

# Diatom-based reconstruction of Lake Turgoyak (Southern Urals) ecosystem changes in the Holocene

**Short communication**LIMNOLOGY  
FRESHWATER  
BIOLOGY

Maslennikova A.V.\*

South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology of the Urals Branch of the Russian Academy of Sciences, ter. Ilmeny Nature Reserve, Miass, Chelyabinsk region, 456317, Russia

**ABSTRACT.** Lake Turgoyak development through more than 12 thousand years was studied based on diatom analysis of the lake sediment core. Altogether 142 diatom taxa were identified. Four diatom zones corresponding to main stages of the lake ecosystem development were distinguished with application of stratigraphically constrained cluster analysis. It was found that in the period from 12.1 to 11.0 cal ka BP Lake Turgoyak had maximum salinity and a high degree of overgrowth with hydrophytes. Desalination and an increase in the lake depth occurred between 11.0 and 7.7 cal ka BP. Substantial fluctuations of the lake parameters about 8.0-7.0 cal ka BP were followed by period of lower flow rate and accumulation of sediments with a high content of organic matter. Approximately 2.7 ka cal BP the lake depth increased and salinity decreased. It was concluded that the chronological boundaries of the main stages of the lake ecosystem development coincide with the climatic events previously determined for the Holocene and Late Glacial of the Urals.

**Keywords:** Diatoms, sediment core, Holocene, Urals, Lake Turgoyak, paleolimnological reconstructions

**For citation:** Maslennikova A.V. Diatom-based reconstruction of Lake Turgoyak (Southern Urals) ecosystem changes in the Holocene // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 505-509. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-505

## 1. Introduction

Diatom analysis of lake sediments is necessary for the reconstruction of lake-water parameters and study of history of lake ecosystem development. The diatom analysis of Lake Turgoyak was previously carried out only for a short lake sediment core covering a period of several hundred years (Maslennikova et al., 2023). Diatom analysis of several more ancient samples showed strong differences in the diatom assemblages composition of various types of the lake sediments (Maslennikova et al., 2018). The objective of this research is to reconstruct the main stages of the Lake Turgoyak development for over 12 cal ka BP based on detailed diatom analysis of sediment core.

## 2. Methods

The sediment core (55°16'81.70"N, 60°05'48.10"E) with a thickness of 265 cm was collected from Lake Turgoyak at 19 m water depth. A sampling interval varied from 1 to 5 cm. The samples were treated with nitric and perchloric acids to remove

organic matter. A Mikmed 6 var. 7 microscope with bright-field oil immersion optics at 1000× magnification was used for counting. At least 300 valves were counted per sample (diatom total) to determine a relative abundance (percentage) of individual taxa in the assemblages. Ecological groups in relation to pH, saprobity, trophicity, salinity were identified according to (Van Dam et al., 1994) Benthic, plankton-benthic, and planktonic diatoms were distinguished in terms of a habitat according to (Barinova et al., 2006). The ecological information from the study of 107 lakes of the Middle and Southern Urals was applied as well (Gulakov and Maslennikova, 2024). The diatom zonation scheme was developed with a stratigraphically constrained cluster analysis Tilia software package (Grimm, 1991).

## 3. Results

Altogether 142 diatom species and varieties were identified by diatom analysis of the Lake Turgoyak sediment core. Benthic diatoms (118 species) in lake sediments were the most diverse. In total, 8 plankton-benthic and 16 planktonic diatom species were found in the

\*Corresponding author.

E-mail address: [adenophora@inbox.ru](mailto:adenophora@inbox.ru) (A.V. Maslennikova)

**Received:** May 27, 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.



lake sediment core. The abundance of habitat groups varied in different stages of the lake development.

In relation to pH, most species were alkaliphilic; in terms of saprobity, oligosaprobies and  $\beta$ -mesosaprobies inhabiting in waters saturated by oxygen (not less than 75%); in terms of trophic state, from oligotrophic to eutrophic; and in terms of salinity, oligohalobes. The four diatom zones were distinguished.

