AZOV SHELF

Academician RAS G.G. Matishov^{1,2}, V.V. Polshin¹, V.V. Titov¹,
K.S. Grigorenko¹, K.S. Sushko¹, E.P. Kovalenko¹, E.E. Kirillova¹

Abstract. The article presents the results of paleogeographic and oceanological expeditionary studies of the Dolgaya Spit of the Sea of Azov, obtained in 2021. The complex of conducted work consisted of: drilling wells, measurements of sea currents and the thermohaline structure of adjacent waters, as well as hydrochemical, hydrobiological, lithological sampling and archaeological finds. It is shown that for any wind direction near the western (Sea of Azov) coast of the Dolgaya Spit, there is a constant alongshore current. With a westerly wind, it is purely drift, with an easterly wind – compensatory. This current contributes the transportation of shell material from the Yelenina and Zhelezinskaya banks and abrasion products from the western bedrock

¹ Федеральное исследовательское учреждение Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: vlad0220vlad@mail.ru

² Мурманский морской биологический институт Российской академии наук (Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russian Federation), Российская Федерация, 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17

coast. New data about the structure of well sections from different areas of the Dolgaya Spit are presented. In the lower horizons of wells drilled at the base of the spit, as well as in lagoons, water samples were taken, the total salinity in which is twice the salinity of the Sea of Azov. However, the upper water-bearing horizon of the Dolgaya Spit islands is well washed with the Sea of Azov waters. Investigations of the islands made it possible to reveal differences in their structure, composition of sediments and benthic fauna. The noted features of the stratigraphy and composition of sediments that compose the island bars, are explained by the differences in their physical and mechanical characteristics and the lithodynamic conditions for the transportation of sedimentary material. Most of the deposits of the islands are composed of shell detritus of varying degrees of fragmentation, organogenic detrital sands, and individual shell valves. The shellfish *Cerastoderma* dominates in the shell material of the sediments. Finds of archaeological artifacts on the insular part of the spit date back to the 2nd century BC and the 13th–14th centuries AD.

Keywords: Sea of Azov, Dolgaya Spit, alongshore sediment flows, currents, shell sediments, wells, composition of malacofauna, coastal bars, islands.

В течение последних десяти лет специалисты Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН) исследовали четвертичную историю южных морей. Работы велись с учетом опыта глубоководного бурения дна Мирового океана, проводившегося в 70–90 гг. прошлого столетия [1]. Особое внимание исследователями уделялось изучению акватории и побережья Азовского моря, уровень которого за последние 10 тыс. лет неоднократно менялся [2–8].

Для реконструкции истории климата двух-трех тысячелетий важно изучить прибрежную часть шельфа. Абсолютные датировки возраста отложений на косе Долгой свидетельствуют о том, что семиметровая толща ракушечных отложений накапливалась 4 тыс. лет. Однако основная часть аккумулятивного тела косы сформировалась примерно за одну тысячу лет, в интервале 2,5–1,5 тыс. л.н. [9; 10–16].

В 2021 г. на косе Долгой и прилегающих участках акватории Азовского моря сотрудниками ЮНЦ РАН были продолжены исследования, целью которых было получение новых данных об изменении природных условий, происходивших в Приазовье на протяжении позднего голоцена.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Новые данные получены в ходе экспедиционных исследований в период 24–29.06.2021 г. на территории косы Долгой и прилегающих участках акватории Азовского моря (рис. 1).

Работы были выполнены с использованием современных методик и оборудования на основе отработанных нами [5; 6; 10; 17] подходов с привлечением специалистов по различным направлениям. Для составления ортофотопланов и цифровых мо-

делей рельефа, а также измерения морфометрических особенностей береговых валов, формирующих аккумулятивное тело косы Долгой, с помощью беспилотного летательного аппарата была проведена аэрофотосъемка поверхностного рельефа. Одновременно осуществлялась закладка ключевых геодезических точек для бурения скважин, привязка ортофотопланов и измерения морфометрических особенностей береговых валов, формирующих аккумулятивное тело косы.

При проведении океанологической съемки в прибрежной части косы Долгой измерены скорость и направление течений. Значения температуры и солёности воды определены с помощью буйковой станции Aanderaa RCM 9LW. Дискретность измерений варьировалась от 30 с до 10 мин. Исследования выполнены на 10 океанографических станциях со стороны Таганрогского залива и Азовского моря (рис. 2).

Бурение скважин проводили с отбором керна. Было пробурено 6 скважин (рис. 1, 3), максимальная глубина пробуренной скважины составила 23 м (скважина 3), минимальная – 15,5 м (скважина 5). Всего же за 3 года на косе Долгой сотрудниками ЮНЦ РАН было пробурено 13 скважин.

Почвы и ракушечные отложения косы Долгой изучали как с помощью ручного бура РБГ-10, так и путем визуальных обследований естественных обнажений. На островной части косы ручным бурением было сделано четыре шурфа до глубины 2 м. Образцы ракушечных отложений из шурфов отбирали послойно каждые 0,4 м в двукратной повторности. Всего отобрано 17 образцов. В дальнейшем по общепринятым методикам [18; 19] проводили морфологическое описание отобранных проб (структура, механический состав, сложение, полевая влажность, признаки засоления и т.д.). Наличие карбо-

