

Influence of organic matter content on Cladocera distribution in lakes of the Kola-Karelian region



Ibragimova A.G.^{1,2*}, Subetto D.A.³, Potakhin M.S.⁴, Belkina N.A.⁴, Grekov I.M.³, Kotov A.A.¹, Frolova L.A.^{2,5}

¹A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of Russian Academy of Sciences, Leninsky Prospekt 33, 119071, Moscow, Russia

²Kazan (Volga Region) Federal University, Kremlevskaya Street 18, 420008, Kazan, Russia

³Herzen State Pedagogical University of Russia, Moika Embankment 48, 191186, St. Petersburg, Russia

⁴Northern Water Problems Institute of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, A. Nevskogo Street 50, 185003, Petrozavodsk, Russia

⁵PaleoData Lab, Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS, Kutateladze Street 7/3, 630090, Novosibirsk, Russia

ABSTRACT. The analysis of loss on ignition (LOI) is widely used in paleolimnological reconstructions to understand the conditions of sedimentation and to identify the input of organic matter from external sources as well as pollution in lakes. For the first time in Russia, the influence of organic matter content on Cladocera distribution in five columns of lake bottom sediments in the Kola-Karelian region was analyzed. Using linear regression in the PAST program, it was found that *Biapertura affinis*, *Alona quadrangularis* and *Camptocercus rectirostris* increase in abundance with rising organic matter content, whereas *Chydorus cf. sphaericus* and *Bosmina (Eubosmina) cf. longispina* thrive in conditions of low organic matter content.

Keywords: Cladocera, subfossil remains, Holocene, organic matter, bottom sediments, LOI

For citation: Ibragimova A.G., Subetto D.A., Potakhin M.S., Belkina N.A., Grekov I.M., Kotov A.A., Frolova L.A. Influence of organic matter content on Cladocera distribution in lakes of the Kola-Karelian region // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 322-327. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-322

1. Introduction

Loss on ignition (LOI) analysis is a technique for estimating the organic matter content of sediments that is widely used in palaeolimnological studies due to its ease of application (e.g. Beaudoin, 2003). The organic matter content of a water body is known to have a significant influence on the composition of its flora and fauna. For example, branchiopod crustaceans respond quickly to the impact of various environmental factors by changing their functional parameters and species composition (Korhola and Rautio 2001). This property allows them to serve as objects for studying the limits of stability of organisms, and also allows them to be effectively used as biological indicators of environmental conditions and to apply their remains in paleoreconstructions (Kotov, 2013; Korhola and Rautio, 2001). In addition, the rather short period of generation change allows us to quickly trace the emerging trends on the basis of changes in the community structure.

2. Materials and methods

The study material was 146 sediment samples from 5 lakes of the Kola-Karelian region (Maloe Shibrozero, Gakhkozero, South Haugilampi, Medvedevskoe, Antyukh-Lambina) (Ibragimova et al., 2018; Nazarova et al., 2020). The LOI was analysed by weight after samples were calcined at 500 °C in a muffle furnace. Samples for cladoceran analysis were prepared according to the standard methodology (Korhola and Rautio, 2001), and identification of residues was carried out according to the definitions of modern and subfossil branchiopod crustaceans (Kotov, 2016; Szeroczyńska and Sarmaja-Korjonen, 2007). The relationship between the occurrence of statistically significant taxa (comprising more than 0.8%) and the organic content of sediment layers was assessed using linear regression analysis in the PAST software package (Linear, multivariate - one independent, n dependent). The data is visually represented using Species packing (Gaussian) as described by ter Braak and van Dam (1989) in the PAST software program.

*Corresponding author.

E-mail address: Ais5_ibragimova@mail.ru (A.G. Ibragimova)

Received: June 10, 2024; **Accepted:** June 28, 2024;

Available online: August 26, 2024

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



3. Results

Using linear regression (linear, multivariate - one independent, n dependent), we analyzed the dependence of the occurrence of statistically significant taxa (*Acroperus harpae*, *Biapertura affinis*, *Alona quadrangularis*, *Alona guttata/ Coronatella rectangula*, *Bosmina (Eubosmina) cf. longispina*, *Camptocercus rectirostris*, *Chydorus cf. sphaericus*) in five lakes of the Kola-Karelian region on the organic content in bottom sediment layers. The degree of dependence and significance of the obtained results were also calculated. For all obtained values, the significance level was less than 0.05 (a high level) (Fig. 1). According to the obtained results, *C. rectirostris* increases its abundance at high organic matter content in bottom sediments by 67.99%, whereas at minimum organic matter content, *C. cf. sphaericus* is the most successful among Cladocera (36.18%).

