

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЛИВНЫХ ОСУШЕК В МЕЗОПРИЛИВНЫХ ЭСТУАРИЯХ РЕК БЕЛОГО МОРЯ НА ПРИМЕРЕ УСТЬЯ РЕКИ ПИЛЬЕМА В ОНЕЖСКОМ ЗАЛИВЕ

И. В. Мискевич, А. В. Лещев, Н. М. Махнович, Д. С. Мосеев

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36,
e-mail: szoioras@yandex.ru*

По данным наблюдений, проведенным в октябре 2023 г., рассмотрены биогеохимические характеристики приливной осушки в эстуарии малой реки Пильема в Онежском заливе Белого моря. Здесь наблюдаются мезоприливные условия со средней величиной прилива при входе на устьевое взморье реки 2.4 м. Вдоль восточного побережья эстуария из-за штормовой погоды наблюдалась аномально высокая концентрация в воде взвешенного вещества (356–692 мг/л), но на устьевом участке реки, закрытом для развитого ветрового волнения, концентрация взвеси была относительно низкой (6–21 мг/л). Для верхней зоны приливной осушки были характерны низкие значения численности, биомассы и биоразнообразия бентоса, малое проективное покрытие дна водорослями, а также незначительные концентрации таких тяжелых металлов, как кадмий, медь, свинец и цинк. Подобная ситуация, в основном, связана с активными литодинамическими процессами, наблюдаемыми в данной зоне.

Ключевые слова. Пильема, эстуарий, Белое море, мезоприливные условия, приливная осушка, взвесь, зообентос, металлы

Введение

В Белом море наибольшее распространение получили устья малых и средних рек с мезоприливными условиями, которые, согласно классификации, указанной в работе (Михайлов, 2004), наблюдаются на их устьевых взморьях при средней сизигийной величине прилива больше 1.6 м, но меньше 2.8 м. Для таких водных объектов характерно развитие обширных приливных осушек, протяженность которых вдоль русла в Онежском заливе в среднем составляет 1628 м (Коробов, Лохов, 2023), а их максимальная ширина может достигать 0.5–1 км и даже более. Биогеохимические характеристики и специфика их пространственного распределения в пределах осушки в настоящее время остаются малоисследованными, что, в частности, весьма осложняет решение различного рода прикладных задач при ведении хозяйственной деятельности в устьях рек Белого моря. Исследования, проведенные сотрудниками Северо-Западного отделения Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН (СЗО ИО РАН) на приливных осушках эстуария реки Пильема в юго-западной части Онежского залива в 2023 г., позволяют получить часть сведений, необходимых для решения данной проблемы.

Пильема относится к так называемым малым рекам (площадь водосбора менее 2000 км²) (Методика..., 2007). Это довольно короткий водоток, и его длина составляет всего 11 км. При впадении в юго-восточную часть Онежского залива Белого моря р. Пильема формирует короткий воронкообразный эстуарий протяженностью около 2 км и максимальной шириной до 2.5 км (рисунок 1). При этом воронкообразная форма эстуария наблюдается в течение всего приливного цикла, за исключением периода, близкого к моменту его малой воды, когда устьевой водоток приобретает каналообразный характер, его ширина уменьшается до 15–30 м, а глубина снижается до 1–2-х м. Выше эстуария располагается устьевой участок реки длиной около 3 км и шириной 5–10 м. Внутри эстуария на участке свала глубин можно выделить зону устьевого взморья протяженностью около 0.5 км. Ее особенностью является увеличение влияния стока р. Онеги, в первую очередь из-за седиментации взвешенного материала, выносимого из устья этой реки в юго-восточную часть Онежского залива. Средняя величина прилива на входе в эстуарий р. Пильемы составляет 2.4 м.

