

# Evidence of Tunguska 1908 Event in the sediments of two lakes in Evenkia (Siberia, Russia)

Original Article

LIMNOLOGY  
FRESHWATER  
BIOLOGY

Rogozin D.Y.<sup>1,2\*</sup>, Nazarova L.B.<sup>1,3</sup>, Frolova L.A.<sup>1,4</sup>, Nigmatullin N.M.<sup>3</sup>, Syrykh L.S.<sup>5</sup>, Golovatyuk L.V.<sup>6</sup>, Bolobanshchikova G.N.<sup>1</sup>, Dementyev D.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Biophysics, Siberian Division of the Russian Academy of Sciences (IBP SB RAS), Akademgorodok Str., 50/50, Krasnoyarsk region, Krasnoyarsk, 660036, Russia

<sup>2</sup>Siberian Federal University (SibFU), 79 Svobodny Ave, Krasnoyarsk region, Krasnoyarsk, 660041, Russia

<sup>3</sup>Kazan (Volga) Federal University, Kremlevskaya 18/1, 420008, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

<sup>4</sup>Institute of Archaeology and Ethnography, Siberian Division of the Russian Academy of Sciences SB RAS (IAET SB RAS), 17 Ac. Lavrentieva ave., 630090, Novosibirsk, Russia

<sup>5</sup>Herzen State Pedagogical University of Russia, 48 Moika emb., 191186 Saint Petersburg, Russia

<sup>6</sup>Institute of Ecology of the Volga River Basin RAS, Komzina Str., 10, 445003, Tolyatti, Russia

**ABSTRACT.** The Tunguska catastrophe of 1908 (the "Tunguska meteorite") was the most powerful atmospheric explosion of unknown origin in human memory that occurred over the territory of the Evenki district of the Krasnoyarsk region. Traces of any cosmic body have not yet been found. Lakes Zapovednoye and Peyungda are located at a distance of 50-60 km from the supposed epicenter of the Tunguska catastrophe of 1908. In the bottom sediments of lakes Zapovednoye and Peyungda, heterogeneities in the species composition of chironomids and *Cladocera* were found, probably reflecting changes in ecosystems due to the Tunguska catastrophe of 1908. No significant changes in the diatom composition were detected. The new information may be useful as evidence of the reaction of lake ecosystems after a strong impact, and therefore provide new information to the knowledge about the Tunguska catastrophe of 1908.

**Keywords:** Tunguska 1908 Event, lake sediments, chironomids, cladocerans, diatoms

**For citation:** Rogozin D.Y., Nazarova L.B., Frolova L.A., Nigmatullin N.M., Syrykh L.S., Golovatyuk L.V., Bolobanshchikova G.N., Dementyev D.V. Evidence of Tunguska 1908 Event in the sediments of two lakes in Evenkia (Siberia, Russia) // Limnology and Freshwater Biology. 2025. - № 4. - P. 446-457. DOI: 10.31951/2658-3518-2025-A-4-446

## 1. Introduction

The causes of the Tunguska catastrophe of 1908 (hereinafter referred to as TC 1908) are still not clear. However, this mysterious phenomenon, if repeated, could pose a serious danger, so any new information about it is extremely relevant. Italian scientists have put forward a hypothesis that Lake Cheko, located near the epicenter of TC 1908, is a crater from the fall of a fragment of a cosmic body during the Tunguska catastrophe of 1908 (Gasparini et al., 2007). The basis for this hypothesis was the unclear origin of the lake, its funnel-shaped form and relatively large depth of over 50 m. The age of the sediments, as estimated by Gasparini et al. (2007), also supported the validity of this hypothesis. However, our own age estimate, based on <sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb measurements and annual layer (varve) counts, indicates that the lake is significantly older than the Tunguska catastrophe (Rogozin et al., 2017). In addition, in the vicinity of the epicenter, we studied the

Zapovednoye and Peyungda lakes for the first time, and found that the shape and size of these lakes are similar to Lake Cheko, and the age of the sediments is several thousand years (Rogozin et al., 2023). Therefore, the shape of Lake Cheko is not unique, which argues against the hypothesis of its impact origin. Traces of a forest fire, presumably caused by the Tunguska catastrophe, were found in the bottom sediments of Lake Cheko (Rogozin et al., 2022). In the sediments of the Zapovednoye and Peyungda lakes, a layer with an increased content of terrigenous elements was detected, presumably formed as a result of the erosion of the soil cover disturbed by the massive fall of trees during TC 1908 (Darin et al., 2020; Rogozin et al., 2025). In this paper, we analyze the changes in the composition of diatoms, zooplankton and chironomids for lakes Zapovednoye and Peyungda in layers of bottom sediments aged before and after TC 1908, in order to identify possible changes in the lake ecosystems caused by this phenomenon.

\*Corresponding author.

E-mail address: [rogozin@ibp.ru](mailto:rogozin@ibp.ru) (D.Y. Rogozin)

**Received:** July 24, 2025; **Accepted:** August 15, 2025;

**Available online:** August 31, 2025

© Author(s) 2025. This work is distributed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



## 2. Materials and methods

Lakes Zapovednoye and Peyungda are located on the Central Tunguska Plateau on the territory of the Tunguska State Nature Reserve (Evenki District of Krasnoyarsk Krai) in the Podkamennaya Tunguska River basin (Fig. 1). Lake Zapovednoye (60°31.688' N, 101°43.740' E) is round, about 500 m in diameter, and has a maximum depth of 60 m. It is located 60 km from the epicenter of the Tunguska catastrophe; the Verkhnyaya Lakura River flows through the lake. Lake Peyungda (60°37.174'N 101°38.442'E) is almost round, about 600 m in diameter, and has a maximum depth of 35 m. It is also located on the Verkhnyaya Lakura River, 12 km upstream from Lake Zapovednoye (Rogozin et al., 2023). Bottom sediment cores were collected in Lake Zapovednoye in March 2015 (Rogozin et al., 2025) and in Lake Peyungda in September 2022 in the central parts of the lakes near the points of maximum depth, using a UWITEC gravity sampler (Austria) with a transparent plastic pipe with a diameter of 90 mm. The coordinates of the sampling points are indicated above. The dating of the upper layers of the cores corresponding to the time of TC 1908 was carried out in Lake Zapovednoye based on the distributions of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}$  activity (Rogozin et al., 2025). In Lake Peyungda, the dating of the upper layers was also carried out based on the distributions of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}$  within the framework of this work using a similar technique. The analysis of chironomids, cladocerans and diatoms was carried out using standard previously described methods (Brooks et al., 2007; Korhola and Rautio, 2001; Battarbee, 1986, respectively).

## 3. Results and Discussion

### 3.1. Age of sediments of Lake Peyungda

The bottom sediments of Lake Peyungda are finely dispersed dark brown and black silts with a high organic content and a weakly expressed layered structure. The  $^{210}\text{Pb}$  distribution profile in the core is satisfactorily approximated by an exponential function, except for the upper sample (Fig. 2). The low  $^{210}\text{Pb}$  value in the upper sample can be explained by the loss of the uppermost semi-liquid layers and partial mixing during transportation and core processing. The sedimentation rate calculated from the exponential approximation of the  $^{210}\text{Pb}$  profile (Fig. 2) was  $0.8 \text{ mm year}^{-1}$ , and without taking into account the uppermost layer, this value was  $0.7 \text{ mm year}^{-1}$ . The distribution of  $^{137}\text{Cs}$  has a clearly defined maximum in the depth range of 15 – 35 mm (Fig. 2). Most likely, this is a layer marking the global fallout of radionuclides following nuclear weapons tests on Novaya Zemlya Island in October 1963. This layer is found in the sediments of many bodies of water in the Northern Hemisphere and dates back to 1963 (Krishnaswami and Lal, 1978; Appleby, 2008). The sedimentation rate calculated from the location of the upper and lower boundaries of the  $^{137}\text{Cs}$  peak gives a significant scatter, from  $15 \text{ mm}/60 \text{ yr} = 0.25$  to  $35 \text{ mm}/60 \text{ yr} = 0.58 \text{ mm yr}^{-1}$ , respectively. Considering that, according to the distribution of  $^{210}\text{Pb}$ , some of the upper layers could have been lost, the  $^{137}\text{Cs}$ -based rate

should rather be considered underestimated. Therefore, the upper estimate of about  $0.6 \text{ mm yr}^{-1}$  is closer to the true rate value, and closer to the rates typical of temperate lakes, including the nearby similar Zapovednoye Lake (Rogozin et al., 2025). Thus, the most probable depth interval corresponding to the moment of TK 1908 in the core of Lake Peyungda is estimated by us as 7-8 cm, and in Lake Zapovednoye – 16-17 cm. The difference in sedimentation rates is due to the fact that the moisture content of the sediments in Lake Peyungda is significantly less than in Lake Zapovednoye.



Fig.1. Geographical position of studied lakes. Dashed line indicates the estimated boundary of Tunguska 1908 fire.

