

Paleoecology of peatland in the vicinity of the dune massif – Linde tukulan (Central Yakutia)

Short communication

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Pavlova M.R.*, Lytkin V.M., Shaposhnikov G.I.

Melnikov Permafrost Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Merzlotnaya Str., 36, Yakutsk, 677010, Russian

ABSTRACT. Results of investigation of peatland uncovered within an ancient deflationary basin in the south-eastern part of the Linde tukulan (Central Yakutia) are presented. On the basis of lithological, palynological and radiocarbon data, we reconstruction structure of peatland, performed a preliminary reconstruction of the end Late Pleistocene – Holocene landscape and climatic conditions of the peatland and surrounding areas. Three stages of the peatland development were identified: 1) Younger Dryas – Early Holocene, 2) first half of the Holocene, 3) Late Holocene.

Keywords: peatland, tukulan, pollen analysis, radiocarbon dating, Younger Dryas, Holocene

For citation: Pavlova M.R., Lytkin V.M., Shaposhnikov G.I. Paleocology of peatland in the vicinity of the dune massif – Linde tukulan (Central Yakutia) // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 516-521. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-516

1. Introduction

The valley of Linde River is one the regions were Late Quaternary and modern massifs of dune sands of Yakutia are spread. One of the largest sand massifs – Linde tukulan are located in the valley of Linde River. Its area is more 3000 km². Tukulans are dunes of the higher order. Three levels of features of topography are easily seen in their structure: mesofeatures (dune chains), microfeatures (different types of dunes, deflation basins, deflation corridors), and nanofeatures (mounds, grass clusters, microdunes, “clay mushroom”, and ripples) (Pavlova et al., 2017).

Some deflation basins are water-filled. Such water bodies are called tukulan or deflation lakes. These lakes within the Linde tukulan are at different stages of development: oligotrophic, mesotrophic, some eutrophic with transition to small bogs. Currently, deflation lakes remain the least explored type of lakes in Yakutia. The deflation lakes have a small area (on average from 0.05-0.2 to 20 km²), and therefore these lakes are the most promising for climate and environmental reconstructions because their sediments record mostly local signals of the climate, vegetation and ecological changes.

At the upper part of a 40-meter-high and 1.5 km- length outcrop located in the southwestern part of Linde tukulan, in 2022 we uncovered the series of thin horizons filled with lake and swamp deposits. Such

horizons are confined to relict deflation basins. Section No. 554 (65°02.447' north latitude., 123°03.968' east longitude) is uncovered within one of deflation basins. This article presents the results investigation of peatland. On the basis of lithological, palynological and radiocarbon data, we reconstruction structure and age of peatland, also the nature of vegetation

and the conditions of peatland formation within the Linde tukulan.

2. Material and methods

The section No. 554 is uncovered in the upper part of the 40-meters outcrop tukulan. This section is allocated to left bank of the Linde River. The total deposits thickness is 5 m. The lithology of the section (from top to down):

0-0.4 m – black and dark brown humus deposits with roots of modern plants;

0.4-2 m – dark-brown moss-sedge poorly decomposed peat with inclusion of remains of the species *Ericales*, branches and trunks of woody vegetation.

2-3 m – dark brown moss-sedge decomposed peat with remains of the species *Ericales*.

3-4.5 (5) m – dark brown gleization frozen silt sandy loam.

Radiocarbon dates for 3 samples were performed by the approach of liquid scintillation on a Quantulus 1220 spectrometer – radiometer at the Laboratory

*Corresponding author.

E-mail address: Nigaer@yandex.ru (M.R. Pavlova)

Received: June 06, 2024; **Accepted:** July 02, 2024;

Available online: August 26, 2024

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



of General Geocryology of the Mel'nikov Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (the city of Yakutsk).

Deposits of the peatland were studied by pollen analysis with sample interval 40-50 cm (8 samples in total). Samples were processed using to the method of V.P. Grichuk (Grichuk and Zaklinskaya, 1948) with the acetolysis procedure at the final stage. Samples were subsequently examined under the microscope with 400x magnification. The diagram of pollen percentage and pollen concentration diagram were constructed using the Tilia_2.0.41 (Grimm, 2004). In the diagram of pollen percentage, the percentage values of all taxa were calculated in the ratio to arboreal pollen + non-arboreal pollen (AP + NAP) sum.

