

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В УСТЬЯХ РЕК ОСТРОВА ВАЙГАЧ В ЛЕТНЮЮ МЕЖЕНЬ

И. В. Мискевич^{1,2}, Д. С. Мосеев¹, А. С. Лохов^{1,2}

¹ Институт океанологии имени П. П. Ширшова РАН (Москва, Российская Федерация)

² Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова (Архангельск, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 24 марта 2025 г.

Для цитирования

Мискевич И. В., Мосеев Д. С., Лохов А. С. Характеристика геоэкологических условий в устьях рек острова Вайгач в летнюю межень // Арктика: экология и экономика. — 2025. — Т. 15, № 2. — С. 255—264. — DOI: 10.25283/2223-4594-2025-2-255-264.

Рассмотрены геоэкологические характеристики устьев малых рек Красная, Варкуляха, Дровяная и Талейяха в южной части острова Вайгач в летний период. Для этого острова, как и для других арктических островов, наиболее характерно наличие устьев рек лагунного типа. Анализ полученных данных проводился с позиций требований модели маргинального фильтра, разработанной академиком А. П. Лисицыным. Выявлено, что в лагунных устьях рек наблюдаются наложение гравитационной, коагуляционно-сорбционной и биологической ступеней на участке небольшой протяженности и более высокая степень аккумуляции металлов в водорослях по сравнению с донными отложениями. Для предотвращения попадания токсических элементов в морские воды через устья рек при деструкции многолетнемерзлых пород на арктических островах предложено создание фитобарьеров из водорослей, адаптированных к широкому диапазону колебаний солёности.

Ключевые слова: Арктика, Вайгач, устья рек, лагуны, гидрология, гидрохимия, фитоценозы, донные отложения, потепление климата, загрязнение, фитобарьер.

Введение

Наблюдаемое в последние десятилетия потепление климата в западном секторе российской Арктики влечет за собой разрушение многолетнемерзлых грунтов на его островах. При этом процессы поступления веществ, освобождаемых при деструкции почвенного покрова и грунтов островных территорий, через речные и ручьевые (дренажные) водотоки в арктические моря изучены крайне слабо [1]. Такие процессы могут повлечь за собой кардинальную перестройку устьевых и морских прибрежных экосистем. Исследования их характера и возможных последствий будут играть большую роль при

освоении и охране природных ресурсов арктических островов.

Поиск в Интернете научной информации по геоэкологии устьев рек арктических островов дает нулевой результат, если не считать немногочисленные публикации авторов настоящей статьи. Это во многом обусловлено труднодоступностью территорий арктических островов, значительными финансовыми затратами на их исследования и невозможностью использования в устьях этих рек судов и катеров из-за большой мелководности с наличием многочисленных камней и валунов. В то же время по устьям больших арктических рек материкового побережья, доступных для судоходства, по данной проблеме имеется значительное количество моно-

Изучение и освоение природных ресурсов Арктики

графий и научных статей [2—10]. С другой стороны, полная и достоверная информация о таких процессах крайне необходима для решения широкого круга прикладных задач на фоне интенсификации в Арктической зоне России поиска и добычи полезных ископаемых и повышения требований к охране арктических экосистем.

Экосистемы устьев рек острова Вайгач ранее не изучались, если не учитывать историко-культурные [11] и орнитологические наблюдения [12]. Также имеется ряд исследований рек и озер этого острова [13; 14], но они не затрагивают зону смешения речных и морских вод. Для типизации устьевых систем острова можно воспользоваться опубликованной классификацией по устьям рек Новой Земли [15].

Полученные результаты исследований устьев рек острова Вайгач позволяют решить ряд научных и прикладных задач при хозяйственном освоении территорий арктических островов на фоне наблюдаемого потепления климата.

Методика исследований

В рамках решения данной проблемы специалисты Северо-Западного отделения Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН в летние периоды 2023 г. (26 июля — 3 августа) и 2024 г. (16—24 июля) выполнили комплексные исследования устьев рек острова Вайгач.

Наблюдения охватывали устья рек Красной и Варкульяхи (Крестовой) в юго-западной части острова, которые впадают в пролив Югорский Шар, и устья рек Дровяная и Талейяха в юго-восточной части острова Вайгач, которые впадают в Карское море. Расположение обследованных устьев рек показано на рис. 1 и 2.

В каждом устье реки были выполнены разрезы вдоль устья водотока с отбором проб воды и донных отложений на 5 станциях в полную воду приливного цикла, а также на одной из станций были проведены полусуточные наблюдения с дискретностью 2 ч. Отбор проб воды, учитывая большую мелководность изучаемых водных объектов и отсутствие в них слоя скачка плотности под влиянием приливных течений, производился только с поверхностного горизонта. Для наблюдений за колебаниями уровня воды на полусуточных станциях применялись водомерные рейки с привязкой к условному нулю поста. На морской границе устьев отбирались бурые водоросли вида *Fucus distichus*. Их длина таллома рядом с устьями рек Красная и Варкульяха была небольшой (10—15 см), рецептакулы отсутствовали. Водоросли *F. distichus* в прилегающей морской акватории к рекам Талейяха и Дровяная были крупнее (длина «ветвей» таллома 25—30 см) с рецептакулами. В вершинах устьев отбирались нитчатые зеленые водоросли с длиной талломов 10—30 см. Для измерения температуры воды, солености и кислорода использовался многопараметрический анализатор жидкости Multi 3420

фирмы WTW, для измерения величины pH — pH-метр Марк-903. Выделение взвеси из пробы воды объемом 1,5 л проводилось методом мембранной ультрафильтрации через чистые ядерные фильтры (диаметр пор — 0,45 мкм). Их предварительное взвешивание осуществлялось на лабораторных весах «Adventurer Pro» model RV214 производства фирмы «OHAUS Europe» со специальным классом точности и ценой деления 0,1 мг.

