

УДК 551.89

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О РАЗВИТИИ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА В ГОЛОЦЕНЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ХИРОНОМИДНОГО И ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗОВ

Л. С. Сырых^{1,2}, Л. Б. Назарова^{3,4}, Д. А. Субетто^{1,2}

¹ *Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

² *Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена*

³ *Институт Земли и экологических наук, Потсдамский университет, Германия*

⁴ *Казанский (Приволжский) федеральный университет*

Основная задача данного исследования состоит в реконструкции и анализе изменений природно-климатических условий голоцена для Карельского перешейка. Весной 2012 года были отобраны образцы донных отложений оз. Медведевского. По данным AMS-датирования установлен возраст осадков, который охватывает позднеледниковье и весь голоцен. Комплексный анализ донных отложений включил в себя литологический, LOI и хирономидный анализы. По результатам хирономидного анализа было выделено четыре стратиграфические зоны и составлена реконструкция природных обстановок, соответствующих выделенным зонам.

К л ю ч е в ы е с л о в а: хирономидный анализ, голоцен, реконструкция климатических условий, Карельский перешеек.

L. S. Syrykh, L. B. Nazarova, D. A. Subetto. PRELIMINARY DATA ON CLIMATE DEVELOPMENT IN THE TERRITORY OF THE KARELIAN ISTHMUS IN THE HOLOCENE BASED ON THE RESULTS OF CHIRONOMIDS AND LITHOLOGICAL ANALYSIS

The main objective of this study was to reconstruct and analyze changes in the natural and climatic conditions in the Karelian Isthmus over the Holocene. Bottom sediment samples from Lake Medvedevskoye were taken in the spring 2012. The sediments were AMS dated, and the datings were found to embrace the Late Glacial period and the entire Holocene. The integrated treatment of the bottom sediments included lithological, LOI and chironomid analyses. Based on the results of chironomid analysis, four stratigraphic zones were distinguished, and the natural environments corresponding to these zones were reconstructed.

Key words: chironomid analysis, Holocene, reconstruction of climatic conditions, Karelian Isthmus.

Введение

Реконструкция природных условий позднеледниковья и голоцена для перигляциальных

территорий – актуальная проблема современной науки [Nazarova, 2013a; Sundqvist et al., 2014]. Источником информации о развитии климата удаленного исторического прошлого

по-прежнему остаются природные архивы (донные отложения озер, почвы, лед и др.). Наиболее полная картина условий прошлого может быть восстановлена путем комплексного исследования природных архивов, с тем чтобы информация, полученная при изучении отдельных индикаторных групп, позволяла реконструировать экологические условия прошлого с высокой степенью точности [Self et al., 2011]. Использование хорошо сохраняющихся в донных отложениях остатков головных капсул хирономид для целей палеоклиматологии становится все более популярным. Благодаря космополитному распространению, которое в глобальном масштабе лимитируется температурой, хирономиды являются одними из лучших индикаторов климата [Brooks, Birks, 2001] и обладают значительным потенциалом для оценки и других экологических изменений. Иными словами, на основе хирономидного анализа может быть получена не только количественная реконструкция климатических показателей, но и составлена качественная, т. е. возможно воссоздать картину изменения природных обстановок: динамику уровня воды в водоемах, изменение трофности водоема, распространение прибрежной растительности и зарастание водоема. Основа для достоверных количественных палеореконовструкций с применением биоиндикаторных организмов, и хирономид в частности, – статистические модели, разработанные на основе региональных калибровочных баз данных. За последние десятилетия такие базы данных и модели были разработаны и широко применяются в Северной

Европе и Северной Америке [Larocque et al., 2001; Barley et al., 2006]. Совсем недавно подобные модели были созданы и стали применяться и в России [Nazarova, 2008, 2011], позволяя получать реконструкции палеоклимата с высокой степенью точности [Self et al., 2011; Nazarova et al., 2013a, b].

Целью нашего исследования было проведение реконструкции палеоэкологических условий голоцена на территории Карельского перешейка на основе анализа колонки донных отложений озера Медведевское, с использованием хирономид (Diptera: Chironomidae) в качестве индикаторной группы и российской статистической хирономидной модели [Nazarova, 2011].

