



УДК 591.9+595.771

DOI 10.21685/2500-0578-2023-4-5

К ИЗУЧЕНИЮ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ *MICROPSECTRA RADIALIS* GOETGHEBUER, 1931 (DIPTERA, CHIRONOMIDAE)

Р. П. Горбунов

Государственный заповедник «Белогорье», пос. Борисовка, Белгородская обл., Россия
xobglor@gmail.com

Аннотация. *Micropsectra radialis* – унивольтинный холодноводный вид хирономид, характерный для про-
фундали высокогорных озер Западной Европы, встречающийся также в озерах Азии и регистрировавшийся
для малых рек Европейской России средней полосы, подверженных разгрузке подземных вод. В Неарктике
отмечен на острове Баффинова Земля. Таким образом, вид имеет разорванный ареал и, возможно, распро-
странен более широко, чем принято считать. Цель исследования – определить климатические факторы, лимити-
рующие распространение вида и предполагаемую область его распространения. Для этого были исследо-
ваны литературные данные о находках данного вида и проведено моделирование ареала с помощью
программы Maxent на основе 20 биоклиматических параметров и 119 точек. В результате выявлено два клю-
чевых биоклиматических параметра, регулирующих модель: средняя температура самого холодного квар-
тала и среднегодовая месячного диапазона температур. Первый параметр регулирует модель напрямую,
второй не оказывает прямого влияния на модель, но при его исключении точность модели значительно сни-
жается. Вероятно, первый параметр отражает биоклиматические условия Западной Европы, где зарегистри-
ровано большинство находок, второй же позволяет включить в модель немногочисленные находки из Азии.
Согласно полученной модели, предполагаемые регионы обитания вида в Неарктике: о. Ньюфаундленд, Вели-
кие Озера, горы Британской Колумбии, юг Аляски.

Ключевые слова: *Micropsectra radialis*, Chironomidae, распространение, ареал, моделирование ареала,
Maxent

Для цитирования: Горбунов Р. П. К изучению географического распространения *Micropsectra radialis*
Goetghebuer, 1931 (Diptera, Chironomidae) // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2023. Vol. 8 (4). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2023-4-5>

A BRIEF STUDY ON THE GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF *MICROPSECTRA RADIALIS* GOETGHEBUER, 1931 (DIPTERA, CHIRONOMIDAE)

R.P. Gorbunov

"Belogorye" State Reserve, Borisovka village, Belgorod Region, Russia
xobglor@gmail.com

Abstract. *Micropsectra radialis* is an univoltine cold-water species of chironomids, typical for high-mountain lakes
in Western Europe. Studies show its presence in lakes in Asia region and in small rivers with groundwater discharge
in the middle zone of European Russia. There was a record on Baffin Island in the Nearctic region. Thus, this species
has a discontinuous range and may be distributed more widely. The purpose of the study was to determine climatic
factors that limit the distribution of this species and the expected areas of its inhabitation. In order to research *M.*
radialis distribution we collected literature data on its findings and made range model, based on 20 bioclimatic
parameters and 119 locations using the Maxent program. There are two key bioclimatic parameters regulate the
model: the average temperature of the coldest quarter and the average annual monthly temperature range. The
first parameter directly affects the model, while the second one has very low direct contribution. Nevertheless,
excluding the second parameter significantly reduces the accuracy of the model. The first parameter probably
reflects the bioclimatic conditions of Western Europe with most of the findings, while the second parameter allows
including a few finds from Asia. According to the model, supposed habitats of the species in the Nearctic are
Newfoundland, the Great Lakes, the mountains of British Columbia, and southern Alaska.

Keywords: *Micropsectra radialis*, Chironomidae, distribution area, range, distribution modelling, Maxent

For citation: Gorbunov R.P. A brief study on the geographic distribution of *Micropsectra radialis* Goetghebuer, 1931 (Diptera, Chironomidae). Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2023;8(4). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2023-4-5>

Введение

Micropsectra radialis Goetghebuer, 1931 чаще всего характеризовался как палеарктический холодноводный вид [1, 2], обитающий на про- фундали высокогорных западноевропейских озер [3]. В более поздних работах его характери- зуют также как палеарктически-ориентальный [4] и палеарктический трансевразийский поли- дизъюнктивный вид [5].

Несмотря на то, что большинство находок вида зарегистрированы для озер и прудов, около 7 % находок в исследованной литературе отно- сятся к рекам и ручьям, как европейским, так и азиатским, в том числе самая южная находка на территории Непала [6]. На территории Рос- сии в экосистемах малых рек *M. radialis* отмечен для рек Дубенка и Орлик Белгородской области [7], где он ранее был идентифицирован как *Krenopsectra acuta* (Goetghebuer, 1934) и позже с помощью генетического анализа был опреде- лен как *M. radialis* (сообщение Орел О. В.). Име- ется также находка в р. Иргине на Среднем Урале [8]. В обоих случаях реки подвержены ин- тенсивной разгрузке родниковых вод. Кроме того, одна встреча вида была зарегистрирована в Непарктике, о. Баффинова Земля, как синоним *Lauterbornia coracina* Kieffer, 1911 [9].