Содержание мышьяка, алюминия и тяжелых металлов в донных отложениях и водорослях в устьях Красной и Варкульяхи определялось методом атомно-эмиссионного анализа согласно ПНД Ф 16.2.2:2.3.71—2011. Химический анализ донных отложений в устьях Дровяной и Талейяхи осуществлялся по методике НСАМ 499-АЭС/МС (в редакции 2022 г.), в водорослях — по методике НСАМ 512-МС (в редакции 2017 г.) атомно-эмиссионным и масс-спектральными методами.

Процессы обмена веществами между морем и островом Вайгач через устья рек наблюдались в рамках модели маргинального фильтра, разработанной академиком А. П. Лисицыным [16].

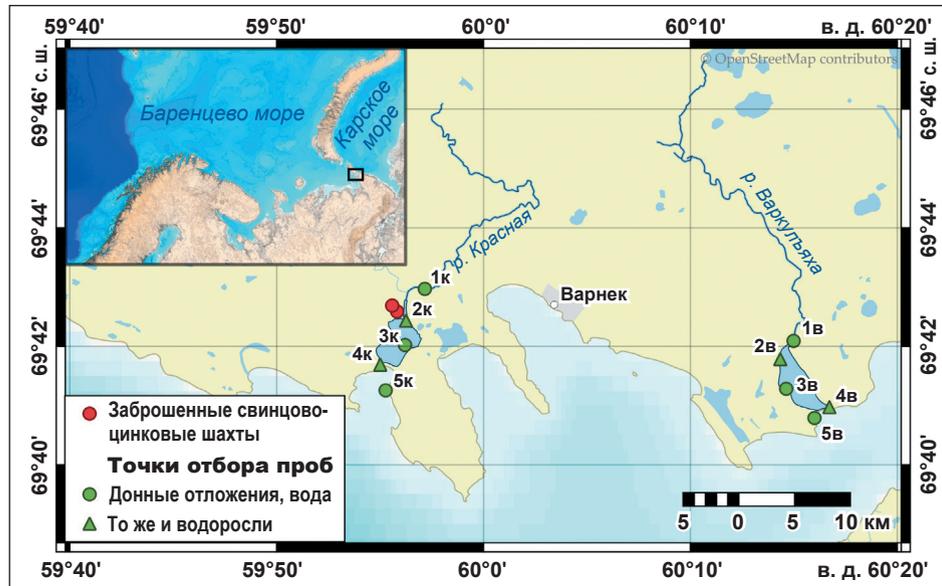
Обсуждение результатов

Устье реки Красная можно отнести к лагунно-эстуарному типу. Оно 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, где ширина водотока становится постоянной и появляются перекааты.

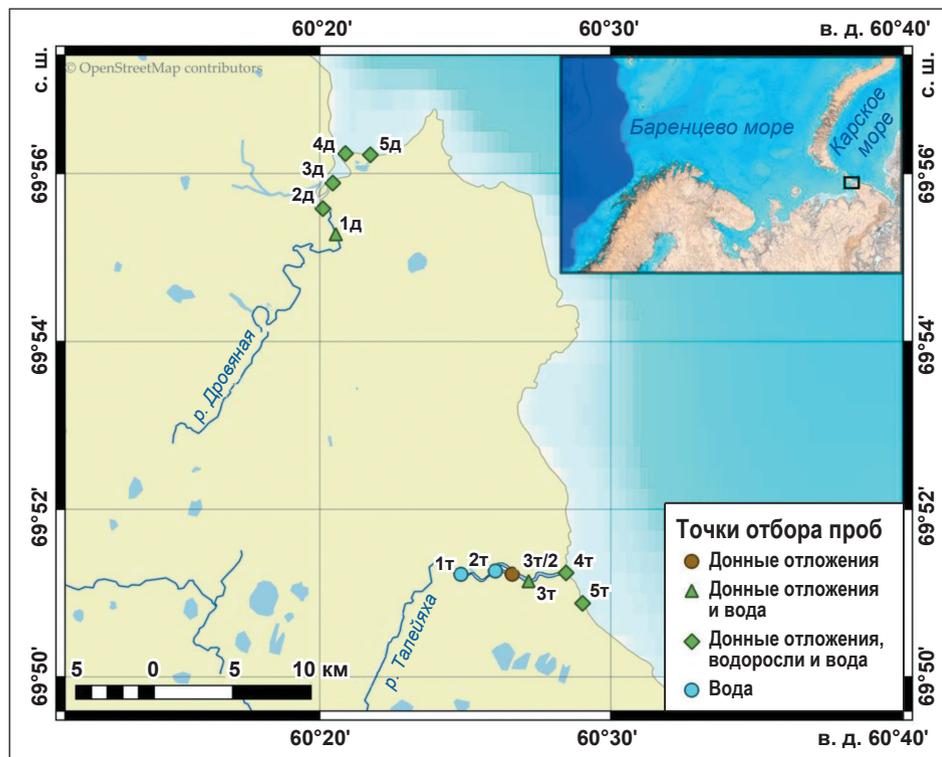
Устье реки Варкульяха можно отнести к лагунно-дельтовому типу. Оно имеет открытое устьевое взморье протяженностью 1 км, небольшую лагуну длиной около 0,6 км и шириной 0,3—0,5 км, мало-рукавную дельту длиной около 1,5 км и устьевой участок реки длиной около 1,4 км.

