

УДК 551.46(268.1+262.24)  
DOI: 10.7868/S25000640220206

## ВНУТРИВЕКОВАЯ ПРИРОДНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ В ПРИАЗОВЬЕ И НА НИЖНЕМ ДОНУ: НОВЫЕ ТЕХНОГЕННЫЕ ИНДИКАТОРЫ

© 2022 г. Академик Г.Г. Матишов<sup>1,2</sup>, О.В. Степаньян<sup>1</sup>, Е.Э. Кириллова<sup>1</sup>

**Аннотация.** Осуществляемые Южным научным центром Российской академии наук комплексные исследования колонок донных отложений, кернов из верхних горизонтов береговых кос позволяют с большой степенью детальности реконструировать гидродинамические и климатические трансформации в Приазовье на протяжении позднего голоцена. Выявлены внутривековые изменения климата и водности в Приазовье по гидрометеорологическим данным (1884–2020 гг.), которые подразделяются на три периода: холодный (многоводный, 1884–1942 гг.), переходный (1942–1985 гг.) и теплый (маловодный, 1986–2020 гг.). Отсутствие паводкового дренажа и маловодье привели в последнее время к заилению многочисленных протоков и гирл дельты Дона. После зарегулирования стока реки (начиная с 1952 г.) скорость осадконакопления в некоторых протоках дельты и авандельты достигла 10–30 мм/год, что значительно выше по сравнению со скоростью накопления новоазовских отложений на шельфе Азовского моря (от 0,2 до 2 мм/год). Новым техногенным индикатором скорости осадконакопления могут быть угольные шлаки, оставшиеся от эпохи пароходов, которые отлично маркируют горизонт 1860–1960 гг. Анализ наблюдаемых закономерностей позволяет предполагать, что в ближайшие два десятилетия можно ожидать наступления следующего переходного этапа с резкими межгодовыми колебаниями температур, с чередованием теплых и суровых зим.

**Ключевые слова:** Нижний Дон, климатическая изменчивость, аридизация, цикличность водного режима, осадконакопление, пароходы, судоходство.

### INTRACENTURY ENVIRONMENTAL VARIABILITY IN THE SEA OF AZOV AND LOWER DON REGIONS: SEARCH FOR MAN-MADE INDICATORS

Academician RAS G.G. Matishov<sup>1,2</sup>, O.V. Stepanyan<sup>1</sup>, E.E. Kirillova<sup>1</sup>

**Abstract.** The comprehensive studies of bottom sediment columns and cores from the upper horizons of coastal spits carried out by the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences make it possible to reconstruct hydrodynamic and climatic transformations in the Sea of Azov region in great detail during the late Holocene. The intracentury changes of climate and water content in the Sea of Azov region were revealed according to hydrometeorological data (1884–2020), which are subdivided into three periods: cold (high-water, 1884–1942), transitional (1942–1985) and warm (low-water, 1986–2020). Lack of flood drainage and low water levels have recently led to the siltation of numerous channels and branches of the Don River delta. After the regulation of the river flow (starting from 1952), the rate of sedimentation in some channels of the delta and avandelta reached 10–30 mm/year, which is significantly higher compared to the rate of accumulation of New-Azovian deposits on the shelf of the Sea of Azov (0.2 to 2 mm/year). A new technogenic indicator of the sedimentation rate can be coal slags left over from the era of steamships, which perfectly mark the horizon of 1860–1960. An analysis of the observed patterns suggests the occurrence of the next transitional stage with abrupt interannual temperature fluctuations with alternating warm and severe winters in the next two decades.