DZ-I (12.2-11.0 cal ka BP (calibrated years ago)). *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow) D.M. Williams & Round 1988 and *Gomphonema angustum* C. Agardh 1831 are dominated. Species preferring of high salinity waters (*Mastogloia elliptica* (C. Agardh) Cleve in A.W.F. Schmidt 1893, *Navicula oblonga* (Kützing) Kützing 1844, *Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agardh) Lange-Bertalot 1980) as well as diatoms often inhabiting of shallow overgrown by submerged vegetation alkaline lakes of the Urals (*Mastogloia lacustris* (Grunow) Grunow in Van Heurck 1880, *Nitzschia denticula* Grunow 1880) are constantly found.

DZ-II (11.0-7.7 cal ka BP) is characterized by the highest abundance of *Ellerbeckia arenaria* (G. Moore ex Ralfs) R.M. Crawford 1988 and *Karayevia clevei* (Grunow) Bukhtiyarova 1999. The beginning of the zone (11.0-10.3 cal ka BP) is distinguished by substantial abundance of attached species (*Epithemia frickei* Krammer in Lange-Bertalot & Krammer 1987, *Amphora indistincta* Levkov 2009, *A. pediculus* (Kützing) Grunow in A.W.F. Schmidt 1875).

DZ-III (7.7-2.7 cal ka BP) is distinguished by increase in *Staurosira venter* (Ehrenberg) Cleve & J.D. Möller 1879 and *Staurosirella lapponica* (Grunow) D.M. Williams & Round 1987. An abundance of *Staurosira venter*, *Cocconeis neothumensis* Krammer 1990, and *C. disculus* (Schumann) Cleve in Cleve & Jentzsch 1882 between 8.0 and 7.0 cal ka BP fluctuating substantially.

DZ-IV (2.7 cal ka BP-present) is marked by an increase in planktonic diatoms (*Handmannia comta* (Ehrenberg) Kociolek & Khursevich emend. Genkal 2013, *Stephanodiscus alpinus* Hustedt in Huber-Pestalozzi 1942), *Diploneis elliptica* (Kützing) Cleve 1894 and *Eolimna metafarta* Kulikovskiy & Lange-Bertalot in Kulikovskiy & al. 2015 appeared and constantly presented.

#### 4. Discussion

Diatom assemblages reflect Lake Turgoyak ecosystem shifts for the period for over 12 cal ka BP. About 12.1-11.2 cal ka BP the lake had the highest salinity and substantial degree of overgrowth by submerged vegetation due to its shallowness in comparison with the present time. The disappearance of diatoms with a high salinity optimum indicates the lake desalination about 11.0 cal ka BP. Decrease in epiphytic diatoms and increase in epilithic species relates to lowering of submerged vegetation due to the lake deepening about 10.3 cal ka BP. Abrupt changes in diatom assemblages during the 7-8 cal ka BP period can be explained by rapid climatic fluctuations. The shift at 7.7 cal ka BP associates with decrease in the flow rate and increase in

accumulation of organic-rich sediments. Higher planktonic diatoms and change in the species composition at 2.7 cal ka BP indicate an increase of the lake level and decrease in salinity. The chronological boundaries of the main stages the Lake Turgoyak and several other lakes of the Southern and Middle Urals development coincide, which is associated with climate changes at this time (Maslennikova, 2020; 2022).

#### 5. Conclusions

Thus, the diatom analysis of the Lake Turgoyak sediment core revealed four main stages of the ecosystem development. The chronological boundaries of the stages coincide with the previously reconstructed climate events in the Holocene of the Urals.

#### Acknowledgements

The authors thank Valery Nikolaevich Udachin (SU FRC MG UB RAS) and Vladimir Vladislavovich Deryagin (CSPU) for the lake sediment core collection.

#### Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

#### References

- Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anissimova O.V. 2006. Bioraznoobrazie vodoroslei-indikatorov okruzhayushchei sredy [Diversity of Algal Indicators in Environmental Assessment]. Tel-Aviv: Pilies Studio Press. (in Russian)
- Grimm E.C. 1991. Tilia 1.12, Tilia Graph 1.18. Illinois State Museum. Research and Collection Center, Springfield.
- Gulakov V.O., Maslennikova A.V. 2024. Practical aspects of digitalization of limnological and paleolimnological studies. Transactions of the Kola Science Centre of RAS Series: Natural Sciences and Humanities 3 (1): 16-20. (in Russian)
- Maslennikova A.V. 2022. Holocene environments in the Middle Urals: Palaeolimnological proxies from the Lake Tavatui (Russia). Quaternary International 622: 51-64. DOI:[10.1016/j.quaint.2022.02.033](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2022.02.033)
- Maslennikova A.V. 2020. Development and application of an electrical conductivity transfer function, using diatoms from lakes in the Urals, Russia. J Paleolimnol 63 (2): 129-146. DOI:[10.1007/s10933-019-00106-z](https://doi.org/10.1007/s10933-019-00106-z)
- Maslennikova A.V., Udachin V.N., Deryagin V.V. et al. 2018. Reconstruction of Lake Turgoyak (Southern Urals) ecosystem changes in Holocene. Litosfera (6): 914-927. DOI:[10.24930/1681-9004-2018-18-6-914-927](https://doi.org/10.24930/1681-9004-2018-18-6-914-927) (in Russian)
- Maslennikova A.V., Udachin V.N., Deryagin V.V. et al. 2023. Sediment records of lake eutrophication and oligotrophication under the influence of human activity and climate warming in the Urals metallurgical region (Russia). Hydrobiologia 850 (7): 1669-1698. DOI:[10.1007/s10750-023-05177-8](https://doi.org/10.1007/s10750-023-05177-8)
- Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. Netherlands Journal of Aquatic Ecology 28 (1): 117-133. DOI:[10.1007/BF02334251](https://doi.org/10.1007/BF02334251)

# Диатомовая летопись изменений экосистемы озера Тургояк (Южный Урал) в голоцене

Краткое сообщение

LIMNOLOGY  
FRESHWATER  
BIOLOGY

Масленникова А.В.\*

Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, 456317, Челябинская область, г. Миасс, Ильменский заповедник

**АННОТАЦИЯ.** На основе диатомового анализа колонки донных отложений, охватывающей более 12 тыс. лет, изучена история изменений экосистемы оз. Тургояк. В донных отложениях идентифицировано 142 вида и разновидности диатомовых водорослей. С помощью кластерного анализа выделено четыре диатомовые зоны, соответствующие основным этапам развития озера. Установлено, что в период от 12.1 до 11.0 тыс. к.л.н. оз. Тургояк имело максимальную минерализацию и высокую степень зарастания гидрофитами. В период 11.0-7.7 тыс. к.л.н. произошло опреснение и возрастание глубины озера. После резких колебаний параметров оз. Тургояк около 8-7 тыс. к.л.н. его проточность уменьшилась, начали накапливаться донные отложения с высоким содержанием органического вещества. Около 2.7 тыс. к.л.н. глубина озера увеличилась, а минерализация снизилась. Сделан вывод, что хронологические границы выделенных этапов развития озерной экосистемы совпадают с климатическими событиями, определенными ранее для голоцена и позднеледниковья Урала.

**Ключевые слова:** Диатомовые водоросли, колонка донных отложений, голоцен, Урал, озеро Тургояк, палеолимнологические реконструкции

Для цитирования: Масленникова А.В. Диатомовая летопись изменений экосистемы озера Тургояк (Южный Урал) в голоцене // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 505-509. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-505

## 1. Введение

Изучение диатомовых комплексов донных отложений озер необходимо для реконструкции гидрохимических параметров озер и исследования истории развития озера. Диатомовый анализ озера Тургояк ранее проводился только для короткой колонки донных отложений, охватывающей период в несколько сотен лет (Maslennikova et al., 2023). Для более древних отложений был сделан диатомовый анализ нескольких образцов, показавший сильные отличия состава диатомовых комплексов различных типов отложений оз. Тургояк (Масленникова и др., 2018). Целью данной работы является подробный диатомовый анализ колонки донных отложений оз. Тургояк, охватывающей последние 12 тыс. лет, для реконструкции основных этапов развития озерной экосистемы.

