

Sediment geochemistry of Lake Portlubol (Murmansk region): natural anomalies and reconstruction of anthropogenic events in the catchment

Short communication

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Slukovskii Z.I.*, Dauvalter V.A.

Institute of the North Industrial Ecology Problems of Kola Science Center of RAS, Akademgorodok Str., 14a, Apatity, 184209, Russia

ABSTRACT. The article presents the first data on the content of a wide range of rare elements in modern sediments of Lake Portlubol, located in the north of the Murmansk region (Arctic zone of the Russian Federation). The authors identified extremely elevated concentrations of U and Mo compared to the Clarke and background levels, which is associated with the geological features of the study area. Also, in the upper layers of the sediment core of Lake Portlubol, an increase in the content of Pb, Cd, Ni, Cu and some other elements was noted, which probably entered the reservoir as a result of emissions from industrial enterprises in the region and neighboring territories. Despite the identified geochemical anomalies in the sediments, the lake can be considered background, since the established anthropogenic load is small compared to lakes in urban and industrial areas of the Murmansk region.

Keywords: Geochemistry of sediments, background lakes, heavy metals, uranium, Arctic zone of the Russian Federation

For citation: Slukovskii Z.I., Dauvalter V.A. Sediment geochemistry of Lake Portlubol (Murmansk region): natural anomalies and reconstruction of anthropogenic events in the catchment // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 659-664. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-659

1. Introduction

Lake sediments can serve as indicators of various processes in and around bodies of water. Such processes include anthropogenic impact and the influence of various natural factors, most often associated with the geology of the study area. For example, the use of leaded gasoline in transportation operations is known to influence elevated Pb concentrations in lake sediments (Escobar et al., 2023; Rognerud et al., 2013). Also, increased concentrations of chemical elements in lake sediments can be influenced by natural factors associated with the geochemical composition of rocks in the study area (Fang et al., 2023), as well as geological events such as catastrophic volcanic eruptions (Jensen, 2012).

There are more than 100 thousand lakes in the Murmansk region, most of which are up to 1 km² in size. Sediments of many lakes in the region located in background areas are extremely poorly studied. This applies primarily to the chemical composition of lake water and sediments, which are important in the initial assessment of the condition of the reservoir. The purpose of this work is to assess the ecological and geochemical features of modern sediments of Lake

Portlubol, located in the north of the Murmansk region, using as a basis the sediment core and the content of 40 chemical elements determined by ICP-MS.

2. Materials and methods

The sediment core of Lake Portlubol was sampled in the spring of 2021 from the ice of the lake. The depth of the lake at the work site was about 15 meters. Using a Limnos sampler, a core 53 cm long was obtained, which was divided into layers of 1 cm for examination. During laboratory studies, the ash content of the studied sediments (average value 73.2%) and the content of rare elements, including heavy metals, were determined. Chemical analysis was performed using an XSeries-2 ICP-MS inductively coupled plasma mass spectrometer. The results obtained during the study of the chemical composition of lake sediments. Portlubol showed the following:

3. Results and discussion

The studied sediments, on average throughout the core, are enriched in U, Mo, Cd, Th, Zn, Tl, and rare

*Corresponding author.

E-mail address: slukovsky87@gmail.com (Z.I. Slukovskii)

Received: June 07, 2024; Accepted: July 08, 2024;

Available online: August 26, 2024

© Author(s) 2024. This work is distributed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



earth elements (REE) compared to the average composition of the earth's crust. These patterns are shown in Figure 1. The highest concentration coefficients were identified for Mo (92) and U (23). This is due to the fact that the catchment area of Lake Portlubol is located within the Litsevsky geological uranium ore district, on the territory of which there are rare earth-thorium-uranium mineralization in pegmatite granites (Kaulina et al., 2021). Anomalies of U and Mo were previously noted in sediments of lakes, also located in the north of the Murmansk region in the zone of influence of the Litsevsky geological region (Slukovskii et al., 2020; Slukovskii et al., 2024).

A close correlation (0.95) was revealed between the content of U and REE in the sediments of Lake Portlubol, which is probably due to the common sources of these elements entering the lakes from the catchment area and the common mechanisms of fixation in the sediments of the reservoir. It has also been established that the REE content in the sediments of Lake Portlubol is 2-7 times higher than in the rocks of the Dikoe ore occurrence (Kaulina et al., 2021), which indicates that in the sediments of the lake there is an increase and concentration of REE, probably account of the fine fraction of sediments and organic matter. The dynamics of the behavior of REE and a number of other lithophile elements in the sediment core of Lake Portlubol is similar to their behavior in other lakes of the background areas of the north of the Murmansk region.

