

УДК 551.3.051:551.35:551.79(262.54)
DOI: 10.7868/25000640230103

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ БЕРЕГОВЫХ КОС ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА АЗОВСКОГО МОРЯ

© 2023 г. Академик Г.Г. Матишов^{1,2}, В.В. Польшин¹, В.В. Титов¹,
В.В. Кулыгин¹, Г.В. Ковалева¹, С.А. Мисиров¹, Е.П. Коваленко¹,
А.С. Тесаков³, П.Д. Фролов³

Аннотация. На протяжении 2019–2022 гг. проведено комплексное изучение строения и истории формирования кос Долгой, Чумбурской, Павло-Очаковской и Беглицкой на южном и северном берегах Таганрогского залива Азовского моря. На основе послойных исследований кернов из 24 скважин, глубина которых составляла от 5,2 до 26,5 м, а также ряда береговых обнажений выделены основные этапы развития Азовского моря на протяжении позднего плейстоцена и голоцена. Верхняя часть осадочной толщи всех изученных кос сложена новоазовскими песчано-ракушечными отложениями, мощность которых увеличивается от основания к дистальным частям кос. Основой карбонатного материала новоазовских отложений являются раковины *Cerastoderma glaucum*, поступавшие с банок Железинской, Ахтарской и Еленина, из прибрежных частей и заливов Азовского моря. Этот слой залегает на серых мягкопластичных суглинках и илистых песках древнеазовского возраста лиманно-лагунного происхождения. Ниже вскрываются тугопластичные серые и голубовато-серые глины и суглинки, которые сформировались в начале голоцена в мелководном водоеме. На северном побережье (Беглицкая коса) эти отложения залегают на слое размытых верхнемиоценовых известняков. В разрезах скважин на косах южного побережья Таганрогского залива в интервале глубин 18–22 м вскрываются морские пески позднекарангатского бассейна начала позднего плейстоцена. Исследование поверхностного микрорельефа самой крупной косы южного побережья, Долгой, позволило выявить разновозрастные системы береговых валов, характеристики которых свидетельствуют о 5–6 стадиях ее развития.

Ключевые слова: береговые косы, Азовское море, Таганрогский залив, голоцен, плейстоцен, скважины, геологический разрез, малакофауна, диатомовые водоросли, палеогеография.

RESULTS OF AN INTEGRATED STUDY OF THE COASTAL SPITS OF THE TAGANROG BAY OF THE SEA OF AZOV

Academician RAS G.G. Matishov^{1,2}, V.V. Polshin¹, V.V. Titov¹,
V.V. Kulygin¹, G.V. Kovaleva¹, S.A. Misirov¹, E.P. Kovalenko¹,
A.S. Tesakov³, P.D. Frolov³

Abstract. During 2019–2022, a comprehensive study of the structure and history of the formation of the Dolgaya, Chumburskaya, Pavlo-Ochakovskaya and Beglitskaya spits on the southern and northern shores of the Taganrog Bay of the Sea of Azov was carried out. Based on layer-by-layer studies of cores from 24 wells, the depth of which ranged from 5.2 to 26.5 m, as well as a number of coastal outcrops, the main stages of the development of the Sea of Azov during the late Pleistocene and Holocene were identified. The upper part of the sedimentary sequence at all studied spits is composed by New Azovian sandy-shell deposits, the thickness

¹ Федеральный исследовательский центр 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: matishov_ssc-ras@ssc-ras.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

³ Геологический институт Российской академии наук (Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation), Российская Федерация, 119017, г. Москва, пер. Пыжевский, 7, стр. 1

of which increases from the base to the distal parts of the spits. The basis of the carbonate material of the New Azovian deposits is shells of *Cerastoderma glaucum*, which came from the Zhelezinskaya, Akhtarskaya and Elenin banks, coastal parts and bays of the Sea of Azov. This layer overlays on gray soft-plastic loams and silty sands of Old Azovian age of firth-lagoon origin. Below, gray and bluish-gray hard-plastic clays and loams are exposed, which were formed at the beginning of the Holocene in a shallow reservoir. On the northern coast (Beglitskaya spit), these deposits overlie a layer of eroded Upper Miocene limestones. In the boreholes' sections on the spits of the southern coast of the Taganrog Bay, in the depth interval of 18–22 m, marine sands of the late Karangat basin of the early Late Pleistocene are exposed. The study of the microrelief's surface of the largest spit on the southern coast (Dolgaya spit) made it possible to identify 44 coastal ridges, which characteristics indicate the presence of 5–6 stages of its formation.

Keywords: coastal spits, Sea of Azov, Taganrog Bay, Holocene, Pleistocene, boreholes, geological section, malacofauna, diatoms, paleogeography.

ВВЕДЕНИЕ

Таганрогский залив занимает 14 % площади акватории Азовского моря. Особенностью современной динамики его береговой зоны является преобладание абразии и локальный характер аккумуляции наносов. Участки разрушающегося коренного берега чередуются с районами накопления

осадочного материала, представленными пляжами и косами. Вдоль северного берега залива с востока на запад выделяются косы Петрушина, Беглицкая, Кривая и Белосарайская, а южного – Павло-Очаковская, Чумбурская, Сазальницкая, Глафиrowsкая, Ейская и Долгая. Протяженность кос и объемы поступающего на них осадочного материала увеличиваются с востока на запад, что обусловлено ростом

