

УДК 551.89

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ И РАДИОУГЛЕРОДНЫЕ ДАННЫЕ О ВЕРХНЕЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ДЮННОГО МАССИВА – ТУКУЛАН КЫСЫЛ-СЫРСКИЙ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ)

Павлова М.Р.¹⁾, Галанин А.А.¹⁾, Рудая Н.А.^{2,3)}

¹⁾Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск

²⁾Институт археологии и этнографии СО РАН, г. Новосибирск

³⁾Национальный исследовательский Новосибирский государственный университет

Nigaer@yandex.ru

Приводятся данные литологического, спорово-пыльцевого и радиоуглеродного анализов отложений массива дюнных песков – тукулан Кысыл-Сырский (долина нижнего течения р. Вилюй, Центральная Якутия). На основании полученных результатов в районе исследования выделены три этапа развития растительности и три стадии формирования тукулана Кысыл-Сырский за последние 40 тыс. лет.

Ключевые слова: тукулан, радиоуглеродное датирование, спорово-пыльцевой анализ, плейстоцен, голоцен

Цитирование: Павлова М.Р., Галанин А.А., Рудая Н.А. 2016. Палинологические и радиоуглеродные данные о верхнечетвертичных отложениях дюнного массива – Тукулан Кысыл-Сырский (Центральная Якутия) // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 7. № 1 (13). С. 100-107.

ВВЕДЕНИЕ

На территории долины нижнего течения р. Вилюй широко распространены уникальные формы рельефа – тукуланы, представляющие собой массивы дюнных песков. Первые сведения о них, носившие чисто описательный характер, приводятся в работе Р.К. Маака в 1886 г. С 20-х гг. XX в. проявляется интерес к изучению тукуланов с научной точки зрения (А.А. Григорьев, Т.А. Работный, Н.Л. Благовидов и др.). В 60-80-е гг. рядом ученых (И.И. Невяжеский, М.Н. Алексеев, Е.Г. Катасонова, С.З. Скрябин, П.Д. Павлов, Э.П. Мальцев, В.В. Шепелев и др.) была впервые создана карта-схема распространения тукуланов Вилюйского бассейна [Невяжеский, Биджиев, 1960], отмечены особенности строения песчаных массивов и их геоморфологическая приуроченность [Алексеев, 1961; Катасонова, 1963; Скрябин, 1971; Павлов, Мальцев, 1977], гидрогеологические условия и пр. [Катасонова, Толстов, 1963; Шепелев, 1981]. В.В. Лукиным и О.Н. Толстихиным впервые применён дендрохронологический метод для изучения динамики тукуланов. Ими были выделены периоды активизации движения песка на основе анализа прироста древесных колец и изменения климатических параметров [Лукин и др., 2006].

Несмотря на большое количество работ о строении и генезисе тукуланов, вопрос об их образовании остается открытым. К настоящему времени сформировалось несколько теорий происхождения тукуланов:

1) Аллювиальная теория (С.С. Кузнецов, А.А. Григорьев, Т.А. Работнов, Н.Л. Благовидов, П.Д. Павлов и др.). Согласно ей тукуланы – типично аллювиальные отложения. Существует также еще два мнения о том, что тукуланы – продукт перевевания первично аллювиальных отложений, либо остатки аллювиальных наносов древних рек (ПраВилюя, ПраЛены и др.) [Благовидов, 1935; Григорьев, 1977; Кузнецов, 1929; Павлов, Мальцев, 1977].

2) Эоловая теория (М.Н. Алексеев, В.В. Колпаков, И.Г. Авенариус и др.). Тукуланы представляют собой самостоятельные генетические образования плейстоценовой возраста и эоловой природы, накопленные в результате ветрового переноса песчаного материала сильными ветрами [Алексеев, 1961; Григорьев, 1977].

3) Ледниково-эоловая теория (Г.Ф. Лунгерсгаузен). Тукуланы – это реликты эпохи максимального оледенения [Григорьев, 1977].

4) Криоаридная теория (А.И. Медянцеv, А.В. Галанин, А.А. Галанин и др.). Концепция, в которой тукуланы, «ледовый комплекс», ветрогранники и кигилляхи являются родственными

фациями и представляют собой единую криоаридную формацию «четвертичной криопустыни Северо-Восточной Азии» [Медянцев, 1961; Галанин, 2012].

