

Changes in chironomid communities during the Holocene in Lake Polevskoye (Zaonezhsky Peninsula, northwestern Russia)



Syrykh L.S.^{1*}, Nazarova L.B.²

¹Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

²Kazan (Volga) Federal University, Kazan, Russia

ABSTRACT. We reconstructed paleoclimatic and paleoenvironmental changes based on the analyses of sediments from the Lake Polevskoye on the Zaonezhsky Peninsula in northwestern Russia. The change in the taxonomic composition of chironomids was analysed in the studied core. The age of the sediments covers ca 7.1 thousand years. Based on the cluster analysis, 3 main stratigraphic zones were identified. From 7.1 to 5.2 ka cal. yrs. BP, phytophilic taxa associated with shallow lakes dominated. Later between 5.2 – 2.0 ka cal. yrs. BP chironomids biodiversity increased. During this period, cold-water taxa appeared, which might indicate some cooling during this period. There was also a simultaneous increase in the number of profundal and semi-terrestrial species, which may indicate the changes of the water level in the lake and paludification. After 2.0 ka cal. yrs. BP the total number of species decreased. The dominant taxa associated with shallow water levels and moderately warm climatic conditions. Changes in the taxonomic composition of chironomids in Lake Polevskoye responded to paleoenvironmental changes. During the studied period, there was an increase in diversity of chironomids and a change in dominant taxa. The reconstructed conditions showed an increase in the water level in the lake from 5.2 to 2.0 ka cal. yrs. BP, as well as a gradual increase in trophicity.

Keywords: paleolimnology, Polevskoye, Zaonezhsky Peninsula, northwestern Russia, chironomids, Holocene

For citation: Syrykh L.S., Nazarova L.B. Changes in chironomid communities during the Holocene in Lake Polevskoye (Zaonezhsky Peninsula, northwestern Russia) // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 690-695. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-690

1. Introduction

Non-biting midges, or chironomids (*Chironomidae*, Insecta: *Diptera*), are a diverse group of invertebrates whose distribution is largely determined by mean summer temperatures. These insects are also sensitive to variations in water depth, nutrient content, oxygen levels, and other environmental factors. Chironomid larvae are widely used in paleogeography studies as indicators of past climate and environmental conditions (Makarchenko and Makarchenko, 1999; Brooks et al., 2007; Nazarova et al., 2008; 2011).

The northern coast of Lake Onega has been relatively well-studied from the perspective of paleogeography. However, studies of chironomid communities in this area are still scarce. (Subetto, 2009; Subetto et al., 2017; Syrykh et al., 2021; Paleolimnology of Lake Onega..., 2022).

2. Materials and methods

We analysed the sediment core of the Lake Polevskoye (Zaonezhsky Peninsula). The age of the studied sediments is 7.1 ka years.

The chironomids analysis was carried out following by standard technic. (Brooks et al., 2007). Taxa identification and ecological description were carried out according to Brooks et al. (2007), Wiederholm (1983), Moller-Pillot (2009; 2013) and Nazarova et al. (2015; 2017; 2023).

3. Results and discussion

We analysed 30 samples in total. In each sample, were selected from 49 to 64 head capsules. Identified taxa belonged to 3 subfamilies: *Chironominae*, *Orthoclaadiinae*, *Tanypodinae*. *Tanytarsus pallidicornis*-type was found in almost all samples. Based on the

*Corresponding author.

E-mail address: lyudmilalsd@gmail.com (L.S. Syrykh)

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

Available online: August 26, 2024

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



results of the cluster analysis, we identified three statistically significant areas in the studied sediment column:

Zone 1: 7.1 – 5.2 ka calibrated years BP (ka cal. yrs. BP) The ubiquitous taxa *T. pallidicornis*-type, *Chironomus anthracinus*-type, *Paratanytarsus penicillatus*-type, as well as *Stempellinella – Zavrelia*, which is often found in flowing water, dominate in this zone. In addition, *Corinoneura arctica*-type, *Chironomini* larvula, *Cricotopus intersectus*-type also prevail. These taxa are found mainly in mesotrophic and eutrophic water bodies. Species diversity and evenness are gradually increasing towards the upper part of the studied zone.