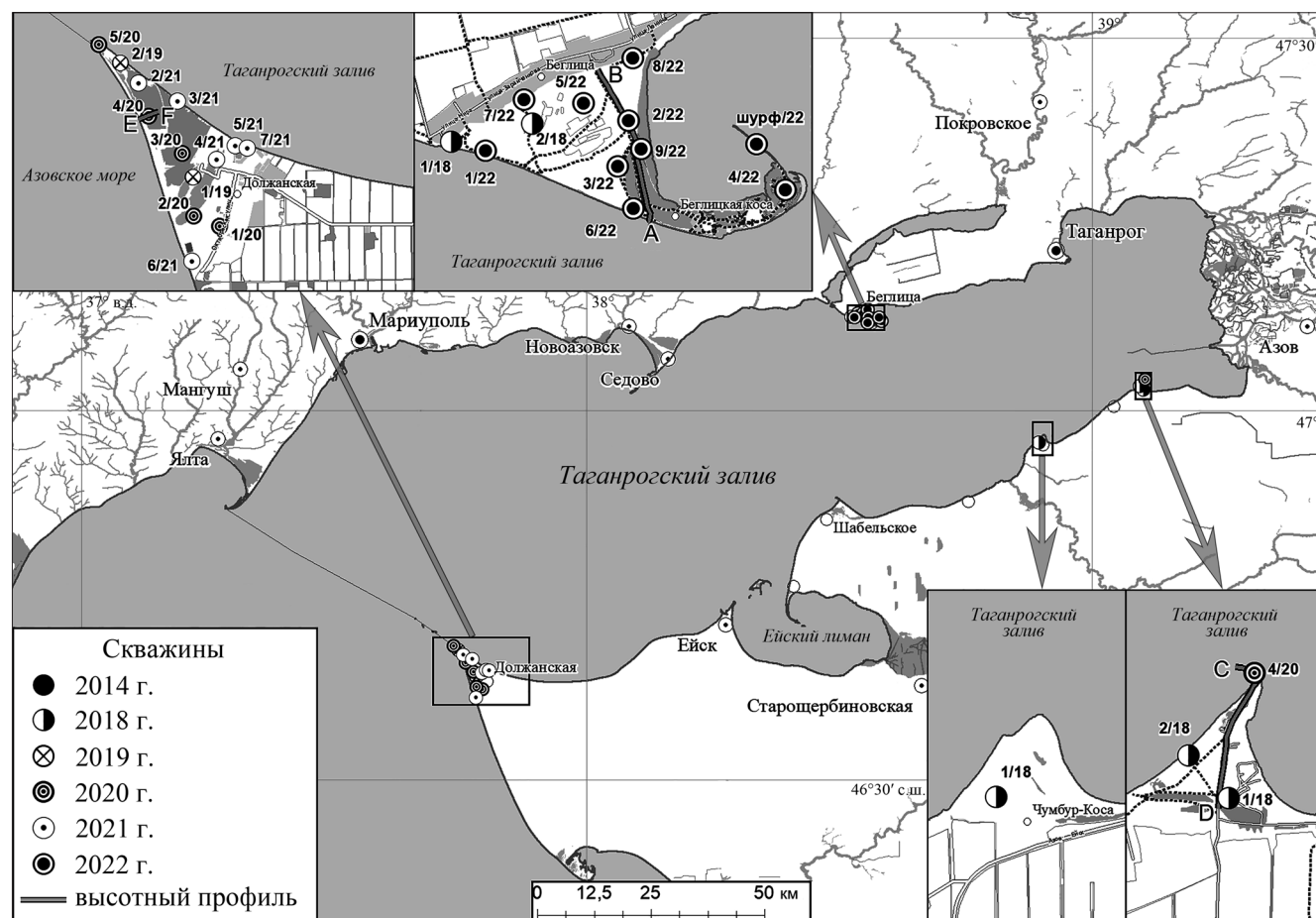


Рис. 1. Места расположения скважин и высотных профилей на косах Азовского моря, полученные в ходе исследований 2019–2022 гг.
Fig. 1. Locations of boreholes and altitude profiles on the Sea of Azov spits, obtained during the studies of 2019–2022.

параметров волн, характером течений и потоков наносов в этом направлении [1–3].

На протяжении последних лет сотрудниками Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН) проводится комплексное изучение береговых кос, поскольку их строение отражает изменение природных условий в регионе, происшедших в голоцене. Был собран и проанализирован обширный фактический уникальный материал по литологии, биостратиграфии и абсолютному возрасту донных и береговых отложений, строению рельефа дна залива, а также по флоре и фауне из разных горизонтов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Комплексное изучение береговой зоны Таганрогского залива ведется сотрудниками ЮНЦ РАН с 2016 г. За это время было пробурено 24 скважины глубиной от 5,2 до 26,5 м, а также изучен ряд естественных обнажений на косах Долгая, Павло-Очаковская, Чумбурская и Беглицкая (рис. 1). Бурение скважин производили колонковым и ударно-канатным способом с отбором керна. Отбор раковинного материала осуществляли послойно из отложений береговых обнажений, кернов скважин с указанием видовой принадлежности и степени сохранности раковин. Определение моллюсков проводили с использованием ряда источников [4; 5]. При выделении створок диатомовых из осадков применяли традиционные методы диатомового анализа [6; 7]. Идентификацию диатомовых водорослей проводили с использованием светового микроскопа Leica DME, а также сканирующего электронного микроскопа Carl Zeiss EVO 40 XVP.

Измерения отметок высот поверхностного рельефа, координат точек бурения и месторасположения естественных обнажений производили с помощью GNSS-приемника «EFT M4 GNSS». На их основе составляли высотные продольные и поперечные профили (рис. 2). Аэрофотосъемку в районах полевых исследований осуществляли при помощи беспилотного летательного аппарата «DJI Mavic Mini 2» по маршрутам, обеспечивающим 60 % поперечного и 65 % продольного перекрытия снимков с периодичностью съемки каждые 2 секунды.

Определение абсолютного возраста отложений выполнено радиоуглеродным методом (^{14}C) по образцам раковин моллюсков в лаборатории геоморфологических и палеогеографических иссле-

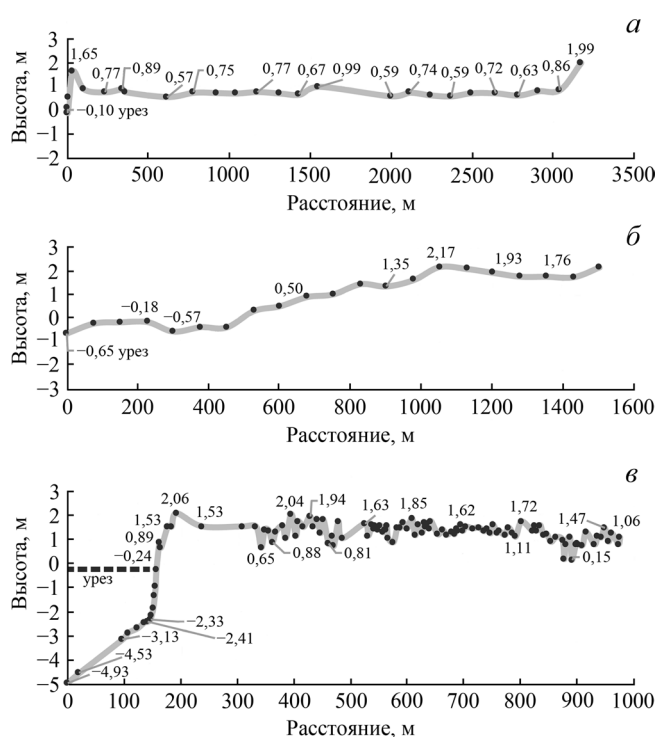


Рис. 2. Высотные профили кос Таганрогского залива: *a* – продольный профиль Беглицкой косы (от окончания косы (слева) к ее основанию (справа)); *б* – продольный профиль Павло-Очаковской косы; *в* – поперечный профиль косы Долгой с отметками уровней береговых валов.

Fig. 2. Altitude profiles of the Taganrog Bay spits: *a* – longitudinal profile of the Beglitskaya spit (from the end of the spit (left) to its base (right)); *б* – longitudinal profile of the Pavlo-Ochakovskaya spit; *в* – transversal profile of the Dolgaya spit with marks of the levels of coastal ridges.

ований полярных регионов и Мирового океана Санкт-Петербургского государственного университета (ЛГУ). Значения календарного возраста были получены с помощью программы «OxCal 4.3» (калибровочная кривая «IntCal 13»).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Развитие азовской акватории в голоцене следует рассматривать как процесс постепенного повышения уровня моря с периода окончания последней ледниковой эпохи, который прерывался относительно кратковременными регрессивными этапами. Если в конце плейстоцена площадь современной акватории представляла собой участок низкой суши, по которой протекал Палео-Дон, то в начале голоценовой эпохи наметилась тенденция к проникновению черноморских вод на ее территорию [8]. В соответствии с этапами изменения уровня моря происходило формирование современной

береговой линии Таганрогского залива и образование кос на его побережье. В целом азовские косы имеют сходное строение вне зависимости от расположения и размера. Ранее показано, что крупные источники раковинного материала для формирования аккумулятивного тела береговых кос азовского типа существовали на юго-востоке азовского шельфа в районе банок Железинской, Ахтарской и Еленина и в прибрежной полосе западной части моря в районе Арабатской Стрелки, а также в заливах Азовского моря [9; 10].

