

Подзона умеренного подтопления – северная часть. Территория с залеганием уровня грунтовых вод в пределах от 0,3 до 2,0 м от поверхности. Наибольшая часть зоны является плоскоравнинной. Абсолютные отметки варьируются от 433 до 466 м.

Подзона слабого подтопления – северо-восточная часть. Территория с залеганием уровня грунтовых вод от 2,0 до 5,0 м. Перепад высот изменяется от 447 до 489 м.

Потенциально не подтапливаемая – юго-восточная часть, расположенная на территории поднятого блока. Это территория, с залеганием уровня грунтовых вод ниже от поверхности земли более, чем на 5 метров. Абсолютные отметки подзоны изменяются от 472 до 491 м.

Количественный анализ полученных результатов позволил сделать вывод о том, что основные показатели, влияющие на развитие подпора в результате барражного эффекта, это геометрические размеры перезаглубленного фундамента, первоначальная глубина формирования уровня грунтовых вод, гидравлический уклон подземных вод [4].

Дальнейшая работа направлена на уточнение полученной математической модели путем определения наличия и степени влияния фильтрационных параметров на происходящий процесс.

Литература

1. Фуникова В. В., Дудлер И. В., Бутаев Р. Т. Техногенные изменения режима подземных вод на застроенных территориях // Г35 Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли—2021. – 2021. – С. 10.
2. Лобацкая Р. М., Стрельченко И. П. Информационные технологии в оценке разломно-блоковых структур урбанизированных территорий (на примере г. Иркутска) // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – №. 11 (94). – С. 76-88.
3. Габдрахимова Е. Р. и др. Прогноз подпора подземных вод на территориях исторических центров городов Восточной Сибири //Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований. – 2022. – С. 57-63.
4. Аузина Л. И., Серова Г. Е. Влияние техногенного подтопления на устойчивость грунтовых оснований и сооружений г. Иркутска //Город: прошлое, настоящее, будущее. Иркутск: Изд-во ИрГТУ. – 2000. – С. 124-128.
5. СП 104.13330. 2016 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления». М.: Стандартинформ, – 2017.

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЗОНЕ СМЕШЕНИЯ РЕЧНЫХ И МОРСКИХ ВОД ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

Моисеева Ю.А.^{1,2}, Пургина Д.В.^{1,2}, Пипко И.И.², Гусева Н.В.¹

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

В зонах смешения речных и морских вод формируются особые гидрохимические условия [1–3, 6 и др.]. На границе река-море происходят изменения физических и химических свойств воды, перераспределение химических элементов между растворенными и взвешенными формами, изменения геохимических условий среды. Высокая степень загрязненности речных вод, тяжелыми металлами, ведет к увеличению их концентраций в зоне смешения и выпадению с последующим накоплением их в переходной зоне [2, 3].

В данном исследовании рассматриваются особенности распределения микроэлементного состава морских вод на границе речных и морских вод восточной части моря Лаптевых, в зоне наибольшего влияния реки Лены. Разгрузка реки Лена в море Лаптевых инициирует активный массоперенос широкого спектра веществ, которые обуславливают формирование сложной аazonальной гидрохимической структуры моря Лаптевых. В силу происходящих климатических изменений картина распределения гидрохимической структуры вод от года к году может значительно изменяться. Поэтому важно изучать в различные временные интервалы особенности поведения микроэлементного состава в условиях интенсивной миграции и изменения геохимических условий среды в уникальной природной экосистеме «река-море», которая играет важнейшую роль в поддержании экологического равновесия в глобальном масштабе.

