

УДК 551.312.2 : 902.672

РЕКОНСТРУКЦИЯ РАЗВИТИЯ ОЗЕРНО-БОЛОТНОЙ СИСТЕМЫ СУБАРКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПУР-ТАЗОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ПО ДАННЫМ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ТОРФЯНОГО КЕРНА

Н. В. Шефер*, **Т. А. Бляхарчук**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет
(просп. Ленина, 36, Томск, Россия, 634050), *vchifz@mail.ru
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
(просп. Академический, 10/3, Томск, Россия, 634055)*

Выполнена реконструкция развития озерно-болотной системы субарктической части Пур-Тазовского междуречья с использованием результатов палинологического и радиоуглеродного анализа. Установлено, что 11,2 тыс. кал. л. н. существовало озеро, которое 10 тыс. кал. л. н. сменилось эвтрофным болотом, по своей структуре сходным с современными «хасыреями». В период 8–7,3 тыс. кал. л. н. в зоне отбора колонки формируется мезотрофное болото. Около 6,1 тыс. кал. л. н. болото перешло в олиготрофную стадию. Современная трещиновато-полигональная структура болота, вероятно, была сформирована несколько позже, в период 5–4 тыс. кал. л. н. В истории болота выделено 7 периодов, связанных с переходом от влажных к более ксерофитным условиям, способствующим формированию многолетней мерзлоты. Выделенные периоды соотносятся с ранее проведенными климатическими реконструкциями для Арктического и Субарктического регионов России.

Ключевые слова: палинологический анализ; голоцен; динамика растительности; Западная Сибирь; Субарктика

Для цитирования: Шефер Н. В., Бляхарчук Т. А. Реконструкция развития озерно-болотной системы субарктической части Пур-Тазовского междуречья по данным палинологического изучения торфяного керна // Труды Карельского научного центра РАН. 2023. № 8. С. 94–98. doi: 10.17076/eco1830

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке программы развития Томского государственного университета «Приоритет-2030».

N. V. Shefer*, T. A. Blyakharchuk. RECONSTRUCTION OF THE EVOLUTION OF THE LAKE-MIRE COMPLEX IN THE SUBARCTIC PART OF THE PUR-TAZ INTERFLUVE BY SPORE-POLLEN ANALYSIS OF THE PEAT COLUMN

Tomsk State University (36 Lenin Ave., 634050 Tomsk, Russia), *vchifz@mail.ru
Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (10/3 Akademicheskoy Ave., 634055 Tomsk, Russia)

We reconstructed the development of a local lake-mire complex using the results of pollen analysis and radiocarbon dating. We found that 11.2 cal ka BP there was a lake, which was then replaced by a eutrophic fen with a structure similar to the modern drained lake basin (khasyrey) by 10 cal ka BP. During the period of 8–7.3 cal ka BP, the sampled area was occupied by a mesotrophic mire. At about 6.1 cal ka BP the mire changed to an oligotrophic stage. The modern polygonal structure of this mire was probably formed somewhat later, in the period of 5–4 cal ka BP. There are seven periods in the mire history associated with transitions from wet to drier conditions, which contribute to the development of permafrost. These periods correlate with the previous climatic reconstructions proposed for the Arctic and Subarctic regions of Russia.

Keywords: pollen analysis; Holocene; vegetation dynamics; Western Siberia; Subarctic

For citation: Shefer N. V., Blyakharchuk T. A. Reconstruction of the evolution of the lake-mire complex in the subarctic part of the Pur-Taz interfluve by spore-pollen analysis of the peat column. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2023. No. 8. P. 94–98. doi: 10.17076/eco1830

Funding. The study was carried out with financial support from the Tomsk State University Development Programme “Priority-2030”.

Введение

На протяжении всего голоцена на территории Субарктики распространены болотные системы, играющие важную роль в цикле углерода. В настоящее время в этом регионе распространена многолетняя мерзлота и ею сковано большинство торфяных болот. Уязвимость Арктики и Субарктики к современному потеплению климата и произошедшая в последние десятилетия деградация мерзлых торфяников подчеркивают необходимость их детального изучения и мониторинга, чтобы лучше прогнозировать изменения этих экосистем [Nichens-Bergström, Sannel, 2023].

