

Environmental changes at the Pleistocene-Holocene boundary in glacial lakes of the North-East of Russia: results and prospects of multidisciplinary studies

Short communication

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Minyuk P.S.*, Pozhidaeva D.K., Morozova M.A., Burnatny S.S.

North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n.a. N.A. Shilo FEB RAS, 16 Portovaya str., Magadan, Russia

ABSTRACT. Glacial lakes of the Magadan region - Grazevoe (61°08'21" N, 152°19'57" E), Tschuchye (61° 08.780' N, 152° 19.860' E), Nalimnoe (61°07'41" N, 152°20'8" E), Chernoe (61° 06.690' N., 152° 15.570' E), Sosednee (62°03'29" N, 149°31'22" E), Sapog (63°29'9" N, 147°50'41" E), Vodorazdel'noe (63°44'8" N, 148°13'4" E), Ui (63°49'31" N, 147°53'21" E), Forel (63°50'01.61" N, 147°51'03.75" E) have been studied. Most lakes were formed at the end of the Late Pleistocene or at the beginning of the Early Holocene. The sedimentation features of the Late Pleistocene and Holocene differed significantly. The Late Pleistocene stage is characterized by the dominance of terrigenous sediment, while the Holocene is dominated by biogenic sedimentation. The key biotic and abiotic paleoenvironmental proxies from glacier records are shown.

Keywords: lake sediments, Holocene, Pleistocene, natural environment

For citation: Minyuk P.S., Pozhidaeva D.K., Morozova M.A., Burnatny S.S. Environmental changes at the Pleistocene-Holocene boundary in glacial lakes of the North-East of Russia: results and prospects of multidisciplinary studies // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 463-468. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-463

1. Introduction

The lakes are numerous in the Magadan region (Izmaylova, 2018). Depending on their origin, they are divided into floodplain-valley, coastal-lagoon, glacial, glacial-tectonic, thermokarst (Electronic reference book "Lakes of Russia", <http://wp.limno.org.ru/win/ruslake.htm>). Glacial lakes are common in mountainous areas and most of them formed at the end of the Late Pleistocene-Early Holocene. In this regard, their sediments provide information about the peculiarity of climatic changes during the last glacial-interglacial cycle, including the global environmental changes at the border of the Pleistocene and Holocene. The intensive start of the study of lake sediments in the region began in the 90s of the last century. The obtained data on the age of sediments, accumulation conditions, palynology, paleogeographic reconstructions are presented in numerous papers by A.V. Lozhkin, P.M. Anderson and co-authors (Lozhkin et al., 2016; 2024 and references herein). Lakes Elikchan-1,4, Alut, Elgennya, Jack London, Sosednee, Goluboe, Tschuchye, Priyatnoe, Julietta, Smorodinovoe, Podkova, Lesnoe, Chernoe, Glukhoe, etc. were studied. Since the 2000s lake sediments have been studied using rock magnetic, geochemical, mineralogical, and lithological methods (Minyuk

and Pozhidaeva, 2023). This approach allows us to determine the environmental response, including biotic and abiotic components, to climatic changes in the past. The study of the catchment deposits, the comparison of the results with data on lake sediments promote to the correct interpretation of lake sedimentation.

2. Objects and methods of research

Sediments of lakes of the Talaya group including Gryazevoe (61°08'21" N, 152°19'57" E), Tschuchye (61° 08.780' N, 152° 19.860' E), Nalimnoe (61°07'41" N, 152°20'8" E) and Goluboe (61° 06.690' N., 152° 15.570' E), as well as lakes Sosednee (62°03'29" N, 149°31'22" E), Sapog (63°29'9" N, 147°50'41" E), Vodorazdel'noe (63°44'8" N, 148°13'4" E), Ui (63°49'31" N, 147°53'21" E), Forel (63°50'01.61" N, 147°51'03.75" E) were studied. These lakes are of glacial origin, they are located among moraine deposits. Most of them were formed at the end of the Late Pleistocene or at the beginning of the Early Holocene. The lake water is ultra-fresh, bicarbonate with low dissolved solids (< 50 mg/l). The lakes are shallow, the maximum depths are in the lakes Nalimnoe (16 m), Sapog (14 m), Sosednee (13 m). Several cores have been taken in each lake to determine

*Corresponding author.

