

УДК 504.3+504.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА И ПРЕСНЫХ ВОДОЕМОВ ОСТРОВОВ ЗАЛИВА МАРГЕРИТ, АНТАРКТИЧЕСКИЙ ПОЛУОСТРОВ

**С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик**

*Институт природопользования НАН Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь, [sk001@yandex.ru](mailto:sk001@yandex.ru)*

Охарактеризовано содержание макро- и микроэлементов и их вариабельность в пробах свежеснежавшего и старого снега, а также в водах озер и ручьев островов Дисмал и Хорсшу, Антарктический полуостров, Западная Антарктида, отобранных в ходе 4-й Турецкой антарктической экспедиции. Проанализированы основные факторы пространственной неоднородности основных показателей. По результатам расчета коэффициентов обогащения показано возможное антропогенное воздействие, связанное с дальним переносом воздушных масс.

**Ключевые слова:** Антарктида; Антарктический полуостров; снежный покров озера; гидрохимический состав.

## STUDY OF HYDROCHEMICAL COMPOSITION OF SURFACE SNOW AND FRESH WATER BODIES OF THE MARGUERITE BAY ISLANDS, ANTARCTIC PENINSULA

**S. Kakareka, T. Kukharchyk**

*Institute for Nature Management of the NAS of Belarus,  
Minsk, Belarus, [sk001@yandex.ru](mailto:sk001@yandex.ru)*

The content of macro- and trace elements and their variability in samples of freshly fallen and old snow, as well as in the waters of lakes and streams of Dismal and Horseshoe Islands of the Antarctic Peninsula, West Antarctica, collected during the 4th Turkish Antarctic Expedition, are characterized. The main factors of spatial heterogeneity of the main indicators are analyzed. Based on the results of calculating the enrichment factors, a possible anthropogenic impact associated with the long-distance transfer of air masses is shown.

**Keywords:** Antarctica; Antarctic peninsula; snow; fresh water lakes; hydrochemical composition.

Изучение химического состава поверхностного снега и пресных водоемов Антарктиды остается чрезвычайно важным для экологической оценки уникальных полярных экосистем, моделирования различных процессов, связанных с изменением климата и антропогенным воздействием, а также для реконструкции палеогеографических обстановок прошлого [1].

В настоящее время имеется много данных, подтверждающих высокую вариабельность содержания основных и микроэлементов в снеге [2-4], в антарктических озерах и временных водоемах [5-7]. Взаимосвязь между химией снежного покрова, атмосферными осадками и озерами, а также интенсивностью геохимических процессов представляют особый интерес для различных регионов Антарктиды.

Антарктический полуостров и острова морской Антарктиды относятся к наиболее изученным районам; это можно объяснить их близостью к Южной Америке, доступностью для посещения, а также большим количеством научных станций [6, 8-11]. Однако, что касается островов Хорсшу и Дисмал в заливе Маргерит, то химический состав снега и озер здесь практически не изучался. Опубликованные данные касаются палеоэкологической истории и процессов дегляциации на острове Хорсшу [12, 13].

В целом, несмотря на длительный период исследований, до сих пор существуют проблемы сравнения химического состава воды и снега даже в локальном масштабе из-за различий в методологии отбора проб, химического анализа и ряда определяемых элементов, а также сезонов исследований и других факторов.

Целью настоящей работы было изучение химического состава снега и поверхностных вод островов залива Маргерит, Земля Грейама, Антарктический полуостров, и выявление факторов, определяющих изменчивость содержания макро- и микроэлементов. Параллельно проводился отбор проб свежевыпавшего и старого снега, а также вод озер и ручьев — такой подход считается эффективным для анализа факторов формирования химического состава природных вод в Антарктике.

Исследования проводились в составе 4-й Турецкой антарктической экспедиции (ТАЭ) в феврале-марте 2020 г. на островах Хорсшу и Дисмал в заливе Маргерит.

Общая площадь острова Хорсшу составляет 60 км<sup>2</sup>, а ледники и снежники покрывают 66 % территории острова. Остров Дисмал — самый крупный из архипелага Форс — его длина 1,3 км, ширина 0,5 км и высота 60 метров, в основном он покрыт льдом. Расположен примерно в 70 км к юго-западу от Антарктического полуострова.

В настоящее время на островах нет постоянных научных станций. В 1955–1960 гг. Британская антарктическая служба управляла исследовательской станцией «У» на северном побережье острова Хорсшу.

Растительность на обоих островах представлена преимущественно лишайниковыми сообществами, изредка моховыми. По берегам островов расположены лежбища тюленей-крабоедов, южных морских котиков и небольшие колонии пингвинов.

Всего на островах отобрано 22 пробы снега и 17 проб поверхностной воды из озер, временных водоемов и ручьев. Пробы были доставлены в Минск и проанализированы на содержание макро- и микроэлементов; в некоторых пробах анализировалось также содержание стабильных изотопов.

Химико-аналитические исследования проводились с использованием масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7500cx ICP-MS. Все измерения выполнены в лаборатории физико-химических методов Института биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси. Определялись концентрации Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Th, Tl, U, V и Zn.