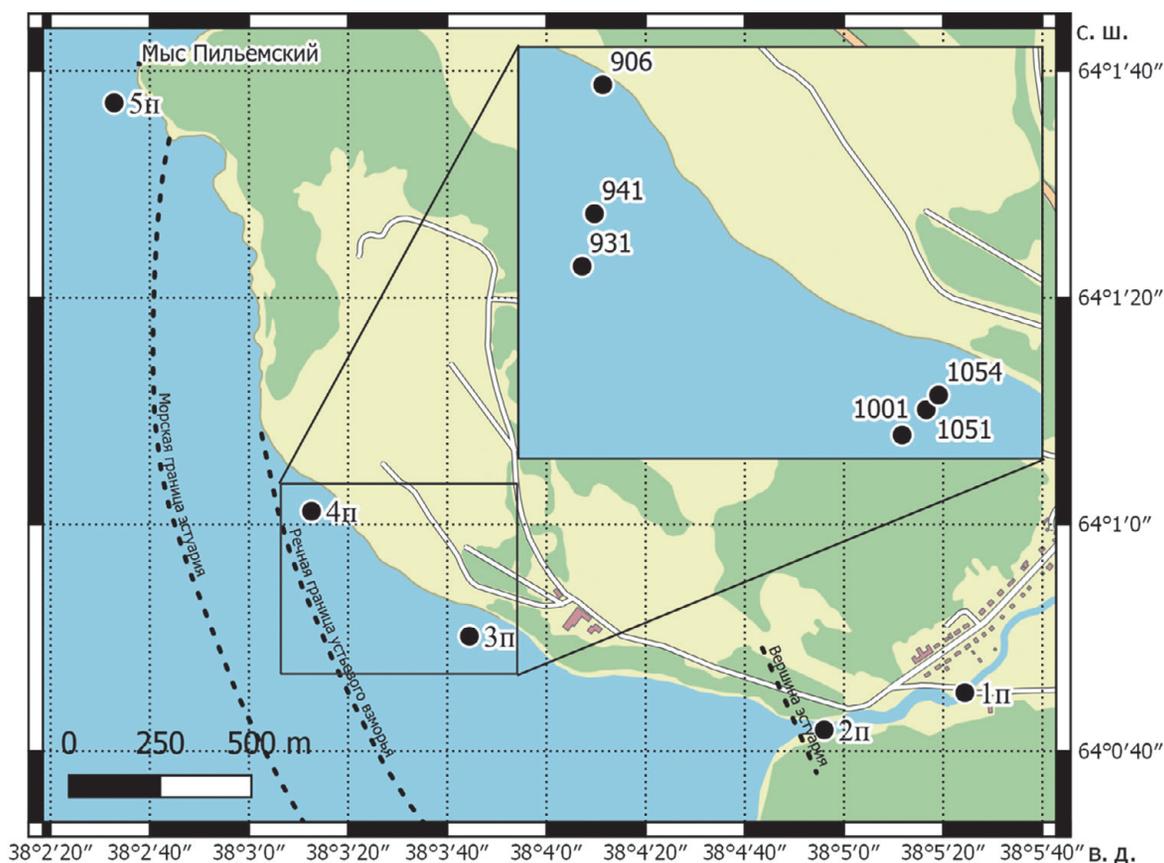


Рис. 1 – Карта-схема расположения станций наблюдений в эстуарии р. Пильемы в Онежском заливе Белого моря в октябре 2023 г.

Материалы и методы

Исследования устьевой области р. Пильемы производились 5 октября 2023 г., в период, когда в реке отмечался осенний дождевой паводок. Наблюдения проводились в верхней зоне приливной осушки, на площади которой до середины приливного цикла морская вода отсутствует. Были отобраны пробы донных отложений и проведены гидробиологические исследования (зообентос, водоросли) на двух разрезах по 3 станции каждый в мористой части эстуария (рисунок 1). Здесь же в полную воду на крайних к береговому урезу станциях (906 и 1054) были проведены гидролого-гидрохимические наблюдения за температурой воды, соленостью, взвешенным веществом (ВВ), растворенным кислородом, величиной рН, ХПК, общим фосфором и общим азотом. Для определения характера смешения речных и морских вод соленость также определялась на поверхностном горизонте на морской границе эстуария, в его вершине и выше ее на 0.5 км на устьевом участке реки. В период проведения полевых работ зона смешения речных и морских вод наблюдалась только внутри эстуария и даже на полной воде приливного цикла морские воды на устьевой участок реки не проникали (рисунок 2).

Для измерения температуры воды, солености и содержания кислорода использовался многопараметрический анализатор жидкости *Multi 3420* фирмы *WTW* (Германия), водородный показатель был измерен с помощью рН-метра *Марк-903*. Пробы воды для определения концентраций взвешенных веществ отбирались в чистые пластиковые бутылки емкостью 1.5 литра. Выделение взвеси проводилось методом мембранной ультрафильтрации под вакуумом через ядерные фильтры диаметром 47 мм и диаметром пор 0.45 мкм.