**Keywords:** Lower Don, climatic changes, aridization, cyclicity of water regime, sedimentation, steamship, shipping.

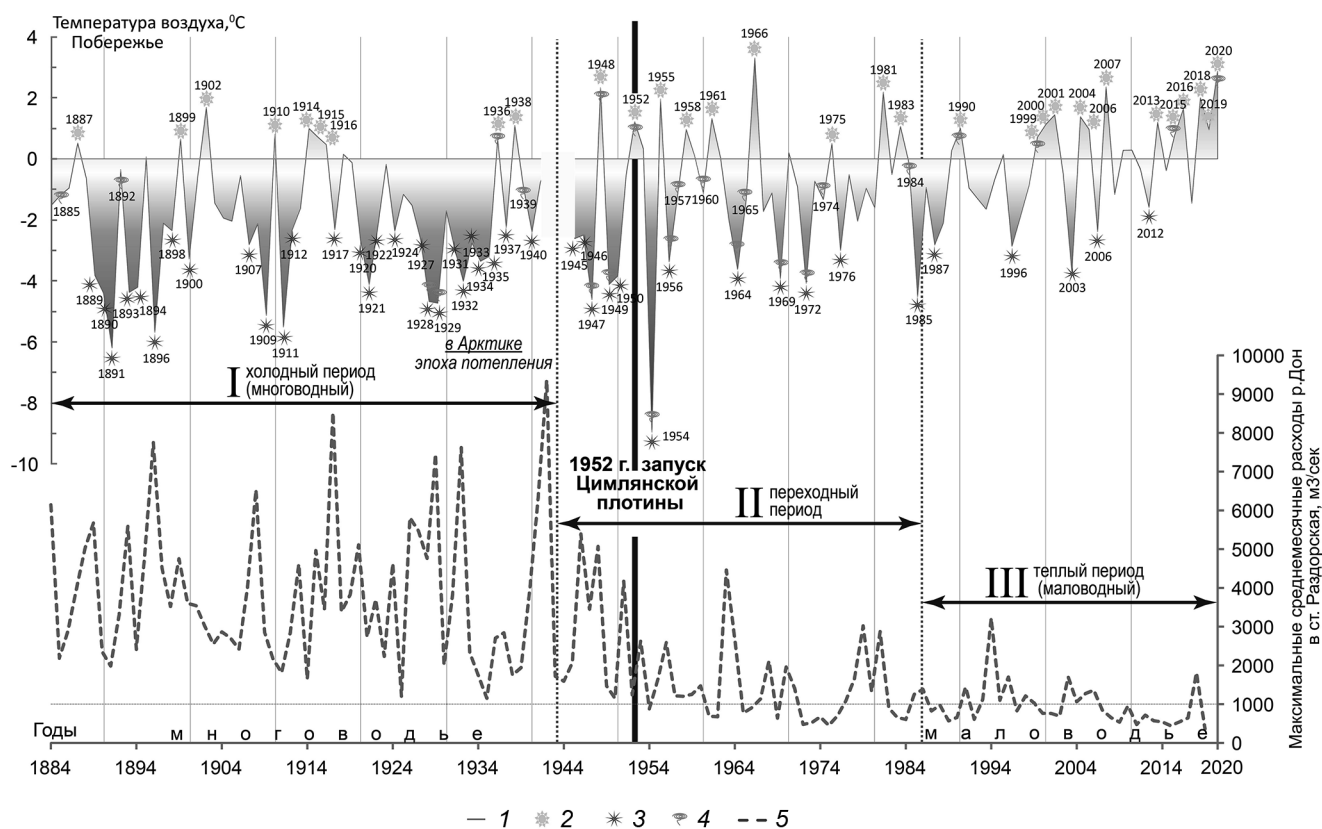
<sup>1</sup> Федеральное исследовательское учреждение Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: step@ssc-ras.ru

<sup>2</sup> 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

Исследование климатической изменчивости в Приазовье и на Нижнем Дону требует комплексного подхода с целью определения ее тенденций. Точность оценки изменений климата зависит от полноты физико-географических данных и продолжительности наблюдений. Период инструментальных наблюдений (в частности, измерение температуры среды ртутным термометром) начался в XVIII веке. Вместе с тем остались самые различные письменные источники начала исторического периода, которые стали особенно широко и методично использоваться в последние годы. Общие представления о колебаниях температуры среды за последнюю тысячу лет можно составить, систематизируя информацию, полученную различными косвенными методами. Среди ритмических явлений природы циклические колебания, в отличие от периодических событий, характеризуются переменной продолжительностью, которая может составлять 1800–1900, 100, 30–40, 17, 11 лет и др. Палеоданные несут информацию о долгопериод-

ных изменениях климата, а данные наблюдений последних столетий – о короткопериодной изменчивости. За более чем 130 лет наблюдений основная доля суровых зим (более трети) пришлась на конец XIX – начало XX века, а теплых – на начало XXI века (рис. 1) [1]. Можно выделить условно холодный (до середины 1940-х гг.) и теплый (с середины 1980-х гг.) периоды [1]. Их разделяет переходный этап с достаточно резкими колебаниями температур между годами (рис. 1) [1].