Zone 2: 5.2 – 2.0 ka cal. yrs. BP. With *T. pallidicornis*-type and *Stempellinella – Zavrelia* also dominate the phytophilic *Cladopelma lateralis*-type, *Procladius*, *Psectrocladius sordidellus*-type. *C. intersectus*-type, *Polypedilum nubeculosum*-type are also common. Profundal *Sergentia coracina*, *Zalutschia zalutschicola* и *Stempellina* appear in this zone. species diversity and evenness increase in the upper part of the zone, ca 3.5 – 2.0 ka cal. yrs. BP.

Zone 3: 2.0 – 0 ka cal. yrs. BP Dominant taxa are *T. pallidicornis*-type and *Cladotanytarsus mancus*-type. There were also identified subdominant *Psectrocladius sordidellus*-type, *Corinoneura arctica*-type, *Endochironomus alpinus*-type, *Procladius*.

The 3 main stages in the environmental and climatic development of the studied area over the past 7.1 ka years can be identified:

The period 7.1–5.2 ka cal. yrs. BP may be characterized by a relatively warm climate. During that time, the lake was shallow and warmed up well. The presence of *Paratanytarsus penicillatus*-type, *Cricotopus intersectus*-type indicated the overgrowth of the coastal zone.

The stage 5,2–2,0 ka cal. yrs. BP characterized by a cooling climate. During this time, there were fluctuations in the water level of the lake, as evidenced by the presence of *Stempellinella – Zavrelia*, *Stempellina*, *Georthocladus*. The water depth of the lake increased and various deep-water species such as *Sergentia coracina*-type, *Heterotrissocladus grimshawi*-type, *Zalutschia zalutschicola* appeared in the lake.

Since 2,0 ka cal. yrs. BP the climate became closer to the modern. There was an increase in mean July air temperature, and the climate became moderately warm. The lake water level stabilized, lake became eutrophic, and overgrowth in the coastal zone occurred.

4. Conclusions

The reconstruction of the Holocene environmental development of the studied area revealed the dynamics of warm to moderate temperature conditions, the presence of wetlands, and the transition from a relatively deep lake to a shallow lake with abundant macrophytes. After 5.2 ka cal. yrs. BP there were changes in the water level of the lake. The climatic conditions at the final stage of lake development were close to modern.

Acknowledgements

The study was performed within the framework of projects of the Ministry of Education of the Russian Federation (project VRFY-2023-0010), RFBR 18-35-00624 mol_a.

Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

- Brooks S.J., Langdon P.G., Heiri O. 2007. Using and identifying chironomid larvae in palaeoecology. QRA Technical Guide № 10, Quaternary Research Association, London, 276 p.
- Makarchenko E.A., Makarchenko M.A. 1999. Chironomids. Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. Vol. 4. Higher insects. Diptera. SPB: Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, pp. 210-295 (in Russian)
- Moller-Pillot H.K.M. 2013. Chironomidae Larvae of the Netherlands and Adjacent Lowlands. In: Biology and Ecology of the Aquatic Orthocladinae. Vol. 3. Zeist, Netherlands: KNNV Publishing, 312 p.
- Moller-Pillot H.K.M. 2009. Chironomidae Larvae Volume 2 Biology and ecology of the Chironomini. KNNV Publishing. 270 p.
- Nazarova L., Herzschuh U., Wetterich S. et al. 2011. Chironomid-based inference models for estimating mean July air temperature and water depth from lakes in Yakutia, north-eastern Russia. *Journal of Paleolimnology*. Vol. 45: 57–71. DOI:[10.1007/s10933-010-9479-4](https://doi.org/10.1007/s10933-010-9479-4)
- Nazarova L., Self A., Brooks S.J. et al. 2015. Northern Russian chironomid-based modern summer temperature data set and inference models. *Global Planetary Change*, Vol. 134: 10–25. DOI: [10.1016/j.gloplacha.2014.11.015](https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.11.015)
- Nazarova L.B., Self A.E., Brooks S.J. et al. 2017. Chironomid Fauna of the Lakes from the Pechora River Basin (East of European part of Russian Arctic): Ecology and Reconstruction of Recent Ecological Changes in the Region. *Contemporary Problems of Ecology*, 10, No. 4: 350–362. DOI: [10.1134/S1995425517040059](https://doi.org/10.1134/S1995425517040059)
- Nazarova L., Sryrykh L., Grekov I., et al. 2023. Chironomid-Based Modern Summer Temperature Data Set and Inference Model for the Northwest European Part of Russia. *Water*, 15: 976. DOI: [10.3390/w15050976](https://doi.org/10.3390/w15050976)
- Nazarova L.B., Pestryakova L.A., Ushnitskaya L.A. et al. 2008. Chironomids (Diptera: Chironomidae) in lakes of Central Yakutia and their indicative potential for paleoclimatic research. *Contemporary problems of ecology*, Vol. 1: 335–345. DOI: [10.1134/S1995425508030089](https://doi.org/10.1134/S1995425508030089)
- Paleolimnology of Lake Onega: from a periglacial lake to modern conditions. 2022. D. A. Subetto, N. A. Belkina, V. D. Strakhovenko, et al. Petrozavodsk: Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences. 331 p. (in Russian).
- Subetto D.A. 2009. Lake bottom sediments: paleolimnological reconstructions. St.Petersburg: Publishing house of the Herzen State Pedagogical University. 339 p. (in Russian).
- Subetto D.A., Nazarova L.B., Pestryakova L.A. et al. 2017. Paleolimnological Studies in Russian Northern Eurasia: A Review. *Contemporary Problems of Ecology*, 10, No. 4: 327–335. DOI: [10.1134/S1995425517040102](https://doi.org/10.1134/S1995425517040102)
- Sryrykh L.S., Nazarova L.B., Subetto D.A. 2015. Preliminary data of climate changes on the Karelian Isthmus in the Holocene based on the results of chironomid and lithological analyses. *Transactions of the Karelian Research Center*

