

Полученные результаты позволили разделить скважины на три группы и сделать выводы, что при действующей системе откачки на территории Левихинского рудника не происходит масштабного загрязнения подземных вод. Оно локализуется в районе шахтного ствола и отвала «Южный».

Литература

1. Воробьева, Д. А. Формы миграции никеля и меди в ультрапресных водах центральной части Кольского региона [Текст] / Д. А. Воробьева, З. А. Евтюгина // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2021. – Т. 27. – №5. – С. 6–16.
2. Rybnikova, L. S. Reducing Negative Impacts of Dormant Pyrite Copper Ore Mine on the Geosphere in the Urals / L. S. Rybnikova, P. A. Rybnikov, V. Y. Navolokina // Journal of Mining Science. – 2022. – V. 58. – P. 519–525.

ВЛИЯНИЕ РАЗГРУЗКИ МЕТАН-СОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДОВ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОРОВЫХ ВОД ШЕЛЬФА МОРЕЙ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ

Оберемок И.А.

Научный руководитель профессор Гусева Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
Научно-технологический университет «Сириус», пгт. Сириус, Россия

В последние десятилетия проблема изменения климата стала одной из наиболее актуальных для мирового сообщества. Особое внимание уделяется уточнению потоков парниковых газов из естественных экосистем, в т.ч. из морских, а также оценкам их устойчивости [8]. Известно, что темп роста средней температуры в арктических широтах в 2-3 раза превышает общемировые тенденции [9], что запускает сложный каскад отрицательных обратных связей, одним из которых является приближение подводной мерзлоты и газогидратных скоплений к критическому состоянию [3]. Так, за последние 15 лет на шельфе морей Восточной Арктики было обнаружено более 2000 районов массивированной разгрузки метана [4, 10]. Данные процессы сказываются на локальных геохимических условиях седиментации и смещают взаимодействия в системе «вода-осадок». В свою очередь, поровые воды отражают особенности взаимодействия между твердой и водной фазой осадка, а также чувствительны к изменению диагенетических условий, что сказывается на их химическом составе [1].

В данной работе проведен анализ химического состава поровых вод, отобранных на внешнем шельфе моря Лаптевых в зоне эмиссии метана и на фоновом участке, с целью оценки влияния следствий климатических изменений на геохимическую систему арктического региона и ее компоненты.

В рамках исследования проанализированы три образца поровых вод сиповой станции – 6948, и четыре образца фоновой станции – 6958 (рис.1), отобранных в ходе экспедиции осенью 2020 года. Концентрации основных ионов были определены на ионном хроматографе Dionex ICS-2000 после 100-кратного разбавления сверхчистой водой. Растворенные микроэлементы определяли методом масс-спектрометрии с индуктивной связью (ICP-MS, NexIon 300D, Perkin Elmer, Waltham, MA, USA). Все стандартные растворы подготавливались на основе деионизированной воды и многоэлементных стандартных растворов Perkin Elmer. Химический анализ вод проводился в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета (ПНИЛ ГХ ТПУ).

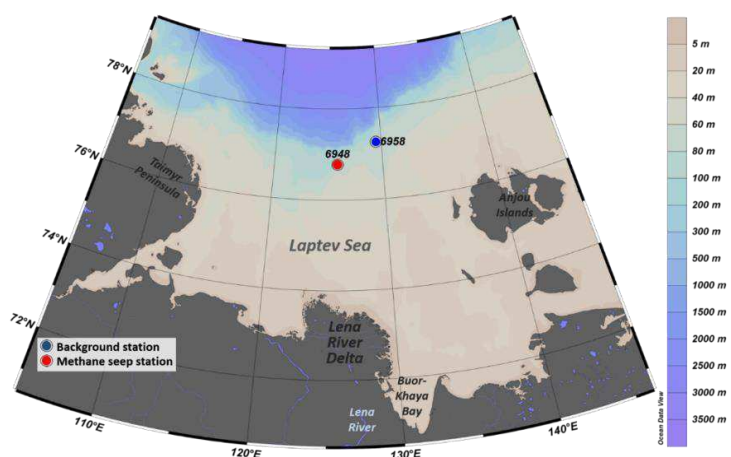


Рис. 1. Расположение станций отбора

Данные по величинам pH и Eh донных осадков для сиповой станции отсутствуют, для фоновой станции они составляют от 7,17 до 7,53 и от -189 до -224 мВ соответственно. С увеличением глубины геохимическая среда становится более щелочной и восстановительной, что свидетельствует о диагенетической ненарушенности осадка. Средняя плотность сипового осадка (1,022 кг/л) незначительно меньше, чем на фоновой (1,033 кг/л), что может быть следствием восходящей разгрузки метан-содержащих флюидов.

По катионному соотношению поровые воды сиповой станции имеют повышенное содержание Mg^{2+} , пониженное содержание Na^+ . Основной ионный состав поровых вод фоновой станции существенно не отличается от состава морских вод, преобладающими ионами для них являются Cl^- и Na^+ .