Объектом исследования выбрано озеро Медведевское, Карельский перешеек (60°14' с. ш., 29°54' в. д., 102,2 м н. у. м.). Это небольшое мелководное озеро: площадь зеркала воды составляет 0,44 км², максимальная глубина – около 4 м (рис. 1). Оз. Медведевское расположено на Центральной возвышенности Карельского перешейка, в зоне распространения возвышенностей на валунных (моренных) суглинках и супесях. Берега отлогие, местами низкие, песчано-каменистые и суглинистые, покрыты лиственным лесом с примесью хвойных пород. Восточный и западный берега заболочены. Дно озера преимущественно песчано-каменистое, местами присутствуют заиленные участки. Вода светлая и прозрачная. Загрязнение озера незначительное. Зарастаемость – около 20 % площади. Летнего «цветения» воды практически нет [Субетто, 2009; Андроников и др., 2014].



Рис. 1. Местонахождение озера Медведевского, Карельский перешеек

Колонка донных отложений № 1		
№ гор-та	Глубина, см	Описание
1	235–318	Темно-коричневая органогенная гиттия. Нижняя граница резкая
2	318–330	Зеленовато-серая с буроватыми прослойками глинистая гиттия
Колонка донных отложений № 2		
1	260–410	Темно-бурая органогенная гиттия с включениями детрита в верхней части 40 см
2	410–430	Темно-бурая органогенная гиттия с полосчатостью. Верхняя граница нечеткая
3	430–432	Мхи
4	432–453	Зеленовато-серая глинисто-алевритовая гиттия. Нижняя граница четкая
5	453–502	Темно-серая плотная алевритовая глина с примесью песка. На глубине 498 см темный прослой

Благодаря своему высотному положению и малой площади водосборного бассейна оно, во-первых, не заливалось водами крупных приледниковых водоемов после дегляциации Карельского перешейка и, во-вторых, характеризуется непрерывным осадконакоплением и преобладанием в осадках автохтонной и эоловой составляющих [Субетто, 2009].

Материалы и методы

Весной 2012 года со льда были отобраны две колонки донных отложений: на мелководье (длина колонки 1 м) и в глубокой части озера (длина 2,5 м), для выполнения литологического анализа, LOI и хирономидного анализа. Донные отложения представлены позднеледниковыми серыми песками и глинами и голоценовыми темно-бурыми органогенными илами (табл.). В ранних исследованиях этого разреза было выявлено наличие в нем тонкого прослоя вулканического пепла Ведде, датируемого 12,0 тыс. к. л. н. [Andronikov, Subetto, 2014], а также были обнаружены следы метеоритного удара в позднедриасовых осадках [Андроников и др., 2014; Subetto et al., 2014].

Образцы исследуемой колонки донных отложений были продатированы методом ускорительной масс-спектрометрии (^{14}C AMS-методом): по данным анализа, возраст колонки охватывает период позднеледниковья и весь голоцен.

Хирономидный анализ

Для хирономидного анализа были отобраны образцы донных отложений через каждые 6 см. Обработку проб донных осадков проводили по стандартной методике [Brooks, 2007]. Определение проводили по современному специализированному определителю [Brooks, 2007; Self

et al., 2011] и национальной коллекции хирономид Музея Естественной Истории, Лондон, Великобритания. Диаграмма построена в программе C2. Биоразнообразие и выравненность хирономидных сообществ были оценены с помощью индексов Шеннона (H) и Пиелу (I). Для исследования общих тенденций изменений видового состава был использован метод непрямых компонент (Principal component analysis, PCA). Реконструкция среднеиюльской температуры (Т июля) воздуха составлена по российской хирономидной модели [Назарова, 2013].