Поиск новых техногенных индикаторов былых индустриальных эпох – актуальная научная задача. Особое внимание во всем мире привлекает ушедшая в прошлое «эпоха пароходов». Показательными техногенными индикаторами могут быть как собственно уголь в затонувших судах, так и остатки пережженного угля – шлака, выброшенного за борт судна и затем захороненного в речных или морских донных осадках. В ряде работ пережженный уголь (шлак) использован для оценки особенностей осадконакопления, изменения гидрографиче-



**Рис. 1.** Внутривековые климатические изменения в Приазовье по гидрометеорологическим данным (1884–2020 гг.). 1 – средняя температура воздуха в зимний период в Приазовье; 2 – теплые зимы; 3 – суровые зимы; 4 – пыльные бури в Ростовской области; 5 – максимальные среднемесячные расходы р. Дон в ст. Раздорская ( $\text{м}^3/\text{сек}$ ) (по [1; 11]).

**Fig. 1.** Climatic changes in the Sea of Azov region according to hydro-meteorological data (1884–2020). 1 – mean air temperature over the winter season in the Sea of Azov Region; 2 – warm winters; 3 – severe winters; 4 – dust storms in Rostov Region; 5 – maximum mean monthly discharges of the Don River in Razdorskaya village ( $\text{m}^3/\text{sec}$ ) (after [1; 11]).

