

## Специфика формирования донных биогеоценозов приливных осушек мезоприливных эстуариев Белого моря

© 2025. И. В. Мискевич, д. г. н., зав. лабораторией, в. н. с.,  
 Н. М. Махнович, н. с., О. П. Невцетаева, к. г. н., зав. лабораторией, с. н. с.,  
 Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН,  
 117997, Россия, г. Москва, Нахимовский просп., д. 36,  
 e-mail: netsvetaeva.op@ocean.ru

Проведены исследования особенностей формирования донных биогеоценозов приливных осушек мезоприливных эстуариев на примере устья р. Тамицы в Онежском заливе Белого моря. Для данного моря характерно доминирование мезоприливных эстуариев, где величина наибольшего прилива колеблется в интервале 1,7–2,8 м, и которым свойственно наличие обширных приливных осушек. Такие биотопы в настоящее время крайне слабо изучены. В мае 2022 г. проведены экспедиционные работы в устьевой области р. Тамицы. На приливной осушке на пяти участках определены параметры количественного развития зообентоса и содержание органических веществ в донных отложениях, идентифицируемых по химическому потреблению кислорода. Показано, что сортировка взвесей по гидравлической крупности на акватории устьевого взморья влечёт за собой формирование сравнительно узких полос, обогащённых или обеднённых содержанием органики. Подобные полосы тянутся вдоль береговой линии и приурочены к отметкам уровня воды, близким к малой и полной водам приливного цикла. Характерная ширина полос донных отложений, обогащённых органикой с присутствием большого числа бентосных животных, составляет несколько метров. Она во многом зависит от разницы величины прилива в различные фазы лунно-солнечного цикла. Протяжённость рассматриваемых полос будет зависеть от геоморфологии устьевого взморья реки. Если ориентироваться на мезоприливные эстуарии малых рек Белого моря, то их характерная длина должна составлять от нескольких сотен метров до 1–3 км. В полосах с максимальной биомассой донных беспозвоночных доминируют двустворчатые моллюски и полихеты, в зонах с минимальной биомассой – ракообразные и некоторые виды двустворок. Рекомендуется при мониторинге загрязнения донных отложений в приливных устьях рек учитывать возможность аккумуляции на указанных полосах высокотоксичных поллютантов, таких как хлорорганические и фосфорорганические пестициды, бифенилы и ряд тяжелых металлов.

**Ключевые слова:** малая река, устьевая область, приливная осушка, зообентос, химическое потребление кислорода.

## Specifics of the bottom biogeocenosis formation on tidal flats of the White Sea mesotidal estuaries

© 2025. I. V. Miskevich ORCID: 0000-0002-5737-4236  
 N. M. Makhnovich ORCID: 0000-0002-6047-2232, O. P. Netsvetaeva ORCID: 0000-0002-5922-1399  
 Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,  
 36, Nakhimovsky Prospekt, Moscow, Russia, 117997,  
 e-mail: netsvetaeva.op@ocean.ru

We studied the peculiarities of bottom biogeocenoses formation on tidal flats of mesotidal estuaries (case-study of the Tamitsa River estuary in the Onega Bay of the White Sea). Mesotidal estuaries that dominate in the White Sea are characterized by extensive tidal flats and the highest tide of 1.7–2.8 m. Such habitats are currently very poorly understood. In May 2022, expedition works were carried out in the Tamitsa River estuary. Quantitative zoobenthos development parameters and organic matter content in benthic sediments identified by chemical oxygen demand were determined at five sites on the tidal flat. It is shown that the sorting of suspended sediments by hydraulic coarseness in the estuary water entails the formation of relatively narrow bands enriched or depleted in organic content. Such bands stretch along the shoreline and are confined to water levels close to low and high water of the tidal cycle. The characteristic width of bottom sediment bands enriched with organic matter with the presence of a large number of benthic animals is several meters. It depends largely on the difference in tidal magnitude during different phases of the moon-solar cycle. The extent of the above mentioned bands will depend on the geomorphology of the river mouth. If we focus on mesotidal estuaries of minor rivers of the White Sea, their characteristic length should be from several hundred meters to 1–3 km. Bivalves and polychaetes dominate in the bands with maximum biomass of benthic invertebrates, while crustaceans and some

species of bivalves dominate in the zones with minimum biomass. It is recommended to take into account the possibility of accumulation of highly toxic pollutants, such as organochlorine and organophosphorus pesticides, biphenyls and a number of heavy metals, in monitoring of bottom sediment pollution in tidal estuaries.