Все проанализированные таксоны принадлежат к четырем родам: Chironominae, Orthoclaadiinae, Tanypodinae, Diamesinae. Доминантные таксоны относятся к трем родам: Chironominae триба Chironomini (*Dicrotendipes nervosus*-type, *Microtendipes pedellus*-type, *Sergentia coracina*-type) и Tanytarsini (*Corynocera ambigua*, *Micropsectra insignilobus*-type, *Paratanytarsus austriacus*-type), Tanypodinae (*Procladius*) и Orthoclaadiinae (*Psectrocladius sordidellus*-type, *Heterotanytarsus*, *Heterotrissocladus maeaeri*-type 1, *Zalutschia zalutschicola*-type). Ни один вид не встречается во всех исследуемых образцах. Наиболее распространены *Tanytarsus mendax*-type и *Psectrocladius sordidellus*-type, они встречаются во всех зонах [Syrykh et al., 2014a, b].

Послойный кластерный анализ позволил выделить четыре основные зоны.

Зона 1: интервал 456–492 см (10 431–8300 лет до н. д.) соответствует переходному периоду от позднеледниковья к голоцену. Видовое разнообразие невелико, в каждой пробе представлено 13–14 таксонов. Среднее значение $H = 2$ и $I = 0,6$. Доминирующими являются таксоны-индикаторы умеренных или прохладных температур (*Sergentia coracina*-type, *Micropsectra insignilobus*-type, *Heterotrissocladus maeaeri*-type 1). Также отмечается

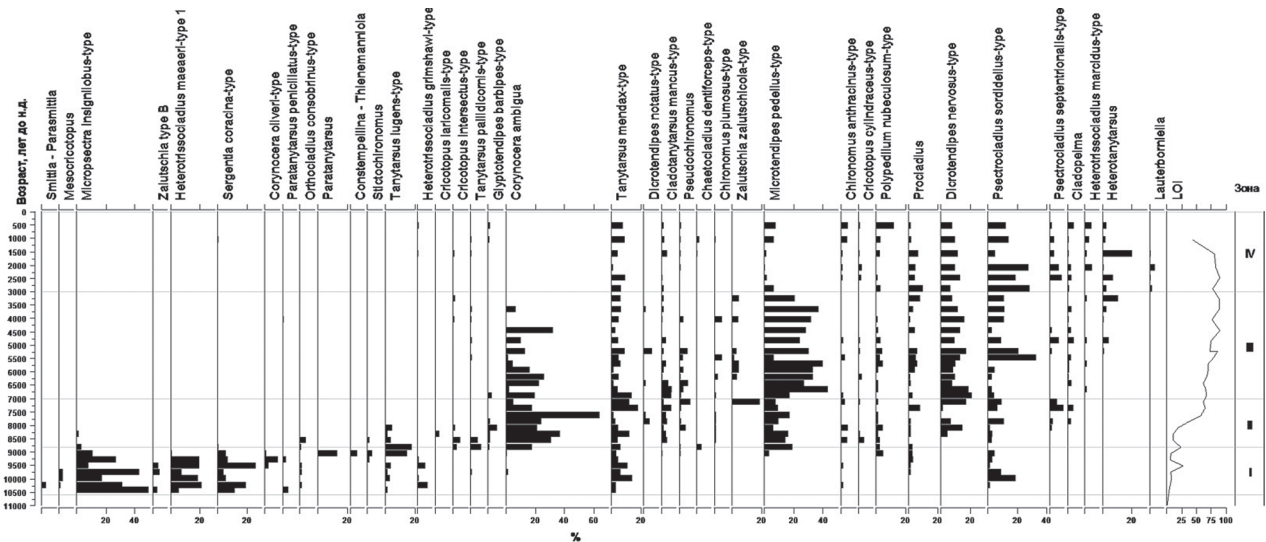


Рис. 2. Стратиграфическое распространение таксонов хирономид в донных отложениях оз. Медведовское и LOI

присутствие в достаточно большом количестве *Zalutschia type B*, *Paratanytarsus penicillatus-type*, *Heterotrissocladus grimshawi-type* и других холодноводных таксонов. Полученная реконструкция согласуется с результатами анализа потери при прокаливании (LOI): в данный период при прохладном климате происходило накопление минеральных осадков, водоем был олиготрофным (рис. 2).