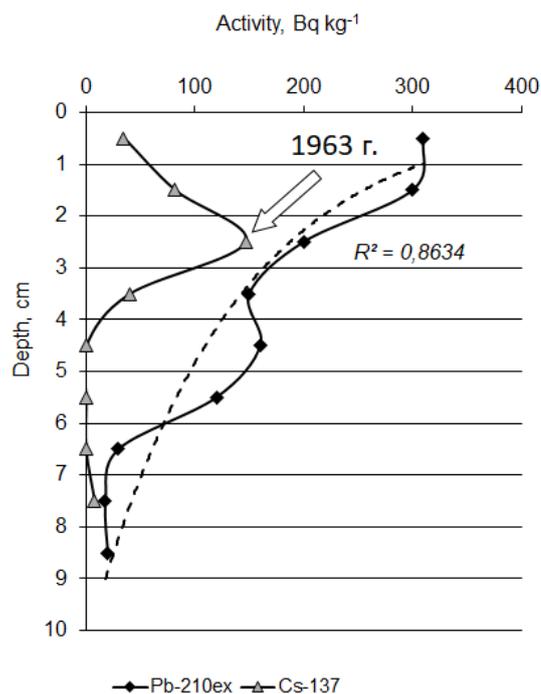


Fig.2. Vertical distributions of  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{210}\text{Pb}$  activities in Lake Peyungda sediments. The arrow indicates the peak of  $^{137}\text{Cs}$  corresponding to 1963.

### 3.2. Chironomids

In the sediments of Lake Zapovednoye at a depth of about 16 cm, in the layers corresponding to the period immediately after the 1908 TC, the number of species *Synorthocladius*, *Nanocladius*, *Eukiefferiella*, as well as *Limnophyes-Paralimnophyes* and *Smittia-Parasmittia* increased significantly compared to the periods before and after, then in the layers of about 1910 the number of the oligotrophic species *Microtendipes pedellus*-type and a number of other species that prefer moderate temperature conditions (*Eukiefferiella clari-pennis*-, *Tanytarsus pallidicornis*- and *Cricotopus intersectus* -types) increased (Fig. 3). In the sediments of Lake Peyungda, in layers dated to TK 1908 and immediately after, the proportion of species preferring flowing conditions increases significantly compared to the period before 1908, as well as to the later period (Fig. 4). Semi-terrestrial species of *Lasiodiamesa* and *Limnophyes-Paralimnophyes* reach high numbers.

### 3.3. Cladocera

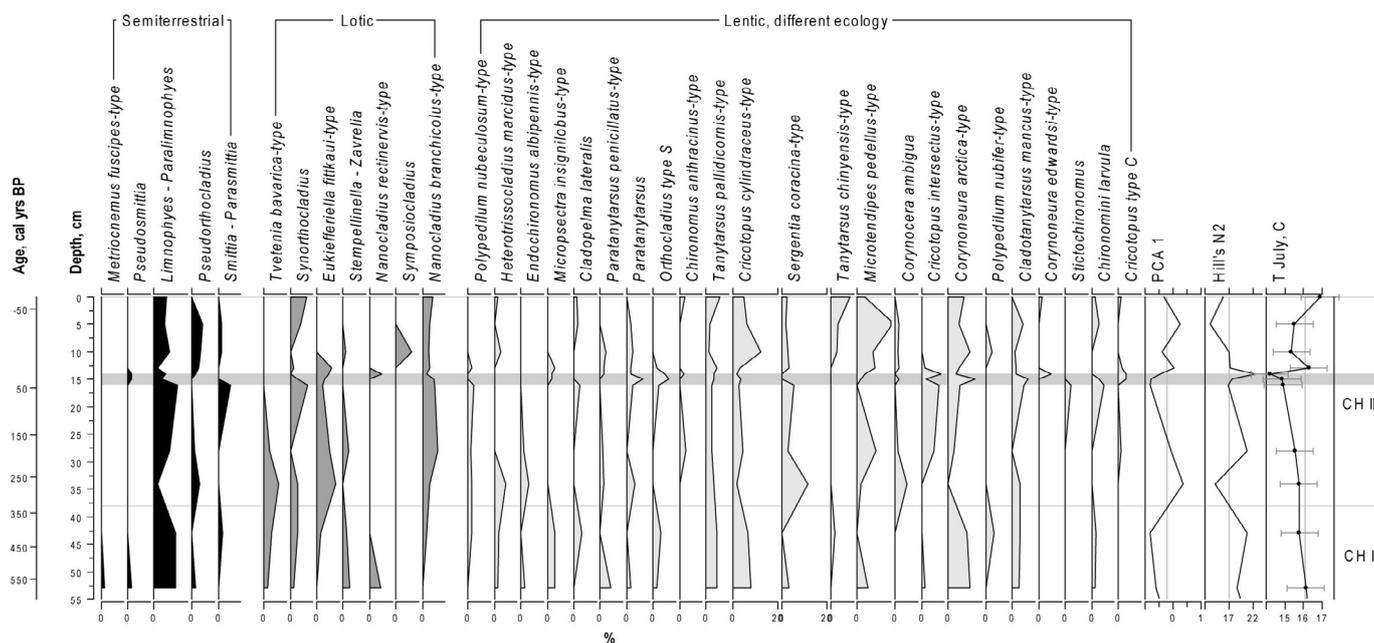
In Lake Zapovednoye, in the layer corresponding to TK 1908, a decrease in the number of species to 6 was revealed, while in the adjacent areas of the core it varies from 8 to 13. The number of littoral taxa *Eurycercus* sp., *Biapertura affinis*, *Camptocercus rectirostris* associated with coastal vegetation decreases (Fig. 5), but they reappear in younger layers. In Lake Peyungda, no significant changes in the community were noted after 1908, only a short-term decline in the N2 index reflecting a decrease in taxonomic beta diversity was observed. In addition, the littoral species *Pleuroxus laevis* (Fig. 6) appeared, previously noted in small quantities only in the lowest layer of the core over 4 thousand years old.

### 3.4. Diatoms

In Lake Zapovednoye, a slight change in the taxonomic composition of diatoms was noted after 1908, namely, a decrease in the abundance of *Tabellaria fenestrata*, *Staurosirella pinnata* and *Ulnaria*. and a short-term increase in the abundance of *Fragillaria vaucheriae*, *Fragillaria capucina* var. *distans*, *Pseudostaurosira elliptica*, *Staurosira incerta*, *Staurosira venter* (Fig. 7). However, in general, the taxonomic composition remained the same as in the adjacent layers. In Lake Peyungda, the composition of diatoms before and after the TC of 1908 did not undergo noticeable changes (Fig. 8).

### 4. Discussion

The position of the TC 1908 layer in the cores of both lakes, calculated on the basis of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}$  isotope distribution data, is further confirmed by the presence of a marker light gray layer. At a depth of about 80 mm, a visually distinguishable light layer with a thickness of 2-3 mm is observed in several cores of Lake Peyungda, including the core studied by us (Darin et al., 2024). Taking into account the inaccuracy of core sampling and cutting, as well as the natural spatial dispersion of the linear sedimentation rate, it can be considered that the origin of this layer is isochronous in all cores (Darin et al., 2024). Based on the sedimentation rates obtained by two independent methods, the upper limit of the age estimate of the light layer at a depth of 80 mm is  $80 \text{ mm} / 0.6 \text{ mm yr}^{-1} = 133$  years, and the lower limit is  $80 \text{ mm} / 0.8 \text{ mm yr}^{-1} = 100$  years or  $80 \text{ mm} / 0.7 \text{ mm yr}^{-1} = 115$  years, which gives sufficient grounds to believe that this layer could have formed as a result of the Tunguska catastrophe of 1908 (115 years ago). A layer similar in color and thickness was previously found in the bottom sediments of Lake



**Fig.3.** Relative proportions of most abundant chironomid taxa in sediments of Lake Zapovednoye Horizontal grey line shows the sediments layer of Tunguska 1908 (hereinafter on all figures).