В этих устьях рек наибольшие глубины на малой воде прилива обычно не превышают 0,5 м, но на морских границах лагун в узких проливах они достигают 2—3 м. В лагунах, эстуарии и дельте рек доминируют илы и илистый песок. На устьевых взморьях рек, на морских границах лагун и на устьевых участках рек начинают преобладать пески, гравий и галька с включениями камней.

Для устья реки Дровяная характерно наличие малых глубин. Их максимум (1,5—2 м) наблюдается на морской границе лагуны в узком проливе. В лагуне наибольшие глубины не превышают 1 м при доминировании глубин около 0,3 м. Выше дельты реки водоток приобретает характер полугорной реки с многочисленными перекаатами и преобладающими глубинами в 0,1—0,3 м. В устье реки Талейяха из-за его расположения среди скалистых пород лагуна практически не формируется, хотя на речной границе устьевого взморья реки наблюдается узкость перед входом в небольшое расширение устьевого водотока.



а



б

Рис. 1. Карта-схема районов расположения обследованных рек в юго-западной (а) и юго-восточной (б) частях острова Вайгач
Fig. 1. Schematic map of the surveyed river areas in the southwestern (a) and southeastern (b) parts of Vaygach Island

Выделение различных частей рассмотренных устьевых областей малых рек производилось по геоморфологическим признакам с их уточнением визуально при проведении полевых работ. За речную границу устьевых участков реки принималась дальность проникновения в него морских вод, которая лимитировалась наличием порогов с перепадом глубин не менее 0,5 м в полную воду приливного цикла.

Анализ проведенных исследований показывает следующее. В исследованных устьях рек отмечают так называемые микроприливные условия [17]. В период выполнения полевых работ величина прилива на речных границах лагун на юго-западе острова Вайгач колебалась в диапазоне 24—33 см, на юго-востоке — 20—47 см. На рассматриваемых водных объектах наблюдался так называемый мелководный полусуточный тип прилива с нали-

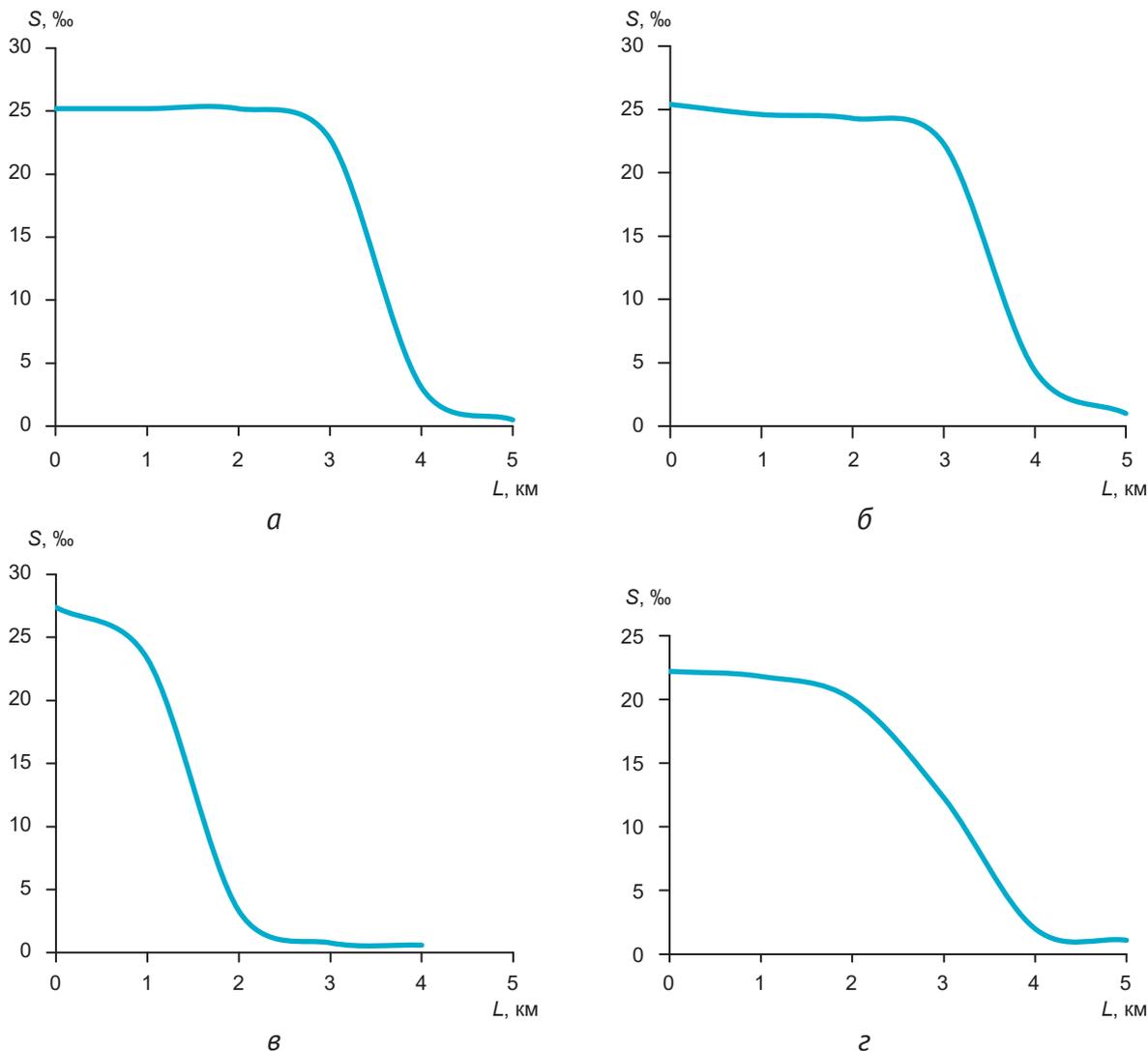


Рис. 2. Распределение солёности от морской границы к вершинам устьев рек Красная (а), Варкульяха (б), Дровяная (в) и Талейяха (г) в периоды летней межени (1 км – морская граница лагуны)
 Fig. 2. Salinity distribution from the sea boundary to the mouth tops of the Krasnaya (a), Varkul'yakha (б), Drovyanaya (в) and Taleiyakha (г) rivers during summer low water periods (1 km is the sea boundary of the lagoons)

чем хорошо выраженного суточного неравенства приливов.