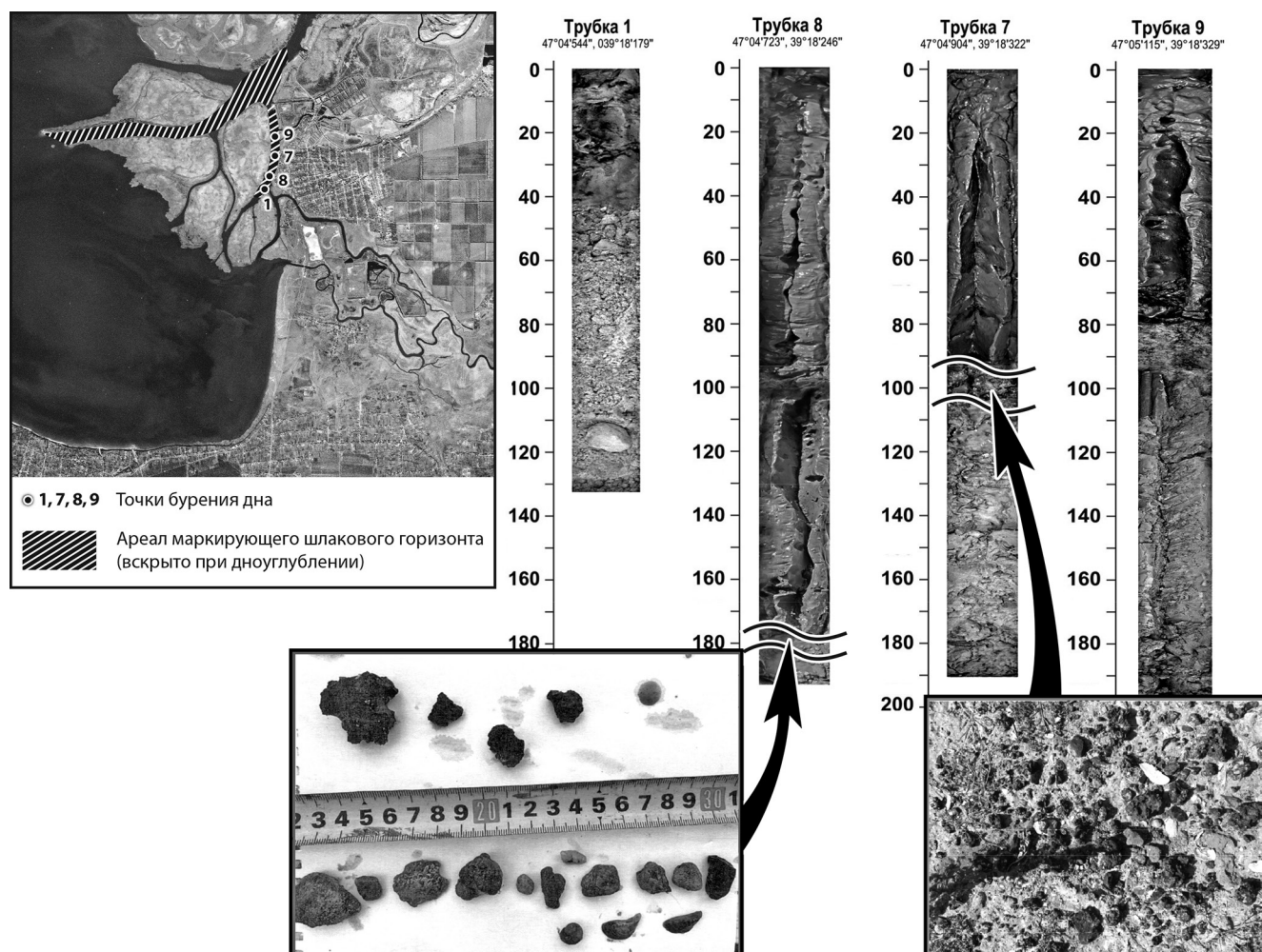


Рис. 2. Маркирующий горизонт по угольному шлаку (1860–1960-е гг.) (по [1; 11]).  
 Fig. 2. Marker horizon by coal slag (1860–1960s) (after [1; 11]).

ской сети, интенсивности судоходства и освоения новых территорий в XIX и XX веках для р. Миссисипи (особенно исследователей интересует период гражданской войны в США (1861–1865 гг.) и крупных рек Европы [2], для Мексиканского залива [3], прибрежных районов Атлантического океана [4]. В то же время в современной наземной археологии угольный шлак как палеоиндикатор не применяется в работах в связи с невозможностью его датировки современными инструментальными методами [5].

На Нижнем Дону развитие пароходства имело важное экономическое значение в конце XIX – начале XX века для развития портов Таганрога, Ростова-на-Дону, Нахичевани-на-Дону и Азова [6–9]. Именно развитие пароходства на Нижнем Дону уже в конце XIX века привело к существенной трансформации дельты Дона, прокладке судоходных каналов в реке и море, началу интенсивно-

го дноуглубления и масштабному перемещению донного грунта в акватории р. Дон и Таганрогского залива Азовского моря. Строительство Цимлянской плотины, Константиновского, Николаевского и Кочетовского гидроузлов образовало на Нижнем Дону цепь русловых водохранилищ со слабыми скоростями стокового течения [10]. Естественный процесс седиментации на Нижнем Дону и взморье претерпел значительные изменения [10]. Произошло замедление паводковых течений. В речной взвеси снизилось содержание частиц песчаной размерности. В XXI веке усилилась тенденция климатической аридизации и сократился сбросов воды вниз по Дону. Отсутствие паводкового дренажа и маловодье привели к заилению многочисленных протоков и гирл дельты. За последние полвека в устьевых зонах сформировался характерный слой илистых отложений мощностью 1–2,5 м [1].



**Рис. 3.** Угольный шлак на высохшем речном дне (гирло Свиное) (по [1; 11]).

**Fig. 3.** Coal slag on the dried river bottom (Svinoe delta arm) (after [1; 11]).

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

С 2016 г. проводится планомерное бурение в дельте Дона и на побережье Таганрогского залива. В прибрежных районах моря колонки донных осадков отбирали гравитационной трубкой с научно-исследовательских судов «Денеб» и «Профессор Панов», а также вибрационной трубкой с несамоходного понтона.