Данная работа является начальным этапом в цикле палеогеографических исследований условий и закономерностей формирования тукуланов в составе единой криогенно-эоловой формации континентальной криолитозоны Якутии. В ней представлены первые результаты спорово-пыльцевого и радиоуглеродного анализов позднечетвертичных отложений дюнного массива – тукулан Кысыл-Сырский.

РАЙОН И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследования располагается в юго-западной части Центрально-Якутской равнины. В геологическом плане территория приурочена к Вилюйской впадине. Климат района резко континентальный, характеризующийся суровой продолжительной зимой (7-8 месяцев), коротким и жарким летом. Годовое количество атмосферных осадков составляет 250-300 мм. Суровый климат способствует сохранению вечной мерзлоты, средняя мощность которой составляет 300-400 м [Катасонова, Толстов, 1963].

С наличием многолетней мерзлоты и резкой континентальностью климата связано повсеместное развитие лиственничных лесов различных типов (толокнянковые, брусничные, багульниковые, моховые, сфагновые и смешанные). Встречают также сосновые леса и еловые леса с примесью березы [Катасонова, Толстов, 1963].

Тукулан Кысыл-Сырский (63°54'10" с.ш., 123°23'40" в.д., Н = 108 м) располагается в 35 км в северо-восточном направлении от п. Кысыл-Сыр в долине нижнего течения р. Вилюй, Центральная Якутия (рис. 1). Площадь его составляет 14 км². В геоморфологическом отношении тукулан является дюной высшего порядка, в строении которого четко прослеживаются три ступени рельефа: мезорельеф (цепь дюн), микрорельеф (дюны, котловины выдувания, коридоры выдувания, междюнные понижения), нанорельеф (кочки, куртины, микровалы, «глинистые грибы», рябь течения) [Павлова и др., 2015].

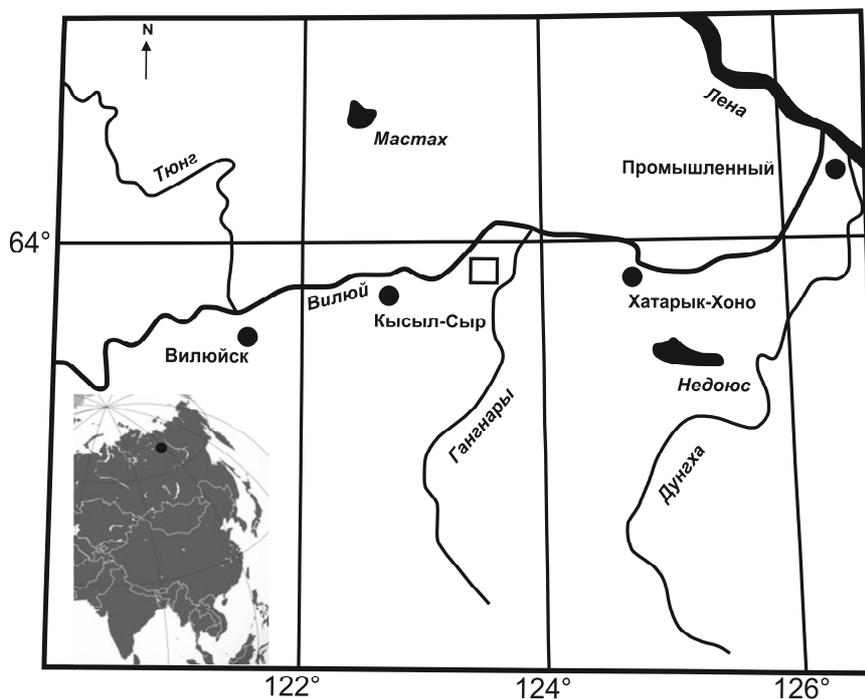


Рис. 1. Карта-схема расположения района исследования

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе полевых исследований в июне 2014 г. в пределах естественного обнажения тукулана Кысыл-Сырский, протяженность которого составляет более 3 км, нами была заложена серия разрезов. Наиболее подробно изучен разрез 449 мощностью 9 м от уреза р. Вилюй, который был вскрыт в центральной части погребенной палеокотловины на участке наиболее развитого торфяника (табл. 1).

Для определения этапов развития растительности в районе исследования и стадий формирования тукулана Кысыл-Сырский использованы радиоуглеродный и палинологический методы.