E-mail address: minyuk@neisri.ru (P.S. Minyuk)

Received: May 19, 2024; **Accepted:** July 01, 2024;

Available online: August 26, 2024

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



the features of the filling of lake basins with sediments. Lake sediments are mainly composed of silt.

Organic massif silt dominates in the upper part of the sections, thin-layered, varve silt, sand and gravel deposits are in the lower part (Fig). The tephra of the Kuril Lake caldera with an age of 7,600 years was found in the sediments of all lakes. The thickness of the studied cores is 780 cm (Gryazevoe), 235 cm (Nalimnoe), 164 cm (Goluboe), 424 cm (Sosednee), 100 cm (Sapog), 196 cm (Vodorazdel'noe), 199 cm (Ui-3), 227 cm (Forel).

The sediments were studied by petrophysical, geochemical, palynological, diatom (Lake Gryazevoe), optical, mineralogical, thermomagnetic methods.

3. Results and discussion

The sedimentation features of the Late Pleistocene and Holocene differed significantly. The Late Pleistocene stage is characterized by the dominance of terrigenous sediment. The geochemical and rock magnetic parameters of lake sediments are similar to those from deposits of catchment. As a rule, they are characterized by increased values of magnetic susceptibility (MS), saturation remanence (Jrs), saturation magnetization (Js), low proportion of paramagnetic component (Jp), low organic matter content (LOI). Among the geochemical data, detritus components predominate – Al_2O_3 , TiO_2 , MgO. Grassy vegetation dominated in the vicinity of the lakes, and the bio-productivity of the water basins was low. The maximum thickness of Pleistocene sediments is in the Gryazevoe and Sosednee lakes, which, according to radiocarbon dating, formed about 22-26 thousand cal. years ago.

The climatic changes at the end of the Pleistocene affected all biotic and abiotic parameters of the sediment. Palynological data indicate a directional warming of the climate. In the spore-pollen spectra, tree and

shrub taxa *Betula*, *Alnus*, *Pinus* subgenus *Haploxyylon* are replace of herbaceous plants. The accumulation of organic carbon (= LOI) began to gradually increase in lakes, leading to a decrease in the scalar magnetic parameters (MS, Js, Jrs) of sediment. The growth of diatoms caused the accumulation of biogenic silica, which also reduced the magnitudes of the magnetic parameters. To assess the relative content of biogenic silica, the SiO_2 contents and SiO_2/TiO_2 values of lake sediments and deposit of catchment was compared. In the Early Holocene, a chemogenic accumulation of highly coercive iron-containing minerals, presumably iron hydroxides, was occur. At the stage of diagenesis, the formation of authigenic iron sulfides – pyrite, greigite, pyrrhotite, which often have a framboidal structure, occurred in lake sediments.

Lakes of coastal depressions differ from glacial lakes in many ways. Lakes located in the Lankovaya (Lake Chistoe, Lb-1, Lb-2, Korchan) and Kava-Taui (Lake Chukcha, Bezymyanka) Cenozoic depressions are studied (Ignatova, 2007). These lakes are of Holocene age. The sediments thickness in the Chukcha and Chistoe lakes is about 10 m.

The strong magnetization of sediments, a single-component magnetization, a small content of organic matter is a good promise for studying secular variations of the geomagnetic field and the cyclicity of sedimentation.

4. Conclusions

Sediments of glacial lakes in the North-East of Russia is a favorable object for studying the environment changes at the boundary of the Late Pleistocene and Holocene. Evidence of environmental changes is manifested in changes in both terrestrial and aquatic ecosystems.