4. Discussion

According to the data obtained during the study of five lakes in the Kola-Karelian region, it was found that *Biapertura affinis*, *Alona quadrangularis* and *Camptocercus rectirostris* increase their abundance as the organic matter content increases, whereas *Chydorus cf. sphaericus* and *Bosmina (Eubosmina) cf. longispina* are able to develop actively at low organic matter content. *Chydorus cf. sphaericus* can successfully develop in both eutrophic and oligotrophic water bodies, with the latter state being apparently characteristic of the early stages of water body filling after the end of glaciation (Smirnov, 2010). The dominance of *C. cf. sphaericus* in the late Pleistocene-early Holocene is a typical occurrence in lakes of glaciogenic origin. This taxon often acts as a pioneer species and quickly colonizes a water body, possessing all adaptations to the littoral lifestyle, while also massively developing in plankton in the presence of suspended algae and other organic particles (Korhola and Rautio, 2001). The increase in the proportion of the taxon in the Late Holocene is usually associated with eutrophication. The maximum development of *B. (E.) cf. longispina* reaches 37.77% of organic matter content, which corresponds to the ecology of

the cold-water oligotrophic taxon *B. (E.) cf. longispina*, while development at medium values of organic matter content corresponds to the ecological preferences of *Bosmina coregoni* living in mesotrophic conditions.

5. Conclusions

The expected result of the study was to obtain information about the increase in the abundance of *C. rectirostris* as the organic matter content increases. It is likely that the species will behave similarly in Central Russia and in more southern regions. However, the data on *C. cf. sphaericus* are specific and closely related to the origin of the studied lakes. Thus, it is assumed that *C. cf. sphaericus* will develop along a different trajectory in lakes in the temperate climatic belt and to the south.

Acknowledgements

The study is performed in frames of the Federal Governmental Task AAAA-A18-118042490059-5 for A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of Russian Academy of Sciences. The research of Lake Torosjarvi by A.G. Ibragimova was carried out with the financial support of RSF grant 24-77-00020.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

- Beaudoin A. 2003. A comparison of two methods for estimating the organic matter content of sediments. *J. Paleolim.* 29: 387–390. DOI: [10.1023/A:1023972116573](https://doi.org/10.1023/A:1023972116573)
- ter Braak C., van Dam H. 1989. Inferring pH from diatoms: a comparison of old and new calibration methods. *Hydrobiologia.* 178: 209–223.
- Ibragimova A.G., Frolova L.A., Subetto D.A. et al. 2018. The changes in the composition of Cladocera community in bottom sediments of Lake Maloye Shirozero (Zaonezhsky Peninsula) as a consequence of shifts of environmental and climatic conditions. *IOP Publishing Limited. Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 107: 012029. DOI: [10.1088/1755-1315/107/1/012029](https://doi.org/10.1088/1755-1315/107/1/012029)

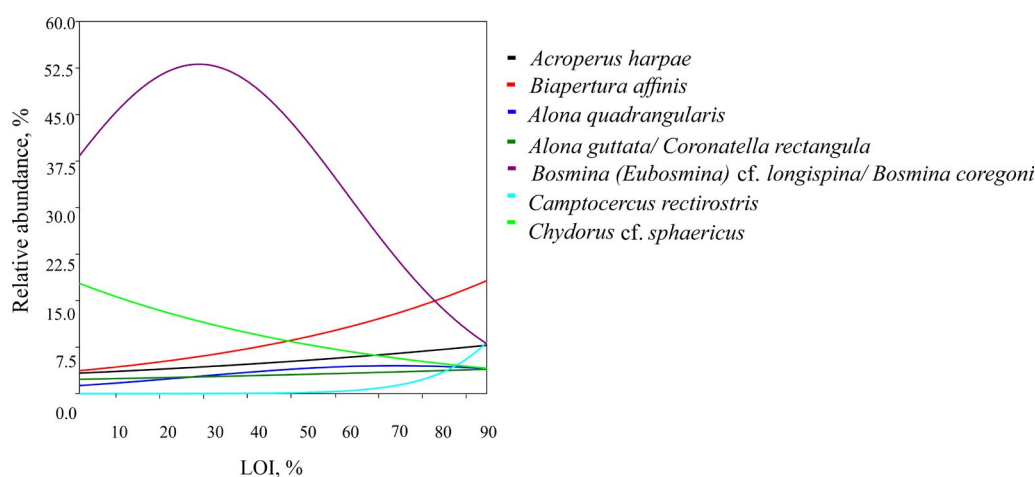


Fig.1. Dependence of the occurrence of statistically significant taxa in five lakes of the Kola-Karelian region on the organic content in bottom sediment layers.