Зона II: интервал 416–456 см (8700–7000 лет до н. д.). Доминирующий таксон *Corynocera ambigua* ассоциируется с холодными условиями, встречается в олиготрофных озерах последнего межстадиала раннего голоцена. Численность *Microtendipes pedellus-type* постепенно повышается в верхней части зоны. Данный таксон является индикатором промежуточных (средних) температур в голоцене в Северной Европе [Brooks, 2007]. Постепенно повышается видовое разнообразие хирономидных сообществ. Наличие *Dicrotendipes nervosus-type*, *Zalutschia zalutschicola-type* и др. свидетельствует о присутствии макрофитов. В этот период постепенно повышаются температуры, увеличивается трофность водоема.

Зона III: интервал 340–416 см (7000–3000 лет до н. д.). В данной зоне наблюдается уменьшение количества *Corynocera ambigua* и увеличение *Microtendipes pedellus-type* и *Dicrotendipes nervosus-type*. Также здесь отмечается наличие *Procladius*, который ассоциируется с уменьшением количества кислорода в водоеме и повышением его трофности [Brooks, 2007].

Зона IV: интервал 260–322 (от 3000 лет до н. д.) характеризуется преобладанием *Dicrotendipes nervosus-type*, *Microtendipes pedellus-type*, *Psectrocladius sordidellus-type*,

в верхней части зоны выделяется *Heterotanytarsus*. Виды относятся преимущественно к тепловодным обитателям литоральной зоны озера. Климатические условия близки к современным. Реконструированные температуры показывают некоторое похолодание климата.

Обсуждение

Дегляциация Карельского перешейка между Финским заливом и Ладожским озером произошла во время отступления ледников лужской и невской стадий последнего оледенения. По данным варвохронологических исследований и радиоуглеродного датирования (AMS), возраст лужской стадии $\approx 14\,250$ кал. л. н., невской $\approx 13\,300$ кал. л. н., стадий смальпаусселья I $\approx 12\,250$ кал. л. н. и сальпаусселья II $\approx 11\,600$ кал. л. н. По-видимому, Центральная возвышенность Карельского перешейка освободилась ото льда ранее 13 500 кал. л. н. и представляла собой в то время нунатак – остров или полуостров, возвышающийся над поверхностью ледника, с небольшими внутренними приледниковыми озерами. Во время формирования краевых образований сальпаусселья северная низменная часть Карельского перешейка была дном Балтийского ледникового озера, уровень которого достигал 60–80 м [Субетто, 2009].

Озеро Медведовское расположено с внешней стороны границы невской стадии оледенения. Благодаря высокому гипсометрическому положению озеро не заливалось водами приледниковых бассейнов [Субетто, 2009; Андроников и др., 2014]. В литологии нижней

части донных отложений озера наблюдается четкий переход от темно-серой плотной алевритовой глины к органогенной гиттии. Увеличение органики в составе донных отложений отражает быстрое увеличение продуктивности озера и уменьшение поступления аллохтонного минерального вещества с водосбора. Это связано с процессами стабилизации и развития почвенного покрова на водосборе и, как следствие, с увеличением роли автохтонного органического вещества в озерном осадконакоплении. Высокая продуктивность органического вещества в озере связана с потеплением и увеличением влажности климата на рубеже плейстоцена и голоцена.

В растительных сообществах наблюдается преобладание травянистых растений по сравнению с древесными. Это соответствует холодным климатическим условиям позднего дриаса. В сообществах хирономид данного периода наблюдается низкое видовое разнообразие, преобладание холодноводных таксонов, что соответствует холодному сухому климату позднеледниковья.

Постепенное потепление и таяние льдов и многолетней мерзлоты в период 10 000–10 500 лет до н. д. повлияло на смену почвенно-растительного покрова: в палиноспектре появляется пыльца сосны (*Pinus*) и березы (*Betula*), увеличивается содержание пыльцы ольхи (*Alnus incana*); среди травянистых преобладают злаки (*Poaceae*) и осоки (*Cyperaceae*) [Субетто, 2009]. Изменение природных обстановок отразилось и на составе хирономидных сообществ: появляются тепловодные виды, являющиеся индикаторами умеренно теплого и влажного климата (*Microtendipes pedellus*-type, *Dicrotendipes nervosus*-type, *Procladius*).