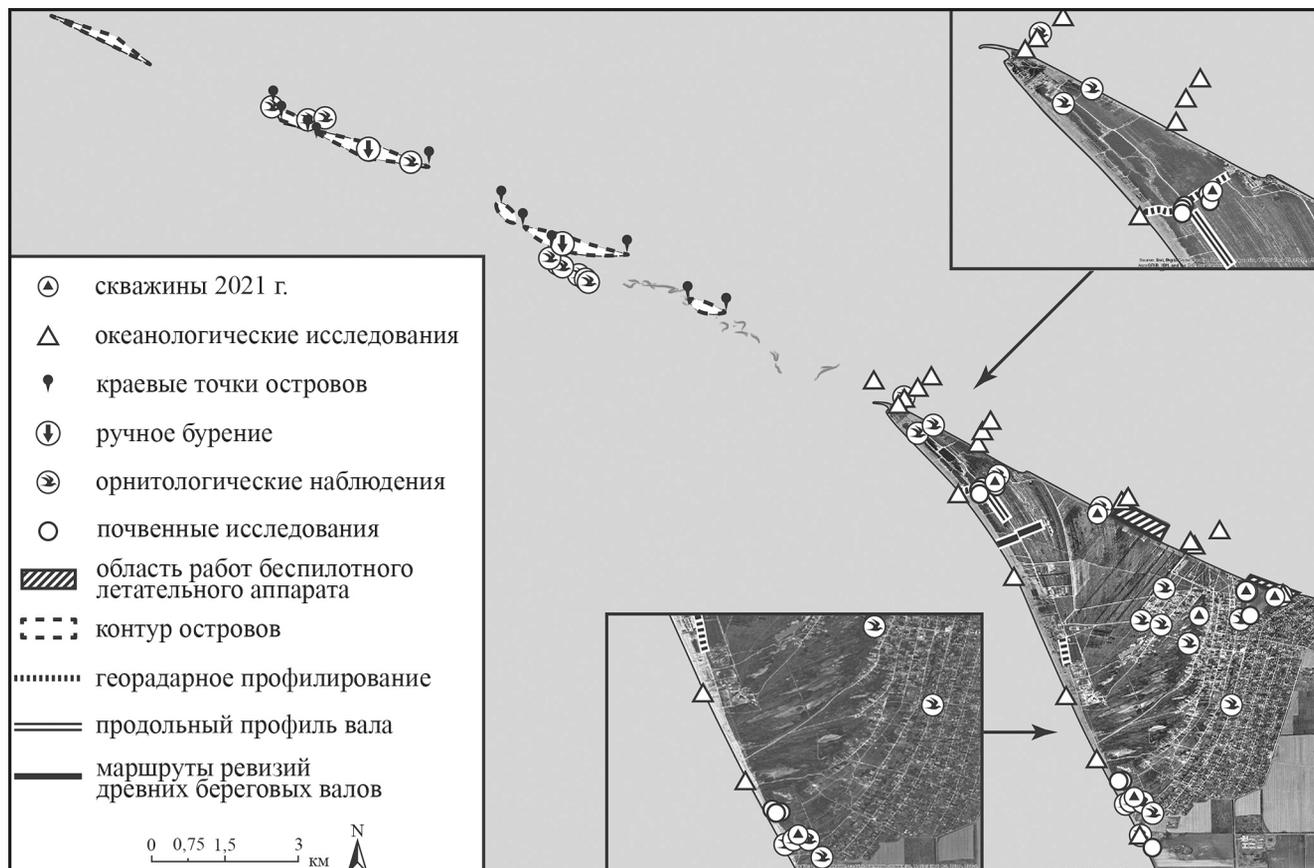


Рис. 1. Схема проведения экспедиционных исследований на косе Долгой в 2021 г.

Fig. 1. Plan of the field research on the Dolgaya Spit in 2021.

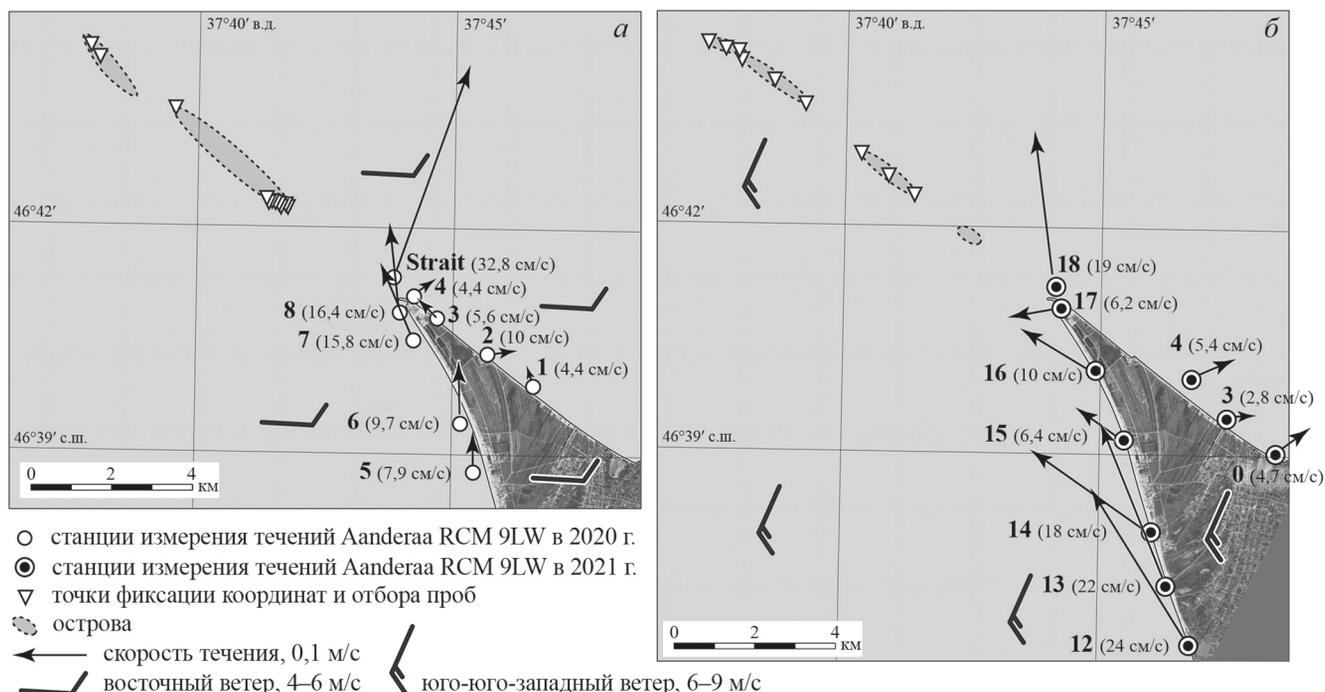


Рис. 2. Схема расположения океанологических станций: а – 30.06–04.07.2020 г.; б – 25–29.06.2021 г. Стрелками изображены векторы течений, в скобках – максимальная скорость, зафиксированная с помощью Aanderaa RCM 9LW.