Коса Долгая. Одним из ключевых объектов наших исследований являлась коса Долгая, которая фактически отгораживает с юга Таганрогский залив от остальной части Азовского моря. Протяженность косы по правому берегу составляет более 10 км, по левому – около 7 км. Ширина прикорневой части достигает 3,75 км.

Строение и геоморфология. По результатам бурения было установлено, что верхняя часть разреза косы Долгой сложена песчано-ракушечными отложениями с примесью глины и суглинка (рис. 3). Мощность ракушечных отложений увеличивается от корневой к дистальной части косы от 0 до 7 м и в среднем составляет 2,5–3,5 м. По результатам абсолютного датирования этот горизонт относится нами к новоазовским отложениям (образовывались в последние 3 тыс. лет). Под слоем песчано-ракушечных отложений, формирующих береговые валы, залегают лиманно-лагунные осадки, представленные мягкопластичными глинами темно-серого и голубовато-серого цвета с включениями раковинного материала, остатков растительности и линзами мелкозернистого илистого песка. Их мощность в изученных разрезах увеличивается к восточному

берегу (к Таганрогскому заливу) и дистали косы Долгой от 1,2 до 5,3 м. Эти слои интерпретируются нами как преимущественно древнеазовские отложения (3,1–6,5 тыс. л. н.). Под песчано-ракушечными и лиманно-лагунными отложениями залегают тугопластичные глины и суглинки более древнего возраста с включениями карбонатов и гидроокислов железа. Их цвет по вертикали разреза меняется от серого до коричневого. Периодически отмечаются прослои и линзы мелкозернистого песка желто-коричневого цвета. Под толщей, сложенной глинами и суглинками, в скважинах, пробуренных в дистальной части косы в интервале глубин 18–22 м, залегают морские неслоистые пески серого и светло-коричневого цвета с включениями раковинного материала.

Малакофауна. По результатам исследования береговых обнажений и кернов скважин в верхних песчано-ракушечных отложениях косы Долгой было выявлено порядка 30 таксонов моллюсков видового и надвидового ранга. В основном отмечены представители азово-черноморской фауны, реже встречаются раковины пресноводных видов. Основная масса раковинного материала в поверхностных отложениях представлена створками *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789), доля которых, в зависимости от района и горизонта отбора, колеблется от 57 до 96 %. Повсеместно встречаются многочисленные створки и обломки *Abra segmentum* (Récluz, 1843) (от 9 до 32 %) и *Barnea candida* (L., 1758) (от 4 до 27 %), а в некоторых интервалах – *Bittium reticulatum* (da Costa, 1778) (до 15 %). Ракушечные отложения центральной части косы в основном сложены целыми и слабозрушенными створками раковин *Cerastoderma glaucum* с примесью пес-

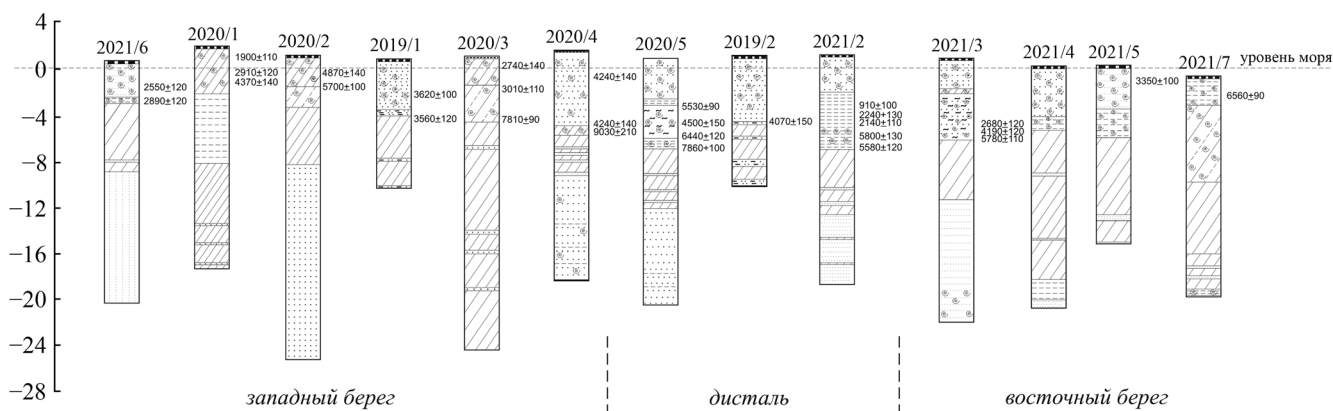


Рис. 3. Колонки косы Долгой (южный берег Таганрогского залива, Краснодарский край) с отметками радиоуглеродных абсолютных датировок.

Fig. 3. Cores of the Dolgaya spit (southern coast of the Taganrog Bay, Krasnodar Territory) with marks of absolute radiocarbon dates.

чано-илистых частиц. Отмечается переслаивание слоев, сложенных целыми створками раковин, с маломощными прослоями, в составе которых преобладает ракушечный детрит.

Для древнеазовских отложений, залегающих глубже 3 м от уровня дневной поверхности и представленных преимущественно лиманно-лагунными мягкопластичными глинами, характерно видовое разнообразие моллюсков и преобладание морских видов средиземноморского происхождения – *Chamelea gallina* (L., 1758), *Polititapes aureus* (Gmelin, 1791), *Parvicardium exiguum* (Gmelin, 1791), *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, *Rissoa* sp., *Tritia reticulata* (L., 1758), *Tragula fenestrata* (Jeffreys, 1848) и др. Вышележащие новоазовские отложения беднее по видовому составу фауны и в основном представлены комплексом азово-черноморских видов: *Cerastoderma glaucum*, *Abra segmentum*, *Lentidium mediterraneum* (O.G. Costa, 1830), *Hydrobia acuta* (Draparnaud, 1805). На восточном берегу у основания косы Долгой в лиманно-лагунных отложениях, вскрывающихся на глубине от 1,2 до 5,3 м (скважина 7/21), отмечен комплекс руководящих видов *Hydrobia acuta* – *Abra segmentum* – *Rissoa* sp. с присутствием в разных горизонтах *Theodoxus major* Issel, 1865 и *Setia valvatoides* (Milashevitch, 1909). Вероятно, в этом районе на месте современного озера Лебяжьего косы Долгой был лиман, имевший слабое сообщение с морем или полностью изолированный от него.