В юго-западной части острова Вайгач на всей протяженности устьев рек, даже в фазу малой воды приливного цикла, летом 2023 г. присутствовали соленые воды. Это, в частности, демонстрируют профили солёности, показанные на рис. 2. На нулевой километр соответствует морской границе устьевое взморье реки, которая определялась по наличию устьевое бара (свала глубин). На устьевых взморьях данных рек солёность даже при малой воде приливного цикла не опускалась ниже 24‰. Это можно объяснить наличием аномально жаркой погоды в период исследований, что привело к пересыханию верховьев рассматриваемых рек. Температура воды в вершинах устьев Красной и Варкульяхи в конце июля 2023 г. достигала 18,2—25,2°C, на их морских границах — 15,3—18,2°C. В бухте Варнек

около поселка Варнек люди загорали на пляже и купались. Иная картина наблюдалась в юго-восточной части острова летом 2024 г, когда стояла прохладная погода и температура воздуха в поселке Варнек днем обычно не превышала 10—12°C, а ночью иногда опускалась до нуля. В долинах рек наблюдались снежники, формирующие постоянный сток талых вод, а в прибрежной зоне Карского моря наблюдался дрейфующий лед сплоченностью 10—50 баллов. Здесь зона смешения речных и морских вод на малой воде приливного цикла вытеснялась на устьевые взморья рек, где солёность могла снижаться до 3—15‰.

Минерализация исследованных речных вод в южной части острова Вайгач была очень высокой и колебалась в диапазоне 0,74—1,10 г/л.

Содержание взвешенных веществ при проведении наблюдений в устье Красной изменялось

в диапазоне 1,7—41,5 мг/л, в устье Варкулъяхи — 1,7—14,4 мг/л. Их минимальные концентрации отмечались на морских границах лагун, где они были сопоставимы с содержанием взвешенных веществ в морских водах пролива Югорский Шар.

Наибольшие величины взвесей были более типичны для верхней границы зоны смешения морских и речных вод. Максимум концентраций взвешенных веществ (41,5 мг/л) был зафиксирован в устье Красной на речной границе лагуны в начале фазы прилива. Содержание взвешенных веществ в устьях Дровяной и Талейяхи было сравнительно небольшим. Здесь их концентрации изменялись в интервале 1,9—12,4 мг/л. Максимум взвесей отмечался на устьевых взморьях этих рек за счет взмучивания донных отложений небольшими стамухами при их приливных подвижках.

В изучаемых устьях рек в юго-западной части острова Вайгач в летнюю межень 2023 г. было зафиксировано значительное перенасыщение их вод кислородом (до 128—140%), которое типично для мезотрофных водных объектов, что в целом не характерно для арктических островов. При выполнении разрезов вдоль устьев рек наблюдалось совпадение максимумов кислородонасыщения вод и содержания взвешенных веществ. Это следует признать аномальным явлением, так как обычно имеет место обратная картина. Возможно, это обусловлено доминирующим вкладом в фотосинтез устьевых вод не фитопланктона, а водных макрофитов, занимающих практически всю акваторию лагун. Среди последних для устьев рек рассматриваемой части острова Вайгач были характерны монодоминантные сообщества, образуемые зеленой водорослью *Ulva prolifera*, а также фитоценозы приливных осушек с доминированием облигатных галофитов *Carex subspathacea* и *Puccinellia phryganodes*. На морских границах лагун и на устьевых взморьях рек преобладали разреженные сообщества заросли *Fucus distichus*.

В устьях рек Дровяная и Талейяха подобная картина не наблюдалась. Относительное содержание кислорода здесь колебалось в диапазоне 98,9—117,8%. Возможно, это обусловлено незначительным присутствием на устьевых акваториях зарослей водных макрофитов из-за наличия неблагоприятных гидродинамических и термических условий для их массового разрастания на побережье Карского моря.

Для устьев рек на острове Вайгач типичны высокие величины рН (8,3—8,8). Такая ситуация обусловлена наличием карбонатных пород на их водосборах и интенсификацией процессов фотосинтеза в период короткого летнего сезона. Данный показатель в устьевых водах при низкой солености мог превышать рыбохозяйственный норматив (8,5). Очень вероятно, что по этой причине кислородонасыщение устьевых вод выше дельты реки Дровяная за счет негативного влияния на фитопланктон не достигало 100%.

Содержание алюминия и тяжелых металлов в донных отложениях и водорослях исследуемых устьев рек приведено в табл. 1 и 2.

Уровень содержания этих металлов в донных отложениях в целом не выходил за рамки их природной изменчивости, характерной для прибрежной зоны Печорского моря [7]. При этом в целом наблюдалось снижение их концентраций по мере увеличения солености устьевых вод.

Анализ пространственной изменчивости содержания мышьяка и металлов в донных отложениях дает возможность предположить, что их максимальное накопление обычно наблюдается на участках аккумуляции мелкодисперсных наносов (глины, ила и илистого песка). Это в лагунных устьях рек происходит на их речных границах (в вершинах лагун) при гравитационном, физико-химическом и частично биологическом осаждении взвесей. Таким образом, при миграции металлов с суши в море через устья малых рек их перехват за счет осадки в донные отложения в основном происходит на устьевом участке реки и в лагуне.