Исследования шельфовых вод восточной части моря Лаптевых проводились во время научно-исследовательской экспедиции на НИС «Академик Мстислав Келдыш» осенью 2019 года (78-й рейс) (рис. 1). Отбор проб воды проводился с применением комплекса ROSETTE 1015, оснащенного двенадцатью десятилитровыми батометрами Нискина (General Oceanic), и CTD-зонда Seabird SBE 911Plus с дополнительными датчиками, которые позволяли определять, соленость, электропроводность, температуру и давление. Для определения макро- и микрокомпонентного состава пробы морских вод были проанализированы в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета следующими методами: титриметрия, фотоколориметрия, пламенная фотометрия, потенциометрия, турбидиметрия, жидкостная хроматография; масс-спектрометрический метод с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS).

Согласно градации по [7], район исследования занимает средний (20–50 м) (станции 6490–6512) и внешний шельф (50–200 м) (ст. 6516–6521) моря Лаптевых (рис. 1).

На протяжении всего участка исследования температура морских вод изменялась от -1,5 до 4,4 °С, а соленость от 13,1 до 34,4 ‰. Температура морских вод снижалась, а соленость вод увеличивалась с глубиной и по направлению к мористой части разреза, что является типичным для рассматриваемых условий. Минимальные значения солености были обнаружены на станциях 6490–6496 (13,1–33 ‰) вблизи дельты реки Лена, на севере района исследования её значения достигали максимальных величин 27,1–34,4 ‰ (станции 6516–6521). В поверхностном

и придонном слое морских вод на всем участке исследования диапазон изменчивости солености составлял 13,1–30,8 ‰ и 24,8–34,4 ‰, соответственно.

Определение основных параметров карбонатной системы рН и общей щелочности производилось непосредственно сразу после отбора проб. Значения рН были минимальны в придонных слоях придельтовой части – зоне смешения (8,00) и увеличивалась по мере усиления влияния морских вод. В морской части разреза величины рН изменялись в пределах 8,16–8,40, в целом наибольшие значения были обнаружены на участке внешнего шельфа. Величина общей щелочности увеличивалась от поверхности ко дну, при этом на севере разреза происходят минимальные изменения её величины 2,01–2,29 мг-экв/л, в сравнении с придельтовым участком, где в среднем значения общей щелочности по станциям изменяются в пределах 1,36–2,26 мг-экв/л. Соответственно минимальные значения были обнаружены на станциях среднего шельфа, где под влиянием речных вод Лены снижается величина общей щелочности до 1,36 мг-экв/л.

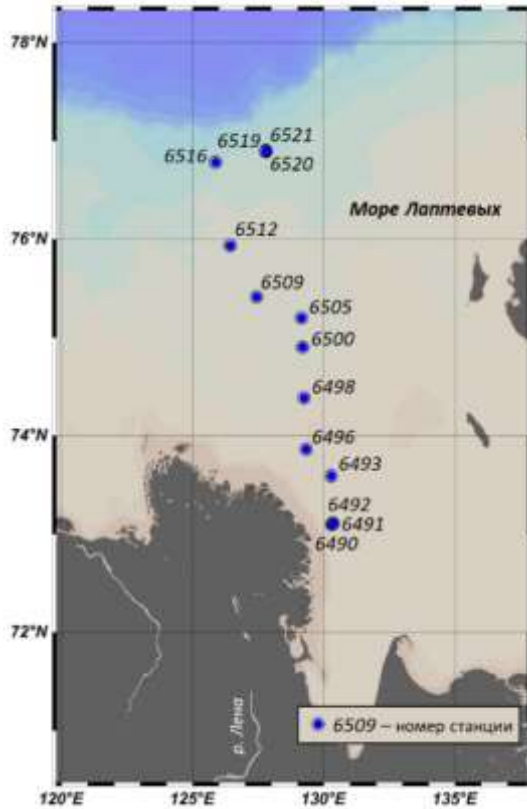


Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб воды

Такое поведение возможно объясняется тем, что данные элементы преимущественно участвуют в постоянном цикле жизнедеятельности морских организмов.