Табл. 1. Литологическое описание разреза 449, заложенного в пределах естественного обнажения тукулана Кысыл-Сырский

Характеристика отложений	Глубина, м
Песок светло-жёлтый мелкозернистый	0,0–0,2
Торф темно-коричневый, слаборазложившийся, осоково-моховой	0,2–1,2
Торф темно-коричневый слаборазложившийся с примесью песка серого мелкозернистого, мерзлый	1,2–1,7
Песок желтый с серым оттенком среднезернистый	1,7– 2,0
Перегноино-гумусовые отложения с примесью песка желтого с серым оттенком мелкозернистого.	2,0–5,2
Песок желтый мелкозернистый	5,2–5,7
Суглинок серый с прослоями супеси серой	5,7–6,0
Песок желтый мелкозернистый косослоистый	6,0–6,6
Песок светло-желтый крупнозернистый	6,6–6,9
Галька с прослоями гравия	6,9–7,3
Гравий с песком серым крупнозернистым косослоистое залегание	7,3–7,9
Суглинок тяжелый темно-серый	7,9–8,3
Гравий с песком серым крупнозернистым	8,3–9,0

Радиоуглеродный анализ выполнен методом жидкостной сцинтилляции на спектрометре-радиометре Quantulus 1220 в лаборатории региональной геоэкологии и криолитологии института мерзлотоведения им. И.П. Мельникова СО РАН (г. Якутск).

Химическая подготовка проб для спорово-пыльцевого анализа была произведена в палинологической лаборатории института археологии и этнографии СО РАН (г. Новосибирск) с применением сепарационного метода Гричука для минеральных отложений и Фаегри-Иверсена для торфов [Покровская, 1950; Покровская, 1966]. Для подсчета концентрации палиноморф добавлялись таблетки калиброванных спор *Lycopodium*. Микроскопирование проводилось с использованием светового микроскопа проходящего света Zeiss (PRIMO STAR и AXIOMAGER D2) с увеличением 200-400 раз. Подсчет пыльцевых зерен составлял не менее 300 единиц. По результатам исследования построена спорово-пыльцевая диаграмма с помощью программного обеспечения TILIA_1.7.16. Выделение палинозон производилось с применением кластерного анализа с использованием программы CONISS. Процентные соотношения пыльцы вычислялись от суммы всех определенных пыльцевых зерен и спор. Для хвойных (*Picea* и *Pinus sylvestris*) посчитаны концентрации с целью определения истинный или переотложенный характер имеют пыльцевые зерна в осадочной толще. Предполагается, что скудный растительный покров продуцирует обедненный пыльцевой дождь. Концентрации пыльцы и спор при этом невысокие и заметную роль в процентном содержании в спектре начинают играть переотложенные виды. Таким образом, концентрации можно считать косвенным индикатором переотложения.

Для выделения продолжительности периодов развития растительности и стадий развития тукулана Кысыл-Сырский для верхней части отложений (0,1-2,5 м) с помощью пакета Bacon_2.2 [Blaauw, Christen, 2011] в программе R [R. A language..., 2013] построена возрастная модель. Калибровка радиоуглеродных дат проводилась с использованием калибровочной кривой IntCal3. Для остальной части осадочной толщи, из-за отсутствия данных, определение продолжительности этапа основано на единичной радиоуглеродной дате и литературных источниках.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Радиоуглеродные даты получены для восьми образцов, представляющих собой торф, гумусированную супесь и рассеянный органический детрит. Результаты датирования приведены в табл. 2.

Табл. 2. Радиоуглеродные даты отложений опорного разреза, тукулан Кысыл-Сыр

Лабораторный номер	Глубина отбора, м	Материал	¹⁴ C возраст, лет	Калибров. возраст, кал. лет
MPI-43	0,1-0,2	торф	3320 ± 90	3825-3370
MPI-49	0,5-0,6	торф	3540 ± 95	4090-3590
MPI-51	0,8-0,9	торф	3800 ± 75	4415-3980
MPI-53	1,0-1,1	торф	3830±90	4515-3975
MPI-48	1,2-1,3	торф	3990±90	4815-4155
MPI-52	1,3-1,4	торф	5840±100	6890-6410
MPI-42	1,7-1,8	интенсивно гумусированная супесь	8140±135	9440-8640
MPI-37	3,75-4,5	рассеянный органический детрит	28400±600	33709-31258

По результатам спорово-пыльцевого анализа 30 образцов в разрезе выделено четыре палинозоны (рис. 2):