Fig. 2. Oceanographic stations location: а – 30 June – 4 July 2020; б – 25–29 June 2021. Arrows depict the mean flow velocity vectors, in parentheses the maximum recorded via Aanderaa RCM 9LW.

натов в почве определяли с использованием 10%-го раствора соляной кислоты. Все образцы почв и ракушечных отложений упаковывали в пакеты и металлические боксы (для определения увлажнения).

Пробы воды на ионный состав отобраны из трех скважин (3, 4 и 7), двух озер лагунного типа, а также из скважины, пробуренной на островной части косы Долгой.

Отбор раковинного материала для биостратиграфических (малакологических) исследований песчано-ракушечных отложений косы Долгой и ее островной части осуществляли по вертикали изучаемых разрезов шурфов, скважин и естественных обнажений. В пробах отмечали наиболее часто встречающиеся виды моллюсков. Параллельно отбирали створки раковин для определения абсолютного возраста береговых валов радиоуглеродным методом.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Гидрологические и гидрохимические исследования вод необходимы для понимания роли косы Долгой в гидродинамике и истории формирования восточного побережья Азовского моря. Важно регулярно при различных направлениях ветра измерять параметры вдольбереговых течений. Установку и снятие буйковых станций во время экспедиции проводили в условиях юго-юго-западного ветра скоростью 6–9 м/с. Максимальные скорости течений, в соответствии с полем ветра, наблюдались с западной стороны косы и достигали 22–24 см/с. У центральной и северной частей западного берега косы скорости течений понижались до 6–10 см/с. Максимальная скорость вдольбереговых течений, направленных к оконечности косы, зафиксирована в районе станции 12 и составила 24 см/с (рис. 2).

Коренной берег испытывает активную волновую абразию; соответственно, при юго-западном направлении ветра и течений береговой материал переносится вдоль берега на север. Течения на станции 14 ослабевают до 18 см/с и поворачивают вместе с направлением береговой линии. На станции 15 зафиксирована наименьшая скорость течения у западного берега (6,4 см/с). Ближе к оконечности косы, на станции 16, скорость снова возрастает – до 10 см/с. На станции 17 зафиксировано обратное течение, образованное в результате завихрений в дистальной части. Для акватории, прилегающей к оконечности косы, в 2021 г. оказались нехарактерными высокие скорости переноса вод,

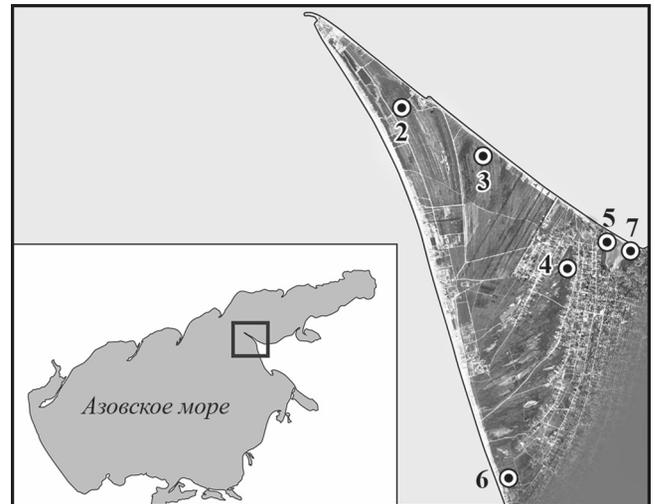


Рис. 3. Схема расположения скважин, пробуренных на косе Долгой в июле 2021 г.

Fig. 3. Layout of wells drilled on the Dolgaya Spit in July 2021.

максимальная скорость достигла 19 см/с в отличие от съемки 2020 г., когда в условиях более слабого ветра скорость течения в проливе между островами составила 32 см/с (рис. 2).

При западном ветре восточный берег косы является подветренным, поэтому наблюдаемые с этой стороны течения были слабее. Максимальная скорость составила 5,4 см/с. Течения были направлены на северо-восток. На станции 0 максимальная скорость течения составила 4,7 см/с, на станции 3 зарегистрирована наименьшая для всего периода измерений скорость 2,8 см/с. Станция 4 находилась дальше от берега в море. На ней заметно усиление дрейфовой составляющей. Соответственно, максимум скорости составил 5,4 см/с.

Для термического режима вод характерно понижение температуры в районах примыкания основания косы к коренному берегу. Возможно, у восточного побережья это явление связано с разгрузкой грунтовых вод, у западного – с перемешиванием всей водной толщи. Значения температуры составляли 25,9 °С для восточного берега и 25,7 °С для западного. У оконечности косы отмечалось повышение температуры до 27,01 °С (станция 16).

Наименьшая соленость воды была зафиксирована у основания косы с восточной стороны (станция 0) и составила 13,2 епс. Для воды у средней части восточного берега характерны значения в пределах 13,5–13,6 епс. У оконечности с восточной стороны зафиксированы максимальные значения солености, превышающие 14 епс. С западной стороны и в проливе между островами воды Азовского

Таблица 1. Ионный состав вод косы Долгой
Table 1. Ionic composition of the Dolgaya Spit waters