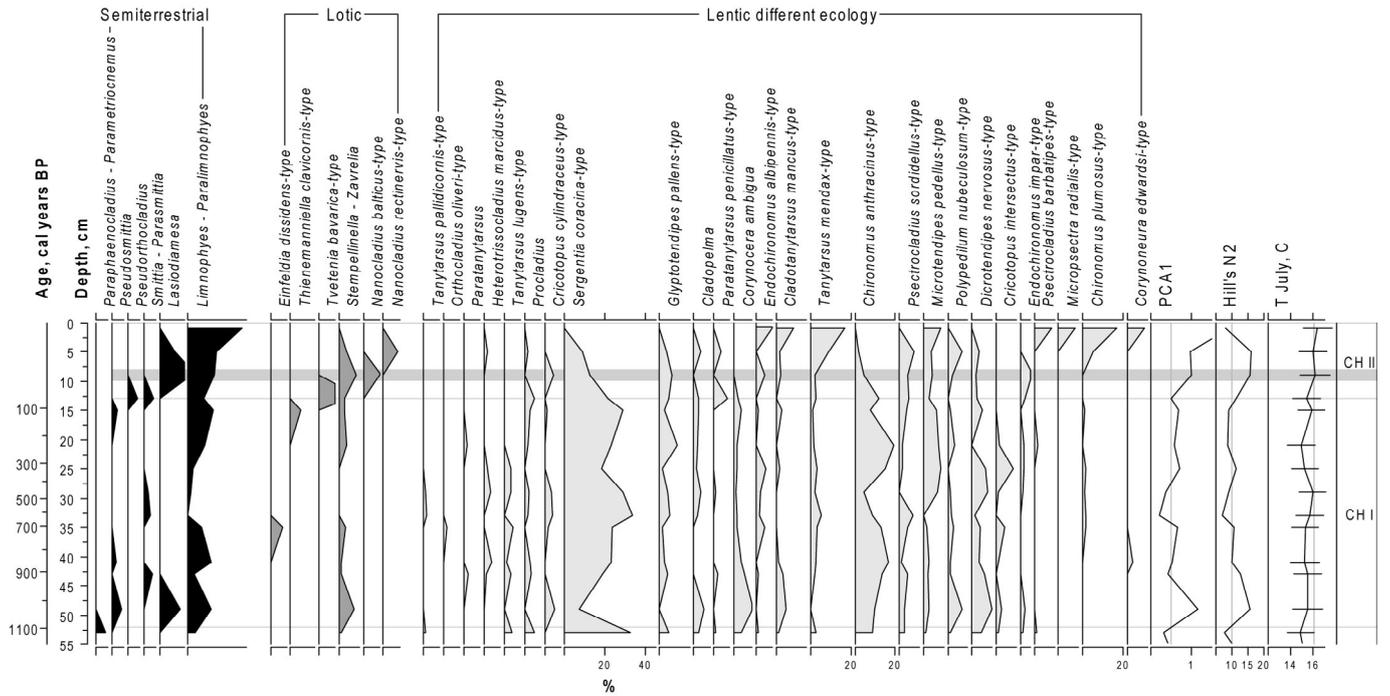


Fig.4. Relative proportions of most abundant chironomid taxa in sediments of Lake Peyungda.

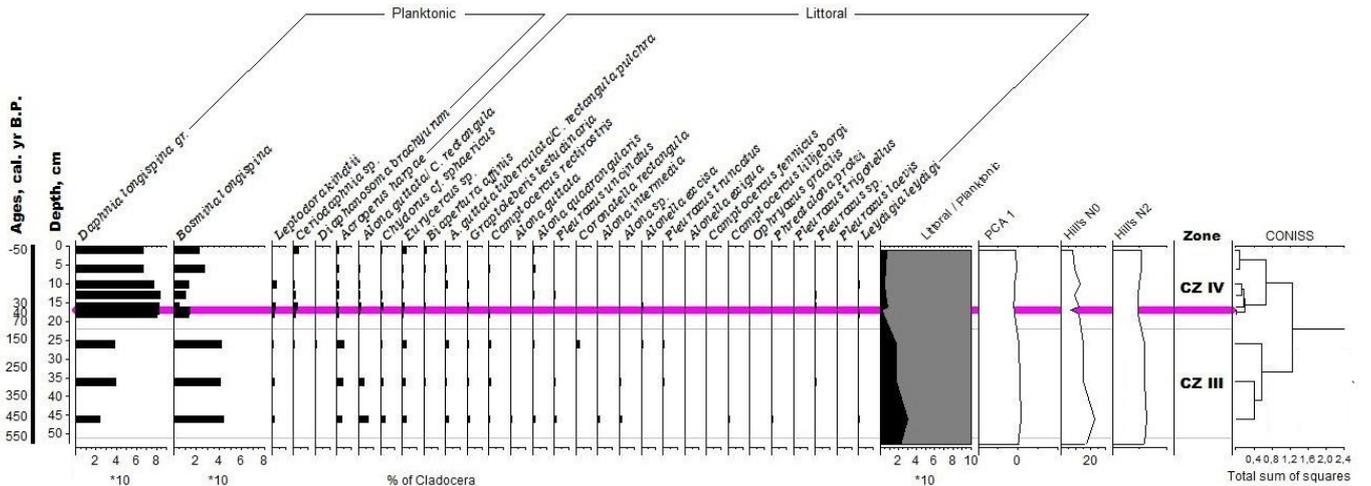


Fig.5. Cladocera taxa in the sediments of Lake Zapovednoye.

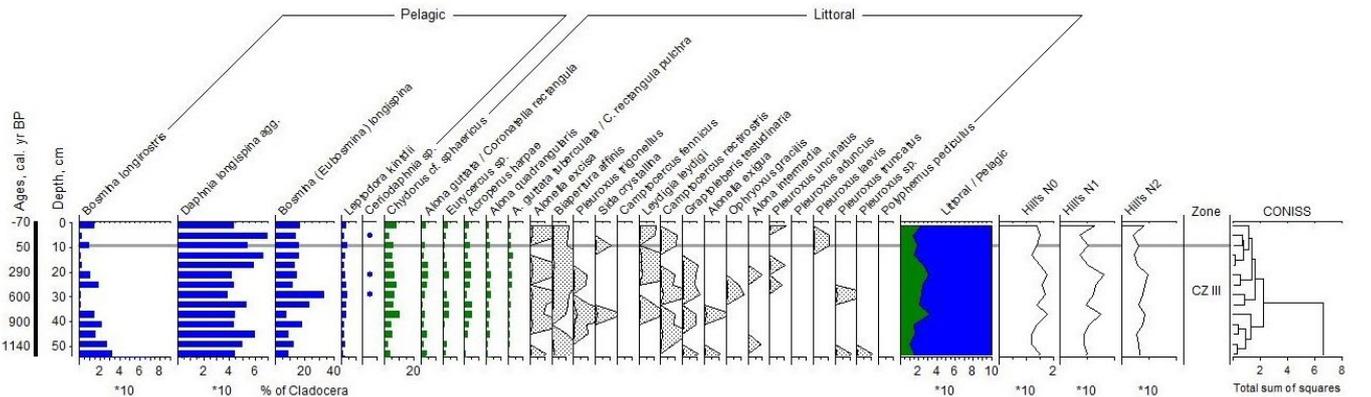


Fig.6. Cladocera taxa in the sediments of Lake Peyungda.

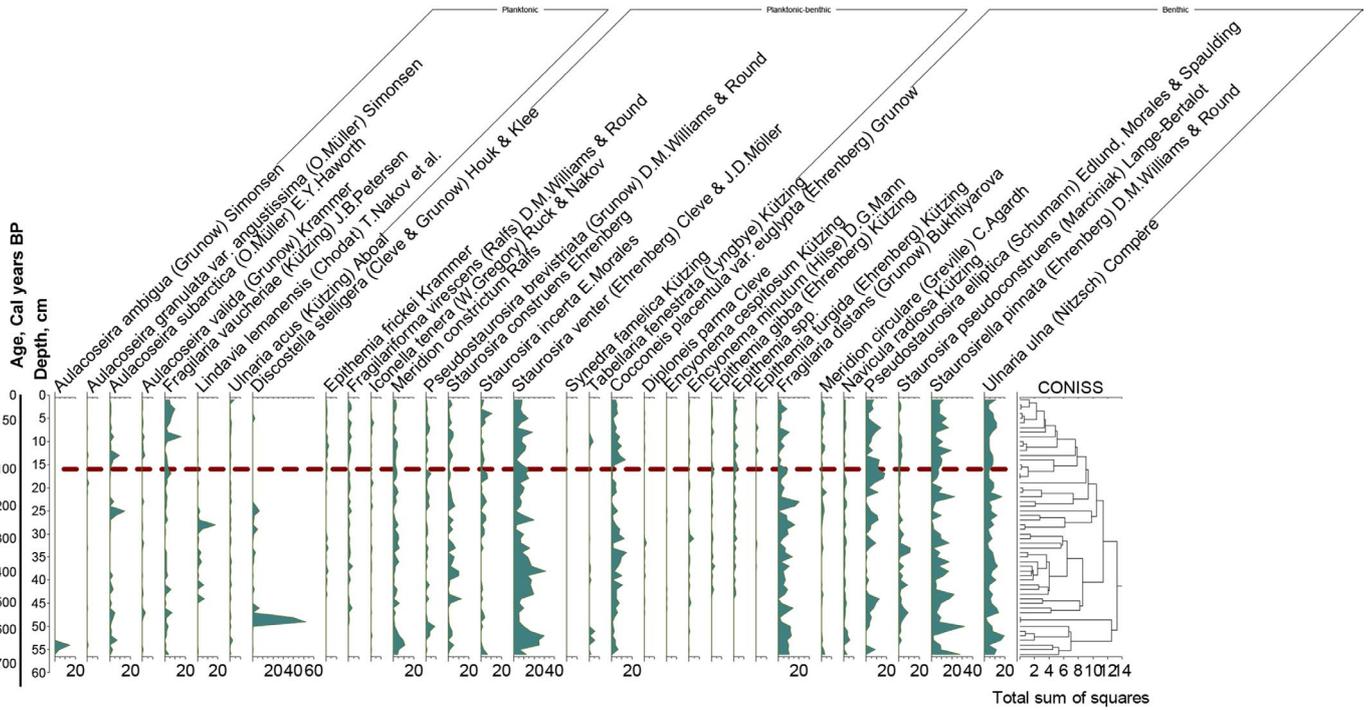


Fig.7. Most abundant diatom taxa in sediments of Lake Zapovednoye.

Zapovednoye; age estimation of this layer using the same methods convincingly showed that it may have appeared in 1908 (Rogozin et al., 2025). The formation of this layer was presumably caused by the erosion of the soil cover, which was disturbed at the time of the TC of 1908 as a result of the massive fall of trees with roots over a vast territory, including the upper reaches of the Verkhnyaya Lakura River (Darin et al., 2024; Rogozin et al., 2025). Thus, when determining the position of the TC 1908 layer, we used both the data of the age models and the marker layer, the position of which in both lakes is consistent with these models.