3. Results

Radiocarbon data were obtained for 3 samples from depths of 0.5, 1.5 and 3 meters, which corresponds to the dates MPI-255 – 4860 ± 260, MPI-235 – 5650 ± 140 and MPI-224 – 12040 ± 490 calendar years ago.

Characteristic of palynozones of sections 554 on the peatland, Linde tukulan (Fig. 1).

1 – silt sandy loam, 2 – peat, 3 – humus deposits, 4 – roots of modern plants, 5 – tree branches and trunks, 6 – remains of the species *Ericales* 7 – gleization, 8 – cryogenic deposits. * AP – arboreal pollen, NAP – non-arboreal pollen.

Polynozone PZI (4-2.8 m) is characterized by the predomination NPA (to 70.7%). Among them, Poaceae (26.5-51.7%), Cyperaceae (to 13.6 %) and *Artemisia* (to 12.6%) prevails. AP comprises 23.9-44.9% and is predominated by the species *Betula sec. Nanae* (16.8-39.6 %). There is a small amount of pollen of other trees:

Larix (2.8-5.1%), *Alnus* (1.1-5.1%) и *Salix* (0.6-2.3%). Spores comprise 1.3-5.5% and the participation of the species *Bryidae* and *Equisetum*.

Polynozone PZII (2.8-0.5 m) is distinguished by a decreased in the content of AP (57.3-79.5%) and a rise in the content of NAP (18.2-38.9 %) in comparison with polynozone PZI. Two subzones are distinguished within the palynozone PZII. The first subzone (PZIIa, 2.8-1.8 m) is characterized by the predomination species *Betula sec. Nanae* (48.2-61.8%) and *Larix* (3.6-3.7%). In the specters is a pollen of other trees: *Pinus s/g Haploxyylon*, *Picea*, *Alnus* and *Salix*. NPA comprises from 26.7 to 38.9% and is predominated by the families Poaceae (14.8-16.2%) and Cyperaceae (7.3-18.4%). Spores comprise 1.6-3.8%. In the specters is spores: *Selaginella rupestris*, Polypodiophyta, *Sphagnum*, *Riccia*, *Bryidae*, *Equisetum*, *Lycopodium pungens*.

The second subzone (PZIIb, 1.8-0.5 m) is distinguished by a decreased in the content of pollen *Betula sec. Nanae* (13.5-20.5%), *Larix* (1.5-1.8%), Cyperaceae (6.3-9.2%) and Poaceae (5.2-10.1%), and a sharp rise in the content of pollen *Pinus s/g Haploxyylon* (51.2-55.7 %) and *Ericales* (0.6-0.9%) in comparison with subzone PZIIa. In addition, in this subzone there is a decreased in the diversity of herbs (only the species *Artemisia*, the families Rosaceae and Ranunculaceae) and absence of spores *Selaginella rupestris*.

Polynozone PZIII (0.5-0 m) is characterized by the predomination AP (to 52.6%). Among them, *Pinus s/g Haploxyylon* (to 20.5%) and *Betula sec. Nanae* (to 23%) prevails. Also, in the specters is a many amount of spores of the *Spagnum* (to 27.9%). In the specters is a pollen of other trees: *Larix*, *Picea*, *Betula sec. Albae*, *Alnus* and *Salix*. NAP comprises to 17.7% and is predominated by the families Cyperaceae (to 6.6%), Poaceae (to 5.3%), Rosaceae (to 2.3%) and the species

