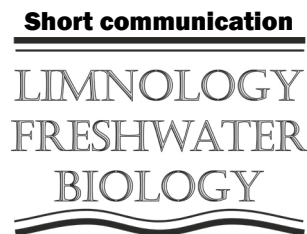


Distribution of mercury in lakes of different landscape zones in the south of Western Siberia using the example of model objects along a meridional transect



Malov V.I.*, Strakhovenko V.D., Ovdina E.A., Malov G.I.

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Ave. Academician Koptyug, 3, Novosibirsk, 630090, Russia

ABSTRACT. The work presents data on the concentration of mercury in bottom sediments of lakes, which are characterized by the nival type of sedimentogenesis. The mercury content for bottom sediments of lakes sampled in the middle and high mountains of the Altai Mountains is on average 0.06 µg/g. Differences in mercury concentration values for high- and mid-mountain lakes have not been established. It has been established that, regardless of the type of sedimentogenesis in lakes of different landscape zones of the south of Western Siberia along the meridional transect, the distribution of mercury along the section is characterized by an increase in values up the section towards the bottom sediments-water boundary, where they reach maximum values.

Keywords: bottom sediments, mercury, geochemistry

For citation: Malov V.I., Strakhovenko V.D., Ovdina E.A., Malov G.I. Distribution of mercury in lakes of different landscape zones in the south of Western Siberia using the example of model objects along a meridional transect // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 400-405. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-400

1. Introduction

Hg is among the ten most dangerous chemicals due to its high mobility and bioaccumulative ability (WHO, 2017). In aquatic ecosystems, Hg can be converted to methylmercury, a more toxic form that accumulates in aquatic food chains. One of the main objects of the freshwater ecosystem is the lake.

The purpose of this work is to compare the distribution of mercury in the bottom sediments of lakes of different landscape zones in the south of Western Siberia.

2. Materials and methods

The object of the study is small lakes in the south of western Siberia. The lakes are located in the south-eastern part of the West Siberian platform bordering the Altai-Sayan folded region, within the Ob-Irtysh interfluvium, and some of the lakes are located on the territory of the Altai Mountains (Ukok plateau, Ulagan valley). A total of 81 lakes were studied, belonging to different landscape zones: South taiga sub-Siberian landscape - 11, Subtaiga West Siberian landscape - 5 lakes, Forest-steppe West Siberian landscape - 30 lakes,

Steppe typical West Siberian landscape - 11 lakes, Mid-mountain belt of larch and cedar-larch forests - 4 lakes, High mountain char belt - 7 lakes, extrazonal landscapes (ribbon forests) - 13 lakes.

The choice of model lakes is due to the desire to cover all classes of sapropel (classification of Corde V.I. with modifications by Strakhovenko V.D.) for all types of sedimentogenesis characteristic of the studied landscape zones.

Sampling is carried out by a continuous core to the entire depth of the bottom sediments using a cylindrical sampler with a vacuum seal «Typhoon» (d - 82 mm and L - 120 cm).

Analytical work was carried out at the Analytical Center for multi-elemental and isotope research SB RAS, Novosibirsk, Russia.

The total mercury content in the samples is determined according to the method M 03-09-2013 on the analyzer «RA-915M» with the prefix «RP-91C».

3. Results and Discussion

The mercury content in individual lakes, lake systems of the taiga, subtaiga, forest-steppe, steppe, and ribbon forests has been published in detail in

*Corresponding author.

E-mail address: Malov@igm.nsc.ru (V.I. Malov)

Received: June 04, 2024; **Accepted:** July 05, 2024;

Available online: August 26, 2024

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



Table 1. Mercury concentration ($\mu\text{g/g}$) in bottom sediments of lakes belonging to different types of sedimentogenesis. The data is presented in the format average value (min.value – max.value).

types of sedimentogenesis	classes of sapropel		
	Si class	Ca class	mixed class
humid	0.06 (0.02 – 0.18)	0.02 (0.01–0.04)	0.03 (0.01–0.05)
arid	0.02 (0.004 – 0.04)	0.025 (0.02–0.03)	0.06 (0.02 –0.17)
nival	0.05 (0.02–0.12)	n.d	0.2

Note: n.d - no data

earlier works by the authors (Gavshin et al., 1999; Strakhovenko et al., 2010; Malikova and Strakhovenko, 2017; Strakhovenko et al., 2022, etc.) (Table 1).