Определенное разнообразие в формировании локальных максимумов в содержании металлов в донных отложениях вдоль устьевого водотока, видимо, зависит от форм их поступления в речные водотоки и их различной растворимости в составе разных солей, гидроокислов и других соединений, а также от миграции зоны смешения речных и морских вод. В устьях рек без наличия лагун накопление мышьяка и металлов в донных отложениях может происходить уже на их устьевых взморьях, т. е. практически на акваториях Баренцева и Карского морей. Это, в частности, зафиксировано для марганца в устьевой области Талейяхи (см. табл. 2). Здесь необходимо заметить, что такой тип устьев рек (простой или «каналообразный») не характерен для западного сектора российской Арктики за исключением Северного острова архипелага Новая Земля.

С накоплением исследуемых элементов в водных макрофитах (нитчатых зеленых водорослях и в бурых морских водорослях) фиксируется иная ситуация. В первую очередь это касается мышьяка, который в значительных количествах может накапливаться в морских водорослях, включая прибрежную зону арктических островов [8]. Это происходит за счет физиологического захвата растворенных соединений мышьяка тканями бурых водорослей.

Содержание исследуемых элементов в устьевых макрофитах, как правило, превышает их содержание в донных отложениях. Особенно это явление заметно для зеленых нитчатых водорослей в отношении таких металлов, как алюминий, марганец, свинец и цинк. Их концентрации в водорослях могут на один-два порядка превышать величины, зафиксированные для донных отложений. Здесь следует отметить, что для свинца и цинка такой факт наиболее четко определяется для устья Красной [19], на водосборе которой в первой половине прошлого

Таблица 1. Содержание мышьяка, алюминия и тяжелых металлов в донных отложениях и водорослях устьев рек Красная и Варкулъяха летом 2023 г.

Table 1. Content of arsenic, aluminum and heavy metals in bottom sediments and algae of the mouths of the Krasnaya and Varkul'yakha rivers in the summer of 2023

| Номер станции | Вид донных отложений / макрофитов | Концентрации, мг/кг | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------------|------|--------|-----|--------|--------|-----|
| | | Al | As | Cu | Mn | Ni | Pb | Zn |
| <i>Устье реки Красная</i> | | | | | | | | |
| 1к | Галька, гравий, песок | 3800 | 1,6 | 0,66 | 200 | 9,1 | < 0,25 | 17 |
| 2к | Ил | 4400 | 1,9 | 3,1 | 71 | 7,6 | 0,99 | 19 |
| 3к | Ил, илистый песок | 3700 | 0,59 | 0,43 | 47 | 3,6 | < 0,25 | 9,5 |
| 4к | Галька, гравий, песок | 1400 | 1,1 | < 0,25 | 53 | 1,6 | < 0,25 | 3,1 |
| 5к | Гравий, песок | 670 | 0,58 | < 0,25 | 19 | < 0,25 | < 0,25 | 1,2 |
| 2к | Зеленые водоросли | 1500 | 3,4 | 2,5 | 830 | 4,7 | 2,4 | 50 |
| 4к | Бурые водоросли | 330 | 15 | 0,89 | 99 | 4,3 | 0,34 | 13 |
| <i>Устье реки Варкулъяха</i> | | | | | | | | |
| 1в | Галька, гравий, илистый песок | 4600 | 2,1 | 0,64 | 210 | 6,9 | < 0,25 | 14 |
| 2в | Ил | 5400 | 2,1 | 3,3 | 87 | 8,9 | 1,00 | 19 |
| 3в | Ил | 2800 | 1,1 | 1,1 | 36 | 7 | 0,74 | 11 |
| 4в | Гравий, песок, Илистый песок | 770 | 1 | 0,52 | 35 | 2,1 | < 0,25 | 3,3 |
| 5в | Галька, гравий, песок | 610 | 0,6 | < 0,25 | 18 | < 0,25 | < 0,25 | 1,2 |
| 2в | Зеленые водоросли | 1600 | 8,7 | 1,1 | 360 | 4,0 | 0,48 | 31 |
| 4в | Бурые водоросли | 620 | 5,6 | 1,4 | 440 | 4,0 | < 0,25 | 20 |

века велась добыча свинцово-цинковых руд без соблюдения каких-либо природоохранных мер.

Зафиксированная ситуация позволяет рекомендовать использование фитобарьеров на основе размещения нитчатых зеленых водорослей в дренажных водотоках, формирующихся на производственных площадях при осуществлении хозяйственной деятельности в арктических регионах. Здесь в условиях наблюдаемого потепления климата сооружение площадок с бетонным или иным твердым покрытием для сбора ливневых вод влечет за собой крайне большие технические сложности и финансовые затраты. Также возможно сооружение таких барьеров с наличием бурых и зеленых водорослей, адаптированных к широкому диапазону солености устьевых вод, на речной и морской границах устьевой лагуны. Технология сооружения подобных барьеров, если не учитывать эксперименты с фукусами [20], еще не отработана, но ее разработка, по нашему мнению, не должна вызвать особых затруднений.

Анализ имеющейся информации продемонстрировал отсутствие опубликованных сведений, ана-

логичных полученным результатам по устьям рек острова Вайгач. Отсутствуют описание каких-либо подходов к предотвращению попадания токсических элементов в морские воды через устья рек при деструкции почвенно-растительного покрова и многолетнемерзлых пород на арктических островах. Создание упомянутых фитобарьеров может быть одним из способов устранения подобного негативного воздействия на экосистемы арктических морей.