of the Russian Academy of Sciences, Limnology Series, 5: 53–59. (in Russian)

Syrykh L.S., Nazarova L.B., Subetto D.A. et al. 2020. First results of the study of subfossil chironomid communities (Chironomidae) in the bottom sediments of Lake Polevskoy, Zaonezhsky Peninsula, Karelia. *Astrakhan Bulletin of Ecological Education*, 3: 4–10. (in Russian)

Syrykh L., Subetto D., Nazarova L. 2021. Paleolimnological studies on the East European Plain and nearby regions: the PaleoLake Database. *Journal of Paleolimnology*, 65: 369–375. DOI: [10.1007/s10933-020-00172-8](https://doi.org/10.1007/s10933-020-00172-8)

Wiederholm T. 1983. Chironomidae of the Holarctic Region, Keys and Diagnoses. Part 1—Larvae: *Entomologica Scandinavica*, Supplement 19. P. 1–457.

Динамика хирономидных сообществ в голоцене в озере Полевском (Заонежский полуостров, Северо-Запад России)

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYСырых Л.С.^{1*}, Назарова Л.Б.²¹Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия²Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

АННОТАЦИЯ. С целью реконструкции природно-климатических условий была исследована колонка донных отложений оз. Полевского, Заонежский полуостров, Северо-Запад России. Было проанализировано изменение таксономического состава хирономид в разрезе донных отложений. Возраст исследованной колонки составляет 7,1 тысяч лет. На основании кластерного анализа было выделено 3 основных стратиграфических зоны. С 7,1 до 5,2 тыс. кал. л. н. преобладают фитофильные таксоны, обитатели неглубоких водоемов. Позднее с 5,2 – 2,0 тыс. кал. л. н. повышается общее разнообразие таксонов. В данный период появляются холодноводные таксоны, что может свидетельствовать о некотором похолодании в данный период. А также отмечено одновременное увеличение числа таксонов глубоководных и полуназемных, что может свидетельствовать о динамике уровня воды в озере и подтоплении прибрежной зоны. После 2,0 тыс. кал. л. н. общее количество таксонов снижается, преобладают таксоны предпочитающие неглубокие водоемы и умеренно теплые климатические условия. Изменение состава хирономидных сообществ в оз. Полевском отражает смену окружающих условий: в исследованный период отмечается увеличение разнообразия хирономид, смена доминантных таксонов. Реконструированные условия показывают повышение уровня воды в озере с 5,2 до 2,0 тыс. кал. л. н., а также постепенное увеличение трофности.

Ключевые слова: палеолимнология, Полевское, Заонежье, Северо-Запад России, хирономидный анализ, Голоцен

Для цитирования: Сырых Л.С., Назарова Л.Б. Динамика хирономидных сообществ в голоцене в озере Полевском (Заонежский полуостров, Северо-Запад России) // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 690-695. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-690

1. Введение

Комары-звонцы или хирономиды (*Chironomidae*, Insecta: *Diptera*) является богатым видами семейством беспозвоночных, распространение которых в значительной мере ограничено температурой окружающей среды. Также чутко хирономиды реагируют на изменения глубины воды, трофность, содержание кислорода и другие показатели. Хирономиды широко используются в качестве индикаторов изменения климата и окружающей среды в палеогеографических исследованиях (Макарченко и Макарченко, 1999; Brooks et al., 2007; Nazarova et al., 2008; 2011).