## 2. Методы

Колонка донных отложений (55°16'81.70» с.ш. 60°05'48.10» в.д.) мощностью 265 см была отобрана в оз. Тургояк с глубины 19 м. Образцы, отобраные через 1-5 см, обрабатывались смесью азотной и хлорной кислот для удаления органического вещества. На световом микроскопе Микмед-6 вар. 7 при увеличении в 1000 раз было подсчитано не менее 300 створок диатомей в каждом препарате. На основе литературных источников виды разделялись по отношению к pH, галобности, сапробности, трофности (Van Dam et al., 1994) и по местообитанию (Барина и др., 2006). При реконструкциях учитывалась информация, полученная при изучении 107 озер Среднего и Южного Урала (Гулаков и Масленникова, 2024). Диатомовые зоны выделены с помощью кластерного анализа с учетом стратигра-

\*Автор для переписки.

Адрес e-mail: [adenophora@inbox.ru](mailto:adenophora@inbox.ru) (А.В. Масленникова)

Поступила: 27 мая 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.



фических ограничений. Кластерный анализ проведен в программе Tilia (Grimm, 1991).

### 3. Результаты

В результате изучения колонки донных отложений оз. Тургояк найдено 142 вида и разновидности диатомовых водорослей. Группа бентосных видов наиболее разнообразна (118 видов). Планктонных видов найдено 16, а планктонно-бентосных - 8. Обилие бентосных, планктонных и планктонно-бентосных видов варьирует в различные периоды развития озера. Виды диатомей в основном представлены олигогалолами, алкалифилами, олигосапробами,  $\beta$ -мезосапробами, обитающими в водах насыщенных кислородом (не менее 75%). Идентифицированные диатомовые водоросли предпочитают водоемы от олиготрофного до эвтрофного трофического статуса. С помощью кластерного анализа выделено четыре основные диатомовые зоны.

DZ-I (12.2-11.0 тыс. к.л.н. (календарных лет назад)). Доминирует *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow) D.M.Williams & Round 1988 и *Gomphonema angustum* C.Agardh 1831. Постоянно отмечаются виды, предпочитающие водоемы с повышенной минерализацией (*Mastogloia elliptica* (C.Agardh) Cleve in A.W.F.Schmidt 1893, *Navicula oblonga* (Kützing) Kützing 1844, *Rhoicosphenia abbreviata* (C.Agardh) Lange-Bertalot 1980), а также диатомовые водоросли в большом количестве встречающиеся в неглубоких, заросших ризоидными диатомовыми водорослями алкалинных водоемах Урала (*Mastogloia lacustris* (Grunow) Grunow in Van Heurck 1880, *Nitzschia denticula* Grunow 1880).

DZ-II (11.0-7.7 тыс. к.л.н.) отличается доминированием *Ellerbeckia arenaria* (G.Moore ex Ralfs) R.M.Crawford 1988 и *Karayevia clevei* (Grunow) Bukhtiyarova 1999. Для начала зоны (11.0-10.3 тыс. к.л.н.) характерно большое количество бентосных прикрепляющихся видов (*Epithemia frickei* Krammer in Lange-Bertalot & Krammer 1987, *Amphora indistincta* Levkov 2009, *A. pediculus* (Kützing) Grunow in A.W.F.Schmidt 1875).

DZ-III (7.7-2.7 тыс. к.л.н.) характеризуется возрастанием содержания *Staurosira venter* (Ehrenberg) Cleve & J.D.Möller 1879 и *Staurosirella lapponica* (Grunow) D.M.Williams & Round 1987. В интервале от 8.0 до 7.0 тыс. к.л.н. отмечаются резкие колебания численности видов *Staurosira venter*, *Cocconeis neothumensis* Krammer 1990, *C. disculus* (Schumann) Cleve in Cleve & Jentzsch 1882.