Возраст и условия формирования подстилающих отложений. Возраст тугопластичных серо-коричневых глин и суглинков, подстилающих древне- и новоазовские отложения разреза косы, на данный момент установить не удалось. Диатомовый анализ серии образцов из скважины 6/21 (глубина 6,5–11,9 м) и скважины 4/21 (глубина 6,5–18,5 м) позволяет выявить некоторые палеоэкологические условия формирования этих слоев. Пробы характеризуются относительно низкой численностью створок диатомовых водорослей. Наличие в некоторых интервалах заметного видового разнообразия и количества бентосных и эпифитных форм (*Amphora* sp., *A. pediculus* (Kütz.) Grun., *Diatoma vulgaris* Bory, *Cocconeis* sp., *Cymbella* sp., *Fragillaria* sp., *Hantzschia* sp., *Luticola mutica* (Kütz.) D.G. Mann, *Navicula* sp., *N. salinarum* Grun. (рис. 4в), *Nitzschia* sp., *N. inconspicua* Grun., *Opephora* sp., *Reimeria* sp., *Staurosira* sp., *Synedra* sp., *Tryblionella* sp.) однозначно указывает на мелко-

водные условия обитания (прибрежный биотоп) в момент формирования вмещающих отложений. Достаточно часто вместе с бентосными и эпифитными формами встречаются планктонные виды диатомей: *Actinocyclus octonarius* Ehr. (рис. 4а), *Actinoptychus senarius* (Ehr.) Ehr., *Aulacoseira granulate* (Ehr.) Simonsen, *Coscinodiscus perforatus* Ehr. (рис. 4б), *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Smith, *Thalassiosira* sp., *Th. decipiens* (Grunow et Van Heurck) Jørgensen, – что может указывать на периодический заток солоноватых морских вод.

Полученные результаты диатомового анализа не позволяют определить точный возраст вмещающих отложений. Виды, характерные для древне- и новоазовских отложений Азовского моря (*Actinocyclus octonarius* и *Actinoptychus senarius*), встречаются в виде обломков практически по всей мощности изученных разрезов. Поступление переотложенных обломков *Actinocyclus octonarius* и *Actinoptychus senarius*, скорее всего, было из открытой части моря, поскольку именно там эти виды доминируют в верхнечетвертичных отложениях. Необходимо отметить, что в распространенных на площади Таганрогского залива древнеазовских слоях доминирует вид *Thalassiosira incerta* Makarova, не обнаруженный в образцах с косы Долгой.

Серия скважин на косе Долгой позволила отобрать пробы морских песков, которые залегают под лиманно-лагунными отложениями. Неслоистые мелкозернистые серые и светло-коричневые пески с включением раковинного материала встречены в разрезах скважин 4/20, 3/20 и 2/21 в интервале 18–22 м и ниже. Комплекс малакофауны из этого слоя представлен раковинами морских, солоноватоводных и пресноводных видов. Преобладание в выборке морских форм средиземноморского происхождения, *Flexopecten glaber* (L., 1758), *Ostrea edulis* L., 1758, *Cerastoderma glaucum*, *Parvicardium exiguum*, *Chamelea gallina*, *Veneridae* gen., *Varicorbula gibba* (Olivi, 1792), и каспийских *Monodacna caspia* (Eichwald, 1829), *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) позволяет реконструировать соленость водоема как равную 13–18 ‰. Этот комплекс был характерен для времени карангатской трансгрессии начала позднего плейстоцена.

Пресноводные моллюски в толще морских песков из нижних слоев разрезов скважин представлены видами, и в настоящее время обитающими в регионе, например *Sphaerium solidum* (Normand, 1844), *Pisidium amnicum* (O.F. Müller, 1774) и др.

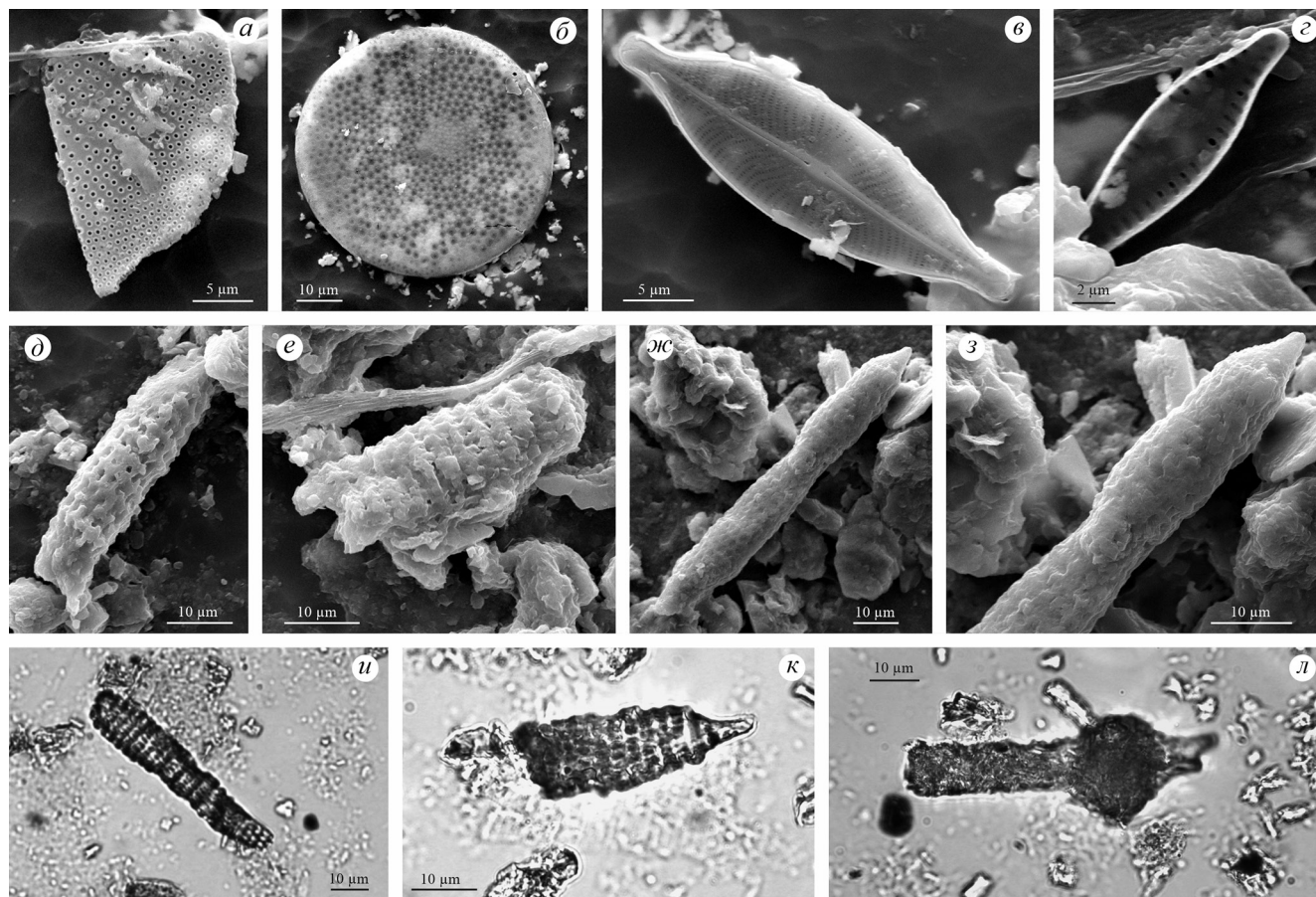


Рис. 4. Диатомовые водоросли и радиоларии из кернов косы Долгая. а–г – диатомовые водоросли: а – *Actinocyclus octonarius* Ehr., б – *Coscinodiscus perforatus* Ehr., в – *Navicula salinarum* Grun., г – *Fragilaria* sp.; д–л – радиоларии: д–и – *Phalangites* sp. (?), к–л – *Rhopalasyriyngium* sp. (?). а–г – скважина 6, глубина 8,5 м, д–л – скважина 6, глубина 9,4 м. а–з – фотографии на сканирующем электронном микроскопе, и–л – на световом микроскопе.

