Федеральное государственное бюджетное учреждение науки ИНСТИТУТ МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи



Павлова Мария Романовна

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ГЕОХРОНОЛОГИЯ ПОКРОВНЫХ ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Специальность 1.6.14. – Геоморфология и палеогеография

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук

Научный руководитель: д.г.н., член.-кор. РАН Панин Андрей Валерьевич

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ИЗУЧЕННОСТЬ ПЕСЧАНЫХ ПОКРОВОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ	і́ якутии
	13
1.1. Плейстоценовые песчаные покровы	13
1.1.1. История изучения покровных песчаных отложений	13
1.1.2. Представления о генезисе плейстоценовых песчаных	
Центральной Якутии	19
1.2. Современные песчаные покровы и формы рельефа (тукуланы)	24
1.2.1. История изучения тукуланов	24
1.2.1. Представления о происхождении тукуланов Центральной Яку	
1.3. Представления о текстурах покровных песчаных отложений	31
1.3.1. Геометрические и генетические типы слоистости и слойчатост	ги 31
1.3.2. Сезонная и многолетняя циклическая слоистость	35
1.4. Палинологические исследования покровных песчаных	отложений
Центральной Якутии	
1.5. Постановка проблемы исследования	48
ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА	РАЙОНА
ИССЛЕДОВАНИЯ	50
2.1. Геологическое строение	50
2.2. Рельеф	56
2.3. Климатические условия	
2.4. Мерзлотно-гидрогеологические условия	
2.5. Растительный покров	60
ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	69
3.1. Полевые методы исследования	
3.2. Текстурный анализ	
3.3. Гранулометрический анализ	
3.4. Минералогический анализ	
3.5. Методы количественного датирования отложений и построение в	
моделей	
3.7. Дополнительные методы анализа	
ГЛАВА 4. РАЗРЕЗЫ ПОКРОВНЫХ ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТ	
ЯКУТИИЯКУТИИ	
/11\v 1 1 1 1 1	

4.1. Долина р. Вилюй в нижнем течении
4.1.1. Обнажение тукулан Кысыл-Сыр
4.2. Долина р. Суолы
4.2.1. Местонахождение мамонтовой фауны «Мегинское»
4.3. Долина среднего течения р. Лены
4.3.1. Обнажение Песчаная гора. 131 4.3.2. Обнажение Харыялахское. 136
4.4. Позднеголоценовые и современные отложения в долине среднего течения р. Лены и р. Вилюй
ГЛАВА 5. ВОЗРАСТ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРОВНЫХ ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
5.1. Генезис покровных песчаных отложений
5.1.1 Механизм накопления отложений по данным текстурного анализа 154 5.1.2. Характерные черты гранулометрического состава
5.1.3.1. Обобщение результатов минералогического анализа покровных песчаных отложений
5.1.4. Происхождение покровных песчаных отложений на основании комплекса данных
5.2. Геохронология покровных песчаных отложений Центральной Якутии 176 5.3. Условия формирования покровных песчаных отложений по данным споровопыльцевого анализа
5.3.1. Общие черты спорово-пыльцевых комплексов покровных песчаных отложений
5.3.3. Ландшафтно-климатические условия формирования покровных песчаных отложений

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	199
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	202
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	203
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Фактические данные подсчета пыльцевых з	зерен, спор и
непыльцевых палинорф в изученных образцах	229
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Фототаблицы пыльцы, спор и непыльцевых и	палиноморф в
отложениях покровных песчаных отложений	250
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Результаты гранулометрического состава	256
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Результаты минералогического состава	260
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Реестр исследованных современных отложен	ний в долине
среднего течения р. Лены и р. Вилюй	268

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Центральная Якутия является одним из регионов, где распространены позднечетвертичные и современные покровные песчаные отложения (ППО). Первые залегают в виде прерывистого чехла на различных гипсометрических уровнях и нередко формируют реликтовые дюнные массивы, закрепленные растительностью. Современные песчаные покровы, которые не закреплены или частично закреплены растительностью, называют тукуланами [Павлов, Мальцев, 1977]. В Центральной Якутии ППО занимают не менее половины территории [Галанин, Павлова, 2019], но, несмотря на столь распространение, они длительное время оставались наименее изученными в сравнении с другими типами отложений региона. Из-за расположения ППО на разных гипсометрических уровнях, схожести по составу, строению и фациальным признакам, отсутствия достаточного количества данных по количественному датированию им приписывался различный генезис: на речных террасах крупных рек (Лена, Вилюй, Синяя, Тюнг, Линде и др.) – аллювиальноозерный, на пологих склонах междуречий – делювиально-пролювиальный и солифлюкционный, на водоразделах – элювиальный [Карта..., 1959, 1982; Геокриология ..., 1989], вследствие чего ППО не учитывались при реконструкции ключевых событий четвертичной истории региона.

По мере проведения исследований в долине среднего течения р. Лены ряд ученых [Колпаков, 1983; Камалетдинов, Зигерт, 1989; Алексеев и др., 1984; Камалетдинов, Минюк, 1991; Зигерт и др., 2007; Waters et al., 1999; Галанин, Павлова, 2018 и др.] выдвинули предположение, что ППО – это дюнные покровы, сформировавшиеся в результате кардинального опустынивания на протяжении последнего криохрона и имеющие эоловое происхождение. В 2009 г. ППО в объеме МИС 2 были утверждены хронологическом составе новой стратиграфической схемы региона [Унифицированная ..., 2010], а в 2014 г. отнесены к эоловой формации [Карта..., 2014]. Несмотря на это, многие исследователи не признают эоловый генезис ППО и объясняют их накопление на разных гипсометрических уровнях результатом мощных речных паводков

[Большиянов и др., 2016], либо катастрофическими наводнениями из-за прорыва подпрудно-ледниковых озер на рубеже позднего неоплейстоцена и голоцена [Спектор и др., 2017], либо с формированием ППО в результате поздненеоплейстоценовых морских трансгрессий в конце неоплейстоцена [Поморцев и др., 2017].

Таким образом, в настоящее время генезис, возраст и условия формирования ППО остаются дискуссионными, что вызывает сложности в выделении ППО во многих известных разрезах региона, затрудняет разработку местных стратиграфических схем, их корреляцию между собой и с соседними регионами, а также реконструкцию истории формирования рельефа и седиментогенеза Центральной Якутии в конце квартера. Хозяйственное освоение Центральной Якутии также требует надежных представлений о строении и эволюции криолитозоны, значительная часть которой сложена ППО.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является реконструкция истории формирования песчаных покровов и дюнного рельефа в магистральных речных долинах Центральной Якутии. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- 1. Провести комплексное полевое изучение строения и фациального состава наиболее информативных разрезов покровных песчаных отложений Центральной Якутии.
- 2. Установить ключевые литолого-фациальные признаки покровных песчаных отложений на основе обобщения, полученных лично и анализа опубликованных данных.
- 3. Осуществить количественное датирование отложений с использованием современных методов (радиоуглеродного, оптически-стимулированной люминесценции), провести статистическую обработку полученных результатов с определением основных интервалов накопления покровных песчаных отложений.
- 4. Выполнить спорово-пыльцевой анализ покровных песчаных отложений с выделением основных палинозон.

5. Установить палеогеографические этапы формирования отложений песчаных покровов и дюнного рельефа в магистральных речных долинах Центральной Якутии, реконструировать характерные для них ландшафтно-климатические условия на основе комплексных данных.

Объектами исследования являются рельеф дюнных комплексов и покровные песчаные отложения, которые вскрываются в естественных обнажениях разновысотных речных террас в бассейне среднего течения р. Лены и нижнего течения р. Вилюй. Предмет исследования — возраст и природные обстановки времени их формирования.

Фактический материал. В основу работы положен фактический материал, собранный автором в ходе комплексных экспедиционных исследований в период с 2014 по 2022 гг. на 9 ключевых участках в долинах нижнего течения р. Вилюя (тукуланы Махатта и Кысыл-Сыр, высокая терраса и высокая пойма р. Вилюй), р. Суолы (местонахождение мамонтовой фауны «Мегинское» – первая и вторая надпойменные террасы) и среднего течения р. Лены (обнажения Харыялахское и Песчаная гора, тукуланы Саамыс-Кумага и Кысыл-Элэсин) (рис. 1). Автором выполнены описания ландшафтно-геоморфологических условий различных элементов изучаемой местности, получены комплексные данные для 23 разрезов, включая 13 спорово-пыльцевых колонок. Результаты лабораторных исследований автором лично (палинологический анализ 277 образцов) и сотрудничестве с коллегами: гранулометрический (387 проб), минералогический (124 пробы), радиоуглеродный (71 проба) анализы на базе ИМЗ СО РАН, ОСЛдатирование (8 проб) в лаборатории четвертичной геохронологии Геологического института (г. Таллин), а также на базе Института географии РАН (г. Москва) и Скандинавской лаборатории люминесцентного датирования (г. Орхус, Дания); палеоботаническое определение макроостатков (16 образцов) в лаборатории мерзлотного лесоведения ИБПК СО РАН (г. Якутск) и в отделе палеонтологии и стратиграфии СНИИГГиМС (г. Новосибирск).

Методы исследований. Для решения поставленных задач применен комплекс геоморфологических (метод ключевых участков, морфологический и др.)

и литолого-стратиграфических методов, в том числе фациальный анализ с опорой на текстурно-структурный метод, данные количественного датирования (радиоуглеродный анализ, ОСЛ-датирование), гранулометрического (ситовой метод без промывки водой, ареометрический анализ), минералогического, спорово-пыльцевого, палеокарпологического и палеоксилологического анализов. Для полученных результатов применены современные методы статистической обработки данных.

Защищаемые положения:

- 1. Покровные песчаные отложения (ППО) Центральной Якутии в магистральных речных долинах имеют эоловое происхождение, их формирование происходило неравномерно в период с конца МИС 5 до настоящего времени. Выделяется пять фаз повышенной эоловой активности и аккумуляции ППО: (1) ~80-30 тыс. л. н. (МИС 5а МИС 3), (2) ~23-15 тыс. л. н. (последний глобальный ледниковый максимум и поздний пленигляциал), (3) ~12.8-9.5 тыс. л. н. (похолодание позднего дриаса и ранний голоцен), (4) ~3.5-1.5 тыс. л. н. (поздний голоцен) и (5) ~XIV-XIX вв. (Малый ледниковый период). Максимальные мощности накопления ППО пришлись на интервал ~23-15 тыс. л. н.
- 2. Для покровных песчаных отложений, которые накапливались в интервале от ~80 ~9.5 тыс. л. н., характерна литологическая ритмичность, проявляющаяся также в наличии двух групп спорово-пыльцевых спектров, отвечающих разным частям ритма. Эта ритмичность отражает фазы «активизации аккумуляции» и «затухания стабилизации» в динамике эоловых процессов и накоплении ППО, неоднократно сменявших друг друга с конца МИС 5 до начала МИС 1.
- Неравномерность накопления покровных песчаных отложений Центральной Якутии определялась динамикой климатических условий. Как показывают спорово-пыльцевые данные, в условиях поздненеоплейстоценового криохрона их накопление происходило в наиболее холодные и сухие интервалы и прерывалось в короткие, относительно более теплые и влажные периоды, когда процессы песчаные поверхности эоловые затухали И закреплялись преимущественно полынно- и злаково-разнотравной растительностью.

межледниковых условиях эоловое осадконакопление и рельефообразование проявлялись в относительно прохладные и засушливые интервалы во второй половине голоцена.

Достоверность результатов. Достоверность полученных результатов определяется большим количеством изученных разрезов, тщательным соблюдением методических правил и приемов при отборе и технической подготовке образцов, значительным количеством изученных палинологическим методом проб, большим объемом данных инструментального датирования, обработанных с применением статистических методов, а также привлечением дополнительных (гранулометрический, данных методов исследования минералогический, палеокарпологический, палеоксилологический анализы). Надежность полученных результатов определяется проведенной корреляцией с климатостратиграфическими современными схемами, a также палеогеографическими реконструкциями в сопредельных регионах.

Научная новизна исследования заключается в том, что впервые получены массовые систематические данные о геологическом строении, возрасте, составе спорово-пыльцевых спектров ППО Центральной Якутии. Определена нижняя граница и уточнена верхняя граница формирования ППО, уточнены и расширены представления литологических признаках $\Pi\Pi O$, впервые выявлена биогенно-эоловая литологическая ритмичность, отражающая периоды «активизации – аккумуляции» и «затухания – стабилизации» отложений; реконструированы ландшафтно-климатические условия накопления ППО и установлены этапы их формирования.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные результаты существенно дополняют биостратиграфические данные, хроностратиграфическую схему и существующие представления о палеогеографии позднего неоплейстоцена Центральной Якутии. Детализирован фациальный состав, уточнены строение и возраст ППО в долине среднего течения р. Лены, р. Суолы и р. Вилюя, выявлена нижняя граница и уточнена верхняя граница формирования ППО в позднем неоплейстоцене и раннем голоцене. Результаты

исследования будут востребованы при геологическом, геоморфологическом, мерзлотно-ландшафтном И инженерно-геологическом картографировании, уточнении региональной стратиграфической схемы четвертичных отложений, прогнозировании возможных сценариев изменений климата и ландшафтов Центральной Якутии и Восточной Сибири, при поиске и разработке россыпных месторождений (драгоценных металлов, редкоземельных элементов и др.) и нерудных полезных ископаемых (например, песка), проектировании И строительстве линейных и нелинейных объектов инфраструктуры.

Личный вклад автора. С 2014 по 2020 гг. автор непосредственно участвовал в экспедиционных исследованиях в долинах нижнего течения р. Вилюй, р. Суолы и среднего течения р. Лены, включающих комплексные описания ландшафтных комплексов, заложение геоморфологических профилей, ключевых разрезов и отбор проб на различные виды анализов. В полевых и лабораторных условиях проведен гранулометрический анализ песчаных образцов ситовым методом без промывки водой (более 300 проб). Выполнена лабораторная пробоподготовка для спорово-пыльцевого анализа и микроскопическое исследование для 277 образцов. обработка Произведена палинологических, гранулометрических минералогических данных (статистический расчет и анализ, построение графиков и диаграмм, интерпретация результатов, корреляция с другими разрезами и палеогеографические реконструкции), построение геологических разрезов и возрастных моделей. Все рисунки и диаграммы (если не указано иное со ссылкой на источник) построены автором в специализированном программном комплексе Tilia [Grimm, 1991, 2004], при помощи пакета Bacon 2.2 [Blaauw, Christen, 2011] в среде R [R: A language ..., 2013], OxCal [https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html], в программах CorelDraw, Grapher и Microsoft Office Excel.

Апробация и публикация результатов исследований. Защищаемые положения работы и промежуточные результаты были представлены на 13 международных и всероссийских конференциях и совещаниях: ІХ и Х всероссийские совещания по изучению четвертичного периода (Иркутск, 2015; Москва, 2017), VII «Щукинские чтения» (Москва, 2015, всероссийская школа-

«Биогенные архивы ландшафтных конференция изменений прошлого» (Новосибирск, 2016), XI и XIV международные конференции «Геология в развивающимся мире» (Пермь, 2018, 2021), XIV всероссийская палинологическая конференция (Москва, 2017), IV всероссийская конференция «Современные проблемы географии и геологии» (Томск, 2017), V всероссийская научная экосистем в голоцене» (Москва, конференция «Динамика 2019), XXIV международный научный симпозиум «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2020), всероссийские научные конференции: «Пути эволюционной географии» (Москва, 2016), «Устойчивость природных и техногенных систем в криолитозоне» (Якутск, 2020), «Каспий в плейстоцене и голоцене: эволюция природной среды и человек» (Волгоград – Астрахань, 2023).

По теме диссертации опубликовано 20 работ, в том числе 5 статей в журналах из списка ВАК, 4 статьи в других периодических изданиях, индексируемых в РИНЦ, 11 публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных совещаний и конференций.

Научные проекты и программы, в рамках которых выполнена диссертационная работа. Работа выполнена в рамках научных исследований ИМЗ СО РАН: проекты № VIII.77.2.1 на 2017-2020 г. и № 122011800064-9 (2021-2025 гг.), руководители: д.г.н. А.А. Галанин, к.г.н. В.В. Спектор и д.г.-м.н. В.Е. Тумской.

Результаты исследования получены при реализации научных проектов и грантов, в которых автор являлась ответственным исполнителем и руководителем: «Плейстоценовые криопустыни (тукуланы) Центральной Якутии» (РФФИ № 15-45-05129 р восток а), «Строение, происхождение и состав стабильных изотопов межмерзлотных таликов в позднечетвертичных дюнных массивах Центральной Якутии» (РФФИ № 17-45-05129), «Геоморфологическое картографирование и районирование позднечетвертичного криогенно-эолового рельефа Центральной Якутии с использованием спутниковой съемки и ГИС-технологий» (РФФИ № 18-45140012 р а), «Четвертичный эоловый рельеф и покровные отложения бассейна р. Лены (Восточная Сибирь): строение, возраст, палеогеографическое значение» (РНФ No 21-17-000540), руководитель проектов A.A. Галанин;

«Позднечетвертичная эволюция климата и растительности эоловых ландшафтов Центральной Якутии на основе палинологических и радиоуглеродных данных» (Грант Главы Республики Саха (Якутия) для молодых ученых по научному направлению «Биологические науки», 2016, руководитель М.Р. Павлова), «Хроностратиграфия тукулана Махатта» (РФФИ № 16-35-50147 мол_нр, руководитель Н.А. Рудая).

Структура и объем работы. Диссертация объемом 270 страниц включает введение, 5 глав, заключение, 66 рисунков, 27 таблиц, список литературы из 254 наименований, 54 из которых на иностранных языках, 5 приложений, включающих 20 таблиц и 6 фототаблиц.

Благодарности. Автор выражает огромную благодарность своему безвременно ушедшему из жизни первому научному руководителю д.г.н. А.А. Галанину за помощь в выборе тематики исследования, за советы, наставления и всестороннюю поддержку. Глубокую признательность выражаю научному руководителю д.г.н. А.В. Панину за содействие в продолжении работы над диссертацией, за критические замечания и рекомендации, за всестороннюю помощь и поддержку в доведении работы до логического завершения. Автор искренне благодарен д.г.н. Н.А. Рудой и Н.Т. Бакулиной за обучение, поддержку и консультации по проведению спорово-пыльцевого анализа, д.г.н. О.К. Борисовой и д.б.н. T.A. всесторонние консультации Бляхарчук вопросам за палеогеографической интерпретации результатов. Автор очень признателен д.б.н. А.П. Исаевой и к.г.н. М.В. Михаревич за палеоботанический анализ макроостатков, сотрудникам ИМЗ СО РАН за помощь в организации полевых и камеральных работ (Г.И. Шапошникову, В.М. Лыткину, Н.В. Торговкину), за всесторонние консультации д.г.-м.н. В.Е. Тумскому, в проведении лабораторных исследований, в частности, Г.И. Шапошникову – за помощь в проведении радиоуглеродного датирования, И.В. Климову – за проведение минералогического анализа, А.Н. Васильевой – за выполнение ОСЛ-датирования части образцов, А.Л. Лобанову и Н.Н. Ремизовой – за выполнение гранулометрического анализа ареометрическим методом.

ГЛАВА 1. ИЗУЧЕННОСТЬ ПЕСЧАНЫХ ПОКРОВОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Покровные песчаные отложения (ППО) широко распространены в пределах Центральной Якутии и занимают не менее половины территории [Галанин, Павлова, 2019]. Среди них выделяют: 1) позднечетвертичные отложения, представляющие собой песчаные покровы, залегающие в виде прерывистого чехла на различных гипсометрических уровнях и нередко формирующие дюнные массивы, закрепленые растительностью; 2) современные покровные песчаные отложения, которые не закреплены или частично закреплены растительностью и обычно формируют дюнные массивы, называемые тукуланами [Павлов, Мальцев, 1977]. Неоплейстоценовых ППО в Центральной Якутии, несмотря на их широкое распространение, длительное время оставались наименее исследованными в сравнении с другими типами отложений и не включались в список ключевых событий четвертичной истории региона при реконструкции климата и растительности.

Кроме песчаных покровов, в пределах Центральной Якутии широко распространены эоловые образования, возникшие в результате ветровой корразии (каменные останцы, столбы), шлифовки и полировки грубообломочного материала (ветрогранники) и дефляции (дефляционные срезы, котловины и долины выдувания) [Колпаков, 1983; Филиппов, Васильев, 2004; Галанин, 2020]. В различном сочетании они формируют дефляционные типы эолового рельефа – ветрогранниковые каменистые равнины, дефляционно-аккумулятивные плато и пр.

1.1. Плейстоценовые песчаные покровы

1.1.1. История изучения покровных песчаных отложений

В Центральной Якутии ППО слагают значительные объемы высоких террас р. Лены и ее притоков, водоразделов и междуречий. Они изучались многими исследователями на известных обнажениях, таких как Песчаная гора, Усть-Буотамское, Диринг-Юрях, Кыллахское [Шофман, 1974; Алексеев и др., 1984;

Камалетдинов, Зигерт, 1989; Камалетдинов, Минюк, 1991; Waters et al., 1999; Спектор и др., 2016, 2017]. В обнажении Песчаная гора ППО охарактеризованы как хорошо сортированные перекрестно-слоистые пески мощностью 15-20 м с низкой влажностью [Камалетдинов, Минюк, 1991].

В разном объеме ППО были задокументированы также в строении как низких, так и самых высоких террас р. Лены [Камалетдинов, Минюк, 1991; Waters et al, 1999, Спектор и др., 2016, 2017; Большиянов и др., 2016; Правкин и др., 2018; Галанин, 2021], в бассейне нижнего течения р. Вилюй [Галанин и др., 2015а, 2015б, 2016, 2018; Урбан, Галанин, 2013; Куть, 2015; Галанин, Павлова, 2019], а также установлены на конечных средне- и позднеплейстоценовых моренах верхоянских ледников [Зигерт и др., 2007]. Максимальная мощность (более 70 м) отмечается в Усть-Буотамском обнажении бестяхской террасы р. Лены в 120 км к югу от г. Якутска.

В уступе бестяхской террасы на правом берегу р. Лены между п. Нижний Бестях и п. Харыялах вскрываются мелкозернистые пески мощностью до 25 м с косой слоистостью дюнного типа и линзами льда [Государственная геологическая ..., 2022]. Они залегают на бестяхском аллювии и перекрыты образованиями мавринской свиты. В подстилающих породах пески образуют жилы шириной 0.2-0.3 м, вдающиеся на глубину более 2 м (например, Тандинское обнажение). Полученные спорово-пыльцевые спектры из этих отложений характеризуют растительность лесотундры с широким развитием мхов [Камалетдинов, 1982; Колпаков, 1983; Государственная карта ..., 1999]. Такие отложения отнесены к эолию II₄ ступени неоплейстоцена [Государственная геологическая ..., 2022].

В обнажении Диринг-Юрях [Waters et al, 1999] вскрыты пески серые хорошо сортированные и хорошо окатанные с горизонтальной и субгоризонтальной слоистостью, в верхней части пески имеют оранжево-коричневый цвет со следами почвообразования. Текстурно-морфологически анализ песков показал, что они эолового генезиса. По данным термолюминисцентного датирования возраст песков составил 267±24 тыс. л. н. [Waters et al, 1999].

Песчаные покровы четвертой ступени верхнего неоплейстоцена, согласно [Государственная геологическая ..., 2022], распространены вдоль правого берега р. Лены от устья руч. Диринг-Юрях, ниже устья р. Буотамы до р. Алдан, также небольшое поле песков протягивается вдоль левого берега р. Синяя. Покровные пески развиты на кровле мавринской свиты, на лессовых и эоловых образованиях четвертой ступени среднего неоплейстоцена. Эти песчаные покровы представлены желтовато-серыми мелко- среднезернистыми косослоистыми песками, вблизи кровли субгоризонтально-слоистыми, c остатками погребенных почв, представляющие собой 5-10 см слои гумусированных песков, насыщенные корнями трав и кустарников. В обнажении Песчаная гора в песках отмечены линзовидные залежи льда, располагающиеся по косой и субгоризонтальной слоистости [Алексеев и др., 1984; Государственная геологическая ..., 1999].

В разрезах стоянки Диринг-Юрях, согласно [Waters et al., 1999], песчаные покровы вскрыты в нижней части дюны, где представлены серыми хорошо сортированными песками от массивных до горизонтально-слоистых. В средней части дюны отмечено чередование многочисленных слойков ископаемых эмбриональных почв с песками и супесями. Верхняя часть дюны сложена серыми хорошо сортированными среднезернистыми песками с косой слоистостью. В основании дюны – полигональная сеть песчаных клиньев шириной до 4-5 м, выполненных светлым эоловым песком, как отмечают авторы [Waters et al., 1999], являются псевдоморфозами по повторно-жильным льдам, свидетельствующие о более криоаридном климате, чем современный. Это согласуется палинологическими данными о перигляциальной растительности полыннозлаковых тундростепей при незначительном участии зеленых мхов и карликовой березы. О возрасте перекрывающих эоловых песков свидетельствуют OTL-даты: 13000 ± 1000 , 15000 ± 2000 , 17000 ± 4000 лет [Waters et al., 1999].

О возрасте ППО обнажения Песчаная гора долгое время велись дискуссии. Сначала эти отложения относили ко второй половине позднего неоплейстоцена [Кинд и др., 1971], затем В.В. Колпаков [1983] отнес к самаровскому времени среднего неоплейстоцена. Первые даты погребенных фрагментов почв в ППО

Песчаная гора (17.2±0.5 тыс. л. н., ИМ-760) свидетельствовали о возрасте, который можно соотнести с III₄ ступенью неоплейстоцена (~29-11.7 тыс. л. н.). С таким возрастом ППО согласился целый ряд исследователей [Камалетдинов, Зигерт, 1989; Камалетдинов, Минюк, 1991; Waters et al, 1999; Зигерт и др., 2007; Галанин, 2021]. Имеющиеся к настоящему времени данные количественного датирования свидетельствуют о формировании ППО в интервале 40-10 тыс. л. н. [Галанин, Павлова, 2019; Галанин, 2021].

А.А. Куть [Куть, 2015] исследовала разрез Кысыл-Сырского тукулана в долине р. Вилюй. Были установлены строение тукулана и естественная летопись отложений за последние 50-40 тыс. лет. Выделены: аллювиальная (русловая и фации), эоловые пески позднего неоплейстоцена, пойменная бореальная палеопочва и современные дюнные пески, возраст которых не превышает 300-500 лет, что связано с глобальным похолоданием климата Малого ледникового периода (МЛП). Определены особенности гранулометрического, минералогического состава и микроморфологические параметры для разногенетических типов отложений, в том числе покровных песчаных отложений. Так, А.А. Куть выявлено, что пески и супеси аллювиального и эолового генезиса характеризуются хорошей окатанностью и имеют сходный кварц-полевошпатовый состав, что подтверждает формирование эоловых песков путем переотложения руслового аллювия. По микроморфологического анализа поверхности данным кварцевых исследователем установлено, что перенос и накопление отложений происходили в течение длительного периода в различных обстановках. Диагностические признаки частиц указывают на то, что помимо водных и эоловых условий частицы могли подвергаться криогенному выветриванию. На основании диагностических признаков А.А. Куть выделены группы зерен со следами гляциально-криогенной, водно-ледниковой, водной, ледниково-эоловой и эоловой обработок.

В.Н. Колпаковым [Колпаков, 1983] также установлено широкое участие различных фаций разновозрастных эоловых и ледниковых отложений в строении высоких террас р. Лены и Яны. Исследователь обнаружил признаки эпох сильнейшего опустынивания, которые следовали за фазами максимального

продвижения верхоянских ледников. При чем в кровле ледниковых отложений часто наблюдаются слои ветрогранников, сформировавшиеся в результате переработки валунно-галечного материала морен. Данные горизонты свидетельствуют об эпизодах интенсивной региональной дефляции. На множестве ключевых участков В.Н. Колпаков установил наличие протяженных горизонтов лёссов, в том числе погребенных под более поздними моренами.

А.А. Галанин в своей работе [Галанин, 2021] рассматривает различные типы слоистости и слойчастости покровных эоловых песков, приводит новые данные по минералогии, гранулометрическому составу, изучению текстурных особенностей эоловых отложений для обнажения Песчаная гора. На основе новых данных по обнажению Песчаная гора, фондовых и литературных источников по другим разрезам ППО Центральной Якутии А.А. Галанин заключил, что песчаные покровы и лёссово-ледовые покровы являются двумя родственными гранулометрическими и минералогическими дериватами, сформировавшимися в результате эоловой переработки четвертичного аллювия на протяжении второй половины позднего неоплейстоцена. Также данный исследователь отмечает, что эпизоды опустынивания в Центральной Якутии имели место 22.0-14.0, 12.8-11.8 и 0.6-0.1 тыс. л. н., а на периоды 14.0-13.0 и 10.0-0.6 тыс. л. н. приходится снижение эоловой активности и закрепление дюнных массивов почвенно-растительным покровом. Во время глобального термического минимума позднего неоплейстоцена, на который пришелся максимальный эпизод опустынивания, произошло резкое сокращение численности мамонтового биома, исчезновение шерстистого мамонта и носорога в Центральной Якутии [Галанин, 2021].

В работе 2023 г. М.В. Михаревич [Михаревич и др., 2023] приводит результаты карпологического анализа образцов, полученных из разрезов, включающих ППО, в долине нижнего течения р. Вилюй, в частности, из обнажения Кысыл-Сыр, изучавшегося рядом исследователей [Куть, 2015; Павлова и др., 2017; Галанин и др., 2018; Галанин, Павлова, 2019] и высокой террасы [Павлова, 2020; Павлова и др., 2023]. Установлены карпологические комплексы из аллювиальных отложений (МИС 3), из отложений эфемерных озер в ППО возраста МИС 3 и МИС

2, а также едомной свиты. Полученные данные М.В. Михаревич дополнили и уточнили выполненные ранее палеогеографические реконструкции, в частности, в условиях интразональных ландшафтов, в пределах которых проявлялась термоэрозия многолетней мерзлоты, установлено термоаридное остепнение на фоне сообшеств В последний развития лесных термохрон позднего неоплейстоцена. Было отмечено существование ареалов древесной растительности в последующую холодную эпоху позднего неоплейстоцена [Михаревич и др., 2023].

М.С. Лукьянычева с соавторами [Lukyanycheva et al., 2024] приводит новые данные по ОСЛ-датированию эоловых отложений, полученных в пределах палеолитической стоянки Диринг-Юрях (среднее течение р. Лены, Центральная Якутия). Получено 10 ОСЛ-дат, которые, по мнению авторов, отражают три периода аккумуляции отложений: 21 тыс. л. н., 15-14 тыс. л. н. и 12.5-10 тыс. л. н. и в целом совпадают с глобальными периодами похолодания во время последнего ледникового максимума, раннего и позднего дриаса. Авторы считают, что основным источником накопления эоловых отложений служили песчаные подводные отмели в устье реки – бары, материал с которых выносился ветром вверх по склону как в холодные и сухие периоды, когда растительный покров был редким, так и в теплые периоды, когда происходила активация роста растительности и ее постепенное заселение песчаных пространств. предполагают, что периоды ветровой эрозии, которые происходили до 21 тыс. л. н. и между 20 и 15 тыс. л. н., вызваны усилением эоловой активности и локального разрушения осадочного материала. Полученная новая хронологическая ОСЛпоследовательность также показывает, что эоловые песчаные отложения из разрезов стоянки Диринг-Юрях образовались после глобального ледникового максимума позднего неоплейстоцена [Lukyanycheva et al., 2024].

А.Н. Васильева с соавторами [Vasil'eva et al., 2024] приводит новые данные по литолого-фациальным исследованиям и количественному датированию Усть-Буотамского обнажения (четвертая надпойменная терраса р. Лены в среднем течении), которое включает ППО. В строении обнажения выделены три пачки

отложений (интервал от дневной поверхности): озерно-аллювиальные отложения мавринской свиты (85-120м); ППО (23-85 м); позднеголоценовые ППО (0-23 м). На основе результатов радиоуглеродного и ОСЛ-датирования установлено, что отложения мавринской свиты формировались не позднее 300 тыс. л. н., что позволило отнести их к тобольской эпохе среднего неоплейстоцена. Накопление отложений ППО отнесено к периоду с 30 тыс. л. н. до 15 тыс. л. н. Формирование верхней части разреза (0-23) началось около 5.5 тыс. л. н. вовремя неогляциального похолодания после климатического оптимума голоцена, а максимальное их накопление происходило около 400 л. н. и связано с МЛП [Vasil'eva et al., 2024].

Сходные с центрально-якутскими по составу и строению покровные эоловые пески известны во многих холодных регионах Северной Евразии: Забайкалье [Иванов, 1966; Уфимцев и др., 1997; Выркин, 2010], Западная Сибирь [Волков, 1971; Федорович, 1983; Величко, Тимирева, 2005; Сизов, 2015; Зыкина и др., 2017; Konstantinov et al., 2019; Sizov et al., 2020], северная Европа [Астахов, Свенсен, 2011; Schwan, 1986, 1988; Kasse, 2002], также на Аляске и в Канаде [Black, 1951; Pewe, 1975; Carter, 1981; Koster, Dijkmans, 1988; Lea, 1996; Wolfe et al., 2011].

1.1.2. Представления о генезисе плейстоценовых песчаных отложений Центральной Якутии

Сделанный обзор показывает, что вопросы генезиса покровных песчаных отложений (ППО) обсуждаются уже более полувека. К настоящему времени сложилось несколько основных гипотез:

1) Аллювиальная гипотеза. Ряд исследователей полагает, что ППО имеют аллювиально-озерное происхождение и отлагались в плювиальных (умеренно влажных) обстановках [Соловьев, 1959; Алексеев, 1961а; Геокриология СССР,1989; Большиянов и др., 2016; Спектор и др., 2017].

Долгое время ППО отображались на геологических картах как речные и озерные отложения [Карта..., 1959; Алексеев, 1961 а, 1961 б; Карта..., 1982] (рис. 1). Также предполагалось, что покровные пески — это особый тип «перигляциального аллювия», а залегающие на поверхности террас дюны возникли

в результате частичной ветровой переработки кровли этого аллювия [Соловьев, 1959; Коржуев, 1959; Алексеев, 1961а, 1961 б; Бискэ, 1964; Павлов, Мальцев, 1977; Геокриология..., 1989; Алексеев и др. 1990; Большиянов и др., 2016; Спектор, Спектор, 2002; Спектор и др., 2003, 2008, 2016, 2017; Правкин и др., 2018].

2) Подпрудно-ледниковая гипотеза. Некоторые авторы считают, что ППО сформировались в результате гляциально-гидрогенных катастроф — мощных наводнений (сёрджей), связанных с прорывом подпрудно-ледниковых бассейнов на рубеже позднего неоплейстоцена и голоцена [Бискэ, 1964; Спектор и др., 2017].

Рассматриваются разные причины образования внутриконтинентальных водоемов, в частности, ледниковый подпор устьевых участков сибирских рек, в том числе р. Лены, ледниками шельфов Арктических морей. Согласно представлениям исследователей [Бискэ, 1964; Волков, Волкова, 1975; Гросвальд, 1999, 2009; Спектор и др., 2017 и др.] в ледниковые эпохи неоплейстоцена образовывались обширные подпрудные приледниковые озера длинной в сотни километров. Уровень озер во время каждой ледниковой эпохи поднимался до тех пор, пока озерные воды не переваливали за критическую отметку и вследствие чего происходил сброс вод в сторону южных регионов. Наибольшей высоты уровень озер достигал во второй половине позднего неоплейстоцена. В межледниковые эпохи ледниковые преграды разрушались, происходил спуск озер с мощными потоками, несущие тонны песка на юг, и возобновление рек на север.

Другая группа авторов [Большиянов и др., 2013, 2016; Поморцев и др., 2017] связывает происхождение песчаных покровов с подъемом уровня р. Лены на 100-150 м на протяжении МИС 3 в результате «изменения базиса эрозии и подпора со стороны моря» [Правкин и др., 2018].

3) Гипотеза морских трансгрессий [Поморцев и др., 2017]: образование ППО связано с морскими поздненеоплейстоценовыми трансгрессиями. Авторами гипотезы предполагается, что с развитием морских трансгрессией неоплейстоцена в существующем мелководном лиманно-лагунном заливе в дельте р. Лены происходило накопление песчаного и супесчаного материала. Воды этих трансгрессий являлись подпором для стока р. Лены, базис эрозии которой с

отметками трансгрессии перемещался вверх на ~40-50 м, и вследствие чего определили значительный объем уровня вод р. Лены и новое положение дельты. С усилением трансгрессии вершина дельты р. Лены смещалась в южном направлении и в некоторые периоды доходила до современного Вилюя и далее вплоть до среднего течения р. Лены, что способствовало еще большей аккумуляции терригенных песчаных наносов. В результате сформировались ледовые комплексы на Лено-Амгинском междуречье и песчаные покровы [Поморцев и др., 2017].

4) Эоловая гипотеза. По мнению ряда исследователей, формирование ППО связано с эоловой переработкой подстилающих отложений мавринской свиты [Лунгерсгаузен, 1961; Бискэ, 1964; Камалетдинов, 1982; Камалетдинов, Минюк, 1991].

Позже появилась гипотеза, что происхождение ППО связано с холодными криоаридными условиями и масштабным опустыниванием региона во второй половине позднего неоплейстоцена [Колпаков, 1983; Алексеев и др., 1984; Камалетдинов, Зигерт, 1989; Камалетдинов, Минюк, 1991; Галанин и др., 2016; Павлова и др., 2017; Waters et al., 1999].

В 2009 г. песчаные отложения в хронологическом объеме МИС 2 были утверждены в составе новой стратиграфической схемы региона [Унифицированная..., 2010]. В 2014 году опубликована новая карта четвертичных отложений, на которой в пределах Центральной Якутии произошли кардинальные изменения (рис. 1в) [Карта..., 2014]. Вместо аллювиально-озерных отложений здесь в пределах бестяхской, табагинской и тюнгулинской террас, а также на других территориях, впервые были отображены ППО, а синхронные им ледоволёссовые образования (едомная свита) отнесены к эоловой формации.

К настоящему времени флювиальный генезис многих покровно залегающих свит в пределах Северной Евразии существенно пересмотрен. Так, например, генезис покровных песков Тимано-Печорской низменности, считавшийся длительное время озерным, был опровергнут В.И. Астаховым и Й.И. Свенсеном [Астахов, Свенсен, 2011]. Авторами был установлен их эоловое происхождение в условиях полярной пустыни в интервале 24-11.5 тыс. л. н. [Астахов, Свенсен, 2011].

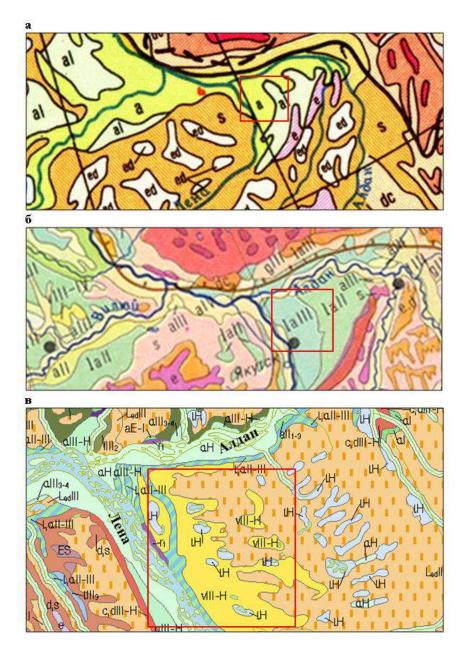


Рис. 1. Отражение разных палеогеографических гипотез на государственных картах четвертичных отложений (фрагменты Лено-Алданского междуречья). Флювиальная парадигма (а, б): а – аллювиальная (1959 г.), б – гипотеза подпрудно-ледникового бассейна (1982 г.); в – эоловая (2014 г.). На одной и той же территории (красная рамка) в 1959 г. отображены исключительно аллювиальные отложения (желтый цвет), в 1982 г. – озерно-аллювиальные (голубой и зеленый), в 2014 – эоловые (желтый), в том числе ледово-лессовые (светло-коричневый цвет).

В.И. Астаховым [2024] приводятся особенности покровных песков, характерные как для древних, так и наблюдавшиеся в современных эоловых песках на Аляске и в Канаде. Выделены следующие характерные черты: 1) тонкая горизонтальная слоистость за счет прослоек крупного алеврита через 1-3 см сопровождающаяся окисленными охристыми следами травянистых корнеходов (не зависимо от положения разрезов в рельефе отмечается отсутствие типовых водно-

осадочных текстурах как рябь течения и косая слойчатость, а также характерные признаки водной сепарации в виде гравийно-галечных и глинистых прослоев);

- 2) рыхлое сложение и охристые окисные окраски отложений, связанные с железистой коркой песчаных зерен, что характерно для субаэральных, а не водных отложений; 3) часто встречающиеся внутриформационные мелкие клинья морозного растрескивания; 4) массивные пятнистые прослои толщиной 10-15 см с трещинами и железистыми пятнами признаками криоаридного педогенеза;
- 5) резкие контакты между слойками разной зернистости вместо нормальной градации; 6) наличие микроскопических (0.5-1 см) каплевидных волн в подошвах многих слойков песка, которые являются следами летнего оттаивания снега, переносившегося ветром вместе с песком в приземном слое [Schwan, 1986].

В пределах Западно-Сибирской низменности происхождение широко распространенных здесь песчаных покровов длительное время связывали с водными и даже морскими условиями. Однако А.А. Величко и С.Н. Тимирева [2005] пришли к выводу, что вся Западно-Сибирская низменность на протяжении позднего плейстоцена представляла собой гигантскую песчаную пустыню.

Важнейшими области изучения позднечетвертичных покровных отложений Западной Сибири являются работы А.И. Волкова [1971], В.С. Зыкина, В.С. Зыкиной и Н.Л. Добрецова [Зыкин и др., 2003, 2011; Зыкина и др., 2017; Зыкина, Зыкин, 2012; Зыкина и др., 2017;]. Кроме лёссовых покровов и закрепленных дюнных массивов, в данном регионе выявлены обширные дефляционные срезы, котловины выдувания с крупными полигональными песчаными клиньями, скопления ветрогранников. Установлено распространение регионального стратиграфического маркера – Суминской погребенной палеопочвы – возрастом 14-13 тыс. л. н., перекрытой лёссовыми и ППО позднего дриаса [Зыкин и др., 2011; Konstantinov et al., 2019]. С учетом множества других опубликованных источников статус похолодания позднего дриаса в Западной Сибири становится, как и в Европе, все более высоким и свидетельствует о сильнейшем глобальном похолодании и опустынивании всей Евразии на рубеже позднего плейстоцена и голоцена.

Несмотря на появление на новой геологической карте [Карта..., 2014] плейстоценовых ППО в пределах Якутии, строение ключевого обнажения Песчаная Гора, ареалы распространения и генезис ППО дискутируются и в настоящее время.

1.2. Современные песчаные покровы и формы рельефа (тукуланы) 1.2.1. История изучения тукуланов

Первые сведения о современных ППО и формах рельефа — тукуланах — приводятся в первом томе трехчастной монографии Р.К. Маака «Вилюйский округ Якутской области» (1883-1887), написанной по результатам экспедиции 1853-1855 гг. [Маак, 1883].

С 20-х гг. XX в. проявляется интерес к изучение эоловых процессов и отложений Центральной Якутии с научной точки зрения. В 1925-1930 гг. Академией наук СССР организуется комплексная Якутская экспедиция при участии С.С. Кузнецова, который позже в своих работах приводит первые сведения о морфологии тукуланов, их строении и гидрогеологии, а также указывает на их аллювиальное происхождение [Кузнецов, 1929; Павлов, Мальцев, 1977].

В 1930 г. А.А. Григорьев выделил районы распространения тукуланов в Центральной Якутии [Павлов, Мальцев, 1977]. Он отметил, что очаги и массивы развеваемых эоловых песков тяготеют к определенным участкам в бассейнах рек Лены и Вилюя. А.А. Григорьев придерживался мнения, что пески тукуланов образовались за счет аллювиальных отложений, накопившихся в иных, более резко континентальных климатических условиях эпохи четвертичных покровных оледенений [Павлов, Мальцев, 1977].

В 1935 г. Т.А. Работнов детально описал ландшафты пяти песчаных массивов, которые по происхождению разделил на два типа [Работнов, 1935]: древнеаллювиальные, образовавшиеся за счет смыва водными потоками покровных суглинков, и элювиальные, накопившиеся на месте коренных источников – песчаников. Им впервые сделано описание ландшафтных комплексов территории песчаных образований: барханные и дюнные пески, закрепленные

древнеаллювиальные пески, дренированные пространства с глубоким залеганием мерзлоты и почвенно-грунтовых вод, заболоченные понижения и другие. Также Т.А. Работнов подробно описал растительность и отметил, что развитие кедрового стланика на песках свидетельствует о древнем (ледниковом) происхождении тукуланов [Работнов, 1935; Павлов, Мальцев, 1977].

В 1935 г. Н.Л. Благовидов привел описание района распространения тукуланов на участке бассейна р. Тюнг (Центральная Якутия), растительности и 20 почвенных разрезов, заложенных на разных элементах рельефа. Впервые сделал вывод о том, что «барханы» (тукуланы) являются реликтовыми образованиями [Благовидов, 1935].

В 1959 г. С.С. Коржуев отнес участки развития современных эоловых песков в районе устья рек Нюи и Джербы ко второй надпойменной террасе р. Лены. Он отметил, что аллювиальные отложения первой надпойменной террасы р. Лены в связи с большой увлажненностью и залесенностью развеваются ветром реже и слабее, а отложения шестой и седьмой лучше развеваются и способствуют образованию дюн [Коржуев, 1959].

В 1960 г. И.И. Невяжский и Р.А. Биджиев впервые приводят схему распространения тукуланов в бассейнах рек Вилюй, Линде, Хоронгхо с выделением четырех районов их развития. Ими отмечены особенности строения песчаных массивов и их геоморфологическая приуроченность [Невяжский, Биджиев, 1960].

В 1961 г. сотрудниками Института мерзлотоведения СО РАН (вилюйским и кобяйским отрядами) проведены маршрутные наблюдения и выполнены морфометрические описания тукуланов [Геокриологическая характеристика междуречья..., 1962; Геокриологическая характеристика нижнего ..., 1962].

В 1963 г. Е.Г. Катасонова и А.Н. Толстов привели данные о рельефе и составе отложений тукуланов правобережья р. Вилюй, а также впервые опубликовали данные геокриологических исследований и отметили факт наличия полигонального рельефа на поверхности эоловых песков [Катасонова, Толстов, 1963].

В 1965 г. П.Д. Павлов отметил, что озера, окаймляющие массивы эоловых песков, являются остаточными (бывшими древними руслами рек) [Павлова, 1965].

В 1969 г. И.П. Герасимов выдвинул предположение о том, что почвеннорастительный покров является «регулятором» современного рельефа, обладающего динамическим равновесием, и отсутствие этого покрова приводит к образованию эолового рельефа, в частности, и в Центральной Якутии [Герасимов, 1969].

В 1971 г. С.3. Скрябин внес вклад в изучение флоры тукуланов и сделал вывод о бедности ее видового состава [Скрябин и др., 1971].

В 1972 г. Е.Г. Катасонова впервые опубликовала описание современных земляных жил в эоловых песках (тукуланах) в районе Лено-Вилюйского междуречья, также установлена амплитуда колебаний мощности сезонноталого слоя на различных формах эолового рельефа [Катасонова, 1972].

1973-1975 гг. Институтом мерзлотоведения им. П.И. Мельникова проведен комплекс наблюдений на массиве покровных песков — тукулан Махатта, располагающемся в долине р. Вилюй в нижнем течении. В 1976-1981 гг. А.В. Бойцовым и В.В. Шепелевым рассмотрены особенности микроклимата и гидрологические условия данного массива, а также режим, баланс и особенности питания межмерзлотных вод, их разгрузки в пределах эоловых песков [Бойцов, Шепелев, 1976; Шепелев, 19766, 1981]. Исследованы озера, приуроченные к закрепленным участкам тукулана Махатта. На основании полученных данных выделены две группы: озера эолового (дефляционного) и суффозионного происхождения [Шепелев, 1976а], отмечены их морфометрические параметры, характеристика водного баланса и влияние на питание меж- и подмерзлотных горизонтов.

В 1977 г. П.Д. Павлов выдвинул ряд причин и факторов перевевания песков. Им изучено движение песчаного материала в пределах тукуланов, которые, на его взгляд, имеют большие скорости перемещения [Павлов, 1977].

К.Д. Григорьевым и П.Д. Павловым в 1977 г. обобщены и выдвинуты следующие предположения о происхождении современных песчаных массивов

Центральной Якутии [Григорьев, Павлов, 1977]: 1) тукуланы — это реликтовые пустыни; 2) время образования тукуланов относится к эпохе максимального четвертичного оледенения; 3) образование тукуланов связано с поднятием земной коры; 4) тукуланы — остатки аллювиальных наносов древних рек (Правилюя, Пралены и др.).

В 1978 г. И.Г. Авенариус и др. высказали предположение о том, что в Центральной Якутии эоловый процесс получил широкое развитие в период более сухого и резко континентального климата, то есть в ледниковую эпоху. Далее, по их мнению, данный процесс еще более усилился в послеледниковое ксеротермическое время. В дальнейшем климат становился более мягким и влажным, что дало возможность постепенному зарастанию песчаных массивов [Авенариус, Муратова, Спасская, 1978].

В 1979 г. П.Д. Павловым введено два понятия: «закрепленность» перевеваемых песков и «тукулановость района» [Павлов, 1979, 1981]. В 1981 г. им составлена карта-схема распространения тукуланов бассейнов рек Вилюй, Тюнг, Линде, Хоруонки; выявлены массивные, очаговые и очагово-массивные тукуланы, а на крупных тукуланах определена степень закрепленности растительностью [Павлов, 1981].

Г.Н. Максимов [Афанасьев и др., 1977; Павлов, Максимов, 1981] по результатам полевых исследований подтвердил предположения К.Д. Григорьева и П.Д. Павлова о том, что современные эоловые образования сосредоточены в области миграции древних рек – Пралены и Правилюя. Опираясь на материалы дешифрирования аэрофотоснимков, Г.Н. Максимов пришел к выводу, что во второй половине XX века происходит постепенное затухание эоловых процессов. Он предложил изучать тукуланы как модель геосистемы Центральной Якутии, что позволит, на его взгляд, спрогнозировать природные процессы в пределах тукуланов. Г.Н. Максимов и А.П. Афанасьев поднимают вопрос о классификации эоловых песков, а позже применяют разработанную ими классификацию для Центральной Якутии и разделяют тукуланы по признаку закрепленности:

развеваемые, полузакрепленные и закрепленные [Афанасьев и др., 1977; Павлов, Максимов, 1981].

В 1981 г. А.Ф. Штейнбергом проведено дешифрирование морфологической структуры ландшафта тукуланов на основе аэрофотоснимков, на примере ключевых участков Чиэртикэ и Балаганнах. В результате им выделены более мелкие структурные единицы и получен ландшафтный профиль изучаемой местности [Штейнберг, 1981].