Установлено, что основные и большинство микроэлементов обнаруживаются в 100 % проб снега и поверхностных вод на обоих островах. Однако некоторые элементы обнаружены не во всех образцах. Так, Pb в свежеснеговом снеге на острове Хорсшу обнаружен в 31 % проб, а в старых пробах снега — в 22 %. Содержание Pb в пробах поверхностных вод ниже предела обнаружения, Cr и Sb обнаружены в 79 % проб, Cu — в 57 %, Ni — в 21 % проб.

В результате исследований выявлено, что изменчивость и средние концентрации основных и микроэлементов в свежеснеговом снеге значительно выше, чем в старом [14]. Так, в пробах старого снега зафиксированы самые низкие средние концентрации Na, Mg, K, Ca, Fe, Cr, Se, Ba, As и Tl. Их изменчивость и средние концентрации значительно выше в свежеснеговом снеге. По сравнению со старым снегом, более высокие концентрации основных и большинства микроэлементов (Fe, Zn, Cr, Se, Ba, Co, As, Cd и Sb) характерны для свежеснегового снега.

Наиболее высокие средние концентрации Na, Mg, K, Ca, Fe, Se, As и Tl, а также Co, Ba и V характерны для поверхностных вод, главным образом для ручьев. Среднее содержание Fe примерно одинаково в разных типах проб снега, хотя для свежеснегового снега разброс значений выше. Во всех типах проб самые высокие концентрации характерны для Na, что подтверждает участие морских аэрозолей в качестве основного источника его поступления.

В целом результаты исследований существенно дополняют представления о содержании макро- и микроэлементов в снеговых и поверхностных водах островов Антарктического полуострова. Помимо разнообразия природных факторов, влияющих на химический состав снега и пресных вод, показано возможное антропогенное воздействие, связанное с трансграничным переносом воздушных масс. Повышенные коэффициенты обогащения установлены для ряда технофильных элементов (As, Zn, Cd, Sb, Mo, Ag, Se).

Полученные результаты будут полезны для оценки фоновых характеристик природной среды при проведении оценки воздействия на окружающую среду в связи с планируемым строительством антарктической станции на острове Хоршу.

### Библиографические ссылки

1. *Bargagli R.* Trace metals in Antarctica related to climate change and increasing human impact// *Rev Environ Contam Toxicol.* 2000, 166. P.129-73.
2. Sea-salt aerosol in coastal Antarctic regions/Wagenbach D. et al. // *Journal of Geophysical Research.* 1998, 103 (D9). P. 10,961-10,974
3. Transport and deposition of heavy metals in the Ross Sea Region, Antarctica/ Tuohy A. et al. // *J. Geophys. Res. Atmos.* 2015, 120. P. 10,996-11,011, doi:10.1002/2015JD023293
4. *Kakareka S., Kukharchyk T., Kurman P.* Study of trace elements in the surface snow for impact monitoring in Vecherny Oasis, East Antarctica// *Environ Monit Assess.* 2020, P. 192: 725 <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08682-8>
5. *Gasparon M., Burgess J. S.* Human impact in Antarctica: trace element geochemistry of freshwater lakes in the Larsemman Hills, East Antarctica// *Int. J. of Geosciences Environmental Geology.* 2000. 39(9). – P. 963-976 <https://doi.org/10.1007/s002549900010>.
6. *Neżzarek A., Tórz A., Podlasińska J.* Ionic composition of terrestrial surface waters in Maritime Antarctic and the processes involved in formation// *Antarctic Science.* 2015, 27(2). P. 150-161 DOI: 10.1017/S0954102014000522
7. Dynamics of inorganic components in lake waters from Terra Nova Bay, Antarctica/ Conca et al. // *Chemosphere.* 2017, 183. P. 454-470. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.104>
8. Limnological characteristics of the freshwater ecosystems of Byers Peninsula, Livingston Island, in maritime Antarctica /Toro M. et al. // *Polar Biol,* 2007, 30. P. 635-649 DOI 10.1007/s00300-006-0223-5
9. Geochemistry of streams from Byers Peninsula, Livingston Island/ Lyons W. B. et al. // *Antarctic Sci.* 2013, 25. P. 181-190. doi: 10.1017/S0954102012000776
10. *Préndez M., Carrasco M. A.* Elemental composition of surface waters in the Antarctic Peninsula and interactions with the environment // *Environmental Geochemistry and Health.* 2003. DOI: 10.1023/A:1024559809076
11. Freshwater lakes of Ulu Peninsula, James Ross island, north-east Antarctic Peninsula: origin, geomorphology and physical and chemical limnology/ Nedbalova L. et al. // *Antarct. Sci.* 2013, 25 (3). P. 358-372. <https://doi.org/10.1017/S0954102012000934>.
12. *Zale R.* Lake sediments around the Antarctic peninsula - archives of climatic and environmental changes. GERUM. Department of Physical Geography. 1993.Sweden. 104 pp.
13. Late Quaternary environmental changes in Marguerite Bay, Antarctic Peninsula, inferred from lake sediments and raised beaches/ Hodgson D. A. et al. *Quaternary Science Reviews.* 2013, 68. – P. 216-236. doi: 10.1016/j.quascirev.2013.02.002
14. *Kakareka S., Kukharchyk T., Kurman P.* Trace and major elements in surface snow and fresh water bodies of the Marguerite Bay Islands, Antarctic Peninsula// *Polar Science.* 2022, 32 <https://doi.org/10.1016/j.polar.2022.100792>.