Fig. 4. Diatoms and radiolarians from Dolgaya spit cores. а–г – diatoms: а – *Actinocyclus octonarius* Ehr., б – *Coscinodiscus perforatus* Ehr., в – *Navicula salinarum* Grun., г – *Fragilaria* sp.; д–л – radiolarians: д–и – *Phalangites* sp. (?), к–л – *Rhopalasyriyngium* sp. (?). а–г – borehole 6, depth 8.5 m, д–л – borehole 6, depth 9.4 m. а–з – scanning electron microscope photographs, и–л – light microscope photographs.

Отмечены как реофильный *Theodoxus fluviatilis* (L., 1758), так и предпочитающий слабое течение *Planorbis planorbis* (L., 1758). В выборке многочисленны теплолюбивые моллюски *Lithoglyphus naticoides* (C. Pfeiffer, 1828) и *Borysthenia naticina* (Menke, 1845), что свидетельствует о достаточно теплом климате в период осадконакопления. Учитывая, что комплекс пресноводных видов мало сочетается с основной морской малакофауной, можно предположить их занос в море пресноводным потоком, вероятно, водами р. Палео-Ея.

Возраст этих морских отложений возможно определить на основании находок раковин *Didacna* Eichwald, 1838. В скважине 4/20 встречена единичная раковина *Didacna* cf. *pontocaspia* (Pavlov, 1925), вида, характерного для древнеэвксинских и узунларских отложений [11], но редкие находки этого

вида отмечены среди морской фауны в карангатских отложениях Таманского полуострова. Наличие в пробе нескольких раковин *Didacna cristata* Bogachev, 1932, которые проникли в Черное море во время гирканской трансгрессии каспийского бассейна [12], указывает на переходный карангатско-гирканский период осадконакопления. Интервал обитания смешанной карангатско-гирканской фауны моллюсков в Манычской депрессии и Азовском море можно ограничить 110–100 тыс. л. н. на основании последних данных по OSL-датировкам из разрезов на Керченском полуострове и в долине р. Маныч [13].

Свидетельства переотложения материала. Важными палеогеографическими событиями, которые фиксируются в разрезах косы Долгой, являются случаи переотложения более древних па-

леонтологических остатков. Они проливают свет на отдельные этапы развития азовского бассейна. В частности, в морских песчаных отложениях из низов изученных скважин, возраст которых на основании малакофауны интерпретируется как начало позднего плейстоцена, отмечены остатки среднеплейстоценовых животных. Так, из низов керна 4/20 (глубина 18–20 м) происходит единичная раковина двустворчатого моллюска *Pisidium clessini* Neumayr, 1875, который вымер в Северной Европе во время гольштейна (= лихвинского межледниковья, MIS 11) [14], а на территории Беларуси в беловежское время (MIS 15) [15]. Из этого же горизонта получено несколько зубов серых полевок *Microtus (Stenocranius) gregalis* Pallas, 1779, *M. cf. oeconomus* Pallas, 1776, *Microtus* sp. и водяной полевки *Arvicola cf. mosbachensis* Schmidtgen, 1911. Фрагмент зуба M1 водяной полевки демонстрирует мимомисную эмалевую дифференциацию, которая была характерна для строения эмалевой стенки водяных полевок середины среднего плейстоцена (MIS 11 – MIS 9), так называемого большого лихвина [16]. Малоокатанные остатки этих среднеплейстоценовых животных были занесены пресноводным потоком, впадавшим в море в районе современной косы.

Отдельно следует упомянуть о находке в нижних слоях скважины 4/21 (на глубине 20,3 м) и в скважине 6/21 (в интервале 9,4–11,9 м) обломков переотложенных меловых диатомовых, предположительно, *Euryxidicula* spp. (определение И.Б. Цой) и радиолярий *Phalangites* spp. (меловой период, поздний апт – турон), *Rhopalasyriyngium* spp. (меловой период, ранний апт – маастрихт; определения О.Л. Смирновой) (рис. 4д–л). Это первая находка кремнистых микрофоссилий мелового возраста в отложениях на побережье Азовского моря. Учитывая плохую сохранность обломков, трудно определить их видовую принадлежность. Тем не менее диатомовые водоросли из рода *Euryxidicula* – древние морские виды, которые встречаются от мела до неогена включительно. Радиолярии и их фрагменты, встреченные в разрезах скважин косы Долгой, также имеют плохую сохранность; они частично перекристаллизованы и определимы только до родового уровня.

Максимальное число переотложенных меловых форм обнаружено в скважине 6/21, на глубине 9,4 м. В нижележащих слоях той же скважины их содержание заметно меньше. Аналогичные слои

(со сходными формами переотложений), но меньшей численности обнаружены в скважине 4/21. Однако здесь слои с меловыми диатомеями и радиоляриями найдены гораздо ниже – на глубине 20,3 м. Учитывая плохую сохранность и раздробленность меловых диатомей и радиолярий, мы предполагаем, что они были вымыты из меловых отложений на побережье Азовского моря. В качестве рабочей гипотезы можно предположить, что источником сноса могли стать меловые породы Крымского и Таманского полуостровов [17], которые частично размывались в ходе новочерноморской (джеметинской) трансгрессии и углубления Керченского пролива.

Береговые валы. С целью уточнения временных отрезков и этапов формирования косы Долгой был осуществлен подсчет и анализ расположения береговых валов. Для исследования поверхностного микрорельефа было выполнено измерение отметок высот в центральной части косы по маршруту, ориентированному перпендикулярно береговым валам (рис. 1). На построенном профиле рельефа было выделено 44 береговых вала (рис. 2в). Средняя высота валов составила 0,48 м при амплитуде от 0,34 до 0,8 м. Ширина валов варьируется от 11,2 до 20,8 м при среднем значении 16 м. Выявление и подсчет валов (как ручными, так и автоматизированными методами) были осложнены сильным антропогенным преобразованием поверхностного рельефа в 1960-х и 1970-х гг. [18]. Было выделено 5–6 генераций древних валов, последовательно причленяющихся друг к другу, которые отражают стадии развития косы Долгой на протяжении последних нескольких тысяч лет [10].

Этапы формирования. С учетом имеющихся датировок абсолютного возраста по раковинам моллюсков можно говорить о том, что формирование аккумулятивного тела косы Долгой происходило на протяжении последних 5–6 тыс. лет. При этом основная часть косы была образована в результате последовательного причленения береговых валов в период от 2500 ± 150 (ЛУ-9757) до 1920 ± 110 (ЛУ-9756) лет, который соответствует этапу нимфейской трансгрессии позднего голоцена.