В 1999 г. О.Е. Пономаревой изучены надмерзлотные талики в пределах песчаных массивов в районе бассейна нижнего течения р. Вилюй. Ею дана оценка приуроченности различных по происхождению таликов к разным элементам рельефа [Пономарева, 1999].

В 2000 г. И.С. Васильев и В.В. Самсонова рассмотрели роль ветров различной природы в формировании тукуланов в пределах среднего течения р. Лены. Они отметили, что эти особенности необходимо учитывать при изучении генезиса песчаных эоловых массивов при построении палеогеографических реконструкций [Васильев, Самсонова, 2000].

В 2005 г. Н.П. Слепцовым и В.И. Ивановым проведены наблюдения за динамикой движения песчаных массивов в районе Тюнг-Джиппинского междуречья и рассмотрено воздействие антропогенных факторов, способствующих расширению площадей, занятых песчаными массивами [Слепцов, Иванов, 2005].

В 2005 г. В.В. Лукиным и О.Н. Толстихиным выполнено комплексное изучение песчаных массивов левобережья р. Тюнг — Улахан-Тукулан [Толстихин, Лукин, 2005]. В 2006 г. В.В. Лукин, О.Н. Толстихин и А.Н. Николаев [Лукин и др., 2006; Лукин, 2008] применили дендрохронологический метод для изучения динамики развития песчаных массивов среднего течения р. Тюнг, на примере Улахан-Тукулан. Ими выделены периоды активизации движения песка на основе анализа прироста древесных колец и изменения климатических параметров.

В 2014 г. И.И. Жирковым выполнена классификация тукулановых озер, отмечены основные типы [Жирков, 2014]:

- 1. Современных тукуланов (перевеваемых песчаных массивов): дефляционные (котловины выдувания) и навеянные котловины (при подпруживании стока навеянной дюной);
- 2. Древних тукуланов (закрепеленных и полузакрепленных песчанных массивов): дефляционные (котловины выдувания), дефляционно-эрозионные и дефляционно-термокарстовые котловины.

В 2015 г. А.А. Куть были разработаны дешифровочные признаки, составлен планшет космических снимков, электронная база данных и карта распространения перевеваемых песчаных массивов (тукуланов) Центральной Якутии с использованием ГИС-технологий и ЦМР. Выполнен пространственный анализ, оценены площади закрепленных и незакрепленных дюнных массивов Центральной Якутии, проведены районирование и классификация морфологически различных дюнных комплексов по бассейнам рек [Куть, 2015].

В 2019 г. А.Е. Харламова и С.Д. Балыкова [Харламова, Балыкова, 2019] провели сравнительную характеристику гранулометрического и минералогического состава эоловых песков тукуланов долин рек Лены (Кысыл-Элэсин, Саамыс-Кумага) и Вилюй (Кысыл-Сыр, Махатта).

1.2.1. Представления о происхождении тукуланов Центральной Якутии

К настоящему времени существует несколько концепций образования тукуланов:

1. Тукуланы – самостоятельные генетические образования, накопившиеся в результате переноса песков сильными ветрами [Алексеев, 1961a; Колпаков,1970; Авенариус, 1978].

Эта концепция, поддерживаемая Г.Ф. Лунгерсгаузеном [1961] и В.В. Колпаковым [1970], была доработана и представлена как ледниково-эоловая гипотеза. Согласно этой гипотезе [Лунгерсгаузен, 1961], образование тукуланов связано с эпохой максимального оледенения, охватившего горные области Средней Сибири и Верхоянья. Авторы считали, что огромные тучи песка сдувались ветрами с подножий гор, с которых спускались ледники, засыпая на своем пути участки,

непокрытые льдами. По мере отступания ледников блуждающие поля песков стали закрепляться тайгой. По разным причинам (природно-климатическим, антропогенным и др.) в современную эпоху многие участки некогда закрепленных песков стали перевеваться, и в результате образовались тукуланы [Григорьев, Павлов, 1977].

Также считается, что формирование тукуланов происходило в периоды кардинального опустынивания Малого ледникового периода голоцена при аридных и очень холодных климатических условиях в непосредственной близости от источника материала [Медянцев, 1961; Галанин и др., 2016 и др.].

- 2. Тукуланы чисто аллювиальные отложения [Кузнецов, 1929], либо остатки аллювиальных наносов древних рек (ПраВилюя, ПраЛены и др.), или продукт перевевания первично аллювиальных отложений [Благовидов, 1935; Коржуев, 1959, Алексеев, 1961, Бискэ, 1964]. Об этом свидетельствуют общая ориентированность местоположения тукуланов и состав слагающих пород. На основании данных фактов, авторы предполагали, что отложения, слагающие тукуланы Центральной Якутии, являются русловыми, террасовыми и дельтовыми осадками древних рек. [Григорьев, 1977; Павлов, 1977; Павлов, Максимов, 1981]. Сторонники этой группы гипотез считали, что эоловые пески, занимающие обширные территории Центральной Якутии, являются реликтами аллювиального комплекса, который в процессе накопления и после подвергался эоловой переработке. С.С. Кузнецов [1929] предполагал, что верхнеюрские пески правого берега р. Тюнга подверглись в прошлом сильному воздействию быстро текущими водными потоками, и вследствие чего были размыты и выведены из коренного залегания, а далее перемыты и вновь отложены на месте своего первичного положения, почти «in situ».
- 3. Образование тукуланов связано с поднятиями земной коры, когда создаются условия для оголения и размыва слабосцементированных песков. Это подтверждается тем, что большинство массивов эоловых песков приурочено к областям локальных положительных структур Вилюйской синеклизы [Григорьев, 1977; Павлов, 1977].

1.3. Представления о текстурах покровных песчаных отложений

В работе А.А. Галанин [2021] отмечает, что текстура покровных песчаных эоловых отложений формируется под влиянием ряда факторов: скорость ветра, наличие и объем исходного материала, наклон и степень увлажнения поверхности в момент седиментации, температура отложений, наличие снежного покрова и характер растительности. На основе литературных источников и полевых наблюдений А.А. Галанин провел обобщение и выделил основные типы слоистости и слойчатости для покровных эоловых песков [Галанин, 2021].

1.3.1. Геометрические и генетические типы слоистости и слойчатости

- а) Перекрестная макрослоистость (рис. 2) представлена крупными пачками отложений мощностью от 1 до 6-10 м, отделенными друг от друга структурными несогласиями поверхностями дефляционного среза. Каждая пачка представляет собой фрагмент ископаемой дюны, отличающийся по характеру и направлению наклонов кровли и подошвы, толщине элементарных слойков, амплитуде и характеру волнистости. Формирование пачек связано с непрерывным движением дюн, в результате чего каждая из последующих наползает и/или частично срезает предыдущие. Поверхности дефляции несогласно срезают внутреннюю слоистость песчаных пачек в их кровле и подошве. Они, как правило, плоские, иногда полого-наклонные, часто обогащены ветровым элювием, иногда содержат мелкий гравий, ветрогранники, растительный детрит, угольки, кости мелких животных, остатки тонких почвенно-дерновых горизонтов.
- **б)** Перекрестиная мезослоистость (рис. 3а, 3в) характерна для подветренных склонов дюн, которая также называется перекрестной слоистостью осыпания. Формирование происходит в результате систематического скатывания песчинок с бровки и последующего отложения на подветренном склоне дюны. Закрепление падающих песчинок происходит путем весьма слабого сцепления с поверхностью осаждения, что приводит к формированию тонкой и рыхлой, едва заметной слойчатости осыпания (рис. 3б, 3г). В продольном разрезе параболической дюны элементарные слойки падают под углом 35-45° в направлении ее движения.

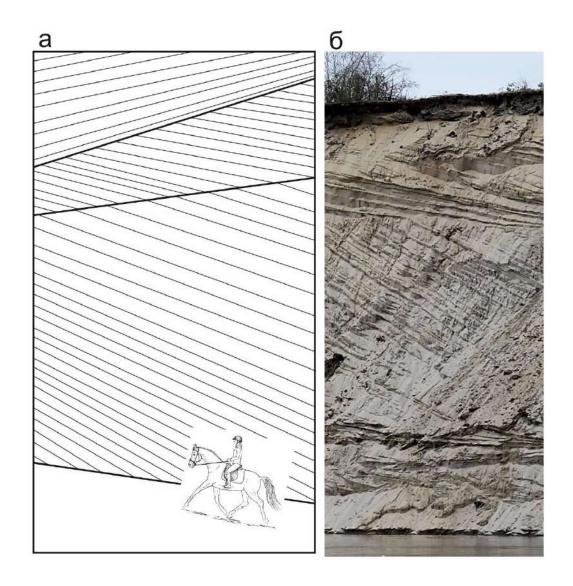


Рис. 2. Перекрестная макрослоистость в покровных песчаных отложениях: а – схематично представленная, б – в обнажении Песчаная гора (фото А.А. Галанин, 2018).

В пределах подветренного склона дюн также распространена *слойчатость песчаных потоков*, формирующаяся в результате периодического гравитационного сползания небольших порций песка с бровки подветренного склона дюны, в результате чего в основании склона формируются веерообразные конусы.

в) *Волнистая слоистость* (рис. 3д) формируется путем захоронения мигрирующей по поверхности эоловой ряби на границе эоловых пачек (ископаемых дюн, как по наветренным, так и подветренным склонам). Длина волн варьирует от 20-30 см до 1-2 м, высота – от 2-3 см до 5-15 см. Текстура волнисто-

слоистых дюнных отложений наиболее часто представлена волнистой перекрестной слойчатостью и волнистой слойчатостью.

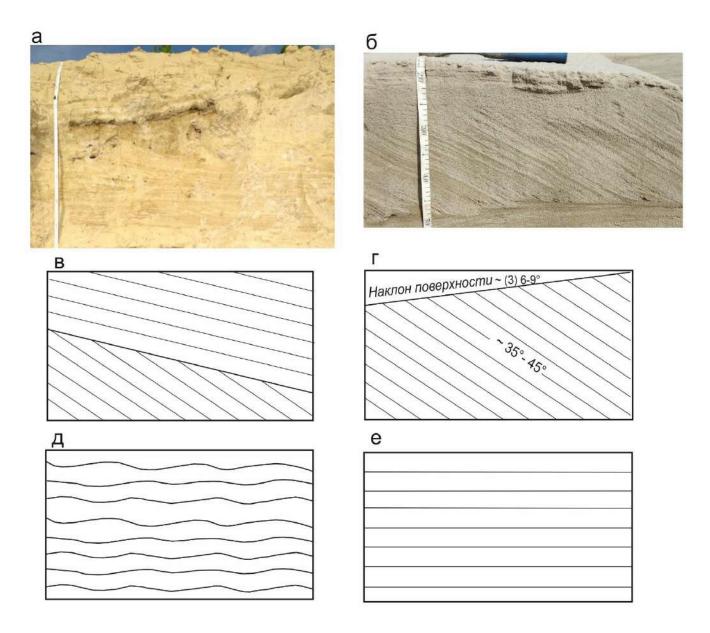


Рис. 3. Некоторые типы текстур в покровных песчаных отложениях. а – перекрестная мезослоистость в разрезе № 075 тукулан Махатта (фото М.Р. Павловой, 2015); б – слойчатость осыпания в разрезе современной дюны в долине р. Вилюй (фото А.А. Галанина, 2018). в – перекрестная мезослоистость, г – слойчатость осыпания, д – волнистая слоистость, е – горизонтальная слоистость.

г) Горизонтальная слоистость и горизонтальная слойчатость (рис. 3e) характерна для покровных эоловых отложений небольшой мощности, пологих наветренных склонов дюн и котловин выдувания. Такая слоистость формируется на участках наиболее интенсивной ветровой нагрузки, где аккумуляция происходит очень медленно и без образования эоловой ряби. Отложения имеют

огрубленный состав и характеризуются плотной упаковкой песчаных зерен (минимальная пористость).

д) *Трансляционная слоистость восходящей ряби*, или псевдослоистость – генетическая группа структур, формирующаяся в процессе весьма интенсивной эоловой аккумуляции на пологих преимущественно наветренных склонах дюн, покрытых эоловой рябью.

Слойчатость восходящей ряби (рис. 4а, 4в) образуется в ходе миграции ветровой ряби по наклонной поверхности седиментации путем навеивания тонких параллельных слойков на подветренных микросклонах. Элементарные слойки параллельны друг другу и наклонены в направлении эолового переноса (по направлению ветра). Толщина слойков не превышает 0.5-3 мм, угол падения варьирует от 2-3 до 10-15°.

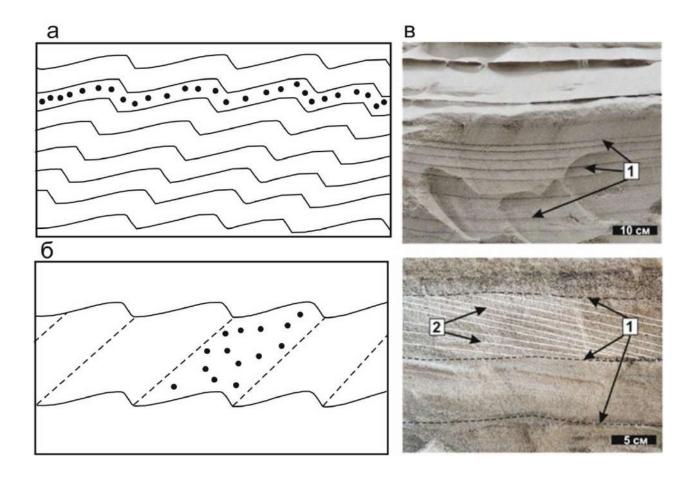


Рис. 4. Некоторые типы текстур в покровных песчаных отложениях. а – слойчатость восходящей ряби (схематично), б – трасляционная псевдослоистость (схематично), в – трансляционная слоистоть восходящей ряби в разрезе № 537 обнажения Песчаная гора (фото А.А.

Трансляционные прослои или псевдослоистость (рис. 46, 4в) образуются при непрерывном смещении поверхности седиментации вверх из-за движения ветровой ряби при условии поступления достаточного количества песчаного материала и не слишком высокой ветровой нагрузки. Главное отличие псевдослоистости от обычной слоистости состоит в том, что трансляционные прослои не являются поверхностями седиментации, а направлены к ней под некоторым углом. Трансляционные прослои ориентированы навстречу ветру, имеют, преимущественно, темный цвет, так как формирование прослоев в элементарной песчаной серии происходит одновременно с накоплением тяжелых минералов (с преобладанием магнетита) на гребнях эоловой ряби, и поэтому резко выделяются на фоне вмещающего их светлого кварцевого песка.

е) Адгезионная слоистость и слойчатость (рис. 5) формируются в результате прилипания эоловых частиц к влажным поверхностям. Характерным признаком являются контрастные и хорошо заметные систематические тонкие извилистые прослои темной пыли, осаждающиеся на поверхности дюн в период их влажного состояния и отсутствия дефляции. На характер увлажнения поверхности седиментации влияют частота и количество атмосферных осадков, экспозиция, глубина залегания мерзлотного водоупора, высота речных паводков и др. Выделяют адгезионной слойчатости, наиболее несколько типов часто встречающиеся – параллельная, извилистая, волнистая и др. Также отмечают полигенетические типы структур, которые образуются в ходе неравномерного испарения влаги с поверхности склонов дюн и перевеивания песчаного материала. высыхание наветренных склонов ДЮН происходит подветренных, и поэтому, когда первые начинают уже активно перевеиваться, вторые остаются некоторое время во влажном состоянии и формируют в совокупности, например, адгезионную слойчатость осыпания (рис. 5г).

1.3.2. Сезонная и многолетняя циклическая слоистость.

В разрезах покровных отложений сезонная и многолетняя цикличность эолового осадконакопления проявляется в чередовании песчаных серий с

различными наборами характерных типов слоистости и слойчатости (рис. 6). Ее образование связано с разными скоростями и механизмами эоловой седиментации в холодное и теплое время года, а также сезонными и квазипериодическими климатическими процессами (сезонное промерзание-оттаивание поверхности дюн, снежный покров, перелетовывающие снежники, подтопление междюнных понижений в результате колебаний уровня надмерзлотных вод, кратковременное закрепление отдельных элементов эолового рельефа растительностью). Для холодных регионов среди сезонной и многолетней цикличности наиболее характерны криогенно-эоловая и нивейно-эоловая слоистости [Галанин, 2021].

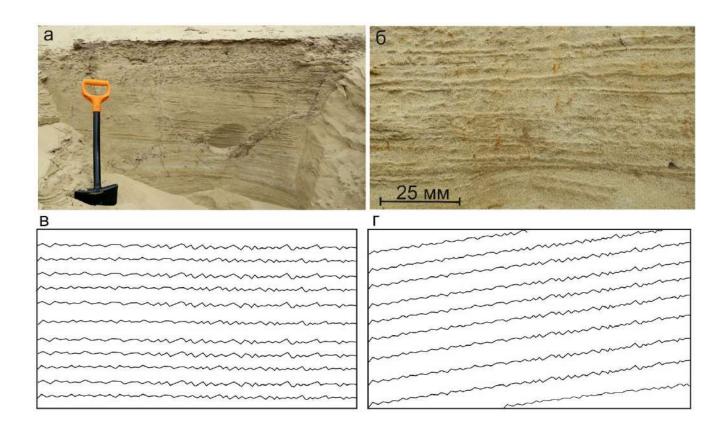


Рис. 5. Некоторые типы текстур в покровных песчаных отложениях. а-б – адгезионная слоистость в современных покровных песчаных отложениях в долине р. Линде (фото А.А. Галанина, 2022), в – адгезионная слоистость параллельно-извилистая (схематично), г – адгезионная слойчатость осыпания (схематично).

а) Криогенно-эоловая сезонная слоистость впервые охарактеризована в пределах крупнейшего дюнного массива Кобэк (северо-западная Аляска) Е.А. Костером и Дж.В. Дийкмансом [Koster, Dijkmans, 1988].

Механизм образования. В начале зимнего периода происходит смерзание поверхности дюн, образование снежного покрова и практически полное прекращение дефляции и аккумуляции. В течение зимнего периода интенсивное перераспределение снежного покрова и его частичная сублимация приводят к оголению значительных участков дюн. Прилипающая и примерзающая атмосферная пыль осаждается на поверхность дюн в виде тонкой пылеватой прослойки. В летний период поверхность дюн оттаивает, активизируется перевеивание и происходит накопление нового слоя песка. Данный процесс повторяется из года в год и приводит к формированию специфической годичной цикличности, состоящей из песчаных и пылеватых прослоев.

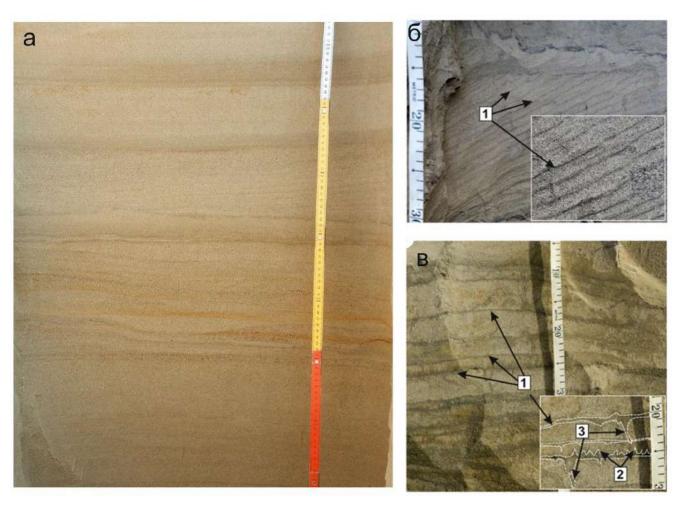


Рис. 6. Некоторые типы циклической слоистости покровных песчаных отложений в опорных обнажениях Центральной Якутии.

а – криогенно-эоловая в обнажении Кыллахское, долина среднего течения р. Лены (фото М.Р. Павловой, 2023); б – наклонная криогенно-эоловая; в – пологоволнистая нивейно-эоловая (фото А.А. Галанина, 2018); 1 – инверсионные денивационные илистые прослойки; 2 – вертикальные инверсионные клинышки и апофизы; 3 – воронки вертикального дренажа талых вод.

б) Нивейно-эоловая сезонная слоистость охарактеризована в первых работах по изучению современных дюн в сухой долине Виктории в Антарктиде, на Аляске в пределах дюнного массива Кобэк [Cailleux, 1974; Calkin, Rutford, 1974; Koster, Dijkmans, 1988; Brookfield, 2011].

Механизм образования. Формирование нивейно-эоловой слоистости связано с переслаиванием песков, супесей и фрагментов зимнего снежного покрова с последующей его перекристаллизацией в тонкие горизонтальные шлиры осадочнометаморфического льда. Систематическое захоронение снежного покрова в ППО происходит в условиях низких летних температур (около нуля и ниже) в результате сингенетического промерзания отложений и непрерывного движения вверх подошвы СТС. Погребенные в дюнных песках слои снежного покрова впоследствии уплотняются и превращаются в шлиры грунтового льда, залегающие горизонтально, либо наклонно, но параллельно поверхностям седиментации.

В более умеренных климатах первичные нивейно-эоловые структуры редко наблюдаются в разрезах, так как сезонный снежный покров и погребенные снежники успевают полностью оттаять в течение теплого времени года. В результате деградации мерзлоты первичные нивейно-эоловые отложения оттаивают, приводя к формированию специфических денивационных структур.

Денивационные структуры формируются в результате сезонного снежного покрова, в котором осевшая на них атмосферная пыль, песок и мелкий органический детрит откладываются на поверхности дюн в виде тонкого (0.5-4 мм) извилистого инверсионного наилка темного цвета, именуемого денивационным прослоем [Dijkmans et al., 1986; Dinwiddie et al., 2012]. К денивационным структурам относят также специфические типы слоистости, связанные с оттаиванием древних нивейно-эоловых отложений, содержащих прослои и шлиры ископаемого льда осадочно-метаморфического генезиса. Денивационные структуры представлены извилистыми прослойками ила с вертикальными клиновидными апофизами, характерными клинышками протуберанцами, воронками вертикальной фильтрации талых вод и др. Оттаивание нивейно-эоловых отложений высоким содержанием льда нередко

сопровождается сложной микроскладчатостью, микропросадками, разрывами и другими видами деформаций [Галанин, 2021].

А.А. Галанин [2021] также рассматривает биогенно-эоловую цикличность, биогенно-эоловые образования (гумусовые жилы и желваки) и криогенные структуры и текстуры, характерные для ППО («сублимационные» и массивные криотекстуры; погребенные линзы льда, полигональные песчаные клинья и псевдоморфозы по полигонально-жильным льдам).

1.4. Палинологические исследования покровных песчаных отложений Центральной Якутии

Период изучения биостратиграфии покровных песчаных отложений Центральной Якутии условно можно разделить на 3 этапа.

І этап (1932-1950 гг.). Первые работы по Центральной Якутии, содержащие палинологические данные, связаны с изучением торфяников в долине р. Алдан в верхнем течении на основе исследования их ботанического состава и древесной пыльцевой флоры [Алабышев, 1932; Коржевин, 1934]. В результате установлено, что в послеледниковое время в данном регионе произошла смена смешанных хвойно-березовых лесов сосновыми.

На основе изучения отложений ила, отобранного на глубине 57 м из шурфа в бассейне р. Аллах-Юнь (правый приток р. Алдан) М.Н. Караваев [1948] отметил большое присутствие пыльцы сибирского кедра (73 %) при незначительном содержании пыльцы ели (6 %), сосны (6 %), лиственницы (3 %) и пихты, и основываясь на полученных данных выдвинул предположение о существовании в данном регионе темнохвойной тайги. В отложениях второй надпойменной террасы р. Лены в районе г. Якутска М.Н. Караваевым [1948] отмечено высокое содержание пыльцы березы и ольхи, что позволило ему сделать предположение о существовании в конце неогена «сырой» тайги.

Из вышеописанного обзора видно, что в начале становления палинологического метода для изучения позднечетвертичных отложений Центральной Якутии использовался состав пыльцы лишь древесных растений.

Споры и пыльца травянистых растений, а также количественные соотношения между ними не изучались, вследствие чего снижалась информативность палинологического материала.

П этап (1950-1988 гг.). С 1951 г. начинаются систематические работы по изучению спорово-пыльцевых спектров Центральной Якутии с целью выявления стратиграфии отложений и истории развития растительности в позднечетвертичное время. Установлены новые стандарты состава споровопыльцевых спектров: на диаграммах стали выделять, помимо древесных растений, группы трав, кустарников, кустарничков, споры папоротникообразных, плаунов, сфагновых и гипновых мхов. Отличительной чертой исследований этого времени явилось активное применение палеонтологического метода при расчленении и корреляции отложений.

В 1951-1988 изучались преимущественно неоплейстоценовые $\Gamma\Gamma$. голоценовые отложения, расположенные: в долине р. Алдан (надпойменные террасы, обнажение р. Татта, обнажение Мамонтова гора и др.) в пределах надпойменных террас р. Лены в среднем течении (с I по VII) и р. Вилюй (с I по V), в долинах рек Суолы, Амги, Тюнг и др., в меньшей степени осадки термокарстовых По И водно-эрозионных озер. результатам геолого-палеонтологических, палеоботанических палинологических исследований обоснован И неоплейстоценовых отложений, установлены основные особенности споровопыльцевых спектров.

Нижненеоплейстоценовые спорово-пыльцевые спектры получены на основании изучения отложений обнажения р. Татты (левый приток р. Алдан), песчаных отложений, вскрытых у оснований VII и VI надпойменных террас р. Лены (южнее пос. Майя), Чурапчинской скважины № 1 на глубине 28-31 м, отложений V надпойменной террасы р. Лены в 15 км на северо-восток от пос. Тюнгюлю; V, IV и III надпойменных террас р. Вилюй и др. [Попова, 1954, 1955; Караваев, Попова, 1955; Зольников, Попова, 1957; Алексеев, 1961а, 19616; Гитерман, 1960, 1963; Русанов, 1968; Трушков и др., 1975]. Отложения, как отмечают авторы, в основном представлены аллювиальными толщами местами с

органическими прослоями. Выявлено, что для спорово-пыльцевых спектров характерно: 1) преобладание пыльцы древесно-кустарничковых таксонов;

2) присутствие пыльцы тсуги, пихты и широколиственных пород; 3) преобладание среди хвойных растений сосны; 4) значительное содержание пыльцы сибирского кедра, древовидной березы и ольхи [Томская, 1981].

Средненеоплейстоценовые спектры обнаружены в пределах аллювиальных отложений IV надпойменной террасы рек Лены и Вилюй, обнажения Мамонтова гора, Чурапчинской скважины № 1 на глубине 19.5-27 м, обнажения №1 и 12 в долине нижнего течения р. Амги, верхней части IV террасы р. Тюнг и др. [Дуброво, 1957; Попова, 1954, 1955, 1968; Чеботарева и др., 1957а, 1957б, 1959; Алексеев 1961а, 1961б; Гитерман, 1963; Трушков и др., 1975], в пределах разреза озера Майалах (правобережье р. Лены в среднем течении), где обнаружены останки погребенного мамонта [Попова, 1959]. В основном привязка выполнена по фаунистическим остаткам. Для средненеоплейстоценовых спорово-пыльцевых комплексов характерно чередование спектров с обилием спор зеленых мхов и пыльцы ели со спектрами, в которых доминировала пыльца светлохвойных пород и березы [Томская, 1981]. А.И. Попова [1959] отмечает, что спорово-пыльцевые спектры из разреза озера Майалах отражают лесную растительность со значительным участием элементов темнохвойной тайги (сибирского кедра до 72 % и ели до 22 %).

Верхненеоплейстоценовые спектры выделены из аллювиальных отложений верхней части III надпойменной террасы р. Лены, покровных суглинков озерного и делювиально-солифлюкционного происхождения и залегающих на них торфяниках, IV, III и II надпойменных террас р. Вилюй, аллювиальных отложений II и I надпойменных террас р. Вилюй, аллювия I и II надпойменных террас р. Алдан и др. [Попова, 1954, 1955, 1968; Коржуев, 1959; Алексеев 1961а, 19616; Гитерман, 1963; Пряхин, Чернышова, 1963; Боярская и др., 1965; Боярская, Малаева, 1967; Шофман и др. 1977; Алексеев и др. 1984]. Привязка выполнена по фаунистическим остаткам и радиоуглеродным датам. Отмечено, что для ледниковых эпох верхненеоплейстоценовых отложений характерны спектры с доминированием

пыльцы травянистых растений (злаковые, полыни, иногда осоковые и лебедовые) обычных для степных и лугово-степных ассоциаций, для теплых периодов – пыльца древесных растений преимущественно березы и сосны [Гитерман, 1963; Томская, 1981]. А.И. Попова [1959] отмечает, что в разрезе, где был обнаружен скелет мамонта в долине р. Суолы, наблюдается уменьшение общего числа пыльцы древесной растительности, в частности, сокращение пыльцы сибирского кедра и увеличение пыльцы трав с преобладанием злаковых и осоковых. Отложения, залегающие ниже и выше скелета мамонта, характеризуются преобладанием пыльцы травянистых растений над пыльцой древесных растений и спорами [Попова, 1959].

На основе анализа полученных данных А.И. Томская [1981] отмечает, что для растительности Центральной Якутии в МИС 5 характерно увеличение сосны, отступание к югу и юго-западу северной и северо-восточной границ ареалов сибирского кедра, ели, пихты, сосны сибирской, вымирание тсуги и дальнейшее повышение роли кедрового стланика. Климат в МИС 5 был холодным и континентальным, но по сравнению с современным, более теплым. Такие климатические условия способствовали промерзанию грунтов и образованию многолетнемерзлых пород. Во время МИС 4 климат продолжал охлаждаться при одновременном увеличении атмосферных осадков. К такому выводу приводит характер растительности МИС 4: доминировали зеленые мхи и плаунки, роль древесных пород сведена к минимуму. На приледниковых территориях преимущественно существовали безлесные травянистые и кустарничковые сообщества, в которых господствовали зеленые мхи, плаунок сибирский, полыни, злаковые, березка тощая и ольховник. В предгорьях доминировали ассоциации кедрового стланика и лиственничного редколесья с бруснично-лишайниковым покровом. В позднеледниковое время в связи с сокращением атмосферных осадков повсеместно повышается роль степных сообществ, которые широко распространили в МИС 3. По аналогии со спорово-пыльцевыми спектрами современных степных сообществ автор отмечает, что основными ассоциациями степей МИС 3 являлись злаково- и разнотравно-полынные группировки, которые

имели высокий травостой, судя по обитанию в это время травоядной мамонтовой небольшими фауны. Степные участки чередовались c пространствами лиственничных лесов с примесью сосны и ели. В более благоприятные периоды МИС 3 в Центральной Якутии увеличивалась роль древесных пород. Климат в этот период был холоднее и континентальнее, чем в МИС 5, и приближался к современному. Отмечались периоды близкие к климату ледниковых эпох. Во время МИС 2 – начало МИС 1 (~29-11.7 тыс. л. н. по [Cohen, Gibbard, 2019]) происходит сокращение площадей, занятых лесом и увеличение открытых пространства занятых травянистой и кустарничковой растительностью с преобладанием зеленых мхов. Как и в МИС 3, наблюдались мелкоцикличные колебания климата [Томская, 1981].

М.И. Нейдштадом [1951, 1953] продолжены исследования по изучению голоценовых торфяников долины р. Алдан в верхнем течении. В отличие от предшественников 30-х гг. ХХ в., им выполнена более подробная споровопыльцевая характеристика и выделены пыльцевые зоны: 1 зона — преобладание пыльцы березы и ольхи (время формирования — ранний голоцен); 2 зона — характеризуется пиком пыльцы лиственницы и пыльцой различных видов березы; 3 зона — господство пыльцы березы при значительном содержании пыльцы лиственницы и сосны (ранний голоцен); 4 зона — преобладание пыльцы березы, сосны и ели (средний голоцен); 5 зона — доминирование пыльцы сосны (поздний голоцен). В более поздних работах А.И. Томская с авторами [Томская, 1975а, 19756; Томская, Саввинова, 1975] в долине р. Алдан из голоценовых отложений высокой поймы выделяет: нижний комплекс с преобладанием спор, средний комплекс с близким содержанием спор и пыльцы кустарниковых растений, верхний комплекс с преобладанием пыльцы древесных и кустарниковых растений.

В долине среднего течения р. Лены голоценовые отложения вскрываются в пределах высокой и низкой пойм [Гитерман, 1960, 1963; Томская, 1981]. В споровопыльцевых спектрах преобладает пыльца древесных пород: сосны, березы, лиственницы, пихты, ели и ольхи, а также осоковые [Гитерман, 1963].

К голоцену отнесены отложения верхней части І надпойменной террасы р. Вилюй, поймы р. Вилюй и его притоков, и озерные осадки [Гитерман, 1960, 1963; Томская, 1975, 1981; Шофман и др., 1964, 1977; Саввинова, 1975]. Р.Е. Гитерман [1963] отмечает, что в спорово-пыльцевых спектрах преобладают древесные породы (до 59 %) с доминированием пыльцы берез, сосны, ели и лиственницы; пыльца недревесных растений составляет 33 с преобладанием злаковых и разнотравья, споры составляют до 23 %. На основе анализа полученных палинологических данных автор отмечает, что в позднеледниковое время Центральная Якутия была занята своеобразным ландшафтом, представляющим собой сочетание островных лесов из лиственницы, березы, сосны с безлесными злаково-разнотравными и полынными ассоциациями, по долинам рек изредка встречалась ель. Переход к позднеледниковому времени сопровождался ростом лесной растительности. В среднем голоцене произрастали сосново-березоволиственничные леса с большим участием ели, а в позднем голоцене роль ели сократилась и распространились лиственничные леса современного [Гитерман, 1963].

А.И. Томской [1975а, 1981] выделено два палинологических комплекса голоценового возраста из пойменных отложений в долине р. Вилюй: нижний – с преобладанием пыльцы березы и ольхи, верхний – с преобладанием пыльцы хвойных пород. На основании полученных данных выделено два этапа развития растительного покрова в голоцене. Первый характеризуется широким развитием березовых формаций И климатом, который кустарниковых близкий климатическим условиям перегляциальных областей. Второй – широким развитием хвойных лесов, более теплым и сухим климатом, чем на первом этапе [Томская, 1975 а, 1981].

Отдельные стадии формирования растительности и климата среднего течения р. Вилюй приводятся в работах И.Л. Шофмана с соавторами [Шофман и др., 1964, 1977; Прокопчук и др., 1974; Климанов, Шофман, 1982]. Авторы отмечают, что в позднеледниковое время существовали ксерофитные тундрово-степные сообщества, редкостойные леса и ерниковые заросли. В голоцене фиксируется

становление темнохвойных елово-кедровых и светлохвойных сосново-березовых лесов.

Г.М. Саввинова [Мочанов, Саввинова, 1980], изучавшая палинологические спектры культурных слоев археологических стоянок в среднем течении Лены, Вилюя и Мархи, отмечает, что в середине бореального периода голоцена были распространены лиственничные леса с примесью ели, сосны и березы. В период похолодания, который пришелся на рубеж раннего и среднего голоцена, наблюдается деградация лесной растительности, преобладание споровых растений. В первую половину среднего голоцена отмечается восстановление лесной растительности; выделено четыре потепления и три похолодания. Во второй половине среднего голоцена и начале позднего голоцена лесная и травянистая растительность частично исчезла. В позднем голоцене состав растительности был близок к современному.

Спорово-пыльцевые спектры позднего голоцена получены из термокарстовых озер Лено-Амгинского междуречья — Онер, Чалпайы, Тюнгюлю и Мюрю, позволившие выявить периоды усыхания и обводненности котловин [Босиков, Сопоев, 1978]. Данные по озеру Краденое в совокупности с разрезами из других регионов Восточной Сибири (Большой пит, Котокель и др.) позволили выполнить реконструкцию и выделить фазы истории развития растительного покрова и климата для данной территории в голоцене [Хотинский, 1977].

Появляются первые обобщающие труды по спорово-пыльцевому анализу, включающие данные количественного датирования, палеофаунистические сведения и реконструкции растительности Якутии и Северной Евразии, в том числе сведения по Центральному региону Якутии. В 1963 г. выходит монография Р.Е. Гитерман «Этапы развития четвертичной растительности Якутии и их значение для стратиграфии»; в 1977 году — монография Н.А. Хотинского «Голоцен Северной Евразии». В работе Н.А. Хотинский [1977] обобщил данные по голоценовой истории территории СССР, в том числе и по Центральной Якутии, на основе палинологических и радиоуглеродных данных, а также выполнил корреляцию хронологических рубежей этапов голоцена, растительности и климата территории

Северной Евразии, обобщил и дополнил схему Блитта-Сернандера для данной территории. Н.А. Хотинский [1977] также отмечает, что около 7000 л. н. близ г. Якутска произрастали лиственничные леса с участием ели, чередовавшиеся с ерниковыми зарослями из кустарничковых видов берез; около 6000 л. н. началось широкое развитие сосновых лесов, которые в начале позднего голоцена заняли господствующее положение в растительности. В 1981 г. выходит монография А.И. Томской «Палинология кайнозоя Якутии».

Основное значение указанных работ периода с 1951 по 1988 гг. заключается в том, что они показали возможность изучения истории развития растительности Центральной Якутии с помощью палинологического анализа, учитывающего споры, пыльцу древесных и травянистых растений, выполнение корреляции отложений и дальнейшей разработки стратиграфических схем четвертичных отложений для данного региона.

III этап (с 1989 по 2019 гг.). С 1989 г. появляются работы по изучению озерных отложений Центральной Якутии (озера Хомустах, Бугуда, Мадьагара, Нуочага, Сатагай, Улахан Чабыда, Малая Чабыда и др.), включающие споровопыльцевые сведения, на основе которых выполнены палеореконструкции растительности и климата позднеледниковья и голоцена [Андреев, Климанов, 1989; Андреев, 2000; Андреев и др., 1989, 1992, 2002; Томская, 1989; Andreev et al., 1997; Бакулина и др., 2000; Пестрякова, 2009; Ulrich et al., 2017].

А.А. Андреев с соавторами [Андреев, Климанов, 1989; Андреев и др., 1989,1992, 2002; Апdreev et al., 1997] существенно дополнили историю развития растительности Центральной Якутии в позднеледниковье и голоцене. Авторы отмечают, что в позднеледниковое время господствовали полынно-злаковоразнотравные сообщества, остепненные березовые и лиственничные леса (колки), заросли ерника из берез тощей и кустарниковой. После 10000 л. н. доминирующим типом растительности становятся лиственничные леса с большим участием березы. Степные ценозы в разных районах Центральной Якутии постепенно исчезали из растительного покрова. Прослеживалась тенденция более длительного сохранения

степных ландшафтов в юго-восточном направлении [Андреев и др., 1992, 2002; Andreev et al.,1997].

Также А.А. Андреев отмечает [Андреев и др., 1992, 2002; Andreev et al., 1997], что максимальное развитие еловых лесов происходило в конце среднего голоцена, хотя в середине раннего голоцена отмечается усиление роли ели в древостоях. Благоприятные условия для существования ельников приходятся также на начало позднего голоцена и климатический оптимум голоцена. Чистые еловые леса существовали только в поймах рек. Значительные массивы сосновых лесов в Центральной Якутии появляются около 6000 л. н. В отдельные периоды (климатический оптимум голоцена, в середине среднего голоцена) сосна, вероятно, принимала определенное участие в формировании древостоев. Ерниковые сообщества из кустарничковых видов берез, игравшие большую роль в растительности Центральной Якутии в позднеледниковое и отчасти во второй половине раннего голоцена, позднее значительно сократили свои площади, несколько увеличивая их при похолоданиях климата [Андреев и др., 1992, 2002;].

Озера Улахан-Чабыда и Малая Чабыда по морфогенетической классификации И.И. Жиркова [1983, 2014] отнесены к типу озер древних тукуланов (закрепленных песков). В ходе бурения озера Малая Чабыда вскрыты песчанистые кварцевые отложения, предположительно, котловины выдувания. Полученный споровопыльцевой спектр характеризуется доминированием степных ассоциаций с полынями, осоками и злаками, в меньшей степени — маревыми, гвоздичными, василистником. Наличие большого количества мхов, небольшое количество древовидных и кустарниковых берез, лиственницы. Реконструированы степные ландшафты, среди которых были распространены «острова» лесных и ерниковых формаций [Бакулина и др., 2000].

В работе В.А. Камалетдинова и П.С. Минюка [1991] приводятся сведения о возрасте и генезисе Бестяхской террасы, включающей данные о предполагаемом стратотипе ППО Песчаная гора. Из нижней части разреза ими получены несколько палиноспектров, в которых преобладают полыни, злаковые, маревые и осоки при малочисленных кустарниковых березах и ольховнике. Спорово-пыльцевые

упоминания о ППО обнажения Песчаная гора отмечены также в работе В.В. Спектора [Спектор и др., 2017]. В двух упомянутых выше статьях не приводится ни спорово-пыльцевой диаграммы, ни полное описание спектров, но эти данные очень ценны, так как это первая достоверная информация именно об верхненеплейстоценовых ППО Центральной Якутии.

Продолжаются исследования отложений террас р. Лены в среднем течении [Алексеев и др., 1990; Камалетдинов, Минюк, 1991; Спектор и др., 2008, 2015, 2017; Спектор, Спектор, 2002; Правкин и др. 2018; Галанин, 2021]. Появляются новые палеофаунистические, палеоботанические и палинологические сведения о долине р. Суолы после обнаружения в 2015 г. местонахождения мамонтовой фауны «Мегинское» [Ротароva et. al., 2016]. В торфянике из Мегинского обнажения установлено 60 фаунистических и 25 растительных таксонов, идентифицированы остатки несколько особей *Bison priscus*, *Ovibos moschatus*, *Equus lenensis*, а также скелет *Mammuthus primigenius* (Migin Mammoth), отнесенного к началу МИС-2. Палеоэкологическая реконструкция флоры и фауны торфяника показала, что во время его формирования средние температуры июля составляли не ниже +12°C. Растительный покров образован мозаичным сочетанием обедненных степей, лугов, островков лиственничных лесов и общирных незакрепленных почвенно-растительным покровом пространств [Ротароva et al., 2016].

Выходят первые работы по Центральной Якутии, включающие помимо спорово-пыльцевых данных, сведения о непыльцевых палиноморфах [Ulrich, et. al., 2017; Спектор и др., 2017; Правкин и др., 2018].

Таким образом, в этот период появляются первые достоверные споровопыльцевые сведения об отложениях ППО, получены новые данные по растительности и климату Центральной Якутии на основе изучения преимущественно озёрных осадков, единичные работы, включающие непыльцевые палиноморфы, которые несут важную информацию и необходимы при дальнейших интерпретациях.

1.5. Постановка проблемы исследования

Обзор литературных данных показывает, что вопрос генезиса ППО до настоящего времени остается дискуссионным. У ряда исследователей до сих пор вызывает сомнение эоловое происхождение ППО, иначе трактуются основные диагностические признаки, не до конца понятны источники сноса и механизмы транспортировки отложений [Спектор, Спектор, 2002; Спектор и др., 2003, 2008, 2016, 2017; Большиянов и др., 2013, 2016; Правкин и др., 2018; Поморцев и др., 2017]. Еще один вопрос — это возраст ППО, в частности определение возраста начала их формирования и времени максимального развития эоловых процессов, а также максимальных темпов осадконакопления.

На сегодняшний день наименее освещены вопросы биостратиграфии ППО, палеоботаническая практически отсутствует характеристика отложений. Имеющиеся палинологические сведения по разрезам ППО единичны (например, обнажение Песчаная гора) и малоинформативны, плохо привязаны. Кроме того, большая спорово-пыльцевых спектров часть интерпретировалась предшественниками исходя из гипотезы водного (аллювиального и озерного) происхождения вмещающих отложений, что затрудняет отнесение этих данных именно к ППО. Другой проблемой интерпретации большинства ранее полученных биостратиграфических данных по ППО является незначительное количество данных количественного датирования и даже полное их отсутствие.

Перечисленные обстоятельства затрудняют понимание условий формирования ППО, корреляцию их с другими типами отложений, а также выполнение реконструкции истории формирования позднечетвертичного рельефа, отложений и криолитозоны Центральной Якутии и Восточной Сибири в целом. Таким образом, основной проблемой, на решение которой направлено настоящее исследование, является реконструкция истории формирования песчаных покровов и дюнного рельефа в магистральных речных долинах Центральной Якутии на основе комплексных данных.

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Регион исследования (~66°20' и 58°30' с. ш., 120° и 137°15' в. д.) расположен в восточной части Средней Сибири, которая простирается между долиной реки Енисей и западным подножием Верхоянского хребта, от берегов морей Карского и Лаптевых до подножия гор Южной Сибири и занимает площадь около 4 млн. κm^2 [Раковская, Давыдова, 2001]. В состав Средней Сибири входит Среднесибирское плоскогорье (плато: Путорана, Сыверма, Вилюйское, Анабарское, Центрально-Тунгусское, Приленское; Енисейский кряж, Иркутская равнина, Центрально-Якутская равнина, Анабаро-Оленёкская равнина и др.), Лено-Алданское плато, Северо-Сибирская низменность и горы Бырранга [Раковская, Давыдова, 2001]. Регион приурочен К Центрально-Якутской исследования эрозионноаккумулятивной низменности, Приленскому плато и Лено-Алданскому пластовому структурно-денудационному плато (рис.7).

2.1. Геологическое строение

В тектоническом отношении регион исследования расположен в пределах Вилюйской синеклизы Сибирской платформы и южной части Предверхоянского краевого прогиба. Фундамент синеклизы сложен кристаллическими докембрийскими образованиями. В осадочном чехле платформы выделяется 2 литифицированных отложений: нижнепалеозойский, сложенный преимущественно карбонатными морскими образованиями, и мезозойский, представленный терригенными отложениями юры и мела [Тектоническое строение Якутской АССР, 1964]. Рыхлые кайнозойские отложения перекрывают всю территорию сплошным чехлом мощностью от нескольких метров до 1 км (Нижне-Алданская впадина) И представлены палеогеновыми, неогеновыми И четвертичными образованиями [Геология Якутской АССР, 1981].

Палеоцен-эоценовые отложения представлены маломощными галечниками, а также площадными каолиновыми корами выветривания

мощностью 10-70 м, приуроченными преимущественно к верхнемеловым песчаникам [Геокриология СССР, 1989; Геологическая карта ...,1998].

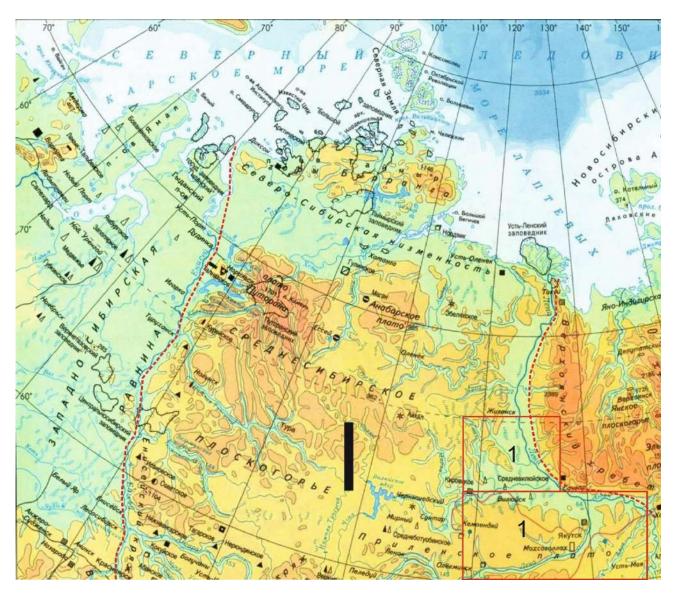


Рис.7. Географическое положение региона исследования [Атлас. Физическоая ..., 2016]. I – фрагмент Средней Сибири, 1 – регион исследования.

Олигоцен-эоплейстоцен-нижненеоплейстоценовые отложения мощностью более 700 м представлены галечниками, песками, алевролитами и глинами. Они установлены в Алданской впадине по данным бурения [Геокриология СССР, 1989].

На основании изучения высоких террас в пределах Центральной Якутии выделены: олигоценовые таттинская и тандинская свиты, нижнемиоценовая намская свита, среднемиоценовая свита Мамонтовой Горы, плиоценовый слой ожелезненных песков, верхнеплиоценовая табагинская свита, эоплейстоценовая

дыгдальская свита, нижненеоплейстоценовые пеледуйская и оручанская свиты [Миоцен Мамонтовой горы ..., 1976; Минюк, 2004]. За пределами Алданской впадины указанные свиты имеют локальное распространение и залегают в виде маломощных фрагментов на цоколе высоких террас. Возраст большинства указанных свит не подтвержден количественными датами и базируется на неполных биостратиграфических и палеомагнитных данных [Минюк, 2004].

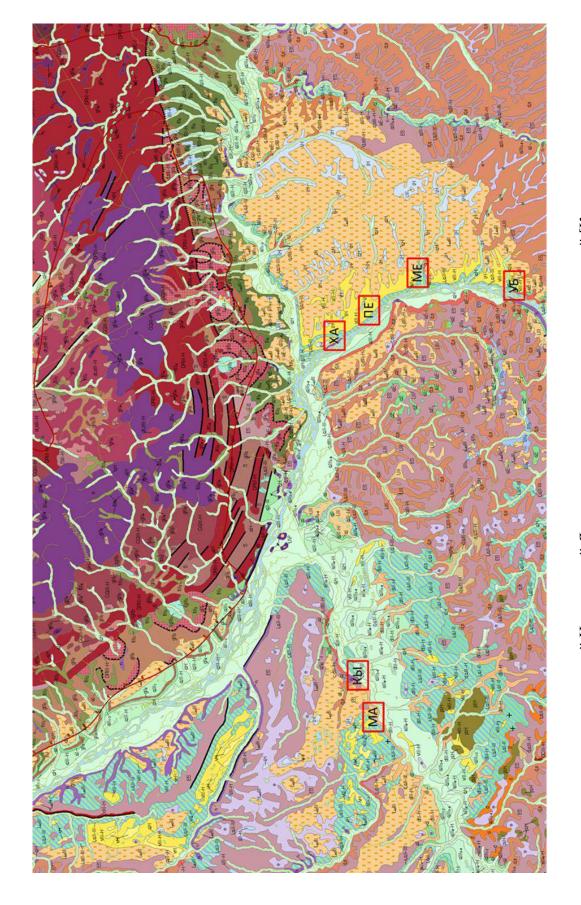
Средненеоплейстоценовые отпожения наиболее широко распространены в регионе и в разном сочетании участвуют в строении всех террас р. Лены, Алдана, Вилюя и их притоков (рис. 8). Отложения представлены бестяхской, огдунской, мавринской, эльгинской, дьолкуминской и едомной свитами.

Бестяхская свита мощностью до 5-7 м сложена ожелезненными аллювиальными галечниками, гравийниками и песками, залегающими на коренном цоколе нижнепалеозойских известняков долины реки Лены от Ленских столбов до п. Харыялах на расстоянии более 200 км. Кровля бестяхской свиты вскрывается во всех обнажениях бестяхской (45-75-метровая) и кердемской (25-метровая) террас и приурочена к современному меженному уровню р. Лены. В бассейне р. Вилюй бестяхская свита установлена в районе Сунтарской излучины, где она залегает на цоколях террас на высоте 2-12 м [Минюк, 2004]. В отложениях свиты установлены пыльцевые спектры, характеризующие березово-ольховый и хвойный леса, а также находки мамонтовой фауны раннего типа, что позволило отнести ее к тобольскому времени среднего неоплейстоцена [Лунгерсгаузен, 1961; Алексеев, 1961а; Стратиграфический ..., 1982; Камалетдинов, Минюк, 1991].