The mercury content for bottom sediments of lakes sampled in the midlands and highlands varies from 0.02 $\mu\text{g/g}$ to 0.20 $\mu\text{g/g}$ and is on average 0.06 $\mu\text{g/g}$. It is worth noting that there are no fundamental differences in the mercury concentration values for the lakes of the highlands and the middle mountains. So the average value for the highlands is 0.04 $\mu\text{g/g}$, and for the highlands – 0.05 $\mu\text{g/g}$.

All the selected bottom sediments of the lakes of the Altai Mountains can be attributed mainly to the siliceous class. Only one lake (Lake Turquoise) can be classified as a mixed class. No lakes whose bottom sediments can be classified as Ca class were selected, which is most likely a characteristic of the nival type of sedimentogenesis of the Altai Mountains. The concentration of mercury ($\mu\text{g/g}$) in the bottom sediments of lakes, depending on the class, is shown in Table 1 (Table 1). In lakes characterized by the nival type of sedimentogenesis, in general, the same values of mercury concentrations are characteristic as for lakes characterized by the humid and arid type of sedimentogenesis.

The maximum observed values of mercury concentrations (0.2 $\mu\text{g/g}$) are observed for the island of Turquoise, which alone forms a sample of bottom sediments with a mixed class of bottom sediments. The excellent high mercury concentrations in the bottom sediments of this lake are explained by the proximity of the Aktash mercury deposit.

The study of the vertical distribution of mercury showed that the bottom sediments of lakes of all types of sedimentogenesis are characterized by an increase in concentrations towards the top of the section, where maximum values are reached (Fig. 1).

Atmospheric precipitation in the form of precipitation is the main natural sources of mercury for lakes in the catchment area of which there are no mercury-containing rocks (Louis et al., 2016.). This fact is fully confirmed by the similar nature of the distribution of mercury in the bottom sediments of lakes belonging to different landscape zones of the south of Western Siberia. The characteristic increase in mercury concentrations in the upper part of lake sediments is explained by the increase in mercury emissions into the atmosphere in modern times (Streets et al., 2017)