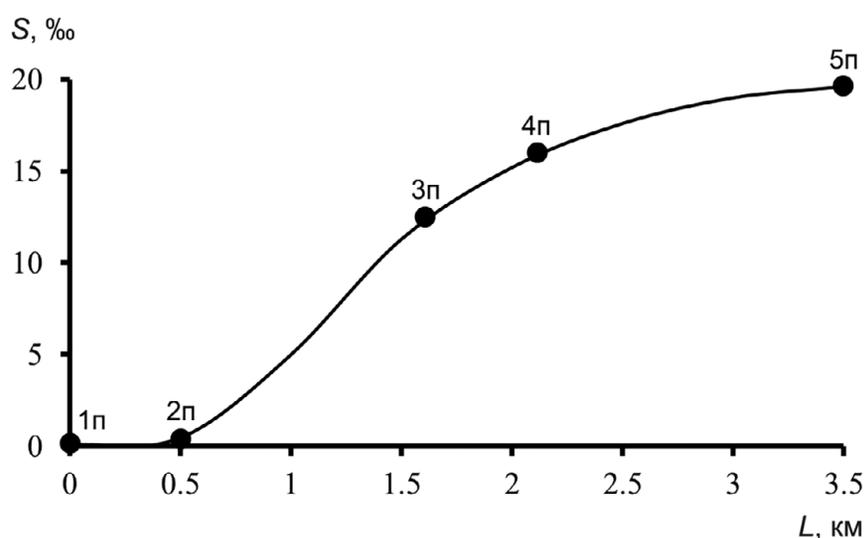


Рис. 2 – Распределение солености в поверхностном слое воды вдоль эстуария р. Пильемы в полную воду приливного цикла 5 октября 2023 г. (створ 0.5 км – вершина эстуария)

Предварительное взвешивание ядерных фильтров осуществлялось на электронных лабораторных весах «*Adventurer Pro*» model RV214 (производства фирмы «*OHAUS Europe*» Швейцария со специальным классом точности и ценой деления 0.1 мг). Масса взвешенного вещества в профильтрованной воде определялась как среднее значение разностей между конечной и начальной массой каждого из трех фильтров, после чего вычислялась концентрация взвеси в воде путем деления на объем профильтрованной воды.

Для определения общего фосфора и общего азота из одной пробы воды использовался метод, предложенный Королевым и уточненный Вальдеррамом (Руководство..., 2003). Он основан на одновременном окислении азотсодержащих и фосфорсодержащих органических соединений, находящихся в воде, до нитратов и фосфатов соответственно. Окислительный реактив кроме персульфата калия содержит натриевую щелочь и борную кислоту, что позволяет проводить сжигание органического вещества сначала в щелочной, а затем в кислой среде. Таким единым процессом достигается двухэтапное разложение органического вещества, что улучшает качество анализа. Далее определение фосфатов и нитратов проводилось и с использованием спектрофотометра HACH DR 3900 (Германия). Определение ХПК в пробах воды осуществлялось по ГОСТ 31859-2012 на этом же спектрофотометре.

Исследования характеристик донных беспозвоночных осуществлялись в соответствии с рекомендациями методического пособия (Руководство..., 1980). Обследование галофитного растительного покрова в эстуарии реки Пильема проводилось методом маршрутных исследований на его различных участках (Александрова, 1969).

Отбор проб донных отложений на станциях производился пластиковым совком в пластиковый контейнер не менее 1 кг мокрой пробы. Описание донных отложений и результаты исследований на содержание тяжелых металлов, наличие и количество бентоса и водорослей отражены в таблице 1. В таблице приведены значения концентраций не всех исследованных тяжелых металлов в донных отложениях, а именно кадмия и цинка, так как их содержание было меньше 1 мг/кг. Определение металлов осуществлялось по методике М-МВИ-80-2008 п. 3.8.4 в сертифицированной Испытательной лаборатории ФГБУ САС «Архангельская» на атомно-адсорбционном анализаторе «Спектр-5».

В донных отложениях в верхней части приливной осушки в мористой части эстуария вдоль его восточного побережья, сложенного гранитными породами, преобладают валуны, гравий и песок. В центральной части эстуария на приливной осушке начинают доминировать иловые отложения, на устьевом участке реки преобладает песок с включением гравия и ила.

Табл. 1 – Характеристика биогеоценозов верхней части приливной осушки
 эстуария р. Пильемы в октябре 2023 г.