Огдунская свита мощностью до 17-20 м сложена делювиальными песчанощебнисто-суглинистыми отложениями и установлена лишь в Усть-Буотамском обнажении бестяхской террасы р. Лены [Камалетдинов, Минюк, 1991]. Свита залегает на бестяхском аллювии и характеризуется преобладанием тундровостепных травянистых таксонов с небольшой примесью древесной растительности, что позволило отнести ее к самаровскому похолоданию среднего неоплейстоцена [Камалетдинов, Минюк, 1991]. Мавринская свита выделена В.В. Колпаковым [Стратиграфический ..., 1982] в бассейне нижнего и среднего течения р. Лены и сложена переслаиванием супесей с суглинками мощностью до 25-30 м. По генезису отложения трактовались как озерно-аллювиальные. В обнажении Песчаная Гора свита залегает на бестяхском аллювии, а в Усть-Буотамском обнажении перекрывает огдунскую свиту. Пыльцевой состав отложений мавринской свиты свидетельствует о суровых условиях тундр и тундро-степей с незначительным присутствием кустарниковой растительности. В нижней части свиты установлена обильная малакофауна мелководных озер, а также остатки фауны мамонтового биома, что позволило отнести возраст отложений к самаровскому похолоданию среднего неоплейстоцена [Камалетдинов, Минюк, 1991]. Имеются и противоречащие данные, что верхняя часть мавринской свиты коррелируется с отложениями эльгинской свиты в низовьях р. Алдан и обе свиты были отнесены к казанцевской эпохе позднего неоплейстоцена [Камалетдинов, Минюк, 1991].

Эльгинская свита мощностью до 20 м выделена в нижнем течении р. Алдан (обнажения Мамонтова гора, Чуйское И Тандинское) [Русанов, 1968; Стратиграфический ..., 1982; Унифицированная ..., 2010] и сложена серыми косои горизонтально-слоистыми песками с прослоями супесей, с линзами суглинков, включениями редких галек и прослоев растительного детрита. В Чуйском обнажении (нижнее течение р. Алдан) нижняя часть свиты сложена водноледниковыми отложениями. В возрастном отношении эльгинская свита является аналогом мавринской свиты и относится к самаровской эпохе среднего неоплейстоцена [Минюк, 2004], содержит пыльцевые спектры, характеризующие лесотундровую растительность, и многочисленные находки мамонтового биома. В кровле эльгинской свиты в обнажениях Чуйское и Тандинское предположительно установлена субзона обратной полярности Блейк (115 тыс. л. н.) [Минюк, 2004].

Верхненеоплейстоценовые отложения распространены наиболее широко. Залегают в виде покровов на обширных участках рельефа вплоть до водоразделов, участвуют в строении большинства как низких, так и высоких террас р. Лены, Алдана, Вилюя.



МЕ – Мегинское (Суольское) местонахождение мамонтовой фауны (45-75-метровая бестяхская терраса р. Лены); ПЕ – обнажение Песчаная Рис. 8. Фрагмент карты четвертичных отложений Центральной Якутии с положение участков исследований [Карта четвертичных образований..., 2014]. КЫ – тукудан Кысыл-Сыр (35-метровая терраса р. Вилюй); МА – тукулан Махатта (20- метровая терраса р. Вилюй); Гора (25-метровая кердёмская терраса р. Лены); ХА – Харыялахское обнажение (15- метровая кердёмская терраса р. Лены); УБ – Усть-Буотамское обнажение 75-120-метровой бестяхской террасы р. Лены.

Едомная свита (лессово-ледовые отложения), именуемая также «ледовым комплексом», залегает в виде плаща мощностью до 35 м на высоких террасах, поверхностях выравнивания (тюнгулинской, абалахской, маганской). Наиболее широко отложения распространены и изучены в пределах Лено-Алданского междуречья, а также в обнажении Мамонтова Гора в нижнем течении Алдана. особенностью Характерной свиты является интенсивная насыщенность текстурными и полигонально-жильными льдами (ПЖЛ), обилие остатков флоры и преобладание ксерофитных тундрово-степных фауны мамонтового биома, спорово-пыльцевых спектров. Предполагаемый возраст отложений – вторая половина верхнего неоплейстоцена (от 70 до 12 тыс. л. н.) [Строение..., 1979; Pewe, Journaux, 1983; Минюк, 2004]. Пик формирования едомной свиты связан с максимальным распространением тундростепей и приходится на каргинское время (МИС 3) [Строение..., 1979; Боескоров и др., 2016; Галанин, 2021].

Покровные песчаные отложения (ППО) мощностью до 25 м вскрыты и впервые отнесены к ППО в обнажении 25-метровой террасы р. Лены Песчаная гора, где они представлены песками с горизонтальной и диагональной слоистостью. По мнению ряда исследователей, формирование ППО связано с эоловой переработкой подстилающих отложений мавринской свиты [Лунгерсгаузен, 1961; Бискэ, 1964; Камалетдинов, 1982; Камалетдинов, Минюк, 1991]. Ксерофитный тундрово-степной состав пыльцевых спектров позволил отнести возраст отложений ко второй половине позднего неоплейстоцена [Кинд, 1974]. В.В. Колпаков [1983] полагал, что накопление ППО происходило в самаровскую эпоху среднего неоплейстоцена. Позднее отложения ППО были идентифицированы и в других обнажениях в верхней части бестяхской террасы.

К востоку от долины р. Лены в тыловом шве бестяхской террасы отложения ППО замещаются льдонасыщенными лессово-ледовыми покровами едомной свиты. Имеющиеся к настоящему времени абсолютные даты свидетельствуют о формировании ППО в интервале 30-10 тыс. л. н. [Галанин, Павлова, 2019; Галанин, 2021 и др.].

Нерасчлененные верхненеоплейстоцен-голоценовые отложения распространены локально и представлены разнообразными аллювиальными, озерно-болотными, эоловыми, аллювиально-эоловыми, криогенно-эоловыми и элювиальными фациями.

Голоценовые отложения представлены делювиальными, пролювиальными, аллювиальными, озерно-болотными и эоловыми фациями. Аллювиальные пески и супеси с прослоями растительного детрита и погребенными почвами слагают низкую и высокую поймы рек Лены, Вилюя, Алдана и их притоков. Озерно-болотные отложения наиболее широко распространены в понижениях рельефа на пологих водоразделах и высоких террасах. Наиболее часто они встречаются в термокарстовых (аласных) котловинах в пределах распространения едомной свиты и древних ППО. Склоновые отложения отмечаются локально на участках наиболее расчлененного рельефа.

Современные покровные песчаные эоловые отпожения достигают мощности 0-12 м. Они наиболее распространены в бассейне нижнего течения р. Вилюя, Линде, Синяя. Небольшие участки современных песчаных эоловых отложений отмечаются в пределах бестяхской террасы рек Лены. Как правило, их формирование приурочено к участкам распространения плейстоценовых песчаных покровов.

2.2. Рельеф

Рельеф территории представляет собой денудационно-аккумулятивную равнину с отметками от 50 до 400 м над уровнем моря (н. у. м.), в пределах которой выделяются Центрально-Якутская равнина и Приленское плато [Иванов, 1984]. В пределах Центрально-Якутской равнины, в интервале от 50 до 300 м н. у. м., выделяется несколько гипсометрических уровней, именуемых некоторыми исследователями аллювиальными террасами р. Лены: кердемская, бестяхская, тюнгулинская, маганская, абалахская [Соловьев, 1959; Алексеев, 1961а; Большиянов и др., 2013, 2016; Поморцев и др., 2017; Спектор и др., 2016, 2017 и др.].

Флювиальный рельеф, представленный формами голоценового возраста, наиболее хорошо выражен в пределах широких пойм и первой надпойменной террасы крупных рек – Лены, Алдана, Вилюя и их крупных притоков. Он имеет характерный рисунок в виде осущенных палеорусел, отшнурованных проток и старичных озер.

Эоловый рельеф (рис. 9). В последние десятилетия установлено, что доля, собственно, флювиальных отложений в строении перечисленных выше «террас» весьма невелика, в то время как основная часть их мощности сложена эоловыми и криогенно-эоловыми отложениями верхнего неоплейстоцена. Так, в пределах 45и 15-25-метровой 75-метровой бестяхской кердемской террас распространены закрепленные дюнные поля и эллипсовидные котловины простирания [Карта..., 2014]. выдувания ЮГО-ВОСТОЧНОГО Кердемскую и бестяхскую исследователи «террасы» некоторые считают участками одновозрастной средненеоплейстоценовой поверхности с различной глубиной дефляционного среза [Колпаков, 1983; Камалетдинов, Минюк, 1991].

Не менее широко ископаемый эоловый рельеф позднечетвертичного возраста распространен в пределах пологих водоразделов Лено-Вилюйского междуречья. Здесь можно наблюдать дефляционные ветрогранниковые плато, сложенные корами выветривания дочетвертичных образований, множество котловин и коридоров выдувания, занятых в настоящее время мелководными озерами и болотами [Коржуев, 1959, Колпаков, 1983; Филиппов, Васильев, 2006; Галанин, 2020], крупные закрепленные растительностью дюнные массивы (эрги) юговосточного направления [Галанин, 2020], дефляционные останцы и др.

Криогенно-эоловый рельеф. Тюнгулинская и абалахская «террасы» представляют собой аккумулятивные полигенетические равнины, сложенные с поверхности субаэральными криогенно-эоловыми отложениями с массивными ПЖЛ [Карта..., 2014]. В настоящее время данные поверхности, значительная часть которых переработана термокарстом и превращена в аласы, следует именовать термоэрозионными лессово-ледовыми равнинами и плато.

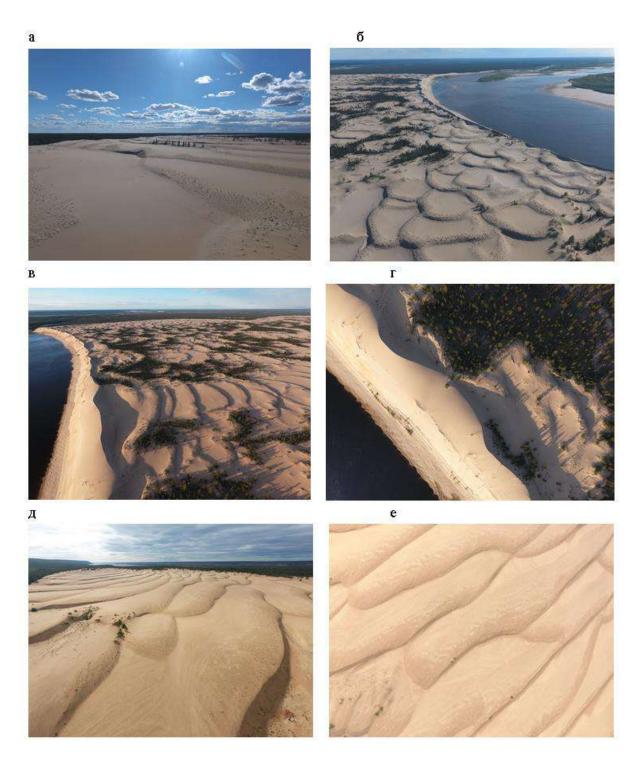


Рис. 9. Незакрепленные песчаные массивы Центральной Якутии (фото АА. Галанина, 2015-2019). а — широкие параболические дюны (тукулан Махатта, бассейн среднего течения р. Вилюй); б — чешуевидные параболические дюны (тукулан Кысыл-Сыр); в — накидная дюна (вал) на бровке 25-метровой террасы (тукулан Кысыл-Сыр); г — накидная дюна (тукулан Кысыл-Сыр); д — сложно организованное поле барханов на 70-метровой (бестяхской) террасе р. Лены; е — цепочки барханов на правобережье р. Лены.

2.3. Климатические условия

Климат района резко континентальный, средняя годовая температура воздуха составляет -10...-12°C. Абсолютный максимум – +38°C, абсолютный

минимум — -64°С [Гаврилова, 1973; Геокриология ...,1989]. Годовое количество осадков варьирует от 140 до 250 мм, коэффициент увлажнения 0.8-1.0. Продолжительность холодного периода (ниже 0°С) около 220 дней. Средняя температура зимних месяцев составляет -35...-45°С. Продолжительность теплого периода (выше 0°С) около 145 дней. Средняя температура июля 18-19°С.

Индекс сухости для летнего сезона равен 3.0. Особенно недостаточное увлажнение отмечается весной и в начале лета. Испарение с поверхности почвы почти в 1.5-2 раза превышает количество осадков (350-450 мм). Таким образом, в Центральной Якутии летом происходит сильное иссушение почвы [Гаврилова, 1973; Геокриология ...,1989].

Характерны слабые ветры, зимой преобладает штиль. Среднемесячная скорость ветра зимой до 2 м/с, летом до 3-3.5 м/с. Среднегодовая скорость ветра 1.8–2.4 м/с. Летом преобладают ветры западного, северного и северо-западного направлений, зимой – юго-западного и западного.

Снежный покров образуется в октябре и держится более 7 месяцев (в среднем $205-215\,$ дней). Наибольшей высоты он достигает в конце февраля $-30-40\,$ см, в отдельные годы $-45-60\,$ см. Полный сход снежного покрова наблюдается в первых числах мая [Гаврилова, 1973].

2.4 Мерзлотно-гидрогеологические условия

Центральная Якутия входит в область сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП), средняя мощность которых убывает с севера на юг и составляет в среднем 300-400 м [Геокриология ..., 1989]. Выявлены участки, где мощность ММП превышает 450 м, например, около п. Жиганска составляет 1400 м, в районе г. Вилюйска – 580 м, в районе с. Чурапча – 538 м, с. Намцы – 475 м. Тогда как у г. Якутска мощность мерзлых пород варьируется от 210 до 290 м, в долине р. Туолба – 200 м [Якутия ..., 1965].

На формирование современного температурного режима ММП значительное влияние оказывает литологическое сложение, влажность, крутизна и экспозиция склонов, высота снежного покрова, залесенность, заболоченность. В связи с чем,

глубина сезонного протаивания пород изменяется в больших пределах: в сухих песчаных и супесчаных отложениях составляет в среднем 2.5-3 м, в суглинистых и заторфованных — 0.7-1 м. В пределах однородных условий на водоразделах, где среднегодовая температура пород изменяется от -1 до -3°С, глубина сезонного протаивания составляет 2-2.5 м, уменьшаясь до 0.5—1.3 м на заболоченных участках с температурой пород от -3 до -5°С [Геокриология..., 1989].

Геокриологические условия современных и древних ППО имеют свои особенности. Так, древние ППО характеризуются небольшой льдистостью до 1-5%, за счет этого частично сцементированы льдом и имеют контактовую криогенную текстуру. В отличие от них, подстилающие аллювиальные отложения имеют льдистость 15-25% и массивную криотекстуру. Температура ММП современных варьирует пределах развития песчаных соответствующих эоловых форм рельефа от 0 до -1°C. Максимальные температуры характерны для дюн и эолово-биогенных бугров – от 0 до -0.2°C, на участках закрепленных песков – от -0.4 до -0.6°C. Минимальные температуры отмечаются в ложбинах и междюнных понижениях – около -1°C. Глубина сезонного протаивания на песчаных участках, закрепленных растительным покровом, составляет 2.8-3.0 м, на открытых пространствах и межгрядовых понижениях незакрепленных растительностью – 4.5-5.0 м [Катасонова, Толстов, 1963].

2.5. Растительный покров

Регион исследования относится к Центрально-Якутскому флористическому району (рис. 10), в составе которого насчитывается свыше 1026 видов сосудистых растений. По лесорастительному районированию территория относится к Центрально-Якутской провинции сосново-лиственничной тайги (подзона средней тайги). Здесь доминирует светлохвойная тайга из лиственницы даурской (*Larix dahurica* (Rupr.) Rupr.) с незначительным участием ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.). Роль лиственных пород в лесном покрове незначительна. В качестве интразональной растительности встречаются ельники из *Picea obovata* Ledeb. [Щербаков, 1975; Леса..., 1994].

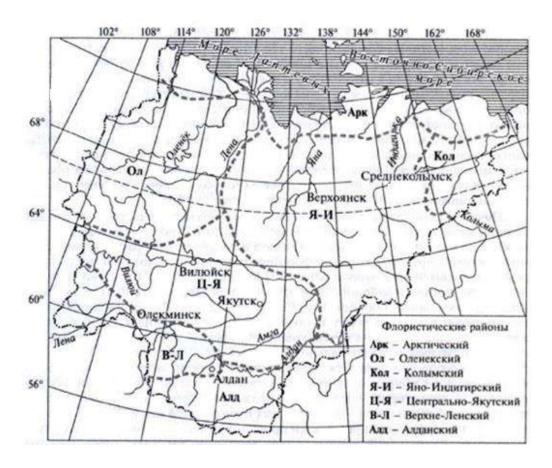


Рис.10. Схема флористического районирования Якутии [Разнообразие растительного мира Якутии, 2005].

Для района характерны лиственничные леса, произрастающие на сухих супесчаных или щебнистых почвах на вершинах и склонах водоразделов в долинах крупных рек. Иногда они формируют чистые или с участием сосны насаждения, которые представлены брусничным, толокнянковым или лишайниковотолокнянковыми типами с преобладанием брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) или толокнянки обыкновенной (*Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng.), либо лишайников из родов *Cladina*, *Cetraria*, *Cladonia* P. Browne. Несколько реже встречаются лиственничники бруснично-толокнянковые с примесью сосны, багульниково-брусничные и голубично-брусничные [Леса..., 1994].

Сосновые леса распространены на хорошо прогреваемых и относительно сухих участках южных склонов и вершин водоразделов среди лиственничной тайги. В районе исследования распространены толокнянковые, лишайниковые и разнотравные сосновые леса. Наиболее распространенным типом в Центральной Якутии является сосняк толокнянковый, под пологом которого преобладают

толокнянка обыкновенная (*Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng.), водяника черная (*Empetrum nigrum* L.), прострел желтеющий (*Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz.) и другие ксерофитные виды трав [Леса..., 1994].

Ельники распространены в основном небольшими ленточными массивами и приурочены к долинам рек и аласам. Преимущественно образуют самостоятельные ценозы, иногда, встречаются в качестве примеси в лиственничных лесах. На территории региона выделяется группа приречных зеленомошных еловых лесов в различных вариантах: кустарниковый хвощево-зеленомошный, брусничнозеленомошный c лиственницей И мертвопокровный. Ha водоразделах формируются приаласные багульниково-бруснично-моховые ельники [Щербаков, 1962, 1975; Леса..., 1994].

Березовые колки встречаются на лугово-лесостепных участках с обильным разнотравьем при активном участии мезофитно-степных видов [Тимофеев, 1992]. Топольники, образованные тополем душистым (*Populus suaveolens* Fisch.), очень редки и занимают небольшие площади, преимущественно, на правобережных притоках р. Лена. Преобладают топольники травяно-хвощевого типа [Леса..., 1994].

В долинах рек встречаются ивняки, образованные преимущественно из ивы корзиночной (*Salix viminalis* L.), ивы шерстистопобеговой (*S. dasyclados* Wimm.), ивы трехтычинковой (*S. triandra* L.), ивы Бебба (*S. bebbiana* Sarg.), ивы удской (*S. udensis* Trautv. &C.A. Mey), ивы грушанколистной (*S. pyrolifolia* Ledeb.) [Ефимова, Шурдук, 2003; Ефимова и др., 2003].

Фрагменты степных участков представлены луговыми дерновинно-злаковоразнотравными и злаково- или злаково-полынными степями. Степные участки с осокой твердоватой (*Carex duriuscula* C.A. Mey) отмечаются на плакорных участках водоразделов. На солонцах и сильно солонцеватых почвах встречаются осочково-полынные группировки. Часть безлесных пространств занята ерниковыми зарослями березы тощей (*Betula exilis* Sukaczev) и березы кустарниковой (*B. fruticosa* Pall.) и различными видами низкорослых ив.

Пониженные формы рельефа среди тайги с озерами и без них, покрытые травянистой растительностью, заняты аласами. Наиболее широко распространены аласы на суглинистых древнеаллювиальных отложениях с галофитным характером растительного покрова. В зависимости от степени засоления на месте аласов формируются различные типы лугов — бескильницевые, осоковые, злаковоосоковые, лисохвостовые разнотравно-злаковые, вейниковые и др. [Усанова, 1961; Луга Якутии, 1975].

На территории района исследования распространены незакрепленные, полузакрепленные и закрепленные растительностью пески, которые называют тукуланами [Лукин, 2008]. Флора представлена примерно 70 видами сосудистых растений, из которых свыше 50 найдено на территории Лено-Вилюйского междуречья [Разнообразие растительного мира Якутии, 2005].

Около 57% современной растительности тукуланов относится евроазиатским и отчасти циркумполярным видам. Среди них отмечаются бореально-степные, бореально-арктические и арктоальпийские элементы. Широко распространены в растительном покрове: пырей ползучий (Elytrigia repens), мятлик луговой (Poa pratensis), вейник наземный (Calamagrostis epigeios), мятлик оттянутый (Poa attenuata), овсяница красная (Festuca rubra), овсяница овечья (Festuca ovina), осока верещатниковая (Carex ericetorum), пустынница (Arenaria stenophylla), толокнянка обыкновенная скальная (Arctostaphylos uva-ursi), кошачья лапка двудомная (Antennaria dioica). Также встречаются колокольчик Лангсдорфа (Campanula langsdorfiana), гвоздика разноцветная (Dianthus versicolor), смолевка полярная (Silene polaris), молочай разноцветный (Euphorbia discolor), осока Коржинского (Carex korshinskyi), тимьян монгольский (*Thymus mongolicus*) [Караваев, Скрябин, 1975].

Арктоальпийские виды менее многочисленны и более однотипны: щавель злаколистный (Rumex graminifolius), минуарция весенняя (Minuartia verna), гвоздика ползучая (Dianthus repens), крупка серая (Draba cinerea), крупка мохнатая (Draba hirta), кальмия лежачая (Loiseleuria procumbens), мак голостебельный (Papaver nudicaule), армерия шершавая (Armeria scabra), армерия приморская

(Armeria labradorica), пижма дваждыперистая (Tanacetum bipinnatum) [Караваев, Скрябин, 1975].

Ареалы 25 видов флоры дюнных ландшафтов Лено-Вилюйского междуречья почти не выходят за пределы азиатского материка. К ним относятся сибирские, дауро-монгольские, маньчжуро-сибирские элементы: селагинелла сибирская (Selaginella sibirica), хвойник односемянный (Ephedra monosperma), колосняк пушистоколосый (Elymus dasystachys), тонконог полуголый (Koeleria seminuda), овсяница ленская (Festuca lenensis), овсяница якутская (Festuca jacutica), осока аргунская (Carex argunensis), осока черноплодная (Carex melanocarpa), осока песчаная (Carex sabulosa), горец Лаксмана (Polygonum laxmannii), горец узколистный (Polygonum angustifolium), бурачок обратнояйцевидный (Alyssum biovulatum), резушка каменистая (Arabis septentrionalis), смолевка енисейская (Silene jenisseensis), минуарция лиственничная (Minuartia laricina), верблюдка толстолистная (Corispermum crassifolium), камнеломка колючая (Saxifraga spinulosa), горноколосник мягколистный (Orostachys malacophylla), фиалка Гмелина (Viola gmeliniana), незабудочник шелковистый (Eritrichium sericeum) [Караваев, Скрябин, 1975].

Для флоры песчаных массивов характерны узколокальные эндемичные виды, свойственные только центрально-якутским тукуланам: *Artemisia karavaevii* Leonova (полынь Караваева) [Леонова, 1971], *Koeleria skrjabinii* Karav. & Tzvelev (тонконог Скрябина), *K. karavaevii* Govor. (тонконог Караваева) [Говорухин, 1971; Караваев, Цвелев, 1971], *Thymus sergievskajae* Karav. (тимьян Сергиевской), *Festuca skrjabinii* Е.В. Alexeev (овсяница Скрябина), *F. karavaevii* Е.В. Аlexeev (овсяница Караваева), *Tanacetum bipinnatum* (L.) Sch. Вір. (пижма дваждыперистая) [Караваев, 1958, 1971].

В растительном покрове тукуланов выделяются комплексы на незакрепленных и закрепленных песках. Разные дюнные комплексы Центральной Якутии различаются степенью закрепленности растительным покровом, причем в пределах каждого массива или очага эоловых песков развеваемые и закрепленные участки образуют весьма сложное переплетение.

На незакрепленных поверхностях тукуланов растительные группировки состоят преимущественно из травянистых растений, кустарников и редко стоящих угнетенных деревьев и их биоморфных вариаций (рис. 11). Из деревьев и (Pinus кустарников преобладают сосна обыкновенная sylvestris) плосколистная (Betula platyphylla), береза белая (Betula alba), лиственница даурская (Larix gmelinii), кедровый стланик (Pinus pumila (Pall.) Regel), ольха кустарниковая (Alnus fruticosa Rupr.), ива росистая (Salix rorida Laksch.), свидина белая (Swida alba (L.)). Из травянистых растений: Festuca aggr. auriculata Drobow. (овсяница ушковатая), Acetosella graminifolia (Lamb.) A. Love var. (щавель злаколистный), Aconogonon angustifolium (Pall.) Н. Hara (горец узколистный), Artemisia commutata Bess. (полынь замещающая), Artemisia karavaevii Jurtz. Караваева), Thymus asiaticus Serg. (тимьян азиатский), Thymus (полынь sergievskajae Karav. (тимьян Сергиевской), Equisetum arvense L. (хвощ полевой), Elytrigia villosa (Drobow) Tzvelev (пырей мохнатый), Phlojodicarpus sibiricus (Stephan ex Spreng.) Koso-Pol. (вздутоплодник сибирский), Orobanche coerulescens Steph. (заразиха синеватая), Campanula langsdorffiana Fisch. ex Trautv. (колокольчик Лангсдорфа), Koeleria skrjabinii Karav. et Tzvelev (тонконог Скрябина), Koeleria karavajevii Govor. (тонконог Караваева) [Галактионова, 1962; Галанина и др., 2015; Павлова и др., 2017].

Наветренный склон активных дюн практически лишен растительного покрова. Иногда встречаются карликовые биоморфы, представленные в основном сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) [Галактионова, 1962; Павлова и др., 2017]. Подветренный склон дюн преимущественно осложнен биогенно-эоловыми кочками высотой от 10 до 60 см и диаметром от 5 до 45 см из *Artemisia karavaevii* Jurtz. (полынь Караваева), *Artemisia commutata* Bess. (полынь замещающая), *Thymus sergievskajae* Karav. (тимьян Сергиевской), *Koeleria glauca* (Spreng.) DC. (тонконог сизый), *Calamagrostis koibalensis* Reverd. (вейник койбальский), *Acetosella graminifolia* (Lamb.) А. Love var. (щавель злаколистный), *Aconogonon angustifolium* (Pall.) Н. Нага (горец узколистный), а также биогенными буграми высотой 3-4 м и диаметром 7-8 м. из *Betula cajanderi* Sukacz. (береза Каяндера), *Betula platyphylla*

Sukacz. (береза плосколистная), *Betula exilis* Sukacz. (береза тощая), *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная), *Salix bebbiana* Sarg. (ива Бебба), *Populus suaveolens* Fisch. (тополь душистый) [Галактионова, 1962; Павлова и др., 2017].



Рис.11. Незакрепленные параболические дюны современного (активного) дюнного массива (тукулан Кысыл-Сыр) с редкими кочками злаков (*Thymus sergievskajae* Karav.), полыни (*Artemisia karavaevii* Leonova), единичными карликовыми деревьев *Pinus silvestris* L. и кустарниковой формой *Betula alba* Ehrh. (фото А.А. Галанина, 2014).

В котловинах выдувания и междюнных понижениях (рис. 12) в основном произрастает Pinus sylvestris L. (сосна обыкновенная). Присутствует редкое возобновление Betula platyphylla Sukacz. (береза плосколистная), Betula alba L. (береза белая), Picea obovata Ledeb. (ель сибирская), Salix bebbiana Sarg. (ива Бебба), Populus suaveolens Fisch. (тополь душистый). В напочвенном покрове: Arctostaphylos uva-ursi (L.) Spreng. (толокнянка обыкновенная), Vaccinium uliginosum L. (голубика обыкновенная), Vaccinium vitis-idaea L. (брусника Chamaedaphne calyculata Moench обыкновенная), (L.) (болотный обыкновенный), Andromeda polifolia L. (подбел обыкновенный), Ledum palustre L. (багульник болотный), Oxycoccus microcarpus Turcz. ex Rupr. (клюква

мелкоплодная); лишайники и мхи [Караваев, Скрябин, 1975; Галактионова, 1962; Галанина и др., 2015].



Рис.12. Междюнное понижение во внутренней части современного дюнного массива –тукулан Кысыл-Сыр, занятое осоково-миртовым болотом (фото А.А. Галанина, 2014).

Полузакрепленные участки песчаных массивов представляют собой островки разреженных сосново-березовых лесов с толокнянково-лишайниковым покровом. В древостое доминирует *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная). В подлеске – *Rosa acicularis* Lindl. (роза иглистая), *Juniperus sibirica* Burgsd. (можжевельник сибирский), редко *Alnus fruticosa* Rupr. (ольха кустарниковая). В кустарничковотравянистом ярусе преобладает *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng. (толокнянка обыкновенная). Встречается также *Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz. (прострел желтеющий), *Chamerion angustifolium* (L.) Holub. (иван-чай узколистный), *Allium strictum* Schrad. (лук торчащий), *Stellaria* sp. (звездчатка), *Calamagrostis baicalensis* Litv. (вейник Лангсдорфа), *Elytrigia villosa* (Drobow) Tzvelev (пырей мохнатый), *Festuca aggr. auriculata* Drobow. (овсяница ушковатая), *Poa pratensis* L. (мятлик луговой), *Koeleria karavajevii Govor*. (тонконог Караваева). Отмечены в напочвенном покрове *Selaginella rupestris* (L.) Spring. (плаунок наскальный),

лишайники родов Cladonia, Cetraria, различные виды мхов [Галактионова, 1962; Галанина, 2015; Галанина и др., 2015].

На поверхности древних закрепленных тукуланов произрастают сосновые леса с толокнянковым или толокнянково-брусничным лишайниковым покровом. Древостой состоит преимущественно из *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная) с примесью Betula pubescens Ehrh. (береза пушистая), Betula pendula Roth. (береза повислая), Betula cajanderi Sukacz. (береза Каяндера). В кустарниковом ярусе произрастают: Arctostaphylos uva-ursi (L.) Spreng. (толокнянка обыкновенная), Vaccinium vitis-idaea L. (брусника обыкновенная), Pulsatilla patens (L.) Mill. (прострел раскрытый), Saxifraga cf. spinulosa Adams (камнеломка колючая), Calamagrostis koibalensis Reverd. (вейник коибальский). В моховых куртинах преобладает Polytrichum commune Hedw. (политрих обыкновенный), а также произрастают Tomentypnum nitens (Hedw.) Loeske (томентгипнум блестящий), Ptilium crista-castrensis (Hedw.) De Not. (птилиум гребенчатый), Drepanocladus lycopodioides Schwagr. (дрепаноклад плауновидный) [Галактионова, 1962; Галанина, 2015].

В районе тукуланов широко распространены дефляционные озера, находящиеся в различной стадии зарастания. Озера преимущественно округлой формы имеют четко выраженную береговую песчаную линию и невысокую дюнную бровку, на которой произрастает сосновый лес преимущественно из сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L.; на некоторых встречаются заросли кедрового стланика *Pinus pumila* (Pall.) Regel. Водные объекты вытянутой и неправильной формы характеризуются широкой и заболоченной береговой полосой, покрытой луговым разнотравьем [Галактионова, 1962].

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе применен комплекс геоморфологических (метод ключевых участков, морфологический и др.) и литолого-стратиграфических методов, аналитический, методы гранулометрического рассева, минералогический, количественного датирования, спорово-пыльцевой и карпологический анализы, методы статистической обработки данных.

3.1. Полевые исследования

В основу работы положены результаты экспедиционных исследований, проводившихся в период с 2014 по 2020 гг. в пределах распространения древних и современных ППО на 9 ключевых участках (рис. 13), приуроченных к долине нижнего течения р. Вилюй (тукуланы Махатта и Кысыл-Сыр, высокая терраса и высокая пойма р. Вилюй), к долине р. Суолы (местонахождение мамонтовой фауны «Мегинское» — первая и вторая надпойменные террасы) и к долине среднего течения р. Лены (обнажения Харыялахское и Песчаная гора; тукуланы Кысыл-Элэсин и Саамыс-Кумага).

Полевые исследования включали в себя: маршрутные наблюдения с подробным описанием различных геоморфологических элементов изучаемой местности, растительности, дренированности, глубины протаивания и пр., с точной привязкой на GPS-приемник ключевых точек с занесением данных в полевой дневник; зачистку и заложение разрезов и шурфов с описанием геологического строения (гранулометрический состав, текстурные особенности, цвет пород, характер контактов, влажность, наличие органических остатков и пр.), фотодокументирование, отбор и упаковку образцов для дальнейших аналитических исследований. В результате получены данные для 23 разрезов, 13 из которых – спорово-пыльцевые колонки.

3.2. Текстурный анализ

Изучение текстурных особенностей отложений производилось как в полевых, так и в камеральных условиях по фотографиям с учетом современных

представлений о механизмах эоловой седиментации в холодных регионах, детально рассмотренных в работах Р.Е. Хантера и его последователей [Hunter, 1977; Schwan, 1986, 1988; Kasse, 2002; Brookfield, 2011; Zielinski et al., 2015; Derbyshire, Owen, 2017; Kasse, Aaibersberg, 2019; Caputo, 2020]. В данной работе применяется терминология типов слоистости и слойчатости покровных эоловых песков, которую на основе литературных данных обобщил и предложил А.А. Галанин [2021]. Терминология подробно рассмотрена в главе 1.3.

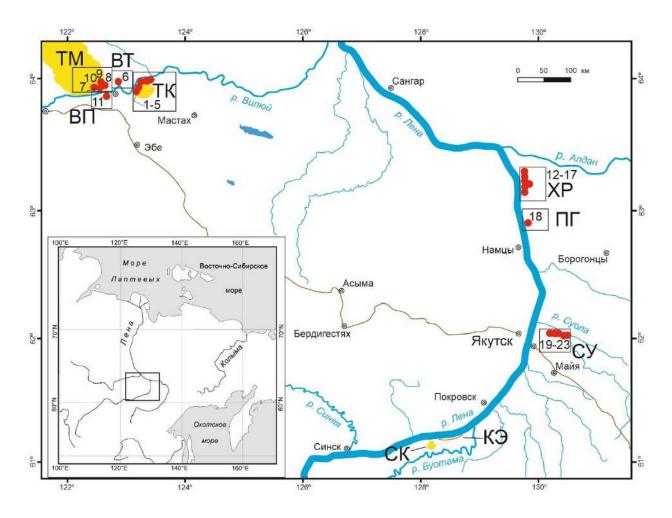


Рис.13. Карта-схема расположения ключевых участков и разрезов. ТК — тукулан Кысыл-Сыр: 1 - № 366, 2 - № 449, 3 - № 22, 4 - № 487, 5 - № 67; BT — высокая терраса р. Вилюй: 6 - № 052-058; ТМ — тукулан Махатта: 7 - № 071, 8 - № 088, 9 - № 075, 10 - № 047; ВП — высокая пойма р. Вилюй: 11 - № 140; XР — Харыялахское обнажение: 12 - № 412, 13 - № 482, 14 - № 418, 15 - № 413, 16 - № 414, 17 - № 415; ПГ — обнажение Песчаная гора: 18 - № 537; СУ — долина р. Суолы: 19 - № 180, 20 - № 174, 21 - № 174 б, 22 - № 175, 23 - № 177; КЭ — тукулан Кысыл-Элэсин; СК — тукулан Саамыс-Кумага.

3.3. Гранулометрический анализ

Для уточнения гранулометрического состава отложений в полевой лаборатории и в дальнейшем в камеральных условиях, выполнен анализ 219

образцов песчаных и супесчаных отложений ситовым методом без промывки водой с набором сит 2, 1, 0.5, 0.25 и 0.1 мм, для оглеенных супесчаных и суглинистых проб (39 образцов) применен ареометрический метод, который проведен на базе лаборатории инженерной геокриологии ИМЗ СО РАН [ГОСТ 125336-2014]. Выполнен анализ современных эоловых и аллювиальных отложений 129 проб.

Статистическая обработка результатов выполнена в программе Gradistat [Blott, Pye, 2001] по модифицированному геометрическому методу Р. Фолка и Д. Варда [Folk, 1980]. Рассчитаны следующие показатели [Blott, Pye, 2001]:

1) Средний (X. размер мкм) – показатель, определяющий гранулометрический тип осадка:

$$X = \exp \frac{-\ln P_{16} + \ln P_{50} + \ln P_{84}}{3}$$

 $X = \exp \frac{-\ln P_{16} + \ln P_{50} + \ln P_{84}}{3}$ 2) Коэффициент сортировки (S, безразмерная величина) определяет степень сортированности отложений:

$$S = \exp\left(-\frac{\ln P_{16} - \ln P_{84}}{4} + \frac{\ln P_5 - \ln P_{95}}{6.6}\right)$$

Значения S < 1.27 свидетельствуют о высокой, 1.27 < S < 1.41 — о хорошей, 1.41 < S < 1.62 - o средней, 1.62 < S < 2.0 - oб умеренной, S > 2.0 - o плохой сортировке отложений.

3) Коэффициент асимметрии (Аs, безразмерная величина) позволяет определить преобладание тонкой или грубой фракции в осадке. Рассчитывается по следующей формуле:

$$As = \frac{-\ln P_{16} + \ln P_{84} - 2(\ln P_{50})}{2(\ln P_{84} - \ln P_{16})} + \frac{\ln P_5 + \ln P_{95} - 2(\ln P_{50})}{2(\ln P_{25} - \ln P_5)}$$

Коэффициент может принимать значения от -1 до +1. Нулевые значения симметричное распределение. Положительная асимметрия указывают на свидетельствует о накоплении мелких фракций, отрицательная – о наличии «хвостов» мелких фракции, указывая на их вынос и накопление крупных фракций.

4) Эксцесс (К, безразмерная величина) характеризует степень стабильности динамической переработки обломочного материала. Рассчитывается ПО следующей формуле:

$$K = \frac{\ln P_5 - \ln P_{95}}{2.44 (\ln P_{25} - \ln P_{75})}$$

Данный коэффициент принимает лишь положительные значения и отражает степень сортировки зерен в центре распределения относительно его краев. Более высокие значения эксцесса описывают островершинные распределения, характерные для образцов с высокой степенью сортировки. Низкие значения (<<1) свойственны пологим и плосковершинным распределениям. Значение эксцесса равное 1, указывает на нормальное распределение.

- 5) Медиана (Md, мкм) является важным показателем гранулометрической структуры отложений и признаком, который отражает интенсивность гидродинамического воздействия. Медиана равняется P_{50} .
- 6) Мода (Мо, мкм) значение во множестве наблюдений, которое встречается наиболее часто.

Результаты гранулометрических анализов и рассчитанные статистические характеристики отображались на диаграммах и графиках, группировались по фациям с оценкой средних значений и отклонений с применением программы Microsoft Office Excel.

3.4. Минералогический анализ

Минералогический анализ выполнен иммерсионным методом \mathbf{c} использованием бинокулярного и поляризационного микроскопов, а также иммерсионных жидкостей [Сахарова, Черкасов, 1970] Институте мерзлотоведения СО РАН ведущим инженером лаборатории общей геокриологии И.В. Климовой. Подсчет минералов выполнен для фракции 100-50 мкм. В каждом образце из случайной навески определялось 300-350 зерен, на основе чего рассчитывались процентные содержания для каждого минерала. Анализ выполнен для 105 образцов из четырех разрезов, заложенных в пределах долины р. Вилюй (№ 052-058, № 366, № 071), долины среднего течения р. Лены (№ 537, обнажение Песчаная гора), 1 образец мезозойских песчаников (долина р. Вилюй), 18 образцов современных эоловых и аллювиальных отложений (долина р. Вилюй). Результаты

минералогического анализа группировались по фациям с оценкой средних значений и отклонений с применением Microsoft Office Excel.

Ha основании полученных данных рассчитан коэффициент мономинеральности (Км), предложенный В.П. Казариновым [1958] определения степени зрелости пород (степени химических преобразований) по песчано-алевритовой фракции (легкая фракция минеральному составу иммерсионного анализа), представляющий собой отношение общего количества устойчивых при выветривании породообразующих компонентов (кварц, обломки кремней и др.) к общему количеству неустойчивых породообразующих компонентов (полевые шпаты, обломки алюмосиликатных пород и др.). Максимальные значения Км соответствуют породам с высокой зрелостью, а минимальные фиксируются в породах незрелых.

3.5. Методы количественного датирования отложений и построение возрастных моделей

Радиоуглеродный анализ применяется для определения возраста биологических останков, предметов и материалов биологического происхождения путем измерения содержания в материале радиоактивного изотопа ¹⁴С по отношению к стабильным изотопам углерода. Метод позволяет получить определение абсолютного возраста исследуемых отложений возрастом до 55 000 лет назад [Вагнер, 2006; Панин, 2014].

Для 71 образца выполнен радиоуглеродный анализ методом жидкостной сцинтилляции на спектрометре-радиометре Quantulus 1220 (Liquid Scintillation Counters) в Институте мерзлотоведения СО РАН сотрудником лаборатории общей геокриологии м.н.с. Г.И. Шапошниковым. Исследованный материал представлен торфом, остатками древесины, стволами погребенных деревьев, рассеянным органическим детритом в песчаных и супесчаных отложениях. Калибровка ¹⁴С-дат производилась с использованием программы ОхСаl 4.4 [Bronk, 2009] и калибровочной кривой IntCal 20 [Reimer et al., 2020] для 95%-го уровня значимости с вычислением среднего значения.

Методы люминесцентного датирования отложений основаны определении момента времени, когда минерал (кварц, полевой шпат и др.) в последний раз находился на свету. Диапазон определения составляет от нескольких сотен до 400 000-500 000 лет назад. Метод широко используется для определения возраста песчаных и супесчаных отложений различного генезиса. Наиболее распространенными среди методов люминесцентного датирования являются термолюминесценция и оптически-стимулированная люминесценция (ОСЛ). Главное заключается В методике обработки минералов ИХ отличие (преимущественно зерен кварца): в первом случае опорожнение электронных ловушек и люминесценция вызывается путем нагрева, во втором - с помощью светового пучка. Разновидностью ОСЛ является инфракрасно-стимулируемая люминесценция (ИКСЛ) с длиной волны 880 нм. Она наблюдается только в полевых шпатах, так как кварц не дает инфракрасный сигнал [Вагнер, 2006; Duller, 2008; Rhodes, 2011].

Для восьми образцов супесчаных отложений, отобранных из нижних пачек разрезов № 366 (тукулан Кысыл-Сыр), № 052-058 (высокая терраса р. Вилюй) и № 075 (тукулан Махатта), выполнено ИКСЛ и ОСЛ-датирование в лаборатории четвертичной геохронологии геологического института г. Таллин, Эстония (разрез № 366), а также на базе Института географии РАН (г. Москва) и в Скандинавской лаборатории люминесцентного датирования (г. Орхус, Дания) м.н.с. А.Н. Васильевой (разрезы № 052-058 и № 075) на ТЛ/ОСЛ ридере Risø TLDA-20, снабженным калиброванным бета-источником.

Статистическая обработка данных и построение возрастных моделей. Выполнено разделение всех имеющихся дат на три категории — даты подстилающие (преимущественно аллювиальные отложения), эоловые (покровные песчаные отложения) и перекрывающие (относится к фазам закрепления почвенно-растительным покровом и активации эоловых процессов в Малый ледниковый период (МЛП)). Далее выполнена статистическая обработка дат в программе OxCal 4.4 с помощью модуля SUM [Bronk, 2009], позволяющего выполнять сложение массива калиброванных дат. Построены графики плотности вероятностей дат

высокой и низкой эоловой активности и выделены периоды формирования отложений.

Для выделения продолжительности периодов накопления отложений, этапов развития растительности, стадий формирования геоморфологических элементов, включающие ППО и современные песчаные покровы, и развития территории в целом выполнено построение возрастных моделей с помощью пакета Bacon_2.2 [Blaauw, Christen, 2011] в среде R [R: A language ..., 2013]. Получены модели следующих разрезов: № 449 интервал 0.1-2.5 м (тукулан Кысыл-Сыр), № 088 и № 071 (тукулан Махатта), № 174 (долина р. Суолы), № 052-058 интервал 2.5-54.5 м (высокая терраса р. Вилюй). Из-за отсутствия серии дат для остальных разрезов возрастные модели выполнить не удалось и определение продолжительности этапов основано на полученных радиоуглеродных и ОСЛ датах, а также корреляции с другими разрезами по литературным данным.

3.6. Палинологический анализ

Палинологический метод, помимо непосредственно реконструкции древней растительности, используется также для определения генезиса и возраста осадочных пород, их детального стратиграфического расчленения, реконструкции ландшафтно-климатических условий эпох образования исследуемых толщ, а также для внутрирегиональных и дальнейших корреляций восстановленных палеогеографических событий [Чернова, 2004; Каплина, Янина, 2010].

Палинологический анализ включает следующие этапы: отбор образцов, химическую обработку, микроскопирование, построение спорово-пыльцевых диаграмм и интерпретацию полученных данных [Методические ..., 2011].

На палинологический анализ отобрано и обработано 277 образцов из 13 разрезов позднечетвертичных отложений, в том числе 126 проб из верхненеоплейстоценовых ППО и 18 проб из позднеголоценовых ППО.

Химическая подготовка проб производилась с применением адаптированной методики, базирующейся на методах Гричука [Пыльцевой анализ, 1950; Палеопалинология, 1966] и Фаегри-Иверсена [Faegri, Iversen, 1989],

включающей постадийную обработку щелочами и кислотами для удаления различных компонентов из раствора образца, и обязательную двукратную отмывку дистиллированной водой после каждой стадии.

В 50 мл пробирку или 250-500 мл лабораторный стакан отмеривался необходимый объем образца (для песчаных и супесчаных отложений от 35-70 до 250 г, в том числе с включениями рассеянного органического детрита; суглинков – 20-25 г, торфов – 15-20 г). Дополнительно для проб крупно- и среднезернистых песков перед отбором производилось высушивание навески 250-700 г при 105°С в течение 2-4 ч (в зависимости от влажности образца) в сушильном шкафу и просеивание через сито 0.25 мм. Затем к каждому образцу добавлялась одна (или более в зависимости от объема образца) таблетка калиброванных спор *Lycopodium* [Stockman, 1971] для дальнейшего подсчета концентрации.

Далее к образцу добавлялся 10%-й раствор соляной кислоты в объеме в два раза, превышающем объем образца для удаления карбонатов, и оставлялся на 30 минут. Для удаления гуминовых кислот производилось добавление 10%-го раствора гидроксида калия и выдерживание на водяной бане (при температуре 90°С) в течение 10 минут. На каждом из описанных этапов производилось декантирование и двукратная отмывка дистиллированной водой. Затем на сите 200 мкм удалялась крупная фракция осадка, полученная жидкость переливалась в лабораторные стаканы и отстаивалась 12-18 часов. Полученный осадок переливался обратно в 50 мл пробирку или 250-500 мл лабораторный стакан и далее центрифугировали (либо отстаивали), чтобы избавиться от лишней воды.

Далее образец заливался концентрированной 40%-й плавиковой кислотой с непрерывным помешиванием и оставлялся на 60 минут, либо 5-6 ч (в зависимости от отложений), для удаления силикатов. После слива плавиковой кислоты образец заливали 10%-м раствором соляной кислоты на 15 минут для удаления солей железа из раствора и последующей промывкой дистиллированной водой. Для отложений производилось песчаных повторное супесчаных концентрированной плавиковой кислотой до полного растворения силикатов. В песчанистой фракции некоторых случаях, где удаление было очень

затруднительно, дополнительно использовалась тяжелая жидкость (KI + CdI₂) с плотностью 2.25 г/см³. Ацетолиз не применялся, за исключением образцов из разрезов № 088 и № 418.

На последнем этапе производилась тщательная отмывка и ситование образцов на сите 7 мкм для удаления самой мелкой фракции осадка. Оставшийся на сите образец переносился в пробирку объемом 5-15 мл и заливался глицерином для дальнейшего хранения и исследования.

Микроскопирование проводилось с использованием светового микроскопа проходящего света Zeiss (PRIMO STAR и AXIOIMAGER D2) с увеличением 200-400 раз. Подсчет пыльцевых зерен составлял не менее 150-300 единиц (Приложение А). Учитывались также споры, непыльцевые палиноморфы (НПП) – водоросли, грибы, амёбы, угольки и пр. Определение пыльцы и спор до семейств и родов проводилось с использованием определителей и атласов [Куприянова, Алешина, 1972, 1978; Reille, 1992, 1995, 1998; Куприянова, 1965; Бобров, 1983; Савельева и др., 2013 и др.], эталонных коллекций палинологической лаборатории института археологии и этнографии СО РАН (ИАЭТ СО РАН) (г. Новосибирск) и палинологической группы Акционерного общества «Якутскгеология» (г. Якутск). Определение НПП производилось с помощью литературных источников, в частности, работы по спорам грибов [Aptroot, Van Geel, 2006; Chambers, Van Geel, 2015: Hai 2011] et al.. коллекции, представленной сайте на http://nonpollenpalynomorphs.tsu.ru/. Подсчитанные зерна записывались специальные бланки. В работе использована номенклатура, опубликованная в 2016 году [The Angiosperm Phylogeny Group..., 2016]. В 123 образцах насчитано менее 150, многие из них оказались практически пустыми; это образцы преимущественно из верхненеоплейстоценовых и позднеголоценовых ППО, а также часть образов, отобранных из аллювия (например, разрез № 366). Большинство обнаруженных микрофоссилий ППО имеет плохую сохранность, c механическими повреждениями, окисленная. В большом количестве в образцах отмечается дочетвертичная пыльца, представленная, в основном, мезозойской пыльцой из семейств Pinaceae и Podocarpaceae преимущественно фрагментами и небольшим

количеством целых экземпляров (Приложение Б, Таблицы Б3 и Б4), зерна имеют механические повреждения, признаки частичной или полной минерализации. Во всех пробах присутствуют дочетвертичные споры (преимущественно Schizaeales, Osmundaceae).

Микрофотографирование палиноморф в образцах выполнялось с помощью камеры AxioCam MRc5 с увеличением в 400 раз во время стажировок в ИАЭТ СО РАН, камеры и окулярного адаптера AmScope FMA050, примененного для микроскопа PRIMO STAR (Zeiss) во время работы в ИМЗ СО РАН.