Помимо температуры на изменение состава хирономидных сообществ влияет химический состав воды и pH. Увеличение количества ацидофобных организмов, вероятно, связано с увеличением биопродукции в озере и, как следствие, изменением его трофности, а также уменьшением поступления аллохтонного вещества с водосбора, что в свою очередь обусловлено формированием почвенно-растительного покрова на побережье. Так, например, в начале голоцена (8800–7300 лет до н. д.) наблюдается резкое увеличение числа ацидофобных видов, в частности *Corynoscera ambigua*.

Таким образом, предварительно полученные результаты исследования донных отложений оз. Медведевского, период седиментации которых охватывает позднеледниковье и весь голоцен, с применением первой в России статистической температурной хирономидной

модели и литологического анализа позволили получить качественную реконструкцию климатических условий голоцена Карельского перешейка, что дало новую информацию о развитии палеоэкологических условий данного региона.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13–05–41457_РГО-а, гранта ОШЛ, при поддержке государственной программы повышения конкурентоспособности Казанского (Приволжского) федерального университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров, а также проекта 3.1.1 «Совершенствование и развитие внутрироссийской и международной мобильности аспирантов и молодых научно-педагогических работников РГПУ им. А. И. Герцена, развитие системы консалтинговых услуг для молодых научно-педагогических работников и аспирантов в сфере инновационной деятельности» в РГПУ им. А. И. Герцена.

Литература

- Андроников А. В., Субетто Д. А., Лауретта Д. С. и др. Поиск следов метеоритного удара: особенности распределения микроэлементов в позднеледниковых осадках оз. Медведевского (Карельский перешеек, Россия) // Доклады Академии наук. 2014. № 1. С. 69–73.
- Назарова Л. Б. Использование биологических индикаторов в палеоэкологических исследованиях // Биологические индикаторы в палеобиологических исследованиях: атлас / Ред. Л. Б. Назарова. Казань: Казан. ун-т. 2013. С. 4–7.
- Субетто Д. А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена. 2009. 309 с.
- Andronikov A., Subetto D., Lauretta D. et al. In Search for Fingerprints of an Extraterrestrial Event: Trace Element Characteristics of Sediments from the Lake Medvedevskoye (Karelian Isthmus, Russia) // Doklady Earth Sciences. 2014. № 1. P. 819–823.
- Barley E. M., Walker I. R., Kurek J. et al. A northwest North American training set: distribution of freshwater midges in relation to air temperature and lake depth // Journal of Paleolimnology. 2006. Vol. 36. P. 295–314.
- Brooks S. J., Birks H. J. B. Chironomid inferred air temperature from late glacial and Holocene sites in north-west Europe: progress and problems // Quaternary Science Reviews. 2001. Vol. 20. P. 1723–1741.
- Brooks S. J., Langdon P. G., Heiri O. Using and identifying chironomid larvae in palaeoecology // QRA Technical Guide No 10, Quaternary Research Association, London. 2007. 276 p.
- Larocque I., Hall R. I., Grahn E. Chironomids as indicators of climatic and environmental change: A 100-lake training set from a subarctic region of northern Sweden (Lapland) // Journal of Paleolimnology. 2001. Vol. 26. P. 307–322.

Nazarova L. B., Pestryakova L. A., Ushnitskaya L., Hubberten H. W. Chironomids (Diptera: Chironomidae) in lakes of central Yakutia and their indicative potential for paleoclimatic research // *Contemporary Problems of Ecology*. 2008. Vol. 1. P. 335–345.

Nazarova L., Herzschuh U., Wetterich S. et al. Chironomid-based inference models for estimating mean July air temperature and water depth from lakes in Yakutia, northeastern Russia // *Journal of Paleocology*. 2011. Vol. 45. P. 57–71.

Nazarova L., Lüpfer H., Subetto D. et al. Holocene climate conditions in Central Yakutia (North-Eastern Siberia) inferred from sediment composition and fossil chironomids of Lake Temje // *Quaternary International*. 2013a. P. 264–274.