It has been shown that the main source of heavy metals, and primarily Ni and Cu, into the environment in the area of Lake Portlubol at a distance of several tens of kilometers are emissions from the Pechenganikel plant (Rognerud et al., 2013; Dauvalter et al., 2015). An increase in the upper layers of sediments of Lake Portlubol compared to the background layers of Ni (7 times), Cu (5), Sb (11), Pb (6), Bi (7), Sn (4), Cd (2), Co (2), Zn (1.5). It was also revealed that these elements closely correlate with each other, forming a special ("technogenic") association of chemical elements in the studied sediments of the background lake. Similar patterns were noted when assessing the geochemical features of background lakes on the Rybachy and Sredniy peninsulas (also in the north of the Murmansk region).

However, comparison with previously studied lakes in the city of Murmansk (Lakes..., 2023) and lakes near industrial enterprises in the region shows that the sediments of Lake Potlubol are significantly less polluted with heavy metals, despite the presence of a technogenic influence on the lake from emissions from factories. At the same time, it is necessary to further conduct research (monitoring) of this reservoir and its sediments, as well as lakes located near it.

Acknowledgements

The study was carried out with financial support from the Russian Science Foundation under grant No. 24-17-20006.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Dauvalter V.A., Kashulin N.A., Denisov D.B. 2015. Tendencies in the content change of heavy metals in lake sediments in northern Fennoscandia over the last centuries. *Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 9: 62–75. (In Russian)
- Escobar J., Whitmore T.J., Kamenov G.D., Riedinger-Whitmore M.A. 2023. Isotope record of anthropogenic lead pollution in lake sediments of Florida, USA. *J. Paleolimnol.* 49 (2): 237-252. DOI: [10.1007/s10933-012-9671-9](https://doi.org/10.1007/s10933-012-9671-9)
- Fang X., Peng B., Guo X., Wu S., Xie Sh., Wu J., Yang X., Chen H., Dai Y. 2023. Distribution, source and contamination of rare earth elements in sediments from lower reaches of the Xiangjiang River, China. *Environ. Pollut.* 336: 122384. DOI: [10.1016/j.envpol.2023.122384](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122384)
- Jensen B.J.L. 2012. Regional Correlation of the AD 1600 Huaynaputina Tephra: Integrating Archaeological, Ice Core and Lacustrine Records. *Quaternary International*. 279-280: 221–222. DOI: [10.1016/j.quaint.2012.08.458](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.08.458)
- Kaulina T.V., Afanasyeva E.N., Ilchenko V.L., Avedisyan A.A., Nerovich L.I., Lyalina L.M., Nitkina E.A., Mokrushina O.D. 2021. Litsevsky uranium-ore district. Moscow: GEOS. (In Russian)
- Lakes of the city of Murmansk: hydrological, hydrochemical and hydrobiological features. 2023. Moiseenko T.I. (eds.). Apatity: Publishing house of the Federal Research Center KSC RAS. (In Russian)