PZI (8,0-5,5 м). Палинозона характеризуется наличием пыльцы хвойных, из которых доминирует *Picea* (73,9-94,5 %). Низкая концентрация пыльцы *Picea* в пробе (82,1-332,1 зерен/г) свидетельствует об ее переотложенном характере. Пыльца трав составляет 0,6-17,8% с преобладанием *Artemisia*, *Chenopodiaceae* и *Roaceae*; споры – 3,8-8,9%. Концентрации пыльцы и спор в этой зоне очень низкие (деревья – 91,3-357,8 зерен/г, травы – 2,3-19,8 зерен/г, споры 8,5-18,7 зерен/г).

PZII (5,5-2,5 м) – зона ели. Палинозона характеризуется преобладанием пыльцы *Picea* (65,9-94,5%). В отличие от PZI, в этой зоне она является истинной, что подтверждается относительно высокой концентрацией, которая изменяется от 704,7 до 2794,2 зерен/г. Пыльца трав составляет 2,3-16,4% с преобладанием *Ranunculaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae* и *Roaceae*; спор – 1,1-6,2%.

PZIII (2,5-1,3 м, 9900-6700 калиб. л. н) – зона березы. В целом доминируют древесные породы (до 83,9 %), среди которых преобладает *Betula* spp. (24,2–68,2 %). Пыльца трав составляет 16,1-48,7 %, с преобладанием *Cyperaceae*, *Roaceae*, *Ericaceae* и *Artemisia*; споры – 0,9-10,6 %. Концентрации пыльцы и спор в палинозоне увеличиваются в среднем: деревьев в 6-9 раз, трав в 40 раз, спор в 12 раз.

PZIV (1,3-0,1 м, 6700-3300 калиб. л. н) – зона сосны. Палинозона отличается резким увеличением пыльцы древесных пород (до 98%) по сравнению PZII, с преобладанием хвойных: *Pinus sylvestris* (43,0-63,6 %), *Pinus sibirica* (2,0-13,0 %) и уменьшением пыльцы трав (2,3-9,2 %) с преобладанием *Cyperaceae* и *Roaceae*. Споры составляют 1,3-1,9 %.

На основании построенной возрастной модели (рис. 3) для верхней части разреза (0,1-2,5 м) получен период развития растительности и стадий развития тукулана Кысыл-Сырский в интервале 9900-3300 тыс. калиб. л. н. На глубине 1,3 м наблюдается «разрыв» в модели, предположительно, перерыв в осадконакоплении. К настоящему времени данный перерыв обосновывается тем, что между двумя ближайшими датами (MPI-48 и MPI-52) наблюдается большой временной промежуток, составляющий около 2 тыс. лет. Из-за малого количества дат модель, на данный момент, является несовершенной и требует дальнейших доработок.