Номер станции	Грунт	Металлы, мг/кг			Зообентос			Водоросли	
		Mn	Cu	Pb	N, экз./м ²	B, г/м ²	n	Вид	Покровие, %
906	илистый песок, валуны	54	3.2	1.1	28	0.28	2	<i>Fucus vesiculosus</i> , <i>Ascophyllum nodosum</i>	Выбросы
931	песок, гравий, валуны	32	1.8	< 1	28	15.9	2	<i>Fucus vesiculosus</i> , <i>Ulva prolifera</i>	30 10
941	песок, гравий, галька, валуны, обломки раковин	41	2	< 1	0	0	0	<i>Fucus vesiculosus</i> , <i>Ascophyllum nodosum</i>	60 10
1001	ил, гравий, валуны	99	7.4	2.8	0	0	0	<i>Fucus vesiculosus</i>	Выбросы
1051	илистый песок, гравий, валуны	87	7.5	2.8	88	5.98	4	<i>Fucus vesiculosus</i>	10
1054	илистый песок, гравий, валуны	170	10.8	3.9	16	3.51	2	<i>Fucus vesiculosus</i>	10

Табл. 2 – Гидролого-гидрохимическая характеристика верхней части приливной осушки
 эстуария р. Пильемы в полную воду приливного цикла в октябре 2023 г.

Номер станции	T, °C	S, ‰	BB, мг/л	pH	Кислород		ХПК, мг О/л	P _{общ.} , мкг/л	N _{общ.} , мкг/л
					мг/л	%			
5п	10.0	19.4	692.3	8.24	11.14	100.6	–	25.5	1019
4п (906)	10.5	15.2	356.3	7.83	11.03	100.6	84.03	25.8	1322
3п (1054)	10.5	12.6	416.7	8.03	10.95	100.3	91.85	44.4	823
2п	9.5	0.47	6.3	7.03	9.89	88.2	83.04	32.3	1572
1п	9.3	0.09	21.3	6.88	9.87	88.4	73.51	23.8	1572

Результаты и обсуждение

В период проведения наблюдений в мористой части эстуария вдоль его побережья в северо-восточной части наблюдалась аномально высокая концентрация взвешенного вещества в воде (356–692 мг/л), которая не характерна для морских вод Онежского залива. Подобную ситуацию можно объяснить наличием в день отбора проб воды штормового ветра северо-западного направления, который развил волну

высотой до 1–1.5 м. При этом волновой фронт, двигаясь параллельно оси эстуария, в фазу прилива за счет взмучивания донных отложений на границе воды и суши сформировал полосу воды с очень высокой мутностью. В полную воду прилива данная полоса с аномально высокой концентрацией взвешенных веществ приблизилась к побережью эстуария. В то же время на устьевом участке реки, закрытом для развитого ветрового волнения, концентрация взвеси в воде была относительно низкой (6–21 мг/л) и соответствовала фоновому уровню, наблюдаемому в период осеннего дождевого паводка.

Следует заметить, что зафиксированное возрастание концентрации в воде взвешенного вещества по мере продвижения к морской границе эстуария р. Пильемы характерно и для других мезоприливных эстуариев Онежского залива с наличием мелководного устьевого взморья реки даже в присутствии небольшого ветрового волнения (Мискевич и др., 2018). Этому во многом способствует мелководная трансформация волны при наличии противоположных направлений течения и ветра (Коробов, Лавренов, 1989), которая влечет за собой заметное возрастание ее крутизны и последующее усиление взмучивания верхнего слоя донного субстрата.

Насыщенность воды растворенным кислородом в зоне смешения речных и морских вод при солености более 13 ‰ было немного выше 100 % (таблица 2), что входит в противоречие с очень высокой мутностью воды. Такое явление можно объяснить повышенным насыщением кислородом более прозрачных морских вод с соленостью более 20 ‰, поступающих с открытой акватории Онежского залива в эстуарий р. Пильемы, которые, смешиваясь с мутными, более распресненными водами, постепенно снижают относительное содержание кислорода. В то же время непосредственно в водах реки Пильемы стал формироваться осенний дефицит кислорода, и его насыщение здесь снизилось до 88 %.

Проведенные исследования позволяют предположить, что в центре зоны смешения речных и морских вод, где наблюдается седиментация иловых отложений и располагается коагуляционно-сорбционная ступень маргинального фильтра (Гордеев и др., 2012), возрастают содержание органики, идентифицируемой по параметру ХПК, и содержание общего фосфора. При этом максимум содержания общего азота в растворенных формах наблюдается на устьевом участке р. Пильема, что, возможно, связано с влиянием сточных (дренажных) вод, формирующихся на территории поселка Покровское.