Korhola A., Rautio M. 2001. Cladocera and other branchiopod crustaceans. Tracking environmental change using lake sediments. Zoological indicators. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 4: 125–165. DOI: [10.1007/0-306-47671-1_2](https://doi.org/10.1007/0-306-47671-1_2)

Kotov A.A. 2013. Morphology and phylogeny of Anomopoda (Crustacea: Cladocera). Moscow: KMK Scientific Press Ltd. (in Russian).

Kotov A.A. 2016. Faunistic complexes of the Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) of Eastern Siberia and the Far East of Russia. *Biology Bulletin*. 43 (9): 970–987. DOI: [10.1134/S1062359016090041](https://doi.org/10.1134/S1062359016090041)

Nazarova L., Strykh L., Mayfield R. et al. 2020. Palaeoecological and palaeoclimatic conditions in Karelian Isthmus (north-western Russia) during the Holocene: multiproxy analysis of sediments from the Lake Medvedevskoe. Quaternary research. University of Washington. Cambridge University Press. 95: 65–83. DOI: [10.1017/qua.2019.88](https://doi.org/10.1017/qua.2019.88)

Smirnov N.N. 2010. Historical ecology of freshwater zoocenoses. Moscow: KMK Scientific Press Ltd. (in Russian).

Szeroczyńska K., Sarmaja-Korjonen K. 2007. Atlas of Subfossil Cladocera from Central and Northern Europe. Świecie: Friends of the Lower Vistula Society.

Влияние содержания органического вещества на распределение Cladocera в озёрах Кольско-Карельской провинции

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYИбрагимова А.Г.^{1,2*}, Субетто Д.А.³, Потахин М.С.⁴, Белкина Н.А.⁴, Греков И.М.³, Котов А.А.¹, Фролова Л.А.^{2,5}¹ Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова Российской академии наук, Ленинский проспект, 33, 119071, Москва, Россия² Казанский (Приволжский) федеральный университет, ул. Кремлевская, 18, 420008, Казань, Россия³ Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена, Набережная Мойки, 48, 191186, Санкт-Петербург, Россия⁴ Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук, улица А. Невского, 50, 185003, Петрозаводск, Россия⁵ Лаборатория палеоданных, Институт археологии и этнографии СО РАН, ул. Кутателадзе 7/3, 630090, Новосибирск, Россия

АННОТАЦИЯ. Резюме. Анализ потерь при прокаливании (ППП) широко используется в палеолимнологических реконструкциях для восстановления условий осадконакопления, выявления поступления органической составляющей извне и загрязнения озер. Впервые для территории России проведен анализ влияния содержания органического вещества на распределение Cladocera в 5 колонках донных отложений озёр Кольско-Карельской провинции. С применением линейной регрессии программы PAST было установлено, что *Biapertura affinis*, *Alona quadrangularis* и *Camptocercus rectirostris* увеличивают свою численность по мере увеличения содержания органических веществ, тогда как *Chydorus cf. sphaericus* и *Bosmina (Eubosmina) cf. longispina* активно развиваются при низком его содержании.

Ключевые слова: cladocera, субфоссильные остатки, голоцен, органическое вещество, донные отложения, ППП

Для цитирования: Ибрагимова А.Г., Субетто Д.А., Потахин М.С., Белкина Н.А., Греков И.М., Котов А.А., Фролова Л.А. Влияние содержания органического вещества на распределение Cladocera в озёрах Кольско-Карельской провинции // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 322-327. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-322

1. Введение

Анализ потери при прокаливании (ППП) - это метод оценки содержания органического вещества в донных отложениях, который благодаря своей простоте применения широко используется в палеолимнологических исследованиях (например, Beaudoin, 2003). Известно, что содержание органического вещества в водоеме оказывает значительное влияние на состав его флоры и фауны. К примеру, ветвистоусые ракообразные быстро реагируют на воздействие различных факторов среды изменением своих функциональных показателей и видового состава (Korhola and Rautio, 2001). Это свойство позволяет им служить объектами изучения пределов устойчивости организмов, а также позволяет эффективно использовать их в качестве

биологических индикаторов экологических условий и применять их остатки в палеореконструкциях (Котов, 2013; Korhola and Rautio, 2001). Кроме того, довольно короткий период смены поколений позволяет на основе изменений в структуре сообщества быстро отследить наметившиеся тенденции.