Концентрация железа по мере удаления от дельты Лены к кромке шельфа незначительно уменьшается (средняя концентрация Fe на среднем шельфе 0,36 мг/л, на внешнем – 0,27 мг/л). Рассматривая отдельно для двух участков (среднего и внешнего шельфа) распределение концентраций железа по глубине (Рис. 2) для участка вблизи дельты р. Лена происходит увеличение с глубиной, а на морской части концентрация остается на постоянном уровне. В глобальном цикле железа придельтовые участки играют важную роль, поскольку здесь происходит изменения физико-химических параметров водной среды, а значит и подвижности речного железа за счет коагуляции, седиментации и окислительно-восстановительных процессов [5].

Рассматривая поведение Mn с глубиной, можно отметить, что на внешнем шельфе в морской зоне с глубиной его концентрация уменьшается (Рис. 2.), но при этом средние значения приблизительно одинаковы для двух участков. Стоит отметить, что в результате диффузионного подтока Mn из обогащенных им иловых вод восстановленных осадков в толщу эстуарных вод, образуются аморфные частицы, которые выносятся в открытое море [2]. В результате этого Mn и некоторые элементы, участвующие в биогеохимическом цикле (Cd, Cu, Zn, Ni) оказываются способными с большей легкостью, чем другие элементы, преодолевать зону геохимического барьера.

Средние концентрации всех главных ионов в водах увеличивались от дельты Лены к кромке шельфа, что соответствует распределению солености по разрезу. В процентном соотношении макрокомпонентного состава преобладают ионы Cl и Na и составляют 80–96 %, содержание SO₄, Mg, Ca, K изменяется в пределах 0,1–4,7 %.

На протяжении всего разреза от дельты реки Лена до кромки шельфа средние концентрации в точках опробования некоторых микроэлементов имеют схожую картину распределения в морских водах. Например, V (0,08–0,042 мг/л), As (0,03–0,16 мг/л), Rb (0,03–0,11 мг/л), Sr (2,02–7,36 мг/л), Mo (0,03–0,11 мг/л) и U (0,001–0,003 мг/л) сохраняют направленность изменения концентраций по отношению к солености ($R_2 > 0.75$), то есть увеличиваются по разрезу от дельты реки до кромки шельфа. При этом в зоне смешения (средний шельф) концентрации этих элементов увеличиваются с глубиной. А Fe (0,13–0,91 мг/л), Al (0,02–0,49 мг/л) и Ti (0,0006–0,009 мг/л) имеют обратную зависимость, что связано с преобладанием коллоидов в балансе растворенных форм этих элементов и в процессе смешения речных и морских вод происходит уменьшение потока растворенных металлов. Сложное распределение получено для Pb (0,00002–0,01 мг/л), концентрация которого постепенно уменьшается и к центральной части вновь возрастает и затем резко снижается с последующим выходом его содержания на постоянный уровень. Сравнивая средние концентрации Mn (0,00002–0,04 мг/л) Cr (0,0001–0,0024 мг/л), Ni (0,002–0,15 мг/л), Zn (0,0002–0,045 мг/л) и Cd (0,00001–0,00016 мг/л) по мере удаления от влияния речных вод к кромке шельфа имеют незначительные колебания и не имеют определенной направленности.