We have shown that immediately after the TC 1908, the species composition of chironomids in Lake Zapovednoye shifted towards the appearance of species that prefer flowing conditions with an unstable water

level and soil erosion (Rogozin et al., 2025). This may probably be caused by an increase in water turbidity as a result of the washout of terrigenous material from the area where massive forest felling occurred. The number of cladocerans decreased by half during the same period, mainly due to the disappearance of species associated with macrophyte thickets (Rogozin et al., 2025). However, no noticeable changes in the composition of diatoms were detected. It is worth noting that earlier, in a small shallow lake Suzdalevo, located 40 km from the epicenter of TC 1908, changes in the composition of diatoms were detected after TC 1908 (Kavkova et al., 2022). This lake is located closer to the epicenter and is within the zone of massive tree fall, while Zapovednoye and Peyungda are 20 km further, perhaps this explains the lack of reaction of diatoms to this phenomenon.

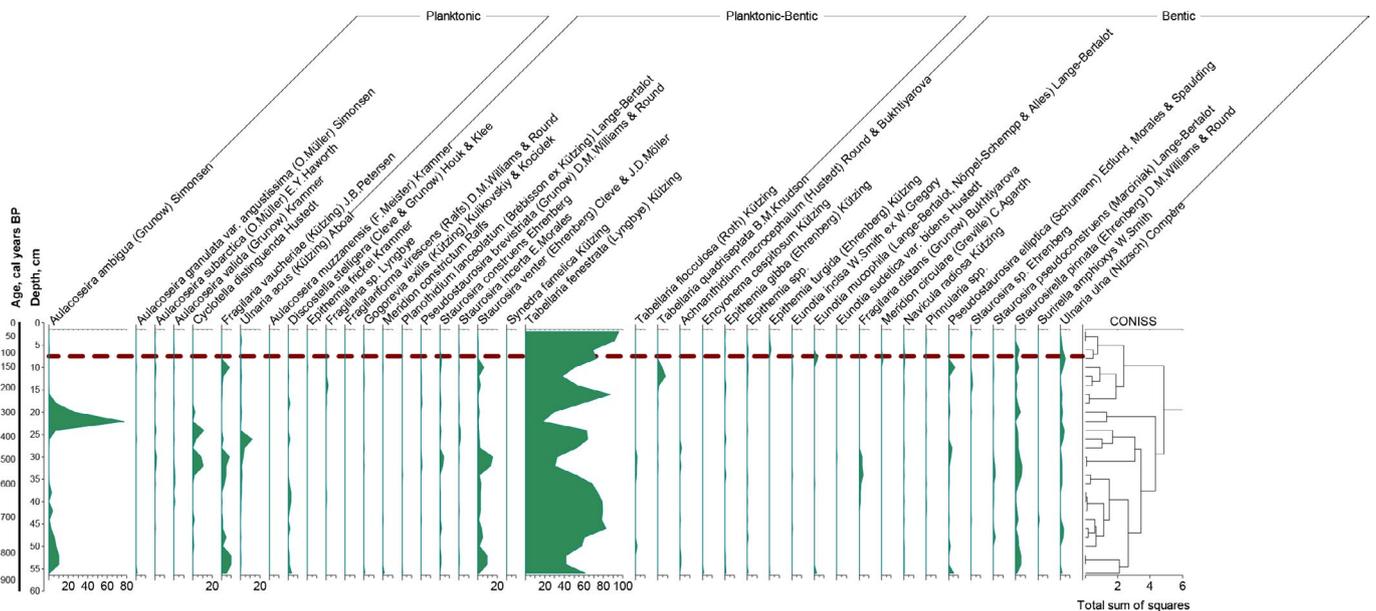


Fig.8. Most abundant diatom taxa in sediments of Lake Peyungda.

## 5. Conclusions

Changes in the number and species composition of chironomids and cladocerans were found in the sediments of Zapovednoye and Peyungda lakes in layers corresponding to the period immediately after 1908. No significant changes were found in the composition of diatoms. The new information may be useful as evidence of the reaction of lake ecosystems after a strong impact, and therefore provide new information to the body of knowledge about the Tunguska catastrophe of 1908.

## Acknowledgements

The research was funded by Russian Science Foundation, grant No. 22-17-00185-П <https://rscf.ru/en/project/22-17-00185/>.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## References

- Appleby P.G. 2008. Three decades of dating recent sediments by fallout radionuclides: a review. *The Holocene* 18 (1): 83–93.
- Battarbee R.W. 1986. Diatom analysis. In: Berglund, B.E. (Ed.), *Handbook of Holocene Paleolimnology and Paleohydrology*. J. Wiley & Sons, pp. 527-570.
- Brooks S.J., Langdon P.G., Heiri O. 2007. *Using and Identifying Chironomid Larvae in Palaeoecology*. QRA Technical Guide No 10. Quaternary Research Association, London.
- Darin A.V., Rogozin D.Y., Meydus A.V. et al. 2020. Traces of "Tunguska 1908" event in sediments of Lake Zapovednoye according to SR-XRF data. *Doklady Earth Sciences* 492 (2): 442-445. DOI: [10.1134/S1028334X20060045](https://doi.org/10.1134/S1028334X20060045)
- Darin A.V., Rogozin D.Y., Novikov V.S. et al. 2024. Climatic Changes in the Arctic Regions of Eastern Siberia over the Last Millennium according to the Lithological–Geochemical Data on Bottom Sediments of Peyungda Lake (Krasnoyarsk Krai, Evenkia). *Doklady Earth Sciences* 514 (2): 349-353. DOI: [10.1134/S1028334X23603012](https://doi.org/10.1134/S1028334X23603012)
- Gasperini L., Alvisi F., Biasini G. et al. 2007. A possible impact crater for the 1908 Tunguska Event. *Terra Nova* 19: 245–251.
- Kavkova R., Vondrak D., Chattova B. et al. 2022. Suzdalevo Lake (Central Siberia, Russia) – A Tunguska Event-related impact crater? *Frontiers in Earth Science* 10: 777631.
- Korhola A., Rautio M. 2001. Cladocera and other branchiopod crustaceans. In: *Tracking environmental change using lake sediments*. Vol.4: Zoological indicators. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 125–165.
- Krishnaswami S., Lal D. 1978. Radionuclide limnology. In: Lerman A (ed.), *Lakes: chemistry, geology, physics*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp. 153-177.
- Rogozin D.Y., Darin A.V., Kalugin I.A. et al. 2017. Sedimentation rate in Lake Cheko (Evenkia, Siberia): new evidence to the problem of 1908 Tunguska Event. *Doklady Earth Sciences* 476 (2): 1226-122.
- Rogozin D.Y., Bolobanshchikova G.N., Burdin L.A. et al. 2022. Macroparticle Charcoal in Lake Sediments of the Central Tunguska Plateau (Siberia, Evenkia) as an Indicator of Forest Fires and a Possible Trace of the Tunguska Event of 1908. *Contemporary Problems of Ecology* 15 (4): 337–344. DOI: [10.1134/S1995425522040096](https://doi.org/10.1134/S1995425522040096)
- Rogozin D.Y., Krylov P.S., Dautov A.N. et al. 2023. Morphology of lakes of the Central Tunguska Plateau (Krasnoyarsk krai, Evenkia): new data on the problem of the Tunguska Event of 1908. *Doklady Earth Sciences* 510 (1): 307-311.
- Rogozin D.Y., Nazarova L.B., Rudaya N.A. et al. 2025. Tracking late Holocene climate change and the 1908 Tunguska impact event from lake sediments in Central Siberia. *Quaternary Research* 125, May 2025: 1–19. DOI: [10.1017/qua.2024.35](https://doi.org/10.1017/qua.2024.35)

# Свидетельства Тунгусского события 1908 года в отложениях двух озер Эвенкии (Сибирь, Россия)



Рогозин Д.Ю.<sup>1,2\*</sup>, Назарова Л.Б.<sup>1,3</sup>, Фролова Л.А.<sup>1,4</sup>, Нигматуллин Н.М.<sup>5</sup>, Сырых Л.С.<sup>6</sup>, Головатюк Л.В.<sup>5</sup>, Болобанщикова Г.Н.<sup>1</sup>, Дементьев Д.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН», обособленное подразделение Институт биофизики СО РАН, ул. Академгородок 50 стр.50, Красноярск, 660036, Россия

<sup>2</sup> Сибирский Федеральный Университет, пр. Свободный 79, Красноярск, 660041, Россия

<sup>3</sup> Казанский Федеральный Университет, Кремлевская 18, Казань, 420008, Россия

<sup>4</sup> Институт археологии и этнографии СО РАН, пр-т Ак. Лаврентьева 17, Новосибирск, 630090, Россия

<sup>5</sup> Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, наб. Мойки 48, Санкт-Петербург, 191186, Россия

<sup>6</sup> Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал СамНЦ РАН, ул. Комзина 10, Тольятти, 445003, Россия

**АННОТАЦИЯ.** Тунгусская катастрофа 1908 года («Тунгусский метеорит») – мощнейший на памяти человечества атмосферный взрыв неизвестной природы, произошедший над территорией Эвенкийского района Красноярского края. Следы какого-либо космического тела до сих пор найти не удалось. Озера Заповедное и Пеюнга расположены на расстоянии 50-60 км от предполагаемого эпицентра Тунгусской катастрофы 1908 года. В донных отложениях озер Заповедное и Пеюнга выявлены неоднородности видового состава хирономид и кладоцер, вероятно отражающие изменения в экосистемах вследствие Тунгусской катастрофы 1908 года. Заметных изменений в составе диатомей не выявлено. Новые сведения могут быть полезны как свидетельства реакции экосистем озер после сильного воздействия, а следовательно – дают новую информацию в массив знаний о Тунгусской катастрофе 1908 года.

