

The content and distribution of natural (^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K) radionuclides in the model small lakes bottom sediments of different sedimentogenesis types (south of Western Siberia)



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

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

ABSTRACT. The assessment of the content and distribution of natural radionuclides (^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K) in stratified bottom sediments cores of the similar composition (silicon class) in model small lakes, taking into account the type of sedimentogenesis (humid, arid, and nival), in consistently changing landscape conditions of the south of Western Siberia, was carried out. In the bottom sediments of the model small lakes (silicon class) of the humid and arid sedimentogenesis type, the average content and distribution of Th, U and K are similar throughout the studied time interval (about 200 years). For bottom sediments in model lakes of the nival sedimentogenesis type, fluctuations in the average composition along the core, as well as generally higher Th and U contents, are observed.

Keywords: bottom sediments, small lakes, natural radionuclides, nival type of sedimentogenesis

For citation: Ovdina E.A., Strakhovenko V.D., Malov G.I., Malov V.I. The content and distribution of natural (^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K) radionuclides in the model small lakes bottom sediments of different sedimentogenesis types (south of Western Siberia) // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 499-504. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-499

1. Introduction

The bottom sediments of the studied small lakes are sapropel and mineral silt. According to (Strakhov, 1960), there are four main types of sedimentogenesis — humid, arid, nival and volcanogenic-sedimentary (azonal). According to (Shtin, 2005), the intensity of sapropel formation correlates with the sedimentogenesis type. The humid type correlates with the zone of intensive sapropel accumulation in subtaiga and forest-steppe landscapes. In the zones of arid sedimentation, the most common type of bottom sediments is brackish sapropel and mineral silt. The nival type of sedimentogenesis correlates with the azonal territories of weak sapropel accumulation in the mid-mountain and high-mountain territories.

The study of the natural radionuclides distribution in the lacustrine bottom sediments makes it possible to assess the sources of the material and the degree of its differentiation. The radionuclides concentration in the lakes sediments and the soils of their catchment depends on their content in the underlying rocks. Consideration of the accumulation features of U and Th in lake ecosystems, taking into account the types of sed-

imentogenesis and landscape conditions, will allow us to give background estimates for different catchments, which is necessary to identify natural and man-made anomalies.

The aim of the work is to assess the content and distribution of natural (^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K) radionuclides in stratified bottom sediments cores of the similar composition in model small lakes of the humid, arid and nival type of sedimentogenesis in the south of Western Siberia along the meridional and high-altitude transects (\approx meridional transect $78^\circ + 3^\circ$ E and from 51° to 57° N and from 125 to 3000 m a.s.l.).

2. Materials and Methods

To select model objects, data on 81 lakes in the south of Western Siberia of three sedimentogenesis types were used – humid (subtaiga of the Vasyugan plain and forest-steppe of the Baraba lowland), arid (ribbon forest and steppe of the Kulunda plain) and nival (middle mountains and highlands of the Altai Mountains, Ukok plateau). The choice was based on the classification of sediments by class (Strakhovenko

*Corresponding author.

E-mail address: ovdina@igm.nsc.ru (E.A. Ovdina)

Received: June 10, 2024; **Accepted:** July 01, 2024;

Available online: August 26, 2024

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



et al., 2022). Small lakes with silicon sapropel class are identified as model lakes, because for the studied lakes it is the most widespread and informative, developing in each type of sedimentogenesis and landscape. There are 21 lakes in the humid type of sedimentogenesis, 9 in the arid type and 10 small lakes in the nival type.

Bottom sediment sampling was carried out in the center of the lake from the PVC boat “Stormline Adventure” (South Korea) using a cylindrical sampler ($\varnothing=82$ mm, L=120 cm) with a vacuum seal (Taifun RPA, Russia). The bottom sediment cores were tested in 5 cm thick layers. Analytical studies of the lake components were conducted in the Analytical Center for multi-elemental and isotope research SB RAS, Novosibirsk, Russia.