Выделяется шесть стадий развития косы. Вначале формировалась генерация валов у Ейского коренного выступа. В завершающую стадию аккумулятивные дуги выстраивались в северо-западном направлении. При двухстороннем питании происходило выдвигание оконечности косы в откры-

тое море и формирование стрелки косы. Анализ топографических карт и космоснимков за период 1974–2020 гг. позволяет проследить современную динамику развития косы и говорить о том, что ее восточный берег подвержен интенсивной абразии, в то время как со стороны Азовского моря происходит аккумуляция осадочного материала [10].

Павло-Очаковская и Чумбурская косы. Эти относительно небольшие береговые аккумулятивные формы длиной 1,85 и 1,5 км соответственно расположены на южном побережье Таганрогского залива восточнее косы Долгой.

Строение и геоморфология. Строение пройденных скважинами разрезов характеризуется выдержанностью абсолютных отметок подошвы и кровли отложений. До глубины 4 м на Павло-Очаковской и 3,25 м на Чумбурской косе отложения сложены песчано-ракушечными наносами с включениями гравийно-галечного материала. Ракушечный материал в осадках содержится в значительном количестве и в основном в виде детрита. Верхние части разрезов задернованы, развит маломощный почвенно-растительный слой. Ниже песчано-ракушечных отложений в строении разрезов обеих кос прослеживается слой серо-черного илистого песка мощностью 0,5–1 м с тонкими прослойками глинисто-илистого вещества.

На Павло-Очаковской косе описанные выше отложения залегают на плотных тугопластичных глинах коричнево-бурого цвета с зеленоватым оттенком. Граница контакта между глинами и песчано-ракушечными отложениями четкая, резкая. Нижняя часть разреза в интервале 15,5–22 м от отметки устья скважины сложена мелкозернистым песком с прослоями глин. В единичном количестве здесь содержится гравийно-галечный и раковинный материал. В разрезе косы Чумбурской в глинах отмечаются прослойки песчаного материала. Раковинный материал в глинистых породах, находящихся непосредственно под песчано-ракушечными наносами, не обнаружен.

Малакофауна. Раковинный материал в отложениях Чумбурской и Павлово-Очаковской кос представлен обломками, преимущественно створок *Cerastoderma Poli*, 1795, разной размерности и степени сохранности. Ближе к подошве песчано-ракушечных отложений отмечается возрастание доли крупных обломков и появление целых створок раковин.

Период формирования. Радиоуглеродное датирование (^{14}C) отложений, отобранных из нижних

горизонтов песчано-ракушечных наносов Павло-Очаковской косы (календарный возраст отложений 5210 ± 130 лет), подтверждает их голоценовый возраст и свидетельствует о начале образования ее аккумулятивного тела в хроноинтервале последних 5 тыс. лет.

Коса Беглицкая. Беглицкая коса располагается на северном побережье Таганрогского залива примерно в 25 км к западу от Таганрога. Она имеет длину около 4 км и относится к типу азовских кос петлевидной формы.

Строение и геоморфология. Скважины глубинами от 5,5 до 9,8 м, пробуренные на этой косе в 2022 г. (рис. 1), позволили изучить геологическое строение верхней части осадочной толщи. Ее геологический разрез сложен породами неоген-голоценового возраста. Верхняя часть задернована – развит маломощный почвенно-растительный слой, не превышающий 0,35 м (в среднем 0,15–0,2 м). У основания косы, в непосредственной близости от коренного берега почвообразующими породами являются гумусированные тяжелые суглинки темно-серого цвета, твердой консистенции. В виде включений встречаются растительные остатки. В центральной и дистальной частях косы под маломощным почвенным покровом залегают пески – от мелкозернистых до гравелистых, серого цвета, мощностью до 2–3,2 м, содержащие обломки раковин и реже их целые створки. Как и на других аккумулятивных береговых формах Таганрогского залива, содержание раковинного материала в составе отложений увеличивается от основания к дистальной части косы. Как правило, раковины имеют плохую сохранность и в основном встречаются в виде детрита. Помимо песков и суглинков в разрезах скважин отмечались горизонты желто-серой супеси мягкопластичной консистенции с линзами песка, а также голубовато-серых и серых тугопластичных глин. Их мощность постепенно уменьшается к дистальной части косы.

Нижняя часть изученных разрезов скважин сложена неогеновыми желто-бурыми известняками-ракушечниками с отпечатками и ядрами, характерными для позднемиоценовых моллюсков среднего подъяруса сарматского яруса, – *Sarmatimactra fabreana* (d'Orbigny, 1844), *Plicatiforma fittoni fittoni* (d'Orbigny in Murchison et al., 1845), *Obsoletiformes obsoletum obsoletum* (Eichwald, 1830), *Ervilia dissita dissita* (Eichwald, 1830). Известно, что в разрезах, вскрывающихся на северном побережье Таган-

рогского залива, эти верхнемиоценовые отложения часто перекрываются нижнеплейстоценовыми хапровскими аллювиальными слоями, которые эродировали верхний слой этих плотных известняков. При проведении полевых исследований явных свидетельств присутствия хапровских песков в разрезе Беглицкой косы обнаружить не удалось. Скорее всего, они были размывы в процессе абразии и отступления берегов. Залегающая в основании 16–18 м разреза на западном краю Беглицкой косы лагунно-лиманная толща желтовато-коричневых пылеватых суглинков, датируемая концом среднего плейстоцена и уходящая под уровень современного пляжа [19], в разрезе самой косы также не отмечена.

Малакофауна. В песчано-ракушечных отложениях аккумулятивного тела Беглицкой косы выявлено 11 видов и надвидовых таксонов моллюсков. В разрезах скважин до глубины 4–5 м встречаются плохо сохранившиеся створки и обломки раковин морских моллюсков, преимущественно *Cerastoderma glaucum*, а также малочисленные *Abra* sp. и единичные обломки *Lentidium mediterraneum*, *Pholadidae* gen. и *Veneridae* gen. В дистальной части косы на глубине до 1 м вместе с церастодермой встречаются створки обычных для залива солоноватоводных моллюсков *Monodacna colorata* (Eichwald, 1829) и *Dreissena polymorpha*. В разрезах скважин, пробуренных вдоль восточного берега косы в интервале глубин 3,75–7 м, встречаются предположительно плейстоценовые (вероятно, переотложенные) раковины солоноватоводных и пресноводных моллюсков *Dreissena* sp., *Turricaspia* sp., *Caspia* sp., *Viviparus* sp., *Unionidae* gen. и др.

Период формирования. На данный момент абсолютных датировок отложений Беглицкой косы не получено из-за низкого содержания целых раковин моллюсков в изученных слоях. Однако мы предполагаем, что начало формирования Беглицкой косы можно отнести к периоду древнеазовской (новочерноморской) (6–4 тыс. л. н.) и нимфейской (2,4–1,5 тыс. л. н.) трансгрессий так же, как это было показано для азовских кос южного побережья. Маломощность разреза осадочных отложений этой береговой аккумулятивной формы объясняется тем, что она начала формироваться на достаточно твердой поверхности размыва слоя среднесарматских известняков уже после размыва нижне- и среднеплейстоценовых отложений и несколько позже, чем косы южного берега Таганрогского залива.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований были изучены косы Долгая, Павло-Очаковская, Чумбурская и Беглицкая, расположенные по периметру береговой зоны Таганрогского залива. В результате проведенных исследований получены уникальные данные по геологическому строению кос южного и северного побережья залива, а также возрасту и этапам их формирования. Помимо этого, были определены натурные морфометрические данные этих береговых аккумулятивных форм (ширина и высота расположенных на них береговых валов, абсолютная высотная отметка их гребня и т.д.), выделены разновозрастные генерации береговых валов, построены высотные профили. Палеонтологические данные позволили выявить ряд биостратиграфических и палеоэкологических этапов развития бассейна Азовского моря.