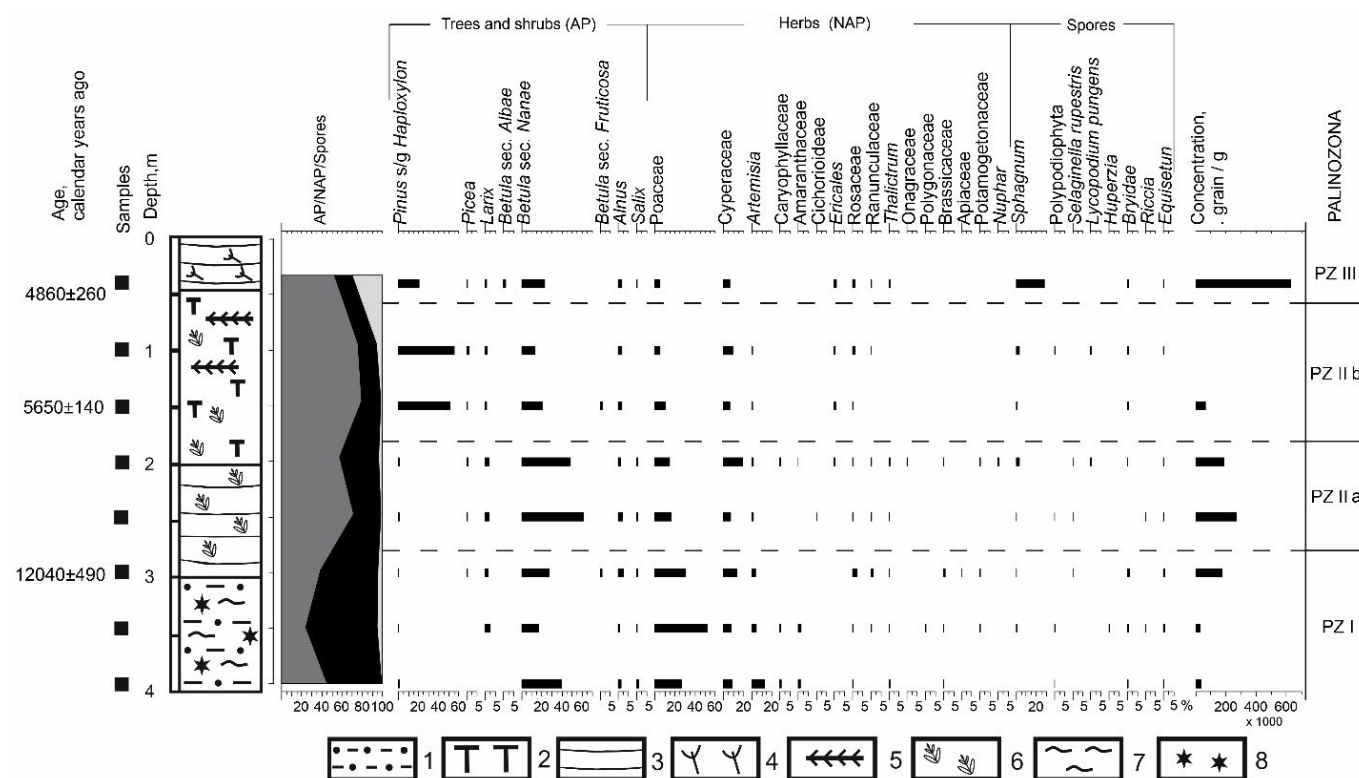


Fig.1. Geological structure and pollen diagram of deposits (0 to 4 m-thick layer) in section 554 on peatland, Linde tukulan (Central Yakutia).

Ericales (to 2.1%).

4. Discussion and conclusions

The formation of the peatland, which was uncovered within an ancient deflationary basin in the southwestern part of the Linde tukulan, presumably began peatland is uncovered within the ancient deflationary basin in southwestern part of Linde tukulan, began to formation, presumably, at the end of the Late Pleistocene (Younger Dryas) – the beginning of the Holocene. At this time the climate was quite arid and cold. The surrounding landscapes had relatively poor vegetation cover. According to the data of this investigation (Fig. 1, PZI), at this time open-type landscapes prevailed, predominantly, sandy spaces with sparse vegetation cover and dry areas of cold steppes with the dominance of xerophytic communities (*Artemisia*, *Amaranthaceae*, *Caryophyllaceae*, etc.). Also, in some places grass-forb meadows were widespread. More humid areas or small deflationary lakes were overgrown with pondweed, sedges, and aquatic species of buttercups, surrounded by dwarf species of willows and birches. In some places, larch woodlands and birch thickets of dwarf birch and alder grove were developed.