Анализ и интерпретация палинологических данных. Бланки с записями количества насчитанных зерен переводились в электронные таблицы, которые затем подверглись статистической обработке. Конечным результатом явилось построение 13 спорово-пыльцевых диаграмм, которые представляют количественные данные о содержании пыльцы, спор и НПП в отложениях и отражают процентное распределение палинотаксонов относительно глубин (стратиграфических слоев) [Методические ..., 2011].

Спорово-пыльцевые диаграммы построены с помощью программного обеспечения ТІСІА_1.7.16 и _2.0.41 [Grimm, 1991, 2004]. В некоторых диаграммах выделение палинозон производилось с применением кластерного анализа с использованием программы CONISS [Grimm, 1987]. На диаграмме пыльца деревьев и кустарников обозначена как arboreal pollen (AP) — древесная пыльца, пыльца трав и кустарничков — non-arboreal pollen (NAP) — недревесная, споры — spores, непыльцевые палиноморфы — NPP, дочетвертичная пыльца — Pre-Q pollen, дочетвертичные споры — Pre-Q spores. Процентные соотношения пыльцы и спор как внутри группы, так и между группами вычислялись от суммы всех определенных пыльцевых зерен и спор. То есть за 100% бралась сумма AP+NAP+Spores и от нее искался % каждого таксона, а затем процентное соотношение между AP : NAP : Spores. Процентные соотношения НПП и дочетвертичных спор и пыльцы рассчитывались от суммы всех определенных пыльцевых зерен, спор, НПП и переотложенной пыльцы и спор.

В ходе микроскопирования на ряду с пыльцой, спорами и НПП подсчитывались маркеры (калиброванные споры *Lycopodium*). Далее произведен расчет концентрации – показатель насыщенности пыльцой и спорами образца, а также являющейся индикатором смены условий осадконакопления, согласно следующей формуле:

$$K_{\Pi} = \sum_{\Pi} * N_{M} / \sum_{\Pi M} * H,$$

где K_n – концентрация пыльцы в образце; $\sum n$ – сумма пыльцевых зёрен, подсчитанных в образце; N_M – количество маркеров, добавленных в образце; $\sum nM$ – сумма маркеров, подсчитанных в образце; H – масса образца или навески.

Единицы измерения концентрации зерен / г или зерен / см³.

Далее произведена интерпретация спорово-пыльцевых диаграмм с целью [Faegri, Iversen, 1989]: 1) установления состава растительности, которая продуцировала пыльцевые спектры, отраженные на диаграмме; 2) реконструкции природных условий, влиявших на формирование растительности (климат, антропогенное воздействие и т.д.); 3) выделение различных этапов в развитии растительности (выделение палинозон).

3.7. Дополнительные методы анализа

Для трех образцов макроостатков (шишки и ископаемая древесина) из разреза № 052-058 (высокая терраса р. Вилюй) выполнено палеоботаническое определение д.б.н. А.П. Исаевой из Лаборатории мерзлотного лесоведения ИБПК СО РАН (г. Якутск). Для 12 образцов из разрезов № 366, № 052-058 и верхней части № 537, из которых 4 образца из верхненеоплейстоценовых ППО, получены карпологические данные в.н.с. М.В. Михаревич из отдела палеонтологии и стратиграфии СНИИГГиМС (г. Новосибирск). Исследования выполнены согласно общепринятым методикам и определителям.

ГЛАВА 4. РАЗРЕЗЫ ПОКРОВНЫХ ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

4.1. Долина р. Вилюй в нижнем течении

4.1.1. Обнажение тукулан Кысыл-Сыр

Обнажение тукулан Кысыл-Сыр (63°54′с. ш., 123°16′в. д.) приурочено к 35-метровой аккумулятивной террасе и расположено в 24-27 км к северо-востоку от пос. Кысыл-Сыр, в долине нижнего течения р. Вилюй. Здесь на поверхности террасы располагается одноименный незакрепленный дюнный массив (тукулан). В плане тукулан Кысыл-Сыр имеет эллипсовидную форму, вытянутую в юго-западном направлении (рис. 14). Его длина составляет около 6 км, ширина – 4 км, площадь – около 19 км². В морфологическом отношении дюнный массив асимметричен. Северная и западная его части более высокие и имеют абсолютные отметки до 110-116 м, а южная и восточная части – 85-90 м.



Рис. 14. Общий вид тукулана Кысыл-Сыр, долина нижнего течения р. Вилюй (фото А.А. Галанина, 2016 г.).

В геоморфологическом отношении тукулан является дюной высшего порядка, которая имеет составную геоморфологическую структуру [Павлова и др., 2015; Павлова и др., 2016]. Она представлена формами трех иерархических рангов.

Первый из них (мезорельеф) состоит из цепей дюн. Второй уровень (микрорельеф) сформирован отдельными дюнами, котловинами выдувания, коридорами выдувания, междюнными понижениями. Самый низкий уровень (нанорельеф) представлен эолово-биогенными буграми, микродюнами, «глинистыми грибами», ветровой эоловой рябью различной формы и размера.

В пределах закрепленных участков тукулана Кысыл-Сыр, площадь которых не превышает 10%, развиты небольшие островки разреженных сосново-березовых лесов с лишайниково-толокнянковым покровом, примесью шикши, брусники, кустарниковых ив, изредка тополя и лиственницы (Pinus sylvestris, Betula platyphylla, B. alba, Salix bebbiana, Populus suaveolens, Larix gmelinii, Arctostaphylos uva-ursi, Vaccinium uliginosum, V. vitis-idaea). В задернованных переувлажненных котловинах южной части массива встречаются кустарниковая береза, багульник болотный, мирт болотный, изредка ель, кедровый стланик, клюква, хвощи и др. (Chamaedaphne calyculata, Betula exilis, Ledum palustre, Oxycoccus microcarpus, Equisetum fluviatile, Picea obovata, Pinus pumila). Последний (кедровый стланик) обнаружен только в южной части тукулана Кысыл-Сыр, где образует крупные группировки на биогенно-эоловых супесчаных буграх и гривах [Галанин др., 2018].

Геологическое строение. В пределах тукулана Кысыл-Сыр вскрывается береговое обнажение высотой до 35 м и протяженностью более 3 км. В нижней части залегает аллювиальная пачка, включающая русловую, плесовую пойменные фации. Выше вскрываются ППО, подразделяющиеся на нижнюю и верхнюю пачки, разделенные палеопочвенным горизонтом, который хорошо выражен практически ПО всему обнажению. Повсеместно обнажаются погребенные палеокотловины, заполненные торфом и перегнойно-гумусовым материалом. В пределах обнажения Кысыл-Сыр (рис. 15) заложена серия разрезов - № 366, № 449, № 487, № 22 и № 67, на основании которых выполнено обобщенное геологическое описание.

Аллювиальная пачка отпожений мощностью 10-12 м хорошо выдержана и залегает в основании разреза в интервале от меженного уреза реки 0-10 (12) м. Она представлена цикличным чередованием песков желтых и слабо-охристых

среднезернистых косослоистых (фация подводных дюн и перекатов) с песками желтыми мелкозернистыми горизонтально-слоистыми (косовая фация) и с супесями сизыми пылеватыми горизонтально-слоистыми (плесовая фация) с включением прослоев и линз мелкого гравия и песков крупнозернистых (фация размыва перемыва), растительного детрита плавника. Мошность переслаивающихся пачек варьирует от 3-4 до 40-50 см. Косослоистые пески образованы элементарными слойками толщиной от 0.5 до 2-4 см, падающими под углом 35-45° в направлении течения современного Вилюя. В меженный период в пачки вскрывается гравийно-галечный горизонт количеством обломков древесины и единичными крупными валунами. Венчает аллювиальную пачку хорошо выдержанная толща мерзлых сизых (оглеенных) тонкослоистых пылеватых супесей с прослоями суглинков и намывного растительного детрита (пойменная фация). Кровля аллювиальных отложений резкая, горизонтальная, четко выдержана на протяжении всего разреза и разбита систематическими широкими клиньями, заполненными песками охристыми крупнозернистыми кварцевыми [Галанин и др., 2018; Галанин, Павлова, 2019].

Покровные песчаные отложения (ППО) залегают в интервале высот от меженного уровня 10(12)-35 м, что составляет 2/3 Кысыл-Сырского разреза. Они разделяются на нижнюю и верхнюю пачки, резко разделенные друг от друга кровлей палеорельефа, которая фиксируется горизонтом погребенной почвы и хорошо выдержана по всему обнажению на протяжении 2 км.

Нижняя пачка ППО в интервале высот 10-30 м от меженного уровня реки представлена песками светло-желтыми среднезернистыми полого-слоистыми (3-5°) кварцево-полевошпатовыми, местами с тонкими прослоями песков серых мелкозернистых и супесей пылеватых толщиной от 1 до 3 мм. Пачка характеризуется монотонным выдержанным строением, содержит плоскости дефляции и трещины, заполненные песками белыми мелкозернистыми кварцевыми; практически полное отсутствие растительных остатков (отмечаются единичные корешки трав) и погребенных почвенных горизонтов. Отложения отнесены к МИС 2.

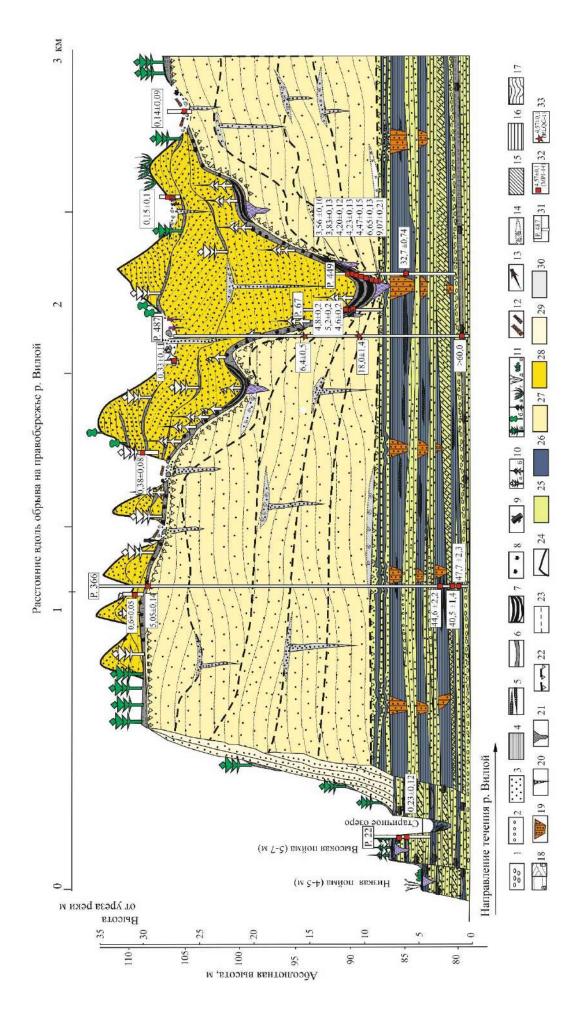


Рис. 15. Геологическое строение сводного разреза опорного обнажения Кысыл-Сыр, долина нижнего течения р. Вилюй (по [Галанин, Павлова, 2019]).

1— гальки; 2— мелкий гравий; 3— пески среднезернистые; 4— супеси пылеватые; 5— намывной растительный детрит; 6— почвы, 7— линзы торфа; 8— древесный уголь; 9— обломки древесины; 10— вертикально погребенные вместе с корневыми системами сосны (а) и лиственницы (б); 11— растительный покров из сосны (а), березы (б), ели (в), кедрового стланика (г), ивняков (д), вересковых кустарничков (е); 12— скопления ортштейнов и педотубул; 13— фульгуриты, 14— мелкие ветрогранники. Структура отложений: 15— косослоистая; 16— горизонтально-слоистая; 17— плойчатая (криотурбированная); 18— пологая (а) и крутая (б) перекрестно-слоистая. Жильные образования (19-21): 19— полигональные песчаные жилы в аллювиальных отложениях; 20— песчаные жилы по трещинам отседания в ППО; 21— мерзлые инфильтрационно-гумусовые жилы. Фациальные границы (22-24): 22— крупные дефляционные несогласия; 23— второстепенные дефляционные несогласия; 24— экспонируемый рельеф современных дюн. Фации отложений: 25— русловой аллювий; 26— пойменно-старичный аллювий; 27— ППО МИС 2; 28— ППО позднего голоцена; 29— делювиальные отложения осыпного склона террасы; 30— отложения котловин выдувания. Прочие обозначения: 31— опорные расчистки и их номера; 32— калиброванные радиоуглеродные даты и их лабораторные коды; 33— ИК-ОСЛ-даты и лабораторные коды.

Верхняя пачка ППО (в интервале высот 11-35 м от меженного уровня реки) представлена песками светло-желтыми среднезернистыми перекрестно-косослоистыми кварцево-полевошпатовыми с множеством слаборазвитых почвенных горизонтов (эмбриональные почвы) мощностью до 3-4 см, с включением обломков кустарников и целыми вертикально погребенными деревьями, иногда вместе с корневой системой [Галанин и др., 2018; Галанин, Павлова, 2019]. Отложения отнесены к позднему голоцену.

Разрез № 366 (63°54′58′′ с. ш., 123°13′59′′ в. д.) заложен в пределах естественного обнажения тукулан Кысыл-Сыр. Видимая мощность разреза составляет 33 м. В верхней части залегают ППО (интервал глубин 0-23м), в нижней (23-33 м) — аллювиальная пачка, включающая русловую, плесовую и пойменную фации (Таблица 2, рис. 16). Данные гранулометрического анализа (31 образец) представлены в Приложении В, данные минералогического анализа (38 проб) в Приложении Г. Радиоуглеродные даты получены для пяти образцов (Таблица 1).

Палинологические данные. В ходе спорово-пыльцевого анализа обработано 17 образцов, восемь из которых относятся к ППО МИС 2. Выделено 2 палинозоны (рис. 17 и 18).

Таблица 1. Даты, полученные в пределах обнажения Кысыл-Сыр, долина нижнего течения р. Вилюй [Галанин и др., 2015; Галанин, Павлова, 2019]

Лабораторный	Глубина	Материал	¹⁴ С возраст,	Возраст,	
номер	отбора, м	171010pilari	лет	кал. л. н.	
	Разрез № 67				
MPI-13	1.0	Обожженная древесина лиственницы	4300±90	4890±160	
MPI-14	0.95	Торф мохово-осоковый слаборазложившийся	4570±110	5230±170	
MPI-18	0.7-1.0	Веточки кустарниковой березы	4120±110	4640±150	
Разрез № 20 в берег	говом обрыве	высокой поймы, покрытой еловы	м лесом		
MPI-16	0.75	Фрагменты кустарников (плавник)	Современный	-	
MPI-17	2.5-3.0	Древесина лиственницы (плавник)	230±60	230±120	
Разрез № 487		(l.		
MPI-56	0-0.3	Вертикально погребенное мертвое дерево	280±65	330±110	
RLQG 2264-035	18	Кварцевый песок, ИК-ОСЛ	-	6400±500	
RLQG 2265-035	23	Кварцевый песок, ИК-ОСЛ	-	18000±1400	
MPI-26	32	Кустарничково-травянистый торф	> 60000	-	
Отдельно стоящие	деревья в коп	пловинах выдувания			
MPI-15	0.55-0.85	Отмершие вертикально погребенные деревья в современных незакрепленных дюнах	Современный	-	
MPI-19	2.9	то же самое	100±80	140±90	
MPI-20	1.0	то же самое	120±85	155±95	
MPI-35	0.8	то же самое	325±65	380±80	
Разрез № 366					
MPI-60	1.4-1.6	Вертикально погребенное мертвое дерево	600±75	595±50	
MPI-47	1.0	Обгорелая древесина и угли в погребенном почвенном горизонте	4400±85	5050±140	
MPI-36	30	Рассеянный органический детрит	39900±2000	44550±2235	
MPI-29	32	Мелкие обломки древесины	35600±1500	40480±1400	
MPI-38	33	Рассеянный органический детрит	44200±1800	47730±2280	
Разрез № 449		77 1	l L		
MPI-43	0.1-0.2	торф	3320±90	3560±100	
MPI-49	0.5-0.6	торф	3540±95	3830±130	
MPI-51	0.8-0.9	торф	3800±75	4200±120	
MPI-53	1.0-1.1	торф	3830±90	4230±130	
MPI-48	1.2-1.3	торф	3990±90	4470±150	
MPI-52	1.3-1.4	торф	5840±100	6650±125	
MPI-42	1.7-1.8	интенсивно гумусированная супесь	8140±135	9070±210	
MPI-37	3.75-4.5	рассеянный органический детрит	28400±600	32710±740	

Таблица 2. Литологическое описание разреза № 366 (сверху вниз), заложенного в пределах естественного обнажения тукулан Кысыл-Сыр

Характеристика отложений	Глубина, м
Пески светло-желтые среднезернистые перекрестно-косослоистые кварцево- полевошпатовые (эоловые перевеянные) с множеством слаборазвитых почвенных горизонтов мощностью до 3-4 см, с включением обломков кустарников и целыми вертикально погребенными деревьями, иногда вместе с корневой системой.	0-3
Пески светло-желтые среднезернистые полого-слоистые (3-5°) кварцево- полевошпатовые местами с тонкими прослоями песков серых мелкозернистых и супесей пылеватых толщиной от 1 до 3 мм (ППО МИС 2). Пачка характеризуется монотонным выдержанным строением, содержит плоскости дефляции и трещины, заполненные песками белыми мелкозернистыми кварцевыми; практически полное отсутствием растительных остатков (присутствуют единичные корешки трав) и погребенных почвенных горизонтов.	3-23
Супеси от темно-серых до сизых пылеватых горизонтально-тонкослоистых (пойменно-старичная фация), на отдельных участках переходят в суглинки сизые тяжелые с примесью микроконкреций вивианита (старичная фация), с рассеянной органикой и тонким растительным детритом. Супеси пылеватые имеют массивную текстуру, весовая влажность (льдистость) здесь достигает 20-25%. В верхней части – криотурбация.	23-26.5
Цикличное чередование песков желтых и слабо-охристых среднезернистых косослоистых (фация подводных дюн и перекатов) с песками желтыми мелкозернистыми горизонтально-слоистыми (косовая фация) и с супесями сизыми пылеватыми горизонтально-слоистыми (плесовая фация) с включением прослоев и линз мелкого гравия и песков крупнозернистых (фация размыва и перемыва), растительного детрита и плавника. Мощность переслаивающихся пачек варьируется от 3-4 до 40-50 см. Косослоистые пески образованы элементарными слойками толщиной от 0.5 до 2-4 см, падающими под углом 35-45° в направлении течения современного Вилюя.	26.5-32.2
Гравийно-галечные отложения с большим количеством обломков древесины и единичных крупных валунов.	32.2-33

Палинозона РZI (23-30 м) характеризуется преобладанием пыльцы трав и кустарничков (19.7-69.4%) с доминированием осоковых Сурегасеае (до 22.6 %) и злаковых Роасеае (до 27.6 %), а также спор (8.2-51.2%) с преобладанием папоротниковидных Polypodiophyta (до 39.5 %) и сфагнума *Sphagnum* (до 18%). Пыльца древесных растений составляет 10.7-45.5% с преобладанием пыльцы сосны *Pinus* s/g *Diploxylon* (0.5-4.7%), березы *Betula* sect. *Nanae* и ели *Picea*. Концентрация составляет 220-3880 зерен / г; в пробах песчанистых отложений (23.5, 25 и 27 м) – 11-21зерен / г.

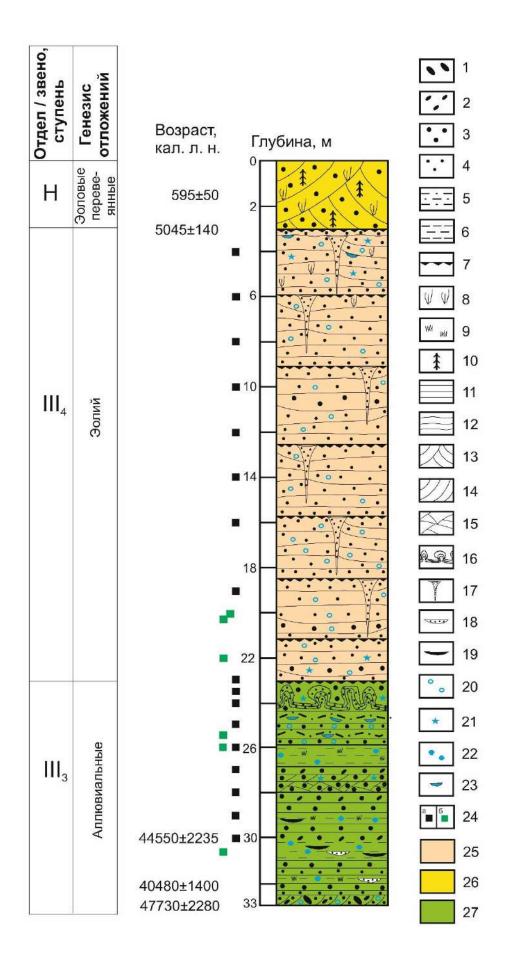


Рис. 16. Геологическое строение позднечетвертичных отложений разреза № 366, заложенного в пределах обнажения Кысыл-Сыр, долина нижнего течения р. Вилюй.

1 — мелкие гальки, 2 — гравий, 3 — пески среднезернистые, 4 — пески мелкозернистые, 5 — суглинки, 6 — супеси пылеватые; 7 — структурные и седиментационные несогласия, поверхности интенсивной дефляции с линзами песка крупнозернистого и мелкого гравия; 8 — отмершие вертикально погребенные стебли и куртины злаков; 9 — кустарничковый торф; 10 — ископаемые деревья вертикально захороненные; *текстуры*: 11 — горизонтальная, 12 — волнистая, 13 — круто наклонная перекрестно-слоистая, 14 — косослоистая, 15 — линзовидная,16 — диапировая; 17 — сухо-мерзлые (морозные) клиновидные син- и эпигенетические песчаные жилы в ППО, 18 — линзы песков крупнозернистых, 19 — тонкие прослои и линзы аллохтонного растительного детрита; *криотекстуры цементирующего льда*: 20 — контактная; 21 — гнездовидная, 22 — массивная, 23 — мелкоячеестая; 24 — пробы, отобранные на: а — палинологический, б — карпологический анализы, 25 — ППО МИС 2, 26 — ППО позднего голоцена; 27 — аллювий МИС 3. Радиоуглеродные калиброванные даты указаны черным цветом.

Палинозона PZII (4-23 м). В спорово-пыльцевых спектрах ППО пыльца и споры практически отсутствуют. Отмечаются единичные зерна Artemisia, Poaceae, Cyperaceae, Pinus s/g Diploxylon, березы Betula spp., Alnus. Переотложенная дочетвертичная пыльца и споры, а также угольки. Исключение составляют тонкие 1-2 мм прослои, отмеченные на глубинах 12, 16 и 19 м, но в них концентрации небольшие – 22, 2 и 104 зерен / г соответственно. В спектрах преобладает пыльца трав (до 81.2 %) с доминированием Poaceae, Artemisia и Amaranthaceae; отмечены также Caryophyllaceae, Brassicaceae, Cyperaceae, Cichorioidea. В древесной группе (до 34.6%) присутствует пыльца Pinus s/g. Diploxylon, Betula sect. Nanae и единичные зерна *Picea* и *Alnus*. Отмечены споры (до 46.2 %) *Sphagnum*, Lycopodiaceae, Polypodiophyta, а также дочетвертичные споры и угольки. В пробе 366—19 м отмечены водоросли (*Botryococcus*). В большом количестве присутствует дочетвертичная пыльца, преимущественно Pinaceae Podocarpaceae, плохой сохранности, представленная, в основном, отдельными фрагментами, с очень малым количеством целых экземпляров, также выявлена кристаллизованная пыльца. (Приложение Б, Таблица Б3 – а, ж, к).

Карпологические данные. Получены данные для шести образцов [Михаревич и др., 2024]: из аллювиальной пачки — № 366_30.7 м, № 366_26 м, № 366_25.5 м (Таблица 3) и ППО МИС 2 (с глубин 20, 20.2, 22 м).

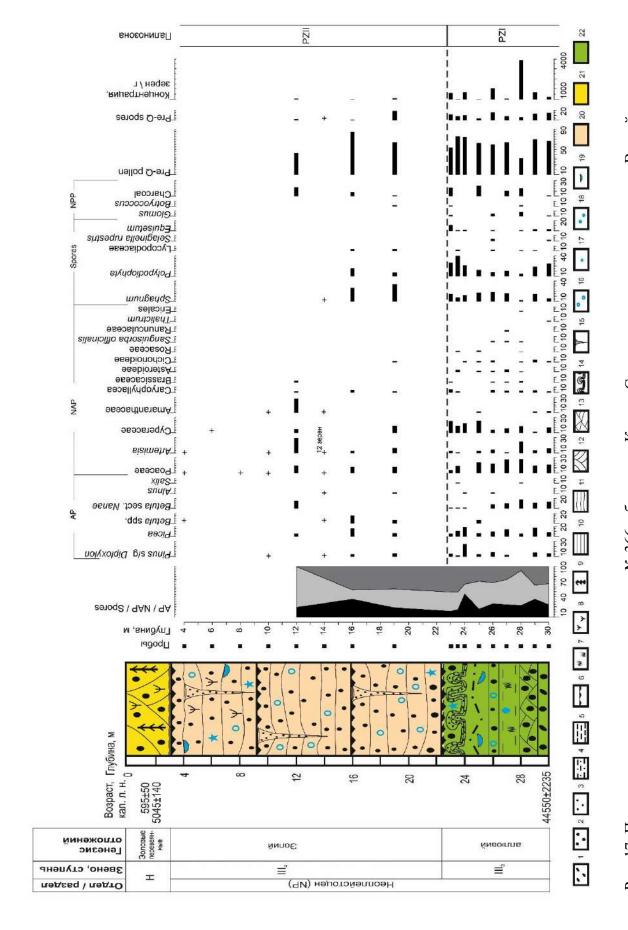


Рис. 17. Палинологическая диаграмма разреза № 366, обнажение Кысыл-Сыр, долина нижнего течения р. Вилюй. «+» – единичные зерна; прочие обозначения см. рис. 16.

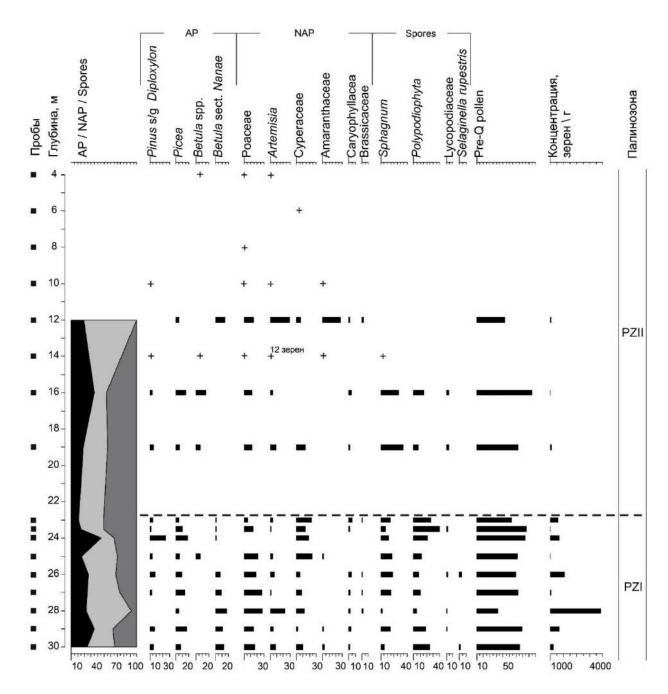


Рис. 18. Изменения состава главных таксонов и дочетвертичной пыльцы по разрезу № 366, обнажение Кысыл-Сыр.

Проба № 366_20 м: лиственница Гмелина Larix gmelinii (Rupr.) Киzen (2 семени), рдест нитевидный Potamogeton filiformis Pers. (2 косточки), осоки Carex spp. (11 орешков), болотница Eleocharis sp. (1 плодик), спорыш обыкновенный Polygonum cf. arenastrum Boreau (1 орешек), марь белая Chenopodium album L. (2 семени), верблюдка сибирская Corispermum sibiricum Iljin., верблюдка толстолистная Corispermum crassifolium Turcz. (6 плодиков), уруть мутовчатая Myriophyllum verticillatum L. (1 семя), хвостник обыкновенный Hippuris vulgaris L. (1 плодик).

Таблица 3. Карпологический состав аллювиальных отложений из разреза № 366, обнажение Кысыл-Сыр [по Михаревич и др., 2024]

Название	Образцы			
366_30.7		366_26	366_25.5	
Bryopsida / Зеленые мхи	12 стб	36 стб		
Equisetum sp. / Хвощ	1 м/у			
Larix gmelinii (Rupr.) Kuzen / Лиственница Гмелина		1 c		
Picea obovata Ledeb. / Ель сибирская	3 c	10 c		
Pinus sylvestris L. / Сосна обыкновенная		2 c		
Sparganium emersum Rehmann / Ежеголовник всплывающий		2 кст		
Potamogeton perfoliatus L. / Рдест пронзеннолистный	45 кст			
Potamogeton filiformis Pers. /Рдест нитевидный	23 кст	21 кст		
Potamogeton vaginatus Turcz / Рдест влагалищный	14 кст			
Potamogeton natans L. / Рдест плавающий		1 кст		
Potamogeton obtusifolius Mert. & W.D.J. Koch / Рдест туполистный		4 кст		
Carex spp. / Осоки	59 ор, 2 мш	54 op	2 op	
Eleocharis sp. / Болотница	7 пл	19 пл		
Eriophorum angustifolium Honck. / Пушица узколистная	18 пл	20 пл		
Eriophorum vaginatum L. / Пушица влагалищная	12 пл	3 пл		
Schoenoplectus lacustris (L.) Palla / Схеноплектус озёрный	1 op	7 op		
Allium sp. / Лук	3 c			
Salix sp. / Ива	1 крб			
Betula fruticosa Pall. / Береза кустарниковая	3 п/ч			
Bistorta officinalis Delarbre /Змеевик большой	4 op			
Persicaria lapathifolia (L.) S.F. Gray /Горец развесистый				
Polygonum cf. arenastrum Boreau / Спорыш обыкновенный	8 op	15 op		
Polygonum sp.				
Chenopodium album L. / Марь белая	16 c	10 c	2 c	
Oxybasis glauca (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch / Оксибазис сизый		2 c		
Corispermum sibiricum Iljin. / Верблюдка сибирская	19 пл	28 пл		
Corispermum crassifolium Turcz. / Верблюдка толстолистная		34 пл	1 плд	
Caryophyllaceae / Гвоздичные	1 c			
Ceratophyllum demersum L. / Роголистник погружённый	2 пл	2 пл		
Batrachium sp. / Шелковник	3 пл			
Ranunculus repens L. / Лютик ползучий	2 пл			
Ranunculus reptans L. / Лютик стелющийся	3 пл			
Ranunculus sp. / Лютик	5 пл	1 пл		
Bunias cochlearioides Murray / Свербига ложечницевидная	3 стр	9 стр		
Brassicaceae gen. indet / Крестоцветные	2 c			
Rubus matsumuranus H. Lev. Vanio / Малина Мацумуры	1 кст			
Linum komarovii Juz. / Лен Комарова	6 c			
Myriophyllum verticillatum L. / Уруть мутовчатая	1 op	16 op		
Myriophyllum spicatum L. / Уруть колосистая	1 op			
Archangelica decurrens Ledeb. / Дягиль низбегающий	1 п/плд			
Cicuta virosa L. / Вех ядовитый				
Apiaceae gen. indet. / Зонтичные		2п/плд		
Swida alba (L.) Opiz / Свидина белая		1 кст		
Menyanthes trifoliata L. / Вахта трехлистная	8 c	3 c		
Scrophulariaceae /Норичниковые	3 c			

Примечание: крб — коробочка, кст — косточка, м/у — междлузлие, мш — мешочки с орешками, ор — орешек, пл — плод, п/плд — полуплодик, п/ч — прицветная чешуйка, с — семя, с/ч — семенная чешуйка, стб — стебель с листочками, стр — стручок.

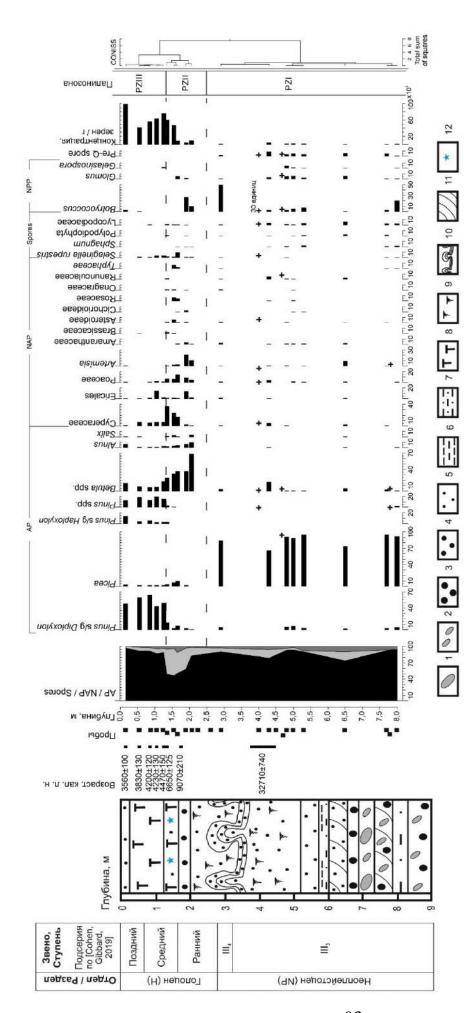
Проба № 366_20.2 м: *Potamogeton filif*ormis Pers. (3 косточки), *Carex* spp. (23 орешка), *Eleocharis* sp. (1 плодик), шелковник *Batrachium* sp. (1 плодик), лютик *Ranunculus* sp. (1 плодик), клевер ползучий *Trifolium cf. repens* L. (1 стручок), *Hippuris vulgaris* L. (5 плодиков), вахта трехлистная *Menyanthes trifoliata* L. (1 семя), яснотковые Lamiaceae gen. indet. (1 орешек).

Проба № 366_22 м: *Carex* spp. (3 орешка), *Eleocharis* sp. (2 плодика), пушица узколистная *Eriophorum angustifolium* Honck. (20 плодиков), лук *Allium* sp. (1 семя), *Chenopodium album* L. (3 семени), *Corispermum sibiricum* Iljin. (2 плодика), верблюдка толстолистная *Corispermum crassifolium* Turcz. (1 плодик), шелковник *Batrachium* sp. (1 плодик), хохлатка *Corydalis* sp. (1 семя).

Разрез № 449 (63°54′29′′ с. ш., 123°13′25′′ в. д.) находится в 25 км в северовосточном направлении от пос. Кысыл-Сыр на правом берегу р. Вилюй. В центральной части обнажения Кысыл-Сыр на участке погребенной палеокотловины заложен разрез № 449. Видимая мощность разреза составляет 9 м (Таблица 4, рис. 19). Результаты гранулометрического рассева (13 проб) представлены в Приложении В.

Таблица 4. Литологическое описание разреза №449, заложенного в пределах обнажения Кысыл-Сыр [Павлова и др., 2017]

Характеристика отложений	Глубина, м	
Пески светло-жёлтые мелкозернистые		
Торф темно-коричневый, слаборазложенный, осоково-моховой		
Торф темно-коричневый слаборазложенный с примесью песков серых	1.2-1.7	
мелкозернистых, мерзлый		
Пески желтые с серым оттенком среднезернистые	1.7-2.0	
Перегнойно-гумусовые отложения с примесью песков желтых с серым оттенком	2.0-5.2	
мелкозернистых. С глубины 2.3 м – криотурбация отложений.		
Пески желтые мелкозернистые		
Суглинки серые с прослоями супесей серых пылеватых	5.7-6.0	
Пески желтые мелкозернистые косослоистые	6.0-6.6	
Пески светло-желтые крупнозернистые		
Гальки с прослоями гравия		
Гравий с песками серыми крупнозернистыми, косослоистое залегание		
Суглинки тяжелые темно-серые		
Гравий с песками серыми крупнозернистыми		



7 – супеси, 8 – торф, 9 – перегнойно-гумусовые отложения, 10 – диапировая криогенная текстура, 11 – косослоистая текстура, 12 – мёрзлые $\langle + \rangle -$ единичные зерна; 1– гальки, 2 – гравий, 3 – пески крупнозернистые, 4 – пески среднезернистые, 5 – пески мелкозернистые, 6 – суглинки, Рис. 19. Геологическое строение и палинологическая диаграмма разреза № 449 позднечетвертичных отложений, обнажение Кысыл-

отложения

Радиоуглеродные даты получены для 8 образцов из разреза № 449 (Таблица 1). Построена возрастная модель для верхней части разреза (0.1-2.5 м), позволившая получить хронологию развития тукулана Кысыл-Сыр в интервале 9900-3300 кал. л. н. (рис. 20). На глубине 1.3 м наблюдается «разрыв», предположительно указывающий на перерыв в осадконакоплении.

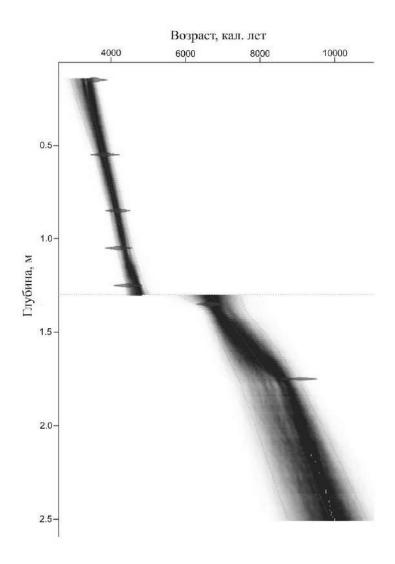


Рис. 20. Возрастная модель верхней части разреза № 449 (0-2.5 м) позднечетвертичных отложений, обнажение Кысыл-Сыр [Павлова и др., 2016; Павлова и др., 2017].

Палинологические данные. В ходе спорово-пыльцевого анализа обработано 24 образца. Выделено 3 палинозоны (рис. 17) [Павлова и др., 2016, 2017]:

Палинозона PZI (8.0-2.5 м) характеризуется доминированием пыльцы Picea (65.9-94.5 %). Отмечено небольшое содержание Pinus s/g Diploxylon (1.3-6.6%), Betula spp. (0.3-16.7%), Alnus и Salix. Пыльца трав и кустарничков составляет 0.6-

16.1% с преобладанием Сурегасеае, *Artemisia*, Amaranthaceae и Роасеае. Споры составляют 1.3-9.6 %. Концентрация – 110-4240 зерен / г.

Палинозона РZII (2.5-1.3 м, 9900-6700 кал. л. н.). 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, Poaceae, Ericales и *Artemisia*. Сумма спор составляет от 0.9 до 10.6%. Концентрация – 4140-59330 зерен / г.

Палинозона РZIII (1.3-0.1 м, 6700-3300 кал. л. н.) отличается резким увеличением доли пыльцы древесных пород (до 98%) по сравнению с PZII, с преобладанием хвойных: *Pinus s/g Diploxylon* (43.0-63.6 %), *Pinus s/g Haploxylon* (2.0-13.0 %), *Picea* (1.6-3.3 %) и уменьшением пыльцы трав (2.3-9.2 %) с преобладанием Сурегасеае и Роасеае. Сумма спор составляет 1.3-1.9 %. Концентрация – 41260-98160 зерен / г.

4.2. Строение 65-метровой террасы р. Вилюй в нижнем течении

Разрез № 052-058 (63°56′58′′ с. ш., 122°52′48′′ в. д.) расположен в 10 км в северо-восточном направлении от п. Кысыл-Сыр в пределах 65-метровой цокольно-аккумулятивной террасы р. Вилюй в нижнем течении (рис. 21). На поверхности террасы прослеживается бугристый микрорельеф. Отмечаются бугры округлой и овальной формы, диаметром, в среднем, 70-90 см, высотой 15-20 см. В пространствах между некоторыми буграми наблюдается стоячая вода.

На поверхности террасы произрастает лиственничный лес с бруснично-багульниковым покровом (рис. 22). В древостое доминирует лиственница даурская (Larix gmelinii) с примесью березы плосколистной (Betula platyphylla) и ольхи кустарниковой (Alnus fruticosa). В напочвенном ярусе произрастают: багульник стелющийся (Ledum decumbens), брусника обыкновенная (Vaccinium vitis-idaea), голубика обыкновенная (Vaccinium uliginosum), грушанка мясо-красная (Pyrola incarnata), иван-чай узколистный (Epilobium angustifolium). Встречаются также хвощ болотный (Equisetum palustre), осоки (Carex globularis, C. caespitosa), тонконог (Koeleria glauca), вейник (Calamagrostis angustifolia), нардосмия

холодная (*Petasites frigidus*). В составе мхов доминирует томентогипнум блестящий (*Tomentypnum nitens*), участвуют: птилиум гребенчатый (*Ptilium crista-castrensis*), дрепанокладус плауновидный (*Drepanocladus lycopodioides*) и др.



Рис. 21. Общий вид высокой террасы р. Вилюй (фото М.Р. Павловой, 2015).

В строении террасы выделяется коренной цоколь меловых песчаников и позднечетвертичный осадочный чехол, включающий аллювиальную пачку (русловая и пойменная фации), ППО и отложения ледового комплекса [Павлова, 2018]. Литологическая характеристика разреза № 052-058 представлена в Таблице 5 и на рис. 23, результаты гранулометрического анализа (11 проб) для интервала 0.3-5 м — в Приложении В, данные минералогического анализа (28 проб) — в Приложении Г.

В пределах обнажения № 052-058 получено четыре ОСЛ и восемь радиоуглеродных дат (Таблица 6). Построенная возрастная модель для разреза № 052-058 в интервале глубин 2.5-54.5 м характеризует формирование отложений высокой террасы в период 55500-27300 кал. л. н. (рис. 24).



Рис. 12. Поверхность высокой террасы р. Вилюй в нижнем течении с лиственничным лесом с бруснично-багульниковым покровом (фото М.Р. Павловой, 2015)

Палинологические данные. В ходе палинологического анализа обработано 42 образца, из них 29 препаратов из пачки ППО. Выделены четыре палинозоны (рис. 25 и 26), которые практически соответствуют генетическим типам вмещающих отложений.

Палинозона PZI (65.0-51.0 м). Палинозона характеризуется преобладанием пыльцы *Picea* (62.2-78.1 %), за исключением образца, отобранного с глубины 60 м, где преобладают Сурегасеае (53 %) и Amaranthaceae (17.2%), а доля ели составляет 2.9 %. Пыльца трав составляет 1.6-12.4%, в образце с глубины 60 м – 76.8 %. В спектрах преобладает пыльца *Artemisia*, Cyperaceae, Poaceae и Brassicaceae, Споры составляют 14.0-19.6 %. Концентрация – 6.8-369 тыс. зерен / г.

Палинозона РZII (51.0-4.7м). В пределах палинозоны ППО выделены две группы спектров, в первой из которых в интервале глубин 5-45 м отмечены единичные зерна *Artemisia*, Poaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Asteroideae, Rosaceae, *Betula* sect. *Nanae* и *Betula* spp., *Pinus* s/g *Diploxylon*, *Picea*, *Sphagnum*, Lycopodiaceae, Polypodiophyta, *Selaginella rupestris*, Bryales, переотложенные дочетвертичные споры и НПП – *Glomus*.

Таблица 5. Литологическое описание разреза № 052-058, заложенного в пределах высокой террасы р. Вилюй в нижнем течении

Характеристика отложений	Глубина, м
Почвенно-растительный слой	0-0.02
Отложения ледового комплекса представлены лёссовидными суглинками темно-коричневыми с большим содержанием (до 30%) тонкодисперсной органики. Отложения имеют субгоризонтальную седиментационную текстуру, которая интенсивно нарушена криотурбацией и разбита вертикальными сингенетическими ледяными жилами, ширина которых по верху составляет до 2-3 м. Они формируют полигональную сеть с поперечником полигонов около 10-12 м. Верхняя часть жил приурочена к подошве сезонно-талого слоя на глубине 1-1.5 м. Концы жил в интервале 5-8 м проникают на 2-2.5 (3) м в подстилающую пачку песков светлосерых среднезернистых слабо-волнистных полого-слоистых и супесей легких пылеватых, расщепляясь бородообразно.	0.02-5 (8)
Покровные песчаные отложения представлены чередованием песков светло-серых среднезернистых слабоволнистых полого-слоистых кварцево-полевошпатовых мощностью от 0.2-0.4 до 8-10 м и супесей легких пылеватых — от 1 до 3-4 мм. Влажность не превышает 5%, ледяные жилы отсутствуют, криотекстура преимущественно сублимационная контактная, реже тонкошлировая. В строении пачки множество микронесогласий, плоскостей дефляции, трещин, заполненные песками белыми мелкозернистыми кварцевым с характерными признаками вертикальных смещений. В интервале 9-20 м встречаются рассеянные остатки нитевидных корешков, образующих горизонтальные ярусы. На глубине 10-13 м эти ярусы приобретают вид слаборазвитых почвенных горизонтов (мощность 0.2-0.4 до 3-4 см) ритмически чередующихся с прослоями серых супесей легких. На некоторых участках обнаружены целые кочки злаков размерами от 4 до 15-30 см. Кровля ППО волнистая с резким фациальным переходом к отложениям ЛК.	5(8)-51
Аллювиальные отложения. В нижней части представлены галечно-гравийными отложениями с косой слоистостью; выше залегают пески серые среднезернистые полого-косослоистые кварц-полевошпатовые мерзлые с прослоями супесей легких пылеватых (русловая фация), с линзами растительного детрита, с включениями шишек (<i>Larix gmelinii</i>) и стволов деревьев (<i>Picea</i> spp.). Влажность составляет 20-30%. Кровля пачки отложений резкая, венчается супесями серыми тяжелыми пылеватыми горизонтально-слоистыми (пойменная фация).	51-65
Коренной цоколь меловых светло-серых песчаников аллювиальной фации с линзами ожелезненных галечников, с включениями лигнита, окаменелой древесины и раковин моллюсков. Седиментационная текстура отложений представлена косой слоистостью гипертрофированных размеров.	65-75 и более

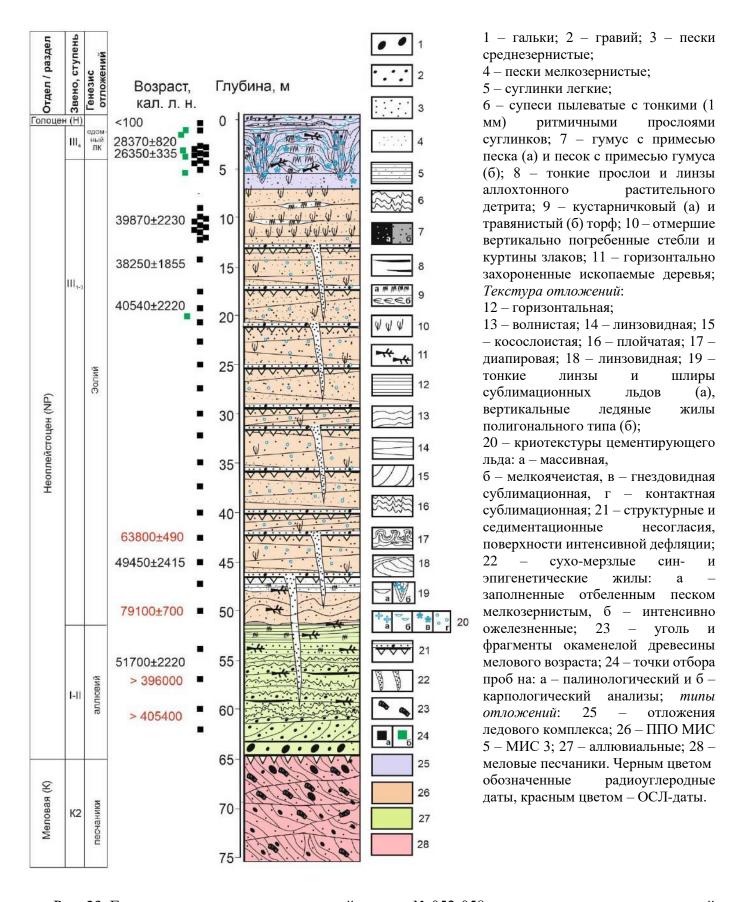


Рис. 23. Геологическое строение отложений разреза № 052-058 заложенного в пределах высокой террасы р. Вилюй (с использованием данных, полученных совместно с А.А. Галаниным).

Таблица 6. Количественные даты отложений разреза № 052-058, заложенного в пределах высокой террасы р. Вилюй

Лабораторный	Глубина	Материал	¹⁴ С возраст,	Возраст,	Источник
номер	отбора,		лет	кал. л. н.	
	M				
MPI-97	0.5	Прослой угольков	молодое	-	[Шапошников
					и др., 2019]
MPI-96	2.5	Остатки кустарниковой	23970±800	28370±820	[Шапошников
		растительности			и др., 2019]
MPI-33	3.0-4.0	Сильно гумусированный	22000±300	26350±335	[Шапошников
		суглинок			и др., 2019]
MPI-84	10.5	Травянистая кочка	34800±2000	39870±2230	[Шапошников
		•			и др., 2019]
MPI-95	14.0-15.0	Травянистая кочка	33100±1700	38250±1855	[Шапошников
		•			и др., 2019]
MPI-94	18.0-19.0	Травянистая кочка	35500±2000	40540±2220	[Шапошников
		•			и др., 2019]
MPI-164	45.0	Остатки древесной	45910±2000	49450±2415	данные автора
		растительности			
MPI-34	55.0	Остатки древесной	53500±8000	51700±2220	данные автора
		растительности			
198615	42.5	Супесчаные отложения,	-	63800±490	данные автора
		ИК-ОСЛ			
198614	50	Супесчаные отложения,	-	79100±700	данные автора
		ИК-ОСЛ			•
198613	57	Супесчаные отложения,	-	> 396000	данные автора
		ИК-ОСЛ			
198612	61	Супесчаные отложения,	-	> 405400	данные автора
		ИК-ОСЛ			_

Вторая группа спектров, отмеченные на глубинах 10.5, 10.7, 11.0, 11.3, 11.9, 14.0, 25.0, 30.0, 35.0 37.5, 40.0, 42.5, 47.5 и 50 м, характеризуется преобладанием трав и кустарничков (до 90.2 %) с доминированием пыльцы *Artemisia*, Poaceae, Сурегасеае, Caryophyllaceae и *Betula* sect. *Nanae* (4.4-61.8%). Постоянно присутствуют в небольшом количестве (0.3-7.6 %) Amaranthaceae, Cichorioideae и Brassicaceae. Отмечена также пыльца Rosaceae, Asteroideae, *Sanguisorba officinalis*, *Thalictrum*, Ranunculaceae, Ericales, Onagraceae, единичные зерна гречишных Polygonaceae, тимьяна *Thymus* и кубышки *Nuphar*. В небольшом количестве отмечена пыльца *Alnus* и *Salix*. Пыльца хвойных деревьев представлена *Pinus* s/g *Diploxylon* (0.7-19 %), в некоторых пробах зерна лиственницы *Larix*. Очень много зерен дочетвертичной пыльцы, преимущественно представленной Рinaceae и Podocarpaceae плохой сохранности, представленной фрагментами, иногда отмечаются целые экземпляры, местами кристаллизованная (Приложение Б,

Таблица Б3 — г, и, л; Таблица Б4 — а). Споры составляют 2.0-46.9 % представлены Selaginella rupestris (0.6-9.1 %), Polypodiophyta (0.3-29.7 %), Sphagnum (0.3-12.5%), Lycopodiaceae (0.6-14.9 %), Bryales (0.4-5.3 %). Отмечены мезозойские споры и НПП — Glomus (0.4-43.5 %), Microthyrium microscopicum и Gelasinospora, Botryococcus, Arcella. С 24 по 51 м большое содержание угольков от 11.4 до 40.8 %. Концентрация 15-424 зерен /г, в образце с 30 м — 4900 зерен / г.