Абсолютный возраст отложений определяли радиоуглеродным методом по образцам раковин моллюсков из керна скважин и обнажений в Лаборатории геоморфологических и палеогео-



**Рис. 4.** Размеры частиц угольного шлака из колонки донных отложений (гирло Свиное) (по: [1; 11]).

**Fig. 4.** Sizes of coal slag particles from the bottom sediment column (Svinoe delta arm) (after [1; 11]).

графических исследований полярных регионов и Мирового океана им. В.П. Кёплена (Санкт-Петербургский государственный университет, Россия). Значения календарного возраста были получены с помощью программы «OxCal 4.3» (калибровочная кривая «IntCal 13»). За последние годы выполнено более 100 радиоуглеродных датировок донных отложений ново- и древнеазовского возраста. Возраст артефактов с морского дна оценивали также и с привлечением археологических находок.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С использованием методов абсолютной геохронологии и литологии установлено, что скорость осадконакопления на протяжении древне- и новоазовского этапа развития Азовского моря изменялась от 0,2 до 2 мм/год [1]. Маркирующий горизонт эпохи паровых судов на Нижнем Дону (1860–1960 гг.), вскрытый грунтовыми трубками и при дноуглублении в Азово-Донском судоходном канале и гирле Свиное (рис. 2), позволил рассчитать скорость седиментации на Нижнем Дону [1].

На некоторых участках Азово-Донского судоходного канала (от порта Азов до выхода в Таганрогский залив) на протяжении 5 км и в боковых протоках (гирло Свиное) на протяжении 1 км сформировался пласт от 3 до 10 см угольного шлака с размером обломков 1–5 см (рис. 3–5) [1]. Угольный шлак сверху перекрыт илистыми осадками толщиной до 1–2 м. Казаки на Нижнем Дону с конца XIX века называют этот угольный шлак особым словом – «жужелка» или «жужлица» – из-за характерного звука, появляющегося при перекачивании по обмелевшему дну Дона. Отметим, что при работе пароходов использовалось два вида угля – антрацит и «курной» уголь. Шлаки именно этого угля найдены нами в дельте Дона. Маркирующий шлаковый горизонт общей протяженностью в дельте порядка нескольких десятков километров с резким несогласием залегает на аллювиальных мелко-среднезернистых песках, которые сформировались в условиях паводков до зарегулирования реки. Со второй половины XX века водный режим и процессы седиментации в бассейне Дона, обусловленные внутривековой цикличностью климата, были нарушены Цимлянкой плотиной, что вызвало заиливание речных русел [1; 10]. С учетом расположения маркирующего горизонта на глуби-

не 1–2 м скорость седиментации глинистых илов достигала в авандельте 10–30 мм в год [1]. Указанные величины в 15 раз выше в сравнении со скоростью накопления новоазовских отложений на шельфе Азовского моря [1] и косвенно свидетельствуют об усилении абразионных процессов в русле Дона, связанных в том числе с развитием водного транспорта и портовой инфраструктуры на Нижнем Дону [10]. Трансформация природной системы Нижнего Дона в условиях затяжного маловодья продолжается в настоящее время, появляются планы строительства новых плотин и гидросооружений, что имеет негативные как экологические, так и социокультурные последствия для местного населения [10].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новый техногенный индикатор (угольный шлак) в донных осадках обнаружен в дельте Дона и использован для оценки условий осадконакопления и климатических изменений на юге России. Использование техногенного индикатора – угольного шлака – ставит новые задачи при проведении литологических и геоморфологических работ на морских и речных акваториях бывшего активного пароходства в Балтийском море (Невская губа), реках Волга, Обь, Северная Двина, что позволит по-новому оценить

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матишов Г.Г., Дашкевич Л.В., Титов В.В., Кириллова Е.Э. 2021. Анализ внутривековой природной изменчивости в Приазовье и на Нижнем Дону: причина маловодья. *Наука Юга России*. 17(1): 13–23. doi: 10.7868/S25000640210102
2. *Rivers in History: Perspectives on Waterways in Europe and North America*. 2008. Pittsburgh, University of Pittsburgh Press: 218 p.
3. Wei C.-L., Rowe G.T., Nunnally C.C., Wicksten M.K. 2012. Anthropogenic “Litter” and macrophyte detritus in the deep Northern Gulf of Mexico. *Marine Pollution Bulletin*. 64(5): 966–973. doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.02.015
4. Emery K.O., Uchupi E. 1984. *The Geology of the Atlantic Ocean*. New York, Springer: 1050 p.
5. Garrison E. 2016. *Techniques in Archaeological Geology*. Springer: 345 p.
6. *Труды отдела торговых портов. Вып. 12. Азовское море. Технично-экономический обзор*. 1904. СПб., Государственная типография: 172 с.
7. Скальковский К. 1871. *Срочное и почтовое пароходство в России и за границей. Часть 1*. СПб., типография Товарищества «Общественная польза»: 310 с.