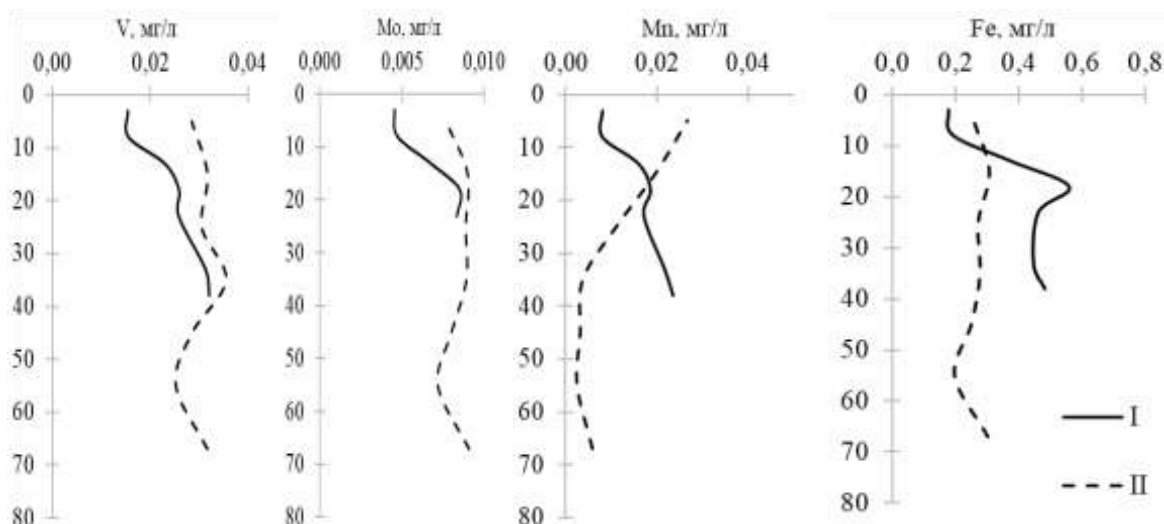


Рис. 2. Распределение микроэлементов по глубине морских вод (I – средний шельф, II – внешний шельф)

В целом, распределение гидрохимических параметров восточной части моря Лаптевых в зоне смешения с водами р. Лена соответствует классической картине распределения в системе река-море [2, 4]. Согласно геохимической системе по типу вертикального и пространственного распределения в зоне смешения реки Лены и моря Лаптевых поведение микроэлементов можно сформировать в следующие группы: консервативный тип – элементы, которые ведут себя однонаправленно по глубине и сохраняют направленность изменения концентраций по отношению к солености, что связано с постепенным смешением вод (V, As, Rb, Mo, U); элементы, вовлекающиеся в биохимические циклы (Mn, Ni, Cu, Zn, Cd); элементы литогенного типа, для которых важны источники поступления на поверхность океана и процессы быстрого удаления на глубине (Al, Ti, Fe, Pb).

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФ 21-77-30001 (экспедиционные исследования) и РФФ 21-17-00027 (анализ динамики гидрохимических параметров и биогенных элементов), аналитические работы (определение микрокомпонентного состава) были выполнены в рамках Государственного Задания РФ «Наука». Проект FSWW-2023-0008.

Литература

1. Гордеев В. В. Микроэлементы в воде, взвеси и донных осадках Обской губы, Енисейского залива и дельты Лены и прилегающих областей Карского моря и моря Лаптевых // Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики: современное состояние и история развития/ Под ред. Х. Кассенс, А.П. Лисицына, Й. Тиде, Е.И. Поляковой, Л.А. Тимохова. – 2009. – С. 202.
2. Гордеев В. В. Геохимия системы река-море. – 2012.
3. Гордеев В. В., Лисицын А. П. Геохимическое взаимодействие пресноводной и морской гидросфер // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55. – №. 5-6. – С. 721-744.
4. Корж В.Д. Геохимия элементного состава гидросферы. М.: Наука. – 1991. – 244 с.
5. Breitbarth E. et al. Iron biogeochemistry across marine systems—progress from the past decade // Biogeosciences. – 2010. – Т. 7. – №. 3. – С. 1075-1097.
6. Gervasio M. P. et al. An Underestimated Contribution of Deltaic Denitrification in Reducing Nitrate Export to the Coastal Zone (Po River–Adriatic Sea, Northern Italy) //Water. – 2022. – Т. 14. – №. 3. – С. 501.
7. Hölemann J. A. et al. Near-bottom water warming in the Laptev Sea in response to atmospheric and sea-ice conditions in 2007 //Polar Research. – 2011. – Т. 30. – №. 1. – С. 6425.