

УДК 551.3.051: 551.35: 902.66: 551.799(262.54)
DOI: 10.7868/S25000640210205

ИЗМЕНЕНИЕ ПАЛЕОЛАНДШАФТОВ В ЭПОХУ ГОЛОЦЕНА ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ АКВАТОРИИ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА И ПРИЛЕГАЮЩЕГО УЧАСТКА ДЕЛЬТЫ ДОНА

© 2021 г. В.В. Польшин¹, И.В. Толочко¹, К.С. Сушко¹,
А.Ю. Московец¹, С.В. Бирюкова²

Аннотация. Представлены новые данные исследований, отражающие изменение природной среды в регионе. Особое внимание уделено изучению антропогенного прессинга, который ощутимо влиял на экосистему района в течение последних 200–300 лет, но особенно сильно с середины XX века, то есть после зарегулирования стока реки Дон. Дана характеристика донных отложений восточной части Таганрогского залива. Приведены результаты исследований, позволяющие предположить, что изменения условий осадконакопления в этом районе Азовского моря произошло около 4,5 тыс. лет назад. Проанализированы данные по изменению твердого стока после зарегулирования Дона и трансформации речного стока на юге донской дельты после введения в строй в 1927 г. Азово-Донского морского канала. Сделан вывод о деградации этого участка дельты. Малакологические исследования показали присутствие в отложениях восточной части Таганрогского залива и прилегающего района донской дельты донной фауны, относящейся к морским, солоноватоводным (понто-каспийским) и пресноводным видам. Проведено изучение и последующее ранжирование по степени деградации почвенного покрова дельты Дона.

Ключевые слова: Азовское море, Таганрогский залив, дельта Дона, природные условия, изменение уровня моря, антропогенный фактор, твердый сток, почвы.

CHANGES IN THE PALEOLANDSCAPES UNDER THE INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC PROCESSES DURING THE HOLOCENE EPOCH ON THE EXAMPLE OF THE WATER AREA OF THE TAGANROG BAY AND THE ADJACENT SECTION OF THE DON RIVER DELTA

V.V. Polshin¹, I.V. Tolochko¹, K.S. Sushko¹,
A.Yu. Moskovets¹, S.V. Biryukova²

Abstract. The presented new research data reflect changes in the natural environment in the region. Special attention has been given to studying anthropogenic load, which significantly affects the ecosystem of the region over the last 200–300 years, and especially since the middle of the 20th century when the Don River flow has been regulated. The bottom sediments in the eastern area of the Taganrog Bay are characterized. The study results suggest that changes in the depositional conditions in this area of the Sea of Azov occurred about 4.5 thousand years ago. We analyzed data on the change in the suspended sediment flow since the Don River regulation and the transformation of the river runoff on the southern flank of the Don delta, caused by the Azov-Don sea canal put into operation in 1927. We concluded about the degradation of that part of the Don delta. Malacological studies revealed bottom fauna presented with marine, brackish (Ponto-Caspian), and freshwater

¹ Федеральний исследовательський центр Южний научний центр Російської академії наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Російська Федерація, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: vlad0220vlad@mail.ru

² Мурманський морський біологічний інститут Російської академії наук (Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russian Federation), Російська Федерація, 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17

species, in sediments of the eastern part of the Taganrog Bay and the adjacent area of the Don River delta. The soil cover in the Don River delta has been studied with the subsequent ranking according to the degradation factor.

Keywords: Sea of Azov, Taganrog Bay, Don River delta, natural environment, sea level change, anthropogenic factor, suspended sediment flow, soils.

ВВЕДЕНИЕ

В целях долгосрочного планирования развития прибрежных территорий изучение происходящих изменений природной среды в бассейне Азовского моря является критически важным. В полной мере это относится к акватории Таганрогского залива и прилегающему участку дельты Дона. На протяжении последних нескольких тысяч лет ландшафты в этой части Северо-Восточного Приазовья постоянно трансформировались. Менялись размеры залива, его глубины, конфигурация берегов, очертания и расположение дельты р. Дон [1–5].