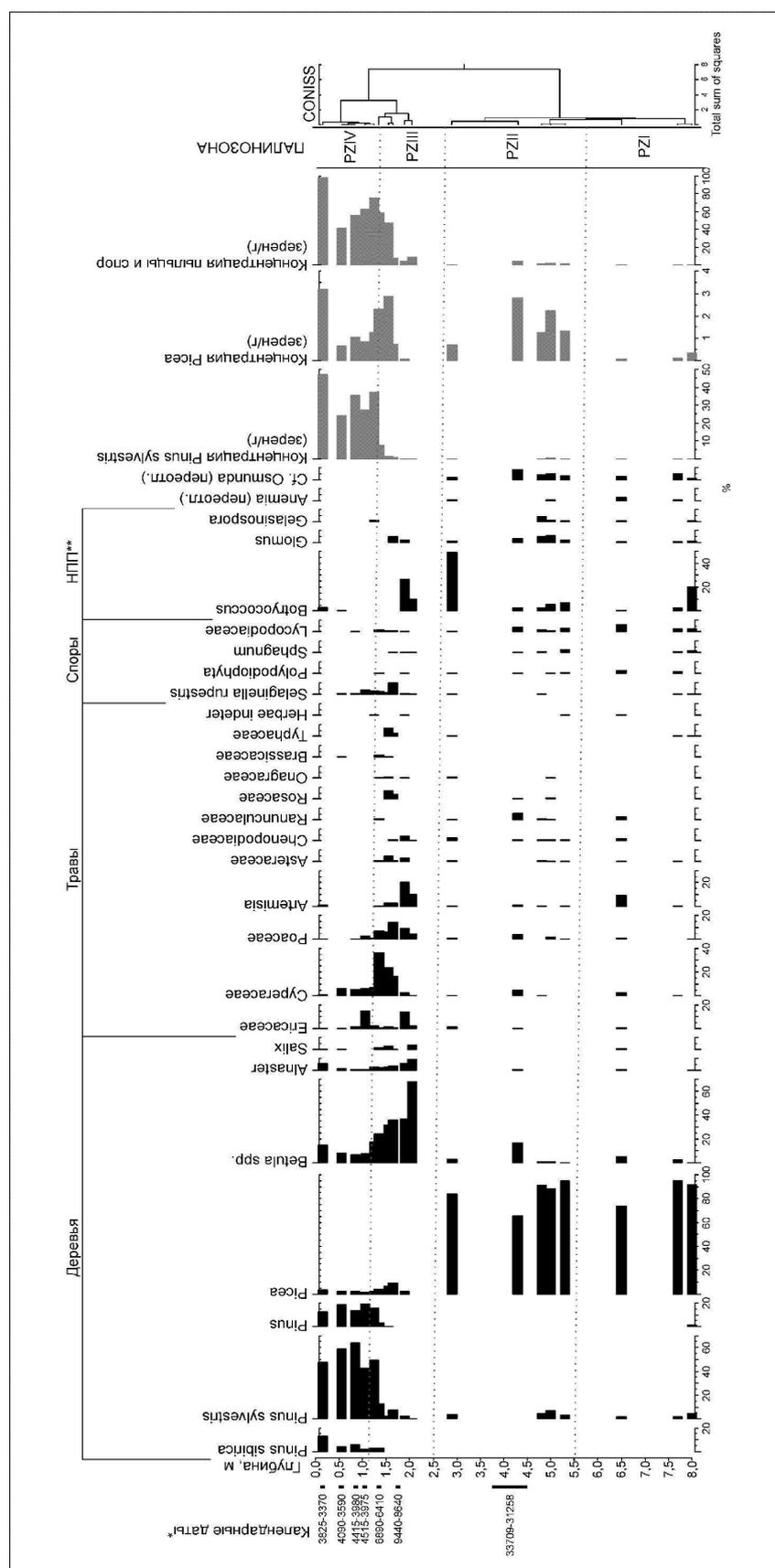


Рис. 2. Палинологическая диаграмма разреза позднечетвертичных отложений, тукулан Кысыл-Сырский (Центральная Якутия). * полный перечень календарных дат приведен в табл. 1, ** НПП – непollenные палиноморфы