Место отбора Sampling place	Cl ⁻ , мг/л mg/l	HCO ₃ ⁻ , мг/л mg/l	SO ₄ ²⁻ , мг/л mg/l	Жесткость, мг-экв./л / Hardness, meq/l	Ca ²⁺ , мг/л mg/l	Mg ²⁺ , мг/л mg/l	Na ⁺ + K ⁺ , мг/л mg/l	Общая минерализация, г/л / Total mineralization, g/l
Скважина 3 (18–20 м) Well 3 (18–20 m)	4785,75	432,02	1729,08	64,00	601,20	413,44	2852	10,81
Скважина 4 (12–13 м) Well 4 (12–13 m)	7976,25	673,66	4322,70	104,00	641,28	875,52	5551	20,04
Скважина 4 (14–15 м) Well 4 (14–15 m)	8330,75	654,13	4418,76	106,00	681,36	875,52	5793	20,75
Скважина 4 (16–30 м) Well 4 (16–30 m)	16484,25	654,13	4514,82	100,00	641,28	826,88	11743	34,86
Скважина 7 (15–16 м) Well 7 (15–16 m)	17725,00	595,56	3266,04	122,00	521,04	1167,36	11394	34,67
Лагуна, коса Долгая Lagoon, Dolgaya Spit	12407,50	117,16	4034,52	124,00	821,64	1009,28	7798	26,19
Остров Долгий Dolgiy Island	8508,00	248,96	1921,20	60,00	240,48	583,68	5602	17,10
Озеро Лебяжье, станция Должанская / Lebyazh'e Lake, Dolzhanskaya village	15066,25	226,99	3458,16	124,00	601,20	1143,04	9418	29,91

моря оказались сильно перемешаны ветром, поэтому значения солености изменялись в узких пределах – 13,7–13,8 епс.

В ходе исследований грунтовых вод самая низкая концентрация растворенных веществ была зафиксирована в пробах, отобранных в молодых частях косы. Если минерализация грунтовых вод острова Длинного составила 17,1 г/л, то в скважине 3 зарегистрировано наименьшее значение – 10,8 г/л.

Вода во всех отобранных пробах относится к морскому хлоридно-натриевому типу. Небольшие колебания ионного состава позволяют выделить несколько групп. Наибольшая доля ионов натрия и калия среди катионов и хлоридов среди анионов характерна для вод с максимальной минерализацией из скважин 4, 7 и из оз. Лебединого. Ионный состав этого же типа выделен в пробе воды, отобранной на острове Длинном. Грунтовые воды из скважины 4 (горизонты 12–13 м и 14–15 м) отличаются повышенным содержанием катионов магния и сульфат-анионов. В безымянном лагунном озере, как и в пробах первой группы, значительно преобладают Na⁺ + K⁺ и Cl⁻, однако их отличает немного повышенное содержание сульфатов и магния. В водах из скважины 3 меньше всего

натрия и калия и максимальная доля иона Ca²⁺, кроме этого, в этой пробе наибольший процент гидрокарбонатов при относительно низком содержании хлоридов.

Максимальная минерализация грунтовых вод отмечена в скважине 4 (горизонт 16–30 м), где ее значения составили 34,9 г/л. В этой же скважине в интервалах отбора 12–13 и 14–15 м показатели минерализации были на уровне 20 и 20,7 г/л соответственно. Показатель 34,7 г/л зафиксирован в скважине 7 (горизонт 15–16 м). Высокие относительно Азовского моря значения получены для оз. Лебединого (29,9 г/л) и безымянной лагуны (26,2 г/л) (табл. 1).

При обследовании геологических обнажений вдоль западного и восточного берегов косы была установлена полная обнаженность разрезов, что говорит о постоянной и достаточно равномерной береговой абразии. Мощность разреза по простиранию изменяется мало и составляет 7–8 м.

В обнажениях вскрываются субаэральные отложения лёссово-почвенной серии, включая несколько погребенных почв, которые предварительно можно интерпретировать как мезинский педокомплекс (начало позднего неоплейстоцена) и камен-