Таким образом, кроме того, что вид предпо- читает холодные воды, он обладает определен- ной экологической пластичностью, позволяю- щей ему расселяться за пределы привычных высокогорных лимнических экосистем. В связи

с этим была поставлена цель провести модели- рование ареала вида с помощью программы Maxent [10] на основе собственных и литератур- ных данных о находках вида *M. radialis* и его си- нонимов *L. coracina* и *Micropsectra coracina* (Kieffer, 1911), и выявить параметры, лимитиру- ющие распространение, а также области потен- циальных находок.

Материалы и методы

Для моделирования ареала использовалась программа Maxent (Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions) Version 3.4.3, November 2020. Количество точек: 119, выход- ной формат значений модели логистический, процент случайных тестовых данных: 30. Для моделирования использовался набор растровых изображений возвышения и 19 биоклиматиче- ских параметров [11] с разрешением 2,5 минуты по данным 1970–2000 гг. Множитель регуляри- зации – 1, без использования репликаций, мак- симальное количество итераций – 500, порог конвергенции – 0,00001, распространенность по умолчанию – 0,5.

Результаты

Распространение вида на основе литератур- ных данных [1–9, 12–53] отображено на рис. 1 и отражает предполагаемую разорванность его ареала [5], определяемую специфическими усло- виями обитания.



Рис. 1. Распространение *M. radialis* на основе литературных данных

Fig.1. Distribution of *M. radialis* based on literature data

Было проведено около 30 моделирований с разными комбинациями параметров – как по всем 20, так и сгруппированным по характеру биоклиматических переменных (температура, осадки). С помощью jackknife-теста определялись наименее влияющие на модель и исключались. Далее снова проводились моделирования по отобранным параметрам. Кроме того, проводились промежуточные моделирования, где отобранные параметры группировались с уже исключенными с целью подтверждения результата.

В результате были выявлены два ключевых климатических параметра, регулирующих модель: средняя температура самого холодного квартала и среднегодовая месячного диапазона температур ($\max t^\circ - \min t^\circ$). По этим двум параметрам была построена заключительная модель ареала *M. radialis* с достаточной чувствительностью, как показывает график ROC-кривой (receiver operating characteristic, рабочая характеристика приемника), отраженный на рис. 2

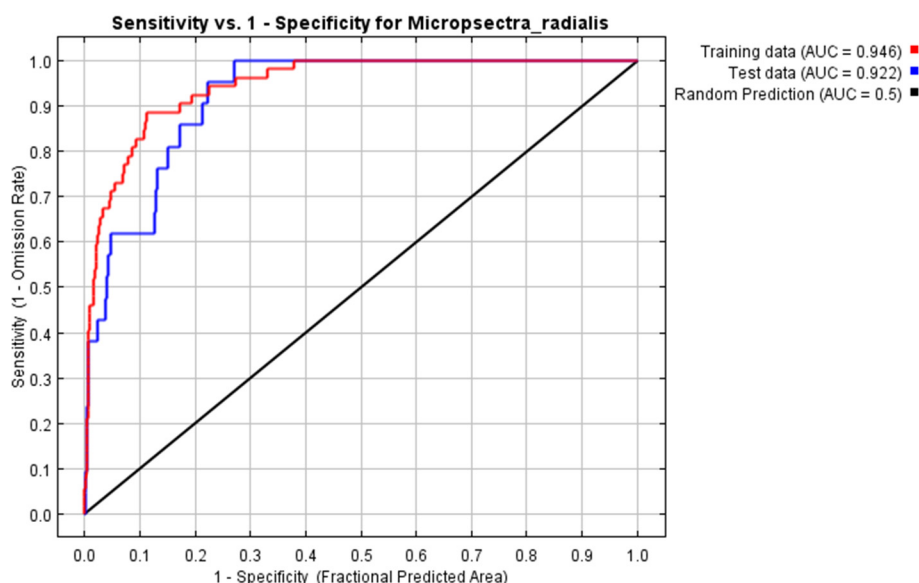


Рис. 2. ROC-кривая (receiver operating characteristic curve, кривая рабочей характеристики приемника) модели Maxent для *M. radialis*

Fig. 2. ROC curve (receiver operating characteristic curve) of the Maxent model for *M. radialis*

Вклад двух вышеупомянутых параметров в модель кардинально отличается. В то время как первая переменная эффективно регулирует модель напрямую, роль второй незначительна, однако, как показывает jackknife-тест (рис. 3), после его исключения точность модели значительно снижается. Любопытно, что высота

над уровнем моря не повлияла на построение модели.

Результат построения модели ареала *M. radialis* по этим двум параметрам (средняя температура самого холодного квартала и среднегодовая месячного диапазона температур) отображен на рис. 4.

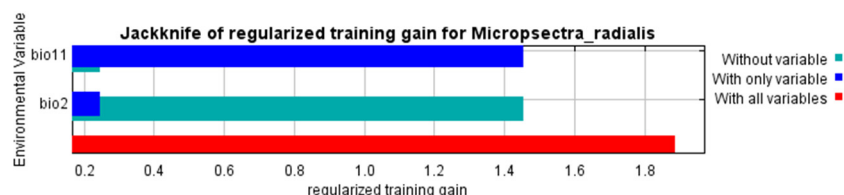


Рис. 3. Результат jackknife-теста модели Maxent для *M. radialis* по переменным средняя температура самого холодного квартала (bio11) и среднегодовая месячного диапазона температур (bio2).