В пространственной структуре растительности устья реки Пильемы хорошо проявляется зональность. В зоне супралиторали полоса пляжей покрыта сообществами псаммофитона. Их верхний ярус высотой 60–80 см образуют высокотравные злаки – *Leymus arenarius*, *Leymotrigia bergrotii*. Нижний ярус в основном сложен из стелющихся побегов *Honckenyia peploides* и *Lathyrus japonicus*, встречается *Sonchus humilis*.

На верхней литорали формируются низкие приливные берега – марши, покрытые галофитной растительностью. Ведущее значение в формировании растительного покрова здесь имеют сообщества высокотравных гидрофильных видов – *Phragmites*

australis и *Bolboschoenus maritimus*. Сообщества *Phragmites australis* формируются в основном на песках и илистых песках осушки ближе к берегу. На илистых грунтах по направлению к морю их сменяют сообщества *Bolboschoenus maritimus*, образующие своеобразный пояс приморской растительности. Отметим, что сходные (но пространственно более выраженные) пояса приморской растительности выделены и для устья соседней крупной реки Онеги (Мосеев и др., 2023). Такие сообщества препятствуют вымыванию грунта и способствуют заилению приливно-отливной зоны. В нижнем ярусе под *Phragmites australis* и *Bolboschoenus maritimus* с небольшим покрытием (1–10 %) встречаются галофиты *Juncus gerardii*, *Glaux maritimus*, *Plantago maritima*, *Triglochin maritimum*, *Tripolium pannonicum*, *Spergularia salina*. Возможно, их сообщества когда-то господствовали в устье реки, но позже были вытеснены крупными гидрофильными видами, так как на отдельных заиленных участках, свободных от тростника и клубнекамыша, встречаются их небольшие по площади ценозы. В эти сообщества с небольшим обилием входят и водоросли *Vaucheria* и *Ulva*. Зеленая водоросль *Ulva* обычно покрывает крупные валуны рядом с берегом.

На средней и нижней литорали растительный покров образован ценозами морских водорослей, где с покрытием 10–50 % на илистых грунтах с валунами доминируют бурые водоросли *Fucus vesiculosus* и *Fucus distichus*, устойчивые к значительным суточным колебаниям солености в ходе приливно-отливного цикла. Фукусы чаще образуют скопления на участках литорали с валунно-илистым грунтом.

Все вышеописанное в основном относится к мористой части эстуария р. Пильемы. Участок между станциями 1001, 1051, 1054 и вершиной эстуария исследовать не удалось. Визуально здесь было отмечено наличие иловых отложений с массовыми зарослями тростника *Phragmites australis*.

Зообентос верхней зоны приливной осушки характеризовался относительно низкими значениями численности (N), биомассы (B) и количеством обнаруженных видов (n). В пробах преобладали двустворчатые моллюски при доминировании *Macoma balthica* и *Mia arenaria*. Интересно отметить, что в донных отложениях, несмотря на наличие илистого песка, не фиксировалось присутствие полихет, которые являются типичными представителями эстуарных донных беспозвоночных в Белом море. Подобная ситуация, при наличии достаточного количества детрита, но при низкой биомассе и малом биоразнообразии зообентоса, для рассматриваемой зоны приливной осушки, видимо, обусловлена активными литодинамическими процессами и ледовой эрозией донного субстрата в эстуарии р. Пильемы. Здесь они генерируются за счет развитого ветрового волнения и высоких скоростей приливных течений.

На отдельных станциях наблюдений зообентос на приливной осушке эстуария р. Пильемы отсутствовал. Подобная ситуация характерна для мезоприливных устьев рек Онежского залива, на активных в литодинамическом отношении участках с большой короткопериодной изменчивостью термохалинных условий и содержания взвешенного материала (Махнович, Мискевич, 2015).

Обращает на себя внимание совпадение максимума биомассы зообентоса с наиболее низким содержанием металлов в донных отложениях. Разумеется, делать

какой-либо фундаментальный вывод на основании единичного факта нельзя, но это влечет за собой необходимость дальнейших исследований наличия корреляции между параметрами донных беспозвоночных и концентрациями тяжелых металлов.