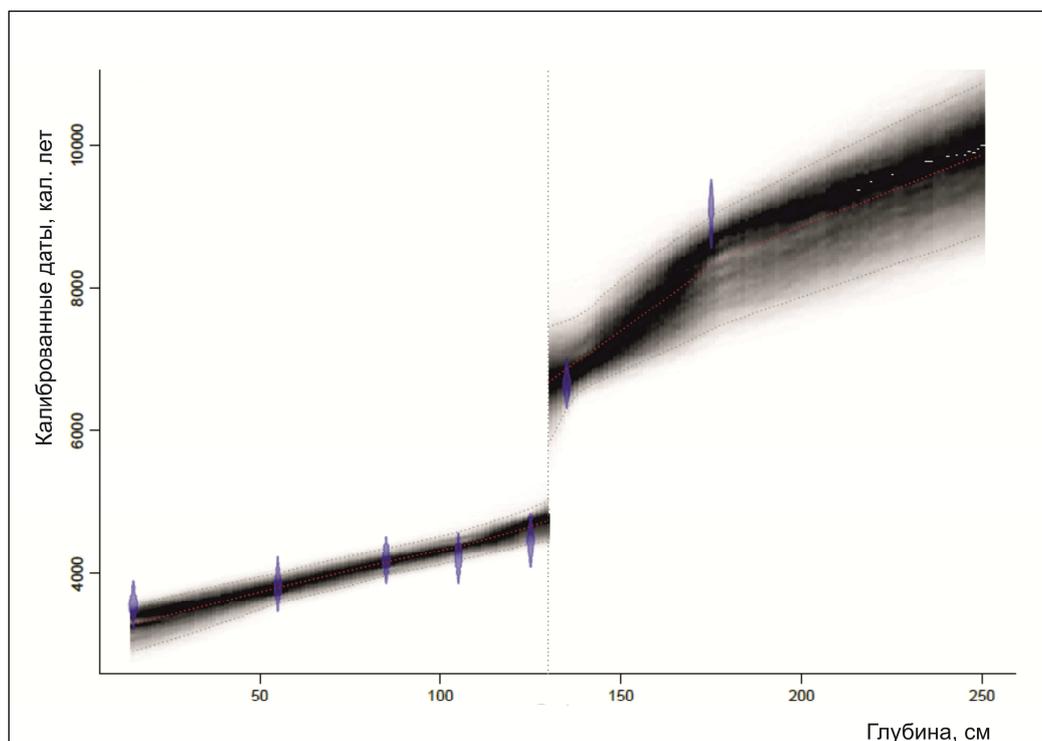


Рис. 3. Возрастная модель верхней части разреза (0-250 см) позднечетвертичных отложений, тукулан Кысыл-Сырский (Центральная Якутия)

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На основании палинологического и радиоуглеродного анализов опорного разреза позднеплейстоценово-голоценовых отложений, а также литературных источников в долине нижнего течения р. Вилюй выделены следующие этапы развития растительности и стадии формирования тукулана Кысыл-Сырский:

I этап относится к интервалу каргинский интерстадиал – сартанский криохрон. Согласно литературным данным [Гитерман, 1963; Томская, 1973; Величко, 1999; Фотиев, 2006] климат в этот период был достаточно суровый и резко континентальный, что способствовало формированию полей и покровов золотых песков с сингенетическими повторно-жильными льдами. Спорово-пыльцевые спектры, полученные из аллювиальных отложений (палинозоны PZI-PZII), свидетельствуют об относительно бедном растительном покрове окружающих ландшафтов.

Небольшое содержание в спектрах пыльцы *Picea* – представителя умеренно влажной темнохвойной бореальной тайги – говорит о ее переотложенном характере из более древних осадков теплых эпох, предположительно, Казанцевского межледниковья в начале этапа. Согласно литературным данным [Andreev et al., 2011] преобладание в спектрах *Suregaseae*, *Roaseae* и многочисленное содержание переотложенной пыльцы *Pinaseae* отражают суровые условия и низкое биоразнообразие растительных сообществ. Высокое содержание переотложенной пыльцы свидетельствует о деградации (эрозии) более древних отложений, подтверждая тем самым разреженный растительный покров [Andreev et al., 2011].

В дальнейшем увеличение концентрации *Picea* в разрезе и пиковое ее содержание, которое приходится на период 31-33 тыс. лет (MPI-37), объясняется, предположительно, локальным распространением данного вида в исследуемом районе. Возможно, в данный период были более благоприятные условия и *Picea* произрастала в поймах или на пониженных участках (на основании проведения аналогии с современным развитие еловых лесов в данном регионе).

Установленный стратиграфически перерыв в осадконакоплении приходится на сартанский криохрон. О сухих и холодных климатических условиях той эпохи свидетельствует пологая перекрестная слоистость песков, указывающая на поступательную динамику золотых процессов, криотурбированность суглинистых отложений. Рыхлое сложение и высокая пористость указывает на воздушное осаждение частиц; крайне низкая льдистость и практически полное отсутствие растительных остатков – о климатических условиях холодной криопустыни [Галанин и др., 2015].

С этим этапом совпадает первая стадия активного формирования тукулана Кысыл-Сырского, о чем свидетельствует мощная пачка песчаных отложений.

II этап. На основании данных, полученных в ходе построения возрастной модели (рис. 3), этап продолжался 9900-6700 калиб. л. н. В районе исследования была распространена лесотундра, характеризующаяся березовым редколесьем [Andreev et al., 2009]. Об этом свидетельствует присутствие Ericaceae – типичного элемента северо-таежных и лесотундровых сообществ, а также *Selaginella rupestris* – яркого маркера тундр. В наиболее увлажненных днищах междюнных котловин тукуланов развивались луговые ассоциации, сменившиеся затем осоковыми болотами [Галанин и др., 2015]. К концу периода происходит уменьшение *Betula* spp. с 68,2% до 24,2 % и увеличением пыльцы Сургачеae и Роачеae.

Изменение климата и условий осадконакопления привело к постепенному угасанию и затем полному затуханию в развитии тукулана Кысыл-Сырского.