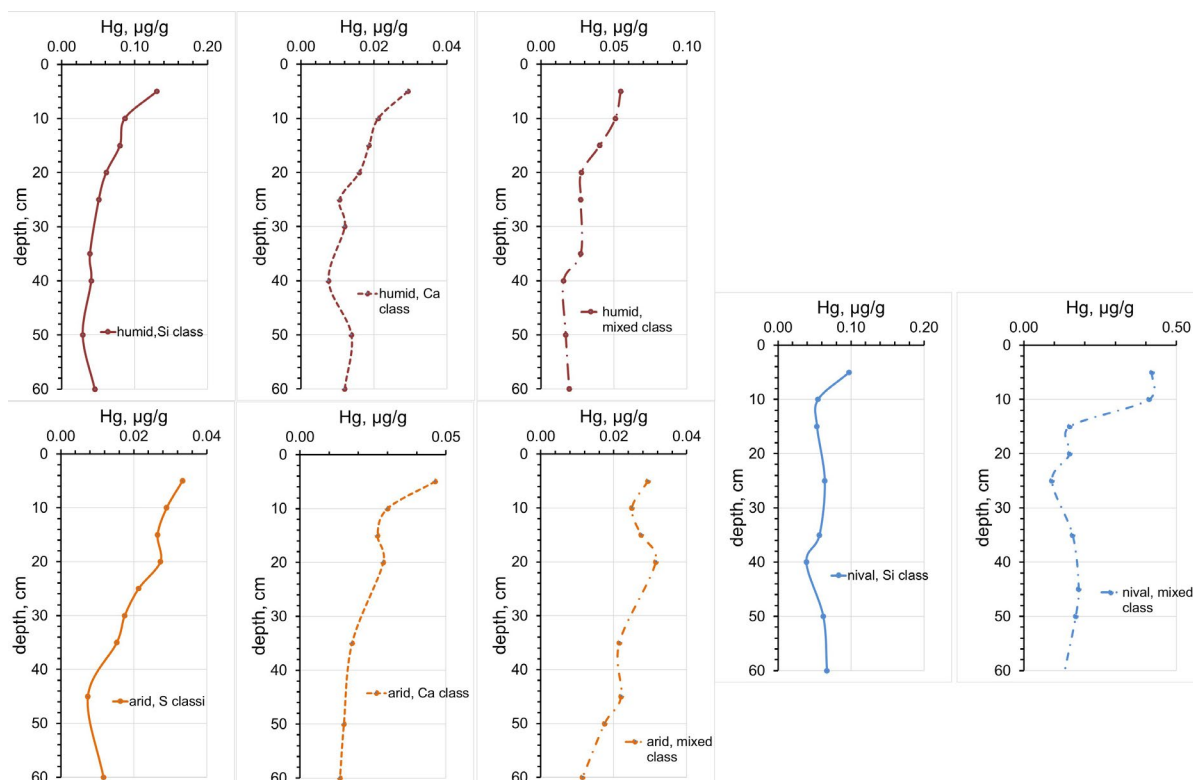


Fig.1. Vertical distributions of mercury concentrations in the average columns of bottom sediments for lakes belonging to different types of sedimentogenesis.

4. Conclusions

The results obtained allow us to draw the following conclusions.

The mercury content for the bottom sediments of lakes sampled in the middle mountains and highlands of the Altai Mountains is on average 0.06 µg/g, which is close to the values for lakes of other landscape zones in the south of Western Siberia. There are no differences in mercury concentration values for the lakes of the highlands and the Middle mountains. Regardless of the type of sedimentogenesis in lakes of different landscape zones in the south of Western Siberia along the meridional transect, the distribution of mercury along the section is characterized by an increase in values to the top of the section, which is explained by an increase in the flow of mercury from the atmosphere in modern times.

5. Acknowledgments

The study was carried out at the expense of a grant Russian Science Foundation № 23-27-00111, <https://rscf.ru/en/project/23-27-00111/>.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

- Gavshin V.M., Kutsenogiy K.P., Strakhovenko V.D. et al. 1999. Assessment of changes in the geochemical background in the landscapes of Western Siberia under the influence of technogenic loads throughout the 20th century (No. 97-05-65235). Russian Foundation for Basic Research. (in Russian)
- Louis St. V., Graydon J., Mitchell C. et al. 2016. Mercury fate and methylation in terrestrial upland and wetland environments In Canada. Mercury Science Assessment.
- Malikova I.N., Strakhovenko V.D. 2017. Microelements in bottom sediments of lakes in Siberia landscape zones. In water and ecological problems of Siberia and Central Asia.132-141. (in Russian)
- Strakhovenko V.D., Malov V.I., Malov G.I. et al. 2022. Spatio-temporal distribution of gross mercury contents in the bottom sediments of small lakes of the taiga zone. *Limnology and Freshwater Biology*. 1262-1265. DOI [10.31951/2658-3518-2022-A-3-1262](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2022-A-3-1262)
- Strakhovenko V.D., Shcherbov B.L., Malikova I.N. et al. 2010. The regularities of distribution of radionuclides and reare-earth elements in bottom sediments of Siberian lakes. *Russian Geology and Geophysics* 51(11): 1167-1178.
- Streets D.G., Horowitz H.M., Jacob D.J. et al. 2017. Total mercury released to the environment by human activities. *Environmental science & technology* 51(11): 5969-5977. DOI [10.1021/acs.est.7b00451](https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00451)
- WHO. 2017. Ten chemicals of major health concern. Retrieved from www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/en/index.html

Распределение ртути в озерах разных ландшафтных зон юга Западной Сибири на примере модельных объектов вдоль меридионального трансекта

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Малов В.И.* , Страховенко В.Д., Овдина Е.А., Малов Г.И.