Выводы

Полученные результаты дают возможность предположить, что в лагунных устьях рек арктических островов наблюдается локализация ступеней маргинального фильтра на участке небольшой протяженности (не более 1 км). Здесь они начинают практически накладываться друг на друга, чего не наблюдается в устьях средних и больших рек. Взвешенные наносы, накапливаясь в устьевых лагунах, могут формировать обширные прибрежные заливные луга и отмели, занятые соленостойчивой растительностью. Это способствует значительной

Таблица 2. Содержание мышьяка, алюминия и тяжелых металлов в донных отложениях и водорослях устьев рек Дровяная и Талейяха летом 2024 г.

Table 2. Content of arsenic, aluminum, and heavy metals in bottom sediments and algae of the mouths of the Drovyanaya and Taleyakha rivers in summer 2024

| Номер станции | Вид донных отложений / макрофитов | Концентрация, мг/кг | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------|------|------|--------|------|------|
| | | Al ₂ O ₃ | As | Cu | MnO | Ni | Pb | Zn |
| <i>Устье реки Дровяная</i> | | | | | | | | |
| 1д | Илистый песок | 8,2 | 4,5 | 14,3 | 0,87 | 23,1 | 11,7 | 45,2 |
| 2д | Илистый песок | 7,1 | 6,4 | 12,6 | 1,00 | 22,6 | 9,7 | 43,5 |
| 3д | Песок, илистый песок | 8,8 | 5,3 | 13,8 | 0,85 | 21,2 | 11,7 | 41,4 |
| 4д | Песок | 1,2 | 1,8 | 5,8 | 1,90 | 0,84 | 2,3 | 4,0 |
| 5д | Галька, гравий | 1,1 | 0,35 | 5,3 | 1,10 | < 0,05 | 2,0 | 2,4 |
| 2д | Зеленые водоросли | 32 809 | 12,1 | 16,5 | 1752 | 20,5 | 8,7 | 65,2 |
| 3д | Зеленые водоросли | 30 210 | 13,4 | 14,8 | 2039 | 19,2 | 7,6 | 63,7 |
| 4д | Зеленые водоросли | 140 | 16,6 | 1,1 | 50,0 | 6,2 | 0,20 | 20,4 |
| 5д | Бурые водоросли | 215 | 53,8 | 3,3 | 64,3 | 5,6 | 0,49 | 18,7 |
| <i>Устье реки Талейяха</i> | | | | | | | | |
| 2т | Песок | 6,7 | 3,6 | 9,5 | 0,75 | 15,3 | 10,1 | 25,4 |
| 3т | Илистый песок | 7,7 | 4,3 | 11,1 | 1,80 | 20,8 | 9,6 | 40,4 |
| 4т | Песок, гравий | 2,1 | 1,4 | 6,7 | 1,90 | 8,8 | 1,8 | 9,2 |
| 5т | Гравий, песок | 2,6 | 0,93 | 8,3 | 2,50 | 10,1 | 3,1 | 8,6 |
| 4т | Зеленые водоросли | 220 | 41,2 | 5,1 | 47,9 | 7,8 | 0,29 | 18,9 |
| 5т | Бурые водоросли | 185 | 53,8 | 6,0 | 22,2 | 6,3 | 0,18 | 19,5 |

аккумуляции в лагунах частиц деструкции многолетнемерзлых грунтов и почвенного покрова арктических островов, выносимых в море через устья рек, а также аккумуляции металлов в донных отложениях и водной растительности. В такой ситуации не исключается радикальная перестройка устьевой экосистемы при сохранении тенденции к потеплению климата в Арктике.

При исследованиях водных экосистем российской Арктики рекомендуется обязательное определение в водных макрофитах содержания тяжелых металлов и других токсических веществ. Это, в свою очередь, позволит осуществить разработку эффективных в экологическом отношении фитобарьеров, сооружение которых не потребует значительных затрат в отличие от строительства капитальных природоохранных объектов в условиях Арктики, особенно на территориях арктических островов. К сожалению, решение подобной задачи применительно к таким территориям в текущий момент в научном и технологическом отношении не получено и не рассматривалось. Представ-

ленные результаты исследований дают возможность наметить один из путей решения указанной проблемы.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках государственного задания 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».

Литература/References

1. 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.
Miskevich I. V., Korobov V. B., Moseev D. S. Specifics of marginal filter formation in the tidel estuaries of small rivers of the Arctic seas. Oceanology, 2021, vol. 61, no. 1, pp. 127—131. (In Russian).