During the first half of the Holocene there was an increase in moisture content and climate softening. The vegetation was probably similar to sparse larch forests. Shrub species of birch and alder formed tundra and forest communities. In some places, forb-grass associations and lakes were developed, the banks of which were overgrown with pondweed and sedge (Fig. 1, PZIIa). Later, a successional change occurred and the predominant role in the landscape is played by larch forests with undergrowth of *Pinus pumila*, shrubby spe-

cies of birch and alder grove (Fig. 1, PZII b).

The landscapes acquired a modern character in the late Holocene. The vegetation cover was predominated by larch-lichen-green moss forest with undergrowth of *Pinus pumila*, dwarf species of birch and alder grow. (Fig. 1, PZIII).

5. Acknowledgement

The study was supported by research project no. 122011800064-9 “Structure and Key Steps in Evolution of the Continental Cryolithozone in the Neopleistocene and Holocene”.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

References

- Grichuk V.P., Zaklinskaya E.D. 1948. Analiz iskopaemykh pyl'tsy i spor i yego primeneniye v paleogeografii [Analysis of fossil pollen and spores and its application in palaeogeography]. Moscow: OGIZ. (in Russian)
- Grimm E. 2004. Tilia software 2.0.2. Illinois State Museum Research and Collection Center, Springfield.
- Pavlova M.R., Rudaya N.A., Galanin A.A. et al. 2017. Structure and evolution of dune massifs in the Vilyui river basin over the Late Quaternary period (by the example of the Makhatta and Kysyl-Syr Tukulan). Contemporary problem of ecology, 2017, vol. 10, No. 4: 411–422. DOI: [10.1134/S1995425517040072](https://doi.org/10.1134/S1995425517040072)

Палеоэкология торфяника в окрестностях дюнного массива – тукулан Линде (Центральная Якутия)

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Павлова М.Р.*, Лыткин В.М., Шапошников Г.И.

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, ул. Мерзлотная д. 36, Якутск, 677010, Россия

АННОТАЦИЯ. Представлены результаты исследования торфяника, вскрытого в пределах древней дефляционной котловины в юго-восточной части тукулана Линде (Центральная Якутия). На основе литологических, спорово-пыльцевых и радиоуглеродных данных установлено его строение, выполнена предварительная реконструкция позднеплейстоценового-голоценового ландшафта и климатических условий формирования торфяника и прилегающих территорий. Выделено три этапа развития торфяника: 1) поздний дриас – ранний голоцен; 2) первая половина голоцена, 3) поздний голоцен.

Ключевые слова: торфяник, тукулан, палинологический анализ, радиоуглеродное датирование, поздний дриас, голоцен

Для цитирования: Павлова М.Р., Лыткин В.М., Шапошников Г.И. Палеоэкология торфяника в окрестностях дюнного массива – тукулан Линде (Центральная Якутия) // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 516-521. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-516

1. Введение

Долина р. Линде является одним из крупных районов распространения позднечетвертичных и современных дюнных массивов в Якутии. Здесь расположен один из крупнейших песчаных массивов – тукулан Линде, площадь которого составляет более 3000 км². Тукуланы являются дюнами высшего порядка в строении которых выделяются несколько уровней: мезорельеф (цепочки дюн), микрорельеф (различные типы дюн, котловины выдувания, коридоры выдувания), микрорельеф (кочки, бугры, микродюны, «глинистые грибы», рябь течения) (Павлова и др., 2017).

Некоторые котловины выдувания заполнены водой. Такие водоемы называют дефляционными озерами. Эти озера в пределах тукулана Линде находятся на разных стадиях развития: олиготрофной, мезотрофной, часть на эвтрофной с переходом в небольшие болотца. В настоящее время дефляционные озера остаются наименее изученным типом озер Якутии. Они имеют небольшую площадь (в среднем от 0.05-0.2 до 20 км²) и поэтому являются наиболее перспективными для реконструкций климата и окружающей среды, поскольку в донных отложениях фиксируются, преимущественно, локальные сигналы климатических, растительных и экологических изменений.