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского Отделения РАН, пр-т Академика Коптюга 3, Новосибирск, 630090, Россия

АННОТАЦИЯ. В работе представлены данные о концентрации ртути в донных отложениях озер для которых характерен нивальный тип седиментогенеза. Содержание ртути для донных отложений озер, отобранных в среднегорье и высокогорье Горного Алтая в среднем равно 0.06 мкг/г. Различий в значениях концентрации ртути для озер высокогорья и среднегорья не установлены. Установлено, что в независимости от типа седиментогенеза в озерах разных ландшафтных зон юга Западной Сибири вдоль меридионального трансекта распределение ртути по разрезу характеризуется увеличением значений в верх по разрезу к границе донные отложения- вода, где достигают максимальные значения.

Ключевые слова: донные отложения, ртуть, геохимия

Для цитирования: Малов В.И., Страховенко В.Д., Овдина Е.А., Малов Г.И. Распределение ртути в озерах разных ландшафтных зон юга Западной Сибири на примере модельных объектов вдоль меридионального трансекта // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 400-405. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-400

1. Введение

Hg входит в десятку наиболее опасных химических веществ из-за ее высокой мобильности и биоаккумуляционной способности (WHO, 2017). В водных экосистемах Hg может перобразовываться в метилртуть, более токсичную форму, которая биоаккумулируется в водных пищевых цепях. Одним из главных объектов пресноводной экосистемы является озеро.

Целью данной работы является сравнение распределения ртути в донных отложениях озер разных ландшафтных зон юга Западной Сибири.

2. Материалы и методы

Объектом исследования являются малые озера юга западной Сибири. Озера расположены в юго-восточной части Западно-Сибирской платформы граничащей с Алтае-Саянской складчатой областью, в пределах Обь-Иртышского междуречья, также часть озёр расположены на территории Горного Алтая (плато Укок, Улаганская долина). Всего исследовано 81 озеро, относящихся к разным ландшафтным зонам: Южнотаежный западноси-

бирский – 11, Подтаёжный западносибирский ландшафт – 5 озер, Лесостепной западносибирский ландшафт – 30 озер, Степной типичный западносибирский ландшафт – 11 озер, Среднегорный пояс лиственных и кедрово-лиственных лесов – 4 озера, Высокогорный гольцовый пояс – 7 озер, экстремальные ландшафты (ленточные боры) – 13 озер.

Выбор модельных озер обусловлен желанием охватить все классы сапропелей (классификация Кордэ В.И. с доработками Страховенко В.Д.) для всех типов седиментогенеза, характерных для исследуемых ландшафтных зон.

Пробоотбор производится непрерывным керном на всю глубину донных отложений при помощи цилиндрического пробоотборника с вакуумным затвором конструкции НПО «Тайфун» (d - 82 мм и L - 120 см).

Аналитическая работа проводилась в Аналитическом центре многоэлементных и изотопных исследований СО РАН, Новосибирск, Россия.

Валовое содержание ртути в пробах определяется по методике М 03-09-2013 на анализаторе «РА-915М» с приставкой «РП-91С».

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: Malov@igm.nsc.ru (В.И. Малов)

Поступила: 04 июня 2024; Принята: 05 июля 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024



Таблица 1. Концентрация ртути (мкг/г) в донных отложениях озер, относящихся к разным типам седиментогенеза. Данные представлены в формате ср.знач (мин.знач – макс.знач).

Тип седиментогенеза	класс сапропелей		
	Si	Ca	смешанный
Гумидный(тайга, подтайга, лесостепь)	0.06 (0.02 – 0.18)	0.02 (0.01–0.04)	0.03 (0.01–0.05)
Аридный(степь, ленточные боры)	0.02 (0.004 – 0.04)	0.025 (0.02–0.03)	0.06 (0.02 –0.17)
Нивальный(среднегорье, высокогорье)	0.05 (0.02–0.12)	н.д	0.2

Примечание: н.д. - нет данных

3. Результаты и обсуждение

Содержание ртути в отдельно взятых озерах, озерных системах тайги, подтайги, лесостепи, степи, ленточных боров подробно опубликованы в более ранних работах авторов (Gavshin et al., 1999; Strakhovenko et al., 2010; Malikova and Strakhovenko, 2017; Strakhovenko et al., 2022 etc.) (Таблица 1).