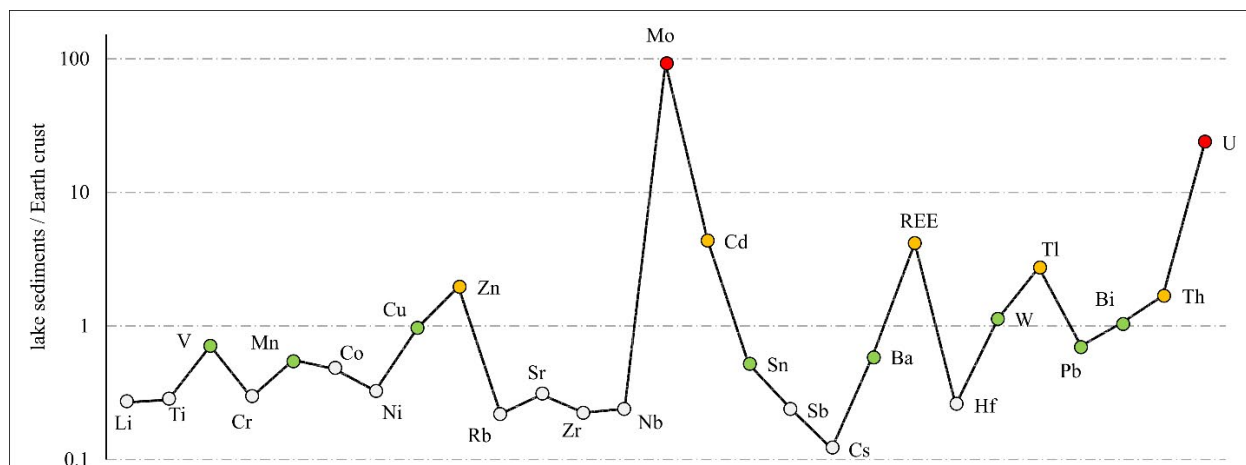


Fig. 1. Normalized concentrations of elements in Lake Portlubol sediments (median values for the sediment core) relative to the average composition of the Earth's crust (Wedepohl, 1995)

Rognerud S., Dauvalter V.A., Fjeld E., Skjelkvåle B.L., Christensen G., Kashulin N. 2013. Spatial Trends of Trace-Element Contamination in Recently Deposited Lake Sediment Around the Ni–Cu Smelter at Nikel, Kola Peninsula, Russian Arctic. *AMBIO*. 42 (6): 724–736.

Slukovskii Z.I., Guzeva A.V., Dauvalter V.A., Udachin V.N., Denisov D.B. 2020. Uranium Anomalies in Recent Sediments of Lakes from the Northern Part of the Murmansk Region, Arctic. *Geochem. Int.* 58 (12): 1400–1404. DOI: [10.1134/S0016702920100134](https://doi.org/10.1134/S0016702920100134)

Slukovskii Z., Guzeva A., Malysheva M., Kudryavtzeva L. 2024. Chemical Composition of Water and Recent Sediments of Small Tundra Lakes in the Background Area of the North of Murmansk Region (Arctic). *International Journal of Environmental Research*. 18: 57. DOI: [10.1007/s41742-024-00612-7](https://doi.org/10.1007/s41742-024-00612-7)

Wedepohl K.H. 1995. The Composition of the Continental Crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 59: 1217–1232.

Геохимические особенности отложений озера Портлубол (Мурманская область): природные аномалии и реконструкция техногенных событий на водосборе

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Слуковский З.И.* , Даувальтер В.А.

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН, ул. Академгородок, 14а, Апатиты, 184209, Россия

АННОТАЦИЯ. В статье представлены первые данные по содержанию большого спектра редких элементов в современных отложениях озера Портлубол, расположенного на севере Мурманской области (Арктическая зона РФ). Авторами выявлены крайне повышенные по сравнению с кларком и фоном концентрации U и Mo, что связано с особенностями геологии района исследования. Также в верхних слоях колонки отложений озера Портлубол отмечено увеличение содержания Pb, Cd, Ni, Cu и некоторых других элементов, которые, вероятно, попали в водоем в результате выбросов промышленных предприятий региона и соседних территорий. Несмотря на выявленные геохимические аномалии в отложениях, озеро можно считать фоновым, так как установленная антропогенная нагрузка невелика по сравнению с озерами городских и промышленных районов Мурманской области.

Ключевые слова: Геохимия донных отложений, фоновые озера, тяжелые металлы, уран, Арктическая зона РФ

Для цитирования: Слуковский З.И., Даувальтер В.А. Геохимические особенности отложений озера Портлубол (Мурманская область): природные аномалии и реконструкция техногенных событий на водосборе // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 659-664. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-659

1. Введение

Озерные отложения могут служить индикаторами различных процессов внутри и вокруг водоемов. К таким процессам относится антропогенное воздействие и влияние различных природных факторов, чаще всего связанных с геологией района исследования. Например, известно влияние использования этилированного бензина в транспортных операциях на повышенные концентрации Pb в донных отложениях озер (Escobar et al., 2023; Rognerud et al., 2013). Также на повышенные концентрации химических элементов в озерных отложениях могут влиять и природные факторы, связанные с геохимическим составом пород района исследований (Fang et al., 2023), а также геологические события, как катастрофические вулканические извержения. извержения (Jensen, 2012).

В Мурманской области насчитывается более 100 тысяч озер, большинство из которых имеют размеры до 1 км². Донные отложения многих озер региона, расположенных на фоновых районах, крайне слабо изучены. Это относится в первую

очередь к химическому составу воды и отложений озер, которые важны при первичной оценке состояния водоема. Цель данной работы – оценить эколого-геохимические особенности современных отложений озера Портлубол, расположенного на севере Мурманской области, используя в качестве основы колонку донных отложений и содержание 40 химических элементов, определенных методом ICP-MS.