Determination of the natural (^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K) radionuclides was carried out by gamma-spectrometric method on a well coaxial detector made of ultrapure germanium (HPGe) with a preamplifier and a low-background cryostat EGPC 192-P21/SHF 00-30A-CLF-FA (Eurysis Mesures, France). The major element composition was determined by X-ray fluorescence analysis (ARL-9900-XP, Applied Research Laboratories, USA).

3. Results and Discussion

The distribution of natural radionuclides in bottom sediments of the studied area (silicon class, humid and arid types of sedimentogenesis) is quite homogeneous and consistent throughout the entire time interval studied (approximately 200 years) (Fig.1, Table 1). This can be explained by the high homogeneity of the substrate in the catchment areas of the Baraba lowland and Kulunda plain, which is determined by the com-

position of the bedrock in the Altai-Sayan Mountain System (Strakhovenko et al., 2022). For lakes with nival sedimentogenesis, higher Th and U concentrations are generally observed, as well as co-directional distribution patterns, which may indicate a common source of supply.

Such a source is likely the terrigenous material from the catchment areas. The movement of sedimentary material in the nival type of sedimentation, the accumulation of coarse and unsorted clastic deposits, and the fragmentation of rocks into aleuopelitic and pelitic sizes occur mainly due to physical and cryogenic weathering processes. These processes ultimately lead to the formation of rocks and sediments that consist of more than 95% detrital material, with the influence of biogenic and chemical processes significantly reduced (Geological Dictionary, 2010). The higher concentrations of Th and U in bottom sediments from nival sedimentation (Tab. 1) compared to humid and arid areas are likely associated with a higher proportion of terrigenous pelitic material formed under cryolithogenic conditions. The dependence of the Th and U content on the granulometric composition of rocks can be observed in terrigenous sediments – the smaller the particle size, the higher the concentration of radioactive elements (Smyslov, 1974). However, in areas of humid and dry sedimentation, the concentrations of Th and U are influenced by both the terrigenous and biogenic components, with the latter playing a minimal role in glacial sedimentogenesis. Fluctuations in the concentrations of natural radionuclides in bottom sediments during glacial sedimentation may be linked to uneven input of terrigenous material to the lake.