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: Nigaer@yandex.ru (М.Р. Павлова)

Поступила: 06 июня 2024; Принята: 02 июля 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

В 2022 г. в юго-западной части тукулана Линде в верхней части 40-метрового обрыва, протягивающегося на 1.5 км, вскрыта серия небольших по мощности горизонтов, заполненные озерными и болотными отложениями. Такие участки приурочены к реликтовым дефляционным котловинам. В пределах одной из котловин заложен разрез № 554 (65°02.447' с. ш., 123°03.968' в. д.). В данной работе представлены данные литологических, палинологических и радиоуглеродных исследований отложений, на основе которых выполнена предварительная реконструкция строения, возраста, состава растительности и условия формирования торфяника в пределах тукулана Линде.

2. Материалы и методы

Вскрытый торфяник (разрез № 554) в верхней части 40-метрового обрыва тукулана на левом берегу р. Линде и имеет мощность 5 м. Он имеет следующее строение (сверху-вниз):

0-0.4 м – черные и темно-коричневые гумусовые отложения с растительным детритом и корешками современных растений;

0.4-2 м – темно-коричневый мохово-осоковый слаборазложившийся торф с включениями остатков вида *Ericales*, ветвей и стволов древесной растительности;

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



2-3 м – темно-коричневый мохово-осоковый разложившийся торф с остатками вида *Ericales*.

3-4.5(5) м – темно-коричневая оглеенная супесь пылеватая, мерзлая.

Радиоуглеродное датирование трех образцов выполнено методом жидкостной сцинтилляции на спектрометре-радиометре Quantulus 1220 в Лаборатории общей геохронологии Института мерзлотоведения Сибирского отделения РАН (г. Якутск).

Для отложений торфяника выполнен палинологический анализ с интервалом отбора проб через 40-50 см (8 проб). Образцы обрабатывали по методу В.П. Гричука (Гричук и Заклинская, 1948) с процедурой ацетализа на завершающем этапе. Затем образцы исследовались под микроскопом с 400-кратным увеличением. Диаграммы процентного содержания пыльцы и концентрации пыльцы построены с помощью программы Tilia 2.0.41 (Grimm, 2004). На диаграмме процентные значения всех таксонов рассчитывали в соотношении древесная пыльца + недревесная пыльца (AP + NAP).

3. Результаты

Радиоуглеродные даты получены для трех образцов с глубин 0.5, 1.5 и 3 метров, что соответствует датам MPI-255 – 4860 ± 260, MPI-235 – 5650 ± 140 и MPI-224 – 12040 ± 490 календарных лет назад.

Характеристика палинозон разреза торфяника № 554, тукулан Линде (рис. 1).

1 – супесь легкая пылеватая, 2 – торф, 3 – гумусовые отложения, 4 – корешки современных растений, 5 – ветки и стволы деревьев, 6 – остатки

Ericales, 7 – оглеение, 8 – мерзлые отложения * AP – древесная пыльца, NAP – недревесная пыльца.

Палинозона PZI (4-2.8 м) характеризуется доминированием NPA (до 70.7%). Среди них преобладают Poaceae (26.5-51.7%), Cyperaceae (до 13.6%) и *Artemisia* (до 12.6%). AP составляет 23.9-44.9% с преобладанием *Betula sec. Nanae* (16.8-39.6%). В небольшом количестве отмечается пыльца других деревьев: *Larix*, *Alnus* и *Salix*. Споры составляют 1.3-5.5% с преобладанием *Bryidae* и *Equisetum*.