2. Материалы и методы

Отбор колонки донных отложений озера Портлубол был выполнен весной 2021 года со льда озера. Глубина озера в месте работы составляла около 15 метров. При помощи пробоотборника Limnos была получена колонка длиной 53 см, которую для исследования разделили на слои по 1 см. В ходе лабораторных исследований была определена зольность изученных отложений (среднее значение 73.2 %) и содержание редких элементов, включая тяжелые металлы. Химический анализ выполнялся при помощи масс-спектрометра с индуктивно свя-

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: slukovsky87@gmail.com (З.И. Слуковский)

Поступила: 07 июня 2024; Принята: 08 июля 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024



занной плазмой XSeries-2 ICP-MS. Результаты, полученные в ходе исследования химического состава отложений оз. Портлубол показали следующее:

3. Результаты и обсуждение

Изученные отложения в среднем по колонке обогащены по сравнению со средним составом земной коры U, Mo, Cd, Th, Zn, Tl и редкоземельными элементами (РЗЭ). Эти закономерности показаны на рисунке 1. Наибольшие коэффициенты концентрации выявлены по Mo (92) и U (23). Это связано с тем, что водосбор озера Портлубол расположен в пределах Лицевского геологического урановорудного района, на территории которого находятся редкоземельно-торий-урановые оруденения в пегматитовых гранитах (Каулина и др., 2021). Ранее уже отмечались аномалии U и Mo в отложениях озер, также расположенных на севере Мурманской области в зоне влияния Лицевского геологического района (Slukovskii et al., 2020; Slukovskii et al., 2024).

Выявлена тесная корреляционная связь (0.95) между содержанием U и РЗЭ в отложениях озера Портлубол, что, вероятно, связано с единым источником поступления этих элементов в озера с водосбора и едиными механизмами закрепления в донных отложениях водоема. Также установлено, что содержание РЗЭ в отложениях озера Портлубол в 2-7 раз выше, чем в горных породах рудопоявления Дикое (Каулина и др., 2021), что говорит о том, что в осадках озера происходит увеличение и концентрация РЗЭ, вероятно, за счет тонкой фракции отложений и органического вещества. Динамика поведения РЗЭ и ряда других литофильных элементов в колонке отложений озера Портлубол схожа с поведением их в других озерах фоновых районов севера Мурманской области.

Показано, что главным источником поступления тяжелых металлов, и в первую очередь Ni и Cu, в окружающую среду в районе озера Портлубол на расстоянии нескольких десятков километров являются выбросы комбината «Печенганикель» (Rognerud et al., 2013; Даувальтер и др., 2015).

Установлено увеличение в верхних слоях отложений озера Портлубол по сравнению с фоновыми слоями Ni (в 7 раз), Cu (5), Sb (11), Pb (6), Bi (7), Sn (4), Cd (2), Co (2), Zn (1.5). Также выявлено, что эти элементы тесно коррелируют между собой, выделяясь в особую («техногенную») ассоциацию химических элементов в изученных отложениях фоновых озер. Схожие закономерности отмечены были при оценке геохимических особенностей фоновых озер на полуостровах Рыбачий и Средний (также север Мурманской области).

Однако сравнение с ранее изученными озерами города Мурманска (Озёра..., 2023) и озерами вблизи промышленных предприятий региона показывает, что отложения озера Потлубол существенно меньше загрязнены тяжелыми металлами, несмотря на наличие техногенного влияния на озеро от выбросов заводов. При этом необходимо дальше проводить исследования (мониторинг) этого водоема и его отложений, а также озер, расположенных вблизи него.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках гранта № 24-17-20006.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

- Даувальтер В.А., Кашулин Н.А., Денисов Д.Б. 2015. Тенденции изменения содержания тяжелых металлов в донных отложениях озер Севера Фенноскандии в последние столетия. Труды Карельского научного центра РАН. 9: 62–75.
- Каулина Т.В., Афанасьева Е.Н., Ильченко В.Л., Аведисян А.А., Нерович Л.И., Лялина Л.М., Ниткина Е.А., Мокрушина О.Д. 2021. Лицевский урановорудный район. М: ГЕОС.