**Ключевые слова:** Тунгусская катастрофа 1908, хирономиды, кладоцеры, диатомей

Для цитирования: Рогозин Д.Ю., Назарова Л.Б., Фролова Л.А., Нигматуллин Н.М., Сырых Л.С., Головатюк Л.В., Болобанщикова Г.Н., Дементьев Д.В. Свидетельства Тунгусского события 1908 года в отложениях двух озер Эвенкии (Сибирь, Россия) // Limnology and Freshwater Biology. 2025. - № 4. - С. 446-457. DOI: 10.31951/2658-3518-2025-A-4-446

## 1. Введение

Причины Тунгусской катастрофы 1908 года (далее – ТК 1908) до сих пор не выяснены. Однако, это загадочное явление в случае его повторения может нести серьезную опасность, поэтому любые новые сведения о нем чрезвычайно актуальны. Итальянскими учеными была выдвинута гипотеза, что озеро Чеко, расположенное вблизи эпицентра ТК 1908, является кратером от падения фрагмента космического тела в момент Тунгусской катастрофы 1908 года (Gasperini et al., 2007). Аргументами для этой гипотезы служили непонятное происхождение, воронкообразная форма и относительно большая глубина свыше 50 м. Оценка возраста отложений, проведенная Гасперини с соавторами (2007), также свидетельствовала о справедливости этой гипотезы. Нами была проведена собственная оценка возраста на основе измерений <sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb и подсчета годичных слоев (варв), которая свидетельствует, что

озеро значительно старше Тунгусской катастрофы (Рогозин и др., 2017). Кроме того, в окрестности эпицентра нами впервые были исследованы озера Заповедное и Пеюнга, и выявлено, что форма и размеры этих озер схожи с озером Чеко, а возраст отложений составляет несколько тысяч лет (Рогозин и др., 2023). Следовательно, форма озера Чеко не является уникальной, что свидетельствует против гипотезы о его импактном происхождении. В донных отложениях озера Чеко были выявлены следы лесного пожара, предположительно возникшего в результате Тунгусской катастрофы (Рогозин и др., 2022). В отложениях озер Заповедное и Пеюнга выявлен слой с повышенным содержанием терригенных элементов, предположительно образовавшийся в результате смыва почвенного покрова, нарушенного массовым вывалом деревьев в момент катастрофы 1908 года (Дарьин и др., 2020; Rogozin et al., 2025). В данной работе мы проводим сравнительный анализ изменений состава диатомей,

\*Автор для переписки.

Адрес e-mail: [rogozin@ibp.ru](mailto:rogozin@ibp.ru)

Поступила: 24 июля 2025; Принята: 15 августа 2025;

Опубликована online: 31 августа 2025

© Автор(ы) 2025. Эта работа распространяется под международной лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.



зоопланктона и хирономид для озер Заповедное и Пеюнгда в слоях донных отложений, возраст которых соответствует периоду времени до и после ТК 1908, с целью выяснения возможных изменений в экосистемах озер, вызванных этим явлением.

## 2. Материалы и методы

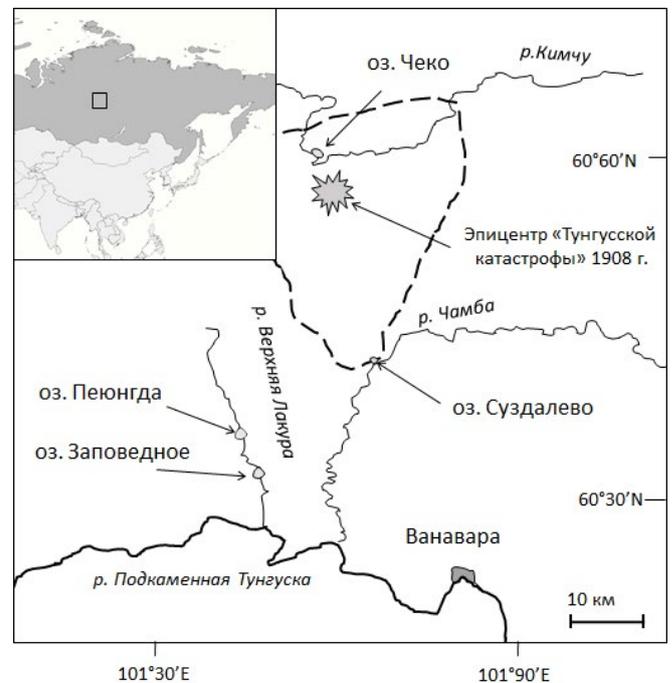
Озера Заповедное и Пеюнгда расположены на Центрально-Тунгусском плато на территории государственного природного заповедника Тунгусский (Эвенкийский район Красноярского края) в бассейне реки Подкаменная Тунгуска (Рис. 1). Озеро Заповедное ( $60^{\circ}31.688' N$ ,  $101^{\circ}43.740' E$ ) округлой формы диаметром около 500 м, максимальной глубиной 60 м, расположено в 60 км от эпицентра Тунгусской катастрофы, через озеро протекает река Верхняя Лакура. Озеро Пеюнгда ( $60^{\circ}37.174' N$ ,  $101^{\circ}38.442' E$ ) почти круглой формы диаметром около 600 м и максимальной глубиной 35 м, расположено также на реке Верхняя Лакура, в 12 км выше по течению от оз. Заповедное (Рогозин и др., 2023). Керны донных отложений отбирались в озере Заповедное в марте 2015 года (Rogozin et al., 2025), в озере Пеюнгда – в сентябре 2022 года в центральных частях озер вблизи точек максимальной глубины, с помощью гравитационного пробоотборника UWITEC (Австрия) с прозрачной пластиковой трубой диаметром 90 мм. Координаты точек отбора указаны выше. Датировка верхних слоев кернов, соответствующих времени ТК 1908, осуществлялась в озере Заповедное по распределениям активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{210}\text{Pb}$  (Rogozin et al., 2025). В озере Пеюнгда датировка верхних слоев осуществлялась также по распределениям  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{210}\text{Pb}$  в рамках данной работы по аналогичной методике. Анализ хирономид, кладоцер и диатомей осуществлялся стандартными ранее описанными методами (Brooks et al., 2007; Korhola and Rautio, 2001; Battarbee, 1986, соответственно).

## 3. Результаты

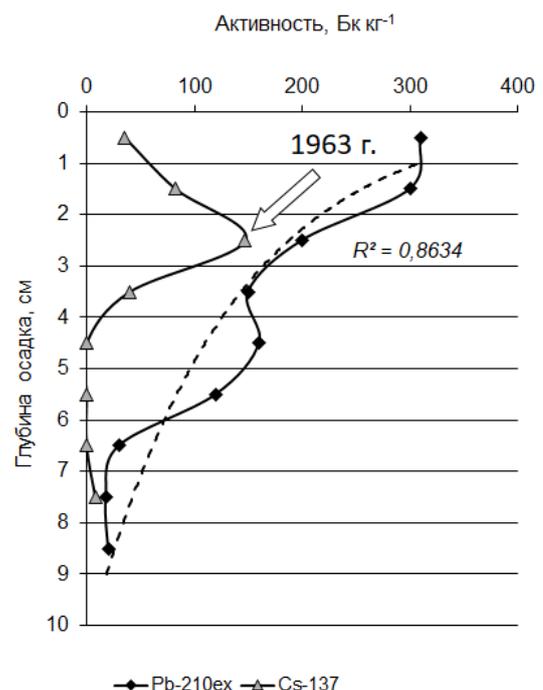
### 3.1. Возраст отложений озера Пеюнгда

Донные отложения озера Пеюнгда представляют собой тонкодисперсные темно-коричневые и черные илы с большим содержанием органики и слабо выраженной слоистой структурой. Профиль распределения  $^{210}\text{Pb}$  в керне удовлетворительно аппроксимируется экспоненциальной функцией, кроме верхнего образца (Рис.2). Низкое значение  $^{210}\text{Pb}$  в верхнем образце может быть объяснено утерей самых верхних полужидких слоев и частичным перемешиванием при транспортировке и обработке керна. Скорость осадконакопления, рассчитанная по экспоненциальной зависимости содержания  $^{210}\text{Pb}$  (Рис. 2), составила  $0.8 \text{ мм год}^{-1}$ , а без учета самого верхнего слоя эта величина составила  $0.7 \text{ мм год}^{-1}$ . Распределение  $^{137}\text{Cs}$  имеет четко выраженный максимум в интервале глубин 15 – 35 мм (Рис. 2). Наиболее вероятно это слой, маркирующий глобальные выпадения техногенных радионукли-

дов после испытаний ядерного оружия на острове Новая Земля в октябре 1961 г. Данный слой обнаруживается в отложениях многих водоемов Северного полушария и датируется 1963 годом (Krishnaswami and Lal, 1978; Appleby, 2008). Скорость осадконакопления, рассчитанная по расположению верхней и нижней границ пика  $^{137}\text{Cs}$ , дает значительный разброс, от  $15 \text{ мм}/60 \text{ лет} = 0.25$  до  $35 \text{ мм}/60 \text{ лет} = 0.58 \text{ мм год}^{-1}$ , соответственно. Учитывая, что, судя



**Рис.1.** Географическое положение исследуемых озер. Пунктирной линией показана предполагаемая граница пожара, возникшего в результате Тунгусской катастрофы 1908 года.