Вопросы, связанные с изменением природных условий в регионе, и сегодня не потеряли своей актуальности. В настоящее время рассматриваемая территория регулярно испытывает последствия опасных процессов: периодических нагонных повышений уровня моря, абразии берегов, заиливания проток донской дельты и деградации ее почвенного покрова. Вследствие зарегулирования в 50-х гг. XX века р. Дон произошло сокращение твердого стока и изменение фракционного состава донской взвеси. Доля речного аллювия в дельтообразовании резко снизилась. В результате этого стали повсеместно отмечаться деформации и размыв островов дельты. На участках морского взморья фиксируются уменьшение глубин и изменение состава донных отложений [6].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на основе комплексного подхода с использованием современных методик и оборудования. Геофизические работы в акватории Таганрогского залива и в рукавах дельты Дона осуществляли методами непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСП) и эхолотирования. При проведении сейсмоакустической съемки использовали параметрический узлолучевой профилограф SES-2000 light. В ходе гидрологических исследований применяли эхолот Lowrance Elite 7 Ti с функцией бокового обзора. Расчетные значения речного стока р. Дон получены по результатам ана-

лиза многолетних наблюдений, проводившихся на замыкающем створе гидрологического поста «Раздорская».

Морские экспедиционные работы вели в акватории Таганрогского залива и в рукавах дельты Дона с борта научно-исследовательского судна «Денеб», несамходного понтона и моторной лодки. При отборе донных отложений использовали гравитационная и вибрационная грунтовые трубки, а также дночерпатель Ван-Вина. Средняя мощность отобранных грунтовых колонок составила 1,5–2 м. В образцах донных отложений изучали раковинный материал из различных горизонтов грунтовых колонок, определяли гранулометрический состав. Абсолютный возраст донных осадков устанавливали радиоуглеродным методом по раковинам моллюсков.

Отбор почвенных образцов на островах донской дельты проводили с помощью ручного бура РБ-10. В дальнейшем в отобранных почвах определяли гранулометрический состав, содержание гумуса, карбонатность, плотность и полевая влажность. Проведен сравнительный анализ полученных результатов исследований с фондовыми материалами середины XX века. Для ранжирования территории по степени деградации использована шкала Харрингтона [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Развитие Азовского моря в голоцене следует рассматривать как процесс постепенного повышения уровня моря со времени последней ледниковой эпохи, который прерывался относительно кратковременными регрессивными периодами. Если в конце плейстоцена площадь современной акватории представляла собой участок низменной суши, по которой протекал древний Дон, то в начале голоцена наметилась тенденция к проникновению черноморских вод на эту территорию [8; 9].

За временной этап, соответствующий голоцену, максимальные подъемы уровня Азовского моря отмечались в интервалах от 7 до 4 тыс. лет назад и от 2 до 1 тыс. лет назад. Эти этапы соответствуют

древнеазовской (новочерноморской) и нимфейской трансгрессиям, которые разделяются периодом кратковременного уровневого спада, соотносящегося со временем проявления фанагорийской регрессии [3; 8].

Начиная с середины XIX века произошли существенные изменения природных условий в регионе. Во многом это связано с влиянием антропогенного фактора и прежде всего с зарегулированием речного стока Дона и началом функционирования Цимлянского водохранилища.

Геолого-геоморфологические исследования. Результаты многочисленных исследований показывают, что, по всей видимости, наиболее сильно проявилась древнеазовская (новочерноморская) трансгрессия, по времени совпадающая с климатическим оптимумом голоцена ($\approx 7,5-4,6$ тыс. лет назад). В этот период на востоке Азовское море доходило до устья Маныча, а на юго-востоке береговая линия располагалась на 40 км южнее своего современного положения [1; 2; 8]. На площади Таганрогского залива в это время уровень моря также повышался. Судя по данным НСП и литологического изучения грунтовых колонок, подкрепленных результатами определения абсолютного возраста отложений, можно предположить, что это произошло ранее 4,6 тыс. лет назад в очередную фазу древнеазовской трансгрессии [3].

На ряде акустических записей под поверхностным слоем осадков в центральной части залива выделяются положительные валообразные формы палеорельефа, образованные при более низком уровне моря. Они имеют относительную высоту 2–3 м и перекрываются отложениями возрастом около 4,5–5,5 тыс. лет. Валы прослеживаются параллельно линии современного берега и восточнее Очаковской косы уже не выделяются. Судя по данным проведенного сейсмопрофилирования, они разделяются ложбинами, тальвеги которых находится на глубинах 7–10 м от современного уровня моря. Такое строение погребенного палеорельефа может быть обусловлено деятельностью речных потоков (древнего Дона и его притоков) на ранних этапах голоценовой истории и последующим развитием трансгрессии, в результате которой низменные прибрежные территории были затоплены водами наступающего моря [2; 3].

