

УДК 556.54

ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАГУННЫХ ЭСТУАРИЕВ О. ВАЙГАЧ В ЛЕТНЮЮ МЕЖЕНЬ 2023 г.

© 2024 г. И. В. Мискевич, Д. С. Мосеев, А. С. Лохов, Е. И. Котова

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

** e-mail: szoiran@mail.ru*

Поступила в редакцию 20.10.2023 г.

После доработки 29.11.2023 г.

Принята к публикации 28.12.2023 г.

Северо-Западное отделение ИО РАН провело комплексные исследования рек Красная и Варкуцья на о. Вайгач в летнюю межень 2023 г., направленные на изучение специфики формирования маргинальных фильтров в лагунных эстуариях арктического острова. Наибольшие концентрации взвешенных веществ в этих реках отмечались около верхней границы зоны смешения морских и речных вод. В распределении металлов в устьях рек наблюдалось два участка их максимального накопления — во фронтальной зоне, а для марганца и мышьяка — в вершине устья.

Ключевые слова: остров Вайгач, маргинальный фильтр, малые реки, микроприливно-эстуарий, лагунный эстуарий

DOI: 10.31857/S0030157424040158, **EDN:** PQQHMF

Для многих островов российской Арктики типично наличие развитой гидрографической сети, сформированной из малых рек и ручьев. Исследованиями геохимических и биохимических процессов в микроприливных устьях таких водотоков практически никто не занимался. Имеется ряд работ для устьев малых рек материкового побережья Баренцева и Белого морей, например [5], но все они относятся к макроприливному или мезо-приливному устьям рек. При этом характер функционирования в островных микроприливных устьях рек маргинальных фильтров, определяющих обмен веществами между сушей и морем, при разрушении многолетнемерзлых грунтов на фоне наблюдаемого климатического потепления остается малоизученным [4].

В рамках решения данной проблемы сотрудники СЗО ИО РАН в июле 2023 г. провели комплексные исследования микроприливных эстуариев Красная и Варкуцья в юго-западной части о. Вайгач. Устьевые участки данных рек имеют лагуны, что характерно для многих рек арктических островов.

Задачей проводимых исследований было определение специфики формирования маргинальных фильтров в лагунных устьях рек арктического острова. В каждом устье реки осуществлялись:

- полусуточные наблюдения за уровнем воды, температурой воды, соленостью, кислоро-

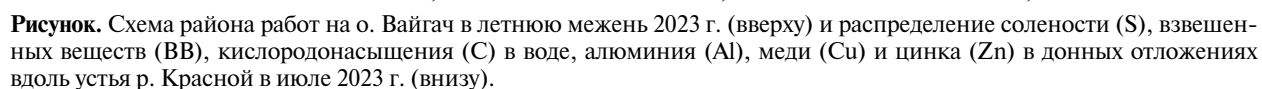
дом (с помощью анализатора Multi 3420 фирмы WTW), величиной pH (с помощью pH-метра Марк-903) и отбор проб воды на содержание взвешенных веществ в поверхностном горизонте;

- наблюдения за температурой воды, соленостью, кислородом, величиной pH и отбор проб воды на содержание взвешенных веществ, общего фосфора и общего азота на 5 станциях в поверхностном горизонте в полную воду приливного цикла. Расстояние между станциями составляло около 1 км (0 км — морская граница устьевого взморья реки, 1 км — морская граница лагуны);

- отбор проб донных отложений и водорослей для определения содержания в них алюминия и тяжелых металлов (марганца, меди, мышьяка, никеля, свинца и цинка);

- фиксация характера водной растительности на участках проведения гидролого-гидрохимических исследований.

Выделение взвеси проводилось методом мембранной ультрафильтрации под вакуумом через чистые ядерные фильтры. Для определения общего фосфора и общего азота из одной пробы воды использовался метод, предложенный Королевым и уточненный Вальдеррамом. Анализ проб донных отложений и водорослей на металлы проводился методом атомно-эмиссионного анализа согласно ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011.



Устье р. Красной относится к лагунно-эстуарному типу и состоит из открытого устьевого взморья протяженностью около 1 км, лагуны длиной около 1.6 км и шириной 0.7–1 км, воронкообразного эстуария длиной около 1 км и устьевого участка реки длиной около 0.8 км. Устье р. Варкуцяхи относится к лагунно-дельтовому типу и включает устьевое взморье протяженностью около 1 км, лагуну длиной около 0.6 км и шириной 0.3–0.5 км, малорукавную дельту длиной около 1.5 км и устьевой участок реки длиной около 1.4 км. Устья данных рек очень мелководны, наибольшие глубины здесь обычно не превышают 0.5 м, и лишь на морских границах лагун в узких проливах они достигают 3 м.

В исследуемых лагунных эстуариях рек о. Вайгача наблюдался полусуточный тип прилива, его величина колебалась в интервале 25–33 см. Устьевые участки даже на малой воде приливного цикла заполняли морские воды с соленостью 3–25‰, что, видимо, было обусловлено пересыханием верховьев этих рек при наличии аномально жаркой погоды. Температура воды в верхних частях устьев рек достигала 18.2–24.6°C, на границе с морем – 13.2–15.1°C.