DZ-IV (2.7 тыс. к.л.н.-настоящее время) отличается значительным возрастанием содержания планктонных диатомей (*Handmannia comta* (Ehrenberg) Kociolek & Khursevich emend. Genkal 2013, *Stephanodiscus alpinus* Hustedt in Huber-Pestalozzi 1942). Для зоны характерно появление и постоянное присутствие *Diploneis elliptica* (Kützing) Cleve 1894, *Eolimna metafarata* Kulikovskiy & Lange-Bertalot in Kulikovskiy & al. 2015.

### 4. Обсуждение

Диатомовые комплексы отражают изменения оз. Тургояк за период более 12 тысяч лет. Около 12.1-11.2 тыс. к.л.н. озеро имело самую высокую минерализацию за изученный период развития и значительную степень зарастания гидрофитами, что указывает на более низкий уровень озера в сравнении с настоящим временем. Исчезновение диатомовых водорослей, имеющих сравнительно высокий оптимум минерализации, около 11.0 тыс. к.л.н. свидетельствует об опреснении озера. Уменьшение количества эпифитов и возрастание содержания створок эпилитов указывает на снижение роли гидрофитов 10.3 тыс. к.л.н. из-за увеличения глубины озера. Резкие изменения диатомовых комплексов в период 7-8 тыс. к.л.н. могут быть объяснены быстрыми климатическими колебаниями. Смена диатомовых комплексов около 7.7 тыс. к.л.н. предположительно связана с уменьшением проточности водоема, увеличением количества ила на дне озера. Возрастание роли планктонных видов и изменение видового состава диатомей 2.7 тыс. к.л.н. свидетельствуют о повышении уровня и уменьшении минерализации озера. Отмечается совпадение хронологических границ основных этапов развития озера Тургояк и других озер Южного и Среднего Урала, что связано с изменениями климата в это время (Maslennikova, 2020; 2022).

### 5. Выводы

Таким образом, на основе диатомового анализа донных отложений оз. Тургояк выявлено четыре основных этапа развития экосистемы, хронологические границы которых совпадают с реконструированными ранее событиями голоцена Урала.

### Благодарности

Автор выражает благодарность Валерию Николаевичу Удачину (ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН) и Владимиру Владиславовичу Дерягину (ЮУрГГПУ) за отбор колонки донных отложений.

### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

### Список литературы

- Grimm E.C. 1991. Tilia 1.12, Tilia Graph 1.18. Illinois State Museum. Research and Collection Center, Springfield.
- Maslennikova A.V. 2022. Holocene environments in the Middle Urals: Palaeolimnological proxies from the Lake Tavatui (Russia). *Quaternary International* 622: 51-64. DOI:[10.1016/j.quaint.2022.02.033](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2022.02.033)
- Maslennikova A.V. 2020. Development and application of an electrical conductivity transfer function, using diatoms



from lakes in the Urals, Russia. *J Paleolimnol* 63 (2): 129-146. DOI:[10.1007/s10933-019-00106-z](https://doi.org/10.1007/s10933-019-00106-z)

Maslennikova A.V., Udachin V., Deryagin V. et al. 2023. Sediment records of lake eutrophication and oligotrophication under the influence of human activity and climate warming in the Urals metallurgical region (Russia). *Hydrobiologia* 850 (7): 1669-1698. DOI:[10.1007/s10750-023-05177-8](https://doi.org/10.1007/s10750-023-05177-8)

Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28 (1): 117-133. DOI:[10.1007/BF02334251](https://doi.org/10.1007/BF02334251)

Баринаева С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio Press.

Гулаков В.О., Масленникова А.В. 2024. Практические аспекты цифровизации лимнологических и палеолимнологических исследований. Труды Кольского научного центра РАН Серия: Естественные и гуманитарные науки 3 (1): 16-20.

Масленникова А.В., Удачин В.Н., Дерягин В.В. и др. 2018. Реконструкция этапов развития озера Тургояк (Южный Урал) в голоцене. *Литосфера* (6): 914-927. DOI:[10.24930/1681-9004-2018-18-6-914-927](https://doi.org/10.24930/1681-9004-2018-18-6-914-927)