2. Лукин А. А., Даувальтер В. А., Новоселов А. П. Эко-система реки Печоры в современных условиях. — Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. — 192 с.
Lukin A. A., Dauvalter V. A., Novoselov A. P. Ecosystem of the Pechora River in modern conditions. Apatity, Publ. house of the KSC RAS, 2000, 192 p. (In Russian).
3. Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования / Под ред. Н. И. Алексеевского. — М.: ГЕОС, 2007. — 585 с.
The geoecological state of the Arctic coast of Russia and the safety of nature management. Ed. by N. I. Alekseevsky. Moscow, GEOS, 2007, 585 p.
4. Печорское море. Системные исследования [The Pechora Sea: integrated research]: (Гидрофизика, гидрология, оптика, биология, химия, геология, экология, социоэкон. проблемы). — М.: Море, 2003. — 502 с.
Pechorskoe more. Sistemnye issledovaniya [The Pechora Sea: integrated research]: (Gidrofizika, gidrologiya, optika, biologiya, khimiya, geologiya, ekologiya, sotsioekon. problemy). M., More, 2003, 502 p. (In Russian).
5. Третьяков М. В., Иванов В. В. Состояние и проблемы развития технологий оценки и прогнозирования интрузии морских вод в устьевые области рек Арктики в условиях регулирования стока и климатических изменений // Тр. ГОИН. — 2013. — Вып. 214. — С. 200—212.
Tretyakov M. V., Ivanov V. V. The state and problems of development of technologies for assessing and predicting the intrusion of marine waters into the estuaries of Arctic rivers under conditions of flow regulation and climate change. Proceedings of the GOIN, 2013, iss. 214, pp. 200—212. (In Russian).
6. Иванов В. В., Третьяков М. В. Проблемы восстановления и развития системы гидрометеорологических наблюдений в устьевых областях рек Арктической зоны как основы государственного мониторинга этих объектов // Общество. Среда. Развитие. — Вып. 4. — СПб.: ЦНИТ «Астерион», 2015. — С. 151—160.
Ivanov V. V., Tretyakov M. V. Problems of restoration and development of the system of hydrometeorological observations in the estuaries of the rivers of the Arctic zone as the basis of state monitoring of these objects. Society. Environment. Development. Iss. 4. St. Petersburg, Central Research Institute "Asterion", 2015, pp. 151—160. (In Russian).
7. Долгополова Е. Н. Роль многолетнемерзлых пород в формировании гидролого-морфологического режима устьев рек водосбора Северного Ледовитого океана // Арктика: экология и экономика. — 2018. — № 4 (32). — С. 70—85.
Dolgopolova E. N. The role of permafrost in the formation of hydrological and morphological regime of river mouths in the Arctic Ocean area. Arctic: Ecology and Economy, 2018, no. 4 (32), pp. 70—85. (In Russian).
8. Маккавеев Е. П., Степанова С. В. Тяжелые металлы в поверхностных и иловых водах Обской губы // Науч. вестн. Ямало-Ненец. автоном. округа. — 2019. — № 1 (102). — С. 93—99.
Makkaveev E. P., Stepanova S. V. Heavy metals in the surface and silt waters of the Gulf of Ob. Scientific Bulletin of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, 2019, no. 1 (102), pp. 93—99. (In Russian).
9. Ванштейн Б. Г., Стрелецкая И. Д., Письменюк А. А. Геосистемы берегов Карского моря в условиях изменяющегося климата // Арктика: экология и экономика. — 2020. — № 3 (39). — С. 73—86.
Vanstein B. G., Streletskaya I. D., Pismeniuk A. A. Geosystems of the shores of the Kara Sea in a changing climate. Arctic: Ecology and Economy, 2020, no. 3 (39), pp. 73—86. (In Russian).
10. Третьяков М. В., Румянцева Е. В., Брызгалов В. А. и др. Пространственно-временная изменчивость гидрохимических показателей водной среды Обской и Тазовской губ // Арктика: экология и экономика. — 2022. — Т. 12, № 1. — С. 46—57.
Tretyakov M. V., Rummyantseva E. V., Bryzgalov V. A., Piskun A. A., Vasilevich I. I. Spatial and temporal variability of hydrochemical parameters of the aquatic environment of the Ob and Taz bays. Arctic: Ecology and Economy, 2022, vol. 12, no. 1, pp. 46—57.
11. Решетняк О. С., Косменко Л. С., Коваленко А. А. Антропогенная нагрузка и качество воды на замыкающих створах рек арктической зоны России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. — 2022. — № 3. — С. 3—17.
Reshetnyak O. S., Kosmenko L. S., Kovalenko A. A. Anthropogenic load and water quality at the main-stream sections of rivers in the arctic zone of Russia. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya, 2022, no. 3, pp. 3—17. (In Russian).
12. Морозов В. В. Материалы к познанию фауны птиц острова Вайгач // Орнитология. — 2001. — Т. 29. — С. 29—46.
Morozov V. V. Materials to the knowledge of the bird fauna of Vaygach Island. Ornithology, 2001, vol. 29, pp. 29—46. (In Russian).
13. Остров Вайгач: природа, климат и человек. — М.: Всемир. фонд дикой природы (WWF), 2014. — 542 с.
Vaygach Island: nature, climate and people. Moscow, World Wildlife Fund (WWF), 2014, 542 p. (In Russian).
14. Кокрятская Н. М., Шевченко В. П., Титова К. В. и др. Ранний диагенез донных осадков пресноводных озер острова Вайгач // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2020. — № 66 (4). — С. 534—554.
Kokryatskaya N. M., Shevchenko V. P., Titova K. V., Vakhrameeva E. A., Aliev R. A., Grigoriev V. A., Savelyeva L. A., Maximov F. E., Kuznetsov V. Yu. Early diagenesis of bottom sediments of freshwater lakes of Vaygach Island. Problems of the Arctic and Antarctic, 2020, no. 66 (4), pp. 534—554. (In Russian).
15. Школьный Д. И., Айбулатов Д. Н. Типизация устьевых областей рек острова Южный (архи-