Около 2,7 тыс. лет назад в Азово-Черноморском бассейне наметилась тенденция снижения уровня моря (фанагорийская регрессия). По всей

видимости, максимальное обмеление в это время (до $-5... -6$ м относительно современного уровня) проявилось на площади Таганрогского залива. Осушенное морское дно подвергалось активной денудации, а прибрежная зона представляла собой низменную заболоченную сушу, дренируемую реками [2–4].

Определенным маркером изменений природных условий, происходивших в регионе во время фанагорийской регрессии, могут являться археологические памятники донской дельты.

Падение уровня моря создало благоприятные условия для активной колонизации островной части дельты Дона. Анализ изученных артефактов показывает, что треть территории донской дельты в это время была заселена, а основным занятием местного населения было рыболовство. При этом система расселения была тесно связана с ландшафтом территории: максимальная концентрация поселений отмечается на естественных возвышенностях и по берегам стариц – отмерших протоков Дона.

На южном побережье Таганрогского залива в отличие от территории дельты Дона отмечается низкий процент археологических памятников эпохи бронзы и античности. Небольшое число выявленных археологических памятников в прибрежной зоне Азовского моря на отрезке дельта Дона – Ясенский залив может быть объяснено активной абразией пород береговой зоны (легко размываемых суглинистых берегов) [3].

Около 2,3–2,5 тыс. лет назад уровень моря вновь стал подниматься (начало нимфейской трансгрессии). На пике трансгрессии (1,5 тыс. лет назад) прибрежные участки современной суши были затоплены водами наступающего моря, а дельта Дона отступила на восток от своего современного положения. Очередное повышение уровня Азовского моря могло в корне изменить ландшафт островной части дельты и вызвать миграцию населения в III веке до н.э. на возвышенные участки коренного берега. Именно в это время на берегу Мертвого Дона был основан город Танаис [2; 3; 5].

По результатам многочисленных грунтовых съемок, проведенных сотрудниками Южного научного центра Российской академии наук, в последние годы можно судить о характере распространения современных донных осадков по площади дна залива. В его восточной части поверхностный горизонт донных отложений представлен алевритово-глинистыми мелкозернистыми песками с вклю-

чением ракуши и ракушечного детрита, а также алевритами. Кроме этого участка моря зона локализации песчаных осадков приурочена к районам кос с их подводными продолжениями и к аллювиальным выносам рек, впадающих в залив. В незначительном удалении от морского края донской дельты аккумулируются осадки смешанного типа, в которых фракции ила, алеврита и песка находятся примерно в одинаковых пропорциях. К западу с увеличением глубин гранулометрический состав отложений изменяется в сторону уменьшения размера частиц. Основная площадь накопления глинистых илов приурочена к осевой ложбине залива, которая в плане соответствует долине древнего течения Дона [10; 11].

Малакологические исследования. В колонках донного грунта мощностью до 2 м, отобранных в восточной части Таганрогского залива и в приморской части дельты Дона, кроме современной пресноводной и солоноватоводной (понто-каспийской) фауны были встречены раковины морских моллюсков (табл. 1).

Наиболее часто встречался понто-каспийский вид *Dreissena polymorpha*, массово распространенный в этом районе в настоящее время. Раковины других понто-каспийских видов, *Adacna glabra* и *Monodacna colorata*, которые в последние годы образуют биоценозы в восточной части Таганрогского залива, представлены незначительно.

Морские виды – *Cerastoderma glaucum* и заморозустойчивый *Hydrobia acuta* – отмечены в большом количестве в различных горизонтах грунтовых колонок из приморской части донской дельты. Другие виды брюхоногих моллюсков морского происхождения родов *Tritia*, *Bittium*, *Rissoa*, *Retusa*, *Cylichnina*, *Parthenina*, *Ebala*, которые также были найдены нами повсеместно в исследуемых грунтовых колонках, в современный период в восточной части Таганрогского залива не обитают.

Это может свидетельствовать о периодах осолонения в прошлом. В то же время нахождение в поверхностных горизонтах грунтовых колонок моллюды *Cerastoderma* может быть обусловлено сбросом балластных вод или ее приносом с потоками более соленых вод из западных районов моря и позже гибелью из-за неподходящих условий обитания. Большое количество раковин *Cerastoderma* (в основном отдельных створок) в пробах из верхних горизонтов колонок может быть следствием перемещения раковинного материала из западной части Таганрогского залива во время нагонов воды, периодически возникающих при сильных и устойчивых ветрах.