**Рис.2.** Вертикальные распределения активности изотопов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{210}\text{Pb}$  в донных отложениях озера Пеюнгда. Стрелкой показан пик активности  $^{137}\text{Cs}$ , соответствующий 1963 году.

по распределению свинца, часть верхних слоев могла быть утеряна, скорость по цезию скорее следует считать заниженной. Следовательно, верхняя оценка около 0.6 мм год<sup>-1</sup> ближе к истинному значению скорости, и ближе к значениям скоростей, характерных для озер умеренной зоны, в том числе для расположенного рядом аналогичного озера Заповедное (Rogozin et al., 2025). Таким образом, наиболее вероятный интервал глубин, соответствующих моменту ТК 1908, в керне озера Пеюнга оценивается нами как 7-8 см, а в озере Заповедное – 16-17 см. Разница в скоростях осадконакопления обусловлена тем, что влажность отложений в оз. Пеюнга существенно меньше, чем в оз. Заповедное.

### 3.2. Хирономиды

В отложениях озера Заповедное на глубине около 16 см, в слоях, соответствующих периоду непосредственно после ТК 1908, значительно увеличилась численность видов *Synorthocladus*, *Nanocladus*, *Eukiefferiella*, а также *Limnophyes-Paralimnophyes* и *Smittia-Parasmittia*, по сравнению с периодами до и после, затем в слоях примерно 1910 года возросла численность олиготрофного вида *Microtendipes pedellus* и ряда других видов, предпочитающих умеренные температурные условия (*Eukiefferiella claripennis*-, *Tanytarsus pallidicornis*- и *Cricotopus intersectus* (-types) (Рис. 3). В отложениях озера Пеюнга в слоях, датируемых ТК 1908 и непосредственно после, доля видов, предпочитающих проточные условия, заметно увеличивается по сравнению с периодом до 1908 года, а также с более поздним периодом (Рис. 4). Полу-наземные виды *Lasiodiamesa* и *Limnophyes-Paralimnophyes* достигают высокой численности. Вероятно, это свидетельствует об увеличении притока и увлажнении прилегающих территорий.

### 3.3. Кладоцеры

В озере Заповедное в слое, соответствующем ТК 1908, выявлено снижение количества видов до 6, тогда как в прилегающих участках керна оно варьирует от 8 до 13. Снижается число литоральных таксонов *Eurycercus* sp., *Biapertura affinis*, *Camptocercus rectirostris*, связанных с прибрежной растительностью (Рис. 5), однако они вновь появляются в более молодых слоях. В озере Пеюнга после 1908 г. существенных изменений в сообществе не отмечено, наблюдается лишь кратковременный спад индекса N2 отражающего снижение таксономического бета разнообразия. Кроме того, появляется литоральный вид *Pleuroxus laevis* (Рис. 6), ранее отмеченный в небольшом количестве только в самом нижнем слое керна возрастом свыше 4 тысяч лет.

### 3.4. Диатомеи

В озере Заповедное отмечено небольшое изменение таксономического состава диатомей после 1908 года, а именно – снижение численности *Tabellaria fenestrata*, *Staurosirella pinnata* и *Ulnaria*. и кратковременное увеличение численности *Fragillaria vaucheriae*, *Fragillaria capucina* var. *distans*, *Pseudostaurosira elliptica*, *Staurosira incerta*, *Staurosira venter* (Рис. 7). Однако, в целом таксономический состав оставался таким же, как и в прилегающих слоях. В озере Пеюнга состав диатомей до и после ТК 1908 не претерпел заметных изменений (Рис. 8).

### 4. Обсуждение

Положение слоя ТК 1908 в кернах обоих озер, рассчитанное на основе данных по распределениям изотопов <sup>137</sup>Cs и <sup>210</sup>Pb, дополнительно подтверждается наличием маркирующего светло-серого про- слоя. На глубине около 80 мм в нескольких кернах

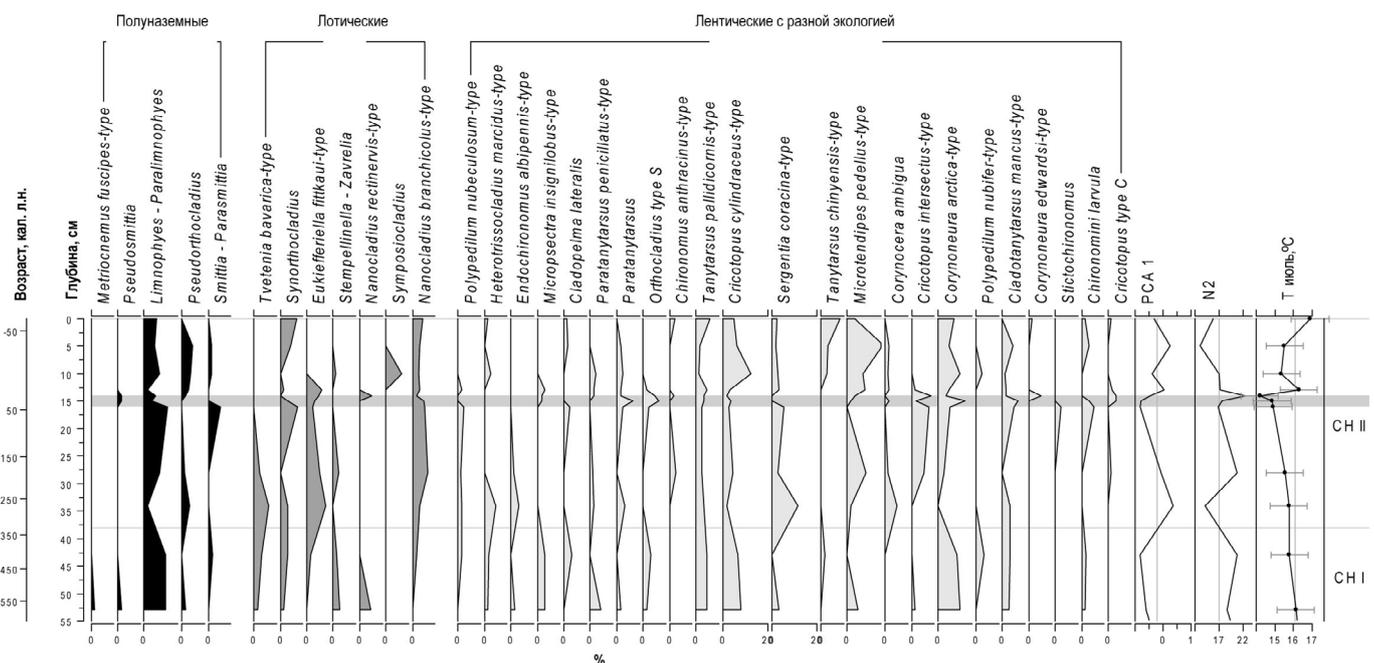


Рис.3. Относительные доли наиболее распространенных таксонов хирономид в отложениях озера Заповедное. Горизонтальная серая линия показывает слой осадков Тунгусской катастрофы 1908 г. (и далее на всех рисунках).