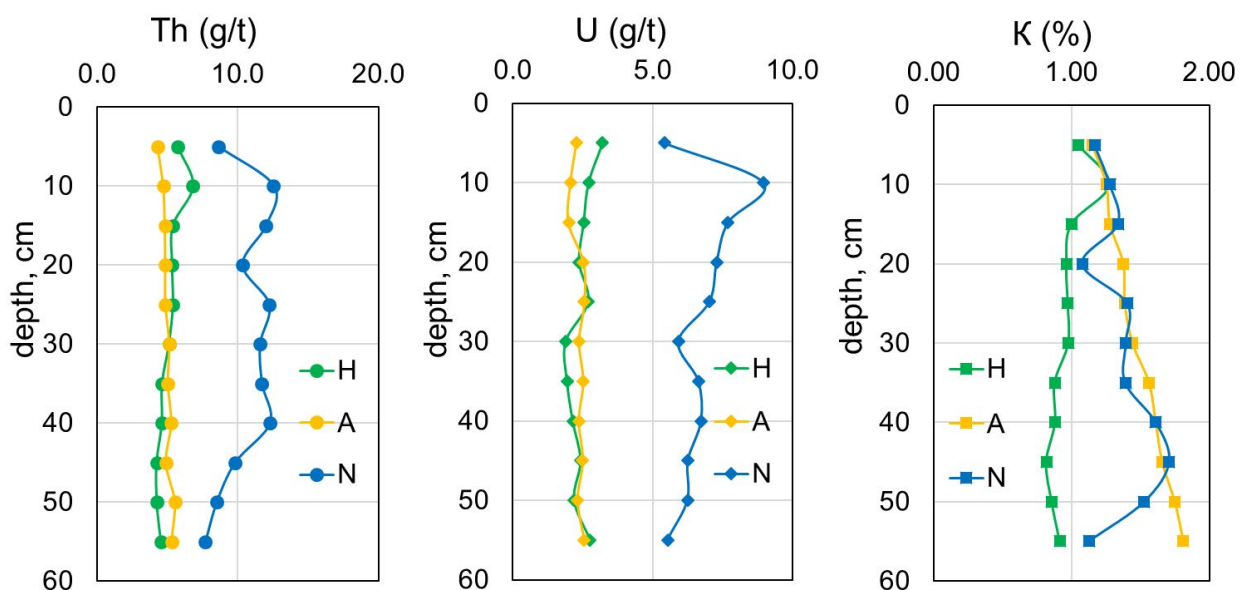


Fig.1. Distribution of Th (g/t), U (g/t) and K (%) in averaged vertical sediment cores in model small lakes (silicon class) in the south of Western Siberia. There are three types of sedimentogenesis: H – humid, A – arid, and N - nival.

Table 1. Th (g/t), U (g/t) and K (%) contents in averaged vertical sediments sections of model small lakes (silicon class) in the south of Western Siberia of the three sedimentogenesis types

Sedimentogenesis type	Th, (g/t)	U, (g/t)	K, (%)
Humid	5.0 ± 0.7	2.4 ± 0.4	$1.0 - 0.1$
	4.3 – 6.8	1.9 – 3.2	0.8 – 1.3
Arid	5.0 ± 0.3	2.4 ± 0.2	1.5 ± 0.2
	4.3 – 5.5	2.0 – 2.6	1.2 – 1.8
Nival	9.7 ± 1.8	6.2 ± 1.5	1.4 ± 0.2
	7.4 – 12.6	3.7 – 8.9	1.1 – 1.7

Note: the numerator is the average \pm s.d., denominator – minimum – maximum

4. Conclusion

The average content and distribution pattern of natural (Th, U, K) radionuclides in the bottom sediments of model small lakes of the silicon class of the humid and arid type of sedimentation in the south of Western Siberia are similar throughout the entire studied time interval (about 200 years). For bottom sediments of the silicon class of model lakes of the nival type of sedimentogenesis, fluctuations in the average composition along the section are traced, which is associated with uneven time flow of terrigenous material into the lake. Higher Th and U contents are associated with a higher content of the terrigenous fraction of the pelite dimension formed under cryolithogenesis conditions.

Acknowledgements

This research was funded by the Russian Science Foundation (grant № 23-27-00111), <https://rscf.ru/en/project/23-27-00111/>.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Geological dictionary. 2010. In three volumes. Third edition revised and add. In: Petrov O.V (Ed.). Vol. 1. SPb: Izd-vo VSEGEI. (in Russian)
- Shtin S.M. 2005. Ozerne sapropeli i osnovy ikh kompleksnogo osvoeniya [Lake Sapropels and those complex cultivation]. Moscow: Moscow State Mining University. (in Russian)
- Strakhov N.M. 1960. Osnovy teorii litogeneza [Fundamentals of the lithogenesis theory]. Vol. 1. Moscow: Izd-vo AS USSR. (in Russian)
- Strakhovenko V.D., Ovdina E.A., Malikova I.N. et al. 2022. Radioactivity Assessment of Sapropel Sediments in Small Lakes in the Baraba Lowland and Kulunda Plain, West Siberia. *Geochemistry International* 60: 792–807. DOI: [10.1134/S0016702922080080](https://doi.org/10.1134/S0016702922080080)
- Smyslov A.A. 1974. Uran i torij v zemnoj kore [Uranium and thorium in the Earth's crust]. Leningrad: Nedra. (in Russian)

Содержание и характер распределения естественных (^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K) радионуклидов в донных отложениях модельных малых озер разного типа седиментогенеза (юг Западной Сибири)