При проведении палинологических исследований и ботанического анализа торфа до сих пор не выделены специфические таксоны – индикаторы возникновения многолетней мерзлоты. Однако использование ботанического анализа торфа позволяет реконструировать формирование многолетней мерзлоты по резкому переходу от влажных к более ксерофитным условиям на болоте [Nichens-Bergström, Sannel, 2023]. По аналогии с этой методикой мы предположили, что результаты палинологического анализа также могут быть использованы для реконструкции периодов появления более холодных и ксерофитных условий, связанных с образованием многолетней мерзлоты.

Для исследования на полигональном болоте в Тазовском районе Ямало-Ненецкого автономного округа были отобраны торфяные и подстилающие их озерные отложения. Цель работы состоит в реконструкции развития озерно-болотной системы в меняющемся климате голоцена Субарктики в Пур-Тазовском междуречье на основе палинологического анализа.

Материалы и методы

Район исследований расположен в подзоне южной тундры, характеризующейся доминированием кустарниковых тундр: ерниковых, ивняковых, ольховниковых. Типичны ерниковые и ивняково-ерниковые сообщества с лишайниково-моховым покровом. В местах распространения песчаных почв развиваются кустарничково-мохово-лишайниковые полигональные и пятнисто-полигональные тундры. Для подзоны характерно развитие кустарничково-осоково-моховых валиково-полигональных и кустарничково-мохово-лишайниковых трещиновато-полигональных комплексных болот [Ильина и др., 1985].

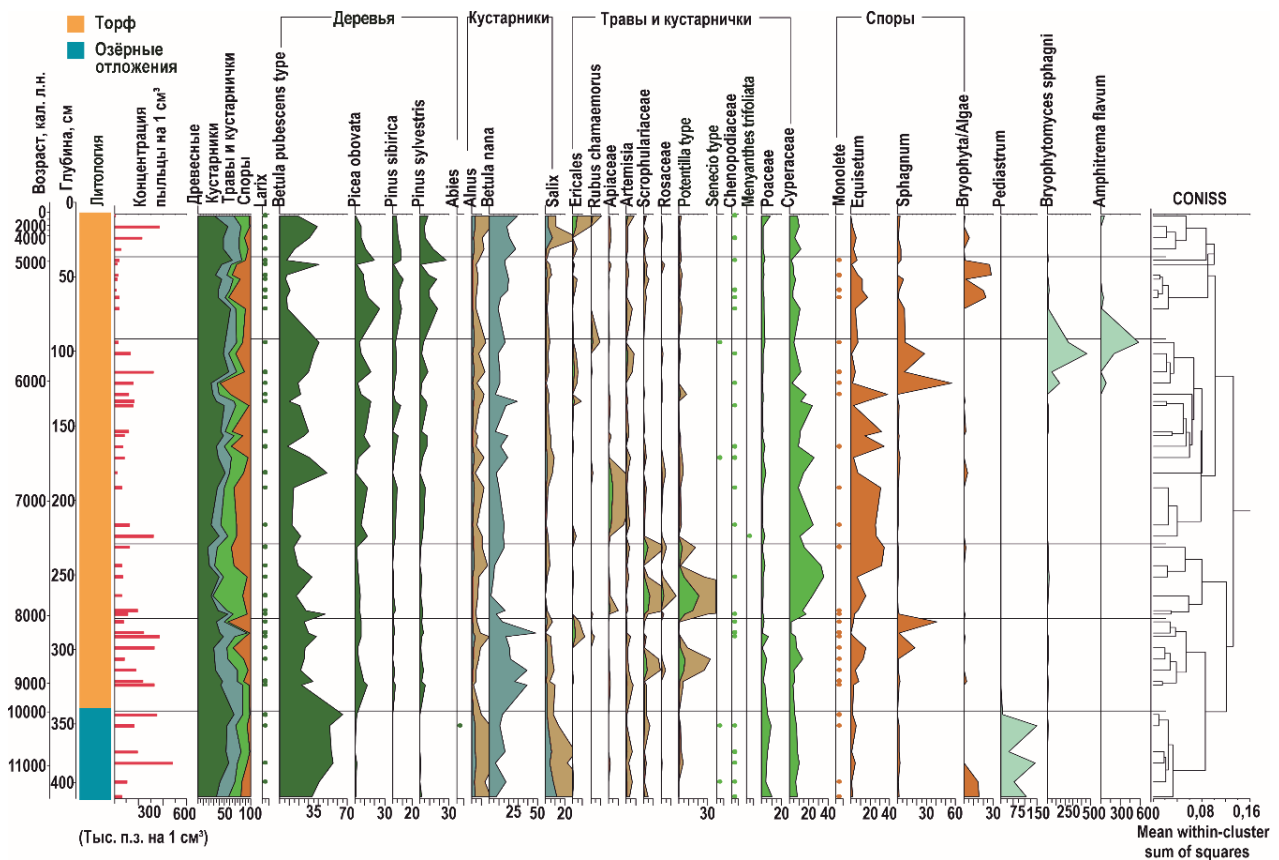
Место отбора колонки СКТ-15-3D расположено на полигональном болоте (67°21'25" с. ш. 78°42'11" в. д., 9 м над ур. моря). Отложения мощностью 4 метра отобраны в 2015 году