2. Материал и методы

Материалом исследования послужили 146 проб донных отложений из 5 озер Кольско-Карельской провинции (Малое Шиброзера, Гахкозеро, Южное Хаугилампи, Медведевское, Антюх-Ламбина) (Ibragimova et al., 2018; Nazarova et al., 2020). Анализ ППП проводился весовым способом после прокаливании образцов при температуре

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: Ais5_ibragimova@mail.ru (А.Г. Ибрагимова)

Поступила: 10 июня 2024; Принята: 28 июня 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

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



500 °С в муфельной печи. Образцы для кладоцерного анализа подготавливали по стандартной методике (Korhola and Rautio, 2001), идентификация остатков проводилась по определителям современных и субфоссильных ветвистоусых ракообразных (Kotov, 2016; Szeroczyńska and Sarmaja-Korjonen, 2007). Зависимость встречаемости статистически значимых таксонов (более 0,8%) от содержания органики в слоях донных отложений была выявлена в пакете PAST с применением линейной регрессии (Linear, multivariate - one independent, n dependent). Графически материал представлен с применением Species packing (Gaussian) (ter Braak and van Dam, 1989) в программе PAST.

3. Результаты

С применением линейной регрессии (Linear, multivariate - one independent, n dependent) была выявлена зависимость встречаемости статистически значимых таксонов (*Acroperus harpae*, *Biapertura affinis*, *Alona quadrangularis*, *Alona guttata/ Coronatella rectangula*, *Bosmina (Eubosmina) cf. longispina*, *Camptocercus rectirostris*, *Chydorus cf. sphaericus*) в пяти озёрах Кольско-Карельской провинции от содержания органики в слоях донных отложений. Также рассчитана степень зависимости и значимость полученных результатов. Для всех полученных значений уровень значимости был менее 0,05 (высокий уровень) (Рис. 1). Согласно полученным результатам, *C. rectirostris* увеличивает свою численность при высоких показателях содержания органического вещества в донных отложениях – 67.99%, тогда как при минимальном содержании органики успешнее всего из Cladocera развивается *C. cf. sphaericus* (36.18%).

4. Обсуждение

Согласно данным, полученным при исследовании пяти озёр Кольско-Карельской провинции, установлено, что *Biapertura affinis*, *Alona*

quadrangularis и *Camptocercus rectirostris* увеличивают свою численность по мере увеличения содержания органических веществ, тогда как *Chydorus cf. sphaericus* и *Bosmina (Eubosmina) cf. longispina* способны активно развиваться при низком его содержании. *C. cf. sphaericus* может успешно развиваться как в эвтрофных, так и в олиготрофных водоёмах, а именно последнее состояние было, видимо, характерно для ранних этапов заполнения водоёмов после окончания оледенения (Смирнов, 2010). Доминирование *C. cf. sphaericus* в конце плейстоцена - начале голоцена является типичной картиной для озёр гляциогенного происхождения. Таксон часто выступает в роли пионерного вида и быстро колонизирует водоем, обладает всеми адаптациями к литоральному образу жизни, при этом он же в массе развивается и в планктоне при наличии взвешенных водорослей и иных органических частиц (Korhola and Rautio, 2001). Увеличение доли таксона в позднем голоцене принято связывать с эвтрофикацией. Максимального развития *B. (E.) cf. longispina* достигает при 37.77% содержании органического вещества, что вполне соответствует экологии холодноводного олиготрофного таксона *B. (E.) cf. longispina*, развитие при средних значениях содержания органического вещества соответствует экологическим предпочтениям *Bosmina coregoni*, обитающего в мезотрофных условиях.

5. Заключение

Ожидаемым результатом исследования было получение сведений об увеличении численности *Camptocercus rectirostris* по мере увеличения содержания органических веществ. Вероятно, что вид будет аналогично вести себя и на территории Центральной части России и в более южных регионах. Однако данные по *C. cf. sphaericus* являются специфичными и тесно связаны с происхождением исследованных озёр. Так, предполагается, что в озёрах умеренного климатического пояса и южнее *C. cf. sphaericus* будет развиваться по другой траектории.