Синие столбцы обозначают прирост точности модели при использовании только этой переменной, светло-синие столбцы обозначают прирост, потерянный при удалении переменной из полной модели, красная полоса указывает на прирост при использовании всех переменных

Fig. 3. Result of the jackknife test of the Maxent model for *M. radialis* according to the variables average temperature of the coldest quarter (bio11) and the average annual monthly temperature range (bio2). The blue bars indicate the increase in model accuracy when using only this variable, light blue bars indicate the increase lost when a variable is removed from the full model, red bars indicate the increase when all variables are used

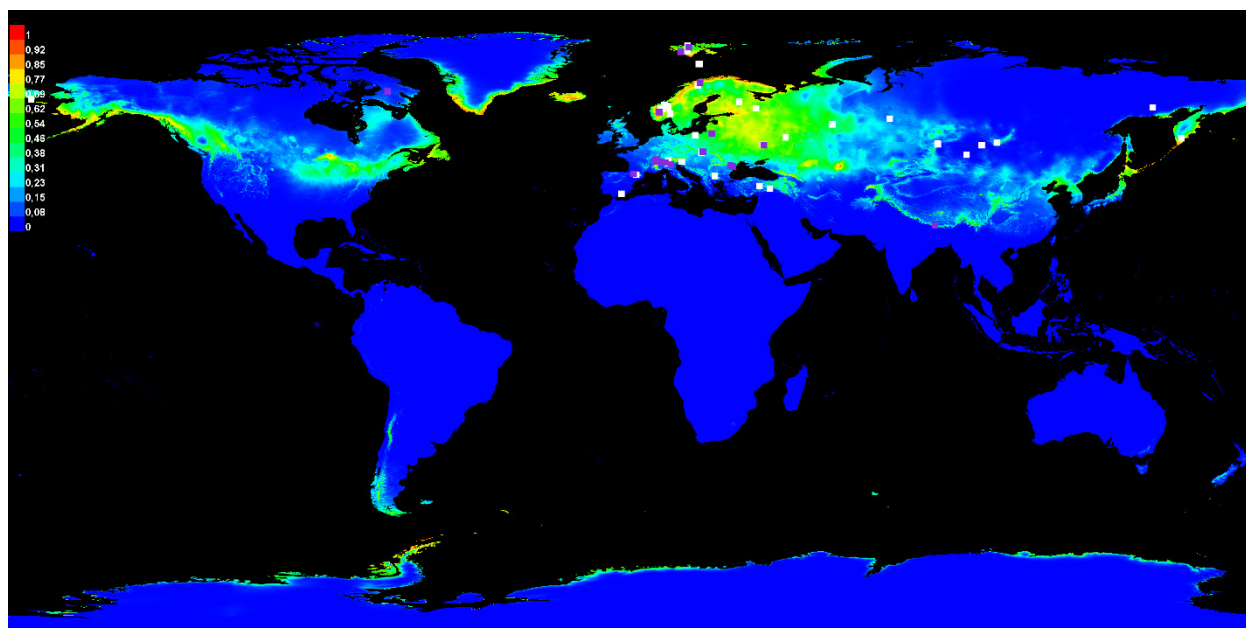


Рис. 4. Результат моделирования ареала *M. radialis* с помощью Maxent по переменным средняя температура самого холодного квартала и среднегодовая месячного диапазона температур ($\max t^\circ - \min t^\circ$).

Шкала отображает вероятность того, что условия для находки подходящие.

Точки обучающей выборки – белые квадраты, тестовой – фиолетовые

Fig. 4. The result of modeling the range of *M. radialis* using Maxent using the variables the average temperature of the coldest quarter and the average annual monthly temperature range ($\max t^\circ - \min t^\circ$).

The scale represents the likelihood that the conditions for the find are suitable.

The training sample points are white squares, the test sample points are purple squares.

Обсуждение

По-видимому, главная переменная – средняя температура самого холодного месяца – связана с основными зарегистрированными областями обитания *M. radialis* – высокогорными и полярными, и не только определяет спектр приемлемых конкурентных видов, но и отражает необходимый унивольтинному виду зимний период личиночного роста. Это также подчеркивает лимитирующее влияние личиночной стадии на распространение вида. Вторая переменная, вероятно, включает в модель находки вида в средних широтах, когда для его существования необходимо разбавление родниковыми олиготрофными водами, и при этом климат достаточно мягок, не допуская мелководным ручьевым водоемам вымерзания в зимний период и высушивания в летний.