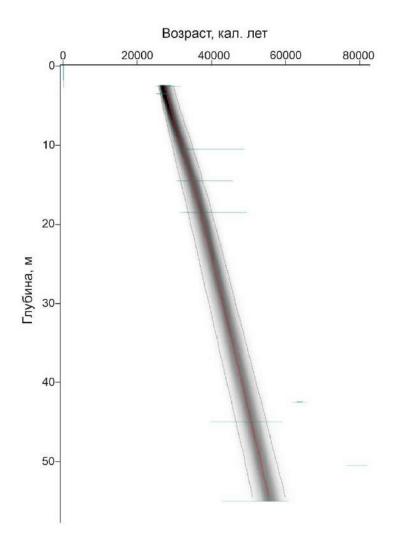


Рис. 24. Возрастная модель отложений разреза № 052-058 в интервале 2.5-54.5 м.

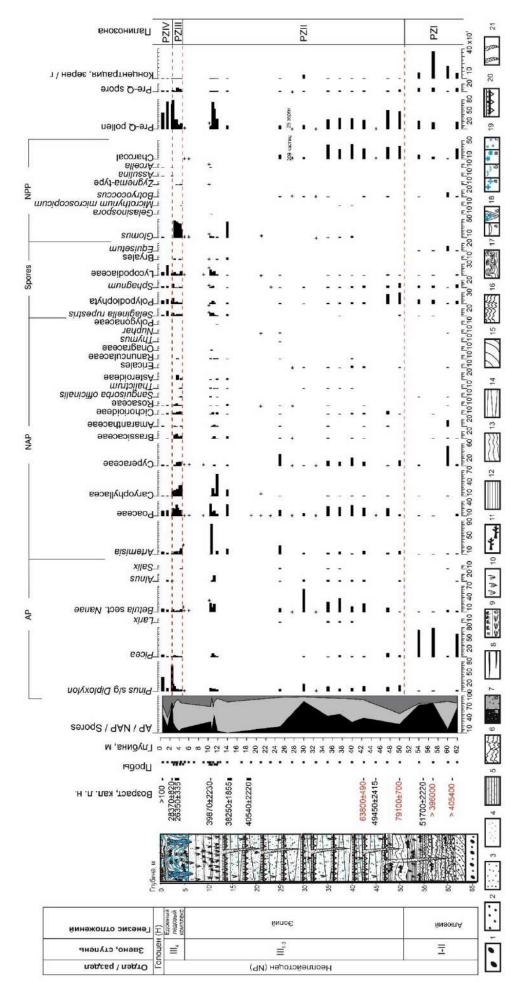


Рис. 25. Геологическое строение и палинологическая диаграмма разреза № 052-058 позднечетвертичных отложений, высокая терраса р. Вилюй. «+» – единичные зерна. Условные обозначения см. рис. № 23

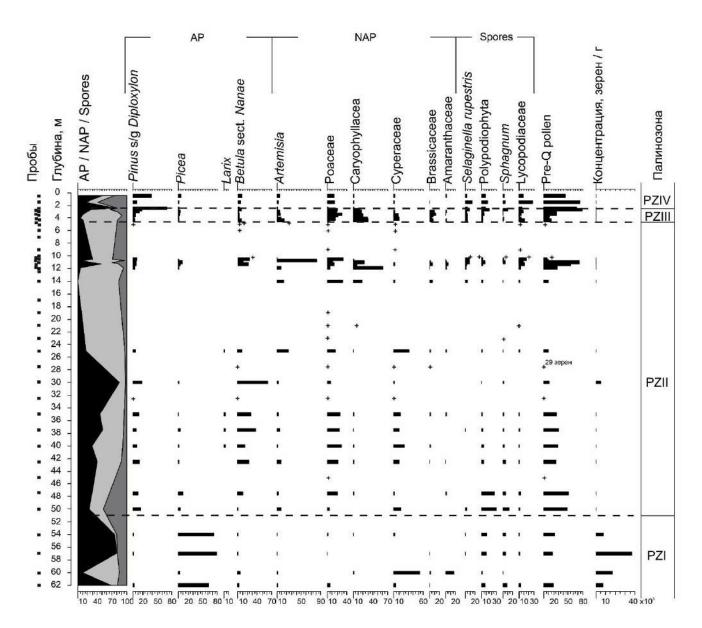


Рис. 26. Изменения состава главных таксонов и дочетвертичной пыльцы по разрезу № 052-058, высокая терраса р. Вилюй.

Палинозона РZIII (4.7-2.5 м) характеризуется доминированием травянистых сообществ (38.7-82.3 %) с преобладанием Роасеае, Caryophyllaceae, *Artemisia*, Brassicaceae (5.2-13.5 %) и спор гриба *Glomus* (от 22.3 до 45.4 %). В древесно-кустарниковой группе (6.0-27.4 %) отмечена пыльца *Pinus* s/g *Diploxylon*, *Betula* sect. *Nanae* и единичные зерна *Salix*. Сумма спор составляет 8.9-33.9 % с преобладанием Lycopodiaceae, *Selaginella rupestris* и Polypodiophyta. Концентрация – 40-296 зерен / г.

Палинозона PZIV (2.5-0.3 м) характеризуется резким уменьшением пыльцы трав (4.9-26.6 %) и практически полным отсутствием спор и остатков гриба *Glomus*

(0-2.2 %). Пыльца группы деревьев и кустарничков составляет до 76.9 % с доминированием *Pinus* s/g *Diploxylon* (8-70.2%). В травянистой группе преобладает пыльца Poaceae, *Artemisia* и Caryophyllaceae. Сумма спор составляет 18.6-58.6 %. Концентрация –12-63 зерен/ г.

Карпологические данные. Для разреза № 052-058 получены результаты для пяти образцов — из ППО (проба № 052-058_20 м) и отложений ледового комплекса (пробы, отобранные на глубинах 1, 1.5, 3, 4 и 6 м). Описание проб приводится по [Михаревич и др., 2024].

В пробе № 052-058_20 м отмечены: лиственница Гмелина Larix gmelinii (Rupr.) Киzen. (1 семя), ель сибирская Picea obovata Ledeb. (1 семя), сосна обыкновенная Pinus sylvestris L. (1 семя), рдест пронзеннолистный Potamogeton perfoliatus L. (3 косточки), рдест нитевидный P. filiformis Pers. (32 косточки), рдест плавающий P. natans L. (1 косточка), каулиния гибкая Caulinia flexilis Willd. (3 семя), осоки Carex spp. (41 орешек), полигонум Polygonum sp. (1 орешек), марь многосемянная Lipandra polysperma (L.) S.Fuentes, Uotila & Borsch (2 семени), верблюдка сибирская Corispermum sibiricum Iljin. (3 плода), гвоздичные Сагуорһуllасеае (1 семя), шелковник Batrachium sp. (1 плод), лапчатка Potentilla sp. (1 семянка), клюква мелкоплодная Oxycoccus microcarpus Turcz. ex Rupr. (1 семя), вахта трехлистная Menyanthes trifoliata L. (20 семян).

Проба № 052-058_1.5 м [по Михаревич и др., 2024]: береза кустарниковая Betula fruticosa Pall (1 прицветная чешуйка), Potentilla sp. (1 семянка).

Проба № 052-058_2 м: *Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen. (4 хвоинки, 4 семени, 9 шишек), *Picea obovata* Ledeb. (7 семян), Caryophyllaceae (1 семя), купальница сибирская *Trollius sibiricus* Schipcz. (1 семя), икотник серо-зеленый *Berteroa incana* (L.) DC (1 семя), розоцветные Rosaceae gen. indet. (1 семянка), зеленые мхи *Bryopsida* (5 стеблей).

Проба № 052-058_3 м: *Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen. (2 семени), *Potamogeton filiformis* Pers. (1 косточка), *Carex* spp. (11 орешков), кобрезия нителистная *Kobresia filifolia* (Turcz.) С.В. Clarke (6 орешков), Caryophyllaceae (1 семя), лютик однолистный *Ranunculus monophyllus* Ovcz. (9 плодов), сабельник болотный

Comarum palustre L (1 семянка), лапчатка многонадрезанная Potentilla multifida L. (9 семянок), кровохлёбка лекарственная Sanguisorba officinalis L. (1 семянка), клевер ползучий Trifolium cf. repens L. (1 семя).

Проба № 052-058_4 м: *Larix gmelinii* (Rupr.) Киzen. (4 шишки, 3 семени, 1 фрагмент семенной чешуйки), *Picea obovata* Ledeb. (11 семян), сосновые Pinaceae gen. indet. (2 фрагмента семенной чешуйки), *Carex* spp. (30 орешков), *Kobresia filifolia* (Turcz.) С.В. Clarke (8 орешков), лук *Allium* sp. (1 семя), *Ranunculus monophyllus* Ovcz. (6 плодов), *Potentilla* sp. (1 семянка), клевер ползучий *Trifolium cf. repens* L. (1 семя).

Проба № 052-058_6 м: *Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen. (20 шишек, 5 семян), *Picea obovata* Ledeb. (1 шишка, 14 семян), *Berteroa incana* (L.) DC (2 семени), зонтичные Apiaceae gen. indet. (1 плод), *Bryopsida* (2 стебля).

4.3. Юго-восточная часть тукулана Махатта

Тукулан Махатта (63°54′50 ′′ с. ш.; 122°32′46′′ в. д.) располагается на левом берегу р. Вилюй в 10 км в северо-западном направлении от п. Кысыл-Сыр вверх по течению. Его площадь составляет 214 км². Тукулан Махатта является дюной высшего порядка, имеет сложную геоморфологическую структуру с несколькими генерациями [Павлова и др., 2017].

Исследования проводились в юго-восточной части тукулана Махатта, в пределах которой отмечаются закрепленные древние дюнные поверхности с сосновым лесом с лишайниково-толокнянковым или толокнянково-брусничным лишайниковым покровом.

В пределах активной части дюнного массива прослеживаются закрепленные островки, представленные в основном сосновым лесом с лишайниковым покровом, иногда с горельником, сухостоем и валежником.

Незакрепленные подвижные поверхности тукулана Махатта с редко стоящими угнетенными деревьями, преимущественно сосны обыкновенной и различных видов берез (*Pinus sylvestris, Betula platyphylla, B. alba, B. exilis*), заселяют различные виды лишайников, подробно охарактеризованные в работах

[Галанина, 2015, 2016], и травянистые сообщества из овсяницы, щавеля, горца, полыни, тимьяна, тонконога и др. (Festuca aggr. auriculate, Acetosella graminifolia, Aconogonon angustifolium, Artemisia commutata, A. karavaevii, Thymus asiaticus, Th. sergievskajae, Elytrigia villosa, Koeleria skrjabinii, K. karavajevii, Calamagrostis koibalensis), образующие различные биогенно-эоловые кочки высотой от 10 до 60 см и диаметром – 5-45 см. Также встречаются биогенные бугры высотой в среднем от 2-4 м до 7-8 м из березы, тополя, ольхи и сосны (Pinus sylvestris, Betula platyphylla, B. exilis, Populus suaveolens, Salix bebbiana). В пределах юго-восточной части тукулана Махатта отмечаются заболоченные ложбины стока с березовым ерником из березы тощей и багульниково-голубичным покровом (Betula exilis, Chamaedaphne calyculata, Ledum palustre, Vaccinium uliginosum). На кочках обычна клюква мелкоплодная (Oxycoccus microcarpus), в сырых понижениях – хвощ приречный, на более сухих микроповышениях – тимьян азиатский (Thymus asiaticus).

В пределах юго-восточной части тукулана Махатта заложено четыре разреза – № 088, № 071, № 075 и № 047, описание которых приводится ниже. Получено 15 радиоуглеродных и 2 ОСЛ-даты (Таблица 7).

Разрез № 088 (63°54′50.2′′ с. ш.; 122°32′45.6′′ в. д.) расположен в пределах юго-восточной краевой части тукулана Махатта в долине ручья Кысыл-Юрях (рис. 27), на левом берегу р. Вилюй в 10 км в северо-западном направлении от п. Кысыл-Сыр вверх по течению. Видимая мощность составляет 5 м. Вскрытые отложения представлены чередованием песков среднезернистых и мелкозернистых с торфом, сверху перекрыты перевеянными песками. В нижней части (3.8-5.0 м) залегают отложения современной фации временных водотоков, наледей и наносов ручья Кысыл-Юрях (Таблица 8, рис. 28) [Павлова и др., 2017]. Результаты гранулометрического анализа песчаных отложений (6 проб) представлены в Приложении В.

Радиоуглеродные даты получены для 9 образцов, результаты приведены в Таблице 7. Построенная возрастная модель для разреза № 088 характеризует

формирование юго-восточной краевой части Тукулана Махата в интервале 2450-0 кал. л. н. (рис. 29).

Таблица 7. Радиоуглеродные даты отложений разрезов, заложенного в пределах юго-восточной части тукулана Махатта

Лабораторный	Глубина	Материал	¹⁴ С возраст,	Возраст,	
номер	отбора, м		лет	кал. л. н.	
Разрез № 088 [Пав.	Разрез № 088 [Павлова и др., 2017]				
MPI-82	1.9-2.1	торф	600±300	590±280	
MPI-78	2.4-2.55	торф	670±70	620±50	
MPI-77	2.65-2.7	торф	1420±180	1330±190	
MPI-83	2.8-2.9	торф	2040±170	2010±215	
MPI-81	2.9-3.0	торф	2140±190	2140±250	
MPI-88	3.3-3.4	торф	2000±150	1960±190	
MPI-90	3.6	торф	3220±180	3450±230	
MPI-85	4.1	торф	2480±180	2550±220	
MPI-89	4.45	рассеянный органический детрит	2450±340	2520±420	
Paspes № 071					
MPI-74	3.0	Органический детрит	1500±120	1410±120	
MPI-86	5.0	Кустарничково-осоковый торф	2480±180	2540±220	
MPI-76	6.5	Органический детрит	2550±120	2610±150	
MPI-75	7.0-7.3	Пески пылеватые с рассеянным	3050±120	3220±150	
IVIF1-73	7.0-7.3	органическим детритом	3030±120	3220±130	
MPI-92	10.0	Моховый торф	2710±110	2840 ± 140	
Разрез № 075					
218604	1.5 м	Пески среднезернистые	-	17100±900	
218603	2.2 м	Пески среднезернистые	-	17000±900	
Отдельно вертикально стоящие отмершие деревья в современных незакрепленных дюнах					
MPI-148	3 м	Ствол дерева	820±120	770±105	

Таблица 8 – Литологическое описание разреза №088, тукулан Махатта [Павлова и др., 2017]

Характеристика отложений	Глубина, м
Растительно-почвенный слой.	0-0.02
Пески светло-серые среднезернистые перекрестно-косослоистые с прослоями	0.02-1.5
супесей пылеватых с включениями корней растений.	
Пески светло-серые пылеватые с прослоями песков желтых пылеватых с	1.5-1.9
включениями корней растений.	
Торф светло-коричневый.	1.9-2.1
Пески светло-серые среднезернистые с включениями и остатками корней растений.	2.1-2.4
Торф светло-коричневый, кустарничково-осоковый.	2.4-3.1
Пески светло-серые среднезернистые с прослоями торфа светло-коричневого и	3.1-3.6
линзами детрита темно-коричневого.	
Торф темно-коричневый с серым оттенком с линзами песков серых	3.6-3.8
среднезернистых.	
Пески серые мелкозернистые с линзами торфа и неразложившегося детрита.	3.8-4.1
Пески серые среднезернистые с прослоями детрита темно-коричневого.	4.1-5.0

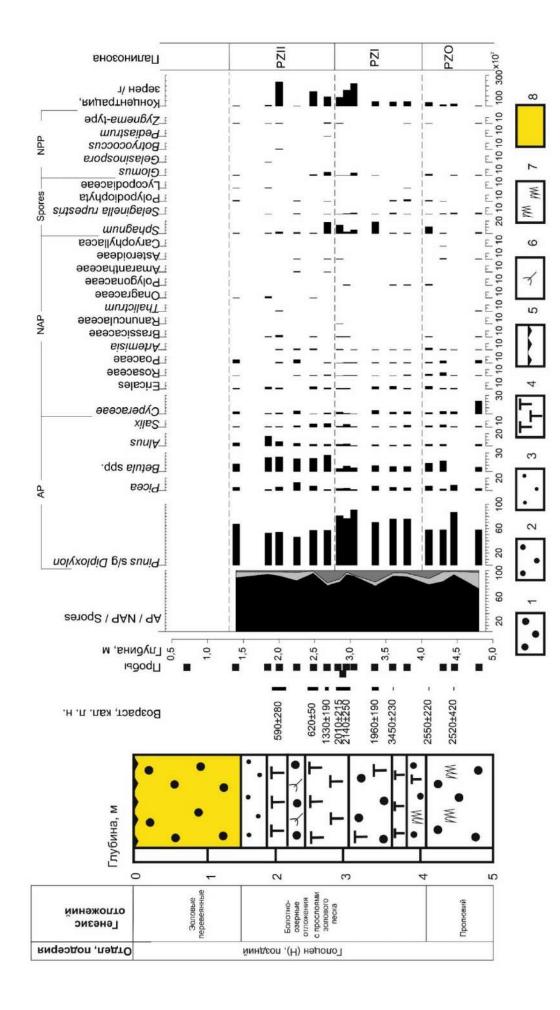


Рис. 27. Общий вид юго-восточной краевой части тукулана Махатта в пределах долины ручья Кысыл-Юрях (фото М.Р. Павловой, 2015).

Палинологические данные. В ходе спорово-пыльцевого анализа обработано 17 образцов. Один образец, отобранный из верхней части разреза перевеянной эоловой пачки отложений (позднеголоценовые ППО), оказался пустым. Выделено 2 палинозоны и современная фация ручья (рис. 28) [Павлова и др., 2017]:

Палинозона PZI (4.0-2.8 м, 2250-1600 кал. л. н.). Палинозона характеризуется доминированием древесных пород (до 93.7%) с преобладанием *Pinus* s/g *Diploxylon* (69.8-81%). Пыльца трав составляет 1.5-6.1 % с преобладанием Ericales, Cyperaceae и Poaceae. Споры составляют 3.3-19 %. Концентрация – 3.7-2.2 тыс. зерен / г.

Палинозона РZII (2.8-1.3 м, 1600-280 кал. л. н.). В целом доминируют древесные породы (75.7-95.7 %). Отмечается уменьшение содержания *Pinus* s/g *Diploxylon* (46.5-67.2 %) и заметно увеличивается количество пыльцы *Betula* spp. (12.3-26.2 %) и *Alnus* (3.0-15.9%). Пыльца трав составляет 3.5-13.3% с преобладанием Ericales, Cyperaceae и Poaceae. Споры составляют 0.8-3.2 %. Концентрация – 86-23.6 тыс. зерен / г.



1 – пески среднезернистые, 2 – пески мелкозернистые, 3 – пески пылеватые, 4 – торф, 5 – корни растений, 6 –детрит, 8 – позднеголоценовые Рис. 28. Геологическое строение и палинологическая диаграмма разреза № 088, тукулан Махатта.

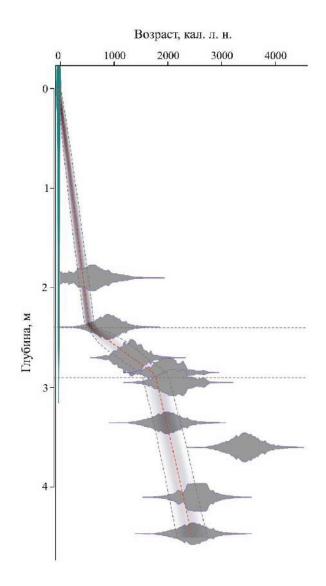


Рис. 29. Возрастная модель позднеголоценовых отложений разреза №088 тукулана Махатта.

В образце, отобранного в пределах позднеголоценовых ППО на глубине 0.7 м, пыльца и споры отсутствуют.

Палинозона РZO (5.0-4.0 м) соответствует современной фации ручья Кысыл-Юрях, временных водотоков и наледей. Она характеризуется доминированием древесных пород (70.2-93.3 %), среди которых преобладает *Pinus* s/g *Diploxylon* (67.4-86%). Пыльца трав составляет 4.9-26.7 % с преобладанием Cyperaceae и Poaceae. Споры составляют 1.8-12.9 %. Концентрация – 472-3350 зерен / г.

Разрез № 071 (63°54′34′′ с. ш.; 122°32′37′′ в. д.) расположен в пределах юговосточной краевой части тукулана Махатта в долине ручья Кысыл-Юрях, на левом берегу р. Вилюй в 8 км к северо-западу от п. Кысыл-Сыр вверх по течению. Мощность отложений составляет 10 м. Вскрытые отложения представлены: в

верхней части — песками среднезернистыми перекрестно-косослоистыми с включением прослоев органики; в средней части — песчаные отложения осложнены морозобойными трещинами и клиньями, линзочками торфа, с 4.3 м прорезаны жилой погребенного торфяника; в нижней части (7.2-10 м) — отложения современной фации временных водотоков, наледей и наносов ручья Кысыл-Юрях (Таблица 9, рис. 30). Данные гранулометрического состава песчаных отложений (13 образцов) представлены в Приложении В, данные минералогического анализа (11 проб) — в Приложении Г.

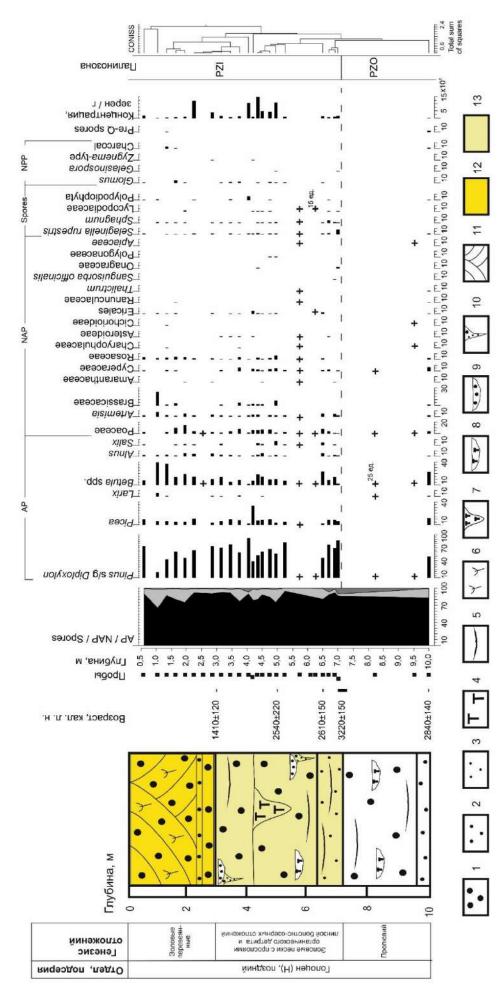
Таблица 9. Литологическое описание разреза № 071, заложенного в пределах юго-восточной краевой части тукулана Махатта

Характеристика отложений	Глубина, м
Пески светло-желтые среднезернистые перекрестно-косослоистые с прослоем песков светло-желтых мелкозернистых косослоистых на глубине 2.5 м мощностью 10 см с корнями современных растений.	0.1-3.0
Пески светло-желтые с охристым оттенком среднезернистые горизонтально- слоистые с линзами песков светло-желтых мелкозернистых, с тонкими прослоями (2-5 мм) темно-коричневого детрита и линзочками торфа. На глубине 3.2 м и 4.0 м встречаются морозобойные трещины и клинья, заполненные песками светло- желтыми мелкозернистыми сухими. С 4.3 м залегает жила погребенного торфяника кустарничково-осокового мощностью 1.2 м.	3.0-6.4
Пески светло-желтые пылеватые с тонкими прослоями детрита.	6.4-7.2
Пески светло-серые среднезернистые с прослоями темно-коричневого детрита и линзочек торфа.	7.2-9.7
Пески светло-серые мелкозернистые.	9.7-10.0

Радиоуглеродные даты получены для 5 образцов (Таблица 7). Построенная для разреза № 071 возрастная модель характеризует формирование юго-восточной краевой части Тукулана Махатта и накопление перевеянных эоловых отложений в интервале 2800-0 кал. л. н. (рис. 31).

Палинологические данные. В ходе палинологического анализа обработано 28 образцов (рис. 30). Из верхней части разреза (интервал 0.1-3.0 м), представленной чисто ППО позднеголоценового возраста, получено восемь проб.

Палинозона РZI (7.2-0.1 м, 2530-0 кал. л. н) характеризуется доминированием древесных пород (65-95 %), среди которых преобладает *Pinus* s/g *Diploxylon* (до 93%). Пыльца трав составляет 3.3-32.8 % с преобладанием Poaceae,



 позднеголоценовые ППО; 13 – позднеголоценовые ППО с «+» – единичные зерна; 1 – пески среднезернистые, 2 – пески мелкозернистые, 3 – пески пылеватые, 4 – торф, 5 – прослои детрита, 6 – корни современных растений, 7 – жила погребенного торфяника, 8 – линзочка торфа, 9 – линзочка с песком мелкозернистым, 10 – трещины и клинья, Рис. 30. Геологический разрез и палинологическая диаграмма разреза № 071, тукулан Махатта. заполненные песком мелкозернистым, 11 – перекрестно-косослоистая текстура, 12 прослоями органического детрита и торфа

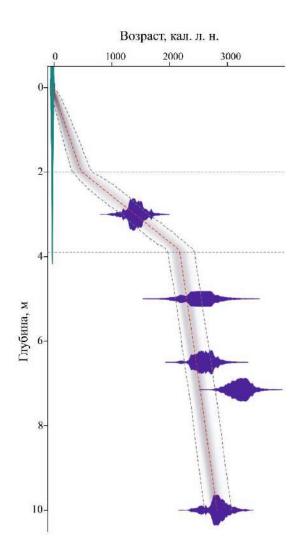


Рис. 31. Возрастная модель позднеголоценовых отложений разреза № 071 (0-10 м) юго-восточной краевой части тукулана Махатта.

Artemisia, Rosaceae и Brassicaceae. Споры составляют 0.6-6.6 %. Концентрация от 50-168 до 1000-1630 зерен / Γ в песчанистых отложениях и прослоях, от 4000 до 14590 зерен / Γ в торфянистых слоях.

Палинозона РZO (10.0-7.2 м, 2800-2530 кал. л. н.) характеризует современную фацию ручья Кысыл-Юрях, наледей и временных склоновых водотоков. Пыльца практически отсутствует за исключением нижнего спектра, отмеченного на глубине 10 м. Присутствуют единичные зерна *Pinus* s/g *Diploxylon*, *Larix* и *Betula* spp., *Artemisia*, Poaceae, Cyperaceae, Caryophyllaceae, Cichorioideae и зонтичных Apiaceae. Споры отсутствуют.

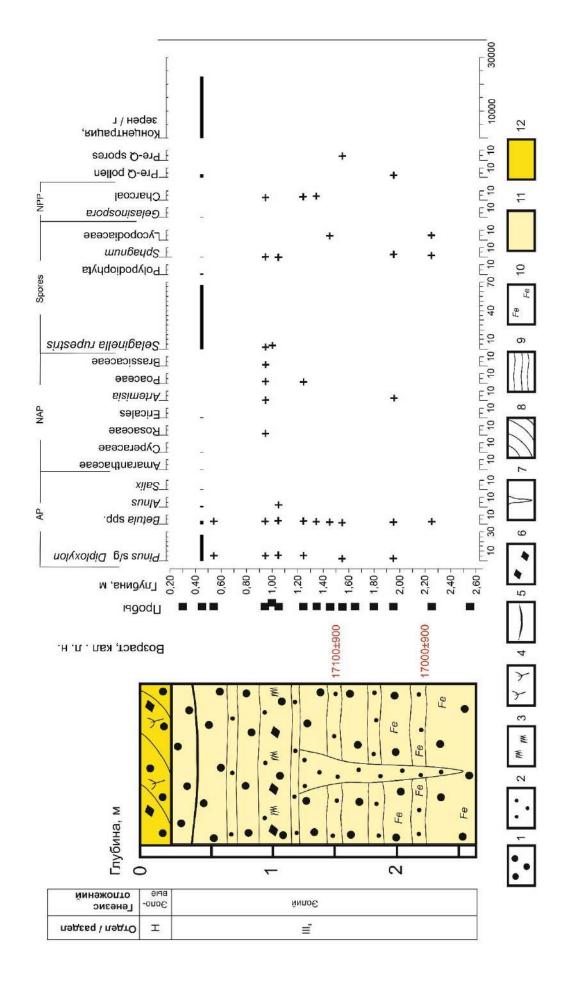
Спорово-пыльцевой спектр, отмеченный на глубине 10 м, имеет схожий состав с выделенной палинозоной PZI. В его составе доминирует пыльца *Pinus* s/g

Diploxylon (49 %), а также в относительно большом количестве присутствует Betula spp. (22.3 %). В травянистой группе преобладает пыльца Cyperaceae (6.1 %) и Poaceae (4.1 %). Отмечены споры Selaginella rupestris и Polypodiophyta,. Концентрация 78 зерен / г.

Разрез № 075 (63°54′49.1′′ с. ш., 122°32′34.8′′ в. д.) расположен в междюнном понижении в пределах активной части тукулана Махатта в 50 м от уступа цепи дюн, на левом берегу р. Вилюй в 9 км северо-западном направлении от пос. Кысыл-Сыр вверх по течению (рис. 32). Видимая мощность составляет 2.6 м. Вскрытые отложения представлены песками среднезернистыми с погребенным горизонтом эмбриональной почвы, залегающей на глубине 0.45 м, и прослоями угольков, осложнены морозобойными трещинами (Таблица 10, рис. 33). Отложения в интервале 0.2-2.6 м отнесены к ППО второй половиныМИС 2, верхняя часть — позднеголоценовые ППО. Данные гранулометрического анализа (14 проб) представлены в Приложении В.



Рис. 32. Общий вид активной юго-восточной части тукулана Махатта (фото М.Р. Павловой, 2015).



«+» – единичное содержание; 1 – пески среднезернистые, 2 – пески мелкозернистые, 3 – органические остатки, 4 – корни современных растений, 5 прослой эмбриональной палеопочвы, 6 – угольки, 7 – морозобойная трещина; текстура: 8 – косослоистая, 9 – горизонтально-слоистая Рис. 33. Геологический разрез и палинологическая диаграмма разреза № 075 позднечетвертичных отложений, тукулан Махатта. слабоволнистая; 10 – ожелезнение, 11 – отложения ППО МИС 2, 12 – позднеголоценовые ППО. Красным цветом – ОСЛ-даты.

Таблица 10. Литологическое описание разреза №075, заложенного в пределах активной части тукулана Махатта

Характеристика отложений	Глубина, м
Пески светло-желтые среднезернистые косослоистые с включением углей и	0-0.2
единичных корней растений.	
Пески светло-желтые среднезернистые горизонтально-слоистые слабоволнистые мощностью 7-12 см с чередованием тонких прослоев песков темно-серых мелкозернистых горизонтально-слоистых слабоволнистых, толщина слоев от 0.5 до 1.5-2 см (ППО МИС 2); на глубине 0.45 м горизонт эмбриональных палеопочв темно-коричневый мощностью 3 мм с включением угольков. В интервале 1.0-1.1 м прослой песков насыщен угольками и мелкими органическими остатками. С глубины 2 м наблюдается сильное ожелезнение, вследствие чего слои приобретают охристый и насыщенно охристый оттенок. Пачка отложений прорезана с 1.3 по 2.6 м морозобойной трещиной, заполненной светло-серыми песками мелкозернистыми (ППО МИС 2).	0.2-2.6

Палинологические данные. В ходе палинологического анализа обработано 15 образцов (рис. 30). В спектрах ППО МИС 2 пыльца и споры практически отсутствуют, за исключением прослоя эмбриональной почвы, отмеченной на глубине 0.45 м. Присутствуют единичные зерна *Pinus* s/g *Diploxylon*, *Betula* spp., Poaceae, Rosaceae, *Artemisia*, Amaranthaceae и Brassicaceae; единичные споры *Selaginella rupestris*, *Sphagnum*, Lycopodiaceae, дочетвертичные споры, представленные, в основном, Cf. *Osmunda* и угольки.

В спорово-пыльцевом спектре палеопочвенного прослоя соотношение древесных и недревесных таксонов и спор имеет следующий вид — 31.4: 0.5: 68.1%. В спектре доминирует пыльца *Pinus* s/g *Diploxylon* (26.9%) и споры *Selaginella rupestris* (66.5%). Из древесных растений отмечена также пыльца *Betula* spp. (3.6%), *Alnus* (0.8%) и *Salix* (0.1%). Отмечается плохой сохранности зерна дочетвертичной пыльцы из семейств Pinaceae и Podocarpaceae, предположительно переотложенные из меловых песчаников (Приложение Б, Таблица Б4, фотографии в и г). В травянистой группе в небольшом количестве присутствует пыльца Атагапthaceae (0.1%), Cyperaceae (0.2%) и Ericales (0.1%). Отмечены споры *Sphagnum* (0.3%) и Polypodiophyta (1.2%), а также гриба *Gelasinospora* (0.1%). Концентрация составляет 22900 зерен / г.

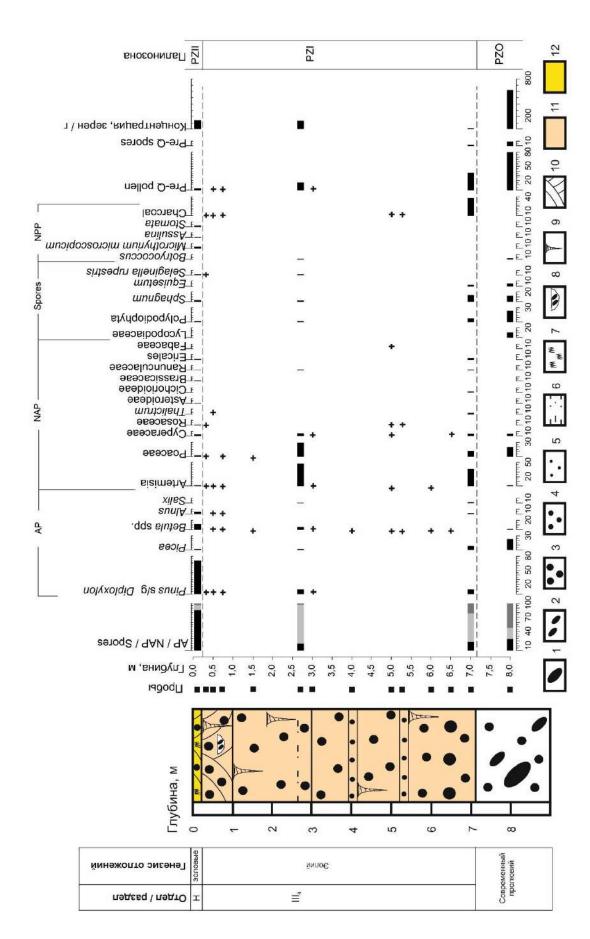
Разрез № 047 (63°54′59′′ с. ш.; 122°31′10′′ в. д.) расположен в обрыве тыльной части термоэрозионного цирка в юго-восточной части тукулана Махатта

в долине ручья Безымянный (рис. 34) в 11.5 км северо-западном направлении от п. Кысыл-Сыр вверх по течению. Мощность вскрытых отложений составляет 9 м. Литологическая характеристика отложений представлена в Таблице 11 и на рис. 32. Позднеголоценовые ППО (до 0.2 м) и ППО МИС 2 залегают в разрезе в интервале 0.2-7.1 м; нижняя часть имеет аллювиальный генезис. Результаты гранулометрического анализа (9 проб) представлены в Приложении В.



Рис. 34. Общий вид юго-восточной части тукулана Махатта в долине ручья Безымянный (фото М.Р. Павловой, 2015).

Палинологические данные. В ходе палинологического анализа обработано 14 образцов (рис. 35). В спектрах позднеголоценовых (1 образец) и МИС 2 (12 образцов) ППО пыльца и споры практически отсутствуют, за исключением проб, отобранных из интервала 0-0.2 м, 2.7 м и 7.0 м. В основной пачке (РZI) присутствует пыльца *Pinus s/g Diploxylon*, *Picea* и *Betula* spp., *Artemisia*, Poaceae, Cyperaceae, Rosaceae, *Thalictrum* и бобовые Fabaceae. Отмечены единичные споры *Selaginella rupestris* и угольки.



 рассеянный детрит и остатки неразложившейся органики, 8 – линзочки с гравием, 9 – эпигенетические трещины, 10 – перекрестно-косослоистая «+» – единичные зерна; 1 – гальки, 2 – гравий, 3 – пески крупнозернистые, 4 – пески среднезернистые, 5 – пески мелкозернистые, 6 – суглинки, Рис. 35. Геологическое строение и палинологическая диаграмма разреза № 047 позднечетвертичных отложений, тукулан Махатта. позднеголоценовые ППО. текстура, 11 – ШПО МИС 2, 12

Таблица 11. Литологическое описание разреза № 047, заложенного в пределах юго-восточной части тукулана Махатта в долине ручья Безымянный

Характеристика отложений	Глубина, м
Пески светло-желтые среднезернистые перекрестно-косослоистые с рассеянным детритом и остатками неразложившейся органики.	0-0.2
Пески светло-желтые среднезернистые перекрестно-косослоистые с прослоями песков охристых среднезернистых с линзочками гравия; с 0.7 м вертикальные трещины 7-12 см длиной, заполненные песками белесыми мелкозернистыми кварцевыми.	0.2-1.0
Пески светло-желтые среднезернистые неясно горизонтально-слоистые, на глубине 2.7 м с прослоем суглинков темно-коричневых легких сильно криотурбированных толщиной 3-5 см, пронизанные трещинами, заполненные песками белесыми мелкозернистыми.	1.0-3.0
Пески светло-желтые среднезернистые с ритмичным чередованием прослоев песков светло-серых мелкозернистых горизонтально-слабоволнистых, толщина слоев 1-3 мм, пронизанные трещинами, заполненные песками белесыми мелкозернистыми; в нижней части ожелезнение, на глубине 6.5 м прослой песков охристых крупнозернистых мощностью 1-1.5 см.	3.0-7.1
Пески светло-серые среднезернистый с прослоями песков охристых крупнозернистых с включениями гравия и гальки.	7.1-9.0

В спорово-пыльцевых спектрах, отмеченных на глубинах 2.7 и 7.0 м, преобладает пыльца трав (до 82.6%) с доминированием *Artemisia* и Poaceae; присутствуют в небольшом количестве Cyperaceae и Ranunculaceae, *Thalictrum* и Ericales. Пыльца древесных растений представлена *Pinus s/g Diploxylon*, *Picea*, *Betula* spp. и *Salix*. Отмечены споры *Selaginella rupestris*, *Sphagnum* и Polypodiophyta. Отмечается в большом количестве дочетвертичная пыльца Pinaceae и Podocarpaceae (Приложение Б, Таблица Б 4, д, е, ж), дочетвертичные споры, единично *Botryococcus*, а также угольки. Концентрация 130 и 10 зерен / г соответственно.

Спорово-пыльцевой спектр, полученный с глубины 0-0.2 м (РZII), характеризует позднеголоценовые ППО, накапливающиеся за последние 50-100 лет. В его составе преобладает пыльца древесных растений (86 %) с доминированием *Pinus* s/g *Diploxylon* (70%). Из древесных растений отмечена также пыльца *Picea* (1 %), *Betula* spp. (11.1 %) и *Alnus* (3.9 %). В травянистой группе (10.4%) преобладает пыльца Сурегасеае (3.6 %), Poaceae (2 %), *Artemisia* (1.6 %) и Brassicaceae (1.6 %); присутствуют единичные зерна Ranunculaceae, Ericales,

Rosaceae и Asteroideae. Отмечены споры (3.6 %) Selaginella rupestris (0.7 %), Sphagnum (2.3 %) и Polypodiophyta (0.7 %), дочетвертичная пыльца Pinaceae и Podocarpaceae, также плодовые тела гриба Microthyrium microscopicum, устыца хвойных Stomata, остатки амеб Assulina и угольки. Концентрация 135 зерен /г.

Спектр, полученный из пачки современных отложений ручья (PZO), характеризуется преобладанием спор (50.7%) с доминированием Polypodiophyta (23.3%). Присутствуют так же *Sphagnum* (12.3%), Lycopodiaceae (11.0%), *Equisetum* (4.1%). Пыльца древесных растений (24.7%) представлена *Betula* spp. и *Picea*. В травянистой группе (24.7%) присутствует пыльца Poaceae, Cyperaceae и *Artemisia*. В спектрах отмечены в большом количестве дочетвертичная пыльца Pinaceae и Podocarpaceae. Концентрация составляет 617 зерен / г.

4.2. Долина р. Суолы

4.2.1. Местонахождение мамонтовой фауны «Мегинское»

Мегинское (Суольское) местонахождение мамонтовой фауны расположено в 30 км к северо-востоку от п. Нижний Бестях в пределах первой 10-12-метровой надпойменной террасы р. Суолы (правый приток р. Лены). Поверхность террасы волнистая, покрыта, преимущественно, сосновым лесом с толокнянковолишайниковым покровом.

На участке установлены фрагменты горизонтального штрека, выработанного гидропомпой со стороны речного обрыва в 2015 г. во время обнаружения мамонтовой фауны, в пределах которого описаны и опробованы разрезы №174 и №174б. Остальные разрезы (№ 175, №177 и №180) исследованы в естественном обрыве р. Суолы (рис. 36).

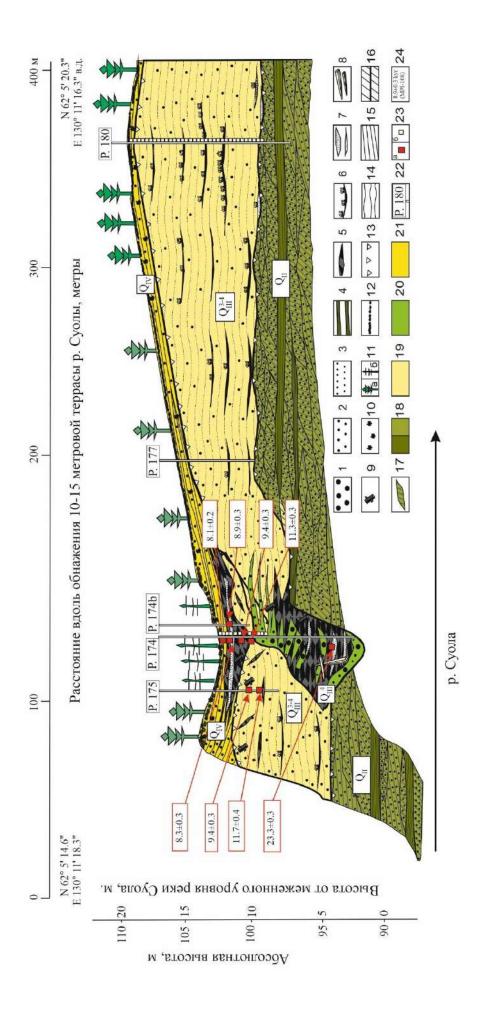
Гранулометрический анализ отложений (54 пробы) выполнен для трех разрезов № 174, № 1746 и № 180, результаты представлены в Приложении В. На основании изучения серии разрезов построен сводный разрез (рис. 37) и выполнено обобщенное геологическое описание Суольского обнажения.



Рис.36. Общий вид естественного обнажения в долине р. Суолы, поймы и второй надпойменной террасы (фото А.А. Галанина, 2016).

Аллювиальные, аллювиально-озерные и болотные отложения. В основании разреза на всем его протяжении в интервале высот 0-10 м от меженного уровня р. Суолы залегает цоколь, сложенный средненеоплейстоценовыми отложениями мавринской свиты видимой мощности 10 м. Эти отложения представлены чередованием супесей серых легких горизонтально тонкослоистых с супесями светло-серыми легкими линзовидно- и микро косослоистыми и с суглинками темно-серыми оглеенными c редкими микровключениями тяжелыми органического детрита. К основанию и понижениям кровли цоколя мавринской свиты (2-8 м) приурочены верхненеоплейстоценовые аллювиальные отложения, представленные песками серыми средне- и мелкозернистыми (русловая фация) с линзами органического детрита и ветками деревьев видимой мощностью 0.5-3 м.

В интервале относительных высот 2.5-8 м залегает линза торфа темно-коричневая травянисто-кустарничковая мерзлая с примесью и прослоями супесей пылеватых, с включением крупных обломков и фрагментов древесины, фрагментов травянистой и кустарничковой растительности и с большим количеством остатков мамонтовой фауны.



стратиграфические несогласия. Структура отложений: 15 - слабо горизонтально-волнистая, 16 - перекрестно-слоистая, 16 - косослоистая, 17 - линзовидно- и верхненеоплейстоценовые аллювиальные (русловая фация), 21 – позднеголоценовые ППО. Прочие обозначения: 22 – положение и номера опорных разрезов; 23 – долина р. Суолы. 1 – пески среднезернистые; 2 – пески мелкозернистые; 3 – супеси пылеватые; 4 – суглинки тяжелые глееватые; 5 – торф травянистокустарничковый мерэлый; 6 – эмбриональные палеопочвенные горизонты с корешковой органикой (in situ); 7 – линзы и прослои крупных фрагментов травянистой и кустарничковой растительности; 8— остатки мамонтового биома; 9—крупные остатки древесной растительности (стволы, ветки и пр.); 10—скопление древесных угольков; 11 — древесная растительность: а — сосна обыкновенная, 6 — лиственница каяндера; 12 — современный почвенно-растительный покров; 13 — дефляционные точки отбора проб: а – на радиоуглеродное датирование, б – гранулометрический и спорово-пыльцевой анализ; 24 – радиоуглеродные даты (калиб. тыс. л. н.) и их Рис.37. Геологическое строение сводного разреза четвертичных отложений на участке обнаружения мамонтовой фауны «Мегинское», микро-косослоистая. Фации отпожений: 18 - озерно-аллювиальные средненеоплейстоценовые (мавринская свита), 19 - ППО МИС 2 - МИС 1; 20 лабораторные номер.

В 6-11 интервале высот OT меженного уровня M отмечаются раннеголоценовые аллювиальные отложения. В нижней части залегают пески серые среднезернистые косослоистые мерзлые c тонкими прослоями органического детрита видимой мощностью 0.3-1 м. Выше прослеживаются пески светло-серые мелкозернистые косослоистые талые с прослоями органического детрита с остатками древесных растений. Местами отложения «врезаются» в позднечетвертичные ППО и отмечаются в виде линз и прослоев с изрезанными границами (предположительно, фация временных водотоков).

В интервале высот от меженного уровня 9-13 м отмечаются небольшие и крупные линзы и прослои гумусированного торфа мохово-кустарничкового с остатками травянистых и древесных растений с прослоями песков мелкозернистых и супесей.

Покровные песчаные отложения. В интервале высот 7.5-18 м от меженного уровня р. Суолы, преимущественно, на мавринской свите залегает пачка ППО МИС 2 — начало МИС 1, сложеная чередованием песков светло-желтых мелкозернистых слабо горизонтально-волнистых мощностью 8-10 см с песками темно-серыми мелкозернистыми мощностью 1-3 см, с небольшими песчаными трещинами длиной 10-12 см и шириной 1-1.5 см, заполненные песками белесыми пылеватыми с включением мелких угольков, с множеством микронесогласий и плоскостей дефляции, включающие прослои песков мелкозернистых, пылеватых и супесей пылеватых, насыщенные органическим детритом и тонкими корешками растений (эмбриональные почвы), вследствие чего имеют темно-коричневый и черный цвет, мощностью 0.5-3 см с остатками корешков травянистых растений.

В интервале высот от меженного уровня 12-20 м залегают позднеголоценовые ППО сложенные песками светло-желтыми мелкозернистыми перекрестно-косослоистыми с включением мелких угольков, с корнями и веточками травянистых растений и кустарничков, в нижней части отмечается ожелезнение.

Радиоуглеродные даты получены для восьми образцов (Таблица 12). Для разреза № 174 построена возрастная модель в интервале глубин 0.1-6 м. Условно

модель экстраполирована вверх до земной поверхности. Относительно надежной полученную хронологию накопления отложений можно считать для периода порядка 23-6.9 тыс. кал. л. н. (рис. 35), что соответствует интервалу 1.1-6м.

Таблица 12. Радиоуглеродные даты отложений на участке обнаружения мамонтовой фауны в обнажении р. Суолы

Лабораторный	Глубина	Материал	¹⁴ С возраст, лет	Возраст	
номер	отбора, м			кал. л. н.	
Береговой обрыв вы	Береговой обрыв высотой 8-10 м в правом борту р. Суолы в 15 м от места обнаружения мамонтовой				
фауны Разрез № 174	4.				
MPI-112	1.1	торф	7250±250	8090±245	
MPI-113	1.4-1.6	торф	7500±250	8340±280	
MPI-103	2.2	Остатки древесной растительности	8400±200	9370±265	
MPI-105	2.7-2.8	Остатки древесной растительности	9800±200	11250±345	
MPI-80	6	Куртина злаков рядом с находкой скелета мамонта	19250±250	23270±300	
Стенка обрушившегося штрека (разрез № 174Б) в 3 м от разреза № 174, в 12 м от бровки обрыва первой					
надпойменной террасы. Мощность 2.4 м.					
MPI-108	1.5-1.55	торф	8000±200	8900±260	
Расположен в береговом обрыве высотой 8-10 м (разрез № 175) в правом борту р. Суолы в 15 м от места					
обнаружения мамонтовой фауны.					
MPI-104	2.7	Остатки древесной растительности	8470±200	9470±275	
MPI-109	2.8-3	Торф с включениями песка	10100±200	11760±360	

Разрез № 174 (62°5′14″ с. ш.; 130°11′18″ в. д.). Мощность отложений составляет 9 м. Вскрытые отложения представлены сингенетически мерзлыми песками с погребенной линзой торфа (Таблица 13, рис. 39).

Палинологические данные. В ходе спорово-пыльцевого анализа обработано 18 образцов, из которых 8 проб получены из отложений ППО. На основании полученных данных выделено 3 палинозоны (рис. 39):

Палинозона РZI (3.6-2.1 м, 13300-9600 кал. л. н.) характеризуется преобладанием пыльцы трав (46.4-56 %) с доминированием *Artemisia* (6.9-23.4 %) и Роасеае (17.8-33 %), *Betula* spp. (15.2-44.1 %) и спор гриба *Glomus* (21-75 %). Отмечено в спектрах значительное количество пыльцы Caryophyllaceae (2.0-7.6 %), Amaranthaceae (1.1-3.5%), Brassicaceae (0.3-2.7 %), Rosaceae (0.7-2.3 %), Cyperaceae (0.7-7.2 %), Cichorioideae (0.7-3.1 %). Споры составляют 4.1-17 %. Из НПП, помимо *Glomus*, отмечены споры и остатки грибов *Gelasinospora* и *Microthyrium*

microscopicum, водоросли *Zygnema*-type и *Cosmarium* cf. *Botrytis*, раковинные амебы *Arcella*. Концентрация уменьшается снизу-вверх (т.е. от 3.6 до 2.1 м) и составляет от 2450 до 30 зерен / г соответственно.