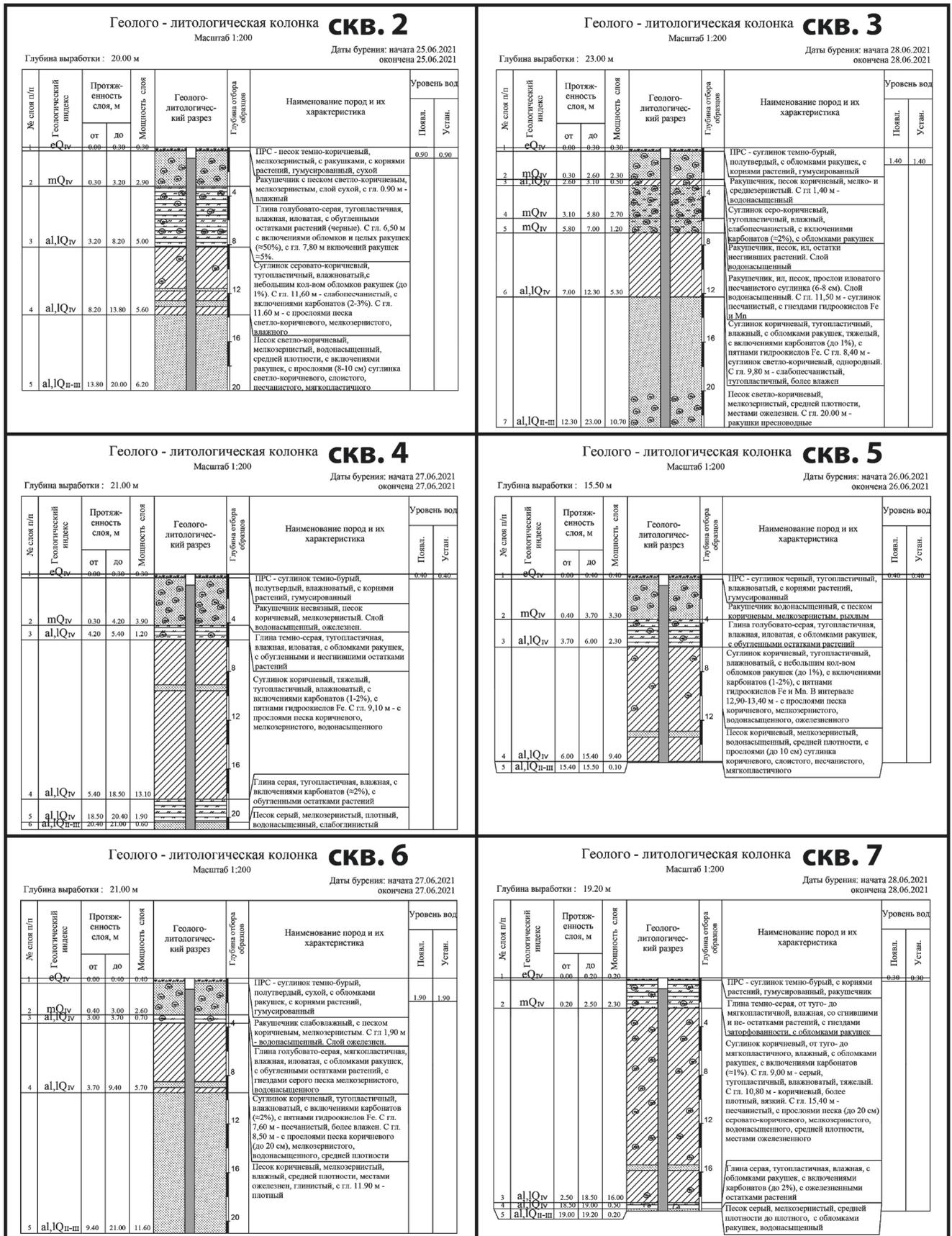


Рис. 4. Описание разреза скважин, пробуренных на косе Долгой в июле 2021 г.
 Fig. 4. Description of the section of the wells drilled in the area of the Dolgaya Spit in July 2021.

ский педокомплекс (конец среднего неоплейстоцена). Таким образом, можно предположить, что возраст террасы, к которой примыкает основание косы Долгой, датируется второй половиной неоплейстоцена (около 240–200 тыс. л.н.).

В ходе предварительного осмотра *in situ* слоев остатков ископаемые организмы в них обнаружены не были. На осыпи была найдена нижняя челюсть суслика *Spermophilus* sp., который в настоящее время в районе Ейского полуострова не обитает. Можно предположить, что остатки грызуна происходят из кротовин, отмеченных в слое валдайского лёсса (ниже уровня современной почвы).

Новые сведения о строении четвертичных отложений получены в результате бурения скважин на различных участках косы Долгой (рис. 3, 4).

Заостряя внимание на встречаемости моллюсков, отметим, что во всех пробуренных скважинах наибольшее количество раковин отмечалось в песчано-ракушечных отложениях, залегающих на глубине до 2,5–3 м. Малакофауна в этом интервале глубин преимущественно была представлена створками *Cerastoderma* Poli, 1795 разного размера и степени сохранности. Часто встречались крупные обломки *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, створки *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758), рако-

Таблица 2. Малакофауна из кернов скважин, пробуренных на косе Долгой
Table 2. Malacofauna from well cores drilled on the Dolgaya Spit

Скважина Well	Горизонт, м Horizon, m	Тип грунта Soil type	Малакофауна Malacofauna
Скважина 2 Well 2	3,8–3,9	Иловатая глина Silty clay	<i>Mytilus galloprovincialis</i> – обломки, единично / debris, single finds, <i>Cerastoderma</i> – крупные целые створки, много / large whole valves, many
	6–7,2	Илы с ракушечным детритом / Silt with shell detritus	<i>Cerastoderma</i> – обломки разного размера, массово / fragments of different sizes, mass, <i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778) – мало / few
	7,2–7,8	Заиленная ракуша Silted shell	<i>Mytilus galloprovincialis</i> – обломки крупных раковин, много / fragments of large shells, many <i>Lithoglyphus naticoides</i> (C. Pfeiffer, 1828) – много / many, <i>Dreissena</i> Van Beneden, 1835 – много / many, <i>Hypanis</i> Ménétries, 1832, <i>Viviparus viviparus</i> , Sphaeriidae, <i>Bittium reticulatum</i> – много / many, <i>Varicorbula gibba</i> (Olivi, 1792) – единично / single finds, <i>Loripes</i> Poli, 1791, <i>Politiitapes</i> Chiamenti, 1900
	~20	Песок Sand	<i>Cerastoderma</i> – целые створки, много / whole valves, many, <i>Abra</i> Lamarck, 1818 – обычно / ordinarily, <i>Bittium</i> – единично / single finds
Скважина 3 Well 3	5,5–6	Заиленная ракуша Silted shell	<i>Cerastoderma</i> , <i>Varicorbula gibba</i> , <i>Tritia</i> , <i>Gastrana</i> Schumacher, 1817, <i>Dreissena</i> , Unionidae
	20–22	Песок Sand	<i>Tritia</i> – единично / single finds
Скважина 5 Well 5	3,7	Ракуша Shell	<i>Tritia</i> – единично / single finds
Скважина 6 Well 6	3,2–3,5	Иловатая глина Silty clay	<i>Tritia</i> – единично / single finds, Mytilidae – обломки, единично / fragments, single finds, <i>Cerastoderma</i>

вины *Tritia* Risso, 1826, реже – раковины *Bittium* Gray, 1847, единично – *Hydrobia* (Hartmann, 1821) и *Theodoxus* Montfort, 1810, а также призмочные обломки створок Pholadidae. В более глубоких горизонтах моллюски были приурочены к серым илам, а на глубине 20 м и больше – к пескам плейстоценового возраста (табл. 2).

На берегу обследовали обнажения ракуши и выбросы донной фауны в пляжевую зону. У коренного берега со стороны Азовского моря были обнаружены живые моллюски: *Mya arenaria* Linnaeus, 1758, *Mytilus galloprovincialis* с кладками *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) и колониями *Balanus improvisus* Darwin, 1854, *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841). Кроме того, в массовом количестве отмечен двустворчатый моллюск *Barnea candida* (Linnaeus, 1758), обитающий в норах на выходах плотных грунтов. Также обнаружены рак *Upogebia pusilla* (Petagna, 1972), заселяющий норы в прибрежной части моря, и представитель кишечнополостных *Actinia equina* (Linnaeus, 1758).