**Keywords:** minor river, estuary, tidal flats, zoobenthos, chemical oxygen demand.

Приливные устья рек на территории российской Арктики получили наибольшее распространение в Белом, Баренцевом и Карском морях. В Белом море в целом доминируют мезоприливные эстуарии [1, 2], на морских границах которых средняя величина прилива в сизигию (в период наибольшего прилива, когда приливообразующие силы Луны и Солнца действуют вдоль одного направления, фаза ново- и полнолуния) составляет более 1,6 м, но не превышает 2,8 м [3]. Для них характерны обширные приливные осушки – участки морского дна, обнажающиеся в фазу отлива и заливаемые водой в фазу прилива. Их ширина в малую воду прилива (при наиболее низком уровне воды) обычно составляет десятки–сотни метров, но может достигать и нескольких километров. Такие биотопы изучены очень слабо из-за недоступности судовых наблюдений. Здесь также сложно проводить пешие (маршрутные) исследования из-за быстрого заливания осушки водой в фазу прилива и наличия вязких илистых и илесто-глинистых грунтов (няши), затрудняющих продвижение человека [4].

Устьевые области малых приливных рек Белого моря активно исследуются Северо-Западным отделением Института океанологии им. П.П. Ширшова. Цель настоящего исследования заключается в выявлении особенностей формирования донных биогеоценозов приливных осушек мезоприливных эстуариев на примере устья р. Тамицы в Онежском заливе Белого моря.

### Объекты и методы исследования

Тамица относится к так называемым малым рекам, располагается в юго-восточной части Онежского залива, имеет длину около 64 км и среднегодовой расход 7,37 м<sup>3</sup>/с. Её устье на выходе в море имеет воронкообразное расширение, близкое к форме классического приливного эстуария. Средняя величина прилива на входе в устье реки составляет 2 м, средняя максимальная (в сизигию) – 2,4 м, средняя минимальная (в квадратуру) – 1,6 м. Здесь необходимо напомнить, что квадратура – это период наименьшего прилива, когда приливообразующие силы Луны и Солнца

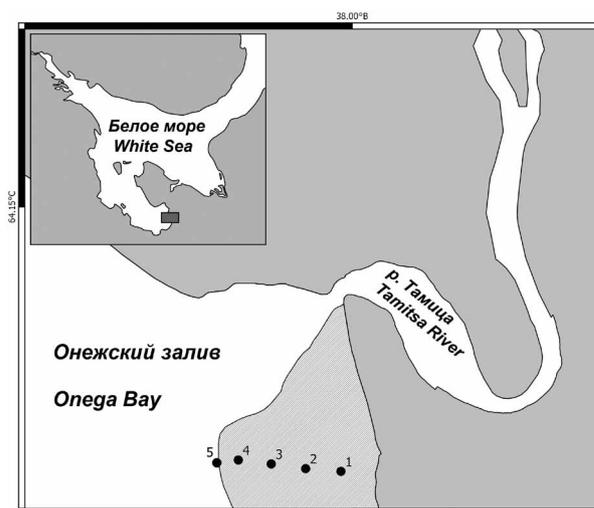
действуют под прямым углом друг к другу, фазы первой и последней четверти Луны.

Для донных отложений осушки р. Тамицы характерно низкое содержание алевритов и пелитов, а также преобладание песчаной фракции. В южной зоне осушки, где проводилось настоящее исследование, присутствует и каменисто-гравийная составляющая [5].

В мае 2022 г. проводились экспедиционные работы на морской границе устьевого взморья р. Тамицы в малую воду приливного цикла. Ширина приливной осушки здесь достигала более 400 м. Пять станций отбора были расположены от верхней границы приливной осушки до уреза воды с расстоянием 100 м между ними (рис.).

Наибольший уклон между станциями наблюдался в верхней части осушки (между станциями 1 и 2), минимальный – в её нижней части (между станциями 4 и 5).