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

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

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, пр-т акад. Коптюга, 3, Новосибирск, 630090, Россия

АННОТАЦИЯ. Проведена оценка содержания и характера распределения естественных радионуклидов (^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K) в стратифицированных разрезах однотипных донных отложений модельных малых озер (кремниевый класс) с учетом типа седиментогенеза (гумидный, аридный, нивальный), в последовательно сменяющихся ландшафтных условиях юга Западной Сибири. В донных отложениях модельных малых озер кремниевого класса гумидного и аридного типа седиментогенеза среднее содержание и характер распределения Th, U и K схожи на протяжении всего исследуемого временного интервала (около 200 лет). Для донных отложений кремниевого класса модельных озер нивального типа седиментогенеза прослеживаются флуктуации среднего состава по разрезу, а также в целом более высокие содержания Th и U.

Ключевые слова: донные отложения, малые озера, естественные радионуклиды, нивальный тип седиментогенеза

Для цитирования: Овдина Е.А., Страховенко В.Д., Малов Г.И., Малов В.И. Содержание и характер распределения естественных (^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K) радионуклидов в донных отложениях модельных малых озер разного типа седиментогенеза (юг Западной Сибири) // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 499-504. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-499

1. Введение

Донные отложения исследуемых малых озер являются сапропелем и минеральным илом. Согласно (Страхов, 1960), существует четыре основных типа седиментогенеза — гумидный, аридный, нивальный и вулканогенно-осадочный (азональный). По (Штин, 2005) интенсивность сапропелеобразования коррелирует с типами седиментогенеза. Гумидный тип коррелирует с зоной интенсивного накопления сапропеля в подтаежных и лесостепных ландшафтах. В зонах аридного седиментогенеза наиболее распространенным типом донных отложений является солоноватый сапропель и минеральный ил. Нивальный тип седиментогенеза коррелирует с азональными территориями слабого накопления сапропеля на среднегорных и высокогорных территориях.

Изучение распределения естественных радионуклидов в донных отложениях озер дает возможность оценить источники привноса вещества и степень его дифференциации. Концентрация радионуклидов в донных отложениях озер и почвах их

водосборных площадей зависит от их содержания в подстилающих породах. Рассмотрение особенностей аккумуляции U и Th в озерных экосистемах с учетом типов седиментогенеза и ландшафтных условий позволит дать фоновые оценки для разных водосборов, что необходимо для выявления природных и техногенных аномалий.

Целью работы является оценка содержания и характера распределения естественных (^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K) радионуклидов в стратифицированных разрезах однотипных донных отложений модельных малых озер гумидного, аридного и нивального типа седиментогенеза юга Западной Сибири вдоль меридионального и высотного трансектов (\approx меридионального трансекта $78^\circ + 3^\circ$ в.д. и от 51° до 57° с.ш. и высоты над уровнем моря от 125 до 3000 м).

2. Материалы и Методы

Для выбора модельных объектов использованы данные по 81 озеру юга Западной Сибири трех типов седиментогенеза – гумидный (подтайга

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: ovdina@igm.nsc.ru (Е.А. Овдина)

Поступила: 10 июня 2024; Принята: 01 июля 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

© Автор(ы) 2024. Эта работа распространяется под международной лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.



Васюганской равнины и лесостепь Барабинской низменности), аридный (ленточный бор и степь Кулундинской равнины) и нивальный (среднегорье и высокогорье Горного Алтая, плато Укок). Выбор основывался на классификации донных отложений по классам (Страховенко и др., 2022). Модельными озерами выделены малые озера с кремниевым классом сапропеля, т.к. для изученных озер он наиболее распространен и информативен, развивается в каждом типе седиментогенеза и ландшафта. В гумидном типе седиментогенеза выделено 21 озеро, в аридном – 9, в нивальном – 10 малых озер.