Изучение почв дельты Дона. В ходе изучения почв в соответствии с различными природными и природно-хозяйственными особенностями донская дельта была разделена на северный ($S = 12,256 \text{ км}^2$),

Таблица 1. Состав фауны моллюсков из колонок (мощность до 2 м), отобранных в восточной части Таганрогского залива и прилегающей части дельты р. Дон.

Table 1. List of mollusca fauna in core samples (up to 2 meters high) from the eastern part of the Taganrog Bay and the adjacent part of the Don River delta

Морские виды средиземноморского происхождения (соленость 7–30 ‰) / Marine species originated from the Mediterranean (salinity of 7–30 ‰)	Солоноватоводные понто-каспийские виды (соленость 1–8 ‰) / Brackish Ponto-Caspian species (salinity of 1–8 ‰)	Пресноводные виды Freshwater species
<i>Tritia reticulata</i> (Linnaeus, 1758) <i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778) <i>Hydrobia acuta</i> (Draparnaud, 1805) <i>Retusa truncatula</i> (Bruguière, 1792) <i>Cylichnina variabilis</i> (Milachevitch, 1909) <i>Parthenina</i> sp. <i>Ebala pointeli</i> (de Folin, 1868) <i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguière, 1789) <i>Abra segmentum</i> (Récluz, 1843)	<i>Turricaspia</i> sp.* <i>Adacna glabra</i> (Ostroumoff, 1905) <i>Monodacna colorata</i> * (Eichwald, 1829) <i>Dreissena polymorpha</i> * (Pallas, 1771)	<i>Viviparus viviparus</i> * (Linnaeus, 1758) <i>Theodoxus fluviatilis</i> * Linnaeus, 1758 <i>Lithoglyphus naticoides</i> * (C. Pfeiffer, 1828) <i>Bithynia tentaculata</i> * (Linnaeus, 1758) <i>Lymnaea</i> sp.* <i>Planorbis</i> sp.* <i>Unio pictorum</i> * (Linnaeus, 1758)

Примечание. * – виды, обитающие в настоящее время в районе исследований.

Note. * – species currently living in the research area.

центральный ($S = 32,81 \text{ км}^2$) и южный ($S = 12,28 \text{ км}^2$) районы (рис. 1).

Для северного района характерны маломощные аллювиальные почвы, залегающие на слоистом песчаном аллювии, и лугово-аллювиальные оглеенные почвы, образующиеся на пойменных и старичных песках. В структуре почв центрального района широкое распространение получили аллювиально-луговые карбонатные в комплексе с аллювиальными солонцеватыми, а также лугово-болотные почвы. Почвообразование в южной части дельты характеризуется формированием комплексов маломощных аллювиальных почв на слоистом песчаном аллювии, аллювиально-луговых карбонатных почв, лугово-аллювиальных солонцеватых почв на аллювиальных супесчаных отложениях.

Сравнительный анализ новых данных с фондовыми материалами середины XX века показал, что в структуре почвенного покрова дельты Дона произошли изменения: в результате заиления и перераспределения наносов комплексы луговых почв преобразовались в маломощные аллювиальные слоистые почвы, формирующиеся на пойменных и старичных песках.

Физико-химические свойства почв дельты Дона обладают пространственной неоднородностью, обусловленной как естественными условиями почвообразования, так и антропогенной нагрузкой. Содержание гумуса и карбонатов по профилю изученных почв от верхних к нижним горизонтам уменьшается от 3,36 до 0,79% и от 1,32–1,56 до 0,2% соответственно. При этом ареалы наибольшей дегумификации почв донской дельты связаны с развитием сельского хозяйства в данных районах. Верхние горизонты изученных почв легкосуглинистые и среднесуглинистые, а нижние – среднесуглинистые, легкосуглинистые и супесчаные. Плотность в аллювиальных легкосуглинистых и среднесуглинистых почвах с глубиной увеличивается от 0,42 до 1,32 г/см³ (в селитебных зонах >1,2 г/см³).

По степени деградации почв в соответствии со шкалой Харрингтона [7] донскую дельту можно разделить на пять зон с различным весовым показателем: очень высокий, высокий, средний, ниже среднего, низкий (рис. 2).