Палинозона PZII (2.8-0.5 м) отличается снижением содержания AP (57.3-79.5%) и повышением NAP (18.2-38.9%) по сравнению с палинозоной PZI. В пределах палинозоны PZII выделяются две подзоны. Первая подзона (PZIIa, 2.8-1.8 м) характеризуется доминированием *Betula sec. Nanae* (48.2-61.8%) и *Larix* (3.6-3.7%). В спектрах присутствует пыльца других деревьев: *Pinus s/g Haploxyton*, *Picea*, *Alnus* и *Salix*. NPA составляют от 26.7 до 38.9% с преобладанием Poaceae (14.8-16.2%) and Cyperaceae (7.3-18.4%). Споры составляют 1.6-3.8%. Отмечаются споры *Selaginella rupestris*, Polypodiophyta, *Sphagnum*, *Riccia*, *Bryidae*, *Equisetum*, *Lycopodium pungens*.

Вторая подзона (PZIIb, 1.8-0.5 м) отличается снижением пыльцы *Betula sec. Nanae* (13.5-20.5%), *Larix* (1.5-1.8%), Cyperaceae (6.3-9.2%) и Poaceae (5.2-10.1%), а также резким ростом содержания *Pinus s/g Haploxyton* (51.2-55.7%) и *Ericales* (0.6-0.9%) по сравнению с подзоной PZIIa. Кроме того, в этой подзоне наблюдается снижение разнообразие трав (только *Artemisia*, Rosaceae и Ranunculaceae) и отсутствие спор *Selaginella rupestris*.

Палинозона PZIII (0.5-0 м) характеризуется преобладанием AP (до 52.6%) с доминированием пыльцы *Pinus s/g Haploxyton* (до 20.5%) и *Betula*