Отбор проб донных отложений проводился в центре озера с лодки с использованием цилиндрического пробоотборника ($\varnothing=82$ мм, $L=120$ см) с вакуумным затвором (НПО Тайфун, Россия). Образцы донных отложений были исследованы слоями толщиной 5 см.

Аналитические исследования компонентов озера проводились в ЦКП Многоэлементных и изотопных исследований СО РАН, Новосибирск, Россия. Определение естественных радионуклидов (^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K) проводили гамма-спектрометрическим методом на колодезном коаксиальном детекторе из сверхчистого германия (HPGe) с преусилителем и низкофоновым криостатом EGPC 192-P21/SHF 00-30A-CLF-FA («Eurysis Mesures», Франция)

3. Результаты и Обсуждение

Распределение естественных радионуклидов по глубине донных отложений кремниевого класса гумидного и аридного типа седиментогенеза довольно однородно и схоже на протяжении всего исследуемого временного интервала (около 200 лет) (Рис. 1, Таблица 1). Это связано с высокой гомогенизацией субстрата водосборных площадей на территориях Барабинской низменности и Кулундинской равнины, который определяется составом коренных

пород Алтае-Саянской горной системы и Казахского мелкосопочника (Страховенко и др., 2022). Для озер нивального типа седиментогенеза прослеживаются в целом более высокие содержания Th и U, а также сопоставленность графиков распределения, что может говорить об едином источнике поступления.

Таким источником, скорее всего, является терригенный материал площадей водосбора. Мобилизация осадочного вещества при нивальном типе седиментогенеза, накопление грубо- и крупнозернистых несортированных обломочных отложений и дробление горных пород до размеров алевропелитов и пелитов происходят в основном за счет физического и криогенного выветривания. Эти процессы в конечном итоге приводят к образованию горных пород и отложений, которые более чем на 95% состоят из обломочной фракции, в то время как влияние биогенных и хемогенных процессов значительно снижается (Геологический словарь, 2010). Более высокие содержания Th и U в донных отложениях нивального седиментогенеза по сравнению с гумидным и аридным типами (Таб. 1), скорее всего, связаны с более высоким содержанием терригенной фракции пелитовой размерности, сформированной в условиях криолитогенеза. Зависимость содержания Th и U от гранулометрического состава пород прослеживается в терригенных осадках – чем меньше размерность, тем выше содержание радиоактивных элементов (Смыслов, 1974). Однако, в зоне гумидного и аридного типа седиментогенеза зависимости содержания Th и U связаны как с терригенной составляющей, так и с биогенной, роль которой в нивальном седиментогенезе минимальна. Флуктуации содержания естественных радионуклидов по разрезу донных отложений кремниевого класса при нивальном седиментогенезе могут быть связаны с неравномерным во времени поступлением терригенного материала в озеро.