При сопоставлении средних содержаний химических элементов сиповой и фоновой станций обнаружены существенные отличия в химическом составе (рис. 2), доказывающие, что разгрузка метан-содержащих флюидов и сопутствующие процессы (анаэробное окисление метана, сульфатредукция, вторичное сульфидо- и карбонатообразование) влияют на геохимическую специфику среды. Так поровые воды сиповой станции обогащены по отношению к фоновой Pr, Gd, Eu, Tb, Nd, Ho, Ce, Tm, Pb, Ru, La, Y, Zr, Cd, Ba, P, Mg, Al, Cr, Sn (коэффициент концентрации $K > 2$), что потенциально может свидетельствовать о привносе этих элементов с восходящими флюидами и о благоприятной обстановки для их накопления в водах. Среди выявленного спектра преобладают редкоземельные элементы (РЗЭ). Ранее в работах указывалось, что РЗЭ и Ba часто используются в качестве геохимических индикаторов процессов разгрузки метана [5, 6, 7].

В то же время поровые воды сиповой станции обеднены As, I, Th, Ta, Au, Re, Ni, Nb, Bi, Co ($K < 0,5$), что, в свою очередь, говорит о удалении данных элементов из раствора, в том числе, возможно, при аутигенном карбонато- и сульфидообразовании [2].

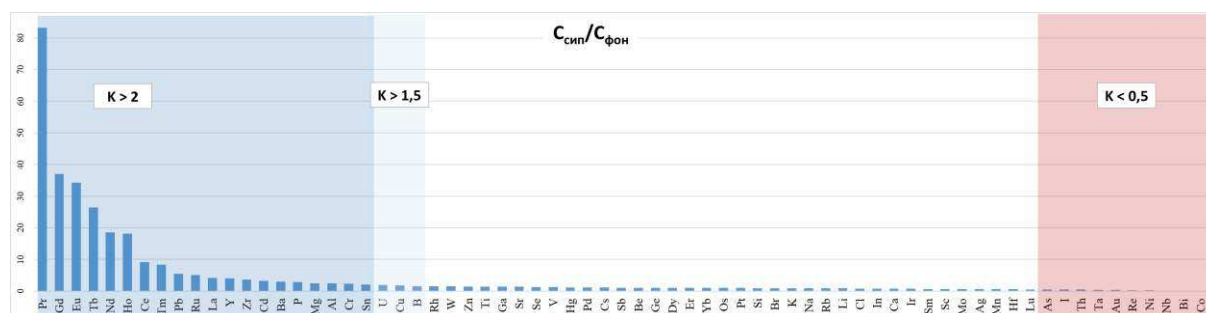


Рис. 2. Соотношения средних концентраций химических элементов на «сиповой» (6948) и фоновой станциях (6958)

Таким образом, было выявлено, что разгрузка метан-содержащих флюидов на внешнем шельфе моря Лаптевых приводит к существенному изменению химического состава поровых вод, что, несомненно, сказывается и на химическом составе донных осадков. Выявленный спектр элементов позволяет проследить процессы перераспределения в системе «поровая вода-осадок» в различных геохимических обстановках.

Исследование было поддержано Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение 075-10-2021-093).

Литература

1. Петров, В. В. Геохимические особенности природных вод Центральной экологической зоны Байкальской природной территории [Текст] / В. В. Петров, Д. В. Яковлев // Региональная геология и металлогения. – 2023. – № 95. – С. 42–53.
2. Формы нахождения химических элементов в донных осадках в зонах разгрузки метан-содержащих флюидов на шельфе моря Лаптевых [Текст] / И.А. Оберемок, Н.В. Гусева, Ю.А. Моисеева, Д.В. Пургина, Н.А. Полтавская, Е.В. Гершелis, И.П. Семилетов // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335. – № 3. – С. 108–123.
3. Andrews, T. Forcing, feedbacks and climate sensitivity in CMIP5 coupled atmosphere-ocean climate models [Text] / T. Andrews, J. M. Gregory, M. J. Webb, K. E. Taylor // Geophysical Research Letters. – 2015. – V. 39(9). – L09712.
4. Baranov, B. Methane seeps on the outer shelf of the Laptev Sea: characteristic features, structural control, and benthic fauna [Text] / B. Baranov, S. Galkin, A. Vedenin, K. Dozorova, A. Gebruk, M. Flint // Geo-Marine Letters. – 2020. – V. 40 (4). – P. 541–557.
5. Feng, D. Authigenic carbonates from an active cold seep of the northern South China Sea: New insights into fluid sources and past seepage activity [Text] / D. Feng, D. Chen // Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. – 2015. – V. 122. – P. 74–83.
6. Guseva, N. The Impact of Methane Seepage on the Pore-Water Geochemistry across the East Siberian Arctic Shelf [Text] / N. Guseva; Y. Moiseeva; D. Purgina, E. Gershelis, E. Yakushev, I. Semiletov // Water. – 2021. – V. 13. – P. 397.
7. Haley, B.A. Rare earth elements in pore waters of marine sediments [Text] / B.A. Haley, G.P. Klinkhammer; J. McManus // Geochim. Cosmochim. – 2004. – V. 68. P. 1265–1279.
8. Hoegh-Guldberg, O. The impact of climate change on the world's marine ecosystems [Text] / O. Hoegh-Guldberg, J.F. Bruno // Science. – 2010. – V. 328(5985). – P. 1523–1528.
9. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Text] // IPCC. – 2014. – P. 151.
10. Shakhova, N. The East Siberian Arctic Shelf: towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice [Text] / N. Shakhova, I. Semiletov, V. Sergienko, L. Lobkovsky, V. Yusupov, A. Salyuk, A. Salomatin, D. Chernykh, D. Kosmach, G. Panteleev, D. Nicolsky, V. Samarkin, S. Joye, A. Charkin, O. Dudarev // Philosophical Transactions of the Royal Society A. – 2015. – V. 373. – Article 20140451.