Аккумулятивные тела изученных кос, вне зависимости от размера и расположения, сложены песчано-ракушечными отложениями, в которых карбонатный материал представлен преимущественно раковинами моллюска *Cerastoderma glaucum* (более 95 %). Мощность этих отложений, коррелируемых с новоазовским этапом развития Азовского моря, увеличивается от основания к дистальной части кос, где она в среднем достигает 3–4 м.

Песчано-ракушечные отложения, образующие системы береговых валов кос, залегают на сравнительно маломощных серых или голубовато-серых мягкопластичных суглинках или илистых песках (мощностью от 1 до 5 м) древнеазовского возраста, которые в большей степени развиты на южном побережье Таганрогского залива.

Под песчано-ракушечными и лиманно-лагунными отложениями залегают тугопластичные голубовато-серые и серые глины и суглинки, мощность которых достигает 10–20 м (на косе Долгой). Эти слои сформировались в условиях мелкого водоема, в который периодически происходил заток солоноватых морских вод, предположительно, после окончания валдайского оледенения на начальном этапе древнеазовской трансгрессии.

Подошвой лиманно-лагунных отложений кос северного и южного берегов Таганрогского залива являются различные породы. Как показано на примере разрезов Долгой и Павло-Очаковской кос, эти отложения пресного и солоноватого водоема залегают на мелкозернистых морских песках, сформировавшихся в начале позднего плейстоце-

на в период гирканской трансгрессии каспийского бассейна в карангатский азово-черноморский бассейн. Вероятно, благодаря большей интенсивной абразии северного берега Таганрогского залива в позднем плейстоцене и высокому уровню выхода верхнемиоценовых среднесарматских известняков в этом районе, древне- и новоазовские слои отлагались непосредственно на размытую поверхность среднесарматских известняков, и их мощность оказалась меньшей. Можно предположить, что возраст нижних горизонтов древнеазовских отложений несколько меньше, чем таковых на косах южного побережья залива.

В результате исследования поверхностного микрорельефа установлено, что формирование кос происходило в результате последовательного присоединения друг к другу береговых валов. На примере косы Долгой были выделены разновозрастные серии древних валов, изучены этапы ее развития, установлены направление роста и темпы нарастания. В начале формировалась генерация валов у базальной части, а в последующем аккумулятивные дуги выстраивались в северо-западном направлении. В этот же период возникшие ранее валы активно срезались вдольбереговыми течениями, выходящими из Таганрогского залива. При двухстороннем питании происходило выдвигание оконечности косы в открытое море и формирование дистали косы. Анализ ориентации береговых валов по космическим снимкам, датирование песчано-ракушечных отложений свидетельствуют о начале образования береговых кос Таганрогского залива в период последних 5–6 тыс. лет в условиях трансгрессивно-регрессивных изменений уровня Азовского моря. Основную же фазу развития кос

следует соотносить с этапом нимфейской трансгрессии позднего голоцена (2,5–1,5 тыс. л. н.).

Характерной чертой осадочной толщи Азовского моря является присутствие в разрезах лиманно-лагунных отложений позднего голоценового возраста с высоким содержанием органического вещества. По результатам бурения скважин в береговой зоне косы Долгой установлено, что такие слои залегают ниже современного уровня моря и имеют ново- и древнеазовский возраст. Их мощность достигает 5 м у восточного берега косы и увеличивается к ее дистальной части. Они представлены глинами темно-серого (до черного) цвета с включениями раковинного материала, растительного детрита и линзами мелкозернистого илистого песка, образовывавшимися в условиях полужамкнутых мелководных лагун на стадии понижения уровня моря [20].

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность за консультации и помощь в идентификации меловых диатомовых водорослей и радиолярий д.г.-м.н. И.Б. Цой, О.Л. Смирновой (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН, Владивосток), д.г.-м.н. А.Ю. Гладенкову (Геологический институт РАН, Москва), д.г.н. А.П. Ольштынской (Институт геологических наук НАН Украины, Киев), а также д.г.н. Т.А. Яниной (Московский государственный университет, Москва) за содействие в определении моллюсков. В ходе исследования использовалось оборудование Центра коллективного пользования № 501994 ЮНЦ РАН. Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 20-17-00196.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матишов Г.Г. 2006. Новые данные о геоморфологии дна Азовского моря. *Доклады Академии наук*. 409(3): 375–380.
2. Панов Д.Г., Спичак М.К. 1961. Об условиях осадконакопления в Азовском море. В кн.: *Современные осадки морей и океанов*. М., изд-во АН СССР: 512–520.
3. Мамыкина В.А., Хрусталева Ю.П. 1980. *Береговая зона Азовского моря*. Ростов н/Д, изд-во РГУ: 176 с.
4. Анистратенко В.В., Халиман И.А., Анистратенко О.Ю. 2011. *Моллюски Азовского моря*. Киев, Наукова думка: 173 с.
5. *Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос*. 2016. М. – СПб., Товарищество научных изданий КМК: 457 с.
6. Жузе А.П. 1953. К методике технической обработки горных пород в целях диатомового анализа. В кн.: *Диатомовый сборник*. Л., изд-во ЛГУ: 206–220.
7. *Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные)*. Т. 1. 1974. Л., Наука: 403 с.
8. 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
9. Ивлиева О.В., Фроленко Л.Н. 2009. Биогенное карбонатонакопление донных отложений Азовского моря во второй половине XX века. *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки*. 4: 96–100.
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. Невеская Л.А. 1963. *Определитель двустворчатых моллюсков морских четвертичных отложений Черноморского бассейна*. М., изд-во АН СССР: 210 с.