Наибольшие концентрации взвеси (мутевые “пробки”) в рассматриваемых эстуариях отмечались около верхней границы зоны смешения морских и речных вод (рисунок). Такая граница в устье р. Красной соответствует границе лагуны с воронкообразным расширением, в устье р. Варкуцяхи – вершине малорукавной дельты.

Седиментация взвешенного вещества получает максимальное развитие непосредственно на акватории лагун, а в море (на устьевые взморья рек в проливе Югорский Шар) взвешенные наносы практически не поступают. Одновременно наблюдалось совпадение максимумов содержания взвесей и кислородонасыщения устьевых вод (рисунок), которое было сравнительно высоким. Их появление можно связать с дополнительным поступлением в устьевые экосистемы биогенных веществ, образующихся при деструкции многолетнемерзлых грунтов, что интенсифицирует процессы фотосинтеза планктона и водных макрофитов. На морских границах лагун наблюдались разреженные заросли бурых водорослей с преобладанием *Fucus distichus*. Непосредственно в лагунах начинают явно доминировать зеленые нитчатые водоросли, в частности, *Ulva prolifera*, которые могут служить одним из индикаторов эвтрофикации водного объекта.

В исследованных устьях рек о. Вайгач в распределении металлов отмечалось наличие 2-х

следующих закономерностей: 1) Максимальное накопление металлов во фронтальной зоне, где также локализуются максимумы содержания взвесей и кислородонасыщения устьевых вод (рисунок); 2) Максимальное накопление металлов в вершинах устьев рек. Это отмечалось только для марганца и мышьяка. Здесь необходимо заметить, что концентрации данных металлов (совместно со свинцом) в растворимых формах имеют наибольшие значения в снежном покрове в устье р. Печоры по отношению к другим тяжелым металлам и алюминию.

Появление подобных максимумов, очевидно, зависит от форм присутствия металлов в горных породах на водосборах рек, учитывая возможность их различной растворимости в составе разнотипных солей, гидроокислов и других соединений [1], а также от величины рН таликовых вод. При этом содержание металлов в водорослях, особенно в зеленых, было заметно выше по сравнению с донными отложениями. Следует предположить, что для марганца и мышьяка загрязнение донных отложений в пределах действия маргинальных фильтров лагунных устьев рек о. Вайгача, помимо разгрузки подземных вод и выщелачивания коренных пород, также может зависеть от уровней загрязнения атмосферных осадков.

Таким образом, можно предположить, что в лагунных эстуариях малых рек маргинальные фильтры, в которых все три ступени практически совпадают друг с другом, не выходят за пределы лагун. Это препятствует транзиту веществ, освобождаемых при таянии многолетнемерзлых пород, в прибрежные районы арктических морей. В микроприливных устьях больших рек арктической зоны России структура маргинального фильтра имеет иной характер [2, 3, 6].

Источники финансирования. Исследования устьев рек о. Вайгач были выполнены за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00225 (<https://rscf.ru/project/23-27-00225/>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордеев В.В. Геохимия системы река–море. М.: ИП Матушкина И.И., 2012. 452 с.
2. Гордеев В.В., Филиппов А.С., Кравчишина М.Д. и др. Особенности геохимии речного стока в Белое море // 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. Лисицын А.П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. 1994. Т. 34. № 5. С. 735–747.

4. Мискевич И.В., Коробов В.Б., Мосеев Д.С. Специфика формирования маргинальных фильтров в приливных устьях рек арктических морей // Океанология. 2021. Т. 61. № 1. С. 141–146.
5. Савенко А.В., Покровский О.С., Кожин М.Н. Трансформация стока растворенных веществ в устьевых областях малых водотоков южного побережья Кольского залива // Океанология. 2011. Т. 51. № 5. С. 837–848.
6. Печорское море. Системные исследования (Гидрофизика, гидрология, оптика, биология, химия, геология, экология, социо-экон. проблемы). М.: Море, 2003. 502 с.

RESEARCH OF THE LAGOON ESTUARIES OF VAYGACH ISLAND IN A 2023 SUMMER LOW WATER PERIOD

I. V. Miskevich, D. S. Moseev, A. S. Lokhov, E. I. Kotova

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

* e-mail: szoiran@mail.ru

The paper describes complex research of the Krasnaya and Varkutskyakha Rivers of the Vaigach Island in a 2023 summer low water period completed by the Shirshov Institute of Oceanology North-Western Branch. This research is aimed to studying mixing zones formation specifics for lagoon estuaries of arctic islands. Suspended particulate matter concentrations maximum was found near the mixing zone upper bound. The maximum metal accumulation areas were observed in the river's mouth frontal area and in its upper part for manganese and arsenic.

Keywords: Vaigach Island, river mixing zones, small rivers, micro-tidal estuary, lagoon estuary