колонковым геологическим бурением (бур УКБ-12/25-01), и керн был поделен на слои толщиной по 2,5 см. Для спорово-пыльцевого анализа отбирались образцы по 1 см³, обработка которых проведена по методу Эрдмана. Отложения глубже 320 см дополнительно обрабатывались плавиковой кислотой. Для определения концентрации пыльцы в образцы добавляли таблетки, содержащие известное количество спор *Lycopodium*. Подсчет палиноморф в образце производился до 500 пыльцевых зерен. Радиоуглеродное датирование материала проведено в киевской лаборатории радиоуглеродного анализа (Украина) – 7,5–10 см (соврем.); 37,5–40 см (4510 ± 50); 132,5–135 см (5410 ± 90), 152,5–155 см (5580 ± 90), 290–292,5 см (7310 ± 80) и в познаньской радиоуглеродной лаборатории (Польша) – 342,5–345 см (9100 ± 50). Глубинно-возрастная модель построена на основе 6 радиоуглеродных дат в R с применением пакета rbaso и охватывает 11,2 тыс. лет озерно-болотного осадконакопления. Спорово-пыльцевая диаграмма построена в программе Tillia по 46 спорово-пыльцевым спектрам, дан-

ные по пыльце и спорам растений рассчитаны в процентах от суммы всех пыльцевых зерен и спор растений, для НПП даны абсолютные значения.

Результаты и обсуждение

11,2–10 тыс. лет н. э. на месте отбора колонки существовало озеро, о чем свидетельствуют значительное количество водорослей *Algae* и *Pediastrum* sp. и минеральная природа отложений. Участие пыльцы злаков и осоковых, *Rosaceae* (*Potentilla* type, вероятно, *Comarum palustre* L.) и спор хвощей свидетельствует о заболачивании по периферии палеоводоёма. В период 10–8 тыс. лет н. э. озеро сменяется эвтрофным болотом, по своей структуре сходным с современными «хасыряями», что также подтверждает переход от озерных отложений к торфу на глубине 340 см. Увеличивается участие спор зеленых и сфагновых мхов и хвощей, а также пыльцы *Rosaceae* (*Potentilla* type) и осоковых. В отложениях этого времени присутствуют фрагменты водоросли *Pediastrum* sp., уровень воды в формирующемся болоте



Спорово-пыльцевая диаграмма колонки СКТ-15-3D
Spore-pollen diagram for column CKT-15-3D

периодически повышался. Приблизительно 7,3 тыс. кал. л. н. в зоне отбора колонки существовало мезотрофное болото, что подтверждается значительным участием спор хвощей, пыльцы осоковых, зонтичных, Rosaceae (*Potentilla* type) и появлением пыльцы вахты. Около 6,1 тыс. кал. л. н. болото перешло в олиготрофную стадию, о чем свидетельствует уменьшение обилия пыльцы осок и Rosaceae (*Potentilla* type), но увеличение содержания пыльцы эрикоидных, морошки и спор сфагновых мхов. Вероятно, современная трещиновато-полигональная структура болота была сформирована несколько позже, в период 5–4 тыс. кал. л. н. Около 4 тыс. кал. л. н. скорость накопления торфа значительно снизилась, при этом увеличилась концентрация пыльцы, что позволяет предположить мерзлотное пучение. Повышение концентрации пыльцы в отложениях может быть следствием увеличения продуктивности растительного сообщества либо периода экспозиции поверхности. Мерзлотное пучение вызывает иссушение поверхности бугра, отмирание мхов-торфообразователей и увеличивает период экспозиции [Шефер и др., 2023].

Проанализировав палинологические спектры торфяных отложений, мы выделили семь периодов, для которых характерно уменьшение участия пыльцы ели, осоковых и спор хвощей и одновременно с этим увеличение участия спор мхов и пыльцы эрикоидных кустарничков. Мы интерпретируем их как наступление более холодных ксерофитных условий, способствующих формированию мерзлоты. Выделенные периоды соотносятся с ранее проведенными климатическими реконструкциями [Andreev, Klimanov, 2000]. Из семи выделенных нами периодов три соответствуют 5, 4 и 3 событиям Бонда [Bond et al., 1997].