- пелаг Новая Земля) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. — 2016. — № 6. — С. 50—58.
- Shkolny D. I., Aybulatov D. N. Typification of the estuaries of the rivers of Yuzhny Island (Novaya Zemlya archipelago). Bull. of the Moscow University. Ser. 5. Geography, 2016, no. 6, pp. 50—58. (In Russian).
16. Лисицын А. П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. — 1994. — Т. 34, № 5. — С. 735—747.
- Lisitsyn A. P. Oceans marginal filter. Oceanology, 1994, vol. 34, no. 5, pp. 735—747. (In Russian).
17. Михайлов В. Н. Принципы типизации и районирования устьевых областей рек (аналитический обзор) // Вод. ресурсы. — 2004. — Т. 31, № 1. — С. 5—14.
- Mikhailov V. N. Principles of typification and zoning of river mouth areas (analytical review). Water Resources, 2004, vol. 31, no. 1, pp. 5—14. (In Russian).
18. Андреев В. П., Плахотская Ж. В. Тяжелые металлы и мышьяк в водорослях Белого, Баренцева и Карского морей // Вopr. соврем. альгологии. — 2022. — № 2 (29). — С. 15—22.
- Andreev V. P., Plakhotskaya J. V. Heavy metals and arsenic in algae of the White, Barents and Kara Seas. Vopr. sovremennoi algologii, 2022, no. 2 (29), pp. 15—22. (In Russian).
19. Miskevich I. V., Lokhov A. S., Moseev D. S., Kotova E. I. Polymetallic Ore Mining Impact Assessment on the Benthic Hydrobiocenosis of the Small Estuaries on the Arctic Islands. J. Mar. Sci. Eng., 2024, 12, p. 1570.
20. Воскобойников Г. М., Ильинский В. В., Лопушанская Е. М. и др. Санитарная водорослевая плантация для очистки прибрежных акваторий от нефтепродуктов: от теории к практике // Вopr. соврем. альгологии. — 2017. — № 3 (15). — URL: <http://algology.ru/1184>.
- Voskoboynikov G. M., Ilyinsky V. V., Lopushanskaya E. M., Makarov M. V., Pugovkin D. V., Ryzhik I. V., Leimer A., Jensen J. B. Sanitary algal plantation for cleaning coastal water areas from oil products: from theory to practice. Vopr. sovremennoi algologii, 2017, no. 3 (15). Available at: <http://algology.ru/1184>. (In Russian).

Информация об авторах

Мискевич Игорь Владимирович, доктор географических наук, заведующий лабораторией гидрологических, гидрохимических и гидробиологических исследований, Северо-Западное отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН (163013, Россия, Архангельск, Маймаксанское ш., д. 1, корп. 1); профессор, Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова (163002, Россия, Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17).

Мосеев Дмитрий Сергеевич, научный сотрудник лаборатории гидрологических, гидрохимических и гидробиологических исследований, Северо-Западное отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН (163013, Россия, Архангельск, Маймаксанское ш., д. 1, корп. 1), e-mail: viking029@yandex.ru.

Лохов Алексей Сергеевич, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией исследований и моделирования геоэкологических процессов, Северо-Западное отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН (163013, Россия, Архангельск, Маймаксанское ш., д. 1, корп. 1); доцент, Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова (163002, Россия, Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17), e-mail: lohov.as@ocean.ru.

CHARACTERISTICS OF GEOECOLOGICAL CONDITIONS IN THE RIVER MOUTHS OF VAIGACH ISLAND DURING THE SUMMER LOW-WATER PERIOD

Miskevich, I. V.^{1,2}, Moseev, D. S.¹, Lokhov, A. S.^{1,2}

¹ Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation).

² Northern (Arctic) Federal University (Arkhangelsk, Russian Federation)

The article was received on March 24, 2025

For citing

Miskevich I. V., Moseev D. S., Lokhov A. S. Characteristics of geoeological conditions in the river mouths of Vaigach Island during the summer low-water period. *Arctic: Ecology and Economy*, 2025, vol. 15, no. 2, pp. 255—264. DOI: 10.25283/2223-4594-2025-2-255-264. (In Russian).

Abstract

The authors have considered the geoeological characteristics of the mouths of small rivers the Krasnaya, Varkul'yakha, Drovyanaya and Taleyakha in the southern part of Vaigach Island in summer. For this island, as well as for other Arctic islands, the most typical is the presence of lagoon-type river mouths. The authors have analyzed the obtained data in accordance with the requirements of the marginal filter model developed by academician A. P. Lisitsyn. They have revealed that in the lagoon estuaries there is a superposition of gravitational, coagulation-sorption and biological stages in a small area and a higher degree of metal accumulation in algae compared to bottom sediments. To prevent the ingress of toxic elements into seawaters through river mouths during the destruction of permafrost on the Arctic islands, the researchers suggest creating phytobarrriers from algae adapted to a wide range of salinity fluctuations.

Keywords: *Arctic, Vaigach, river mouths, lagoons, hydrology, hydrochemistry, phytocenoses, bottom sediments, climate warming, pollution, phytobarrrier.*

Funding

The research was carried out within the framework of the state task FMWE-2024-0020 “Sedimentation in modern and ancient oceans — dispersed sedimentary matter and bottom sediments as geological archives of climate change and natural systems of key areas of the World Ocean, Russian seas and sea-land boundary area”.

Information about the authors

Miskevich, Igor Vladimirovich, Doctor of Geography, Head of the Laboratory of Hydrological, Hydrochemical and Hydrobiological Research, North-West Branch of the Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (1, bldg. 1, Maimaksanskoe Rd., Arkhangelsk, Russia, 163013); professor, Northern (Arctic) Federal University (17, Northern Dvina Emb., Arkhangelsk, Russia, 163002), e-mail: lohov.as@ocean.ru.

Moseev, Dmitry Sergeevich, Research Associate of the Laboratory of Hydrological, Hydrochemical and Hydrobiological Research of the North-West Branch of the Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (1, bld. 1, Maimaksanskoe highway, Russia, Arkhangelsk, Arkhangelsk region, 163013), e-mail: viking029@yandex.ru.

Lokhov, Alexey Sergeevich, PhD of Geography, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Research and Modeling of Geoeological Processes, North-West Branch of the Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (1, bldg. 1, Maimaksanskoe Rd., Arkhangelsk, Russia, 163013); Associate professor, Northern (Arctic) Federal University (17, Northern Dvina Emb., Arkhangelsk, Russia, 163002), e-mail: lohov.as@ocean.ru.

© Miskevich I. V., Moseev D. S., Lokhov A. S., 2025