На указанных станциях определяли параметры количественного развития зообентоса [6, 7] и химическое потребление кислорода (ХПК) в водных вытяжках из донных отложений. В настоящем исследовании впервые предлагается использование показателя ХПК водных вытяжек для косвенной оценки содержания органических веществ на исследуемой осушке, что обусловлено рядом причин. Во-первых, данный показатель позволяет судить



**Рис.** Карта-схема расположения станций (1–5) отбора проб донных отложений в устье р. Тамицы  
**Fig.** Location map of the sediment sampling stations (1–5) at the estuary of the Tamitsa River

о содержании водорастворимых трудно-окисляемых органических веществ в донных отложениях [8]. И хотя величина ХПК не соответствует полному содержанию углерода водорастворимых органических веществ, а показывает лишь 75% от общего содержания, для целей косвенной оценки этого может быть вполне достаточно. Во-вторых, ХПК водных вытяжек довольно легко и быстро определяется в лабораторных условиях, что делает использование данного показателя удобным для массовых исследований, особенно в сравнении с более трудоёмкими методами анализа органических веществ.

Отбор гидробиологического материала производился по общепринятым методикам [9]. Применяли рамку, ограничивающую исследуемое место осушки площадью 0,25 м<sup>2</sup>. Поверхностный слой грунта промывали через сито с диаметром отверстий 1 мм. Полученный материал просчитывали на месте, обнаруженных животных фиксировали 70% этиловым спиртом. При определении видовой принадлежности были использованы определители [10–14].

Одновременно с поверхностного слоя осуществлялся отбор проб донных отложений, которые затем высушивались до воздушно-сухого состояния. Дальнейшее определение ХПК осуществлялось в водных вытяжках согласно ГОСТ 31859-2012 с использованием спектрофотометра HACH DR 3900 (Германия). Предварительная градуировка анализатора проводилась в диапазоне 10–160 мгО/л.

### Результаты и обсуждение

Результаты изучения донных биогеоценозов, включающие параметры макрозообентоса, состав донных отложений и содержание в них общей органики, идентифицируемой по показателю ХПК, представлены в таблице.

Анализ полученной информации позволяет предположить следующее.

Максимумы содержания органических веществ в донных отложениях, биомассы, численности и биоразнообразия зообентоса зафиксированы на одних и тех же станциях, которые соответствуют уровням полной и малой вод приливного цикла, когда скорости приливных течений при смене направления снижаются до нулевого уровня. При этом должна наблюдаться наибольшая седиментация взвесей, что подтверждается увеличением на этих точках доли иловых отложений и про-

дуктов деструкции водной растительности. Последние формируются преимущественно за счёт остатков галофитов, образующих обширные заросли около речной границы устьевого взморья реки. На верхней границе приливной осушки (L=0 м) накоплению остатков водной растительности, включая водоросли (фукоиды), также способствуют ветровое волнение и прибой.

Минимумы исследуемых параметров фиксировались в точках, в которых в фазы прилива и отлива наблюдались максимальные скорости течений (0,3–0,5 м/с), способные размывать илистые и илисто-глинистые осадки. Это повлекло за собой формирование донного грунта, представленного преимущественно среднезернистым песком.

Таким образом, сортировка взвесей по гидравлической крупности на акватории устьевого взморья мезоприливного эстуария по результатам анализа проб донных отложений и визуального осмотра зоны приливной осушки влечёт за собой формирование сравнительно узких полос, обогащённых или обеднённых органическим веществом.

Наибольшее различия в локальных биогеоценозах вышеуказанных полос следует ожидать в осенний период по окончании вегетационного периода. Зимой приливные подвижки льда и отдельных льдин в вертикальном и продольном (по отношению к оси эстуария) направлениях способны разрушать сформировавшиеся полосы с наличием мелкодисперсных осадков. В частности, это происходит при оседании льда на грунт приливной осушки в квадратуру и примерзании донных отложений к его нижней поверхности. Подобная картина наблюдается в дельте р. Северная Двина [15–17]. В сизигию (через 2 недели), когда повышается приливной уровень воды на устьевом взморье реки, лёд снова всплывает, нарушая целостность и характер донного субстрата.

Как показали наблюдения, в устье р. Тамбичи в зонах (полосах) с максимальной биомассой донных беспозвоночных доминируют двустворчатые моллюски и полихеты, в зонах с их минимальной биомассой – ракообразные и некоторые виды двустворок. Доминирующие биоценозы для каждой станции указаны в таблице.