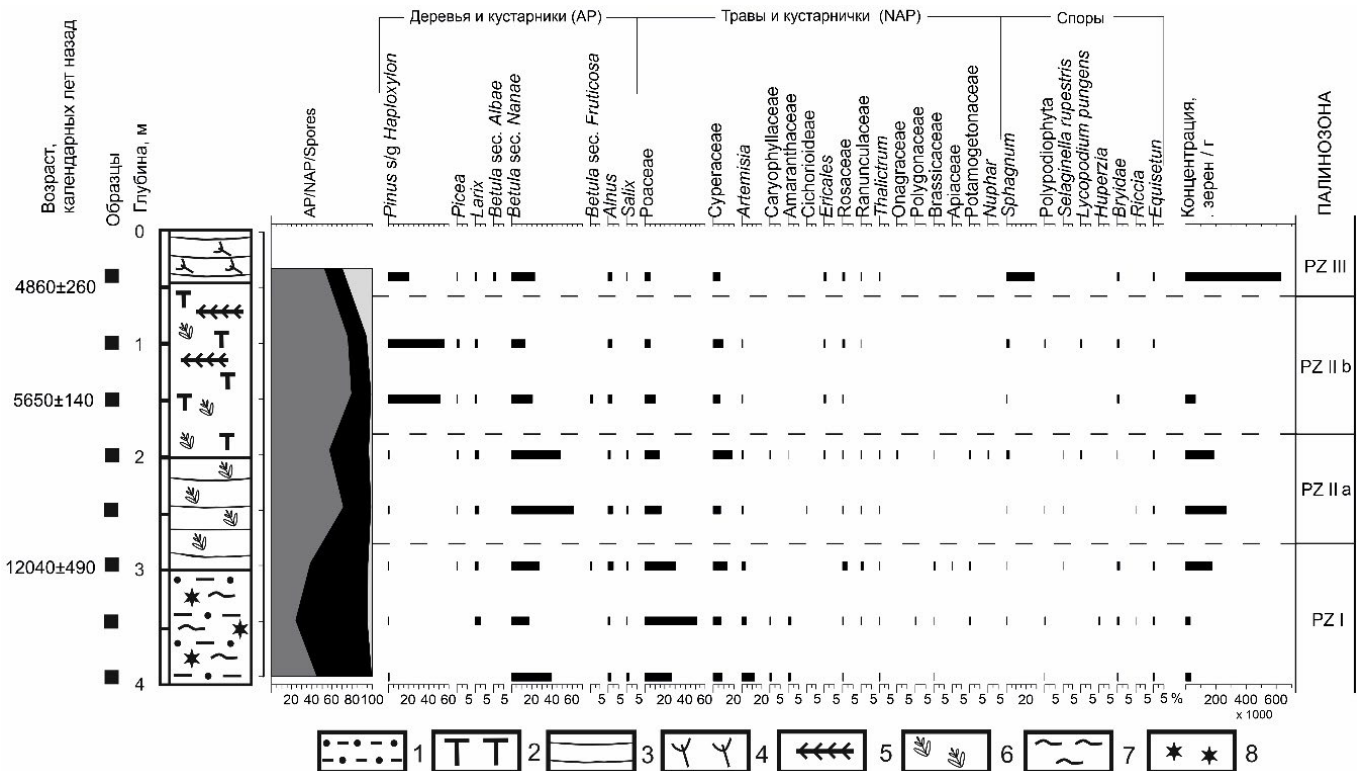


Рис.1. Геологическое строение и палинологическая диаграмма отложений торфяника (разрез № 554) в интервале 0-4 м, тукулан Линде (Центральная Якутия)

sec. *Nanae* (to 23%). Также много спор *Sphagnum* (до 27.9%). В спектрах присутствует пыльца других деревьев: *Larix*, *Picea*, *Betula* sec. *Albae*, *Alnus* и *Salix*. NAP составляет до 17.7% с преобладанием *Cyperaceae* (до 6.6%), *Poaceae* (до 5.3%), *Rosaceae* (до 2.3%) и *Ericales* (до 2.1%).

4. Обсуждение и выводы

Формирования торфяника, вскрытого в пределах древней дефляционной котловины в юго-западной части тукулана Линде, началось, предположительно, в конце позднего плейстоцена (поздний дриас) – начале голоцена. В это время климат был достаточно сухим и холодным. Окружающие ландшафты имели относительно бедный растительный покров. Согласно полученным данным (рис. 1, PZI), в это время преобладали ландшафты открытого типа, преимущественно, песчаные пространства с разреженным растительным покровом и сухие участки холодных степей с доминированием ксерофитных сообществ (*Artemisia*, *Amaranthaceae*, *Caryophyllaceae* и др.), местами были распространены злаково-разнотравные луга. К более увлажнённым участкам и небольшим дефляционным озерам было приурочено зарастание рдестом, осоковыми, водными видами лютиковых, окруженные карликовыми видами ив и берез. Местами были развиты лиственничные редколесья и ерниковые заросли из карликовых видов берез и ольховника.

На протяжении первой половины голоцена происходит увеличение увлажнения и смягчения климата. Растительность, вероятно, была подобна редкостойным лиственничным лесам. Кустарниковые виды берез и ольховник формировали тундровые и лесные сообщества, местами были развиты разнотравно-злаковые ассоциации и

озера, берега которых зарастали рдестовыми и осоковыми (рис. 1, PZIIa). Позже происходит сукцессионная смена и в ландшафте преобладающую роль играют лиственничные леса с подростом кедрового стланика, кустарниковых видов берез и ольховника (рис. 1, PZIIb).

В позднем голоцене ландшафты приобретают современный характер и в растительном покрове доминирует лиственнично-лишайниково-зеленомошный лес с подростом из *Pinus pumila*, карликовых видов берез и ольховника (рис. 1, PZIII).

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке проекта №. 122011800064-9 «Строение и основные этапы эволюции континентальной криолитозоны в неоплейстоцене и голоцене».

Конфликт интересов

У авторов нет никаких конфликтов интересов

Список литературы

Гричук В.П., Заклинская Е.Д. 1948. Анализ ископаемой пыльцы и спор, и его применение в палеогеографии. Москва: ОГИЗ.

Grimm E. 2004. Tilia software 2.0.2. Illinois State Museum Research and Collection Center, Springfield.

Павлова М.Р., Рудая Н.А., Галанин А.А. и др. 2017. Строение и динамика развития дюнных массивов Вилюйского бассейна в позднечетвертичное время (на примере тукуланов Махатта и Кысыл-Сыр). Сибирский экологический журнал, № 4: 473-486. DOI: [10.15372/SEJ20170408](https://doi.org/10.15372/SEJ20170408)