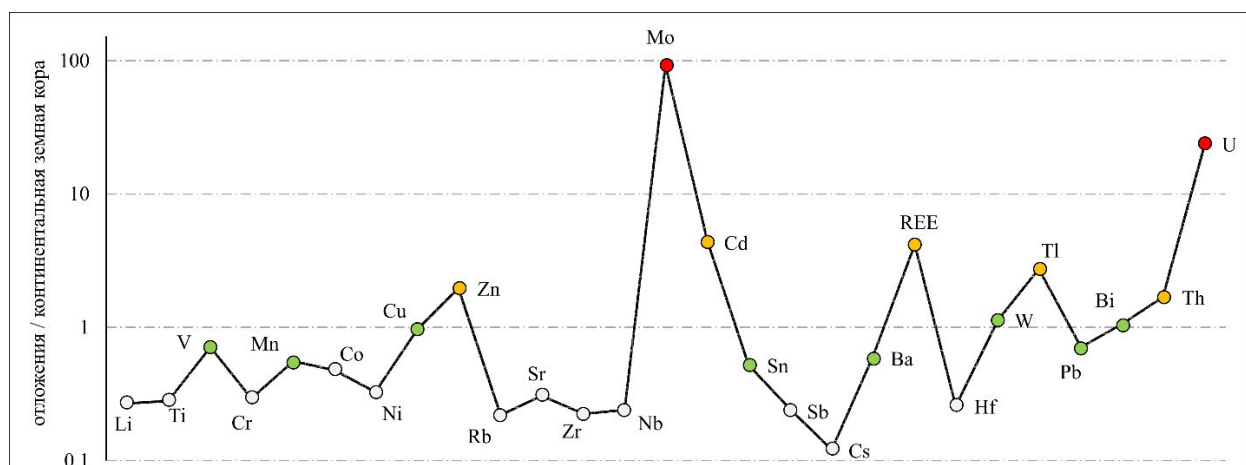


Рис.1. Нормированные концентрации элементов в отложениях озера Портлубол (медианные значения по колонке отложений) относительно среднего состава земной коры (Wedepohl, 1995)

Озёра города Мурманска: гидрологические, гидрохимические и гидробиологические особенности: монография. 2023. Моисеенко Т.И. (ред.). Апатиты: Изд-во ФИЦ КНЦ РАН.

Escobar J., Whitmore T.J., Kamenov G.D., Riedinger-Whitmore M.A. 2023. Isotope record of anthropogenic lead pollution in lake sediments of Florida, USA. *J. Paleolimnol.* 49 (2): 237-252. DOI: [10.1007/s10933-012-9671-9](https://doi.org/10.1007/s10933-012-9671-9)

Fang X., Peng B., Guo X., Wu S., Xie Sh., Wu J., Yang X., Chen H., Dai Y. 2023. Distribution, source and contamination of rare earth elements in sediments from lower reaches of the Xiangjiang River, China. *Environ. Pollut.* 336: 122384. DOI: [10.1016/j.envpol.2023.122384](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122384)

Jensen B.J.L. 2012. Regional Correlation of the AD 1600 Huaynaputina Tephra: Integrating Archaeological, Ice Core and Lacustrine Records. *Quaternary International.* 279-280: 221-222. DOI: [10.1016/j.quaint.2012.08.458](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.08.458)

Rognerud S., Dauvalter V.A., Fjeld E., Skjelkvåle B.L., Christensen G., Kashulin N. 2013. Spatial Trends of Trace-

Element Contamination in Recently Deposited Lake Sediment Around the Ni-Cu Smelter at Nikel, Kola Peninsula, Russian Arctic. *AMBIO.* 42 (6): 724-736.

Slukovskii Z.I., Guzeva A.V., Dauvalter V.A., Udachin V.N., Denisov D.B. 2020. Uranium Anomalies in Recent Sediments of Lakes from the Northern Part of the Murmansk Region, Arctic. *Geochem. Int.* 58 (12): 1400-1404. DOI: [10.1134/S0016702920100134](https://doi.org/10.1134/S0016702920100134)

Slukovskii Z., Guzeva A., Malysheva M., Kudryavtzeva L. 2024. Chemical Composition of Water and Recent Sediments of Small Tundra Lakes in the Background Area of the North of Murmansk Region (Arctic). *International Journal of Environmental Research.* 18: 57. DOI: [10.1007/s41742-024-00612-7](https://doi.org/10.1007/s41742-024-00612-7)

Wedepohl K.H. 1995. The Composition of the Continental Crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta.* 59: 1217-1232.