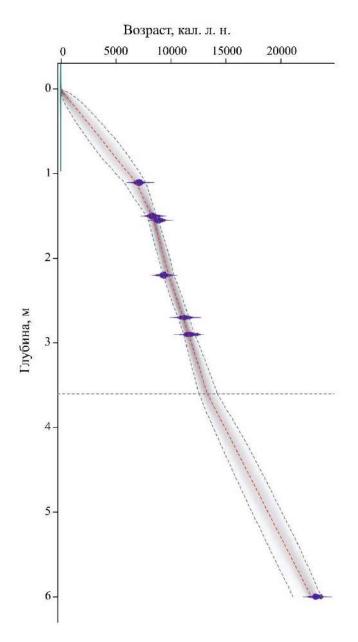


Рис. 38. Возрастная модель позднечетвертичных отложений разреза № 174 в интервале 0.01-6 м, местонахождение мамонтовой фауны «Мегинское», долина р. Суолы.

Палинозона PZII (2.1-0.8 м, 9600-4950 кал. л. н.) характеризуется преобладанием пыльцы Betula spp. (22-74 %), Artemisia (2.5-32.5 %) и Poaceae (3.4-56.1 %), резким уменьшением спор Glomus (0.3-2.7 %). Общее содержание пыльцы трав и кустарничков составляет 19.8-55.8 %, древесной пыльцы (AP) — 22.3-76.6 %. Споры составляют 0.6-23.7 %. Из НПП, помимо Glomus, отмечены споры и остатки грибов Gelasinospora и единичные водоросли Zygnema-type. Концентрация в

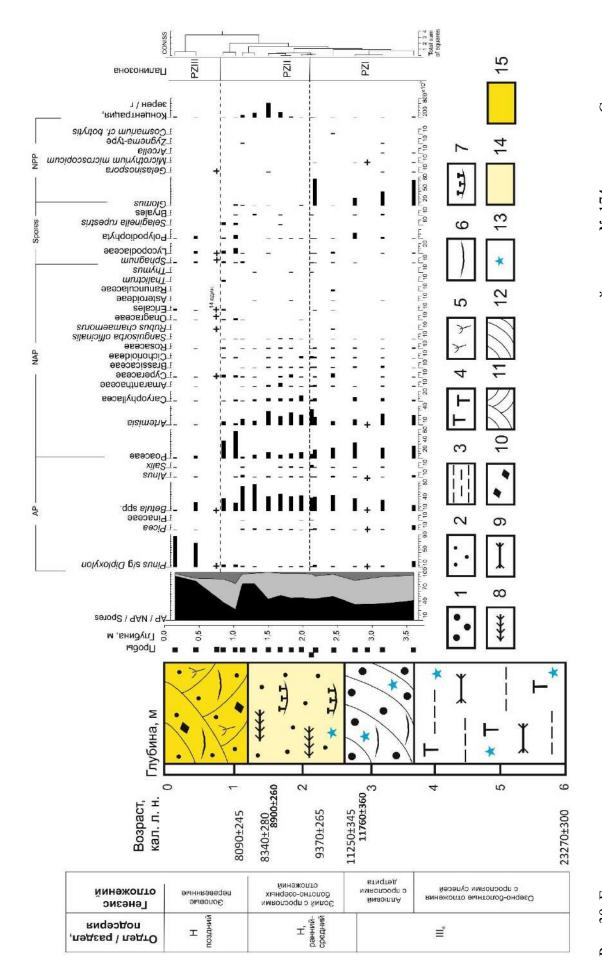
спектрах неравномерная и составляет от 60 зерен / г, в основном, в песчанистых отложениях, до 60400 зерен / г в торфяных прослоях.

Палинозона РZIII (0.8-0.1 м, 4950-500 кал. л. н.). В палиноспектрах наблюдается увеличение доли древесных пород до 92.5 % с преобладанием *Pinus* s/g *Diploxylon* (66.2-86.1 %). Отмечено содержание пыльцы *Betula* spp. (2.7-23.8 %), *Picea* (0.3-0.6 %), *Alnus* (0.9-1.7 %) и *Salix* (до 0.9 %). Пыльца трав составляет 4.9-6.1 % с преобладанием Ericales и Poaceae. Сумма спор составляет от 2.6 до 12.5 %. Отмечено единичное присутствие спор и остатков гриба *Gelasinospora*. Концентрация составляет 418-2790 зерен / г.

Таблица 13. Литологическое описание разреза № 174, заложенного в пределах первой надпойменной террасы р. Суолы на участке местонахождения мамонтовой фауны «Мегинское»

Характеристика отложений	Глубина, м
Пески охристые мелкозернистые перекрестно-косослоистые с прослоями	0.1-1.2
погребенных почвенных горизонтов толщиной 2-4 см, рассеянными угольками и	
с тонкими корнями современных растений.	
Пески светло-серые мелкозернистые талые с прослоями торфа темно-	1.2-2.6
коричневого мохово-кустарничкового с остатками древесных растений. С	
глубины 2.3 м начинается мерзлый слой.	
Пески серые среднезернистые косослоистые мерзлые с тонкими прослоями	2.6-3.6
органического детрита.	
Торф темно-коричневый травянисто-кустарничковый линзовидной формы	3.6-9.0
мерзлый с примесью супесей пылеватых с большим количеством костных	
останков мамонтового биома.	

Разрез № 180 (62°5′34″ с. ш.; 130°11′28″ в. д.) расположен в 30.2 км югозападном направлении от п. Нижний Бестях, Мегино-Кангаласского района Якутии
в пределах второй надпойменной террасы р. Суолы. Поверхность террасы
волнистая, покрыта сосновым лесом с толокнянково-лишайниковым покровом.
Разрез вскрыт в пределах второй надпойменной террасы р. Суолы. Мощность
разреза составляет 12.2 м. Отложения представлены песками светло-желтыми
мелкозернистыми перекрестно-косослоистыми и слабоволнистыми с небольшими
жилками и трещинами 10-12 см, заполненные песками белесыми пылеватыми, с
множеством микронесогласий и плоскостей дефляции (ППО МИС 2),
включающими палеопочвенные горизонты мощностью 0.5-3 см (Таблица 14, рис.
40).



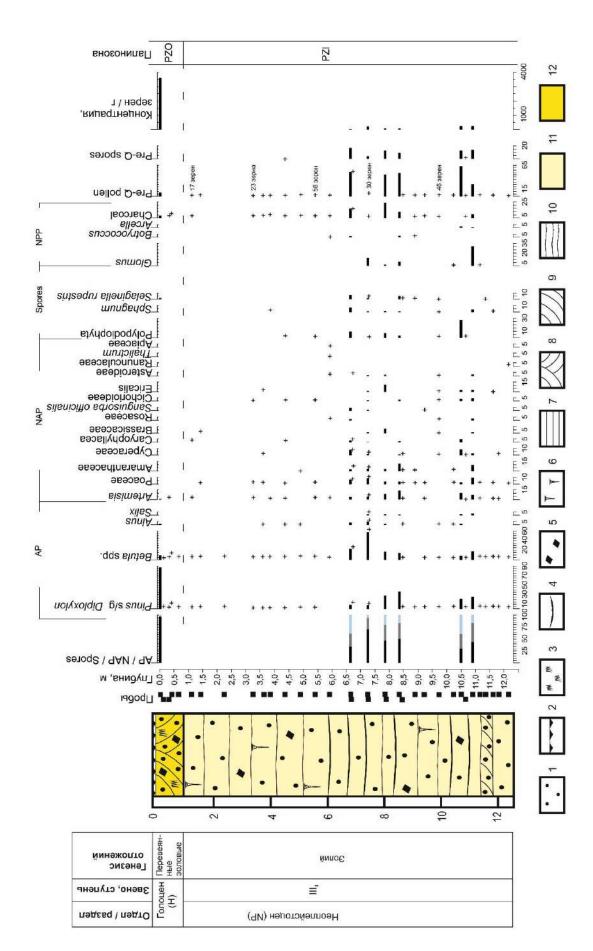
 $\langle + \rangle - \epsilon$ диничные зерна; 1- пески среднезернистые, 2- пески мелкозернистые, 3- супеси пылеватые, 4- тор ϕ , 5- корни современных растений, 6 — прослои почвенных горизонтов, 7 — прослои торфа, 8 — остатки древесных растений, 9 — костные останки, 10 — угольки, 11 — перекрестно-Рис. 39. Геологическое строение и палинологическая диаграмма позднечетвретичных отложений разреза № 174, долина р. Суолы. косослоистая текстура, 12 – косая текстура, 13 – мёрзлые отложения, 14 – раннеголоценовые ППО, 15 – позднеголоценовые ППО.

Результаты гранулометрического состава (31 проба) отложений представлены в Приложении В.

Таблица 14. Литологическое описание разреза № 180, заложенного в пределах второй надпойменной террасы р. Суолы

Характеристика отложений	Глубина, м
Растительно-почвенный слой.	0-0.04
Пески светло-желтые мелкозернистые перекрестно-косослоистые с включением угольков, с корнями и веточками растений; в нижней части наблюдается ожелезнение горизонта. На глубине 0.28 м – прослой супесей белесых пылеватых.	0.04-0.4
Пески светло-желтые с охристым оттенком мелкозернистые перекрестно-косослоистые с включением ожелезненных пятен и корней растений.	0.4-0.9
Пески светло-желтые мелкозернистые слабо горизонтально-волнистые мощностью 8-10 см с чередованием песков темно-серых мелкозернистых мощностью 1-3 мм с песчаными жилами и трещинами длиной 10-12 см и шириной 1-1.5 см, заполненные песками белесыми пылеватыми, с включением угольков, с множеством микронесогласий и плоскостей дефляции, включающие палеопочвенные горизонты мощностью 0.5-3 см, отмеченные в интервалах 6.4-6.8 м, 7.0-7.4 м, 7.4-8.0 м и 8.3-8.4 м.	0.9-10.0
Пески светло-серые мелкозернистые с чередованием песков темно-серых мелкозернистых с горизонтальной и косой слоистостью, мощность слоев от 1 до 4-5 мм, включающими прослои супесей темно-серых пылеватых с тонкими прослоями органического детрита на глубинах 10.45-10.5 и 10.8-11.0 м.	10.0-12.2

Палинологические данные. В ходе палинологического анализа обработано 35 образцов (рис. 40 и 41), из которых 30 образцов из ППО МИС 2 и 5 проб из позднеголоценовых ППО. В пределах пачки ППО МИС 2 (РZI) выделены две группы спорово-пыльцевых спектров. Первая группа отмечена в интервале глубин 0.9-12.2 м и характеризуется практически полным отсутствием спор и пыльцы. Отмечены единичные зерна Artemisia, Amaranthaceae, Cyperaceae, Poaceae, Caryophyllaceae, Cichorioideae, Asteroideae, Brassicaceae, Rosaceae, Apiaceae, Thalictrum, Ranunculaceae, Ericales и Sanguisorba officinalis. В древесной группе присутствуют единичные зерна Pinus s/g Diploxylon, Alnus и от 2-6 до 21 шт. пыльцы Betula spp. Присутствие в некоторых спектрах относительно большого количества дочетвертичной пыльцы, представленной преимущественно Pinaceae и Podocarpaceae (от 17 до 46-56 шт.). Зерна Pinaceae и Podocarpaceae имеют плохую сохранность, представлены в основном отдельными фрагментами, очень мало



«+» – единичные зерна; 1 – пески мелкозернистые, 2 – растительно-почвенный слой, 3 – корни и веточки растений, 4 – палеопочвенный горизонт и прослой органического детрита, 5 – угольки, 6 – песчаные жилы и трещины; текстура: 7 – горизонтальная, 8 – перекрестно-косослоистая, 9 – Рис. 40. Геологическое строение и палинологическая диаграмма позднечетвретичных отложений разреза № 180, долина р. Суолы. косослоистая, 10 — слабо горизонтально-волнистая, 11 — отложения ППО МИС 2, 12 — позднеголоценовые ППО.

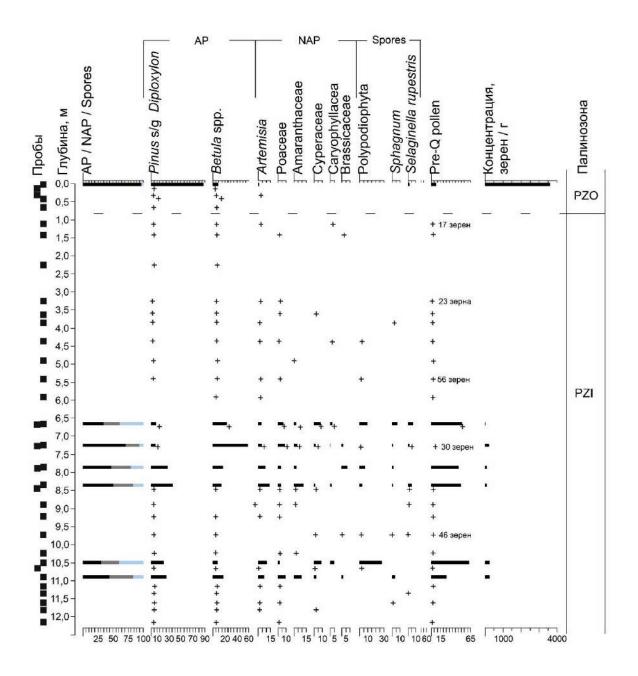


Рис. 41. Изменения состава главных таксонов и дочетвертичной пыльцы по разрезу № 180, долина р. Суолы.

целых экземпляров, также выявлена кристаллизованная пыльца (Приложение Б, Таблица Б3 - в, д, е; Таблица Б4 - б). Отмечено единичное присутствие спор *Selaginella rupestris*, *Sphagnum* и Polypodiophyta, мезозойские споры и угольки.

Вторая группа (спектры, отмеченные в интервалах 6.4-6.8 м, 7.0-7.4 м, 7.4-8.0 м, 8.3-8.4, 10.45-10.50 м и 10.8-11.0 м) характеризуется доминированием травянистой растительности (23.1-38.8%) с преобладанием *Artemisia* (3.5-14%), Amaranthaceae (2.3-11.6%) и Poaceae (1.5-9.2 %). Отмечены также Cyperaceae, Caryophyllaceae, Rosaceae, *Sanguisorba officinalis*, Asteroideae, Cichorioideae,

Ericales, Brassicaceae. Пыльца древесных растений представлена *Pinus* s/g *Diploxylon*, *Betula* spp., *Alnus* (и *Salix* 0.3-1.3 % и переотложенной пыльцы *Picea*. Споры представлены *Selaginella rupestris*, Polypodiophyta, *Sphagnum* и мезозойские споры. НПП представлены *Glomus*, *Botryococcus*, *Assulina* и угольки. В образце10.8-11.0 м отмечено большое содержание *Glomus* (30.5 %). Концентрация составляет 23-241 зерен / г.

Спектры (PZO), полученные в интервале 0-0.4 м, характеризуют современную растительность района — сосновый лес с толокнянковым или лишайниковым покровом. Концентрация — 3600 зерен / г.

4.3. Долина среднего течения р. Лены 4.3.1. Обнажение Песчаная гора

Обнажение Песчаная гора (рис. 42) расположено на правобережье р. Лены в 60 км выше устья р. Алдан и в 14 км к северо-востоку от пос. Графский берег. Оно приурочено к береговому обрыву 18-25-метровой третьей надпойменной террасы р. Лены и имеет протяженность более 7 км. Поверхность террасы сложена параллельными рядами U-образных дюн, ориентированных в юго-восточном направлении. Бровки дюн покрыты сосновым лесом с толокнянковолишайниковым покровом. В междюнных понижениях распространены березовые группировки, ерниково-осоковые заросли, разнотравные луга, болота и мелкие озера.



Рис. 42. Общий вид обнажения Песчаная гора, долина среднего течения р. Лены (фото A.A. Галанина, 2018).

В пределах Песчаной горы вскрыт разрез № 537 (62°88′21′′ с. ш.; 129°80′68′′ в. д.), который расположен в центральной части обнажения. Строение разреза приведено в Таблице 15 и на рис. 43 (сверху вниз).

Результаты гранулометрического анализа (29 проб) представлены в Приложении В, данные минералогического анализа (28 проб) — в Приложении Г. Для верхней части разреза № 537 (интервал 0-6 м), где вскрывается палеокотловина с торфяником, залегающая на пачке озерно-эоловых отложений, выполнено более подробное описание и построен дополнительный разрез (Таблица 16, рис. 44), так как он был опробован на спорово-пыльцевой, карпологический и радиоуглеродный анализы.

Радиоуглеродное датирование выполнено для четырех образцов, результаты представлены в Таблице 17. Так же в Таблице 17 приведены даты, ранее полученные для обнажения Песчаная гора другими исследователями. До середины 1990-х гг. радиоуглеродные даты публиковались в некалиброванном виде, поэтому для удобства интерпретации для цитируемых дат выполнена калибровка и перевод в календарный возраст.

Таблица 15. Литологическое описание разреза № 537, заложенного в пределах естественного обнажения Песчаная гора, долина среднего течения р. Лены (начало)

Характеристика отложений	Глубина, м
Торф темно-коричневый мохово-кустарничковый от хорошо разложившегося (в нижней	0-2.6
части) до плохо разложившегося (в верхней части) с тонкими прослоями супесей белых	
пылеватых и с включением обломков древесины.	
Озерные с примесью эоловых отложений сложены песками светло-серыми среднезернистыми, местами с охристым оттенком, с тонкими прослоями супесей темносерых пылеватых толщиной 2-3 мм; практически не содержат видимого органического детрита, отмечаются признаки значительных вторичных деформаций (плойчатая микроскладчатость, микродиапиры выдавливания, вертикальные микроразрывы со сдвиговыми смещениями на 10-15 см).	2.6-4.6
Озерные отложения, представленные горизонтально залегающими слоями супесей темносерых с сизоватым оттенком пылеватых, суглинков сизых легких и песков мелкозернистых белесых кварцевых. Растительный детрит полностью отсутствует.	4.6-5.0
Верхняя пачка эоловых отложений (ППО МИС 2) представлена песками светло-желтыми мелкозернистыми хорошо сортированными волнисто- и перекрестно-слоистыми с прослоями песков белесых крупнозернистых и редкими включениями тонких почвенно-дерновых прослоек толщиной до 2-4 см.	5.0-8.6

Поверхность дефляции, подстилаемая песками темно-серыми мелкозернистыми и супесями пылеватыми с фрагментами палеопочвы. Поверхность несогласно срезает наклонные серии подстилающей нижней пачки ППО МИС-2 и наклонена в юговосточном направлении под углом 10-15°; местами разбита вертикальными песчаными клиньями толщиной до 10-15 см и глубиной до 0.5-1 м. Палеопочва образована прерывистыми тонкими (0.5-1 см) прослоями и линзами мелкого растительного детрита, угольков, тонких прослоев песков отбеленных кварцево-полевошпатовых с примесью мелкого (2-3 мм) гравия.	8.6-9.0
Нижняя пачка эоловых отложений (ППО МИС 2) представлена песками светло-желтыми, местами светло-серыми, среднезернистыми с горизонтальной слабоволнистой, местами перекрестно-волнистой круто падающей (45-60°) слоистостью, ориентированной в юго-востосточном направлении, с редкими прослоями песков крупнозернистых и гравия (2-4 мм).	9.0-15.0
Палеопочвенный горизонт, образованный тонким переслаиванием песков серых крупнозернистых и супесей темно-серых гумусированных с мелким растительным детритом, линзами намывной органики. Местами пачка разбита вертикальными песчаными клиньями глубиной до 1.5 м и шириной 0.5 м, заполненными песками среднезернистыми кварцево-полевошпатовыми из вышележащих слоев.	15.0-15.15
Верхняя аллювиальная пачка образована чередованием горизонтальных слоев песков светло-серых среднезернистых мощностью 5-15 см с тонкими (2-3 см) прослоями супесей темно-серых пылеватых со знаками ряби, линзами намывного растительного детрита. В некоторых слоях наблюдается косая слоистость (фация подводных речных дюн), обусловленная литологической неоднородностью.	15.15-22.5
Палеопочвенный горизонт, сложенный супесями охристыми пылеватыми с тонкими (3-4 см) линзами гумусированного органического детрита с примесью угольков. Слоистость отложений волнистая, слойчатость тонкопараллельная, местами неясная. Кровля разбита систематическими вертикальными песчаными трещинами толщиной 10-15 см и глубиной до 0.5-1 м.	22.5-22.55
Нижняя аллювиальная пачка представлена песчано-гравийными охристыми горизонтально слоистыми отложениями с примесью галек (бестяхская свита).	22.55-25.0

Таблица 16. Литологическое описание разреза № 537 в интервале 0-6 м, заложенного в пределах естественного обнажения Песчаная гора, долина среднего течения р. Лены

Характеристика отложений	Глубина, м
Торф темно-коричневый мохово-кустарничковый хорошо спрессованный, очень	0-0.7
сухой.	
Торф темно-коричневый моховый, полурыхлый, плохо разложившийся со	0.7-1.3
стебельками и листиками травянистых растений.	
Торф темно-коричневый моховый, рыхлый, полуразложившийся со стебельками	1.3-1.9
и листиками травянистых растений.	
Торф темно-коричневый моховый хорошо разложившийся талый.	1.9-2.2
Супеси темно-коричневые легкие пылеватые с рассеянным органическим	2.2-2.4
детритом, мерзлые.	
Пески светло-коричневые среднезернистые с рассеянным органическим детритом	2.4-3
и единичным гравием.	
Пески светло-серые среднезернистые с тонким прослоем супесей темно-серых	3-6
пылеватых на глубине 4.5 м толщиной 3 мм.	

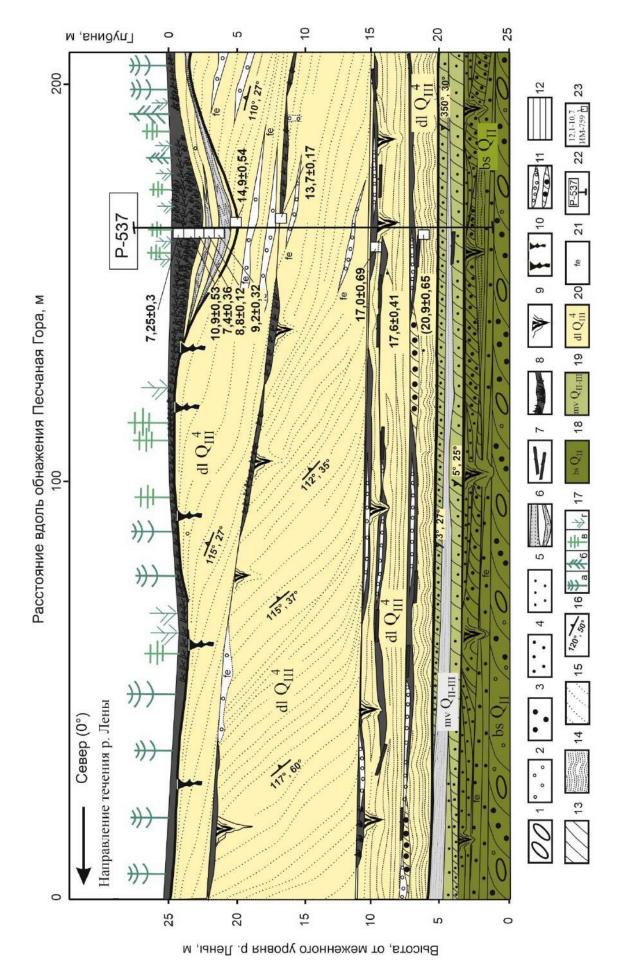


Рис.43. Геологическое строение разреза 18-25-метровой террасы р. Лены в среднем течении в пределах обнажения Песчаная гора (по данным [Галанин, 2021]).

1 — гальки; 2 — гравий; 3 — пески крупнозернистые; 4 —пески среднезернистые; 5 — пески мелкозернистые; 6 — супеси пылеватые; 7 — древесный плавник; 8 — торфяники и фрагменты палеопочв; 9 — песчаные клинья и жилы; 10 — гумусовые желваки и жилы; 11 — структурные несогласия и дефляционные срезы, сложенные крупным песком и мелким гравием; *текстуры*: 12 — горизонтальная; 13 — косая; 14 — горизонтальная слабоволнистая; 15 — крутонаклонная перекрестно-слоистая; 16 — азимут простирания и угол падения слоев; 17 — растительность (а — сосна, б — лиственница, в — береза, г — ива); 18 — бестяхская свита, 19—мавринская свита, обозначение свит по [Камалетдинов, Минюк, 1991], 20 — ППО МИС 2; 21 — интенсивная окраска гидроокислами железа; 22 — опорная расчистка № 537, по которой выполнено опробирование; 23 — радиоуглеродные даты (тыс. кал. л. н.) и их лабораторные номера.

Таблица 17. Радиоуглеродные даты отложений разреза 18-25-метровой террасы р. Лены в обнажении Песчаная гора

Лабораторный	Глубина, м	Материал	¹⁴ С возраст,	Возраст,	Источник
номер			лет	кал. л. н.	
MPI-120	1	торф	6400±300	7250±310	[Шапошников и др., 2019; Галанин, 2021]
MPI-119	1.5	органический детрит	9500±350	10880±530	То же
MPI-118	2	остатки древесины	6560±350	7420±360	То же
ГИН-2462	2.4	Эмбриональная палеопочва, торф	7920±60	8780±120	[Алексеев, 1984,1990]
MPI-121	2.5	торф	8280±250	9220±320	То же
MPI-183	3.0	Остатки кустарниковой растительности	12600±330	14880±540	Данные автора
ГИН-2461	8.0	Эмбриональная палеопочва, торф	11850±150	13740±170	[Камалетдинов, Минюк,1991]
ИМ-760	14.0	То же	14000±500	17020±690	[Алексеев, 1984,1990]
ИМ-901	15.0	То же	14450±320	17630±410	[Камалетдинов, Минюк,1991]
ИМ-759	20.0	Растительный детрит	17200±500	20890±650	[Алексеев, 1984,1990]

Палинологические данные. Из разреза № 537 из интервала 0-6 м отобрано и обработано 20 образцов. В ходе спорово-пыльцевого анализа выделено две палинозоны (рис. 44).

Палинозона РZI (6-2.4 м) характеризуется преобладанием древесных растений (83.3-99 %) с доминированием пыльцы *Picea* (62.4-93.4 %). Присутствует пыльца *Pinus* s/g *Diploxylon* (0.3-2.3 %), *Pinus* s/g *Haploxylon* (0.6-0.7 %), *Betula* sect. *Nanae* (1.9-20.1 %), *Alnus* (0.3-3.4 %) и *Salix* (0.7 %). Споры составляют 0.1-6%. Отмечены дочетвертичные споры. Концентрация – 210-580 зерен / г.

Палинозона РZII (2.4-0 м) характеризуется преобладанием древесных растений (62.9-92.3 %) с доминированием *Betula* spp. (19.8-67.8 %). Отмечены хвойные породы – *Pinus* s/g *Diploxylon* (2-62.5 %) и *Picea* (4-30.4 %), *Alnus* (1.2-7.5 %) и *Salix* (0.3-1.3 %). Пыльца трав составляет 7.4-32.4 % с доминированием Роасеае (1.9-20.2 %) и *Artemisia* (1-11.2 %). Постоянно присутствует в небольшом количестве пыльца *Thalictrum* (0.3-1.3 %). Споры составляют 0.1-4.7 %. Отмечены дочетвертичные споры, водоросли *Botryococcus*, споры и остатки грибов *Glomus* и *Gelasinospora*, раковины амеб *Arcella* и *Centropyxis*. Концентрация составляет 27100-284400 зерен / г.

Карпологические данные. Результаты карпологического анализа получены для образца, отобранного на глубине 1 м (537_1 м), который имеет следующий состав: бриевые мхи Вгуорѕіdа (очень много стеблей с листочками), хвощи Еquisetum sp. (1 междоузлие), лиственница Гмелина Larix gmelinii (Rupr.) Kuzen (2 семени), Larix sp. (24 хвоинки), ель сибирская Picea obovata Ledeb. (3 хвоинки), триостренник морской Triglochin maritima L. (2 плодика), осоки Carex spp. (15 мешочков, 31 орешек), болотница яйцевидная Eleocharis ovata (Roth.) Roemer et Schultes (1 плодик), березы Betula sect. Albae (3 орешка) и Betula sect. Nanae (3 орешка), кувшинка четырехгранная Nymphaea tetragona Georgi (3 семени), Роtentilla sp. (1 семянка), сабельник болотный Comarum palustre L. (1 семя), вахта трехлистная Menyanthes trifoliata L. (2 семени), чистец Stachys sp. (1 орешек), верескоцветные Ericales gen. indet. (6 листочков).

4.3.2. Харыялахское обнажение

Харыялахское обнажение (63°09′52′′с. ш., 129°43′52′′в. д.) расположено на правобережье р. Лены вблизи устья р. Алдан. Оно приурочено к третьей (кердёмской) надпойменной террасе р. Лены, имеет протяженность более 2 км и высоту, достигающую 18-25 м (рис. 45). Поверхность террасы преимущественно сложена параллельными рядами дюн, которые покрыты сосновым лесом с толокнянково-лишайниковым покровом [Павлова, Шапошников, 2020].

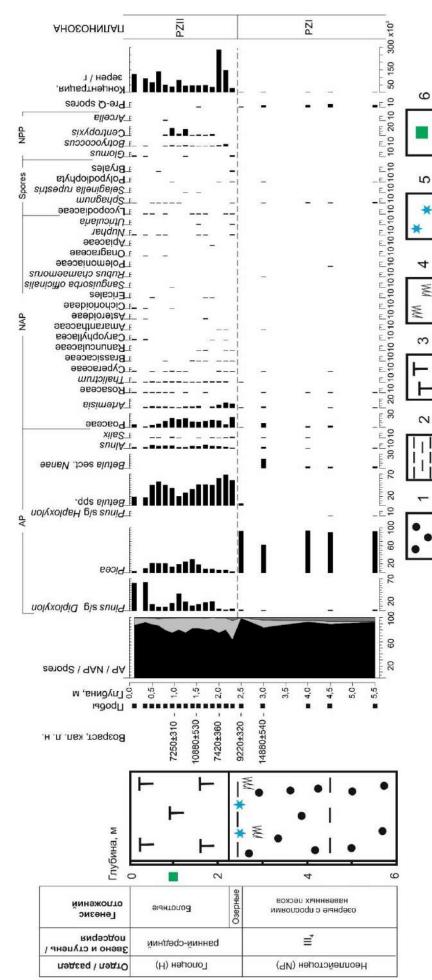


Рис. 44. Геологическое строение и палинологическая диаграмма разреза № 537 позднечетвертичных отложений (интервал 0-6 м), 1 – пески среднезернистые, 2 – супеси пылеватые, 3 – торф, 4 – растительный детрит, 5 – мёрэлые отложен, 6 – проба на карпологический анализ. обнажение Песчаная гора.

В пределах Харыялахского обнажения заложена серия разрезов — № 412, № 413, № 414, № 415, № 482 (рис. 46) на основании которых выполнено общее геологическое описание, которое приводится в Таблице 18 сверху вниз. Данные о гранулометрическом составе (41 образец) представлены в Приложении В. Радиоуглеродные даты получены для шести образцов (Таблица 19). Также в 3 км от Харыялахского обнажения вскрыты раннеголоценовые аллювиальные отложения, перекрытые позднеголоценовыми ППО (разрез № 418), описание которых приводится ниже.

Разрез № 412 заложен в верхней части Харыялахского обнажения (рис. 46). Мощность составляет 4.5 м. Литологическая характеристика отложений представлена в Таблице 20 и на рис. 47; описание приводится сверху вниз от кровли разреза.

Палинологические данные. В ходе палинологического анализа отложений разреза № 412 обработано 10 образцов. Выделяется одна пыльцевая зона, отражающая незначительные изменения в содержании таксонов в зависимости от литологических особенностей осадка (рис. 47). В палиноспектрах доминируют древесные породы (42-77.4 %) с преобладанием Pinus s/g Diploxylon, Betula spp. и Betula sect. Nanae. Пыльца трав и кустарничков составляет 19.6-44.9 % с доминированием Cyperaceae, Artemisia и Роасеае. Сумма спор составляет 1.9-28.2 %. Отмечаются споры мезозойских растений, а также споры и остатки грибов Glomus, Gelasinospora и Microthyrium microscopicum, водорослей Botryococcus, устьица хвойных и углистые частицы. Концентрация составляет 37-5741 зерен / г, в образце 412-0.8 м — 16970 зерен / г.

Разрез № 482 заложен в нижней части Харыялахского обнажения (рис. 46), где вскрываются ППО GI-1–GS-1, поверхность палеорельефа с эмбриональным палеопочвенным горизонтом и прослоями покровных песчаных отложений. Мощность разреза составляет 3.5 м. Литологическая характеристика отложений представлена в Таблице 21 и на рис. 48; описание приводится сверху вниз от кровли разреза.

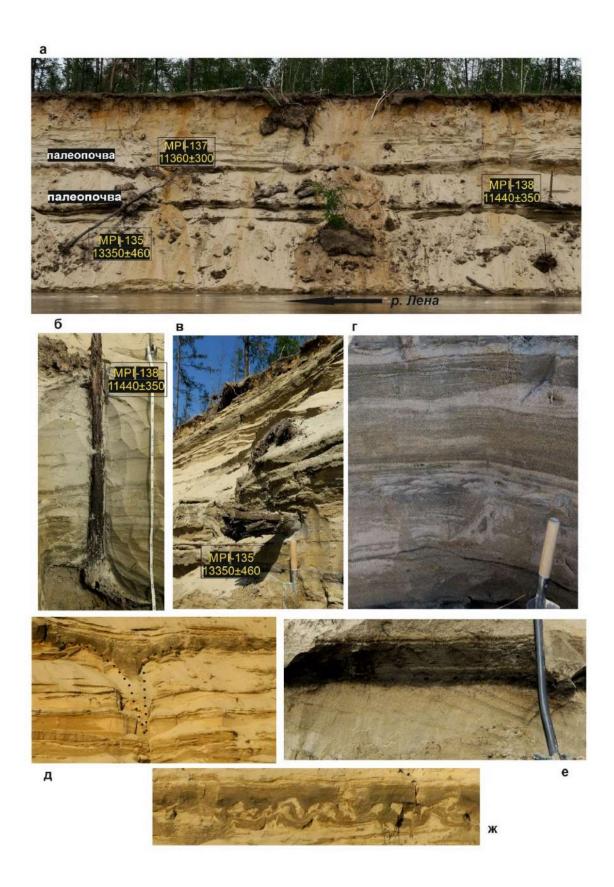
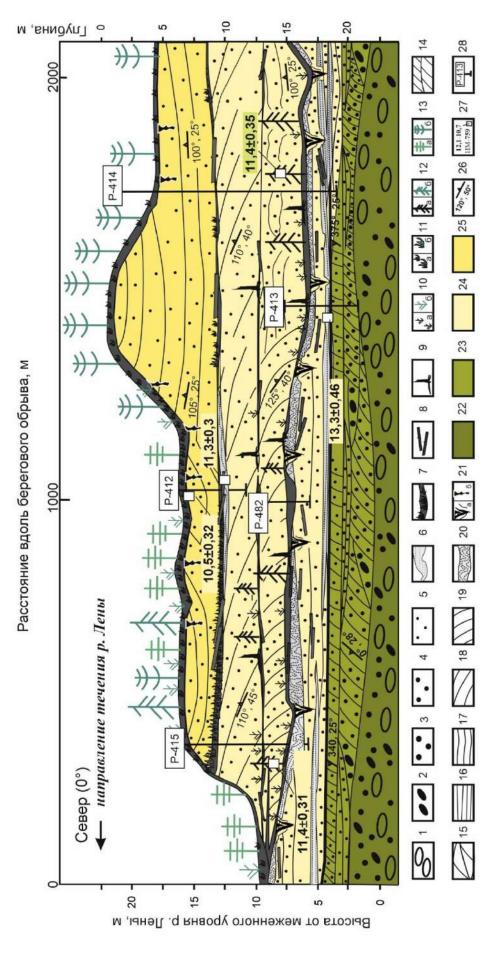


Рис. 45. Харыялахское обнажение, береговой обрыв третьей (кердёмской) надпойменной террасы р. Лены в среднем течении.

а — общий вид обнажения и выполненные датировки; б — кровля палеорельефа с эмбриональной палеопочвой и пневым горизонтом (14.6-15 м), перекрытая верхней пачкой ППО; в — нижняя пачка (15-17.3 м) ППО, перекрытых слоем плавника; г — аллювиальная пачка отложений, знаки ряби; д-ж — выдержанный по всему разрезу эмбриональный палеопочвенный горизонт (е — фрагмент палеопочвы) с полигональными клиньями (д) и криотурбациями (ж).



перекрестно-слоистая, 19 – крутонаклонная; 20 – структуры седиментационных инволюций и криотурбаций; 21 – песчаные клинья и жилы (а) и гумусовые желваки и жилы (6); 22 – аллювиальные (русловые) отложения бестяхской свиты; 23 – верхненеоплейстоценовые аллювиальные отложения; 24 - IIIIO GI-1- GS-1; 25 - поднеголоценовые IIIIO; 26 - азимут простирания и угол падения слоев; $27 - ^{14}\text{C}$ даты (тыс. кал. л. н.) и их горфяники и фрагментыэмбриональных палеопочв; 8 – древесный плавник; 9 – древесные пни с корневой системой; 10 – кустарники: (а) цревовидная береза (а) и сосна (б); *текстуры*: 14 – косая, 15 – линзовидная; 16 – горизонтальная слабонаклонная; 17 – пологоволнистая; 18 Рис. 46. Геологическое строение сводного разреза Харыялахского обнажения, долина среднего течения р. Лены [по Галанин, 2020 б] 1- гальки, 2 - гравий, 3 - пески крупнозернистые, 4 - пески среднезернистые, 5 - пески мелкозернистые, 6 - прослои супесей пылеватых, ископаемые, (б) современные; 11 – сфагновые мхи: (а) ископаемые, (б) современные; 12 – лиственница: (а) ископаемая, (б) современная; 1 лабораторные номера, 28 – разрезы, по которым выполнено опробирование.

Таблица 18. Сводная характеристика геологического строения Харыялахского обнажения, долина среднего течения р. Лены

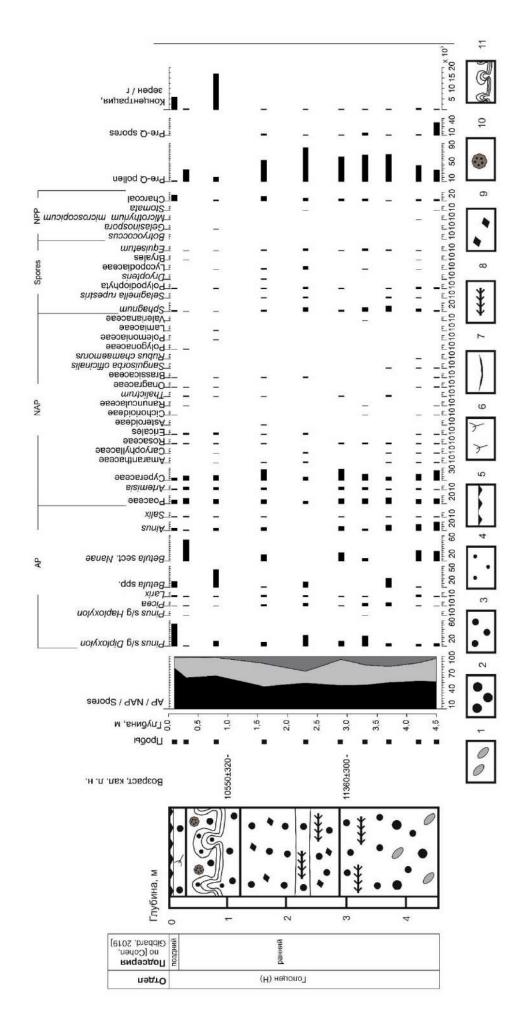
V	Γ
Характеристика отложений Пески светло-желтые мелкозернистые субгоризонтально- и перекрестно- слоистые кварцево-полевошпатовые мощностью от 15 до 30 см с чередованием супесей темно-серых пылеватых слабоволнисто-слоистых 1 до 3 мм, с включениями тонких прослоев детрита, веточек кустарников. Кровля пачки образована сингенетическим рельефом копьевидных дюн, экспонируемый в настоящее время и закрепленный сосново-березовым лесом. Отложения отнесены к позднеголоценовым ППО.	Глубина, м 0-6.6 (10.6)
Поверхность погребенного палеорельефа, волнистая, несогласно срезает подстилающую пачку. Отложения представлены супесями темно-коричневыми пылеватыми с прослоями эмбриональных палеопочвенных горизонтов, торфа кустарничково-мохового и вертикально стоящими пнями деревьев. Горизонт хорошо выдержан по всему обнажению на протяжении 1 км, местами пологоволнистый с погружениями до 1 км. К понижениям кровли приурочены скопления плавника (рис. 45б).	10.6-11.0
Пески светло-желтые мелкозернистые с перекрестной, пологоволнистой, местами, круто-наклонной слоистостью. На отдельных участках падение слоев противоположно современному течению р. Лена. Вблизи кровли в пачке прослеживаются прослои и линзы плавника со стволами древесной растительности, в основном, из <i>Larix gmelinii</i> разной степени сохранности. Отложения отнесены к неоплейстоценовым ППО.	11.0 (12)-13.6
Поверхность палеорельефа с хорошо выдержанным почвенным горизонтом на протяжении всего обнажения, несогласно срезающий подстилающую пачку покровных песчаных эоловых отложений (рис. 45е). Отложения представлены супесями темно-коричневыми пылеватыми уплотненными, местами суглинками легкими слабо гумусированными, слабо оглеенными. Поверхность палеорельефа волнистая, местами погружается в виде пологих депрессий на 2-2.5 м, разбита систематическими вертикальными песчано-суглинистыми клиньями (рис. 45д), структурами седиментационных инволюций и криотурбаций (рис. 45ж). К эмбриональному палеопочвенному горизонту приурочены вертикально стоящие пни лиственницы (Larix gmelinii) вместе с корневой системой и погребенные кустарниковые березы (Betula exilis).	13.6(14.6)-15
Пески светло-серые мелкозернистые кварцево-полевошпатовые горизонтально и пологоволнистый с прослоями супесей пылеватых. Отложения, предположительно, отнесены к ППО. В близи кровли отложений сосредоточены крупные скопления плавника (рис. 45в).	15.0-17.3
Пески темно-серые среднезернистые чередующийся с песками светло-серыми мелкозернистыми хорошо отвеянным с линзовидными прослоями песков крупнозернистых, гравия и единичных галек со следами ожелезнения. Присутствие многочисленных знаков ряби (рис. 45г), представленные двумя типами — волновая и ориентированная. Пачка отнесена к аллювиальным отложениям. Отмечаются останки животных, в частности, челюсть оленя, предположительно, <i>Rangifer tarandus</i> .	17.3-18 (20)
Переслаивание песчано-гравийно-галечных отложений с единичными валунами до 0.5 м диаметром, сходные по составу с аллювиальными галечниками бестяхской свиты, охарактеризованные в [Камалетдинов, Минюк, 1991].	20-22 (25)

Таблица 19. Радиоуглеродные даты по отложениям Харыялахского обнажения, долина среднего течения р. Лены

Лабораторный	Глубина, м	Материал ¹⁴ С возраст,		Возраст,
номер			лет	кал. л. н.
Разрез № 412				
MPI-146	1.0	Остатки древесной растительности	1 9290±220	
MPI-137	3.0	Остатки древесной растительности, 9860±170 плавник		11360±300
Разрез № 413				
MPI-135	10-12	Остатки древесной растительности, плавник	растительности, 11370±400	
Разрез № 414				
MPI-138	9.0	Вертикально стоящий ствол дерева	9900±200	11440±350
Разрез № 415				
MPI-136	6.5	Остатки древесной растительности, 9880±180 плавник		11400±310
Разрез № 418				
MPI-177	1.03-1.08	Торф	9400±180	10690±260
MPI-134	1.32-1.37			7910±280
MPI-184	2.12-2.16	Растительный детрит	9700±350	11180±550

Таблица 20. Литологическое описание разреза № 412, заложенного в пределах Харыялахского обнажения, долина среднего течения р. Лены

Характеристика отложений	Глубина, м
Растительно-почвенный слой.	0-0.04
Пески светло-серые мелкозернистые с корешками современных растений.	0.04-0.2
Пески светло-серые мелкозернистые сильно криотурбированные с линзами и пятнами гумуса от темно-коричневого до черного, изометрической формы с примесью песков палевых пылеватых. Вокруг гумусовых пятен оторочка из отбеленных песков мелкозернистых, по контакту идет ожелезнение. В пятнах встречаются мелкие палочки и стебельки. Нижняя граница горизонта волнистая с опоками и является одновременно границей сезонно-талого слоя.	0.2-1.2
Пески светло-серо-желтые мелкозернистые с редким включением единичных угольков, горизонтально-тонкослоистые. На глубинах 1.20, 2.20 и 2.50 м прослеживаются тонкие темные прослои, местами со сгущением, толщиной от 0.3 до 1 см. На глубине 2.30 м залегает слой с остатками древесных растений, предположительно, плавника.	1.2-2.8
Чередование слоев песков темно-серых и о светло-серых хорошо отвеянных мелкозернистых (русловая и пойменная фации) с прослоями песков среднезернистых с включениями гравия (участки дефляции), со следами ожелезнения, с линзочками гравия, с многочисленными знаками ряби, представленные двумя типами — волновая и ориентированная. На глубине 3 м выдержанный прослой плавника, включающий стволы деревьев.	2.8-4.5



Ď. Рис. 47. Геологический разрез и палинологическая диаграмма разреза № 412, Харыялахское обнажение, долина среднего течения

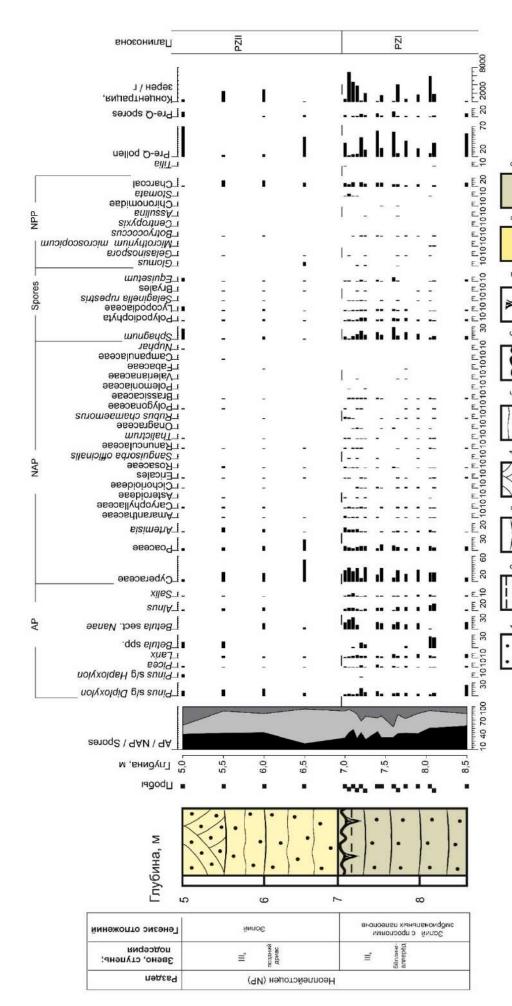
с песками веточки 5 – растительно-почвенный слой, 6 – корни и пятна гумусовые 10 – угольки, - остатки древесной растительности, 9 пески пылеватые, 4 пески среднезернистые, 3 – пески мелкозернистые, ∞ - гумусированный прослой (палеопочва), пылеватыми, 11 – криотурбация отложений 7 гравий, растений,

Таблица 21. Литологическое описание разреза № 482, заложенного в пределах Харыялахского обнажения, долина среднего течения р. Лены

Характеристика отложений	Глубина, м
Пески светло-желтые мелкозернистые с перекрестной, пологоволнистой, местами, круто-наклонной слоистостью (ППО GS-1). На глубине 5.5 м и 6 м отмечаются палеопочвенные горизонты мощностью 0.3-2.5 см.	5.0-7.0
Поверхность палеорельефа с эмбриональным палеопочвенным горизонтом, представленная супесями темно-коричневыми пылеватыми уплотненными, местами суглинками легкими слабо гумусированными, слабо оглеенными; волнистыми, криотурбированными, разбитыми систематическими вертикальными песчано-суглинистыми клиньями. С глубины 7.15 м происходит чередование серии эмбриональных палеопочвенных горизонтов, мощность которых от 5 до 20 см с песком светло-серым мелкозернистым горизонтально и пологоволнистый мощностью от 5 до 15 см (ППО GI-1).	7.0-8.5

Палинологические данные. В ходе палинологического анализа обработано 19 образцов из ППО GI-1–GS-1, включающих песчаные прослои и эмбриональные почвы (периоды закрепления). Выделено 2 палинозоны (рис. 48 и 49):

Палинозона PZI (7.0-8.5 м) характеризуется преобладанием пыльцы трав и кустарничков (24.7-63.2 %) с доминированием Сурегасеае (8.6-33.5 %), Роасеае (до 13.5 %) и Artemisia (до 9.9 %), а также Betula sect. Nanae (до 26.9%) и Larix (1.4-7.6%). Постоянно присутствует в небольшом количестве (до 3.8%) пыльца Amaranthaceae, Caryophyllaceae и Brassicaceae. Отмечены также Cichorioideae, Asteroideae, Ericales, Rosaceae, Sanguisorba officinalis, Ranunculaceae, Thalictrum, Polygonaceae, Onagraceae, Valerianaceae, синюховые Polemoniaceae, Fabaceae, Rubus chamaemorus. В древесной группе также отмечена пыльца Pinus s/g Diploxylon, Picea, Alnus, Salix, единичные Pinus s/g Haploxylon, дочетвертичная пыльца, представленная *Tilia*, Pinaceae и Podocarpaceae. Сумма спор составляет 5.8-46.9 % с преобладанием *Sphagnum* (1.6-28.4%). В спектрах присутствуют также Lycopodiaceae, Polypodiophyta, Selaginella rupestris, Equisetum, Bryales и мезозойские споры. Отмечены НПП – споры и остатки грибов Glomus, Gelasinospora, Microthyrium microscopicum, водоросли (Botryococcus), остатки хирономид Chironomidae и раковинных амеб Assulina, устьица хвойных и углистые частицы. Концентрация составляет от 63 зерен / г в прослоях с преобладанием песчанистых отложений до 6950 зерен / г в гумусированных прослоях (эмбриональных палеопочвах).



482 позднечетвертичных отложений Харыялахского Рис. 48. Геологическое строение и палинологическая диаграмма разреза № обнажения, долина среднего течения р. Лены.