Пространственный анализ распределения почв по степени деградации показал, что недеградированные почвы преимущественно встречаются на участках, которым присвоен статус особо охраняемых природных территорий. Данный тип почв не

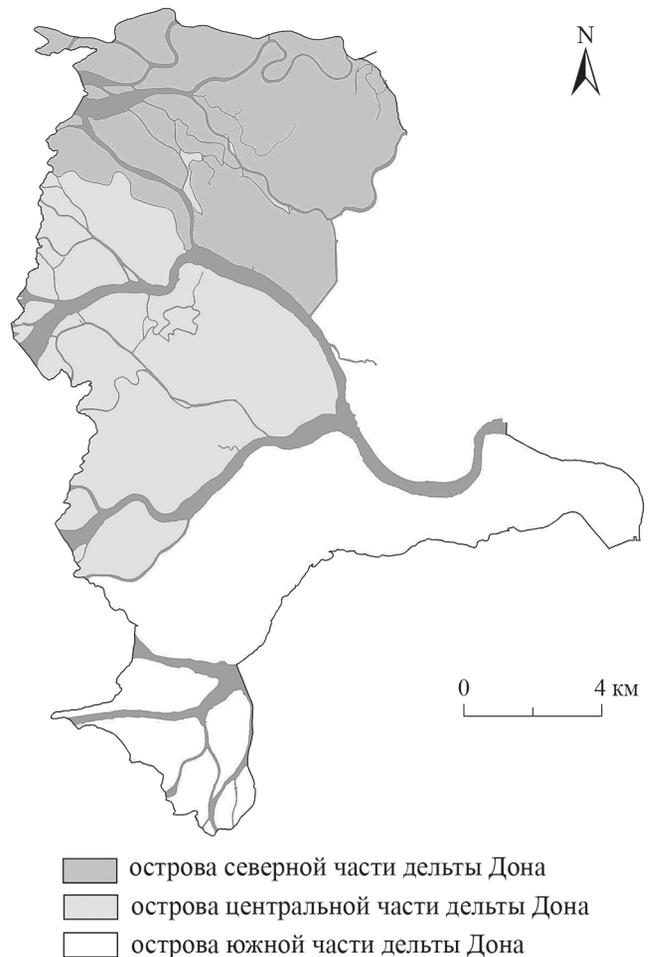


Рис. 1. Районирование дельты Дона в соответствии с природными и природно-хозяйственными особенностями.

Fig. 1. The Don River delta zoning in accordance with natural and natural-economic characteristics.

образует сплошных ареалов, занимая 18% исследованной территории (1078 га).

Слабодegradированные почвы характеризуются незначительным проявлением негативных процессов и занимают площадь, равную 21% территории района исследований, что составляет 1266 га.

Среднедеградированные почвы сосредоточены в центральной части района исследований. На их долю приходится 35% территории района, что составляет 2049,6 га. Данный тип почв распространен в селитебных ландшафтах.

Сильнодеградированные почвы приурочены к местам интенсивной антропогенной нагрузки, подверженным процессам дефляции, засоления и дегумификации. Очень сильно деградированные почвы занимают юго-восточную часть островов дельты Дона. Эти почвы подвержены сильным потерям гумуса, переуплотнению, а также уменьше-



Рис. 2. Распределение почв дельты Дона по степени деградации.
Fig. 2. Soil distribution in the Don River delta based on degradation factor.

нию мощности плодородного слоя в 2,1–2,3 раза по сравнению с почвами заповедных участков. Сильнодеградированные и очень сильно деградированные почвы составляют 26 % территории (1546,46 га).

Гидрологические исследования. В начале XX века гидрологический режим донской дельты претерпел значительные изменения. Основным фактором этого являлось проведение интенсивных дноуглубительных работ на участке устьевого взморья во второй половине XIX века и строительство Азово-Донского морского канала в первой половине XX века. С началом функционирования Цимлянского водохранилища в середине XX века кардинально уменьшился твердый сток р. Дон и произошло перераспределение речного стока между рукавами дельты.

До постройки Цимлянского водохранилища основная доля твердого стока поступала с водосборно-

го участка Верхнего и Среднего Дона (255 тыс. км²) и водосборного участка р. Северский Донец (98,9 тыс. км²). Среднегодовое количество твердого стока, по данным наблюдений на замыкающем гидрологическом посту «Раздорская» в период с 1932 по 1952 г., составил 4,4 млн т. Максимальный годовой объем измеренного твердого стока наблюдался в 1941 г. и равнялся 11 млн т при годовом стоке 48,6 км³. В 1942–1943 гг. в связи с активными боевыми действиями в период Великой Отечественной войны наблюдения были временно прекращены. При этом в 1942 г. был зафиксирован максимальный годовой сток. Восстановленный ряд наблюдений позволил получить теоретически возможный объем твердого стока для этого периода, который составил 12 млн т. Минимальный годовой объем твердого стока наблюдался в 1935 г. и был на уровне 1,5 млн т при годовом стоке р. Дон 12,8 км³ (рис. 3).