Комплексность почвенного покрова является характерной чертой прибрежной части косы Долгой. Основными причинами комплексности являются: сложный мезо- и микрорельеф, различный характер увлажнения, развитие солонцового процесса. На косе преобладают маломощные песчаные почвы, которые часто залегают в комплексе с более гумусированными луговыми почвами. Гранулометрический состав почв преимущественно супесчаный (представлен мелким ракушечным детритом) либо тяжелосуглинистый супесчаный. Нижние горизонты почв, лежащих на ракушечных отложениях, в большинстве случаев имеют супесчаный состав.

Определение рН почв косы Долгой показало, что вниз по профилю происходит увеличение щелочности до 7,84–7,95, что связано с изменением окислительно-восстановительных условий при периодическом переувлажнении и подтоплении грунтовыми водами и при сгонно-нагонных явлениях. Также на прибрежных участках косы в районе лиманов и оз. Лебединого формируются ареалы гидроморфных почв, в профиле которых имеются признаки гидроморфизма: наличие железистых новообразований, гидроокисных пленок железа, сизоватых пятен оглеения. Почвы в шурфах 2, 4 отнесены по строению и свойствам к карбонатным.

Батиметрия дистальной части косы имеет сложную форму, встречаются затопленные острова, между которыми расположены глубокие промоины, неразличимые визуально с поверхности. Самая

важная часть наших исследований – данные о строении островной гряды, которая включает цепочку из примерно десяти крупных и мелких островов, разделенных водным пространством с глубинами от 0,5 до 4 м (рис. 1).

Острова косы Долгой ежегодно сильно меняются, при этом дальние, расположенные на расстоянии до 12 км от оконечности косы, имеют более стабильные размеры, местоположение и форму. Данные экспедиционных исследований, проводившихся в 2020 и 2021 гг., свидетельствуют о том, что количество, размеры и форма аккумулятивных островов постоянно трансформируются. В 2020 г. были зафиксированы координаты оконечностей двух крупных островов. Первый, ближайший к косе, имел длину 3,6 км, второй – 1,7 км. В 2021 г. наблюдалась цепь из более мелких островов. Было исследовано три острова, два из которых имели длину около 1,5 км, третий – около 0,5 км.

Первый длинный остров гряды (второй от оконечности косы, рис. 1) сложен рыхлой ракушей, преимущественно целыми створками моллюска *Cerastoderma*. Часто встречается *Mya arenaria* и крупные обломки *Mytilus galloprovincialis*. В зоне прибоя на берегу отмечены целые раковины этих моллюсков со скрепленными лигаментом створками. Равномерно по всей площади острова распределены раковины *Chamelea gallina*, *Solen vagina* Linnaeus, 1758 и *Tritia reticulata* (Linnaeus, 1758), редко встречаются *Gastrana fragilis* (Linnaeus, 1758), в выбросах обнаружена раковина пресноводного моллюска *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758). В поперечном сечении острова выделяется до 5 береговых валов. На его южной оконечности заметны около 10 боковых валов. На этом острове был заложен шурф глубиной 1,78 м. Вскрытые отложения сформированы преимущественно из створок раковин моллюсков, ракушечного детрита и ракушечного (органогенно-детритусового) песка при небольшом количестве кварцевых песков в нижней части профиля. Характер увлажненности отложений меняется (максимальный на глубине 0,6–0,7 м). Микрорельеф острова отличается значительной динамикой и формированием грядовых цепочек и валов, простирающихся параллельно береговой линии. Вероятно, важнейшую роль играют волновое воздействие и перемещение наносов, а также отчасти эоловый фактор перемещения осадочного материала.

Второй длинный остров гряды косы Долгой (рис. 1) отличает твердая поверхность, представ-



Рис. 5. Второй длинный остров косы Долгой, 2021 г.
Fig. 5. The second long island of the Dolgaya Spit, 2021.

ляющая из себя ракушу, цементированную птичьим пометом, толщина слоя которой изменяется от 5 до 14 мм. Прочное покрытие и обилие птичьих гнезд позволяют предположить, что остров меньше размывается и меняет форму в период сильных штормов (рис. 5). С северной оконечности острова был заложен шурф глубиной 0,85 м. По результатам изучения вскрытого шурфом разреза можно говорить о том, что в целом поверхностные отложения острова сложены уплотненным мелким раковинным детритом с примесью песка. Нижележащие отложения представлены мелким ракушечным детритом с незначительной примесью песка, вероятно, эолового происхождения. На глубине 0,4 м начинается слой мощностью 0,07 м, сложенный в основном целыми створками *Cerastoderma*. Наличие в слое створок вселенца *Mya arenaria* свидетельствует о формировании отложений не ранее середины прошлого века. Нижняя часть разреза преимущественно сложена слоем ракушечного детрита.



Рис. 6. Обнажение ракушечных отложений на островах косы Долгой, 2021 г.
Fig. 6. Outcrop of shell deposits on the islands of the Dolgaya Spit, 2021.

Третий, менее протяженный, остров (дальний от косы, рис. 1) со стороны Азовского моря имеет пологий рельеф и сложен спрессованным раковинным детритом. Со стороны Таганрогского залива его берег крутой и достигает высоты 1,5 м (рис. 6). Основной чертой отложений острова является четкая вертикальная дифференциация частиц крупнее 1 мм, доля которых вниз по профилю уменьшается до 20 %. На глубине более 1 м помимо ракушечного детрита в отложениях отмечаются включения кварцевого песка. В составе фракции крупнее 0,25 мм преобладает раковинный детрит. Частицы размером от 0,125 до 0,25 мм состоят в основном из тонких пластин детрита, которые, в отличие от округлых минеральных песчинок, могут планировать в ветровом потоке и быть перенесены на большее расстояние. По вертикали вскрытых разрезов влажность отложений изменяется. Ее максимальные значения зафиксированы в интервале 0,6–0,75 м. Ниже по профилю влажность уменьшается.