Nazarova L., de Hoog V., Hoff U., Diekmann B. Late Holocene climate and environmental changes in Kamchatka inferred from subfossil chironomid record // *Quaternary Science Reviews*. 2013b. P. 81–92.

Self A. E., Brooks S. J., Birks H. J. B. et al. The distribution and abundance of chironomids in high-latitude Eurasian lakes with respect to temperature and continentality: development and application of new chironomid-based climate-inference models in northern

Russia // *Quaternary Science Reviews*. 2011. Vol. 30. P. 1122–1141.

Subetto D., Andronikov A., Lauretta D. et al. Variation of trace element concentrations in a lake sediment sequence in the AI-YD transition zone (NW Russia) // *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly. 2014. Vol. 16. 576 p.

Sundqvist H. S., Kaufman D. S., McKay N. P. et al. Arctic Holocene proxy climate database – new approaches to assessing geochronological accuracy and encoding climate variables // *Clim. Part. 10*. P. 605–1631. DOI:10.5194/cp-10-1605-2014, 2014. IF 3.482

Syrykh L., Nazarova L., Subetto D. Paleocological research on the Karelian Isthmus, northwestern Russia (evidence from chironomid analysis lake Medvedevskoe) // 19th International Symposium on Chironomidae. 2014a. 85 p.

Syrykh L., Nazarova L., Subetto D. et al. Multi-proxy reconstruction of climate and environment on the Karelian Isthmus, northwestern Russia // *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly, 2014b. Vol. 16. 576 p.

Поступила в редакцию 26.12.2014

References

Andronikov A. V., Subetto D. A., Lauretta D. S., Andronikova I. E., Drosenko D. A., Kuznetsov D. D., Sapelko T. V., Syrykh L. S. Poisk sledov meteoritnogo udara: osobennosti raspredeleniya mikroelementov v pozdnepleitotsenovykh osadkakh oz. Medvedevskogo (Karel'skii peresheek, Rossiya) [In search for fingerprints of a meteorite hit: characteristics of trace element distribution of sediments from the Lake Medvedevskoye (Karelian Isthmus, Russia) in the Late Pleistocene]. *Doklady Akademii nauk [Proceedings of RAS]*. 2014. No 1. P. 69–73.

Nazarova L. B. Ispol'zovanie biologicheskikh indikatorov v paleoekologicheskikh issledovaniyakh [The use of biological indicators in paleoecological studies]. *Biologicheskie indikatory v paleobiologicheskikh issledovaniyakh: atlas [Biological indicators in paleobiological studies: atlas]*. Ed. L. B. Nazarova. Kazan': Kazan. un-t. 2013. P. 4–7.

Subetto D. A. Donnye otlozheniya ozer: paleolimnologicheskie rekonstruktsii [Lake bottom sediments: paleolimnological reconstructions]. St. Petersburg: RGPU im. A. I. Gertsena. 2009. 309 p.

Andronikov A., Subetto D., Lauretta D., Andronikova I., Rudnickaite E., Drosenko D., Syrykh L. In Search for Fingerprints of an Extraterrestrial Event: Trace Element Characteristics of Sediments from the Lake Medvedevskoye (Karelian Isthmus, Russia). *Doklady Earth Sciences*. 2014. No 1. P. 819–823.

Barley E. M., Walker I. R., Kurek J., Cwynar L. C., Mathewes R. W., Gajewski K., Finney B. P. A northwest North American training set: distribution of freshwater midges in relation to air temperature and lake depth. *Journal of Paleolimnology*. 2006. Vol. 36. P. 295–314.

Brooks S. J., Birks H. J. B. Chironomid inferred air temperature from late glacial and Holocene sites in north-west Europe: progress and problems. *Quaternary Science Reviews*. 2001. Vol. 20. P. 1723–1741.

Brooks S. J., Langdon P. G., Heiri O. Using and identifying chironomid larvae in palaeoecology. *QRA Technical Guide No 10*, Quaternary Research Association, London. 2007. 276 p.

Larocque I., Hall R. I., Grahn E. Chironomids as indicators of climatic and environmental change: A 100-lake training set from a subarctic region of northern Sweden (Lapland). *Journal of Paleolimnology*. 2001. Vol. 26. P. 307–322.