Северное побережье Онежского озера достаточно хорошо исследовано с точки зрения палеогеографии, однако исследования хирономидных

сообществ достаточно редки на данной территории (Субетто, 2009; Субетто и др., 2017; Syrykh et al., 2021; Палеолимнология Онежского озера..., 2022).

2. Материалы и методы

Нами была проанализирована колонка донных отложений оз. Полевского (Заонежский полуостров). Возраст исследованных осадков составляет 7,1 тысяч лет.

Хирономидный анализ проведен в соответствии со стандартной методикой (Brooks et al., 2007). Идентификация таксонов и экологическая характеристика проводились согласно Brooks et al. (2007), Wiederholm (1983), Moller-Pilot (2009; 2013) и Nazarova et al. (2015; 2017; 2023).

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: lyudmilalsd@gmail.com (Л.С. Сырых)

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

Опубликована online: 26 августа 2024

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



3. Результаты и обсуждение

Нами было проанализировано 30 проб. В каждой пробе отобрано 49 – 64 головные капсулы. Все проанализированные таксоны принадлежат к 3 подсемействам: *Chironominae*, *Orthoclaadiinae*, *Tanytarsinae*. Практически во всех пробах обнаружен *Tanytarsus pallidicornis*-type. По результатам кластерного анализа в исследуемой колонке отложений было выделено три статистически значимых зоны:

Зона 1: 7,1 – 5,2 тысяч калиброванных лет назад (тыс. кал. л. н.). В данной зоне доминируют таксоны-убиквисты *T. pallidicornis*-type, *Chironomus anthracinus*-type, *Paratanytarsus penicillatus*-type, а также *Stempellinella – Zavrelia*, часто встречающаяся в проточных водоемах. Кроме того, преобладающими являются *Corinoneura arctica*-type, *Chironomini larvula*, *Cricotopus intersectus*-type. Представленные таксоны обитают преимущественно в мезо и эвтрофных водоемах. Видовое разнообразие и выравнивание сообществ постепенно повышаются в верхней части зоны.

Зона 2: 5,2 – 2,0 тыс. кал. л. н. Кроме *T. pallidicornis*-type и *Stempellinella – Zavrelia* доминируют также фитофильные *Cladopelma lateralis*-type, *Procladius*, *Psectrocladius sordidellus*-type. Кроме того, распространены *C. intersectus*-type, *Polypedilum nubeculosum*-type. Появляются профундальные *Sergentia coracina*, *Zalutschia zalutschicola* и *Stempellina*. Значения видового разнообразия и выравнивание сообществ повышаются в верхней части зоны около 3,5 – 2,0 тыс. кал. л. н.

Зона 3: 2,0 – 0 тыс. кал. л. н. Доминирующие таксоны – *T. pallidicornis*-type и *Cladotanytarsus mancus*-type. К субдоминантам относятся *Psectrocladius sordidellus*-type, *Corinoneura arctica*-type, *Endochironomus albipenis*-type, *Procladius*.

В развитии природно-климатических условий исследуемого района за последние 7,1 тысяч лет можно выделить 3 основных этапа:

Этап 7,1–5,2 тыс. кал. л. н. характеризуется умеренно тёплым климатом. Водоём неглубокий, благодаря чему хорошо прогревается. Наличие *Paratanytarsus penicillatus*-type, *Cricotopus intersectus*-type свидетельствует о зарастании прибрежной зоны.

Этап 5,2–2,0 тыс. кал. л. н. отличается похолоданием климата. Реконструированные условия данного периода характеризуются некоторым повышением уровня воды в озере, о чём говорит наличие видов *Stempellinella – Zavrelia*, *Stempellina*, *Georthocladus*. Увеличивается глубина озера, в озере появляются профундальные таксоны, такие как *Sergentia coracina*-type, *Heterotrissocladus grimshawi*-type, *Zalutschia zalutschicola*.

С 2,0 тыс. кал. л. н. формируется климат близкий к современному, наблюдается повышение средней температуры воздуха, климат умеренно тёплый. Уровень воды в водоёме стабилизируется, увеличивается трофность, наблюдается зарастание прибрежной зоны.