В течение III этапа (6700-3300 калиб. л. н.) происходит постепенное отступление лесотундры к северу и иссушение болот, вследствие чего начинают преобладать сосновые леса, в основном из *Pinus sylvestris*, с примесью березы. Возможно, местами были развиты березовые редколесья.

Постепенно возобновляется формирование эоловых песков, связанное с похолоданием и аридизацией климата около 2,5 тыс. лет назад [Фотиев, 2006]. Это соответствует третьей стадии развития тукулана Кысыл-Сыр, которая продолжается и по настоящее время.

ВЫВОДЫ

1. На основании анализа палинологических, литологических и радиоуглеродных данных позднеплейстоценовых-голоценовых отложений опорного разреза, заложенного в пределах естественного обнажения тукулана Кысыл-Сырского выделено четыре палинозоны: зона с высокой концентрацией переотложенной ели, зона ели, зона березы и зона сосны. Зона «переотложенной ели» соответствует, предположительно, каргинскому интерстадиалу, зона ели – концу каргинского интерстадиала, зона березы – началу голоцена (10-7 тыс. л.н.), зона сосны – суббореальному периоду.

2. В районе исследования за последние 40 тыс. лет выделены следующие этапы развития растительности:

I этап (каргинский интерстадиал – сартанский криохрон) характеризуется обедненным растительным составом и островным развитием еловых лесов.

II этап (9900-6700 калиб. л.н) – лесотундра с заболоченными участками.

III этап (6700-3300 калиб. л. н.) – сосновые леса с примесью березы.

3. Установлены стадии развития тукулана Кысыл-Сырского: 1 стадия – активного развития тукуланов (верхний плейстоцен); 2 стадия – затухания (ранний голоцен – начало среднего голоцена); 3 стадия – новая фаза развития тукулана (около 2,5 тыс. лет назад), которая продолжается и по настоящее время.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ-РС(Я) № 15-45-05129 p_восток_a, гранта Главы республики Саха (Якутия) для студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов 2016 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев М.Н. 1961. Стратиграфия континентальных неогеновых и четвертичных отложений Вилуйской впадины и долине нижнего течения реки Лены. М.: Изд-во АН СССР. 120 с.
- Благовидов Н.Л. 1935. Четвертичные отложения, климат и почвы бассейна реки Тунг (Якутская АССР). М.: Изд-во АН СССР. 128 с.
- Величко А.А. 1999. Изменение климата и ландшафтов за последние 65 млн. лет. М.: ГЕОС. 260 с.
- Галанин А.А. 2012. Возраст последнего ледникового максимума на северо-востоке Азии // Криосфера Земли. Т. XVI. № 3. С. 39-52.
- Галанин А.А., Павлова М.Р., Дьячковский А.П., Павлов Б.А. 2015. Феномен тукуланов Центральной Якутии: Плейстоценовая криопустыня // Наука и техника в Якутии. № 2 (29). С. 23-31.
- Гитерман Р.Е. 1963. Этапы развития четвертичной растительности Якутии и их значение для стратиграфии. М.: Изд-во Академии наук СССР. 191 с.