Можно предположить, что экологическая лабильность вида позволяет ему выживать не только благодаря родникам, но и в других специфических водоемах, где сочетание олиготрофности, низкой температуры и отсутствия конкуренции предоставляет ему необходимую нишу для распространения. Трудности, с которыми связаны идентификация танитарзин и их систематика, а также региональные школы и мето-

дики, которыми руководствуются в их определении, могут маскировать реальное количество находок. Учитывая это, вполне вероятно, что ареал обитания *M. radialis* не столь разорван, как представляется, и имеет гомарктический характер, распространяясь также на Неарктику: о. Ньюфаундленд, Великие озера, горы Британской Колумбии и юг Аляски. При этом стоит учитывать, что в моделировании задействованы лишь климатические параметры, тогда как для развития вида на личиночной стадии наиболее важными являются гидрологические условия. Этим также может объясняться попадание ряда точек в область низкой вероятности обнаружения вида, где благоприятные гидрологические условия оказываются достаточными для распространения личинок несмотря на нехарактерный климат. Кроме того, на точность модели могли повлиять недостаток информации о распространении *M. radialis*, неравномерность плотности его регистраций и ошибочные определения.

Заключение

Анализ литературных данных показал широкий, но разорванный ареал обитания вида, приуроченный к холодноводным биотопам: высокогорным или находящимся под влиянием

разгрузки подземных вод. Моделирование ареала выявило два основных биоклиматических параметра, определяющих распространение вида: средняя температура самого холодного квартала и среднегодовая месячного диапазона

температур ($\max t^{\circ} - \min t^{\circ}$). Полученная модель позволяет предположить наличие вида на территории Неварктики: о. Ньюфаундленд, регион Великих озер, горы Британской Колумбии и юг Аляски.

Список литературы

1. Gilka W., Jazdzewska N. Description of a new species in the *Micropsectra atrofasciata* group, with notes on rare Tanytarsini in Poland (Diptera: Chironomidae) // Polish Journal of Entomology. 2012. Vol. 81, № 2. P. 157–164. doi: 10.2478/v10200-012-0004-0
2. Макаrenchенко Е. А., Макаrenchенко М. А., Зорина О. В. [и др.]. Новые данные по фауне хирономид (Diptera, Chironomidae) полуострова Камчатка // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. 2011. № 5. С. 307–328.
3. Andric M., Massaferrero J., Eicher U. [et al.]. A multi-proxy Late-glacial palaeoenvironmental record from Lake Bled, Slovenia // Hydrobiologia. 2009. Vol. 631. P. 121–141. doi: 10.1007/s10750-009-9806-9
4. Hubenov Z. Species composition and distribution of the dipterans (Insecta: Diptera) in Bulgaria. Sofia : Pensoft pub, 2021. 276 p.
5. Орел О. В. Фауна комаров-звонцов подсемейства Chironominae (Diptera, Chironomidae) Крайнего Северо-Востока Азии // Евразийский энтомологический журнал. 2018. Т. 17, № 3. С. 191–200.
6. Janetschek H. Als Zoologe am Dach der Welt: faunistisch-ökologisch-biozönotische Ergebnisse der 2. Expedition des Forschungsunternehmens Nepal Himalaya in den Khumbu Himal. Innsbruck : Wagner, 1990. 119 p.
7. Силина А. Е. Трофическая структура сообщества макрозообентоса водоемов в 30-км зоне влияния Лебединского ГОКа // Региональные геосистемы. 2011. Т. 16, № 15. С. 19–31.