Nazarova L. B., Pestryakova L. A., Ushnitskaya L., Hubberten H. W. Chironomids (Diptera: Chironomidae) in lakes of central Yakutia and their indicative potential for paleoclimatic research. *Contemporary Problems of Ecology*. 2008. Vol. 1. P. 335–345.

Nazarova L., Herzschuh U., Wetterich S., Kumke Th., Pestjakova L. Chironomid-based inference models for estimating mean July air temperature and water depth from lakes in Yakutia, northeastern Russia. *Journal of Paleocology*. 2011. Vol. 45. P. 57–71.

Nazarova L., Lüpfer H., Subetto D., Pestryakova L., Diekmann B. Holocene climate conditions in Central Yakutia (North-Eastern Siberia) inferred from sediment composition and fossil chironomids of Lake Temje. *Quaternary International*. 2013a. P. 264–274.

Nazarova L., de Hoog V., Hoff U., Diekmann B. Late Holocene climate and environmental changes in Kamchatka inferred from subfossil chironomid record. *Quaternary Science Reviews*. 2013b. P. 81–92.

Self A. E., Brooks S. J., Birks H. J. B., Nazarova L., Porinchu D., Odland A., Yang H., Jones V. J. The

distribution and abundance of chironomids in high-latitude Eurasian lakes with respect to temperature and continentality: development and application of new chironomid-based climate-inference models in northern Russia. *Quaternary Science Reviews*. 2011. Vol. 30. P. 1122–1141.

Subetto D., Andronikov A., Lauretta D., Drosenko D., Syrykh L. Variation of trace element concentrations in a lake sediment sequence in the Al-YD transition zone (NW Russia). *Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly*. 2014. Vol. 16. 576 p.

Sundqvist H. S., Kaufman D. S., McKay N. P. et al. Arctic Holocene proxy climate database – new approaches to assessing geochronological accuracy and

encoding climate variables. *Clim. Part. 10*. P. 605–1631. DOI: 10.5194/cp-10-1605-2014, 2014. IF 3.482

Syrykh L., Nazarova L., Subetto D. Paleoecological research on the Karelian Isthmus, northwestern Russia (evidence from chironomid analysis lake Medvedevskoe). 19th International Symposium on Chironomidae. 2014a. 85 p.

Syrykh L., Nazarova L., Subetto D. et al. Multy-proxy reconstruction of climate and environment on the Karelian Isthmus, northwestern Russia. *Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly*, 2014b. Vol. 16. 576 p.

Received December 26, 2014

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сырых Людмила Сергеевна

младший научный сотрудник
Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена
наб. Мойки, 48, Санкт-Петербург, Россия, 191186
эл. почта: lyudmilalsd@gmail.com
тел.: +79818131507

Назарова Лариса Борисовна

к. б. н.
Потсдамский университет,
Институт Земли и экологических наук
Карл-Либкнехтштрассе 24-25, Потсдам-Гольм,
Германия, 14476
тел. +49 331 2882194
Казанский (Приволжский) федеральный университет
ул. Кремлевская, 18, Казань, Россия, 420000

Субетто Дмитрий Анатольевич

директор, д. г. н., проф.
Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена
наб. Мойки, 48, Санкт-Петербург, Россия, 191186
эл. почта: subetto@mail.ru
тел.: (8142) 578464

CONTRIBUTORS:

Syrykh, Liudmila

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
Herzen State Pedagogical University of Russia
48 Moika, 191186 St. Petersburg, Russia
e-mail: lyudmilalsd@gmail.com
tel.: +79818131507

Nazarova, Larisa

University of Potsdam
Institute of Earth and Environmental Sciences
24-25 Karl-Libknechtstrasse, 14476 Potsdam-Golm, Germany
tel.: +49 331 2882194
Kazan (Volga region) Federal University
18, Kremlevskaya, 420000 Kazan, Russia

Subetto, Dmitry

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
Herzen State Pedagogical University of Russia
48 Moika, 191186 St. Petersburg, Russia
e-mail: subetto@mail.ru
tel.: (8142) 578464