Важным археологическим открытием 2021 г. явилась находка в песчано-ракушечных отложениях на островах косы Долгой (46°43'49.14" с.ш., 37°38'24.66" в.д.) артефактов, относящихся к различным историческим эпохам (рис. 7). Одна находка, предварительно датируемая II веком до н.э., представляет собой верхнюю профильную часть греческой родосской амфоры с клеймом (рис. 7а). Находки XIII–XIV веков представлены фрагментами гончарных сосудов и амфор и, возможно, могут относиться к разрушенным слоям эпохи поселений Должанское I или Должанское II (рис. 7б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование полей течений при разном направлении ветра позволяет сделать вывод о существовании у западного (азовоморского) берега косы постоянного вдольберегового переноса как при западном, так и при восточном ветре. Если в первом случае течение имеет дрейфовую природу, то во втором это компенсационное течение. Такой характер течений в районе исследований способствует переносу осадочного материала с Елениной и Железинской банок, а также продуктов абразии западного коренного берега.

Изучение гидрохимического режима подземных вод косы Долгой позволяет сделать следующие выводы: у коренного берега, в наиболее глубоких водоносных горизонтах, а также в лагунах находится концентрированная морская вода, общая ми-

нерализация которой вдвое превышает соленость Азовского моря и достигает средних значений солености Мирового океана; верхний водоносный слой аккумулятивных островов косы Долгой хорошо промывается водами Азовского моря, на острове Длинном выходы пресных вод не обнаружены; пониженная минерализация и отличия ионного состава в верхних горизонтах скважины у коренного берега, в некоторых лагунах, а также в скважине в средней части косы, скорее всего, являются свидетельством разгрузки не морских подземных вод в этих районах.

Исследование островов косы Долгой позволило выявить различия в их строении. Надводные части отличаются структурой, плотностью и устойчивостью к внешним воздействиям.

Отмеченные особенности стратиграфии и состава наносов, слагающих островные гряды, можно объяснить различиями их физико-механических характеристик и литодинамическими условиями переноса. Данные свойства влияют на длительность транспортировки и условия осаждения материала. Раковинный детрит крупнее 1 мм и целые створки раковин являются основой для формирования ветроустойчивой поверхности островов косы Долгой.

Предварительный анализ строения и механизма формирования аккумулятивного тела косы Долгой, а также островной гряды в Азовском море открывает новые возможности для изучения механизмов и факторов образования и трансформации азовских кос и разработки средств и подходов для прогнозирования дальнейшего развития прибрежной зоны в связи с изменением уровня режима и климата. По результатам анализа данных можно более полно проследить внутривековые и межвековые тренды и закономерности природной изменчивости Азовского моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геологическая история Черного моря по результатам глубоководного бурения. 1980. М., Наука: 212 с.
2. Артюхин Ю.В. 2010. К геоморфологической интерпретации природных условий античной колонизации вершины Таганрогского залива. В кн.: *Древности Боспора. Т. 14.* М., Таус: 28–38.
3. Артюхин Ю.В., Артюхина О.И., Родионова Н.Б. 2015. *Ейское морское побережье: история и проблемы освоения, природные основы реконструкции.* Ейск, Фонд науки и образования: 205 с.
4. Балабанов И.П., Измайлов Я.А. 1988. Изменение уровня и гидрохимического режимов Черного и Азовского морей за последние двадцать тысяч лет. *Водные ресурсы.* 6: 54–62.



Рис. 7. Археологические находки различных эпох, обнаруженные на островной части косы Долгой в июне 2021 г.: *а* – верхняя профильная часть греческой родосской амфоры, II век до н.э.; *б* – фрагменты гончарных сосудов и амфор, XIII–XIV века.

Fig. 7. Archaeological finds from different eras, discovered on the insular part of the Dolgaya Spit in June 2021: *a* – upper profile part of a Greek amphora of Rhodes, 2nd century BC; *b* – fragments of pottery vessels and amphorae, 13th–14th centuries AD.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ 20-17-00196 «Комплексные исследования аккумулятивных береговых форм Азовского моря для понимания процессов их формирования и трансформации в голоцене».

5. Матишов Г.Г., Польшин В.В. 2019. Новые результаты по истории Азовского моря в голоцене. *Доклады академии наук.* 489(2): 190–194. doi: 10.31857/S0869-56524892190-194
6. Матишов Г.Г., Польшин В.В., Коваленко Е.П., Григоренко К.С. 2021. Палеоокеанология Азовского моря в голоцене (по данным бурения и изучения малакофауны на косе Долгой). *Океанология.* 61(4): 609–619. doi: 10.31857/S0030157421030084
7. Панов Д.Г., Хрусталева Ю.П. 1966. Об истории развития Азовского моря в голоцене. *Доклады Академии наук СССР.* 166(2): 429–432.
8. Шнюков Е.Ф., Орловский Г.Н., Усенко В.П., Григорьев А.В., Гордиевич В.А. 1974. *Геология Азовского моря.* Киев, Наукова думка: 248 с.