Acknowledgements

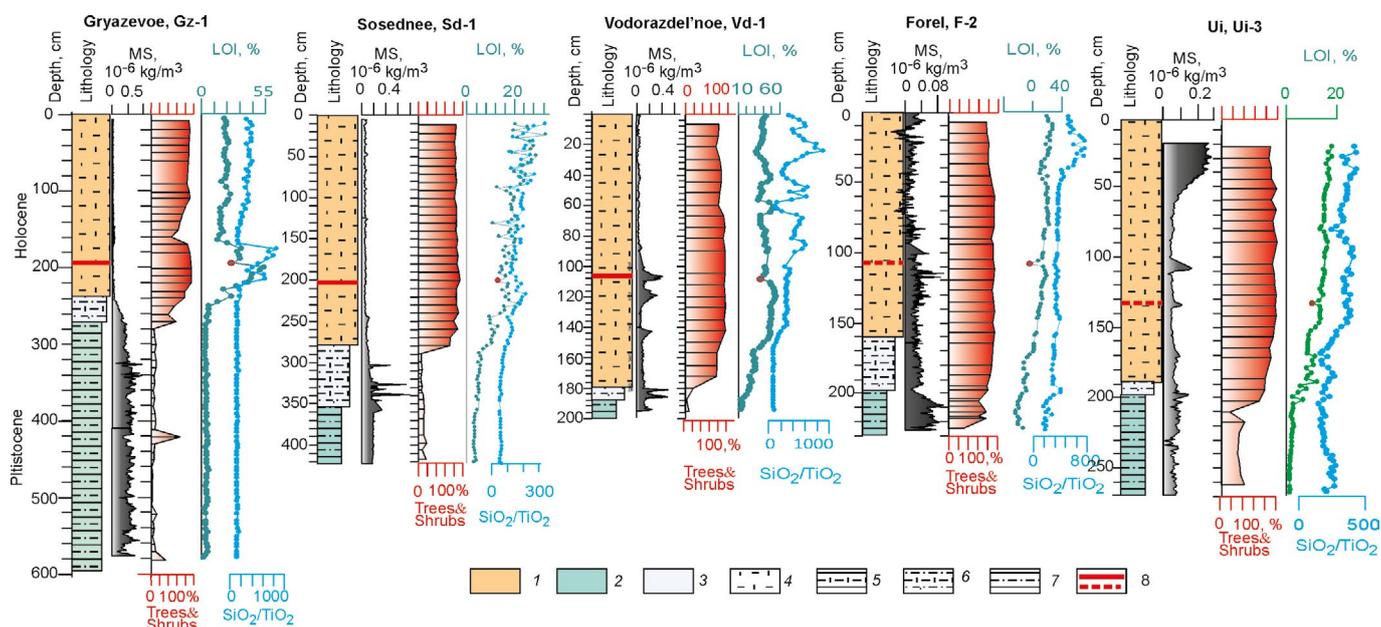


Fig. Lithology, depth variations of MS, trees and shrubs percentage content, LOI, SiO_2/TiO_2 from lacustrine sediments of selected glacier lakes: 1 – Holocene sediments; 2 – Late Pleistocene sediments; 3 – transitional layers; 4 – organic massive silt; 5 – organic layered silt; 6 – organic vaguely layered silt; 7 – layered silt; 8 – tephra.

The study was carried out within the State Task No. 121031700311-4.

Conflict of interest

The authors declare that they have no competing interests.

References

Ignatova V.A. 2007. Geological structure and oil and gas potential of Yama-Taui prospective oil-and-gas-bearing basin (Magadan region). *Russian oil and gas geology* 4: 2–12 (in Russian)

Izmaylova A.V. 2018. Lake Water Resources in the Asian Part of the Russian Federation, *Water Resources* 45: 45–462(in Russian)

Lozhkin A.V., Brown T.A., Anderson P.M. et al. 2016. The Importance of Radiocarbon Dates and Tephra for Developing Chronologies of Holocene Environmental Changes from Lake Sediments, North Far East. *Russian Journal of Pacific Geology* 10: 249–262. DOI: 10.1134/S1819714016040047

Lozhkin A.V., Anderson P.M., Tsygankova V.I. 2024. Palynological records from glacial lakes, northern Priokhotye (western Beringia). *Quaternary International* 681: 1–10. DOI: 10.1016/j.quaint.2023.12.011

Minyuk P.S., Pozhidaeva D.K. 2023. Talaya group lakes (Magadan oblast): a promising object for paleoclimatic reconstructions of the Late Pleistocene and Holocene. *Bulletin of NESCFEB RAS* 3: 18–35 (in Russian)

Изменение природной среды на границе плейстоцена и голоцена в осадках ледниковых озер Северо-Востока России: результаты и перспективы исследований

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Минюк П.С.*, Пожидаева Д.К., Морозова М.А., Бурнатный С.С.

ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило ДВО РАН, ул. Портовая 16, Магадан, Россия

АННОТАЦИЯ. Исследованы ледниковые озера Магаданской области – Грязевое (61°08'21" с.ш., 152°19'57" в.д.), Щучье (61° 08.780' с.ш., 152° 19.860' в.д.), Налимное (61°07'41" с.ш., 152°20'8" в.д.), Голубое (61° 06.690' с.ш., 152° 15.570' в.д.), Соседнее (62°03'29" с.ш., 149°31'22" в.д.), Сапог (63°29'9" с.ш., 147°50'41" в.д.), Водораздельное (63°44'8" с.ш., 148°13'4" в.д.), Уи (63°49'31" с.ш., 147°53'21" в.д.), Форель (63°50'01.61" с.ш., 147°51'03.75" в.д.). Большинство озер образовано в конце позднего плейстоцена или в начале раннего голоцена. Особенности осадконакопления в позднем плейстоцене и голоцене существенно различались. Позднеплейстоценовый этап характеризуется преобладанием терригенных отложений, в то время как в голоцене преобладает биогенное осадконакопление. Показаны ключевые биотические и абиотические индикаторы изменений природной среды в осадках ледниковых озер.

Ключевые слова: озерные осадки, голоцен, плейстоцен, природная среда

Для цитирования: Минюк П.С., Пожидаева Д.К., Морозова М.А., Бурнатный С.С. Изменение природной среды на границе плейстоцена и голоцена в осадках ледниковых озер Северо-Востока России: результаты и перспективы исследований // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 463-468. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-463

1. Введение

Озера Магаданской области многочисленны (Измайлова, 2018). В зависимости от происхождения они подразделяются на пойменно-долинные, прибрежно-лагунные, ледниковые, ледниково-тектонические, термокарстовые (Электронный справочник «Озера России», <http://wp.limno.org.ru/win/ruslake.htm>). Ледниковые озера распространены в горных районах, большинство из них образовано в конце позднего плейстоцена-начале голоцена. В этой связи их осадки несут информацию о характере климатических изменений в течение последнего ледниково-межледникового цикла, включая глобальную перестройку природной среды на границе плейстоцена и голоцена. Интенсивный старт изучения озерных отложений региона начался в 90-е годы прошлого столетия. Полученные данные о возрасте осадков, условиях накопления, палинологической характеристике, палеогеографических реконструкциях изложены в многочисленных работах А.В. Ложкина, П.М. Андерсон с соавторами (Lozhkin

et al., 2016; 2024 и ссылки в них). Исследовались озера Эликчан-1,4, Алут, Эльгеня, Джек Лондона, Соседнее, Голубое, Щучье, Приятное, Джульетта, Смородиновое, Подкова, Лесное, Черное, Глухое и др. С 200-х годов исследования озерных осадков стали проводиться комплексно с применением петрофизических, геохимических, минералогических, литологических методов (Минюк и Пожидаева, 2023). Такой подход позволяет устанавливать реакцию всех компонентов природной среды, включая биотические и абиотические составляющие, на климатические изменения прошлого. Исследование источников сноса, сравнение результатов с данным по озерным осадкам способствует правильной интерпретации условий озерного седиментогенеза.

2. Объекты и методы исследований

Исследованы осадки озер Тальской группы – Грязевое (61°08'21" с.ш., 152°19'57" в.д.), Щучье (61° 08.780' с.ш., 152° 19.860' в.д.), Налимное (61°07'41"

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: minyuk@neisri.ru (П.С. Минюк)

Поступила: 19 мая 2024; Принята: 01 июля 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