4 - перекрестно-косослоистая поверхность палеорельефа с эмбриональным палеопочвенным горизонтом, криотурбированный, 7 – песчано-суглинистые клинья, 8 – ППО GS-1, 9 – эмбриональные почвы с прослоями ППО GI-1 - гумусовый прослой (эмбриональная палеопочва), 9 α – супеси легкие пылеватые, слабо горизонтально-волнистая текстура, ď пески мелкозернистые,

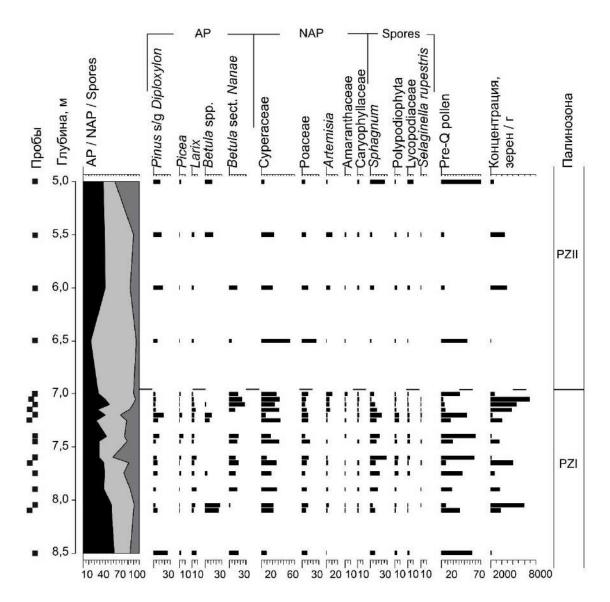


Рис. 49. Изменения состава главных таксонов и дочетвертичной пыльцы по разрезу № 482, долина среднего течения р. Лены.

Палинозона РZII (5-7 м). Характеризуется преобладанием травянистых сообществ (44.2-82.4 %) с доминированием Сурегасеае (20.5-51.9 %), Роасеае (6.9-25.2 %) и Artemisia (0.8-10.9%). В спектрах отмечена также пыльца Amaranthaceae, Ericales, Ranunculaceae, Rosaceae, Caryophyllaceae, Asteroideae, Cichorioideae, Brassicaceae, Rubus Thalictrum, chamaemorus, Polygonaceae, Fabaceae, колокольчиковых Campanulaceae. В группе деревьев и кустарничков (13-40.1%) присутствует пыльца Pinus s/g Diploxylon, Larix, Picea, Betula sect. Nanae, Alnus и фрагменты Salix. Отмечаются и целые зерна дочетвертичной представленной преимущественно Pinaceae и Podocarpaceae (Приложение Б, Таблица Б3 – б, з). Сумма спор (Sphagnum, Lycopodiaceae, Selaginella rupestris,

Equisetum, Bryales, Polypodiophyta) составляет 4.6-15.8 %. В спектрах присутствуют также дочетвертичные споры, споры и остатки грибов *Gelasinospora*, *Glomus* (7.8%), водоросли (Botryococcus) и углистые частицы. Концентрация составляет 37-2770 зерен / г.

Палиноспектр, полученный с глубины 5 м, приурочен к переходной зоне от аллювиального прослоя (уровня паводковых вод), содержащего скопления плавника, к ППО. Характеризуется преобладанием спор (42.7 %) с доминированием *Sphagnum* (24.7%) и пыльцы древесных растений (36 %), а также большого количества дочетвертичной пыльцы, представленной Pinaceae и Podocarpaceae. В спектрах отмечена пыльца *Pinus* s/g *Diploxylon*, *Pinus* s/g *Haploxylon*, *Betula* spp., *Alnus* и *Salix*. Пыльца трав и кустарничков составляет 21.3 % с доминированием Сурегасеае и Poaceae. Отмечены дочетвертичные споры и углистые частицы. Концентрация составляет 420 зерен /г.

Разрез № 418 заложен в 3 км от Харыялахского обнажения на правом берегу р. Лены в обрыве видимой мощностью 8 м, где вскрываются аллювиальностарично-болотные отложения, перекрытые небольшой по мощности эоловой пачкой песков. Мощность разреза составляет 4 м. Литологическая характеристика отложений представлена в Таблице 22 и на рис. 50, данные гранулометрического состава (10 проб) – в Приложении В.

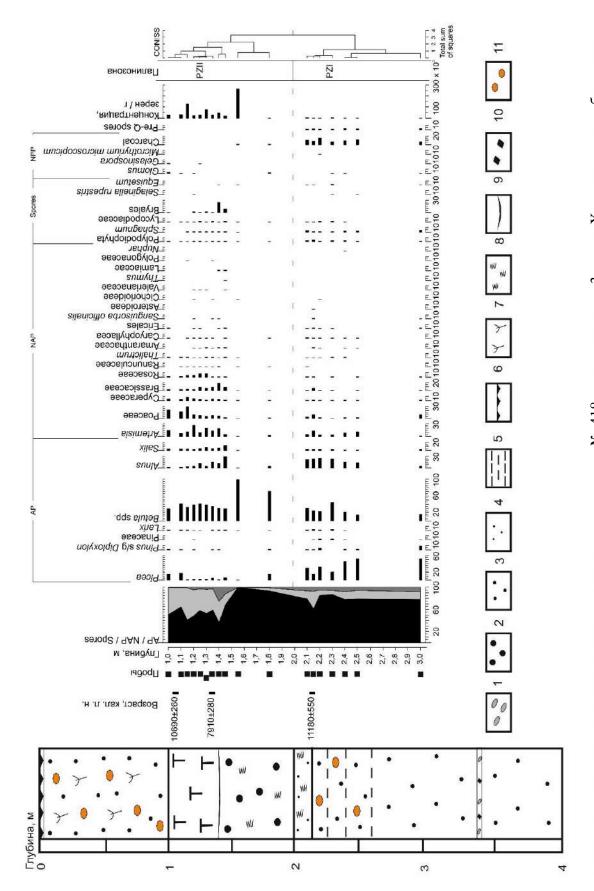
Палинологические данные. В ходе палинологического анализа отложений разреза № 418 обработано 18 образцов (рис. 50). Выделены две палинозоны:

Палинозона РZI (1.95-3 м) характеризуется доминированием древесных пород (60.9-87.3 %). Преобладает пыльца *Betula* spp. (от 14.8 до 43. 1%), *Alnus* (5.8-25%) и *Picea*, содержание которой уменьшается вверх по разрезу (от 51.8 до 14.9 %). Пыльца трав и кустарничков составляет 7.1-31.6 % с доминированием *Artemisia* (1.3-13.2 %), Poaceae (0.3-9 %) и Brassicaceae (0.9-6.1 %). Сумма спор составляет 4.8-8.5 %. Отмечаются дочетвертичные споры, споры и остатки грибов *Glomus* и *Microthyrium microscopicum*, а также углистые частицы. Концентрация — 45-5160 зерен / г.

Таблица 22. Литологическое описание разреза № 418, заложенного в пределах Харыялахского обнажения, долина среднего течения р. Лены

Характеристика отложений	Глубина, м
Растительно-почвенный слой.	0-0.02
Пески палевые мелкозернистые с охристым оттенком, с охристыми пятнами,	0.02-1.0
размывами и затеками с корнями современных растений	
Торф темно-коричневый мохово-осоковый с веточками древесных растений (предположительно, <i>Betula exilis</i>) и кустарничков (преимущественно, Ericales), хорошо спрессованный, местами оглеенный.	1.00-1.42
Гумусовый горизонт темно-коричневый оглеенный.	1.42-1.50
Пески светло-серые среднезернистые горизонтально-слоистые с прослоями песков среднезернистых сильно гумусированного толщиной до 1 см.	1.50-2.00
Пески светло-серые пылеватые сильно гумусированные.	2.00-2.12
Растительный слой с небольшой примесью песков мелкозернистых, представленный фрагментами веточек, стволов, коры и листьев, карликовых видов берез, вересковых, остатками травянистых (злаковые, осоки и пр.), пронизанный нитевидными корешками.	2.12-2.16
Пески светло-серые мелкозернистые горизонтально-слоистые. На глубинах 2.20-2.30 м, 2.40-2.45 м и 2.60-2.63 м отмечаются горизонтально-волнистые прослои супесей темно-серых легких пылеватых оглеенных со следами ожелезнения. В верхней части песчаные отложения имеют охристые натеки и размывы. На глубине 3.30 м — прослой гравия с угольками толщиной 1-1.5 см.	2.16-4.00

Палинозона PZII (1-1.95 м) характеризуется преобладанием пыльцы *Betula* spp. (28.5-99.3 %) и травянистых сообществ (до 58.6 %) с доминированием *Artemisia* (0.1-26.4 %), Poaceae (0.2-27.9 %) и Brassicaceae (0.1-18 %). Сумма спор составляет 0.1-25.6 %. В спектрах присутствуют споры и остатки грибов *Glomus*, *Gelasinospora* и единичные угольки. Концентрация составляет 223-265000 зерен / г.



долина среднего течения р. Лены. 1 – гравий, 2 – пески среднезернистые, 3 – пески мелкозернистые, 4 – пески пылеватые, 5 – супеси леткие Рис. 50. Геологическое строение и палинологическая диаграмма разреза № 418, заложенного в 3 км от Харыялахского обнажения, пылеватые, 6 – почвенно-растительный слой, 7 – корни растений, 8 – гумусированность отложений, 9 – гумусовый горизонт, 10 – угольки, 11 охристые пятна, натеки и разводы.

4.6. Позднеголоценовые и современные отложения в долине среднего течения р. Лены и в долине р. Вилюй

Для выявления ключевых характеристик ППО дополнительно отобраны и проанализированы разные типы позднеголоценовых и современных отложений (рис. 51, Приложение Д) с различных генераций (рис. 52, 53 и 54). Результаты гранулометрического анализа современных отложений (129 образцов) приведены в Приложении В, результаты минералогического анализа (18 образцов) – в Приложении Г.

В пределах тукулана Саамыс-Кумага отобрана проба погребенного дерева, из которого получена радиоуглеродная дата 240±90, или 250±135 кал. л. н. (MPI-168).

Позднеголоценовые пойменные отложения. В пределах высокой (8-10-метровой) поймы р. Вилюй (рис.51 и 55) на правом берегу в 25 км к северо-западу от п. Кысыл-Сыр заложен разрез № 140 (63°54′58′′с. ш., 122°32′38′′в. д.). Мощность составила 10 м. Литологическая характеристика разреза № 140 представлена в Таблице 23, данные о гранулометрическом составе (8 образцов) — в Приложении В. Радиоуглеродные даты получены для 3 образцов, результаты приведены в Таблице 24.

Таблица 23. Литологическое описание разреза № 140, заложенного в пределах высокой поймы р. Вилюй в нижнем течении

Характеристика отложений	Глубина, м
Растительно-почвенный слой.	0-0.1
Пески светло-желтые пылеватые сезонно-талые с чередованием супесей темно-	0.1-1.5
серых тяжелых пылеватых с прослоями и линзами торфа, крупными обломками	
древесины.	
Супеси темно-серые тяжелые пылеватые горизонтально-слоистые мерзлые с	1.5-4.0
прослоями торфа и линзами растительного детрита.	
Пески светло-серые пылеватые с чередованием супесей темно-серых легких	4.0-10.0
пылеватых.	

Таблица 24. Радиоуглеродные даты отложений разреза № 140, заложенного в пределах высокой поймы р. Вилюй в нижнем течении

Лабораторный	Глубина	Материал	¹⁴ С возраст, лет	Возраст,
номер	отбора, м			кал. л. н.
MPI-100	1.5	Торф	1160±150	1070±150
MPI-91	5.8	Песок пылеватый	1460±110	1370±110
MPI-99	8.7	Супесь легкая пылеватая	1740±150	1650±170

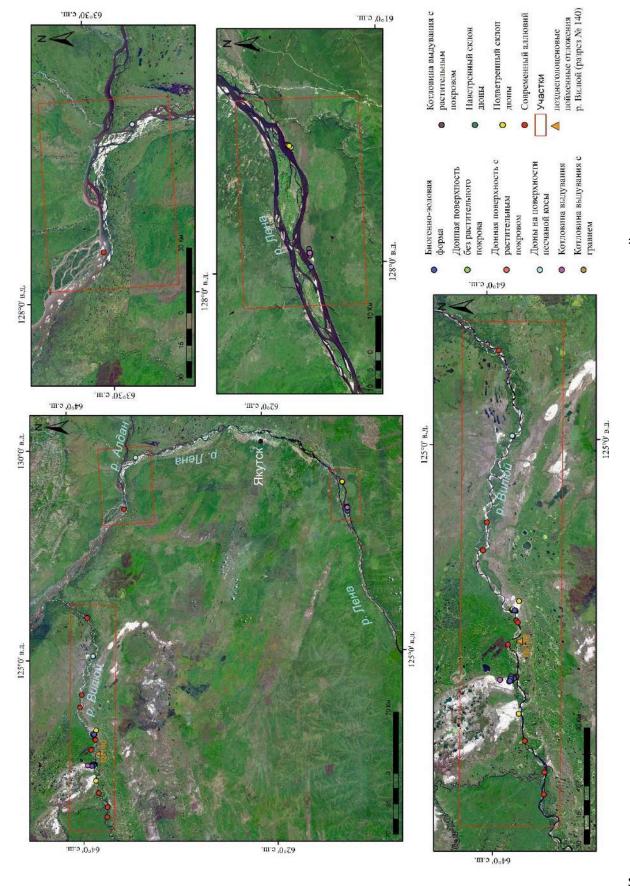


Рис. 51. Карта-схема расположения точек исследования позднеголоценовых и современных отложений.



Рис. 52. Формы эолового рельефа: а, б – параболические и цепи дюн на поверхности тукулана Саамыс-Кумага, в –продольные дюны (тукулан Махатта), г – дюны на поверхности песчаной косы в долине р. Вилюй (фото М.Р. Павловой, 2014-2016 гг.).



Рис. 53. Биогенно-эоловые бугры малые (а-в) и большие (г-д) на поверхности дюнных массивов. а и д — тукулан Махатта, б — тукулан Кысыл-Сыр, в, г — тукулан Саамыс-Кумага (фото М.Р. Павловой, 2014-2016 гг.).



Рис.54. Формы эолового рельефа: а — котловина выдувания с гравием (тукулан Махатта), б — котловина выдувания без растительного покрова (тукулан Кысыл-Сыр), в — котловина выдувания с растительным покровом (тукулан Саамыс-Кумага), г — дюнная поверхность, закреплённая растительным покровом (тукулан Махатта) (фото М.Р. Павловой, 2014-2016 гг.).



Рис. 55. Общий вид высокой поймы р. Вилюй в нижнем течении (фото А.А. Галанина, 2014).

ГЛАВА 5. ВОЗРАСТ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРОВНЫХ ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

5.1. Генезис покровных песчаных отложений

5.1.1 Механизм накопления отложений по данным текстурного анализа

Во всех изученных разрезах верхненеоплейстоценовых ППО (ппоIII) отмечена *сезонная циклическая слоистость* (ритмичность), которая является одним из основных признаков эолового генезиса отложений. Она проявляется в виде чередования песков светло-желтых (иногда светло-серых) мощностью от 5 до 15-20 см (летние слои), иногда до 40 см, с супесями темно-серыми мощностью от нескольких миллиметров до 1-3 см слабо-горизонтально волнистых и пологоволнистых (зимние слои) (рис. 56). Такая слоистость свидетельствует о том, что в зимние периоды отмечалось затухание эоловой активности вследствие смерзания дюн и образования на их поверхности снежного покрова, на который осаждались темные пылеватые частицы. В теплый сезон происходило оттаивание поверхности дюн, активизация дефляции в области сноса и аккумуляция нового слоя песчаного материала на дюнах.

А.А. Галанин [2021] обозначает зимние темные супесчаные слойки в _{ппо}III как тонкие (0.5-1.0 мм) систематические кольматационные пленки темной пыли, которые схожи с элементами криогенно-эоловой слоистости массива Кобэк [Koster, Dijkmans, 1988]. Эти пленки насыщены гидрокарбонатами и гидроокислами железа, вблизи дневной поверхности они окисляются и приобретают яркий охристый цвет [Галанин, 2021].

К _{ппо}III приурочены структуры, формирующиеся при эоловом осаждении на сухую поверхность седиментации (рис. 57). К ним относятся:

- 1) Слоистость осыпания подветренного склона дюн (перекрестная мезослоистость). Слойки в изученных разрезах залегают под углом 40-45° в Харыялахском обнажении и 35-45° в обнажении Песчаная гора.
- 2) Некоторые типы трансляционной ряби слойчатость восходящей ряби и трансляционная псевдослоистость, формирующиеся в процессе интенсивной

эоловой аккумуляции преимущественно на наветренных склонах дюн, покрытых эоловой рябью.

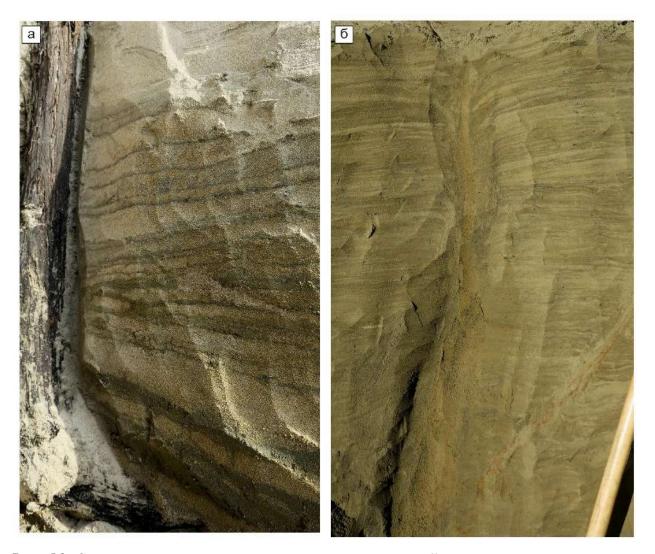


Рис. 56. Сезонная циклическая слоистость в верхненеоплейстоценовых покровных песчаных отложениях: а — разрез № 414, в отложениях вскрывается вертикально погребенное дерево, Харыялахское обнажение (фото М.Р. Павловой, 2018), б — обнажение тукулан Линде, в отложениях вскрывается эпигенетическая морозобойная трещина (фото М.Р. Павловой, 2022).

- 3) Горизонтальная слоистость, формирующаяся на участках наибольшей ветровой нагрузки. В разрезах _{ППО}III она отмечается на границах между песчаными пачками и вблизи кровли, а также в палеокотловинах (например, разрез № 075).
- 4) Волнистая слоистость, которая широко распространена в отложениях ппоIII, ее формирование связано с захоронением мигрирующей по поверхности эоловой ряби на границе эоловых песчаных пачек.

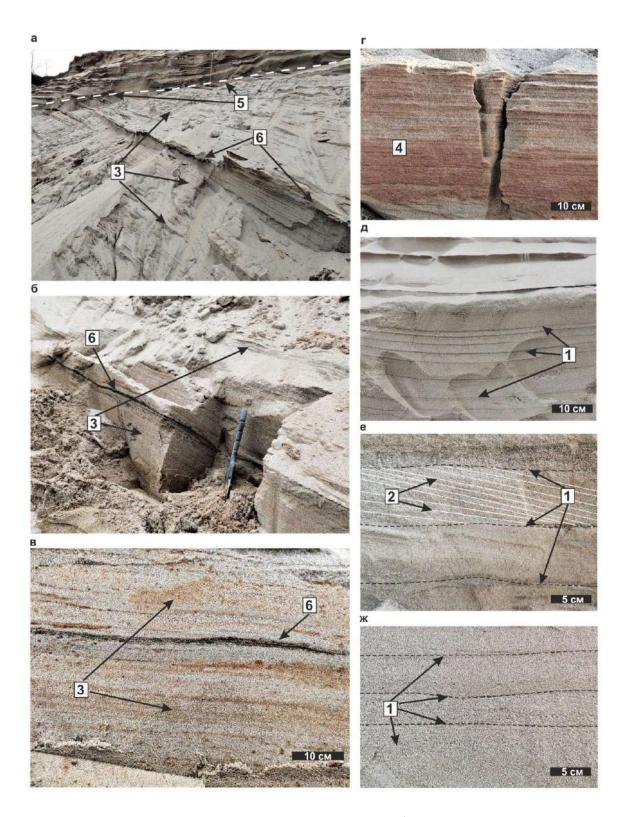


Рис. 57. Некоторые типы слоистости и слойчатости ППО в обнажении Песчаная Гора, разрез № 537 (фото А.А. Галанина, 2020; [Галанин, 2021]).

а-б — перекрестная слоистость фации подветренного осыпного склона дюн; в — слойчатость фации осыпного подветренного склона дюн; г — горизонтальная параллельная слойчатость; д, е, ж — трансляционная слоистость восходящей ряби. 1 — трансляционные прослойки, образованные зернами магнетита; 2 — слойчатость восходящей ряби; 3 — слойчатость осыпного подветренного склона дюн; 4 — параллельная горизонтальная слойчатость; 5 — структурное несогласие (дефляционный срез); 6 — эмбриональная палеопочва, фиксирующая стадию непродолжительного закрепления подветренного склона дюны растительностью.

В супесчаных слоях ппо ІІІ встречаются также седиментационные структуры, связанные с осаждением эоловых частиц на влажные, мокрые или покрытые снегом поверхности дюн и при отсутствии дефляции. К ним относятся: а) разные типы (волнистая, адгезионной слоистости извилистая, параллельная др.), полигенетические типы структур, например, адгезионная слойчатость осыпания [Галанин, 2021], которые формируются в теплый период; б) денивационные структуры (рис. 58 а и б), формирующиеся в холодное время года, когда поверхность дюн находится в мерзлом состоянии и покрыта снежным покровом, а аккумуляция пылеватых частиц происходит путем их примерзания к поверхности осаждения. Далее в результате оттаивания сезонного снежного покрова, аккумулированная в нем пыль осаждается на поверхности дюн в виде темного извилистого наилка с характерными вертикальными клиновидными апофизами и клинышками. Сезонная слоистость и денивационные структуры формируются в современных ППО Центральной Якутии, например, в пределах тукулана Саамыс-Кумага (рис. 59).

Также в отложениях ППО отмечается охристая псевдослоистость или эпигенетическая полосчатость (рис. 58 а и б), указывающая на специфические условия эоловой седиментации в холодных регионах, о которой еще в 1928 г. указывал в своей работе Н.А. Кулик [1928] на примере Печорской низменности. В частности, эпигенетическая полосчатость свидетельствует о том, что происходило сингенетическое промерзание ППО и последующее их оттаивание в теплые периоды, и соотносится с подошвой сезонно-талого слоя, которая по мере накопления песчаного материала двигалась вверх.

О промерзании _{ппо}III свидетельствуют и эпигенетические песчаные трещины и жилки, которые заполнены белесыми мелкозернистыми или пылеватыми песками. Их длина составляет в среднем 7-12 см, ширина − 1-1.5 см. Иногда отмечаются морозобойные трещины длиной 1.2-1.5 м (рис. 56 б, рис. 60), заполненные мелкозернистыми или пылеватыми песками (например, разрез № 075) и псевдоморфозы.

Периодически в _{ппо}III отмечаются прослои мощностью 0.5-1.5 см крупных песков с примесью гравия, иногда залегающие линзовидно (рис. 58 в). Это следы погребенных поверхностей дефляции (котловин выдувания). Иногда к таким прослоям приурочены скопления ветрогранников.

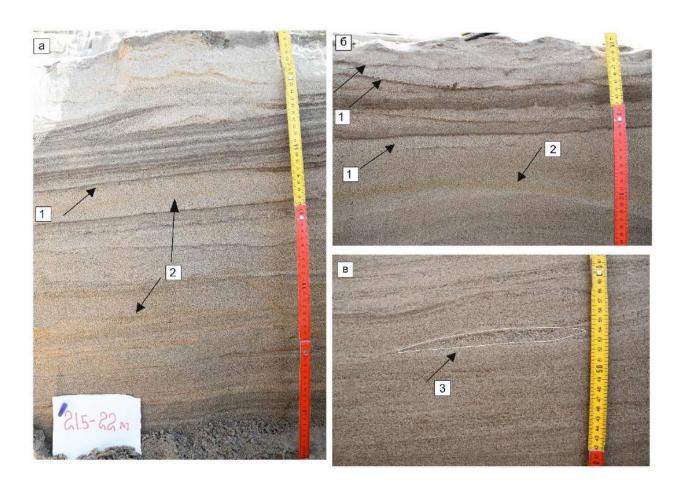


Рис. 58. Некоторые типы структур в покровных песчаных отложениях в обнажении Кыллахское: а – общий вид сезонной слоистости, серии денивационных структур (1) и серии эпигенетической полосчатости (2): б – денивационные структуры (1) с клинышками и апифиозами и эпигенетическая полосчатость; в – погребенная поверхность дефляции (котловины выдувания) (фото М.Р. Павловой., 2023).

Биогенно-эоловая ритмичность проявляется практически всех исследованных разрезах, включающих _{ппо}III. Она образована чередованием слабоволнистых дерново-суглинистых или супесчаных слоев с тонкими прослоями органического детрита толщиной от нескольких миллиметров до 3-4 см, чаще всего 3-5 мм, и светло-желтых песчаных прослоев мощностью от 10-20 см до 12 м. Ее формирование связано с непродолжительными эпизодами закрепления отдельных участков травянистой растительностью И дальнейшим дюн развитием

эмбриональных почв. На отдельных участках распространения _{ппо}III отмечаются пачки насчитывающие десятки дерновых слойков (например, разрез № 482, интервал 7-8.5 м, Харыялахское обнажение). А.А. Галаниным [2021] отмечено, что такие пачки наиболее распространены, особенно вблизи кровли, и песчаные прослои между этими слойками могут достигать от 1-3 до 10-15 см. К таким пачкам отложений приурочены погребенные травянистые кочки (например, в разрезе № 052-058).



Рис. 59. Формирование сезонной слоистости и денивационных структур в современных ППО Центральной Якутии. Тукулан Саамыс-Кумага: а — общий вид тукулана, б — разрез дюны (фото А.А. Галанина, апрель 2022).



Рис. 60. Песчаные жилы и псевдоморфозы в ППО, тукулан Махатта, долина нижнего течения р. Вилюй (фото А.А. Галанина, 2021).

Вблизи кровли ППО широко распространены скопления неразложившихся растительных остатков различной формы, чаще всего округлой (рис. 61). Согласно данным А.А. Галанина [2021], они достигают 1.5-2 м в ширину и 0.5-1.5 м в толщину. Скопления неразложившихся растительных остатков отмечены в обнажениях Харыялахское, Кысыл-Сыр, Песчаная гора, а также в 2022 году обнаружены в пределах обнажения Тукулан Линде (рис. 61 в). Образование таких неразложившихся растительных скоплений связано со стадией затухания эоловых процессов и формированием на поверхности дюн плотного травянистого покрова в виде осоково-злаковых куртин и кочек. Накопление песчанистого материала идет непрерывно и приводит к повышению поверхности дюн, вследствие чего происходит угнетение бокового роста кочек, и в результате чего они начинают непрерывно расти вверх. Травянистый материал кочек весьма быстро разлагается, приводя к формированию изолированных интенсивно насыщенных растительными остатками «комки» разнообразной формы и наклонных жил. На более

увлажненных участках из-за высокой гигроскопичности наклонные, насыщенные растительными остатками жилы начинают интенсивно промерзать с образованием массивных ледово-грунтовых жил [Галанин, 2021].

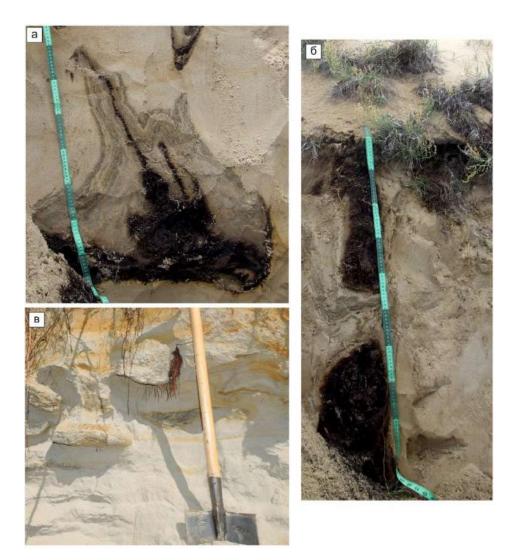


Рис. 61. Скопления неразложившихся растительных остатков округлой формы и кочки в ППО: а — полностью. гумифицированная травянистая кочка, б — «мигрирующие» скопления неразложившихся растительных остатков под современной кочкой, обнажение тукулан Кысыл-Сыр (фото А.А. Галанина., 2014); в — погребенная травянистая кочка, обнажение тукулан Линде (фото М.Р. Павловой, 2022).

5.1.2. Характерные черты гранулометрического состава покровных песчаных отложений

5.1.2.1. Обобщенные результаты гранулометрического состава покровных песчаных отложений

Данные о гранулометрическом составе верхненеоплейстоценовых ППО (_{ППО}III) (104 образца) получены из следующих разрезов: № 366, № 052-058, № 075,

№ 047 в долине р. Вилюй; № 537, № 412, № 413, № 414 в долине среднего течения р. Лены; № 174, 1746 и № 180 в долине р. Суолы.

В строении _{ппо}III отмечается ритмичность (сезонная слоистость), которая подробно рассмотрена в разделе 5.1.1. Как уже отмечалось, каждый ритм состоит из двух членов. Первый из них представлен светло-желтыми (иногда светло-серыми) песчаными отложениями (летний), второй — темно-серыми супесчаными отложениями (зимний). Некоторые темные слои содержат тонкие прослои органического детрита, либо сложены дерново-суглинистым материалом, и они отнесены к эмбриональным палеопочвам. Иногда в отложениях ппо III отмечаются тонкие прослои крупнозернистого песка с гравием — поверхности дефляции.

Обобщенные результаты гранулометрического анализа $_{\Pi\Pi O}$ III приведены в таблице 25. Для выявления характерных черт $_{\Pi\Pi O}$ III в таблице приведены результаты анализа позднеголоценовых $\Pi\Pi O$ ($_{\Pi\Pi O}H_3$), а также других генетических типов средне- и верхненеоплейстоценовых и современных отложений изучаемого региона – аллювия и пролювия.

Песчаные слои верхненеоплейстоценовых покровных песчаных отложений (96 проб) сложены мелко- и среднезернистыми песками со средним размером частиц 184 < X < 258 мкм, характеризующиеся умеренной сортировкой (1.62 < S < 1.68) и асимметрией, лежащей в диапазоне -0.18 < As < 0.05. Асимметрия большинства проанализированных проб в долинах рек Вилюй и Лены (соотносится неоплейстоцена) III_4 ступенью имеет отрицательные значения, свидетельствует о преобладании классов с большей размерностью частиц и выносе мелких фракций. В долинах рек Суолы и Лены (позднедриасовый интерстадиал) наблюдается симметричное распределение, говорящее о равенстве модального и среднего размеров. Отложения имеют средний эксцесс (0.74 < K < 1.0), характерный для пологих и среднепологих (нормальных) распределений.

Супесчаные слои (7 проб) сложены супесями пылеватыми со средним размером частиц 56 < X < 86 мкм, характеризуются плохой сортировкой (2.20 < S < 4.43), отрицательными значениями асимметрии и среднепологим вершинным распределением (0.85 < K < 0.98).

Таблица 25. Обобщенная характеристика гранулометрического состава некоторых фаций плейстоценовых, голоценовых и современных песчаных и супесчаных отложений долины нижнего течения р. Вилюй, среднего течения р. Лены и р. Суолы, рассчитанные по модифицированному геометрическому методу Р. Фолка и Д. Варда [Folk, 1980; Blott et al., 2001]

Разрез или объект	(реднее значение гранулометрической статистики				
(количество проб)	Х, мкм	S	As	K	Md, мкм	
	Нижнем	еловые коренные	г песчаники			
Вилюй (1)	192	1.82	0.01	0.92	186	
Верхненеоплей	стоценовые покра	овные песчаные о	тложения (песч	аные летние сл	ou)	
	III ₃	ступень неоплейп	, <u> </u>			
долина р. Вилюй (1)	230	1.67	-0.02	0.74	231	
		ступень неоплейп				
долина р. Вилюй (40)	254±32	1.68±0.11	-0.18±0.14	0.85±0.17	273±43	
долина р. Лены (11)	258±51	1.67±0.09	-0.14±0.12	0.91±0.26	267±49	
долина р. Суолы (36)	184±43	1.62±0.10	0.05±0.10	1.00±0.15	182±45	
		едриасовый интер				
долина р. Лены (8)	219±31	1.66±0.10	0.04 ± 0.10	0.82 ± 0.10	219±39	
Верхненеоплейс	тоценовые покро	вные песчаные оп	пложения (cynec	чаные зимние с.	лои)	
долина р. Лены (2)	56	4.43	-0.25	0.85	72	
долина р. Суолы (5)	86 ±68	2.20±0.49	-0.05±0.07	0.98 ± 0.14	88±67	
	Позднечетвер	ртичные поверхн	ости дефляции			
Долина р. Лены (1)	980.8	1.94	-0.49	1.17	1152.8	
	Позднеголоценов	вые покровные пе	счаные отложен	ния		
долина р. Вилюй (12)	261±43	1.64±0.10	-0.19±0.15	0.96±0.21	278±52	
долина р. Лены (7)	216±10	1.71±0.10	0.11 ± 0.06	0.80 ± 0.09	209±11	
долина р. Суолы (10)	179±27	1.74±0.03	0.04 ± 0.05	0.98 ± 0.12	174±24	
	Современные	незакрепленные (дюнные массивы	!		
	Гребен	ь дюны, наветрен	ный склон			
долина р. Вилюй (32)	295±29	1.56±0.07	-0.28±0.09	1.12±0.21	315±19	
долина р. Лены (6)	277±17	1.57±0.04	-0.32±0.02	1.01±0.20	303±15	
	Í	Подветренный ск.	лон			
долина р. Вилюй (19)	296±45	1.51±0.13	-0.20±0.15	1.00±0.20	309±39	
долина р. Лены (5)	231±25	1.63±0.02	-0.07±0.19	0.77±0.04	238±41	
	Котловина выд	увания без расти	тельного покрова	a		
долина р. Вилюй (10)	282±19	1.60±0.06	-0.29±0.07	1.03±0.17	306±22	
долина р. Лены (5)	272±29	1.62±0.05	-0.25±0.03	0.92±0.25	295±24	
	Котло	овина выдувания с	: гравием			
долина р. Вилюй (4)	874±123	2.99±0.63	-0.35±0.06	0.76±0.12	1159±215	
	Дюны на	поверхности пес	чаной косы	1	•	
долина р. Вилюй (2)	237	1.56	-0.08	1.08	246	
долина р. Лены (2)	317	1.46	-0.29	1.32	328	
•	Современные часи	пично закреплені	ные дюнные масс	сивы	•	
		асть заросшая д				
долина р. Вилюй (3)	249.5±12.1	1.93±0.19	-0.02±0.08	1.03±0.21	266.4±20.4	
•	Котловин	іа выдувания, пор	осшая лесом	1	I.	
долина р. Вилюй (1)	206.1	1.64	0.12	0.78	198.2	
/		но-эоловые бугры		1	ı	
долина р. Вилюй (12)	250±23	1.62±0.03	-0.21±0.16	0.82±0.09	269±35	
долина р. Лены (4)	207±24	1.61±0.04	0.07±0.16	0.84±0.11	205±34	
1		нно-эоловые бугр	l .	<u> </u>		
долина р. Вилюй (2)	250	1.63	-0.23	0.77	271	
* ` ` ` ` ` ` ` ` ` ` ` ` ` ` ` ` ` ` `	<u> </u>				1	
долина р. Вилюй (10)	58±43	3.60±1.00	-0.08±0.17	0.99±0.24	67±64	
1 ()	1 -	1	l .	· -	1	

Таблица 25. (продолжение)

Разрез или объект		Среднее значение	гранулометрич	еской статистик	ки
(количество проб)	Х, мкм	S	As	K	Md, мкм
	Четверти	чные аллювиальн	ые отложения		
	Средненеоп	лейстоценовый ру	словой аллювий		
долина р. Лены (8)	317±83	2.02±0.20	0.04 ± 0.13	1.10±0.21	318±81
	Верхненеоп	лейстоценовый ру	словой аллювий		
долина р. Лены (2)	254	1.84	-0.06	0.82	261
долина р. Вилюй (1)	714	3.59	0.26	0.35	403
	Верхненеоплейст	юценовый аллювиі	ї, стрежневая фа	ция	
долина р. Вилюй (5)	340±33	1.70±0.20	-0.08±0.20	1.50±0.26	338±21
	Верхненеоплей	стоценовый аллюв	ий, плесовая фаці	ия	
долина р. Вилюй (5)	204±60	1.92±0.20	-0.20±0.16	1.50±0.26	338±21
	Раннего	олоценовый руслов	гой аллювий		
долина р. Суолы (3)	283±44	1.58±0.10	-0.24±0.10	1.09±0.31	300±47
	Верхненеплей	стоценовые пойме	гнные отложения	ı	
долина р. Вилюй (4)	160±37	1.66±0.04	-0.10±0.06	0.92±0.11	225±75
	Позднеголи	оценовые пойменн	ые отложения		
долина р. Вилюй (8)	74±40	3.07±0.97	-0.26±0.15	1.12±0.15	86±41
Be	рхненеоплейстоц	ценовые пойменно-	старичные отлог	жения	
долина р. Вилюй (12)	46±40	4.96±1.50	-0.35±0.16	1.33±0.40	62±50
	Современ	ные аллювиальны	е отложения		
	Прирус	словой отмели / ко	с, пляжей?		
долина р. Вилюй (17)	321±55	1.49±0.11	-0.09±-0.08	1.19±0.26	324±54
долина р. Лены (5)	272±37	1.59±0.10	-0.27±0.12	1.03±0.20	291±46
		Русловая фация	Я		
долина р. Вилюй (4)	343±26	1.5±0.03	-0.10±0.15	1.42±0.11	347±18
[Галанин и др., 2018]					
		Стрежневая фаг		T	1
долина р. Вилюй (3)	376±16	1.46±0.18	0.12 ± 0.07	1.17±0.15	370±5
[Галанин и др., 2018]					
		ные пролювиальны		0.04.015	222.25
долина р. Вилюй (6)	225±31	1.83 ± 0.36	-0.18 ± 0.12	0.84 ± 0.16	238±36

Примечание. X – средний размер, S – сортировка, As – асимметрия, K – эксцесс, Md – медиана.

Поверхность дефляции (1 проба) характеризуется накоплением крупного песка с примесью мелкого гравия ($X=981\,\mathrm{mkm}$), умеренной сортировкой (S=1.94), отрицательными значениями асимметрии (As=-0.49) и среднепологим (нормальным) распределением (K=1.17).

5.1.2.2. Сравнение гранулометрического состава покровных песчаных отложений с другими типами отложений

Гранулометрический состав $_{\Pi\Pi O}$ III по статистическим характеристикам имеет сходство с позднеголоценовыми ($_{\Pi\Pi O}$ H₃) и современными отложениями дюнных

массивов (тукуланов) и существенно отличается от большинства фаций аллювиальных отложений (см. Таблица 25, рис. 62 и 63).

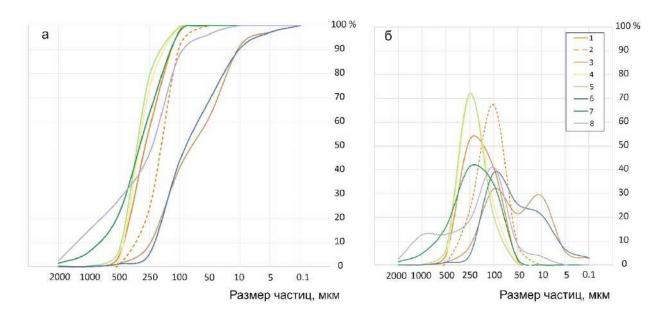
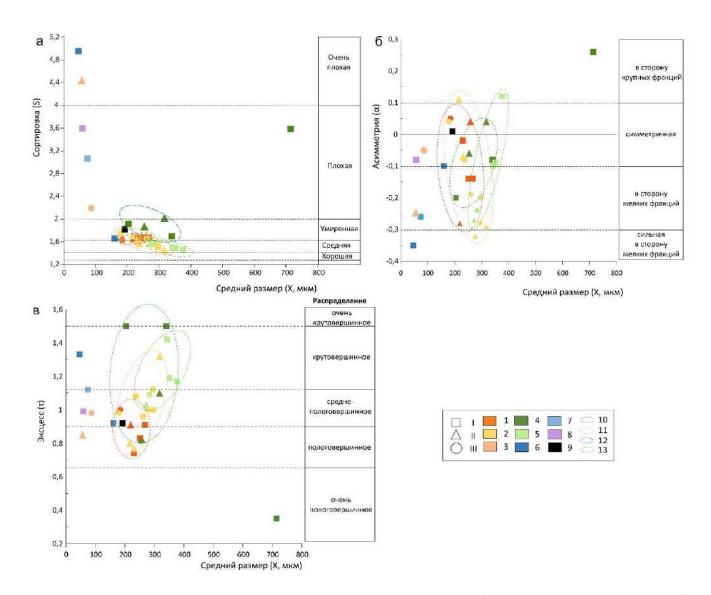


Рис. 62. Кумулятивное и процентное распределение гранулометрического состава (по средним значениям проб) некоторых фаций средне-верхненеоплейстоценовых и современных отложений. Летние песчаные слои ППО (III₃₋₄): 1 – Кысыл-Сырское обнажение, долина р. Вилюй, 2 – долина р. Суолы; 3 – зимние супесчаные слои ППО (III₃₋₄); 4 – современные покровные дюнные отложения; 5 – русловой аллювий (II-III), 6 – русловой аллювий (H), 7 – пойменный аллювий (H₃), 8 – ледовый комплекс (III₄).

Так, в пределах интенсивно перевеваемых современных параболических дюн накапливаются песчаные отложения со средним размером частиц 231 < X < 296 мкм и средней сортировкой 1.51 < S < 1.62, в позднеголоценовых — 179 < X < 264 мкм и в пределах $_{\Pi\Pi O}$ III — 184 < X < 258 мкм с умеренной сортировкой (1.64 < S < 1.74 и 1.62 < S < 1.68 соответственно). Разница диапазонов среднего размера частиц объясняется различиями в дистанции от первоначального источника материала для формирования отложений: с ростом расстояния транспортировки крупность материала уменьшается.

Например, современные дюнные массивы и обнажения, включающие позднеголоценовые и верхненеоплейстоценовые отложения, находящиеся рядом с руслом реки (тукуланы Кысыл-Сыр, Махатта, Саамыс-Кумага; обнажения Кысыл-Сыр и Песчаная гора) сложены преимущественно среднезернистыми песками (Таблица 25). Отложения долины р. Суолы – мелкозернистыми, так как основной

поток материала заносился с долины среднего течения р. Лены, проходя десятки километров.



Также различия среднего размера и коэффициента сортировки позднечетвертичных и современных ППО, возможно, связаны с изменением скоростей дефляции на различных элементах рельефа и от процента закрепления растительным покровом. Так, на гребнях и склонах современных дюн сортировка

лучше, чем в котловинах выдувания (см. Таблица 25). В крупных хорошо проработанных дефляцией современных котловинах выдувания накапливаются фракции крупного песка ($X=874\pm123\,$ мкм) с примесью мелкого гравия, что отражается в ухудшении сортировки ($\sigma=2.99\pm0.63$). Это проявляется и в древних дефляционных прослоях ($X=981\,$ мкм, S=1.94). На участках затухания дефляции и частичного закрепления современного дюнного рельефа растительным покровом (в частности, в долине р. Вилюй, Таблица 25) поверхностные отложения больше обогащаются тонкими фракциями ($206 < X < 249\,$ мкм), что проявляется в ухудшении их сортировки (1.64 < S < 1.93), по сравнению с интенсивно перевеваемыми поверхностями, практически лишенными растительного покрова.

Как современные, так и $_{\Pi\Pi O}$ Н $_3$ и $_{\Pi\Pi O}$ ПП характеризуются близкими коэффициентами эксцесса (0.77< K <1.12, 0.80< K <0.98 и 0.74< K <1.0), характерного для пологих и средне-пологих (нормальных) распределений, и асимметрии (современные -0.32 < As < -0.07, позднеголоценовые – -0.19 < As < 0.11, древние -0.18 < As < 0.05), смещенной в сторону мелких фракций, что свидетельствует о преобладании дефляционного выноса лессовидных частиц. В крупных котловинах выдувания с гравием отмечается еще большее увеличение значений отрицательной асимметрии (As = -0.35 \pm 0.06), в том числе и в древних дефляционных прослоях (As = -0.49). На участках затухания дефляции и частичного закрепления современного дюнного рельефа растительным покровом распределения становятся более симметричными (-0.02 < As < 0.12).

В отличие от верхненеоплейстоценовых и современных ППО, позднечетвертичный и современный аллювий отличается более широкой вариацией гранулометрического состава по разрезу и по латерали, а также значительной изменчивостью статистических коэффициентов, что связано со значительной вариабельностью среды осадконакопления как в пространстве, так и во времени – например, накоплением на одном и том же участке наносов более крупных фракций в половодье и более тонких в период межени.

Так, средне- и верхненеоплейстоценовый русловой аллювий (Таблица 25, рис. 60a) представлен песками со средним размером частиц 204 < X < 714 мкм,

имеющими умеренную и плохую сортировку (1.70 < S < 3.59), асимметрию (As) в широком диапазоне от -0.20 до 0.26, эксцесс (0.35 < K < 1.50), указывающий как на пологое и среднепологое, так и на крутовершинное распределение. Голоценовый и современный русловой аллювий представлен среднезернистыми песками со средним размером частиц 272 < X < 376 мкм. Характеризуются средней сортировкой (1.46 < S < 1.59), преимущественно отрицательной асимметрией в долине р. Лены и симметричным распределением в долине р. Вилюй (-0.24 < As < 0.12, см. Таблица 25), среднепологим и крутовершинным распределением (1.03 < K < 1.42).

Верхненеоплейстоценовый пойменный аллювий частично относится к мелкозернистым пескам со средним размером частиц $X = 160\pm37$ мкм, умеренной сортировкой ($S = 1.66\pm0.04$), симметричным среднепологим (нормальным) распределением ($As = -0.10\pm0.06$; $K = 0.92\pm0.11$). Другая часть — более тонкозернистый материал ($X = 46\pm40$ мкм) с плохой сортировкой ($S = 4.96\pm1.50$), отрицательной асимметрией ($As = -0.35\pm0.16$) и крутовершинным распределением ($K = 1.33\pm0.40$). Схожий гранулометрический состав и характеристики имеет позднеголоценовый пойменный аллювий ($X = 74\pm40$, $S = 3.07\pm0.97$, $As = -0.26\pm0.15$; $K = 1.12\pm0.15$).

5.1.2.3. Характерные черты минералогического состава 5.1.3.1. Обобщенные результаты минералогического анализа покровных песчаных отложений

Минералогический состав верхненеоплейстоценовых ППО ($_{\Pi\Pi O}$ III) получен для 44 проб. Обобщенные результаты приведены в таблице 26. Для выявления характерных черт $_{\Pi\Pi O}$ III в таблице приведены результаты анализа позднеголоценовых ППО ($_{\Pi\Pi O}$ H₃), а также других фаций верхненеоплейстоценовых и современных отложений изучаемого региона.

Песчаные слои верхненеоплейстоценовых покровных песчаных отложений (41 проба). Минеральный состав долины р. Вилюй и р. Лены не идентичен, что связано с разными источниками формирования отложений.