8. Крашениников А. Б. *Bryophaenocladus evanmaki* sp.n. – новый вид хирономид (Diptera, Chironomidae, Orthocladinae) с Урала // Евразийский энтомологический журнал. 2022. Т. 21. С. 16–18.
9. Oliver D. R. A limnological investigation of a large arctic lake, Nettilling Lake, Baffin Island // Arctic. 1964. Vol. 17, № 2. P. 69–83.
10. Phillips S. J., Dudík M., Schapire R. E. Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.3). 2023. URL: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/ (дата обращения: 04.05.2023).
11. Historical climate data // WorldClim. URL: <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html> (дата обращения: 04.05.2023).
12. Кравцова Л. С., Перетолчина Т. Е., Трибой Т. И. Исследование разнообразия гидробионтов Лиственничного залива озера Байкал с использованием ДНК-метабаркодирования // Генетика. 2021. Т. 57, № 4. С. 445–453.
13. Кучко Я. А., Ильмаст Н. В., Кучко Т. Ю. Гидробиоценозы озера Тулос (Юго-Западная Карелия) // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8, № 1. С. 54–58. doi: 10.17816/snv201981108
14. Руднева Л. В. Таксономический состав и пространственное распределение хирономид (Diptera, Chironomidae) Телецкого озера и его притоков // Сибирский экологический журнал. 2000. Т. 7, № 4. С. 485–490.
15. Сенкевич А. В., Стойко Т. Г. Сообщества гидробионтов (зоопланктон и зообентос) Архангельского пруда в Каменском районе Пензенской области (среднее Поволжье) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2015. № 2. С. 84–93.
16. Сидорова А. И. Современное состояние макрозообентоса в глубоководной части Онежского озера // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2017. № 6. С. 82–89.
17. Шарапова Т. А. К изучению зообентоса бассейна Р. Демьянки // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2012. № 12. С. 111–118.
18. Aagard K., Solem J. O., Bongard T., Hanssen O. Studies of aquatic insects in the Atna River 1987–2002 // Hydrobiologia. 2004. Vol. 521. P. 87–105.
19. Aydin G. B. Contributions to the faunistic knowledge of Chironomidae (Diptera) of Turkey based on the adult males collected around Hazar Lake (Elazığ) // Journal of the Entomological Research Society. 2022. Vol. 24, № 3. P. 375–387.
20. Ayuushsuren C., Shcherbina G. K. Species composition and structure of macrozoobenthos in Lake Ulaagchyn Khar (Mongolia) // Inland water biology. 2015. Vol. 8. P. 366–372. doi: 10.1134/S1995082915040045
21. Bezmaternykh V. V., Shcherbina G. K. Size-weight characteristics of the late instar larvae of chironomids (Diptera, Chironomidae) in Lake Vishtynetskoye // Inland water biology. 2015. Vol. 8. P. 319–324.
22. Bigler C., Grahn E., Larocque I. [et al.]. Holocene environmental change at Lake Njulla (999 m a.s.l.), northern Sweden: a comparison with four small nearby lakes along an altitudinal gradient // Journal of Paleolimnology. 2003. Vol. 29. P. 13–29.
23. Bitušik P. Chironomids (Diptera: Chironomidae) of the mountain lakes in the Tatra Mts. (Slovakia) // Dipterologica bohemoslovaca. 2004. Vol. 12. P. 25–33.
24. Bitušik P., Dobříková D., Pipik R., Hamerlik L. Relict chironomid communities surviving in the coldest High Tatra Mountain lakes confirmed by a palaeolimnological survey // Biologia. 2017. Vol. 72, № 8. P. 965–969.
25. Divrik M. T., Lacin O. M., Kalkan K., Yurtoglu S. Determination of Benthic Macroinvertebrate Fauna and Some Physicochemical Properties of Kanak Dam Lake (Şarkışla–Sivas) // Aquatic Sciences and Engineering. 2021. Vol. 36, № 1. P. 1–10.