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



с.ш., 152°20'8" в.д.) и Голубое (61° 06.690' с.ш., 152° 15.570' в.д.), а также оз. Соседнее (62°03'29" с.ш., 149°31'22" в.д.), Сапог (63°29'9" с.ш., 147°50'41" в.д.), Водораздельное (63°44'8" с.ш., 148°13'4" в.д.), Уи (63°49'31" с.ш., 147°53'21" в.д.), Форель (63°50'01.61" с.ш., 147°51'03.75" в.д.). Данные озера имеют ледниковое происхождение, они расположены среди моренных отложений. Большинство из них образовано в конце позднего плейстоцена или в начале раннего голоцена. Вода в озерах ультрапресная, гидрокарбонатная с низкой минерализацией (< 50 мг/л). Озера мелководные, максимальные глубины отмечены в озерах Налимное (16 м), Сапог (14 м), Соседнее (13 м). В каждом озере пробурено несколько скважин, позволяющих выяснить характер заполнения озерных чаш осадками. Осадки представлены преимущественно алевритами. В верхней части разрезов доминируют органогенные неслоистые алевриты, в нижней залегают тонкослоистые, ленточные или неяснослоистые алевриты, песчано-гравийные отложения (Рис.). В осадках всех озер найдена тефра кальдеры Курильского озера с возрастом 7600 лет. Мощность изучаемых колонок составляет 780 см (Грязевое), 235 см (Налимное), 164 см (Голубое), 424 см (Соседнее), 100 см (Сапог), 196 см (Водораздельное), 199 см (Уи), 227 см (Форель). Осадки исследовались петрофизическими, геохимическими, палинологическими, диатомовым (оз. Грязевое), оптическими, минералогическими, терромагнитными методами.

3. Результаты и обсуждение

Условия седиментации в позднем плейстоцене и голоцене существенно отличались. Позднеплейстоценовый этап характеризуется

доминированием терригенного осадконакопления. Озерные осадки по многим геохимическим и петромагнитным параметрам схожи с отложениями источников сноса. Как правило, они характеризуются повышенными значениями магнитной восприимчивости (MB), остаточной намагниченности насыщения (Jrs), намагниченности насыщения (Js), низкой долей парамагнитной компоненты (Jp), низким содержанием органического вещества (LOI). Среди геохимических характеристик, преобладают детритовые компоненты – Al₂O₃, TiO₂, MgO. В окрестностях озер доминировала травянистая растительность, биопродуктивность водных бассейнов была низкой. Максимальные мощности плейстоценовых осадков отмечены в озерах Грязевое и Соседнее, которые, согласно радиоуглеродным датировкам, образовались около 22–26 тыс. лет тому назад. Климатическая перестройка в конце плейстоцена отразилась на всех биотических и абиотических параметрах осадка. Палинологические данные указывают на направленное потепление климата. В спорово-пыльцевых спектрах на смену травянистых растений приходят древесные и кустарниковые таксоны – *Betula*, *Alnus*, *Pinus* subgen. *Haploxyylon* и др. Накопление органического углерода (= LOI) начало постепенно увеличиваться в озерах, приводя к уменьшению скалярных магнитных характеристик (MB, Js, Jrs) осадков. Развитие диатомей обусловило накопление биогенного кремнезема, который также занижил величины магнитных параметров. Для оценки относительного содержания биогенного кремнезема сравнивали распределение SiO₂ и SiO₂/TiO₂ в осадках и в источниках сноса. В раннем голоцене отмечено хомогенное накопление высококоэрцитивных железосодержащих минералов, предположительно гидроксидов железа. На стадии