После строительства Цимлянского водохранилища 95 % твердого стока с водосборного участка Верхнего и Среднего Дона стало аккумулироваться в границах его акватории. Анализируя данные по донскому стоку, можно выделить два периода: 1953–1971 гг. и с 1972 г. по настоящее время. В период 1953–1971 гг. наблюдалось значительное снижение объемов твердого стока, поступавшего на участок Нижнего Дона. Его среднегодовые объемы в этот период составляли 2,796 млн т. С 1972 г. фиксировалось дальнейшее уменьшение среднегодового твердого стока до 515 тыс. т. Для последнего десятилетия этот показатель составил 193 тыс. т.

На трансформацию гидрологического режима повлияло и введение в строй в первой половине XX века Азово-Донского морского канала. После начала его функционирования в 1927 г. произошло значительное перераспределение речного стока между рукавами Большая Каланча и Старый Дон. Строительство судоходного канала отразилось на характере проявлений сгонных явлений и участвующим проникновением солоноватых морских вод (соленость в пределах 5 ‰) из Таганрогского залива в донскую дельту в районе гирла Песчаное (район Азово-Донского морского канала). Произошло перераспределение стока на юге дельты между Свиным, Мериновым, Песчаным и Кривым гирлами. Объем стока Песчаного гирла, по которому проложена трасса канала, увеличился в 4–5,6 раза. В других протоках в этой части дельты отмечается его уменьшение: в гирлах Свином и Кривом – в 6–12 раз, в гир-

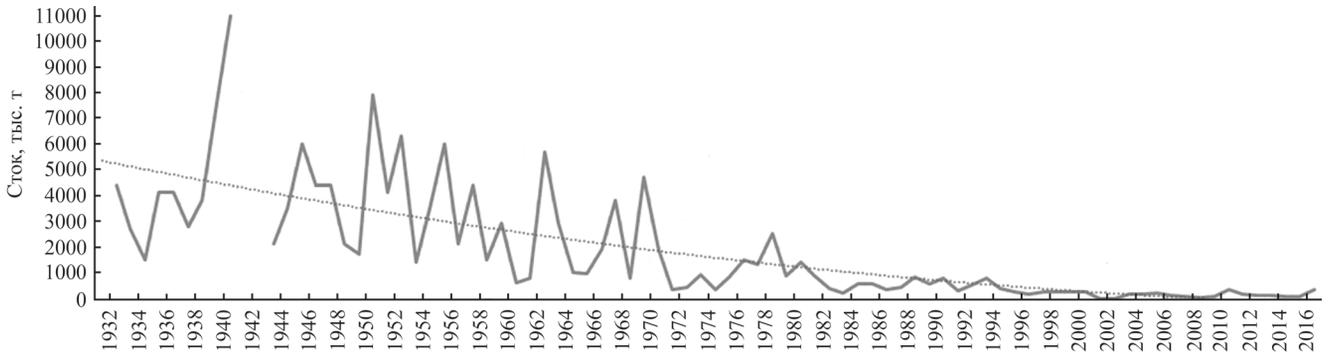


Рис. 3. Годовой сток наносов р. Дон в период с 1932 по 2017 г. (по данным наблюдений на гидрологическом посту «Раздорская»).
Fig. 3. Annual sediment runoff for the Don River during the period from 1932 to 2017 (according to records of the hydrometeorological station “Razdorskaya”).

ле Мериново – в 1,5–3,8 раза (рис. 4). Скорость стоковых течений в этих рукавах также уменьшилась.

По результатам эхолотных съемок установлено, что малые водотоки юго-западной узловой системы донской дельты характеризуются незначительной водопропускной способностью, которая на современном этапе имеет тенденцию к дальнейшему уменьшению. Это приводит к заилению и постепенному отмиранию некоторых протоков. Так, например, по результатам анализа космических снимков нами было установлено, что ширина типичной для южного участка дельты протоки – гирла Кривого – с 1971 г. уменьшилась более чем в 2 раза, с 150 до 70 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На протяжении последних нескольких тысяч лет процесс формирования донской дельты и акватории Таганрогского залива был связан с неоднократным изменением уровня Черного и Азовского морей. Значительное повышение уровня моря на акватории Таганрогского залива произошло ранее 4,6 тыс. лет назад, в очередную фазу древнеазовской трансгрессии. Этот процесс сопровождался интенсивной абразией пород береговой зоны, в результате чего площадь водного зеркала залива увеличилась. Площадь и конфигурация островов дельты Дона в голоцене также менялись. Определенным маркером происходящих изменений при-