Содержание тяжелых металлов в донных отложениях на обследованных участках приливной осушки эстуария следует признать относительно низким для устьевых областей Белого моря (Гордеев и др., 2012). Их наибольшие концентрации фиксировались на станциях с наличием илистого песка (таблица 1). Этот тип донных отложений, по сравнению с другими крупнодисперсными осадками, обладает более высокими сорбционными свойствами по отношению к металлам, входящим в состав органических солей и других соединений. Среди исследованных металлов наибольшие концентрации отмечались для марганца, что характерно для макроэлемента. Экстремум концентрации марганца в донных отложениях наблюдался на станции 1054. Это связано со сбросом в районе станции в эстуарий ливневых (дренажных) вод с гранитного рудника «Покровское», расположенного на его восточном побережье. Данные воды содержат большое количество взвеси, обогащенной гранитной пылью. При этом необходимо учитывать, что марганец входит в число основных элементов, определяющих химический состав гранита.

Заключение

Результаты проведенных исследований позволяют предположить, что формирование биологических и геохимических характеристик осушек мезоприливных эстуариев с открытым мелководным взморьем реки во многом зависит от гидродинамических условий. Возникает необходимость проведения дальнейших исследований пространственно-временной изменчивости различных показателей экосистем приливных осушек морей арктической зоны России и определения их зависимости от короткопериодных и сезонных колебаний гидрометеорологических и гидрологических условий. В данном контексте целесообразно продолжить исследования других участков приливной осушки эстуария р. Пильемы.

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы госзадания № FMWE-2024-0020 «Осадкообразование 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».

Список литературы

1. *Александрова В. Д.* Классификация растительности. Л.: Наука, 1969. 275 с.
2. *Гордеев В. В., Филиппов А. С., Кравчишина М. Д.* и др. Особенности геохимии речного стока в Белое море. В кн.: Система Белого моря. Т. II: Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. М.: Научный мир, 2012. С. 225–308.
3. *Коробов В. Б., Лавренов И. В.* Оценка влияния приливных течений на функции распределения высот ветровых волн // Метеорология и гидрология. 1989. № 11. С. 73–80.
4. *Коробов В. Б., Лохов А. С.* Статистические характеристики приливных осушек малых рек Двинского и Онежского заливов Белого моря // Геология морей и океанов: Материалы XXV Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. I. М.: ИО РАН, 2023. С. 236–240.
5. *Махнович Н. М., Мискевич И. В.* Особенности пространственного распределения бентоса на осушках мезоприливных устьев рек Белого моря на примере устья р. Кянда // Геология морей и океанов: Материалы XXI Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. III. М.: ИО РАН, 2015. С. 230–234.
6. Методика гидрографического районирования территории Российской Федерации. Утверждена приказом МПР России 25 апреля 2007 года N 112. 2007.
7. *Мискевич И. В., Алабян А. М., Коробов В. Б.* и др. Исследования короткопериодной изменчивости гидролого-гидрохимических характеристик устья реки Кянда в Онежском заливе Белого моря (28 июля – 15 августа 2016 г.) // Океанология. 2018. Т. 58. № 3. С. 369–373.
8. *Михайлов В. Н.* Принципы типизации и районирования устьевых областей рек (аналитический обзор) // Водные ресурсы. 2004. Том 31. № 1. С. 5–14.
9. *Мосеев Д. С., Лецев А. В., Мискевич И. В., Сергиенко Л. А., Березина М. О.* Фитоценозы солоноватых маршей устья реки Онеги // Океанологические исследования. 2023. № 51 (3). С. 129–144.
10. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 191 с.
11. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов мирового океана / Под ред. В. В. Сапожникова. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 202 с.

Статья поступила в редакцию 19.02.2024, одобрена к печати 12.04.2024.

Для цитирования: *Мискевич И. В., Лецев А. В., Махнович Н. М., Мосеев Д. С.* Характеристика приливных осушек в мезоприливных эстуариях рек Белого моря на примере устья реки Пильема в Онежском заливе // Океанологические исследования. 2024. № 52 (1). С. 69–79. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52\(1\).4](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(1).4).