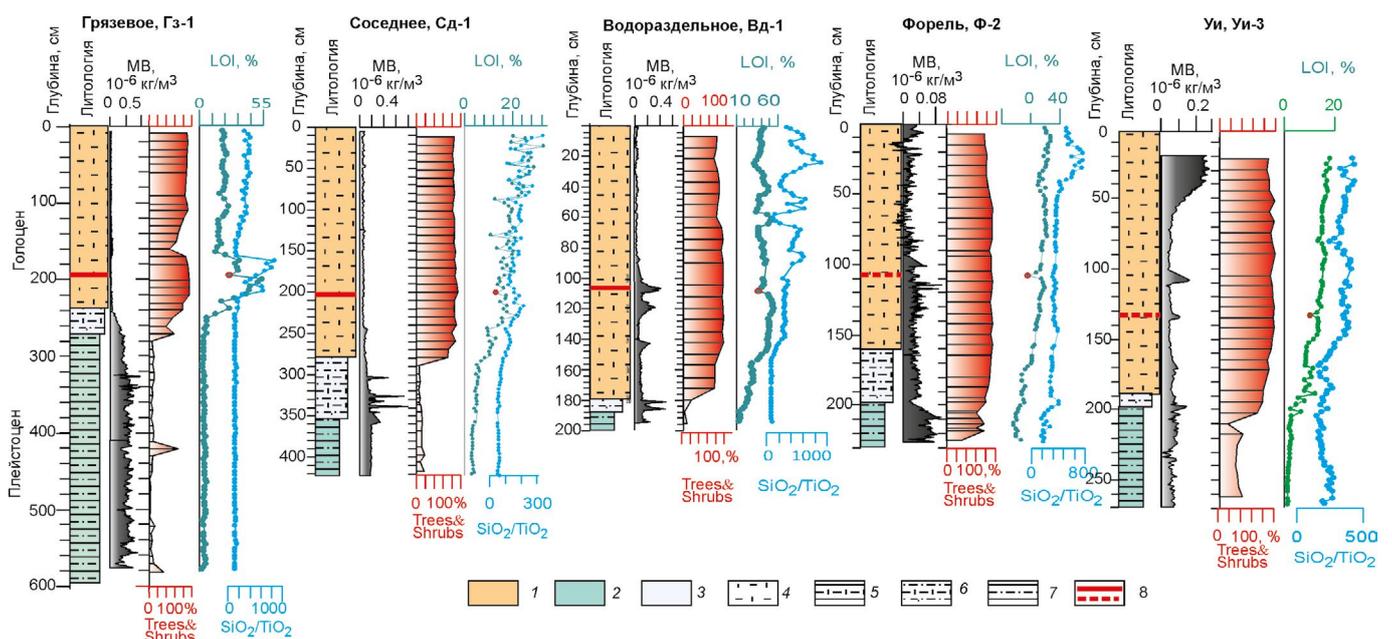


Рис. Литология, вариации MB, процентного содержания в спектрах деревьев и кустарников, органики (LOI), отношения LOI, SiO₂/TiO₂ в разрезах отдельных ледниковых озер: 1 – голоценовые осадки; 2 – позднеплейстоценовые осадки; 3 – переходные слои; 4 – органический неслоистый алеврит; 5 – органический слоистый алеврит; 6 – ленточный алеврит; 7 – слоистый алеврит; 8 – тефра.

диагенеза в осадках озер происходило образование аутигенных сульфидов железа – пирита, грейгита, пирротина, имеющих часто фрамбоидальное строение.

Озера прибрежных впадин отличаются от ледниковых озер по многим параметрам. Исследуются озера, расположенные в Ланковской (оз. Чистое, Лб-1, Лб-2, Корчан) и Кавинско-Тауйской (оз. Чукча, Безымянка) кайнозойских впадинах (Игнатова, 2007). Эти озера голоценового возраста. Мощность осадков в озерах Чукча и Чистое составляет около 10 м. Осадки относительно сильномагнитные, с однокомпонентной намагниченностью, малой доле органического вещества и являются хорошим объектом для исследования палеоэкологических вариаций геомагнитного поля и цикличности осадконакопления.

4. Выводы

Осадки ледниковых озер Северо-Востока России являются благоприятным объектом для исследования характера изменений природной среды на границе позднего плейстоцена и голоцена. Изменения природной среды зафиксированы как в наземной, так и водной системах.

Благодарности

Работа выполнена в рамках темы госзадания Минобрнауки № 121031700311-4.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

Игнатова В.А. 2007. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Ямско-Тауйского нефтегазоносного бассейна (Магаданская область). Геология нефти и газа 4: 2-12.

Измайлова А.В. 2018. Озерные водные ресурсы азиатской части Российской Федерации. Водные ресурсы 45: 453-462.

Минюк П.С., Пожидаева Д.К. 2023. Озера Тальской группы (Магаданская область) –перспективный объект для палеоклиматических реконструкций конца позднего плейстоцена и голоцена. Вестник Северо-Восточного научного центра 3: 18–35.

Lozhkin A.V., Brown T.A., Anderson P.M. et al. 2016. The Importance of Radiocarbon Dates and Tephra for Developing Chronologies of Holocene Environmental Changes from Lake Sediments, North Far East. Russian Journal of Pacific Geology 10: 249–262. DOI: [10.1134/S1819714016040047](https://doi.org/10.1134/S1819714016040047)

Lozhkin A.V., Anderson P.M., Tsygankova V.I. 2024. Palynological records from glacial lakes, northern Priokhotye (western Beringia). Quaternary International 681: 1–10. DOI: [10.1016/j.quaint.2023.12.011](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2023.12.011)