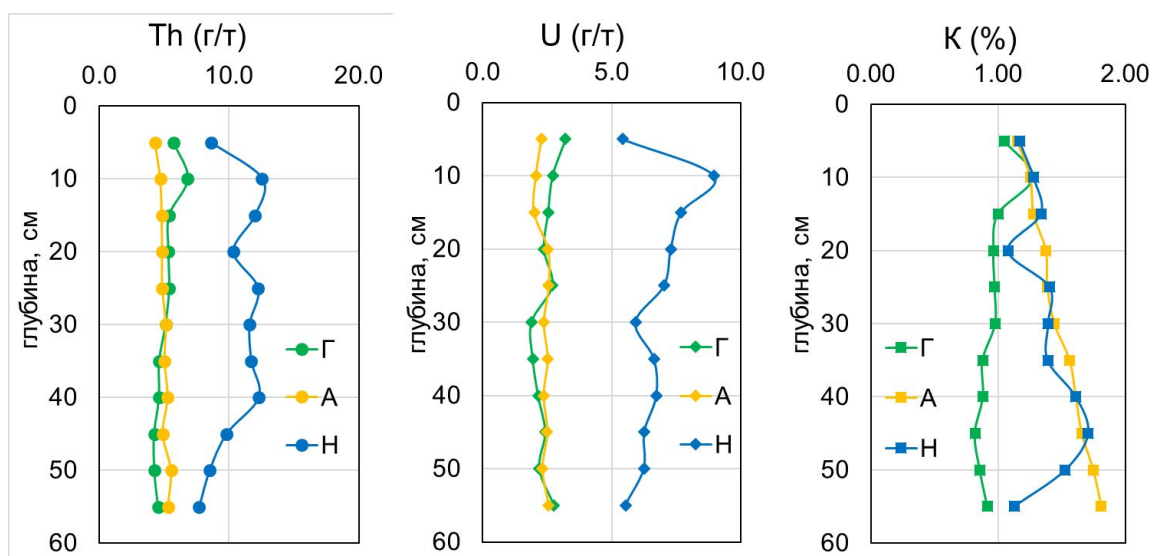


Рис.1. Распределение естественных радионуклидов Th (г/т), U (г/т) и K (%) в усредненных вертикальных разрезах донных отложений модельных малых озер (кремниевого класса) юга Западной Сибири трех типов седиментогенеза: Г – гумидный, А – аридный, Н - нивальный.

Таблица 1. Среднее содержание естественных радионуклидов в усредненных вертикальных разрезах донных отложений модельных малых озер (кремниевого класса) юга Западной Сибири трех типов седиментогенеза.

Тип седиментогенеза	Th, (г/т)	U, (г/т)	K, (%)
гумидный	5.0 ± 0.7	2.4 ± 0.4	$1.0 - 0.1$
	4.3 – 6.8	1.9 – 3.2	0.8 – 1.3
аридный	5.0 ± 0.3	2.4 ± 0.2	1.5 ± 0.2
	4.3 – 5.5	2.0 – 2.6	1.2 – 1.8
нивальный	9.7 ± 1.8	6.2 ± 1.5	1.4 ± 0.2
	7.4 – 12.6	3.7 – 8.9	1.1 – 1.7

Примечание: числитель – средн. \pm станд.откл, знаменатель – минимум - максимум

4. Заключение

Среднее содержание и характер распределения естественных (Th, U, K) радионуклидов в донных отложениях модельных малых озер кремниевого класса гумидного и аридного типа седиментогенеза на юге Западной Сибири схоже на протяжении всего исследуемого временного интервала (около 200 лет). Для донных отложений кремниевого класса модельных озер нивального типа седиментогенеза прослеживаются флуктуации среднего состава по разрезу, что связано с неравномерным во времени поступлением терригенного материала в озеро. Более высокие содержания Th и U связаны с более высоким содержанием терригенной фракции пелитовой размерности, сформированной в условиях криолитогенеза.

5. Финансирование

Данное исследование было профинансировано Российским научным фондом (грант № 23-27-00111), <https://rscf.ru/en/project/23-27-00111/>.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Список литературы

- Геологический словарь. 2010. В: Петров О.В. (ред). В трех томах. Издание третье, перераб. и доп. Т. 1. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ.
- Штин С.М. 2005. Озерные сапропели и основы их комплексного освоения. Москва: Изд-во Московского государственного горного университета.
- Страхов Н.М. 1960. Основы теории литогенеза. Т. 1. Москва: Изд-во АН СССР.
- Страховенко В.Д., Овдина Е.А., Маликова И.Н. и др. 2022. Радиационная оценка сапропелевых отложений малых озер Барабинской низменности и Кулундинской равнины (Западная Сибирь). *Геохимия* 67(8): 787-804. DOI: [10.31857/S0016752522080088](https://doi.org/10.31857/S0016752522080088)
- Смыслов А.А. 1974. Уран и торий в земной коре. Ленинград: Недра.