В статье [16] было высказано предположение, что экологическая катастрофа, связанная с массовым выбросом морских звёзд на западном побережье Двинского залива Белого моря в 1990 г., была обусловлена наличием на нижней границе приливной осушки аналогичной

Таблица / Table

Количественная характеристика зообентоса и ХПК водных вытяжек из донных отложений на приливной осушке эстуария р. Тамисы / Quantitative characteristic of zoobenthos and COD in aqueous extracts from bottom sediments on tidal flat of the Tamitsa River estuary

№	L, м L, m	N, экз./м <sup>2</sup> N, ind./m <sup>2</sup>	B, г/м <sup>2</sup> B, g/m <sup>2</sup>	n	Характер донных отложений The nature of the sediments	Доминирующий биоценоз Dominant biocenosis	ХПК, мгО/л COD, mgO/L
1	0	117±2	17,4±0,6	3	Среднезернистый песок с примесью гравия и остатками гниющей растительности Medium-grained sand with an admixture of gravel and the remains of decaying plants	<i>Mya arenaria</i>	62±12
2	100	6±1	4,25±0,20	1	Среднезернистый песок Medium-grained sand	<i>Macoma balthica</i>	45±13
3	200	4±1	0,24±0,03	1	Среднезернистый песок Medium-grained sand	<i>Crangon crangon</i>	44±13
4	300	76±3	50,4±0,8	4	Среднезернистый заиленный песок Medium-grained silty sand	<i>Macoma balthica</i> + <i>Mya arenaria</i>	52±10
5	400	66±1	17,0±0,7	4	Среднезернистый песок с примесью гравия и остатками гниющей растительности Medium-grained sand with an admixture of gravel and the remains of decaying plants	<i>Macoma balthica</i>	38±11

Примечание: L – расстояние от точки (станции) до начала разреза, N – численность донных беспозвоночных, B – биомасса донных беспозвоночных, n – количество видов зообентоса, ХПК – химическое потребление кислорода.  
Note: L – distance from the point (station) to the beginning of the transect, N – abundance of benthic invertebrates, B – biomass of benthic invertebrates, n – number of zoobenthos species, COD – chemical oxygen demand.

полосы с большой биомассой моллюсков. Это, в свою очередь, привело к скоплению на ней морских звёзд и их последующему выбросу на берег при сильном штормовом нагоне. Данный факт говорит о возможности скопления большого количества (биомассы) донных беспозвоночных в узкой полосе прибрежной зоны моря, идущей параллельно очертаниям береговой приливной осушки.

Выше речной границы устьевого взморья на устьевом участке реки ширина приливных осушек резко снижается. Здесь в зоне локализации максимальных градиентов температуры и солёности воды, больших скоростей течений и высокой литодинамики грунта донные беспозвоночные практически отсутствуют [18].

С другой стороны, формирование высокой биомассы донных беспозвоночных в полосах может сопровождаться накоплением в иловых осадках высокотоксичных органических соединений, например, полихлорированных бифенилов (ПХБ), хлорорганических пестицидов (ХОП), нефтепродуктов, а также ряда тяжёлых металлов [19, 20]. Исследования

в данном отношении практически не проводились. Как отмечалось ранее, судовые наблюдения не могут охватывать подобные зоны приливных осушек, и на них требуется выполнение специализированных исследований.

Характерная ширина полос донных отложений, обогащённых органикой с присутствием большого числа бентосных животных, составляет несколько метров. Она во многом зависит от разницы величины прилива в квадратуру и сизигию. Протяжённость рассматриваемых полос будет зависеть от геоморфологии устьевого взморья реки. Если ориентироваться на мезоприливные эстуарии малых рек Белого моря, то их характерная длина должна составлять от нескольких сотен метров до 1–3 км.

### Выводы

Проведённые исследования позволяют предположить, что на приливных осушках мезоприливных устьев рек Белого моря в безледоставный период формируются протяжённые узкие полосы донных отложений с

повышенным содержанием органического вещества, а также значительной биомассой и численностью зообентоса. Такие полосы тянутся вдоль береговой линии и приурочены к отметкам уровня воды, близким к малой и полной водам приливного цикла. При мониторинге загрязнения донных отложений в приливных устьях рек необходимо учитывать возможность аккумуляции на указанных полосах высокотоксичных поллютантов.

*Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания по теме «Осаждообразование в современном и древнем океане – рассеянное осадочное вещество и донные отложения как геологические архивы изменения климата и природных систем ключевых районов Мирового океана, морей России и пограничной области море–суша» (№ FMWE-2024-0020).*

### Литература

1. Мискевич И.В., Алабян А.М., Демиденко Н.А., Коробов В.Б., Панченко Е.Д. Формирование высокой мутности вод в малых приливных эстуариях Белого и Баренцева морей // Вестник Московского университета. Сер. 5. Геогр. 2022. № 4. С. 142–153.
2. Люция Белого моря (№ 1110). СПб: ГУНиО МО РФ, 1995. 336 с.
3. Михайлов В.Н. Принципы типизации и районирования устьевых областей рек (аналитический обзор) // Водные ресурсы. 2004. Т. 31. № 1. С. 5–14.
4. Кутявина Т.И., Ашихмина Т.Я. Современное состояние и проблемы мониторинга поверхностных водных объектов России (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 13–21. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-013-021
5. Лукьянов С.А., Шварцман Ю.Г. Гранулометрический состав донных отложений устьевых зон малых рек Онежского залива Белого моря // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: «Естественные науки». 2013. № 2. С. 28–34.
6. Шитиков В.К., Зинченко Т.Д. Многомерный статистический анализ экологических сообществ (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 1. С. 5–11. doi: 10.25750/1995-4301-2019-1-005-011
7. Илюшин Д.Г., Исаченко А.И., Шабалин Н.В., Мокиевский В.О. Современные методы исследования донных сообществ // Инженерные изыскания. 2014. № 9–10. С. 98–104.
8. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Агрохимия и почвоведение». М: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.

9. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 191 с.
10. Флора и фауна Белого моря: иллюстрированный атлас / Под ред. А.Б. Цетлина, А.Э. Жадан, Н.Н. Марфенина. М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. 471 с.
11. Каталог биоты Беломорской биологической станции МГУ / Под ред. А.В. Чесунова, Н.М. Калякиной, Е.Н. Бубновой. М.: Т-во научных изданий КМК, 2008. 384 с.
12. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель пресноводных беспозвоночных центра Европейской России. М.: МАКС Пресс, 2003. 196 с.
13. Beukema J.J. An evaluation of the ABC-method (abundance/biomass/comparison) as applied to macrozoobenthic communities living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea // Mar. Biol. 1988. V. 99. P. 425–433. doi: 10.1007/BF02112136
14. Methods for the study of marine benthos / Eds. A.D. McIntyre, A. Eleftheriou. Blackwell, Oxford, UK: Blackwell Science Ltd., 2005. 418 p.
15. Мискевич И.В., Котова Е.И., Нецветаева О.П. Особенности вертикальной структуры маргинального фильтра в устьях рек с устойчивым галоклином в зимний период на примере дельты Северной Двины // Успехи современного естествознания. 2022. № 11. С. 61–65. doi: 10.17513/use.37929
16. Студёнова М.А., Студёнов И.И., Чупов Д.В., Самодов А.С. Зообентос дельты реки Северная Двина // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 60–65. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-060-065
17. Артемьев С.Н., Новосёлов А.П., Левицкий А.Л. Таксономическое и видовое разнообразие макрозообентоса в Двинском заливе Белого моря // Arctic Environmental Research. 2017. Т. 17. № 4. С. 308–320. doi: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.4.308
18. Махнович Н.М. Основные популяционные характеристики макрозообентоса Онежского берега Белого моря (весна 2021) // Экология гидросферы. 2022. № 1 (7). С. 1–10. doi: 10.33624/2587-9367-2022-1(7)-1-10
19. Шлыгин И.А. Вопросы оценки характеристик и состава грунта при выдаче разрешений на его сброс // Итоги исследований в связи со сбросом отходов в море. М.: Гидрометеиздат, 1988. С. 11–20.
20. Мискевич И.В. Гидрологические аспекты сброса сточных вод в прибрежной зоне морей западного сектора Российской Арктики // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 1. С. 50–55. doi: 10.25750/1995-4301-2017-1-050-055

### References

1. Miskevich I.V., Alabyan A.M., Demidenko N.A., Korobov V.B., Panchenko E.D. Formation of high water turbidity in small tidal estuaries of the White and Barents Seas // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya. 2022. No. 4. P. 142–153 (in Russian).