Заключение

Анализ пыльцевых спектров колонки СКТ-15-3D из субарктической зоны Западной Сибири выявил поэтапную эволюцию озерно-болотного комплекса от озерной стадии до полигонального болота. В ходе исследования выявлено семь периодов похолодания, вероятно, способствовавших промерзанию торфяника: ~8,5; 8,2–8,0; ~6,7; ~6,0; 5,8–5,6; 5,3–5,1 и ~4 тыс. кал. л. н.

Литература

- Ильина И. С., Лапшина Е. И., Лавренко Н. И., Мельцер Л. И., Романова Е. А., Богоявленский Б. А., Махно В. Д. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. 251 с.
- Шефер Н. В., Бляхарчук Т. А., Лойко С. В., Шумиловских Л. С., Гуреева И. И. История растительности и пожаров арктической части Пур-Тазовского междуречья в голоцене // Проблемы Арктики и Антарктики. 2023. Вып. 69, № 2. С. 244–263. doi: 10.30758/0555-2648-2023-69-2-244-263
- Andreev A. A., Klimanov V. A. Quantitative Holocene climatic reconstruction from Arctic Russia // *J. Paleolimnol.* 2000. Vol. 24, no. 1. P. 81–91. doi: 10.1023/A:1008121917521
- Bond G., Showers W., Cheseby M., Lotti R., Almasi P., Demenocal P., Priore P., Cullen H., Hajdas I., Bonani G. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates // *Science.* 1997. Vol. 278, no. 5341. P. 1257–1266. doi: 10.1126/science.278.5341.1257
- Hichens-Bergström M., Sannel A. B. K. Permafrost development in northern Fennoscandian peatlands since the mid-Holocene // *Arctic, Antarctic, and Alpine Research.* 2023. Vol. 55, no. 1. P.2250035. doi: 10.1080/15230430.2023.2250035

References

- Andreev A. A., Klimanov V. A. Quantitative Holocene climatic reconstruction from Arctic Russia. *J. Paleolimnol.* 2000;24(1):81–91. doi: 10.1023/A:1008121917521
- Bond G., Showers W., Cheseby M., Lotti R., Almasi P., Demenocal P., Priore P., Cullen H., Hajdas I., Bonani G. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. *Science.* 1997;278(5341):1257–1266. doi: 10.1126/science.278.5341.1257
- Hichens-Bergström M., Sannel A. B. K. Permafrost development in northern Fennoscandian peatlands since the mid-Holocene. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research.* 2023;55(1):P2250035. doi: 10.1080/15230430.2023.2250035
- Ильина И. С., Лапшина Е. И., Лавренко Н. И., Мельцер Л. И., Романова Е. А., Богоявленский Б. А., Махно В. Д. Vegetation cover of the West Siberian Plain. Новосибирск: Наука; 1985. 251 p. (In Russ.)
- Шефер Н. В., Бляхарчук Т. А., Лойко С. В., Шумиловских Л. С., Гуреева И. И. History of vegetation and fires in the Arctic part of the Pur-Taz interfluvium in the Holocene. *Problemy Arktiki i Antarktiki = Arctic and Antarctic Research.* 2023;69(2): 244–263. doi: 10.30758/0555-2648-2023-69-2-244-263 (In Russ.)

Поступила в редакцию / received: 27.10.2023; принята к публикации / accepted: 29.11.2023.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Шефер Никита Витальевич

лаборант лаборатории структурного и молекулярного анализа растений, младший научный сотрудник лаборатории биогеохимических и дистанционных методов мониторинга окружающей среды ТГУ; инженер лаборатории мониторинга лесных экосистем ИМКЭС СО РАН

e-mail: vchifz@mail.ru

Бляхарчук Татьяна Артемьевна

д-р биол. наук, главный научный сотрудник ИМКЭС СО РАН; профессор кафедры географии ТГУ

e-mail: blyakharchuk@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Shefer, Nikita

Laboratory Assistant at Laboratory for Structural and Molecular Analysis of Plants, Junior Researcher at Laboratory of Biogeochemical and Remote Sensing Methods in Environmental Monitoring, Tomsk State University; Engineer at Laboratory of Forest Ecosystem Monitoring, IMCES SB RAS

Blyakharchuk, Tatyana

Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS; Professor of Geography Department, Tomsk State University