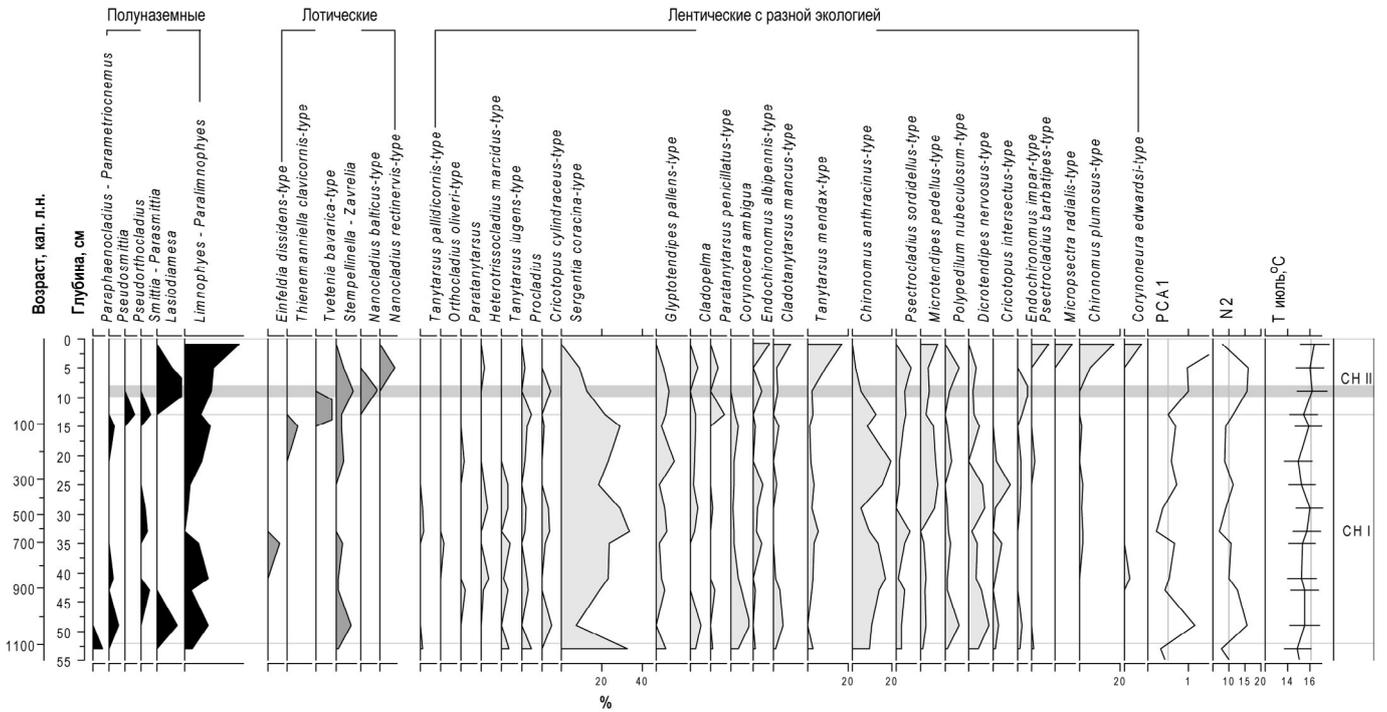


Рис.4. Относительные доли наиболее распространенных таксонов хирономид в отложениях озера Пеюнга. Горизонтальная серая линия показывает слой осадков Тунгусской катастрофы 1908 г.

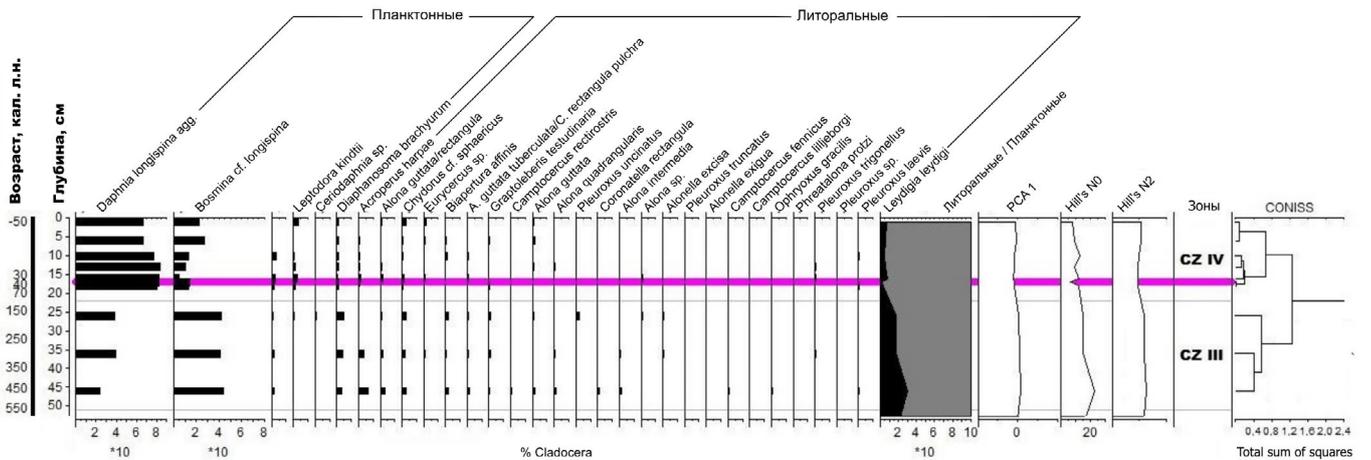


Рис.5. Таксоны ветвистоусых ракообразных в отложениях озера Заповедное.

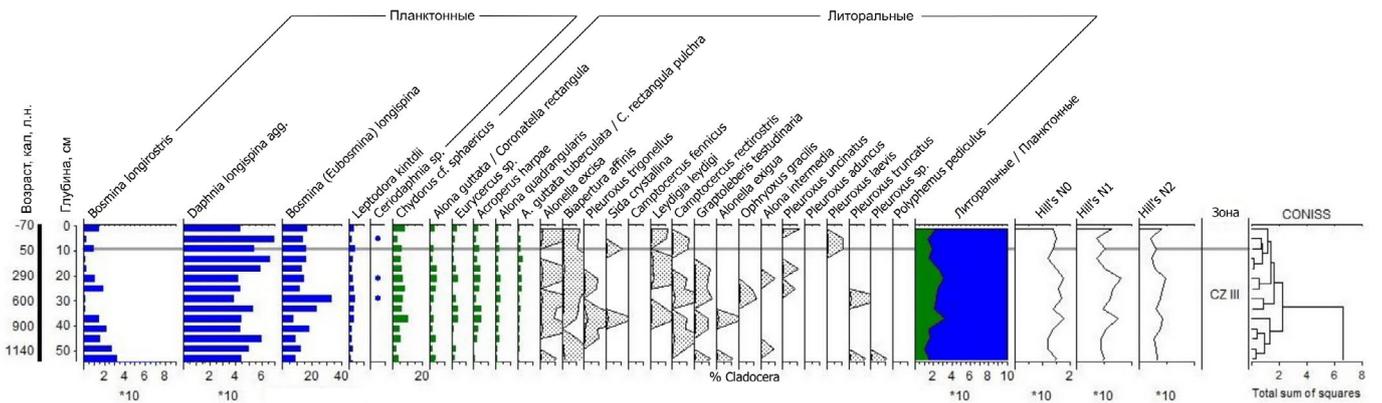


Рис.6. Таксоны ветвистоусых ракообразных в отложениях озера Пеюнга.

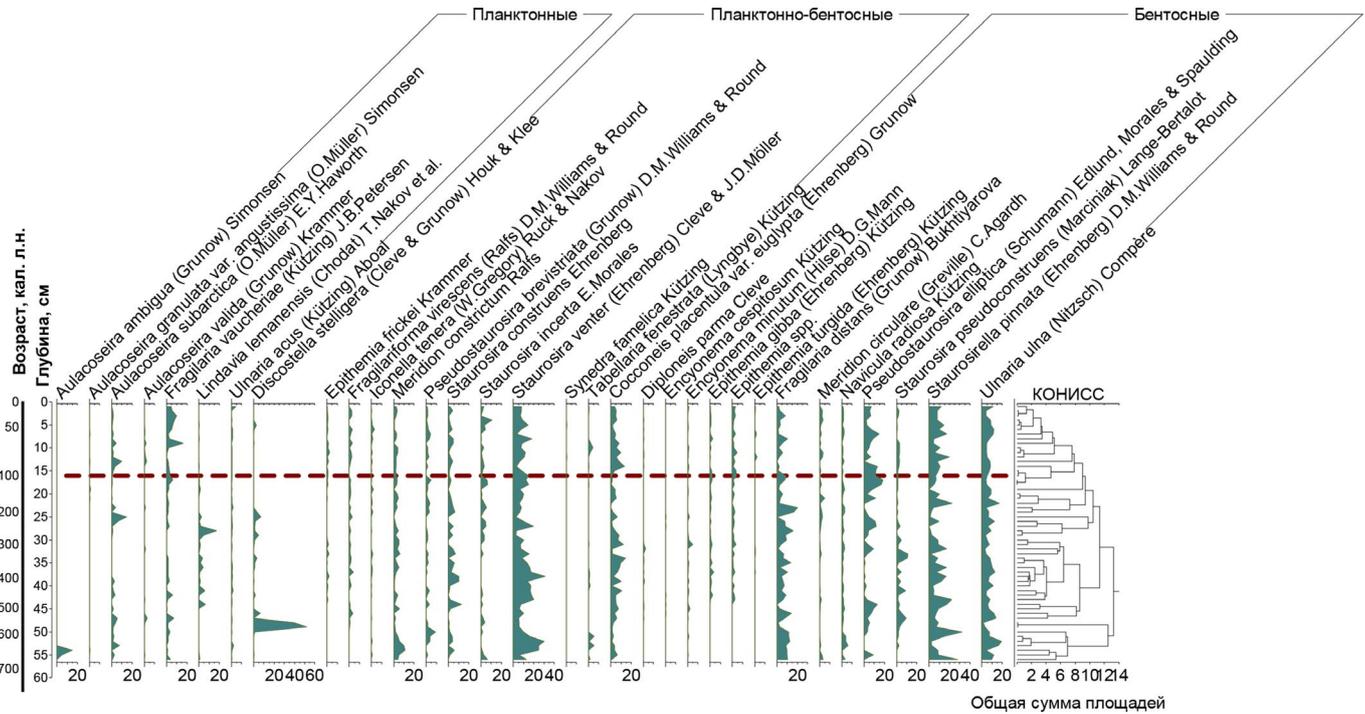


Рис.7. Наиболее распространенные таксоны диатомей в отложениях озера Заповедное.