2. White Sea Lotiya (No. 1110). Sankt-Peterburg: GUNiO of the Ministry of Defense of the Russian Federation, 1995. 336 p. (in Russian).
3. Mikhailov V.N. Principles of typification and zoning of river mouth areas (analytical review) // *Water Resources*. 2004. V. 31. No. 1. P. 5–14 (in Russian).
4. Kut'yavina T.I., Ashikhmina T.Ya. Current state and problems of monitoring of surface water bodies in Russia (review) // *Theoretical and Applied Ecology*. 2021. No. 2. P. 13–21 (in Russian). doi:10.25750/1995-4301-2021-2-013-021
5. Lukyanov S.A., Shvartsman Yu.G. Grane-size composition of bottom sediments of the estuarine zones of the minor rivers of the White Sea Onega Bay // *Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series "Natural Sciences"*. 2013. No. 2. P. 28–34 (in Russian).
6. Shitikov V.K., Zinchenko T.D. Multivariate statistical analysis of ecological communities (review) // *Theoretical and Applied Ecology*. 2019. No. 1. P. 5–11 (in Russian). doi:10.25750/1995-4301-2019-1-005-011
7. Ilyushin D.G., Isachenko A.I., Shabalin N.V., Mokievskiy V.O. Modern methods of benthic communities research // *Engineering Survey*. 2014. No. 9–10. P. 98–104 (in Russian).
8. Arinushkina E.V. Guide to chemical analysis of soils. Moskva: Izd-vo Mosk. un-ta, 1970. 487 p. (in Russian).
9. Manual on methods for biological analysis of sea water and bottom sediments. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980. 191 p. (in Russian).
10. Flora and fauna of the White Sea: illustrated atlas / Eds. A.B. Tsetlin, A.E. Zhadan, N.N. Marfenin. Moskva: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010. 471 p. (in Russian).
11. Catalog of biota of the MSU White Sea Biological Station / Eds. A.V. Chesunov, N.M. Kalyakina, E.N. Bubnova. Moskva: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008. 384 p. (in Russian).
12. Chertoprud M.V., Chertoprud E.S. Concise identifier of freshwater invertebrates of the center of European Russia. Moskva: MAKS Press, 2003. 196 p. (in Russian).
13. Beukema J.J. An evaluation of the ABC-method (abundance/biomass/comparison) as applied to macrozoobenthic communities living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea // *Mar. Biol.* 1988. V. 99. P. 425–433. doi:10.1007/BF02112136
14. Methods for the study of marine benthos / Eds. A.D. McIntyre, A. Eleftheriou. Blackwell, Oxford, UK: Blackwell Science Ltd., 2005. 418 p.
15. Miskevich I.V., Kotova E.I., Netsvetaeva O.P. Peculiarities of the vertical structure of a marginal filter in the mouth of rivers with stable halocline in winter on the example of the delta of the Northern Dvina // *Advances in Current Natural Sciences*. 2022. No. 11. P. 61–65 (in Russian). doi:10.17513/use.37929
16. Studenova M.A., Studenov I.I., Chupov D.V., Samodov A.S. Zoobenthos of the Severnaya Dvina River delta // *Theoretical and Applied Ecology*. 2021. No. 2. P. 60–65 (in Russian). doi:10.25750/1995-4301-2021-2-060-065
17. Artem'ev S.N., Novoselov A.P., Levitskiy A.L. Taxonomic and species diversity of macrozoobenthos in the Dvina Bay of the White Sea // *Arctic Environmental Research*. 2017. V. 17. No. 4. P. 308–320 (in Russian). doi:10.17238/issn2541-8416.2017.17.4.308
18. Makhnovich N.M. The main population characteristics of macrozoobenthos of the Onega coast of the White Sea (spring 2021) // *Hydrosphere Ecology*. 2022. No. 1 (7). P. 1–10 (in Russian). doi:10.33624/2587-9367-2022-1(7)-1-10
19. Shlygin I.A. Issues of assessment of soil characteristics and composition in the issuance of discharge permits // *Results of studies in connection with marine waste discharge*. Moskva: Gidrometeoizdat, 1988. P. 11–20 (in Russian).
20. Miskevich I.V. Hydrological aspects of discharge of waste waters in the coastal zone of the seas of the western sector of the Russian Arctic // *Theoretical and Applied Ecology*. 2017. No. 1. P. 50–55 (in Russian). doi:10.25750/1995-4301-2017-1-050-055