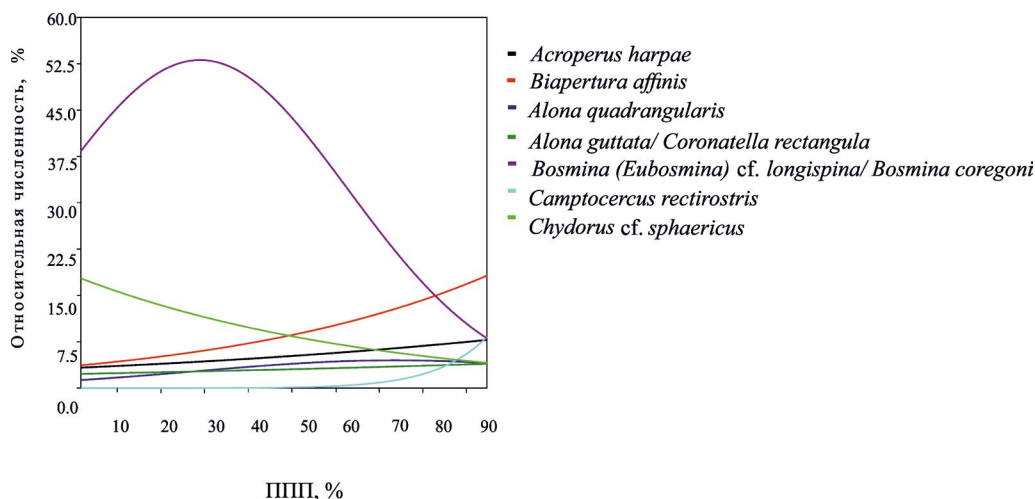


Рис.1. Зависимость численности таксонов Cladocera от содержания органического вещества в исследованных озёрах Кольско-Карельской провинции

Благодарности

Исследование выполнено в рамках Федерального государственного задания АААА-А18-118042490059-5 для Института проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова Российской академии наук. Исследование озера Торосьярви А.Г. Ибрагимовой выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ 24-77-00020.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

Котов А.А. 2013. Морфология и филогения Аноморода (Crustacea: Cladocera). М.: Товарищество научных изданий КМК.

Смирнов Н.Н. 2010. Историческая экология пресноводных зооценозов. М.: Т-во научных изданий КМК.

Beaudoin A. 2003. A comparison of two methods for estimating the organic matter content of sediments. *J. Paleolim.* 29: 387–390. DOI: [10.1023/A:1023972116573](https://doi.org/10.1023/A:1023972116573)

ter Braak C., van Dam H. 1989. Inferring pH from diatoms: a comparison of old and new calibration methods. *Hydrobiologia.* 178: 209–223.

Ibragimova A.G., Frolova L.A., Subetto D.A. et al. 2018. The changes in the composition of Cladocera community in bottom sediments of Lake Maloye Shirozero (Zaonezhsky Peninsula) as a consequence of shifts of environmental and climatic conditions. *IOP Publishing Limited. Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 107: 012029. DOI: [10.1088/1755-1315/107/1/012029](https://doi.org/10.1088/1755-1315/107/1/012029)

Korhola A., Rautio M. 2001. Cladocera and other branchiopod crustaceans. Tracking environmental change using lake sediments. *Zoological indicators.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 4: 125–165. DOI: [10.1007/0-306-47671-1_2](https://doi.org/10.1007/0-306-47671-1_2)

Kotov A.A. 2016. Faunistic complexes of the Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) of Eastern Siberia and the Far East of Russia. *Biology Bulletin.* 43 (9): 970–987. DOI: [10.1134/S1062359016090041](https://doi.org/10.1134/S1062359016090041)

Nazarova L., Syrykh L., Mayfield R. et al. 2020. Palaeoecological and palaeoclimatic conditions in Karelian Isthmus (north-western Russia) during the Holocene: multiproxy analysis of sediments from the Lake Medvedevskoe. *Quaternary research.* University of Washington. Cambridge University Press. 95: 65–83. DOI: [10.1017/qua.2019.88](https://doi.org/10.1017/qua.2019.88)

Szeroczyńska K., Sarmaja-Korjonen K. 2007. Atlas of Subfossil Cladocera from Central and Northern Europe. Świecie: Friends of the Lower Vistula Society.