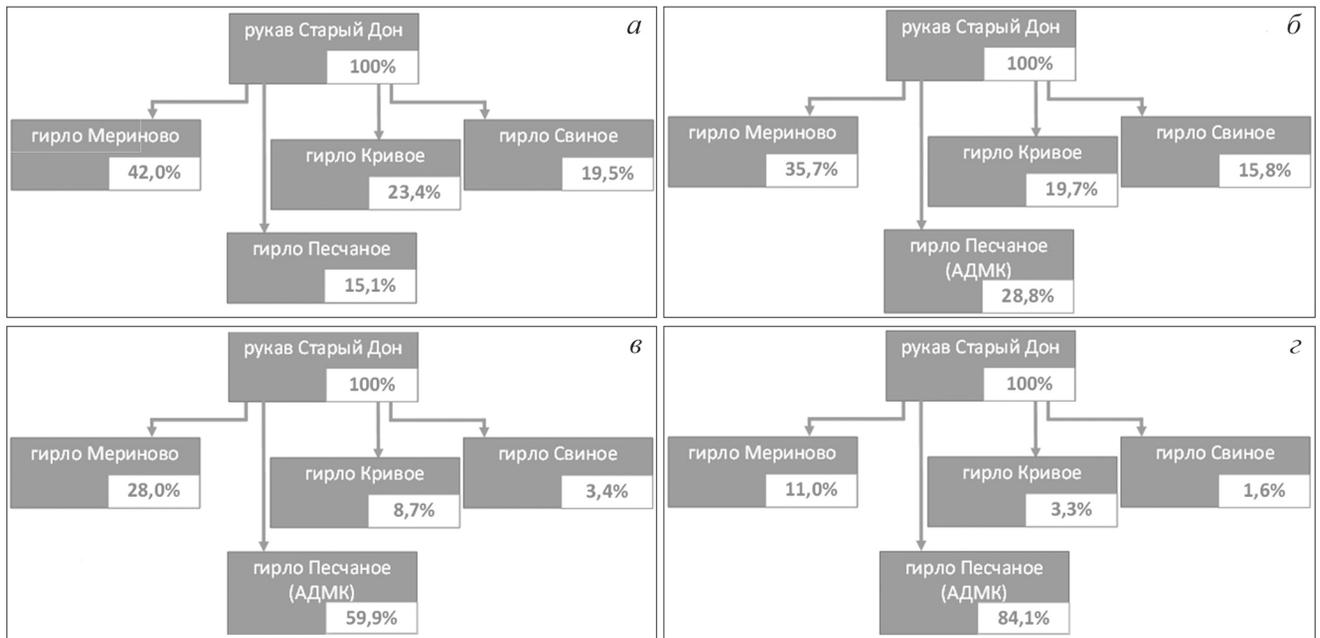


Рис. 4. Распределение стока р. Дон (рукав Старый Дон) в различные годы: а – 1924–1927 г.; б – 1928–1932 г.; в – 1963 г.; г – 1972 г.
Fig. 4. The Don River runoff distribution figures (the Stary Don branch) in different years: а – 1924–1927; б – 1928–1932; в – 1963; г – 1972.

родных условий в регионе во второй половине голоцена могут являться археологические памятники. Очевидно, что их местоположение в Приазовье может быть объяснено с точки зрения трансформации ландшафтов прибрежных территорий.

В настоящее время район впадения р. Дон в Таганрогский залив Азовского моря находится под действием высокой антропогенной нагрузки, которая значительно возросла после ввода в строй Азово-Донского морского канала и Цимлянского водохранилища. В сравнении с фоновыми показателя-