CHARACTERIZATION OF TIDAL DRYING AREAS IN MESOTIDAL ESTUARIES OF THE WHITE SEA ON THE EXAMPLE OF THE PILEMA RIVER ESTUARY IN ONEGA BAY

I. V. Miskevich, A. V. Leshchev, N. M. Makhnovich, D. S. Moseev

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,
e-mail: szoioras@yandex.ru*

The biogeochemical characteristics of tidal drying in the estuary of the small Pilema River in the Onega Bay of the White Sea are considered based on observations made in October 2023. Here, mesotidal conditions are observed with a mean tidal range of 2.4 m at the entrance to the river mouth. Along the eastern shore of the estuary, anomalously high suspended sediment loads (356–692 mg/L) were observed due to stormy weather, but the estuarine section of the river, which is closed to developed wind disturbance, had relatively low suspended sediment loads (6–21 mg/L). The upper tidal drying zone was characterized by low values of benthic abundance, biomass and biodiversity, low projective cover of the bottom by algae, and insignificant concentrations of heavy metals such as cadmium, copper, lead and zinc. This situation is mainly due to active lithodynamic processes observed in this zone.

Keywords: Pilema, estuary, White Sea, mesotidal conditions, tidal drying, suspended sediments, zoobenthos, metals

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the theme of state assignment No. FMWE-2024-0020 “Sedimentation in the modern and ancient ocean – dispersed sedimentary matter and bottom sediments as geological archives of climate change and natural systems of key areas of the World Ocean, the Seas of Russia and the sea-land border region.”

References

1. Alexandrova, V. D., 1969: *Vegetation classification*. Leningrad, “Science”, 275 p.
2. *A guide to methods of biological analysis of seawater and sediments*. 1980, Leningrad, Hydrometeoizdat, 191 p.
3. Gordeev, V. V., A. S. Filippov, and M. D. Kravchishina, et al., 2012: Features of the geochemistry of river flow into the White Sea. In: *The White Sea System*, Volume II: Water column and interacting with it atmosphere, cryosphere, the river runoff and the biosphere, Moscow, Scientific World, 784 p.
4. Korobov, V. B. and I. V. Lavrenov, 1989: Assessment of the influence of tidal currents on the distribution functions of wind wave heights. *Meteorologiya i gidrologiya*, **11**, 73–80.
5. Korobov, V. B. and A. S. Lokhov, 2023: Statistical characteristics of the small river’s foreshore areas of the Dvina and Onega bays, White Sea. *Geology Of Seas And Oceans: Proceedings of XXV International Conference on Marine Geology*, Moscow, IO RAS, **I**, 236–240.
6. Makhnovich, N. M. and I. V. Miskevich, 2015: Features of the spatial distribution of benthos in drained areas of river estuaries of the White Sea (the example of Kyanda River). *Geology Of*

- Seas And Oceans: Proceedings of XXI International Conference on Marine Geology*, Moscow, IO RAS, **3**, 230–234.
7. *Methodology for hydrographic zoning of the territory of the Russian Federation*. Approved by order of the Ministry of Natural Resources of Russia on April 25, 2007, No. 112. 2007.
 8. Mikhailov, V. N., 2004: Principles of typification and zoning of river estuarine regions (analytical review). *Water Resources*, **31** (1), 5–14.
 9. Miskevich, I. V., A. M. Alabyan, and V. B. Korobov, et al., 2018: Studies of the short-term variability of the hydrological and hydrochemical characteristics of the mouth of the Kyanda River in the Onega Bay of the White Sea (July 28 – August 15, 2016). *Oceanology*, **58** (3), 369–373.
 10. Moseev, D. S., A. V. Leshchev, I. V. Miskevich, L. A. Sergienko, and M. O. Berezina, 2023: Phytocenoses of brackish marshes of the mouth of the Onega River. *Journal of Oceanological Research*, **51** (3), 129–144.
 11. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu morskikh i presnykh vod pri ekologicheskom monitoringe rybokhozyaystvennykh vodoyemov i perspektivnykh dlya promysla rayonov mirovogo okeana (Guide to the chemical analysis of sea and fresh waters for environmental monitoring of fishery reservoirs and areas of the world ocean that are promising for fishing)*. Ed. V. V. Sapozhnikov. Moscow, Izd-vo VNIRO, 2003, 202 p.

Submitted 19.02.2024, accepted 12.04.2024.

For citation: Miskevich, I. V., A. V. Leshchev, N. M. Makhnovich, and D. S. Moseev, 2024: Characterization of tidal drying areas in mesotidal estuaries of the White Sea on the example of the Pilema River estuary in Onega Bay // *Journal of Oceanological Research*, **52** (1), 69–79, [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52\(1\).4](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(1).4).