12. Янина Т.А. 2012. *Неоплейстоцен Понто-Каспия: биостратиграфия, палеогеография, корреляция*. М., Географический факультет МГУ: 264 с.
13. Курбанов Р.Н., Семиколенных Д.В., Янина Т.А., Тюнин Н.А., Мюррей Э.С. 2020. Новые данные о возрасте Карангатской трансгрессии Черного моря. *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 6: 139–145.
14. Gittenberger E., Janssen A.W., Kuijper W.J., Kuiper J.G.J., Meijer T., van der Velde G., de Vries J.N. 1998. *Nederlandse zoetwatermollusken. Recente en fossiele weekdieren uit zoet en brak water*. Leiden, Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS-Nederland: 288 p.
15. Санько А.Ф. 2007. *Четвертичные пресноводные моллюски Беларуси и смежных регионов России, Литвы и Польши (атлас-определитель)*. Минск, Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси: 155 с.
16. Рековец Л.И. 1994. *Мелкие млекопитающие антропогена юга Восточной Европы*. Киев, Наукова думка: 370 с.
17. Шнюков Е.Ф., Орловский Г.Н., Усенко В.П., Григорьев А.В., Гордиевич В.А. 1974. *Геология Азовского моря*. Киев, Наукова думка: 246 с.
18. Кулыгин В.В., Мисиров С.А. 2022. Расчет морфометрических характеристик валов косы Долгая по цифровой модели рельефа. *Вестник СГУГиТ*. 27(6): 141–151. doi: 10.33764/2411-1759-2022-27-6-141-151
19. Титов В.В., Тесаков А.С., Байгушева В.С., Нестерук Г.В., Польшин В.В., Симакова А.Н., Фролов П.Д., Янина Т.А., Пенкман К. 2021. Реконструкция природных обстановок Северного Приазовья в конце среднего неоплейстоцена по данным из опорного разреза Беглица. В кн.: *Пути эволюционной географии. Выпуск 2: Материалы II Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.А. Величко (Москва, 22–25 ноября 2021 г.)*. М., Институт географии РАН: 398–403.
20. Матишов Г.Г., Польшин В.В., Титов В.В. 2022. Признаки субаэральных условий осадконакопления в голоценовых отложениях Азовского моря. *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 506(1): 92–97. doi: 10.31857/S2686739722600989
21. Matishov G.G. 2006. New data on bottom geomorphology of the Sea of Azov. *Doklady Earth Sciences*. 409(2): 853–858. doi: 10.1134/S1028334X06060031
22. Panov D.G., Spichak M.K. 1961. [On the conditions of sedimentation in the Sea of Azov]. In: *Sovremennye osadki morey i okeanov. [Recent sediments of seas and oceans]*. Moscow, Academy of Sciences of the USSR: 512–520. (In Russian).
23. 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).
24. Anistratenko V.V., Khaliman I.A., Anistratenko O.Yu. 2011. *Mollyuski Azovskogo morya. [Mollusks of the Sea of Azov]*. Kiev, Naukova dumka: 173 p. (In Russian).
25. *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeyskoy Rossii. T. 2. Zoobentos. [Identification guide to zooplankton and zoobenthos in fresh waters of European Russia. Vol. 2. Zoobenthos]*. 2016. Moscow, St Petersburg, KMK Scientific Press Ltd.: 457 p. (In Russian).
26. Zhuze A.P. 1953. [To the technique of technical processing of rocks for diatom analysis]. In: *Diatomovyy sbornik. [Diatom collected articles]*. Leningrad, Leningrad State University: 206–220. (In Russian).
27. *Diatomovye vodorosli SSSR (iskopaemye i sovremennyye). T. 1. [Diatoms of the USSR (fossil and modern). Vol. 1]*. 1974. Leningrad, Nauka: 403 p. (In Russian).
28. 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
29. Ivlieva O.V., Frolenko L.N. 2009. [Biogenic carbonate accumulation of bottom sediments of the Sea of Azov in the second half of the 20th century]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Estestvennyye nauki*. 4: 96–100. (In Russian).
30. Matishov G.G., Pol'shin 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
31. Nevesskaya L.A. 1963. *Opredelitel' dvustvorchatykh mollyuskov morskikh chetvertichnykh otlozheniy Chernomorskogo basseyina. [Identification guide to bivalve molluscs of marine Quaternary sediments of the Black Sea basin]*. Moscow, Academy of Sciences of the USSR: 210 p. (In Russian).
32. Yanina T.A. 2012. *Neopleystotsen Ponto-Kaspiya: biostratigrafiya, paleogeografiya, korrelyatsiya. [Neopleistocene of the Ponto-Caspian: biostratigraphy, paleogeography, correlation]*. Moscow, Faculty of Geography of the Moscow State University: 264 p. (In Russian).
33. Kurbanov R.N., Semikolennykh D.V., Yanina T.A., Tyunin N.A., Murray A.S. 2020. [New data on the age of the Karangatian transgression of the Black Sea]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*. 6: 139–145. (In Russian).
34. Gittenberger E., Janssen A.W., Kuijper W.J., Kuiper J.G.J., Meijer T., van der Velde G., de Vries J.N. 1998. *Nederlandse zoetwatermollusken. Recente en fossiele weekdieren uit zoet en brak water*. Leiden, Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS-Nederland: 288 p.
35. San'ko A.F. 2007. *Chetvertichnye presnovodnye mollyuski Belarusi i smezhnykh regionov Rossii, Litvy i Pol'shi (atlas-opredelitel')*. [Quaternary freshwater mollusks of Belarus and adjacent regions of Russia, Lithuania and Poland (atlas-guide)] Minsk, Institute of Geochemistry and Geophysics of the National Academy of Sciences of Belarus: 155 p. (In Russian).
36. Rekovets L.I. 1994. *Melkie mlekopitayushchie antropogena yuga Vostochnoy Evropy. [Small mammals of the Anthropogene from south of Eastern Europe]*. Kiev, Naukova dumka: 370 p. (In Russian).
37. Shnyukov E.F., Orlovskiy G.N., Usenko V.P., Grigor'ev A.V., Gordievich V.A. 1974. *Geologiya Azovskogo morya. [Geology of the Sea of Azov]*. Kiev, Naukova dumka: 246 p. (In Russian).
38. Kulygin V.V., Misirov S.A. 2022. [Identification of morphometric features of the beach ridges on the Dolgaya spit using digital elevation model]. *Vestnik SGUGiT*. 27(6): 141–151. (In Russian). doi: 10.33764/2411-1759-2022-27-6-141-151

REFERENCES

1. Matishov G.G. 2006. New data on bottom geomorphology of the Sea of Azov. *Doklady Earth Sciences*. 409(2): 853–858. doi: 10.1134/S1028334X06060031
2. Panov D.G., Spichak M.K. 1961. [On the conditions of sedimentation in the Sea of Azov]. In: *Sovremennye osadki morey i okeanov. [Recent sediments of seas and oceans]*. Moscow, Academy of Sciences of the USSR: 512–520. (In Russian).
3. 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).
4. Anistratenko V.V., Khaliman I.A., Anistratenko O.Yu. 2011. *Mollyuski Azovskogo morya. [Mollusks of the Sea of Azov]*. Kiev, Naukova dumka: 173 p. (In Russian).
5. *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeyskoy Rossii. T. 2. Zoobentos. [Identification guide to zooplankton and zoobenthos in fresh waters of European*

19. Titov V.V., Tesakov A.S., Baigusheva V.S., Nesteruk G.V., Polshin V.V., Simakova A.N., Frolov P.D., Yanina T.A., Penkman K. 2021. [The reconstruction of environmental conditions of the northern Sea of Azov region at the end of the Middle Neopleistocene based on the Beglitsa key section]. In: *Puti evolyutsionnoy geografii. Vypusk 2: Materialy II Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati professora A.A. Velichko*. [Routes of evolutionary geography. Issue 2: Proceedings of the 2nd scientific conference in memory of Professor A.A. Velichko (Moscow, Russia, 22–25 November 2021)]. Moscow, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences: 398–403. (In Russian).
20. Matishov G.G., Polshin V.V., Titov V.V. 2022. Features of subaerial sedimentation in Holocene sediments of the Sea of Azov. *Doklady Earth Sciences*. 506(1): 677–682. doi: 10.1134/S1028334X2270009X

Поступила 06.12.2022