- Григорьев К.Д., Павлов П.Д. 1977. О происхождении эоловых песков (тукуланов) Центральной Якутии // Природа и хозяйство Сибири. Якутск: Изд-во института мерзлотоведения СО АН СССР. С. 53-54.
- Катасонова Е.Г., Толстов А.Н. 1963. Геоэриологические особенности развееаемых песков (тукуланов) правобережья р. Вилой // Многолетнемерзлые горные породы различных районов СССР. М.: Изд-во АН СССР. С. 166-178.
- Кузнецов С.С. 1929. Река Тюнг и ее левобережье (геологических очерк) // Материалы комиссии по изучению Якутской автономной советской социалистической республики. Л. 79 с.
- Лукин В.В., Толстихин О.Н., Николаев А.Н. 2006. Тукуланы левобережья среднего течения реки Тюнг (бассейн реки Вилой) как индикаторы глобального потепления климата // Вестник ЯГУ. Т. 3. № 2. С. 18-21.
- Невяжеский И.И., Биджиев Р.А. 1960. Эоловые формы рельефа Центральной Якутии // Известия АН СССР: серия географическая. № 3. С. 90-95.
- Медянцев А.И. 1961. Ветрограницы в четвертичных отложениях в низовьях реки Лены // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода АН СССР. № 27. С. 146-151.
- Павлова М.Р., Галанин А.А., Павлов Б.А. 2015. Геоморфологические особенности тукуланов долины нижнего течения р. Вилой // Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике: материалы всероссийской конференции (VII Щукинские чтения). М.: МАКС Пресс. С. 482-484.
- Павлов П.Д., Мальцев Э.П. 1977. Изученность тукуланов Центральной Якутии и задачи их дальнейших исследований // Природа и хозяйство Сибири. Якутск: Изд-во института мерзлотоведения СО АН СССР. С. 57-58.
- Покровская И.М. (под ред.) 1966. Палеопалинология. Т. 1. Л.: Недра. 251 с.
- Покровская И.М. (под ред.) 1950. Пыльцевой анализ. М.: Госгеолиздат. 570 с.
- Слепцов Н.П., Иванов В.И. 2005. Тукуланы Тюнг-Джиппинского междуречья и их охрана // Вопросы географии Якутии. № 9. С. 135-138.
- Томская А.И. 1973. История развития Якутии в четвертичном периоде // Палинология плейстоцена и плиоцена. М.: Наука. С. 99-102.
- Фотиев С.М. 2006. Современные представления об эволюции криогенной области Западной и Восточной Сибири в плейстоцене и голоцене // Криосфера Земли. Т. X. № 2. С. 3-26.
- Шепелев В.В. 1981. Подземные воды тукуланов Центральной Якутии // Эоловые образования Центральной Якутии. Якутск: Изд-во ИМ СО АН СССР. С. 30-41.
- Andreev A.A., Grosse G., Schirmer L., Kuznetsova T.V., Kuzmina S.A., Boborov A.A., Tarasov P.E., Novenko E.Y., Meyer H., Derevyagin A.Y., Kienast F., Bryantseva A., Kunitsky V.V. 2009. Weichselian and Holocene palaeoenvironmental history of the Bol'shoy Lyakhovsky Island, New Siberian Archipelago, Arctic Siberia // Boreals. V. 38. P. 72-110.
- Andreev A.A., Schirmer L., Tarasov P.E., Ganopolski A., Brovkin V., Siebert C., Wetterich S., Hubberten H.W. 2011. Vegetation and climate history in the Laptev Sea region (Arctic Siberia) during Late Quaternary inferred from pollen records // Quaternary Science Reviews. V. 30. P. 2182-2199.
- Blaauw M., Christen J.A. 2011. Flexible paleoclimate age – depth models using an autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. V. 3. № 6. P. 457-474.
- R: A language and environment for statistical computing // R Development Core Team. Vienna: R Foundation for Statistical. 2013.

PALYNOLOGICAL AND RADIOCARBON DATA FROM LATE QUATERNARY SEDIMENTS OF THE DUNE MASSIF – TUKULAN KYSYL-SYRSKIY (CENTRAL YAKUTIA)

Pavlova M.R.¹⁾, Galanin A.A.¹⁾, Rudaya N.A.^{2,3)}

¹⁾*Melnikov Institute of permafrostology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Yakutsk*

²⁾*Institute of Archaeology and Ethnography, Academy of Science, Novosibirsk*

³⁾*Novosibirsk State University*

The late Quaternary deposits of the dune massif – tukulan Kysyl-Syrkiy (Central Yakutia) were studied using palynological, sedimentological and radiocarbon analyses. The pollen diagram is divided into four pollen zones: zone of the redeposited spruce, zone of spruce, zone of birch and zone of pine.

The first stage (Kargin interstadial) is characterized by poor vegetation and island development of spruce forest. The second stage between 9900 and 6700 cal. yr BP is characterized by spread of the forest-tundra. The third stage (6700-3300 cal. yr BP) is characterized by pine forests mixed with birch.

The data suggest three stages of the tukulan Kysyl-Syrkiy development: 1) active development of tukulan (the upper Pleistocene); 2) attenuations (the early-middle Holocene); 3) a new phase of development of tukulan started about 2,5 kyr BP onwards to the present.

The obtained data indicate essential changes of climatic conditions and vegetation in the studied area throughout MIS 3 and 1.

Keywords: tukulan, radiocarbon dating, palynological analysis, Pleistocene, Holocene.

Поступила в редакцию: 15.01.2016
Переработанный вариант: 25.04.2016