озера Пеюнга, включая изучаемый нами керн, наблюдается визуально различимый светлый слой мощностью 2-3 мм (Дарьин и др., 2024). С учетом неточности при пробоотборе и разделке кернов, а также природной пространственной дисперсности линейной скорости осадконакопления можно считать, что происхождение данного слоя изохронно всех кернах (Дарьин и др., 2024). На основании скоростей осадконакопления, полученных двумя независимыми методами, верхняя граница оценки возраста светлого слоя на глубине 80 мм составляет  $80 \text{ мм} / 0.6 \text{ мм год}^{-1} = 133 \text{ года}$ , а нижняя  $80 \text{ мм} / 0.8 \text{ мм год}^{-1} = 100 \text{ лет}$  или  $80 \text{ мм} / 0.7 \text{ мм год}^{-1} = 115 \text{ лет}$ , что дает достаточно оснований считать, что данный слой мог образоваться в результате Тунгусской катастрофы 1908 года (115 лет назад). Ранее похожий по цвету и толщине слой был обнаружен в дон-

ных отложениях озера Заповедное, оценка возраста этого слоя этими же методами убедительно показала его возможное появление в 1908 году (Rogozin et al., 2025). Образование данного слоя предположительно вызвано смывом почвенного покрова, нарушенного в момент ТК 1908 году в результате массового вывала деревьев с корнем на обширной территории, включая верховья реки Верхняя Лакура (Дарьин и др., 2024; Rogozin et al., 2025). Таким образом, при определении положения слоя ТК 1908 мы использовали как данные возрастных моделей, так и маркирующего слоя, положение которого в обоих озерах согласуется с этими моделями.

Нами показано, что непосредственно после ТК 1908 в видовом составе хирономид оз. Заповедное произошел сдвиг в сторону появления видов, предпочитающих проточные условия с нестабильным

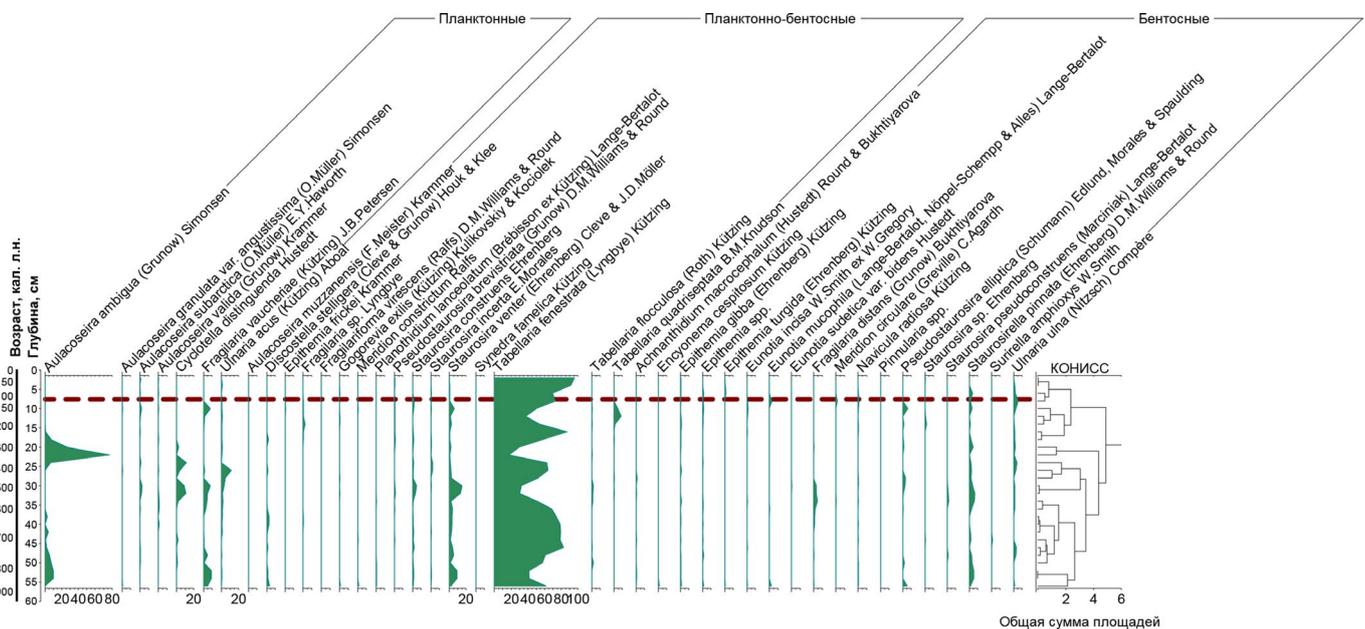


Рис.8. Наиболее распространенные таксоны диатомей в отложениях озера Пеюнга.

уровнем воды и почвенной эрозией (Rogozin et al., 2025). Вероятно, это может быть вызвано повышением мутности воды в результате смыва терригенного материала с территории, на которой произошел массовый вывал леса. Численность кладоцер в этот же период снизилась в два раза главным образом за счет исчезновения видов, связанных с зарослями макрофитов (Rogozin et al., 2025). Однако, заметных изменений в составе диатомей не выявлено. Стоит отметить, что ранее в небольшом мелководном озере Суздалево, расположенном в 40 км от эпицентра ТК 1908, были выявлены изменения в составе диатомовых после ТК 1908 (Kavkova et al., 2022). Данное озеро расположено ближе к эпицентру и находится в пределах зоны массового вывала деревьев, тогда как Заповедное и Пеюнгда находятся на 20 км дальше, возможно этим объясняется отсутствие реакции диатомовых на данное явление.

## 5. Заключение

В отложениях озер Заповедное и Пеюнгда выявлены изменения количества и видового состава хирономид, и кладоцер в слоях, соответствующих периоду непосредственно после 1908 года. Заметных изменений в составе диатомей не выявлено. Новые сведения могут быть полезны как свидетельства реакции экосистем озер после сильного воздействия, а следовательно – дают новую информацию в массив знаний о Тунгусской катастрофе 1908 года.

## Благодарности

Исследование выполнено за счет средств Российского научного фонда, грант № 22-17-00185-П, <https://rscf.ru/project/22-17-00185/>.

## Конфликт интересов

Авторы не имеют конфликта интересов.

## Список литературы

Дарьин А.В., Рогозин Д.Ю., Мейдус А.В. и др. 2020. Следы Тунгусского события 1908 г. в донных осадках озера Заповедное по данным сканирующего РФА СИ. Доклады РАН. Науки о Земле 492 (2): 61-65. DOI: [10.1134/S1028334X20060045](https://doi.org/10.1134/S1028334X20060045)

Дарьин А.В., Рогозин Д.Ю., Новиков В.С. 2024. Климатические изменения приарктических территорий Восточной Сибири за последнее тысячелетие по литолого-геохимическим данным донных осадков озера Пеюнгда (Красноярский край, Эвенкия). Доклады РАН. Науки о Земле 514 (2): 343–349. DOI: [10.1134/S1028334X23603012](https://doi.org/10.1134/S1028334X23603012)

Рогозин Д.Ю., Болобанщикова Г.Н., Бурдин Л.А. и др. 2022. Угольные макрочастицы в донных отложениях озера Центрально-Тунгусского плато (Сибирь, Эвенкия) как индикатор динамики лесных пожаров и возможный след Тунгусской катастрофы 1908 г. Сибирский экологический журнал 4: 404-414. DOI: [10.1134/S1995425522040096](https://doi.org/10.1134/S1995425522040096)

Рогозин Д.Ю., Дарьин А.В., Калугин И.А. и др. 2017. Оценка скорости накопления донных отложений в озере Чехо (Эвенкия, Сибирь): новые сведения по проблеме Тунгусского феномена 1908 года. Доклады Академии Наук. Науки о Земле 476 (6): 685-687.

Рогозин Д.Ю., Крылов П.С., Даутов А.Н. и др. 2023. Морфология озер Центрально-Тунгусского плато (Красноярский край, Эвенкия): новые сведения по проблеме Тунгусской катастрофы 1908 года. Доклады РАН. Науки о Земле 510 (1): 81-85. DOI: [10.31857/S2686739722602861](https://doi.org/10.31857/S2686739722602861)

Appleby P.G. 2008. Three decades of dating recent sediments by fallout radionuclides: a review. *The Holocene* 18 (1): 83–93.

Battarbee R.W. 1986. Diatom analysis. In: Berglund, B.E. (Ed.), *Handbook of Holocene Paleolimnology and Paleohydrology*. J. Wiley & Sons, pp. 527-570.

Brooks S.J., Langdon P.G., Heiri O. 2007. *Using and Identifying Chironomid Larvae in Palaeoecology*. QRA Technical Guide No 10. Quaternary Research Association, London.

Gasperini L., Alvisi F., Biasini G. et al. 2007. A possible impact crater for the 1908 Tunguska Event. *Terra Nova* 19: 245–251.

Kavkova R., Vondrak D., Chattova B. et al. 2022. Suzdalevo Lake (Central Siberia, Russia) – A Tunguska Event-related impact crater? *Frontiers in Earth Science* 10: 777631.

Korhola A., Rautio M. 2001. Cladocera and other branchiopod crustaceans. In: *Tracking environmental change using lake sediments*. Vol.4: Zoological indicators. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 125–165.

Krishnaswami S., Lal D. 1978. Radionuclide limnology. In: Lerman A (ed.), *Lakes: chemistry, geology, physics*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp. 153-177.

Rogozin D.Y., Nazarova L.B., Rudaya N.A. et al. 2025. Tracking late Holocene climate change and the 1908 Tunguska impact event from lake sediments in Central Siberia. *Quaternary Research* 125: 1–19. DOI: [10.1017/qua.2024.35](https://doi.org/10.1017/qua.2024.35)