Содержание ртути для донных отложений озер, отобранных в среднегорье и высокогорье варьирует от 0.02 мкг/г до 0.20 мкг/г и в среднем равно 0.06 мкг/г. Стоит отметить что принципиальных различий в значениях концентрации ртути для озер высокогорья и среднегорья не установлены. Так средние значение для высокогорья равно 0.04 мкг/г, а для высокогорья – 0.05мкг/г.

Все отобранные донные отложения озер Горного Алтая можно отнести преимущественно к кремнистому классу. Лишь одно озеро (о. Бирюзовое) можно отнести к смешанному классу. Озер, чьи донные отложения можно отнести к Са классу отобрано не было, что по всей видимости

является характеристикой нивального типа седиментагенеза Горного Алтая. Концентрация ртути (мкг/г) в донных отложениях озер в зависимости от класса представлены в Таблице 1. В озерах, для которых характерен с нивальный тип седиментогенеза, в целом, характерны те же значения концентраций ртути что и для озер, для которых характерен с гумидный и аридный тип седиментогенеза.

Максимальные наблюдаемые значения концентраций ртути (0.2 мкг/г) наблюдаются для о.Бирюзовое, которое в одиночку формирует выборку донных отложений с смешенным классом донных отложений. Отличные высокие значения концентраций ртути в донных отложениях данного озера объясняется близостью Акташского ртутного месторождения.

Изучение вертикального распределения ртути показало, что для донных отложений озер всех типов седиментогенеза характерно увеличение концентраций к верху разреза, где достигаются максимальные значения (Рис. 1).