26. European Bioinformatics Institute (EMBL-EBI), GBIF Helpdesk (2023). INSDC Sequences. Version 1.25. European Nucleotide Archive (EMBL-EBI). Occurrence dataset. 2023. doi: 10.15468/sbmztx
27. Finnish Biodiversity Information Facility. Lajitietokeskus/FinBIF – Notebook, general observations. Occurrence dataset. 2023. doi: 10.15468/4g56tp
28. Fjellheim A., Raddum G. G., Vandvik V. [et al.]. Diversity and distribution patterns of benthic invertebrates along alpine gradients. A study of remote European freshwater lakes // *Advances in Limnology*. 2009. Vol. 62. P. 167–190.
29. Hårsaker K., Daverdin M. Freshwater benthic invertebrates ecological collection NTNU University Museum. Version 1.700. Norwegian University of Science and Technology. Sampling event dataset. 2023. doi: 10.15468/k1pumk
30. Boggero A., Dumnicka E., Fornaroli R. [et al.]. Geotargeting spatial and temporal data of Italian freshwater high-altitude macroinvertebrates. Version 1.8. Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque. Occurrence dataset. 2022. doi: 10.15468/mzhrqh
31. Gilka W. A faunistic review of chironomids of the tribe Tanytarsini (Diptera: Chironomidae) of the Tatra National Park // *Dipteron*. 2007. Vol. 23. P. 11–17.
32. Guilizzoni P., Marchetto A., Lami A. [et al.]. The environmental history of a mountain lake (Lago Paione Superiore, Central Alps, Italy) for the last c. 100 years: a multidisciplinary, palaeolimnological study // *Journal of Paleolimnology*. 1996. Vol. 15. P. 245–264.
33. Hamerlík L., Bitušík P. The distribution of littoral chironomids along an altitudinal gradient in High Tatra Mountain lakes: Could they be used as indicators of climate change? // *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*. EDP Sciences. 2009. Vol. 45, № 3. P. 145–156. doi: 10.1051/limn/2009021
34. Hubenov Z. The Dipterans (Insecta: Diptera) of the Rila Mountains // *Historia naturalis bulgarica*. 2016. Vol. 23. P. 37–99.
35. Jazdzewska N. Description of a new species in the group, with notes on rare Tanytarsini in Poland (Diptera: Chironomidae) // *Polish Journal of Entomology*. 2012. Vol. 81, № 2. P. 157–164.
36. Lang C., Lods-Crozet B. Oligochaetes versus chironomids as indicators of trophic state in two Swiss lakes recovering from eutrophication // *Archiv für Hydrobiologie*. 1997. Vol. 139, № 2. P. 187–195.
37. Laville H. Inventaire 1980 des chironomides (Diptera) connus des Pyrénées // *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*. EDP Sciences. 1980. Vol. 16, № 3. P. 211–223.
38. Lencioni V., Rossaro B. Chironomid assemblages in different alpine stream types // *Proceedings of the XV International Symposium on Chironomidae*. 2010. Vol. 385.
39. Lencioni V., Moubayed-Breil J. Urban chironomid fauna (Diptera: Chironomidae) visiting the streets of Verona along the Adige River banks and adjacent springs // *Storia naturale della città di Verona*. Roma, 2021. P. 157–170.
40. Lods-Crozet B., Oertli B., Robinson C. T. Long-term patterns of chironomid assemblages in a high elevation stream/lake network (Switzerland) – Implications to global change // *Fauna norvegica*. 2012. Vol. 31. P. 71.
41. Mousavi S. K., Amundsen P. A. Seasonal variations in the profundal Chironomidae (Diptera) assemblage of a subarctic lake // *Boreal Environment Research*. 2012. Vol. 17, № 2. P. 102–113.
42. Astrom J. National insect monitoring in Norway. Version 1.7. Norwegian Institute for Nature Research. Sampling event dataset. 2022. doi: 10.15468/2jwnc6
43. Novíkmec M., Veselská M., Bitušík P. [et al.]. Checklist of benthic macroinvertebrates of high altitude ponds of the Tatra Mountains (Central Europe) with new records of two species for Slovakia // *Check List*. 2015. Vol. 11, № 1. P. 1–12.
44. Pauwels O., Samyn Y., Vandenberghe T. RBINS DaRWIn. Royal Belgian Institute of Natural Sciences. Occurrence dataset. 2021. doi: 10.15468/qxy4mc
45. Rieradevall M., Jiménez M., Prat N. The zoobenthos of six remote high mountain lakes in Spain and Portugal // *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*. 1998. Vol. 26, № 4. P. 2132–2136. doi: 10.1080/03680770.1995.11901120
46. Rieradevall M., Bonada N., Prat N. Substrate and depth preferences of macroinvertebrates along a transect in a Pyrenean high mountain lake (Lake Redó, NE Spain) // *Limnetica*. 1999. Vol. 17. P. 127–134.
47. Rossaro B., Laura M., Magoga G. [et al.]. An updated list of chironomid species from Italy with biogeographic considerations (Diptera, Chironomidae) // *Biogeographia – The Journal of Integrative Biogeography*. 2019. Vol. 34. P. 59–85. doi: 10.21426/B634043047
48. Tatole V. The chironomidae diversity in lentic and lotic ecosystems from north dobroudja, Romania // *Muzeul Olteniei Craiova. Oltenia. Studii si comunicari. Stiintele Naturii*. 2009. Vol. 25. P. 153–160.
49. Tátošová J., Stuchlík E. Seasonal dynamics of chironomids in the profundal zone of a mountain lake (L'adové pleso, the Tatra Mountains, Slovakia) // *Biologia*. 2006. Vol. 61. P. 203–212.
50. Hårsaker K., Aspaas A. M., Dolmen D. [et al.]. Terrestrial and limnic invertebrates systematic collection, NTNU University Museum. Version 1.1124. Norwegian University of Science and Technology. Occurrence dataset. 2023. doi: 10.15468/fsreqb
51. The International Barcode of Life Consortium. International Barcode of Life project (iBOL). Occurrence dataset. 2023. doi: 10.15468/inygc6
52. UiT The Arctic University of Norway. Entomology collection, UiT Tromsø Museum. Version 1.1636. Occurrence dataset. 2023. doi: 10.15468/sdixho