4. Заключение

Реконструкция развития окружающей среды в голоцене исследуемой территории показала динамику теплых и умеренных температурных условий, присутствие заболоченных участков и переход от относительно глубокого водоема к мелкому с обилием макрофитов. После 5,2 тыс. кал. л. н. происходили изменения уровня воды в озере. Климатические условия на последней стадии развития водоема близки к современным.

Благодарности

Работа выполнена в рамках проектов Министерства Просвещения РФ (проект VRFY-2023-0010), РФФИ 18-35-00624 мол.а.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

- Макарченко Е.А., Макарченко М.А. 1999. Хиროномиды. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4. Высшие насекомые. Двукрылые. СПб: Зоологический институт РАН. С. 210-295.
- Палеолимнология Онежского озера: от приледникового озера к современным условиям. 2022. Д. А. Субетто, Н. А. Белкина, В. Д. Страховенко и др. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 331 с.
- Субетто Д.А. 2009. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена. 339 с.
- Субетто Д.А., Назарова Л.Б., Пестрякова Л.А. и др. 2017. Палеолимнологические исследования в российской части северной Евразии: обзор. Сибирский экологический журнал, 4: 369-380. DOI [10.15372/SEJ20170401](https://doi.org/10.15372/SEJ20170401)
- Сырых Л.С., Назарова Л.Б., Субетто Д.А. 2015. Предварительные данные о развитии климата на территории Карельского перешейка в голоцене по результатам хиროномидного и литологического анализов. Труды Карельского научного центра РАН, Серия «Лимнология», 5: 53–59.
- Сырых Л.С., Назарова Л.Б., Субетто Д.А. и др. 2020. Первые результаты исследования субфоссильных сообществ хиროномид (*Chironomidae*) в донных отложениях оз. Полевского, Заонежский полуостров, Карелия. Астраханский вестник экологического образования, 3: 4–10.
- Brooks S.J., Langdon P.G., Heiri O. 2007. Using and identifying chironomid larvae in palaeoecology. QRA Technical Guide № 10, Quaternary Research Association, London, 276 p.
- Moller-Pillot H.K.M. 2009. Chironomidae Larvae Volume 2 Biology and ecology of the Chironomini. KNNV Publishing. 270 p.
- Moller-Pillot H.K.M. 2013. Chironomidae Larvae of the Netherlands and Adjacent Lowlands. In: Biology and Ecology of the Aquatic Orthoclaadiinae. Vol. 3. Zeist, Netherlands: KNNV Publishing, 312 p.

Nazarova L., Syrykh L., Grekov I., et al. 2023. Chironomid-Based Modern Summer Temperature Data Set and Inference Model for the Northwest European Part of Russia. *Water*, 15: 976. DOI: [0.3390/w15050976](https://doi.org/10.3390/w15050976)

Nazarova L., Herzsuh U., Wetterich S. et al. 2011. Chironomid-based inference models for estimating mean July air temperature and water depth from lakes in Yakutia, northeastern Russia. *Journal of Paleolimnology*. Vol. 45: 57–71. DOI: [10.1007/s10933-010-9479-4](https://doi.org/10.1007/s10933-010-9479-4)

Nazarova L., Self A., Brooks S.J. et al. 2015. Northern Russian chironomid-based modern summer temperature data set and inference models. *Global Planetary Change*, Vol. 134: 10–25. DOI: [10.1016/j.gloplacha.2014.11.015](https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.11.015)

Nazarova L.B., Pestryakova L.A., Ushnitskaya L.A. et al. 2008. Chironomids (Diptera: Chironomidae) in lakes of Central Yakutia and their indicative potential for paleoclimatic research. *Contemporary problems of ecology*, Vol. 1: 335–345. DOI: [10.1134/S1995425508030089](https://doi.org/10.1134/S1995425508030089)

Syrykh L., Subetto D., Nazarova L. 2021. Paleolimnological studies on the East European Plain and nearby regions: the PaleoLake Database. *Journal of Paleolimnology*, 65:369–375. DOI: [10.1007/s10933-020-00172-8](https://doi.org/10.1007/s10933-020-00172-8)

Wiederholm T. 1983. Chironomidae of the Holarctic Region, Keys and Diagnoses. Part 1—Larvae: *Entomologica Scandinavica*, Supplement 19. P. 1–457.