ми фиксируются изменения в параметрах речного стока р. Дон, почвенного покрова донской дельты и донных отложений восточной части Таганрогского залива.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-80022 «Реконструкция и изменение палеоландшафтов в эпоху голоцена под влиянием природных и антропогенных процессов на примере акватории Таганрогского залива и прилегающего участка дельты Дона».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беркович К.М., Тимофеева В.В. 2007. Морфология и направленные деформации русла Нижнего Дона. *Геоморфология*. 3: 54–62. doi: 10.15356/0435-4281-2007-3-54-62
2. Иванов В.В., Коротаев В.Н., Римский-Корсаков Н.А., Пронин А.А., Чернов А.В. 2013. Строение поймы и динамика русла Нижнего Дона. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 5: 60–66.
3. Матишов Г.Г., Польшин В.В., Титов В.В., Шевердяев И.В. 2019. Голоценовая история азовского шельфа. *Наука Юга России*. 15(1): 42–53. doi: 10.7868/S25000640190105
4. Маев Е.Г., Мысливец В.И., Зверев А.С. 2009. Строение верхнего слоя осадков и рельеф дна Таганрогского залива Азовского моря. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 5: 78–82.
5. Зайцев А.В., Зеленщиков Г.В. 2009. Голоцен дельты Дона. В кн.: *Геология, география и экология океана. Материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Д.Г. Панова (Ростов-на-Дону, 8–11 июня 2009 г.)*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 124–126.
6. Матишов Г.Г., Московец А.Ю., Инжебейкин Ю.И., Ильичев В.Г., Кириллова Е.Э. 2019. Этапы сооружения плотин, пересыпей, каналов и трансформация речного стока в аванделте Дона (XVIII–XXI века). *Наука Юга России*. 15(4): 46–54. doi: 10.7868/s25001640190406
7. Harrington E.C. 1965. The desirable function. *Industrial Quality Control*. 21(10): 494–498.
8. Балабанов И.П., Измайлов Я.А. 1988. Изменение уровня и гидрохимического режимов Черного и Азовского морей за последние 20 тысяч лет. *Водные ресурсы*. 6: 54–62.
9. Шнюков Е.Ф., Орловский Г.Н., Усенко В.П., Григорьев А.В., Гордиевич В.А. 1974. *Геология Азовского моря*. Киев, Наукова думка: 248 с.
10. Матишов Г.Г. 2006. Новые данные о геоморфологии дна Азовского моря. *Доклады Академии наук*. 409(3): 375–380.
11. Польшин В.В. 2009. Донные отложения позднего голоцена Азовского моря. В кн.: *Геология, география и экология океана*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 269–272.
2. Ivanov V.V., Korotayev V.N., Rimsky-Korsakov N.A., Pronin A.A., Chernov A.V. 2013. [Floodplain structure and channel dynamics in the lower reaches of the Don River]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*. 5: 60–66. (In Russian).
3. Matishov G.G., Polshin V.V., Titov V.V., Sheverdyayev I.V. 2019. [Holocene history of the Sea of Azov shelf]. *Nauka Yuga Rossii*. 15(1): 42–53. (In Russian). doi: 10.7868/S25000640190105
4. Maev E.G., Myslivets V.I., Zverev A.S. 2009. [Structure of the upper sediment layer and the bottom relief of the Taganrog Bay of the Azov Sea]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*. 5: 78–82. (In Russian).
5. Zaitsev A.V., Zelenshchikov G.V. 2009. [Holocene of Don River Delta]. In: *Geologiya, geografiya i ekologiya okeana. Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya D.G. Panova. [Geology, geography and ecology of the ocean. Materials of the international scientific conference dedicated to the 100th anniversary of D.G. Panov (Rostov-on-Don, Russia, 8–11 June 2009)]*. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 124–126. (In Russian).
6. Matishov G.G., Moskovets A.Yu., Inzhebeykin Yu.I., Il'ichev V.G., Kirillova E.E. 2019. [Stages of construction of dams, embankments, and canals and the transformation of river runoff in the front-delta of the Don (the 18th–21st centuries)]. *Nauka Yuga Rossii*. 15(4): 46–54. (In Russian). doi: 10.7868/S25001640190406
7. Harrington E.C. 1965. The desirable function. *Industrial Quality Control*. 21(10): 494–498.
8. Balabanov I.P., Izmaylov Ya.A. 1988. [Changes in the level and hydrochemical regimes of the Black and Azov Seas over the past 20 thousand years]. *Vodnye resursy*. 6: 54–62. (In Russian).
9. 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).
10. 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
11. Polshin V.V. 2009. [Bottom sediments of Late Holocene of the Sea of Azov Region]. In: *Geologiya, geografiya i ekologiya okeana. [Geology, geography and ecology of the Ocean]*. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 269–272. (In Russian).

REFERENCES

1. Berkovitch K.M., Timofeyeva V.V. 2007. [Lower Don River bed morphology and deformation trend]. *Geomorfologiya*. 3: 54–62. (In Russian). doi: 10.15356/0435-4281-2007-3-54-62

Поступила 19.04.2021