53. Ždanov A. A., Erbaeva E. A., Varychanova K. V., Rožkova N. A. Erforschung biologischer Ressourcen der Mongolei // Wasserinsekten des Chubsugul-Sees in der Nordmongolei. Lincoln, 1989. P. 69–75.

References

1. Gilka W., Jazdzewska N. Description of a new species in the Micropsectra atrofasciata group, with notes on rare Tanytarsini in Poland (Diptera: Chironomidae). *Polish Journal of Entomology*. 2012;81(2):157–164. doi: 10.2478/v10200-012-0004-0
2. Makarchenko E.A., Makarchenko M.A., Zorina O.V. et al. New data on the chironomid fauna (Diptera, Chironomidae) of the Kamchatka Peninsula. *Chteniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova* = Readings commemorating Vladimir Levanidov. 2011;(5):307–328. (In Russ.)
3. Andric M., Massaferrero J., Eicher U. et al. A multi-proxy Late-glacial palaeoenvironmental record from Lake Bled, Slovenia. *Hydrobiologia*. 2009;631:121–141. doi: 10.1007/s10750-009-9806-9
4. Hubenov Z. *Species composition and distribution of the dipterans (Insecta: Diptera) in Bulgaria*. Sofia: Pensoft pub, 2021:276.
5. Orel O.V. Fauna of chironomids of the subfamily Chironominae (Diptera, Chironomidae) of the Far Northeast Asia. *Evrasijskiy entomologicheskij zhurnal* = Eurasian Entomological Journal. 2018;17(3):191–200. (In Russ.)
6. Janetschek H. *Als Zoologe am Dach der Welt: faunistisch-ökologisch-biozönotische Ergebnisse der 2. Expedition des Forschungsunternehmens Nepal Himalaya in den Khumbu Himal*. Innsbruck: Wagner, 1990:119.
7. Silina A.E. Trophic structure of the macrozoobenthos community of water bodies in the 30-km zone of influence of Lebedinsky ore mining and processing plant. *Regional'nye geosistemy* = Regional geosystems. 2011;16(15):19–31. (In Russ.)
8. Krashennikov A.B. Bryophaenocladus evanmaki sp.n. – a new species of chironomids (Diptera, Chironomidae, Orthocladinae) from the Urals. *Evrasijskiy entomologicheskij zhurnal* = Eurasian Entomological Journal. 2022;21:16–18. (In Russ.)
9. Oliver D.R. A limnological investigation of a large arctic lake, Nettilling Lake, Baffin Island. *Arctic*. 1964;17(2):69–83.
10. Phillips S.J., Dudík M., Schapire R.E. *Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.3)*. 2023. Available at: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/ (accessed 04.05.2023).
11. Historical climate data. *WorldClim*. Available at: <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html> (accessed 04.05.2023).
12. Kravtsova L.S., Peretolchina T.E., Triboy T.I. Study of the diversity of hydrobionts in the Listvennichny Bay of Lake Baikal using DNA metabarcoding *Genetika* = Genetics. 2021;57(4):445–453. (In Russ.)
13. Kuchko Ya.A., Il'mast N.V., Kuchko T.Yu. Hydrobiocenoses of Lake Thulos (Southwestern Karelia). *Samarskiy nauchnyy vestnik* = Samara Scientific Bulletin. 2019;8(1):54–58. (In Russ.). doi: 10.17816/snv201981108
14. Rudneva L.V. Taxonomic composition and spatial distribution of chironomids (Diptera, Chironomidae) of Lake Teletskoye and its tributaries. *Sibirskiy ekologicheskij zhurnal* = Siberian journal of ecology. 2000;7(4):485–490. (In Russ.)
15. Senkevich A.V., Stoyko T.G. Communities of hydrobionts (zooplankton and zoobenthos) of the Arkhangelsk pond in the Kamensky district of the Penza region (middle Volga region). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* = University proceedings. Volga region. Natural sciences. 2015;(2):84–93. (In Russ.)
16. Sidorova A.I. Current state of macrozoobenthos in the deep-sea part of Lake Onega. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* = Bulletin of Petrozavodsk State University. 2017;(6):82–89. (In Russ.)
17. Sharapova T.A. To the study of zoobenthos in the R. Demyanka basin. *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya* = Bulletin of ecology, forestry and landscape science. 2012;(12):111–118. (In Russ.)
18. Aagard K., Solem J.O., Bongard T., Hanssen O. Studies of aquatic insects in the Atna River 1987–2002. *Hydrobiologia*. 2004;521:87–105.
19. Aydin G.B. Contributions to the faunistic knowledge of Chironomidae (Diptera) of Turkey based on the adult males collected around Hazar Lake (Elazığ). *Journal of the Entomological Research Society*. 2022;24(3):375–387.
20. Ayuushsuren C., Shcherbina G.K. Species composition and structure of macrozoobenthos in Lake Ulaagchny Khar (Mongolia). *Inland water biology*. 2015;8:366–372. doi: 10.1134/S1995082915040045
21. Bezmaternykh V.V., Shcherbina G.K. Size-weight characteristics of the late instar larvae of chironomids (Diptera, Chironomidae) in Lake Vishtynetskoye. *Inland water biology*. 2015;8:319–324.
22. Bigler C., Grahn E., Larocque I. et al. Holocene environmental change at Lake Njulla (999 m a.s.l.), northern Sweden: a comparison with four small nearby lakes along an altitudinal gradient. *Journal of Paleolimnology*. 2003;29:13–29.
23. Bitušik P. Chironomids (Diptera: Chironomidae) of the mountain lakes in the Tatra Mts. (Slovakia). *Dipterologica bohemoslovaca*. 2004;12:25–33.
24. Bitušik P., Dobříková D., Pipik R., Hamerlik L. Relict chironomid communities surviving in the coldest High Tatra Mountain lakes confirmed by a palaeolimnological survey. *Biologia*. 2017;72(8):965–969.