Рис. 5. Образцы угольного шлака из дельты Дона в Музее Южного научного центра Российской академии наук.

Fig. 5. Samples of coal slag from the Don River delta in the Museum of the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences.

условия образования донных осадков и климатическую изменчивость в «эпоху пароходов».

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность В.В. Титову и В.В. Польшину за помощь в сборе материала. Публикация подготовлена в рамках гранта РНФ № 20-17-00196.

### REFERENCES

8. Скальковский К. 1887. *Русский торговый флот и срочное пароходство на Черном и Азовском морях*. СПб., типография А.С. Суворина: 554 с.
9. *Отчет Донского речного комитета за 1914 г.* 1915. Ростов н/Д, типография М.И. Осадченко: 145 с.
10. Матишов Г.Г., Савельева О.С., Слюнина Е.Ю. 2019. *Цимлянская плотина: последний аккорд рассказывания на Дону*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 216 с.
11. Матишов Г.Г., Дашкевич Л.В., Кириллова Е.Э. 2021. Цикличность климата в Приазовье: голоцен и современный период (XIX–XXI вв.). *Доклады Российской академии наук. Науки о земле*. 498(1): 96–100. doi: 10.31857/S2686739721050091
1. Matishov G.G., Dashkevich L.V., Titov V.V., Kirillova E.E. 2021. [Analysis of intracentury environmental variability in the Sea of Azov and Lower Don regions: the cause of low water period]. *Nauka Yuga Rossii*. 17(1): 13–23. (In Russian). doi: 10.7868/S25000640210102
2. *Rivers in History: Perspectives on Waterways in Europe and North America*. 2008. Pittsburgh, University of Pittsburgh Press. 218 p.

3. Wei C.-L., Rowe G.T., Nunnally C.C., Wicksten M.K. 2012. Anthropogenic "Litter" and macrophyte detritus in the deep Northern Gulf of Mexico. *Marine Pollution Bulletin*. 64(5): 966–973. doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.02.015
4. Emery K.O., Uchupi E. 1984. *The Geology of the Atlantic Ocean*. New York, Springer: 1050 p.
5. Garrison E. 2016. *Techniques in Archaeological Geology*. Springer: 345 p.
6. *Trudy otdela torgovykh portov. Vyp. 12. Azovskoe more. Tekhniko-ekonomicheskii obzor*. [Proceedings of the department of commercial ports. Issue 12. Azov Sea. Technical and economic overview]. 1904. St Petersburg, State Printing House: 172 p. (In Russian).
7. Skal'kovskiy K. 1871. *Srochnoe i pochtovoe parokhodstvo v Rossii i za granitsey. Chast' I*. [Urgent and postal shipping company in Russia and abroad. Part I]. St Petersburg, Printing House of the Partnership "Public benefit": 310 p. (In Russian).
8. Skal'kovskiy K. 1887. *Russkiy torgovyy flot i srochnoe parokhodstvo na Chernom i Azovskom moryakh*. [Russian merchant fleet and express shipping on the Black and Azov Seas]. St Petersburg, A.S. Suvorin Printing House: 554 p. (In Russian).
9. *Otchet Donskogo rechnogo komiteta za 1914 g.* [Report of the Don River Committee for 1914]. 1915. Rostov-on-Don, M.I. Osadchenko Printing House: 145 p. (In Russian).
10. Matishov G.G., Savelyeva O.S., Slyunina E.Yu. 2019. *Tsimlyanskaya plotina: posledniy akkord raskazhivaniya na Donu*. [The Tsimlyanskaya Dam: the final chord of decossackization in the Don Region]. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 216 p. (In Russian).
11. Matishov G.G., Dashkevich L.V., Kirillova E.E. 2021. Cyclicality of climate in the Sea of Azov region: the holocene and the current period (19<sup>th</sup> to 21<sup>st</sup> centuries). *Doklady Earth Sciences*. 498(1): 436–440. doi: 10.1134/S1028334X21050093

Поступила 21.02.2022