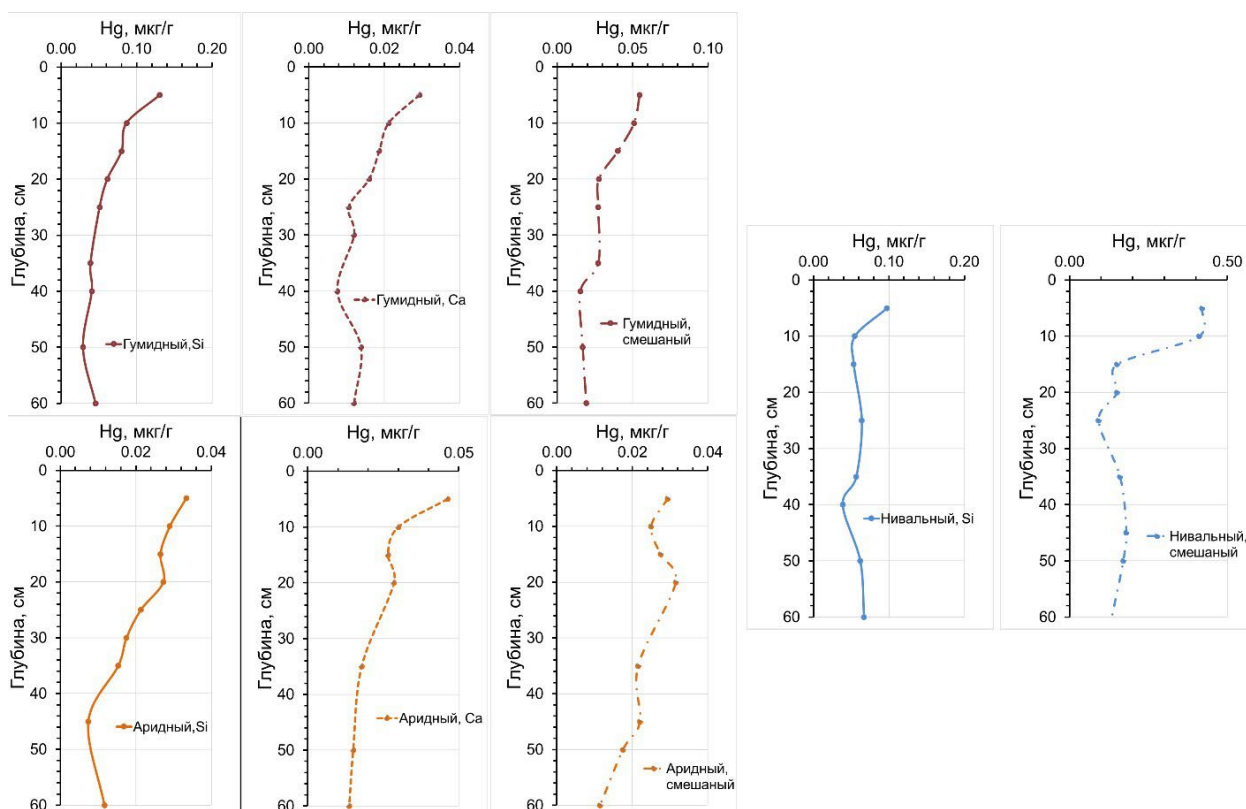


Рис.1. Вертикальные распределения концентраций ртути в усредненных колонках донных отложений для озера относящихся к разным типам седиментогенеза.

Атмосферное осаждение в виде осадков, являются основными природными источниками ртути для озер, на водосборной территории которых нет выходов ртути содержащих пород (Louis et al., 2016.). Данный факт в полной мере подтверждается схожим характером распределения ртути в донных отложениях озер относящимся к разным ландшафтным зонам юга Западной Сибири. Характерное увеличение концентраций ртути в верхней части донных отложений озер объясняется увеличением выбросов ртути в атмосферу в современное время (Streets et al., 2017)

4. Выводы

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

Содержание ртути для донных отложений озер, отобранных в среднегорье и высокогорье Горного Алтая в среднем равно 0.06 мкг/г, что близко к значениям для озер других ландшафтных зон юга Западной Сибири. Различий в значениях концентрации ртути для озер высокогорья и среднегорья не установлены. В независимости от типа седиментогенеза в озерах разных ландшафтных зон юга Западной Сибири вдоль меридионального трансекта распределение ртути по разрезу характеризуется увеличением значений в верх по разрезу, что объясняется увеличением потока ртути из атмосферы в современное время.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00111, <https://rscf.ru/en/project/23-27-00111/>.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

- Gavshin V.M., Kutsenogiy K.P., Strakhovenko V.D. et al. 1999. Assessment of changes in the geochemical background in the landscapes of Western Siberia under the influence of technogenic loads throughout the 20th century (No. 97-05-65235). Russian Foundation for Basic Research. (in Russian)
- Louis St. V., Graydon J., Mitchell C. et al. 2016. Mercury fate and methylation in terrestrial upland and wetland environments In Canada. Mercury Science Assessment.
- Malikova I.N., Strakhovenko V.D. 2017. Microelements in bottom sediments of lakes in Siberia landscape zones. In water and ecological problems of Siberia and Central Asia.132-141. (in Russian)
- Strakhovenko V.D., Malov V.I., Malov G.I. et al. 2022. Spatio-temporal distribution of gross mercury contents in the bottom sediments of small lakes of the taiga zone. *Limnology and Freshwater Biology*. 1262-1265. DOI [10.31951/2658-3518-2022-A-3-1262](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2022-A-3-1262)
- Strakhovenko V.D., Shcherbov B.L., Malikova I.N. et al. 2010. The regularities of distribution of radionuclides and rare-earth elements in bottom sediments of Siberian lakes. *Russian Geology and Geophysics* 51(11): 1167-1178.
- Streets D.G., Horowitz H.M., Jacob D.J. et al. 2017. Total mercury released to the environment by human activities. *Environmental science & technology* 51(11): 5969-5977. DOI [10.1021/acs.est.7b00451](https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00451)
- WHO. 2017. Ten chemicals of major health concern. Retrieved from www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/en/index.html