9. Артюхин Ю.В. 2011. Проблемы изучения эволюции береговых зон морей на основе данных по структуре баланса наносов и содержанию гетерогенных компонентов рельефа. В кн.: *Географические исследования Краснодарского края. Сборник научных трудов. Вып. 6*. Краснодар, изд-во КубГУ: 40–54.
10. Матишов Г.Г., Польшин В.В., Титов В.В. 2020. Исследования отложений кос Азовского моря (на примере косы Долгой). *Океанология*. 60(1): 158–161. doi: 10.31857/S0030157420010165
11. Шохин И.В., Набоженко М.В., Сарвилина С.В., Титова Е.П. 2006. Современное состояние и закономерности распределения донных сообществ Таганрогского залива. *Океанология*. 46(3): 432–441.
12. Воробьев В.П. 1949. *Бентос Азовского моря*. Симферополь, Крымиздат: 193 с.
13. Зенкович В.П. 1958. *Берега Черного и Азовского морей*. М., Географгиз: 374 с.
14. Мамыкина В.А., Хрусталеv Ю.П. 1980. *Береговая зона Азовского моря*. Ростов н/Д, изд-во РГУ: 176 с.
15. Матишов Г.Г., Шохин И.В., Набоженко М.В., Польшин В.В. 2008. Многолетние изменения донных сообществ Азовского моря в связи с характером осадконакопления и гидрологическим режимом моря. *Океанология*. 48(3): 425–435.
16. Хрусталеv Ю.П. 1989. *Закономерности осадконакопления во внутриконтинентальных морях аридной зоны*. Л., Наука: 261 с.
17. Матишов Г.Г., Григоренко К.С. 2020. Динамический режим Азовского моря в условиях осолонения. *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 492(1): 107–112. doi: 10.31857/S268673972005014X
18. Александрова Л.Н., Найденова О.А. 1986. *Лабораторно-практические занятия по почвоведению*. Л., Агропромиздат: 295 с.
19. Кауричев И.С. 1980. *Практикум по почвоведению*. М., Колос: 280 с.
5. Matishov G.G., Polshin V.V. 2019. New results on the history of the Sea of Azov in the Holocene. *Doklady Earth Sciences*. 489(1): 1339–1344. doi: 10.1134/S1028334X19110138
6. Matishov G.G., Polshin V.V., Kovalenko E.P., Grigorenko K.S. 2021. Paleooceanology of the Sea of Azov in the Holocene (based on geological survey data and investigation of malacofauna on the Dolgaya Spit). *Oceanology*. 61(4): 533–542. doi: 10.1134/S0001437021030085
7. Panov D.G., Khrustalev Yu.P. 1966. About the history of the Sea of Azov in the Holocene. *Doklady Akademii nauk SSSR*. 166(2): 429–432. (In Russian).
8. Shnyukov E.F., Orlovskiy G.N., Usenko V.P., Grigoriev A.V., Gordievich V.A. 1974. *Geologiya Azovskogo morya*. [Geology of the Sea of Azov]. Kiev, Naukova dumka: 248 p. (In Russian).
9. Artyukhin Yu.V. 2011. [Investigation problems of the evolution of coastal zones of the seas based on data of the structure of sediment balance and the content of heterogeneous components of the relief]. In: *Geograficheskie issledovaniya Krasnodarskogo kraya. Sbornik nauchnykh trudov. Vyp. 6*. [Geographical research in Krasnodar Region. Collection of scientific papers. Vol. 6]. Krasnodar, Kuban State University: 40–54. (In Russian).
10. Matishov G.G., Polshin V.V., Titov V.V. 2020. Studies of the sediments of the Sea of Azov (on the example of Dolgaya Spit). *Oceanology*. 60(1): 138–141. doi: 10.1134/S0001437020010166
11. Shokhin I.V., Nabozhenko M.V., Sarvilina S.V., Titova E.P. 2006. The present-day condition and regularities of the distribution of the bottom communities in Taganrog bay. *Oceanology*. 46(3): 401–410. doi: 10.1134/S000143700603012X
12. Vorobiev V.P. 1949. *Bentos Azovskogo morya*. [Benthos of the Sea of Azov]. Simferopol, Krymizdat: 193 p. (In Russian).
13. Zerkovich V.P. 1958. *Berega Chernogo i Azovskogo morey*. [The shores of the Black and Azov seas]. Moscow, Geografgiz: 374 p. (In Russian).
14. Mamykina V.A., Khrustalev Yu.P. 1980. *Beregovaya zona Azovskogo morya*. [Coastal zone of the Sea of Azov]. Rostov-on-Don, Rostov State University: 176 p. (In Russian).
15. Matishov G.G., Shokhin I.V., Nabozhenko M.V., Polshin V.V. 2008. Long-term changes in the benthic communities of the Sea of Azov related to the sedimentation and hydrological regime. *Oceanology*. 48(3): 390–400. doi: 10.1134/S0001437008030119
16. Khrustalev Yu.P. 1989. *Zakonomernosti osadkonakopleniya vo vnutrikontinental'nykh moryakh aridnoy zony*. [Regularities of sedimentation in the inland seas of the arid zone]. Leningrad, Nauka: 261 p. (In Russian).
17. Matishov G.G., Grigorenko K.S. 2020. Dynamic mode of the Azov Sea in conditions of salinization. *Doklady Earth Sciences*. 492(1): 376–381. doi: 10.1134/S1028334X20050141
18. Aleksandrova L.N., Naydenova O.A. 1986. *Laboratorno-prakticheskie zanyatiya po pochvovedeniyu*. [Laboratory and practical classes in soil science]. Leningrad, Agropromizdat: 295 p. (In Russian).
19. Kaurichev I.S. 1980. *Praktikum po pochvovedeniyu*. [Workshop on soil science]. Moscow, Kolos: 280 p. (In Russian).

REFERENCES

1. *Geologicheskaya istoriya Chernogo morya po rezul'tatam glubokovodnogo bureniya*. [Geological history of the Black Sea based on the results of deep water drilling]. 1980. Moscow, Nauka: 212 p. (In Russian).
2. Artyukhin Yu.V. 2010. [On the geomorphological interpretation of the natural conditions of the ancient colonization of the top of the Taganrog Bay]. In: *Drevnosti Bospora. T. 14*. [Antiquities of the Bosporus. Vol. 14]. Moscow, Taus: 28–38. (In Russian).
3. Artyukhin Yu.V., Artyukhina O.I., Rodionova N.B. 2015. *Eyskoe morskoe poberezh'e: istoriya i problemy osvoeniya, prirodnye osnovy rekonstruktsii*. [Yeisk sea coast: history and development problems, natural foundations of reconstruction]. Yeisk, Science and Education Foundation: 205 p. (In Russian).
4. Balabanov I.P., Izmajlov Ya.A. 1988. [Changes in the level and hydrochemical regimes of the Black and Azov seas over the past twenty thousand years]. *Vodnye resursy*. 6: 54–62. (In Russian).

Поступила 13.09.2021