25. Divrik M.T., Lacin O.M., Kalkan K., Yurtoglu S. Determination of Benthic Macroinvertebrate Fauna and Some Physicochemical Properties of Kanak Dam Lake (Şarkışla–Sivas). *Aquatic Sciences and Engineering*. 2021;36(1):1–10.
26. European Bioinformatics Institute (EMBL-EBI), GBIF Helpdesk (2023). INSDC Sequences. Version 1.25. *European Nucleotide Archive (EMBL-EBI)*. Occurrence dataset. 2023. doi: 10.15468/sbmztx
27. Finnish Biodiversity Information Facility. Lajitietokeskus/FinBIF – Notebook, general observations. Occurrence dataset. 2023. doi: 10.15468/4g56tp
28. Fjellheim A., Raddum G.G., Vandvik V. et al. Diversity and distribution patterns of benthic invertebrates along alpine gradients. A study of remote European freshwater lakes. *Advances in Limnology*. 2009;62:167–190.
29. Hårsaker K., Daverdin M. *Freshwater benthic invertebrates ecological collection NTNU University Museum. Version 1.700*. Norwegian University of Science and Technology. Sampling event dataset. 2023. doi: 10.15468/k1pumk
30. Boggero A., Dumnicka E., Fornaroli R. et al. *Geotargeting spatial and temporal data of Italian freshwater high-altitude macroinvertebrates. Version 1.8*. Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque. Occurrence dataset. 2022. doi: 10.15468/mzhrqh
31. Gilka W. A faunistic review of chironomids of the tribe Tanytarsini (Diptera: Chironomidae) of the Tatra National Park. *Dipteron*. 2007;23:11–17.
32. Guilizzoni P., Marchetto A., Lami A. [et al.]. The environmental history of a mountain lake (Lago Paione Superiore, Central Alps, Italy) for the last c. 100 years: a multidisciplinary, palaeolimnological study. *Journal of Paleolimnology*. 1996;15:245–264.
33. Hamerlík L., Bitušík P. The distribution of littoral chironomids along an altitudinal gradient in High Tatra Mountain lakes: Could they be used as indicators of climate change? *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology. EDP Sciences*. 2009;45(3):145–156. doi: 10.1051/limn/2009021
34. Hubenov Z. The Dipterans (Insecta: Diptera) of the Rila Mountains. *Historia naturalis bulgarica*. 2016;23:37–99.
35. Jazdzewska N. Description of a new species in the group, with notes on rare Tanytarsini in Poland (Diptera: Chironomidae). *Polish Journal of Entomology*. 2012;81(2):157–164.
36. Lang C., Lods-Crozet B. Oligochaetes versus chironomids as indicators of trophic state in two Swiss lakes recovering from eutrophication. *Archiv für Hydrobiologie*. 1997;139(2):187–195.
37. Laville H. Inventaire 1980 des chironomides (Diptera) connus des Pyrénées. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology. EDP Sciences*. 1980;16(3):211–223.
38. Lencioni V., Rossaro B. Chironomid assemblages in different alpine stream types. *Proceedings of the XV International Symposium on Chironomidae*. 2010:385.
39. Lencioni V., Moubayed-Breil J. Urban chironomid fauna (Diptera: Chironomidae) visiting the streets of Verona along the Adige River banks and adjacent springs. *Storia naturale della città di Verona*. Roma, 2021:157–170.
40. Lods-Crozet B., Oertli B., Robinson C.T. Long-term patterns of chironomid assemblages in a high elevation stream/lake network (Switzerland) – Implications to global change. *Fauna norvegica*. 2012;31:71.
41. Mousavi S.K., Amundsen P.A. Seasonal variations in the profundal Chironomidae (Diptera) assemblage of a subarctic lake. *Boreal Environment Research*. 2012;17(2):102–113.
42. Astrom J. *National insect monitoring in Norway. Version 1.7*. Norwegian Institute for Nature Research. Sampling event dataset. 2022. doi: 10.15468/2jwnc6
43. Novíkmec M., Veselská M., Bitušík P. et al. Checklist of benthic macroinvertebrates of high altitude ponds of the Tatra Mountains (Central Europe) with new records of two species for Slovakia. *Check List*. 2015;11(1):1–12.
44. Pauwels O., Samyn Y., Vandenbergh T. *RBINS DaRWIn*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences. Occurrence dataset. 2021. doi: 10.15468/qxy4mc
45. Rieradevall M., Jiménez M., Prat N. The zoobenthos of six remote high mountain lakes in Spain and Portugal. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*. 1998;26(4):2132–2136. doi: 10.1080/03680770.1995.11901120
46. Rieradevall M., Bonada N., Prat N. Substrate and depth preferences of macroinvertebrates along a transect in a Pyrenean high mountain lake (Lake Redó, NE Spain). *Limnetica*. 1999;17:127–134.
47. Rossaro B., Laura M., Magoga G. et al. An updated list of chironomid species from Italy with biogeographic considerations (Diptera, Chironomidae). *Biogeographia – The Journal of Integrative Biogeography*. 2019;34:59–85. doi: 10.21426/B634043047
48. Tatole V. The chironomidae diversity in lentic and lotic ecosystems from north dobroudja, Romania. *Muzeul Olteniei Craiova. Oltenia. Studii si comunicari. Stiintele Naturii*. 2009;25:153–160.
49. Tátošová J., Stuchlík E. Seasonal dynamics of chironomids in the profundal zone of a mountain lake (L'adové pleso, the Tatra Mountains, Slovakia). *Biologia*. 2006;61:203–212.
50. Hårsaker K., Aspaas A.M., Dolmen D. et al. *Terrestrial and limnic invertebrates systematic collection, NTNU University Museum. Version 1.1124*. Norwegian University of Science and Technology. Occurrence dataset. 2023. doi: 10.15468/fsreqb
51. *The International Barcode of Life Consortium. International Barcode of Life project (iBOL)*. Occurrence dataset. 2023. doi: 10.15468/inygc6
52. *UiT The Arctic University of Norway. Entomology collection, UiT Tromsø Museum. Version 1.1636*. Occurrence dataset. 2023. doi: 10.15468/sdixho
53. Ždanov A.A., Erbaeva E.A., Varychanova K.V., Rožkova N.A. Erforschung biologischer Ressourcen der Mongolei. *Wasserinsekten des Chubsugul-Sees in der Nordmongolei*. Lincoln, 1989:69–75.