Таблица 26. Обобщенная характеристика минералогического состава некоторых фаций плейстоценовых, голоценовых и современных песчаных и супесчаных отложений долины нижнего течения р. Вилюй, среднего течения р. Лены и р. Суолы

	Возраст и тип отложений, место отбора (количество проб)							
Минералы	Меловые песча- ники	Верхненеоплейстоценовые покровные песчаные отложения			Позднего. покровные отлог	Отложе- ния ледового комплек- са		
	К2, р. Вилюй	III ₃ , р. Вилюй	III ₄ , р. Вилюй	III ₄ , р. Лена	H ₃ р. Вилюй	Н ₃ р. Лена	III ₄ , р. Вилюй	
	(1)	(14)	(16)	(11)	(12)	(11)	(3)	
Кварц	44.5*	77.7-87.2; 82.6	73.7-90.6; 86.1	42.3-56.2; 49.4	87.6-96.3; 91.4	25.1-50.8; 46.2	81.1-82.2; 81.8	
Полевые шпаты	15.4	12.2-21.0; 16.6	6.4-25.3; 12.6	28.1-43.7; 37.3	3.4-11.8; 8.1	17.7-44.9; 36.3	17.8-18.9; 18.2	
Карбонаты				0-11.7; 2.9		0.5-54.2; 7.4		
Мусковит								
Биотит	1.0		+	0-0.7; 0.4		0-1.1; 0.2		
Хлорит				0-0.6; 0.1		0-0.6; 0.1		
Агрегаты глинистые	38.0							
Агрегаты раст. кальцени-е								
Облом. породы		0.5-1.4; 1.0	0-2.8; 1.0		0.3-0.6; 0.3		0.2-1.1; 0.2	
Окислы железа			0-1.3; 0.2	0-0.3; 0.1	0.3 (1 пр.)	0-0.5; 0.1		
Ильменит		+	+		0.3 (1 пр.)			
Циркон				0-2.8; 0.5		0-2.8; 0.5		
Эпидот		+	+	0-3.4; 1.2	0.3 (1 пр.)	0-3.4; 0.9		
Пироксены мон.		+	+	0-0.9; 0.5	0.3 (1 пр.)	0-0.6; 0.3		
Апатит								
Рутил								
Амфиболы				2.5-8.4; 5.7		1.8-8.0; 4.5		
Гранат	1.0	+	+	0-0.5; 0.12	0.3 (2 пр.)	0-1.4; 0.2		
Турмалин								
Сфен								
Дистен								
Ставролит								
Лейкоксен					0.3 (1 пр.)			
Магнетит				0-4.8; 2.3		0-4.8; 2.3		
Км**	2.9	3.7-7.1; 5.1	2.9-14.2; 7.6	1.1-1.8; 1.4	7.4-28.3; 12.6	1.0-1.8; 1.3	4.3-4.6; 4.5	

Примечание. * Содержание минералов в образцах указано в %; ** Км – коэффициент мономинеральности

Таблица 26. (продолжение)

		Возраст и т	чп отложен	ий, место от	бора (колич	ество проб)	
Минералы	Неоплейстоценовые аллювиальные отложения						
		Русловой поймен-					
			1 yesi	стреж- невая ф-я	плессовая фация	ный	
	II, р. Вилюй	II, р. Лена	III, р. Лена	III, р. Вилюй	III, р. Вилюй	III, р. Вилюй	р. Вилюй
Кварц	(9) 42-58.8*; 49.6	(9) 17.4-55.1; 40.1	(2) 48.2-48.8; 48.5	(5) 86.4-90.5; 87.7	(13) 49.3-77.7; 63.3	(3) 19-34.2; 26.8	(3) 70.3-90.3; 78.7
Полевые шпаты	35.3-52.0; 46.0	9-40.5;28.2	35.6-39.2; 37.4	9.5-13.2; 12.0	20.7- 45;33.6	8-22; 17.2	9.7-21.7; 17.8
Карбонаты		1.4-68.4; 20.3	0.8-1.1; 0.95			0-3.9; 2.0	
Мусковит	0.2 (3 пробы)				0.3 (1 пр.)	1.6 (1 пр.)	
Биотит		0.6-1.1; 0.8	0.5 (1 пр.)		0-1.3; 0.2	0-2.3;1.2	
Хлорит		0-0.8; 0.5			0-2.9; 0.4	0-1.7; 1.0	
Агрегаты глинистые						27.5-55.1; 41.1	
Агрегаты раст.						0-11.5; 4.1	
кальцени-е	0.5.7.0.0.1			0.000	0.1.0.00		0000
Облом. породы	0.6-5.9; 3.1			0-0.8; 0.3	0.6-4.0; 2.2		0-8.0; 3.5
Окислы железа	0.6-1.5; 1.0	0.7 (ед)			0.3-6.0; 0.9	1.6 (1 пр.)	
Ильменит							+ / 4.0
Циркон			1.2-1.4; 1.3				
Эпидот		0-1.7; 0.8	2.4-3.9; 3.2				3.0
Пироксены мон.		0-1.2; 0.2	0.5 (ед)				+ / 67.9
Апатит							
Рутил		0.3 (ед)					
Амфиболы		1.5-13.2; 7.4	8.5-9.8; 9.2				3.0
Гранат		0-1.3; 0.8	0.3-0.5; 0.4				20.0
Турмалин							0.6
Сфен							0.3
Дистен							0.6
Ставролит							0.6
Лейкоксен							
Магнетит		0-1.7; 1.3	0.8-1.2; 1.0				
Км**	0.9-1.7; 1.1	1-1.9; 1.5	1.3-1.44 1.35	6.6-9.5; 7.4	1.1-3.9; 9.4	0.9-3.4; 2.0	3.2-9.3; 5.3

Таблица 26. (продолжение)

		Возра	аст и тип о	тложений, м	есто отб	ора (количес	тво проб)		
	Совреме		репленные и	закреплённь				плейстоце-	
		долины р. Вилюй						новые	
Минералы		T	1			T	отложения р. Лены		
	Гребень	Подвет-		Котловина		Биогенно-	Зимние	Поверх-	
	дюны	ренный]	выдувания		эоловый	слои в	ность	
		склон				бугор	покровны	дефляции	
							X		
							песчаных		
							отложения х		
	(4)	(2)	без раст.	с грав.	c	(2)	III ₃₋₄	III,	
		(-)	(3)	o i publ	раст.	(-/	1113:4	111,	
			(-)	(2)	(1)		(2)	(1)	
Кварц	69.7-	72.2-79.4;	59.5-	82.1-86.7;	68.5	63.7-97.5;	46.9-48.8;	39.8	
	93.0*; 87.1	75.8	94.7;71.9	84.4		80.6	47.9		
Полевые	6.5-30.3; 12.6	20.6-27.8; 24.2	5.0-38.2; 25.4	13.3-17.9; 15.6	28.5	12.5-34.6; 23.6	35.6-37.3; 36.5	39.4	
Шпаты	12.0	24.2	23.4	13.0		23.0	0.7-0.8;	12.3	
Карбонаты							0.75	12.5	
Мусковит									
Биотит							0.5	0.3	
Хлорит								0.3	
Агрегаты									
глинистые	0.07.02		0.5.6.20		2.0	1.7			
Агрегаты	0-0.7; 0.3	един.	0-5.6; 2.0		3.0	1.7			
раст. кальцени-е									
Облом.									
породы									
Окислы									
железа									
Ильменит	един.		един.	един.					
Циркон							0.2-1.4; 0.8		
Эпидот		един.	един.				2.4-3.9;3.2		
Пироксены	един.	, ,	, ,				0.5		
MOH.									
Апатит									
Рутил									
Амфиболы		един.	един.				8.5-9.8; 9.2	7.8	
Гранат		един.	един.	един.			0.3-0.5; 0.4		
Турмалин									
Сфен									
Дистен									
Ставролит								-	
Лейкоксен									
Магнетит							0.8-1.2; 1		
Км**	2.3-14.3; 10.9	2.6-3.9; 3.3	1.6-18.9; 7.5	4.6-6.5; 5.6	2.4	1.8-7; 4.4	1.3-1.4; 1.35	1.0	

В песчаных слоях _{ппо}III, вскрытых в долине р. Вилюй, преобладают минералы легкой фракции с доминированием кварца (от 73.7 % до 90.6 %). Зерна кварца, как правило, имеют округлую форму, чистые, прозрачные, местами

поверхность покрыта бурыми подтеками и гидроокислами железа. В некоторых образцах отмечались превосходно окатанные зерна кварца, которые были сцементированы гидроокислами железа. Наличие пленок цемента гидроокислов свидетельствует о субаэральном эоловом преобразовании осадка. Кроме кварца в плоШ отмечаются полевые шпаты (6.4-25.3%), обломки песчаников (0-2.8%), единичные слюды. Зерна полевого шпата часто замутненные, встречаются трещиноватые. В некоторых образцах поверхность зерен покрыта железистой пленкой. Обломки пород представляют собой смесь полевых шпатов, кварца с непрозрачными минералами, встречаются отдельные зерна полевых шпатов, сцементированные гидроокислами железа. Тяжелая фракция (удельный вес > 2.9, выход <0.001 %) представлена единичными зернами граната, эпидота, пироксена, ильменита и лейкоксена. Коэффициент мономинеральности или зрелости (Км) составляет 3.7-14.2.

В песчаных слоях _{ппо}III, вскрытых в долине р. Лены, в составе, как и на Вилюе, преобладают минералы легкой фракции с доминированием кварца, но его содержание значительно меньше (от 43.3% до 56.2%). Увеличивается содержание полевого шпата (28.1-43.7%). Отмечаются карбонаты, биотит и хлорит, а также гидроокислы железа. Тяжелая фракция составляет <0.1%, где преобладают амфиболы (2.5-8.4%), отмечаются зерна циркона, эпидота, пироксенов, граната и магнетита. Коэффициент мономинеральности в разы ниже, чем в долине р. Вилюй, 1.1-1.8.

Супесчаные слои (зимние, 2 пробы), вскрытые в долине р. Лены в среднем течении, в минеральном составе характеризуются преобладанием минералов легкой фракции, но содержание кварца намного ниже, чем в отложениях ледового комплекса (46.9-48.8%). Отложения имеют кварцево-полевошпатовый состав. Отмечаются также карбонаты, биотит. Тяжелая фракция присутствует в незначительном количестве (<0.001%). Отмечаются амфиболы, циркон, эпидот, пироксены, гранат, магнетит. Км составляет 1.3-1.4.

Поверхность дефляции, одна проба которой получена в долине р. Лены в среднем течении, характеризуется в минеральном составе преобладанием легкой

фракции, представленной практически в равном количестве кварцем (39.8%) и полевыми шпатами (39.4%). В значительном количестве отмечаются карбонаты (12.3%), 0.3% биотит и хлорит. В тяжелой фракции отмечаются амфиболы 7.8%. Коэффициент мономинеральности составляет 1.

5.1.3.2. Источники сноса при формировании покровных песчаных отложений.

Установленные различия минерального состава _{ппо}III долины среднего течения р. Лены и долины р. Вилюй в нижнем течении хорошо согласуются со схемой минералогического районирования Вилюйской синеклизы А.Г. Коссовской [1962]. Так разрезы долины средней Лены, в частности, обнажение Песчаная гора, приурочены к Якутско-Синской гранат-цирконовой подпровинции, формирование которой связано с денудацией кристаллического фундамента в пределах Алданского и Станового нагорий. Непосредственным источником четвертичных отложений (в том числе аллювия) здесь являются юрские граувакково-кварцевые песчаники с содержанием кварца 50-66%, характеризуется наличием цирконов и высокими концентрациями магнетита, что объясняет постоянное присутствие данных минералов в отложениях Песчаной Горы (см. Приложение Г).

Разрезы _{ппо}III долины р. Вилюй приурочены к Вилюйско-Тюнгской эпидотово-ильменитово-амфиболовой минералогической провинции, источниками сноса которой являются архейско-протерозойские кристаллические породы Патомского нагорья [Коссовская, 1962]. Непосредственными источниками четвертичного аллювия и песков _{ппо}III в долине нижнего течения р. Вилюй олигомиктово-кварцевые песчаники верхнего мела, протяженные участки береговых обрывов. Они слабо сцементированы и легко разрушаются, формируя обширные кварц-каолинитовые коры выветривания на пологих водоразделах. Меловые песчаники обогащены кварцем и крайне обеднены тяжелыми минералами. Это объясняет высокое содержание кварца (80-95%) и весьма низкое содержание магнетита в ппоШ в разрезах, вскрытых в долине нижнего течения р. Вилюй (обнажение Кысыл-Сыр – разрез № 366, высокая

терраса р. Вилюй — № 052-058, см. Приложение Г, Таблица 26). Среди второстепенных минералов постоянно присутствуют эпидот, амфиболы, каолинит, опал [Коссовская, 1962].

Изучению минералогического состава покровных лёссово-ледовых и песчаных отложений высоких террас р. Лены посвящена работа Т.Л. Певе и А. Журно [Pewe, Journaux, 1983]. Этими авторами изучен минералогический состав 28 проб, отобранных в пределах Лено-Амгинского междуречья. Установлено, что главными компонентами как песчаных, так и лёссово-ледовых покровов в Центральной Якутии являются кварц, слюда и полевой шпат, сумма которых составляет 80-90%. Во всех образцах, кроме современного аллювия, Л. Певе и А. Журно отмечено присутствие карбонатов кальция, содержание которых достигает 7.6%. В тяжелой фракции преобладают амфиболы и эпидот, в небольших количествах содержатся пироксены, сфен, гранат, циркон, изредка встречаются рутил, турмалин, дистен, монацит, анатаз и другие. В целом, исследователи заключают, что лессово-ледовые (едомные) и ППО Лено-Амгинского междуречья относятся к эоловым отложениям и являются продуктами перевевания четвертичного аллювия [Pewe, Journaux, 1983].

Одним из ярких признаков эолового генезиса покровных песков является высокая концентрация магнетита и других тяжелых минералов, а также вторичных легкорастворимых карбонатов. Последние встречаются в виде карбонатножелезистых пленок (карбонатный мицелий) и именуются калькретами [Dijkmans et al., 1986, 1988]. Постоянное присутствие калькрет и гидроокислов железа характерно для позднечетвертичных эоловых массивов Кобэк на северо-западе Аляски и является важным генетическим признаком, свидетельствующим о гипераридных условиях седиментации [Dijkmans et al., 1986, 1988].

Перечисленные выше минералогические признаки характерны для _{ппо}III из обнажения Песчаная гора в долине среднего течения р. Лены. В сравнении с подстилающим аллювием (средненеоплейстоценовый русловой аллювий, Таблица 26) в них наблюдается 3-кратное увеличение содержания магнетита (от 0-1.7% в

аллювиальных до 4.8% в эоловых), значительное содержание циркона (до 2.8%) и угольков (до 11.7%).

Для ппоIII как долины р. Вилюй, так и долины среднего течения р. Лены характерно постоянное присутствие гидроокислов 3х-валентного железа (возможно, лимонит, охра), формирующих эпигенетическую полосчатость ярко охристого цвета, что свидетельствует о хорошей аэрации и окислительных условиях седиментации. Светлый и местами охристый цвет отложений, отсутствие минералов восстановительных обстановок (вивианита) являются дополнительными критериями субаэрального происхождения отложений.

5.1.4. Происхождение покровных песчаных отложений на основании комплекса данных

Основываясь на результатах проведенных исследований, можно заключить, что ППО Центральной Якутии имеют эоловое происхождение. Об этом свидетельствует следующий набор признаков:

- 1) Покровное (плащеобразное) залегание и одновременное формирование на разных гипсометрических уровнях [Галанин и др., 2018; Галанин, Павлова, 2019].
- 2) Присутствие в разрезах волнистых поверхностей погребенного рельефа, а также наблюдаемого современного дюнного рельефа.
- 3) Наличие нескольких порядков слоистости, обусловленных: а) сезонностью (зимние и летние слои), б) микродефляционными несогласиями (наличие эпизодов дефляции), в) перекрестно-слоистыми макроструктурами, иногда с крутыми (до 45°) падениями в юго-восточном направлении, г) прослоями эмбриональных почв.
- 4) Различные седиментационные структуры, формирующиеся при эоловом осаждении на сухую (слоистость осыпания подветренного склона дюн, слоистость и слойчатость восходящей ряби, трансляционная псевдослоистость и др.) и влажную (адгезионная слоистость, денивационные структуры) поверхность седиментации [Галанин, 2020].
 - 5) Наличие эпигенетических песчаных клиньев, жил и трещин.

- 6) Светлая окраска ППО (от белого до желтоватого, иногда светло-серого) с охристым оттенком, свидетельствующая о хорошей аэрации.
- 7) Высокая пористость, отсутствие прослоев намывной органики [Галанин и др., 2018].
- 8) В гранулометрическом составе преобладают мелко- и среднезернистые пески умеренной сортировки, отмечается низкое содержание пылеватых фракций.
- 9) Низкое содержание слюды и тяжелой фракции, в отличие от аллювиальных отложений. Постоянное присутствие гидроокислов трехвалентного железа, формирующих эпигенетическую полосчатость ярко-оранжевого или красноватого цвета, что свидетельствует о хорошей аэрации и окислительных условиях седиментации.
 - 10) Мерзлотно-гидрогеологические признаки [Галанин и др., 2018]:
- а) низкая льдистость (<5 %), отсутствие полигонально-жильных льдов [Колпаков, 1983; Камалетдинов, Минюк, 1991; Шепелев, 2011; Галанин и др., 2016], свидетельствующие о крайней обезвоженности поверхности ландшафта во время осадконакопления;
- б) преобладание сублимационных криотекстур, среди которых наиболее распространены контактная и тонкошлировая, реже комковатая [Галанин и др., 2016];
- в) аномальный тепловой режим (температуры грунтов от -1 до 0 °C) и глубокое протаивание (3-4 м и более).

5.2. Геохронология покровных песчаных отложений Центральной Якутии

Проведенная ревизия данных количественного датирования позволила составить обобщенную таблицу из 97 дат (Таблица 27). Даты были поделены на 3 категории: даты по подстилающим отложениям, которые представлены преимущественно аллювием — подстилающие; даты покровных песчаных отложений — эоловые; даты закрепления ППО почвенно-растительным покровом и даты активации эоловых процессов и аккумуляции отложений в Малый

ледниковый период (МЛП) – перекрывающие. На рис. 64 показано статистическое обобщение этих дат.

Исходя из проведенного стратиграфического расчленения толщ во вскрытых разрезах и полученного массива дат, складывается следующая история накопления ППО Центральной Якутии. Большая часть ППО залегает на аллювиальных и аллювиально-озерных (мавринская свита) отложениях, которые формировались в основном в период с середины среднего до первой половины позднего неоплейстоцена [Колпаков, 1983; Камалетдинов, Минюк, 1991; Галанин, 2021]. Согласно последним публикациям и принятым стратиграфическим схемам [Галанин и др., 2018; Галанин, 2021; Куть, 2015; Унифицированная ..., 2010; и др.], считалось, что формирование ППО началось около 35-40 тыс. л. н., то есть во вторую половину МИС 3. По нашим данным, формирование ППО началось местами уже около 80 тыс. л. н., что соотносится с III₂ ступенью неоплейстоцена и морскими изотопными стадиями (МИС) 5а и 4, когда отмечалось общепланетарное увеличение суровости и континентальности климата.

Накопление ППО шло неравномерно. Так, на высоких террасах р. Вилюй (разрез № 052-058) они накапливались, согласно возрастной модели (рис. 21), от ~80 до ~29 тыс. л. н., что соответствует III₂-III₃ ступеням неоплейстоцена и МИС 5а — МИС 3. В пределах Кысыл-Сырского обнажения в это время, в частности, около 45-30 тыс. л. н. [Галанин, Павлова, 2019], происходило накопление аллювиальных отложений. В начале периода МИС 5а — МИС 3 скорости осадконакопления ППО составляли около 0.049 см / год (разрез № 052-058, интервал 42.5-50 м), далее отмечается увеличение до 0.135 см / год (разрез № 052-058, интервал 10.5-42.5 м).

На начало МИС 2 (~29-26 тыс. л. н.) приходится относительно низкая активность эоловых процессов в Центральной Якутии (например, отмечено осадконакопление в пределах Усть-Буотамского обнажения, которое пришлось наконец МИС 3 – начало МИС 2, дата 29.5±1.8 тыс. л. н. с глубины 82 м [Vasil'eva et al., 2024]).

Таблица 27. Возраст формирования покровных песчаных отложений Центральной Якутии, подстилающих и перекрывающих отложений

Разрез, место	Источник					
положение	Подстилающие	Возраст календарі Эоловые	Перекрыв	ающие		
	(11 дат)	(36 дат)	(50 да	T'		
	Аллювий и другие	ППО	Закрепление	Активация		
	отложения,		почвенно-	эоловых		
	подстилающие ППО		растительным	процессов		
Долина р. Виль	oř.		покровом	МЛП		
№ 052-058,	51700±2220	39870±2230			Шапошников и	
Высокая	31700-2220	38250±1855			др., 2019;	
терраса	> 396000	40540±2220			др., 2019, Табл. 6	
терриси	> 405400	49450±2415			1	
		63800±490				
		79100±700				
№ 449,			3560±100		Галанин и др.,	
тукулан			3830±130		2018;	
Кысыл-Сыр			4200±120		Табл. 1	
			4230±130			
			4470±150			
			6650±125			
№ 487,	> 60000	6400±500	9070±210	330±110	Галанин и др.,	
л⊻ 467, тукулан	/ UUUUU	18000±1400		330±110	2018;	
Кысыл-Сыр		10000=1100			Табл. 1	
Тукулан				140±90	Галанин и др.,	
Кысыл-Сыр				155±95	2018;	
•				380±80	Табл. 1	
№ 366,	44550±2235		5050±140	595±50	Галанин и др.,	
тукулан	40480±1400				2018;	
Кысыл-Сыр	47730±2280		1000 150		Табл. 1	
№ 67,	32710±740		4890±160		Галанин и др.,	
тукулан			5230±170 4640±150		2018;	
Кысыл-Сыр № 088,			590±280		Табл. 1 Павлова и др.,	
л⊻ 088, тукулан			620±50		2017;	
Махатта			1330±190		Табл. 7	
1viana i a			2010±215		1 40011. 7	
			2140±250			
			1960±190			
			3450±230			
№ 071,			2540±220	1410±120	Таб. 7	
тукулан			2610±150			
Махатта			3220±150			
№ 075,		17100±900			Таб. 7	
тукулан		17000±900				
Махатта						
Тукулан				770±105	Таб. 7	
Махатта						
Долина р. Суол	bl					
№ 174	T	23270±300	8090±245		Таб. 12	
·= - · ·		, 000	8340±280		1 <u>D</u>	
			9370±265			
			11250±345			
№ 174Б			8900±260		Таб. 12	
Nr. 177			0.470 - 075		T. C. 12	
№ 175			9470±275		Таб. 12	
			11760±360			

Таблица 29 (продолжение)

Долина р. Лены в	среднем течении				
Песчаная гора Разрез № 537		14880±540	7250±310 10880±530 7420±360 9220±320		Шапошников и др., 2019; Галанин, 2021; Таб. 17
Песчаная гора		13740±170 17020±690 17630±410 20890±650	8780±120		Алексеев, 1984,1990; Камалетдинов, Минюк,1991; Таб. 17
Харыялахское обнажение	13350±460	11360±300 11440±350 11400±310	10550±320		Таб. 19
Стоянка Диринг-Юрях		21100±1800 14600±900 9900±700 11900±800 12600±1100 14900±900 11700±1200 12200±1300 14100±1200 15100±1400			Lukyanycheva et. al., 2024
Усть- Буотамское обнажение	> 93300	14700±1100 15200±1400 15400±1300 15900±1400 16600±1500 17500±1400 15800±1200 29500±1800			Vasil'eva et al., 2024
			490±110 5500±270	420±80	Васильева и др., 2024 (в печати)
Тукулан Саамыс- Кумага				250±135	Таб. 24
Долина р. Линде Обнажение тукулан Линде	17360±1170		4860±260 5650±140 12070±490		Павлова и др., 2024;
				410±90 1600±130	Васильева и др., 2023

Примечание: Черный цвет – радиоуглеродные даты, красный цвет – OSL-даты, синий цвет – отброшенные даты, жирный шрифт – опубликованные даты (в правой колонке ссылка на источник), обычный шрифт – даты, полученные в данной работе.

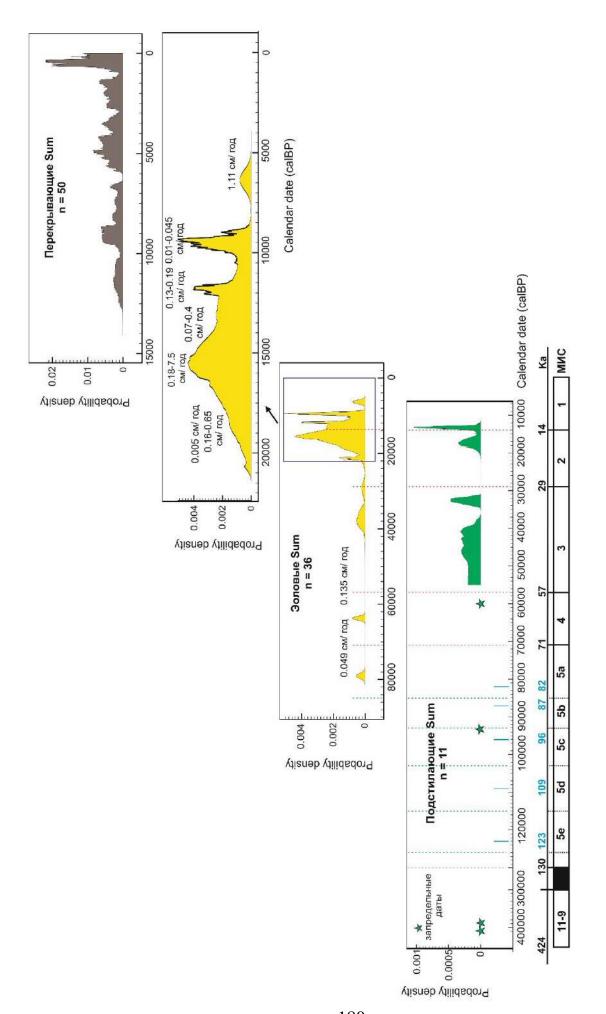


Рис. 64. Суммирование массивов классификационных дат (подстилающие, эоловые, перекрывающие) по разрезам, содержащие покровные песчаные отложения.

В интервале ~26-15 тыс. л. н, включая глобальный ледниковый максимум плейстоцена (LGM ~26-19 тыс. л. н. по [Cohen, Gibbard, 2019]), интенсивность эолового рельефообразования и аккумуляция ППО очень сильно возрастают, достигая наибольших масштабов ~23-15 тыс. л. н. Об этом свидетельствует широкая встречаемость в разрезах Центральной Якутии ППО данного возраста: долина р. Вилюй, тукулан Кысыл-Сыр [Галанин, Павлова, 2019]; тукулан Махатта (разрезы № 047 и 075); долина р. Суолы, долина р. Линде [Павлова и др., 2024], долина среднего течения р. Лены — обнажения Харыялахское, Кыллахское, Песчаная гора [Галанин и др., 2021], Усть-Буотамское [Галанин и др., 2021; Vasil'eva et al., 2024], Диринг-Юрях [Lukyanycheva et al., 2024]. Мощность отложений варьируется от 2.5 до 70 и более метров.

Скорости аккумуляции ППО были выше, по сравнению, с этапом МИС 5а – МИС 3. Например, в обнажении Песчаная гора (рис. 65) средняя скорость аккумуляции составила в период 20.9-17.0 тыс. л. н. 0.155 см/год, в период 17.0-13.7 тыс. л. н. – 0.183 см/год. В Усть-Буотамском обнажении (рис. 65), которое располагается рядом с рекой Лена, скорость аккумуляции составила: в период 16.6-17.5 тыс. л. н. – 0.67 см/год, 15.9-16.6 тыс. л. н. – 2.14 см/год, 15.4-15.9 тыс. л. н. – 1 см/год, 15.2-15.4 тыс. л. н. – 7.5 см/год, 14.7-15.2 тыс. л. н. – 0.4 см/год. Максимальная скорость осадконакопления в данном обнажении пришлась на 15.2-15.4 тыс. л. н., когда за 200 лет накопилось 15 м песчаного материала, а далее произошел спад эоловой аккумуляции. На высокой террасе Лены в пределах стоянки Диринг-Юрях средние скорости аккумуляции покровных песчаных отложений составили: в период 14.6-21.1 тыс. л. н. – 0.005 см/год; 14.1-15.1 тыс. л. н. – 0.07 см / год (рис. 65).

Около 15 тыс. л. н. начинается снижение эоловой активности, и растительные сообщества постепенно заселяют и закрепляют песчаные пространства. Этот процесс шел неравномерно и продолжался вплоть до похолодания позднего дриаса (до 12.8 тыс. л. н.). На стоянке Дирин-Юрях скорости эолового осадконакопления (рис. 65) составляли в период 12.5-14.9 тыс. л. н. – 0.026 см/год, 12.2-14.1 тыс. л. н. – 0.04 см/год.

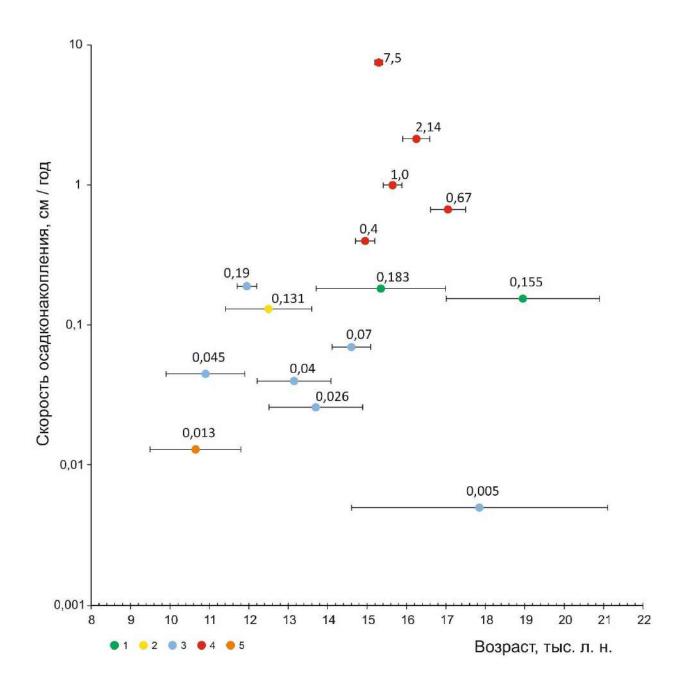


Рис. 65. Скорости осадконакопление покровных песчаных отложений Центральной Якутии. 1 — обнажение Песчаная гора, 2 — Харыялахское обнажение, 3 — Диринг-Юрях, 4 — Усть-Буотамское обнажение, 5 — долина р. Суолы.

Позднедриасовое похолодание (GS-1, 12.8-11.7 тыс. л. н.) способствовало новой активизации эоловых процессов и аккумуляции ППО. Скорости аккумуляции в пределах Дирин-Юрях в период 11.7-12.2 тыс. л. н. -0.19 см / год, в Харыялахском обнажении в интервале 11.4-13.6 тыс. л. н. -0.131 см/год (рис. 62).

К началу голоцена происходит постепенное затухание эоловых процессов, скорости аккумуляции в пределах стоянки Дирин-Юрях составили в интервале 9.9-11.9 тыс. л. н. – 0.045 см / год, в долине р. Суолы в период 9.5-11.8 – 0.013 см / год.

На рубеже позднего дриаса — начало раннего голоцена местами происходило закрепление эоловых песков растительным покровом. Наиболее активное закрепление ППО происходило в период 7-4.5 тыс. л. н.

С конца среднего голоцена отмечались интенсивные пожары, горизонтами обожженной подтверждается протяженными палеопочвы множеством углей и остатками обожженных стволов деревьев, подстилающих пачки современных дюнных отложений исследованных тукуланов Махатта и Кысыл-Сыр (например, даты по обожженной древесине -4890 ± 160 , 5050 ± 140 кал. л. н., см. таб. 1, MPI-13 и MPI-47), Усть-Буотамское обнажение – 5500±270 кал. л. н., МРІ-174. [Васильева и др., 2024] и др. Пожары, по-видимому, способствовали активизации эоловых процессов, отмечавшейся в период ~3.5-1.5 тыс. л. н. Об этой активизации свидетельствуют наличие прослоев эолового песка в торфянике начиная со времени около 3.5 тыс. л. н. в разрезе № 088 (дата с глубины 3.6 м, 3450±230 кал. л. н., см. таб. 7, MPI-90), чередование детритовых и эоловых прослоев в разрезе № 071 (дата с глубины 7-7.3 м, 3220±150 кал. л. н., см. таб. 7, МРІ-75), обилие углей в эоловых отложениях в верхних частях разрезов в долине р. Суолы (№ 180, № 174) и др. В дальнейшем происходит постепенное восстановление растительных сообществ после пожаров и затухание эоловых процессов.

Во время похолодания климата в интервале XIV-XIX вв. (Малый ледниковый период) имело место несколько очередных фаз активизации дюнообразования практически во всех изученных районах, о чем свидетельствуют стволы погребенных деревьев под современным дюнным рельефом.

Таким образом, на основе корреляции литологических данных и результатов количественного датирования установлено пять фаз эоловой активности и аккумуляции ППО в магистральных речных долинах Центральной Якутии:

1) \sim 80-29 тыс. л. н. (МИС 5а — МИС 3) — локальное развитие эоловых процессов и начало накопления ППО.

- 2) ~23-15 тыс. л. н. (последний глобальный ледниковый максимум и поздний пленигляциал) очень интенсивное эоловое рельефообразование и аккумуляция ППО, которое достигло наибольших широких масштабов.
- 3) ~ 12.8-9.5 тыс. л. н. (похолодание позднего дриаса и ранний голоцен) активизация эоловых процессов, которому способствовало дриасовое похолодание, и последующая стадия накопления ППО значительных объемов.
- 4) ~3.5-1.5 тыс. л. н. (поздний голоцен) активизация дюнообразования вследствие интенсивных пожаров, начавшихся в конце среднего голоцена, и дальнейшего похолодания и аридизации климата после 2.5 тыс. л. н.
- 5) ~XIV-XIX вв. (Малый ледниковый период) современная стадия эолового осадконакопления, связанная с похолоданием Малого ледникового периода.

5.3. Условия формирования покровных песчаных отложений по данным спорово-пыльцевого анализа

5.3.1. Общие черты спорово-пыльцевых комплексов покровных песчаных отложений

Спорово-пыльцевые спектры из ППО получены из следующих разрезов (рис. 66):

- 1) МИС 5а МИС 3 в пределах 65-метровой высокой террасы р. Вилюй (разрез № 052-058, интервал глубин 4.7-51 м).
- 2) МИС 2 (29-14.7 тыс. л. н.) в пределах долины р. Вилюй обнажение тукулана Кысыл-Сыр (разрез № 366, интервал 4-20 м), юго-восточная часть тукулана Махатта (разрез № 047, интервал 0.2-7.1 м; разрез № 075, интервал 0.5-2.6 м); долина р. Суолы (разрез № 180, 0.9-12.2 м).
- 3) GI-1 (бёллинг-аллерёд, 14.7-12.8 тыс. л. н.) долина среднего течения р. Лены (разрез № 482, интервал 7-8.25 м).
- 4) GS-1 (поздний дриас, 12.8-11.7 тыс. л. н.) обнажение Харыялахское, долина среднего течения р. Лены (разрез № 482, интервал 5-7 м).
 - 5) МИС-1 (ранний голоцен) долина р. Суолы (разрез № 174, 1.2-2.6 м).

6) Поздний голоцен — долина р. Суолы (разрез № 174 интервал 0.1-1.2 м, № 180, интервал 0-0.4 м), долина р. Вилюй (разрез № 047, 0-0.2 м, № 088, 0.02-1.5 м, № 071, 0.1-3 м).

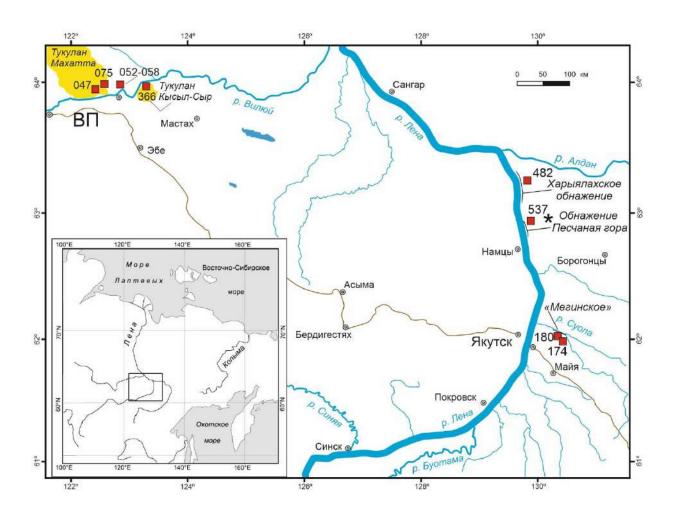


Рис. 66. Карта-схема расположения исследованных разрезов, где получены спорово-пыльцевые спектры покровных песчаных отложений. * — палинологические данные, полученные предшественниками [Камалетдинов, Минюк, 1991; Спектор и др., 2017].

В указанных разрезах выполнен спорово-пыльцевой анализ 126 образцов ППО периода МИС 5а — начало МИС 1. В общей сложности в них найдены следующие таксоны.

— **24** таксона травянистых и кустарничковых растений (в порядке убывания в спорово-пыльцевых спектрах: Poaceae, *Artemisia*, Amaranthaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Brassicaceae, Cichorioideae, Rosaceae, Ranunculaceae, *Thalictrum*, *Sanguisorba officinalis*, Asteroideae, Ericales, Onagraceae, Polygonaceae, *Thymus*, Fabaceae, Apiaceae, Valerianaceae, Polemoniaceae, Campanulaceae, *Rubus chamaemorus*, *Nuphar*).

- **7 таксонов деревьев и кустарников** (в порядке убывания: *Betula* sect. *Nanae*, *Betula* spp., *Pinus* s/g *Diploxylon*, *Pinus* s/g *Haploxylon*, *Alnus*, *Salix*, *Larix*). Дочетвертичная пыльца *Tilia*, Pinaceae и Podocarpaceae.
- **6 таксонов спор** (в порядке убывания: *Selaginella rupestris*, Lycopodiaceae, *Sphagnum*, Polypodiophyta, Bryales, *Equisetum*). Дочетвертичные, преимущественно мезозойские споры.
- **Непыльцевые палиноморфы** (водоросли *Botryococcus*, споры и остатки грибов *Glomus*, *Gelasinospora*, *Microthyrium microscopicum*, остатки хирономид Chironomidae, раковинные амебы *Arcella*, *Assulina* и угольки).

Также проанализированы 18 образцов из ППО позднего голоцена, где найдены 6 таксонов деревьев и кустарников (в порядке убывания в споровопыльцевых спектрах: Pinus s/g Diploxylon, Betula spp., Alnus, Salix, Picea, Larix; дочетвертичная пыльца Pinaceae и Podocarpaceae); 15 таксонов трав и кустарничков (в порядке убывания: Poaceae, Artemisia, Brassicaceae, Cyperaceae, Ericales, Rosaceae, Amaranthaceae, Caryophyllaceae, Asteroideae, Cichorioideae, Onagraceae, Ranunculaceae, Polygonaceae, Sanguisorba officinalis, Rubus chamaemorus); 4 таксона Sphagnum, (Selaginella rupestris, Polypodiophyta, Lycopodiaceae; спор дочетвертичные споры); непыльцевые палиноморфы (споры и остатки грибов – Glomus, Microthyrium microscopicum, Gelasinospora, устыца хвойных Stomata, остатки амеб Assulina и водорослей Zygnema-type, угольки).

Основное отличие спорово-пыльцевых комплексов верхненеоплейстоценовых — раннеголоценовых ППО от позднеголоценовых ППО в том, что в первых преобладает пыльца трав и кустарничков (до 55.8-90.2 %) с доминированием ксерофитных таксонов, а в позднеголоценовых — пыльца деревьев (до 95%) преимущественно *Pinus* s/g *Diploxylon*.

5.3.2. Отражение биогенно-эоловой ритмичности разрезов в споровопыльцевых спектрах

В ППО, которые накапливались $\sim 80 - \sim 9.5$ тыс. л. н., отмечается биогенноэоловая ритмичность. Каждый ритм состоит из двух членов. Первый член представлен светло-желтыми песчаными отложениями мощностью от 0.1-0.2 до 12 м, редко на отдельных участках вблизи кровли отложений — от 1-3 до 10-15 см, накопление которых связано с интенсивными процессами сухого эолового осаждения и дефляции. Отложения иногда включают вертикально погребенные деревья и пневые горизонты, а также рассеянные вертикальные корешки трав, что свидетельствует о большой скорости аккумуляции. Формирование первого члена ритма происходило в суровых криоаридных условиях в ходе нарастания эоловой активности в интервалы наиболее интенсивной ветровой переработки исходных отложений и их аккумуляции в виде динамичных песчаных дюн различной морфологии.

Второй член ритма представлен темно-серыми супесчаными отложениями с тонкими прослоями органического детрита или дерново-суглинистыми слоями (эмбриональные палеопочвы) мощностью от первых миллиметров до 3-4 см. Его формирование происходило при изменении климатических условий в эпизоды потепления и роста количества атмосферных осадков, что сопровождалось снижением эоловой активности, частичным и/или временным закреплением поверхности дюн пионерной растительностью с дальнейшим развитием небольших кочек (с типичными размерами от 4 до 15 см), первичной почвы и появлением единичных кустарников.

Биогенно-эоловая литологическая ритмичность разрезов ППО, таким образом характеризует периоды «активизации-аккумуляции» (первый член ритма) и «затухания-стабилизации» (второй член ритма) эоловой активности, которые неоднократно сменяли друг друга на протяжении от конца МИС 5 до начала МИС 1. Эта ритмичность отражается и в спорово-пыльцевых спектрах.

Первая группа («активизации – аккумуляции») характеризуется наиболее низкой концентрацией пыльцы (0-133 зерен / г). Отмечаются единичные зерна *Artemisia*, Amaranthaceae, Cyperaceae, Poaceae, Caryophyllaceae, Cichorioideae, Asteroideae, Brassicaceae, Rosaceae, Apiaceae, *Thalictrum*, Ranunculaceae, Ericales, *Sanguisorba officinalis*, Fabaceae, *Pinus* s/g *Diploxylon*, *Alnus*, *Betula* spp и *Betula* sect. *Nanae*; единичное присутствие спор *Selaginella rupestris*, Lycopodiaceae, *Sphagnum*,

Polypodiophyta, Bryales, дочетвертичная пыльца, представленная преимущественно Pinaceae и Podocarpaceae, мезозойские споры, угольки и *Glomus* (только в разрезе № 052-058).

(«затухания стабилизации») Вторая группа _ характеризуется травянистых растений (до 90.2 %). большей доминированием пыльцы концентрацией спор и пыльцы (10-424зерен /г), в некоторых пробах (№ 482 6, № 052-058 30 и № 075 0.45) отмечаются очень высокие концентрации 2770, 4900 и 22900 зерен / г соответственно и в серии спектров разреза № 482 PZ I –6950 зерен / г; большим разнообразием таксонов и содержанием спор Glomus (до 43.5-75 % от общего числа подсчетов, см. раздел 3.6) и угольков. В спектрах отмечаются все таксоны и НПП, которые перечислены в разделе 5.3.1.

5.3.3. Ландшафтно-климатические условия формирования покровных песчаных отложений

В формировании покровных песчаных отложений Центральной Якутии можно выделить несколько этапов:

<u>1 этап (МИС 5а − МИС 3, ~80-29 тыс. л. н.).</u> По результатам проведенного исследования, накопление ППО можно отнести ко времени около 80 тыс. л. н. (см. раздел 5.2). Оно проходило на протяжении всей III₂ ступени неоплейстоцена и холодных климатических фаз III₃ ступени неоплейстоцена, которые, согласно С.М. Фотиеву [2006], были близки по климату к ледниковой эпохе МИС 2 и относились к периодам 45-43 тыс. л. н. и 33-30 тыс. л. н. Условия были очень холодные и сухие, что привело к активизации эоловых процессов и накоплению материала.

Отложения мощностью более 40 м возраста ~80-29 тыс. л. н. зафиксированы в составе 65-метровой террасы р. Вилюй (разрез № 052-058). Согласно палинологическим данным (разрез № 052-058, PZII; рис. 25, в интервале глубин 5-45 м) возможно предположить, что почти полное отсутствие пыльцы и спор в ППО может быть косвенным признаком быстрой аккумуляции ППО. В этот период широко были распространены пространства лишенные растительности, на которых происходила интенсивная дефляция, сопряженные с участками погребенных

деревьев, с единичными пятнами травянистых сообществ преимущественно из *Artemisia*, Poaceae, Caryophyllaceae.

Отмеченные эмбриональные палеопочвы в пачке отложений (глубины 10.5, 10.7, 11.0, 11.3, 11.9, 14.0, 25.0, 30.0, 35.0 37.5, 40.0, 42.5, 47.5 и 50 м) и полученные для них спорово-пыльцевые спектры свидетельствуют о том, что в МИС 5а – МИС 3 отмечались относительно более теплые и влажные периоды, в которые происходило затухание эоловых процессов и постепенное закрепление песчаной поверхности растительными сообществами с последующим формированием эмбриональных почв. Закрепление дюнных массивов происходило преимущественно полынно- и злаково-разнотравной растительностью.

Карпологические (проба 052-058_20) и спорово-пыльцевые данные из эмбриональных палеопочв показывают, что некоторые котловины выдувания (междюнные пространства) были обводнены и представляли небольшие эфемерные озера (в пробах отмечаются водные виды – пыльца кубышки Nuphar, косточки рдестов Potamogeton filiformis Pers., P. perfoliatus L., P. natans L.), по окраинам зараставшие различными видами осок, вахтой трехлистной Menyanthes trifoliata L., влаголюбивыми видами лютиковых и пр., с луговой и лугово-болотной растительностью; в междюнных понижениях вблизи водных артерий встречались ельники. Водоемы были хорошо прогреваемыми, хоть и мелкими, но, возможно, не промерзавшими или не всегда промерзавшими до дна, о чем свидетельствуют находки семян теплолюбивого экзота (каулинии гибкой) из степной и лесостепной зон [Михаревич и др., 2024]. Местами произрастали ивы и карликовые виды берез, а также отмечались небольшие заболоченные участки, где произрастала клюква мелкоплодная Oxycoccus microcarpus Turcz. ex Rupr.

Также спорово-пыльцевые данные, полученные из разреза № 052-058 (РZII, интервал 4.7-51 м), свидетельствуют о том, что на территориях, окружавших дюнные массивы, были распространены степные сообщества основными ассоциациями которых являлись злаково- и разнотравно-полынные группировки. Согласно работам ряда авторов [Андреев и др., 2002; Томская, 1981; Боескоров и др., 2016] на территории Центральной Якутии в это время широко были

распространены холодные степи, которые имели высокий травостой и были высокопродуктивны, судя по обитанию в это время травоядной мамонтовой фауны. Наличие в пробах пыльцы и семян *Larix*, *Pinus*, *Picea*, говорит о том, что степные участки чередовались с небольшими пространствами лиственничных лесов с примесью сосны и ели. Некоторые авторы считают, что на более сухих участках – водоразделах и бровках террас – встречались *Pinus pumila* и *P. sylvestris* [Гитерман, 1963; Фотиев, 2006; Шофман и др.,1977]. В более благоприятные теплые периоды каргинской эпохи в Центральной Якутии увеличивалась роль древесных пород [Андреев и др., 2002; Томская, 1981].

Дополнительным триггером локального опустынивания в МИС 5а –МИСЗ, вероятно, являлись частые пожары, которые уничтожали большие площади древесных сообществ и способствовали активизации эоловых процессов. Данный факт подтверждается большим содержанием угольков в спорово-пыльцевых спектрах разрезов № 052-058 в интервале 24-51 м (палинозона PZII) и № 366 (палинозона PZI) от 11.4 до 40.8 %, а также спор гриба *Gelasinospora* – индикатора пожаров [Prescott et al., 2014].

2 этап (МИС 2 – начало МИС-1, ~29-11.7 тыс. л. н.). В этот период происходит еще большее нарастание континентальности, сокращение атмосферных осадков и иссушение климата [Гитерман, 1963; Томская, 1981]. О сухих и очень холодных климатических условиях МИС 2 – начало МИС-1 свидетельствует более широкое распространение ППО и преобладание в них фаций сухого эолового осаждения (см. разрезы № 366, тукулан Кысыл-Сыр; № 537, Песчаная гора; № 047 тукулан Махатта; № 180, долина р. Суола, а также разрез Усть-Буотамский [Галанин и др., 2021; Vasil'eva et al., 2024]). Рыхлое сложение и высокая пористость указывают на воздушное осаждение частиц, крайне низкая льдистость и практически полное отсутствие растительных остатков – на климатические условия холодной пустыни [Галанин и др., 2015].

На основании данных количественного датирования установлено, что в пределах первой надпойменной террасы р. Вилюй (разрез № 366), кердёмской и бестяхской террас р. Лены основной объем ППО сформировался в глобальный

ледниковый максимум неоплейстоцена. На отдельных участках бестяхской террасы (Усть-Буотамское обнажение, разрез № 493) за это время накопилось более 70 м дюнных песков [Галанин, 2021].

На протяжении ~29-11.7 тыс. л. н. на фоне прогрессирующего похолодания, иссушения климата и снижения циклонической активности происходила, с одной стороны, активация эоловых процессов с формированием эмбриональных дюнных массивов с дальнейшим их слиянием и превращением в крупные песчаные покровы, которые двигались, ориентируясь в направлении господствующих ветров, на юго-восток и пересекали различные элементы рельефа (тальвеги долин, бровки речных террас, озерные котловины и др.) [Галанин, Павлова, 2019]. С другой стороны, данные факторы способствовали существенному сокращению речного стока. Многие водотоки функционировали только на протяжении непродолжительных половодий, а в меженный период полностью исчезали. Большинство водотоков низких порядков даже во время половодья не могли справиться с эоловыми наносами, их долины расчленялись на изолированные бессточные бассейны, в которых формировались озерно-болотные фации. Сток магистральных рек (Лена, Вилюй, Алдан) и их крупных притоков также существенно снизился, что, вероятно, привело к загромождению тальвегов долин эоловыми наносами, обмелению водотоков и развитию меандрирования [Галанин, Павлова, 2019; Галанин, 2021].

Во втором этапе (МИС 2 – начало МИС 1) выделяется несколько подэтапов:

1) Поздний глобальный ледниковый максимум (LGM) и поздний пленигляциал (26-15 тыс. л. н., включая LGM, ~26 — ~19 тыс. л. н., по [Cohen, Gibbard, 2019]), на который приходится пик максимального опустынивания. В ППО этого времени пыльца и споры почти отсутствуют (долина нижнего течения р. Вилюй — разрез № 366, палинозона PZII; разрез № 047, палинозона PZI; долина р. Суолы — разрез № 180, палинозона PZI). Это свидетельствует о том, что на протяжении термического минимума позднего неоплейстоцена происходило практически полное исчезновение древесной растительности и изреживание растительности холодных

степей; доминировали открытые песчаные незакрепленные пространства, и, возможно, были развиты каменистые полупустыни [Павлова и др., 2017].

Как на первом этапе, так и на втором этапе, в течение которого отмечался термический минимум позднего неоплейстоцена, выделялись небольшие периоды смягчения климатических условий, о чем свидетельствуют тонкие 0.2-3 (4) см прослои эмбриональных почв (разрез № 366, пробы 12 и 19 м, рис. 17; № 047, пробы 2.7 м и 7.0 м, рис. 35; разрез № 180, пробы 6.4-6.8 м, 7.0-7.4 м, 7.4-8.0 м, 8.3-8.4, 10.45-10.50 м и 10.8-11.0 м, рис. 40). Дюнные пространства закреплялись сначала пионерной растительностью, a затем преимущественно ксерофитными сообшествами (Artemisia, Amaranthaceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae), злаковыми, в более увлажненных участках – осоковыми. Концентрации пыльцы очень низкие (9-241 зерен /г), что говорит о низкой продуктивности.

Карпологические комплексы ППО, относящиеся к подэтапу 29-14.7 тыс. л. н., отличаются бедностью видового состава (установлены чуть более 10 таксонов в разрезе № 366) по сравнению с ППО периода МИС 5а – МИС 3. Предполагается, что такие особенности захоронения связаны с высокой степенью изреженности и угнетенности растительности в криоаридных условиях [Михаревич и др., 2024]. ППО практически не содержат остатков лесообразующих пород. Согласно полученным площади открытых песков увеличивались, данным, но дефляционных понижениях продолжали развиваться озера (о чем свидетельствует наличие в пробах косточек рдеста нитевидного Potamogeton filiformis Pers., плодиков хвостника обыкновенного Hippuris vulgaris L. и др.), хотя уровень таксономического разнообразия внутри групп гидрофитов и околоводной прибрежной растительности еще более снизился. Последняя к тому же приобрела крайне разреженный характер. Одной из причин снижения таксономического разнообразия, проявившегося, в том числе, в исчезновении каулинии гибкой, было, вероятно, глубокое промерзание водоемов. Редко сохранялись отдельные лиственницы. По берегам дефляционных озер развивались осоковые, вахтовые, возможно, луговые сообщества, на удалении от озер росли кустарниковые виды Палеоботанические данные берез. также свидетельствуют о возможном

распространении участков остепненных березовых колков, зарослей ерника из кустарниковых видов берез и отдельно стоящих лиственниц.

К концу пленигляциала (около 17-15 тыс. л. н.) дефляция сменилась интенсивной эоловой аккумуляцией, в результате чего в пределах кердёмской и бестяхской террас р. Лены сформировалась песчаная дюнная пустыня с островками тундрово-степной растительности [Галанин, 2021].

- 2) Потепление бёллинг-аллерёд (GI-1). В межстадиальную часть позднеледниковья 14.7-12.8 тыс. л. н. в условиях смягчения климата происходит затухание эоловой активности и закрепление ППО травянисто-кустарничковыми ксерофитными группировками и островками древесной растительности. Данный факт хорошо отражается в спорово-пыльцевых спектрах разреза № 482, PZI (рис. 48).
- 3) Похолодание позднего дриаса (GS-1). В период 12.8-11.7 тыс. л. н. произошло резкое похолодание и опустынивание, сопровождавшееся распространением дюнных массивов в пределах кердёмской и бестяхской террас р. Лены, в долине р. Вилюй и ее притоков. Спорово-пыльцевые спектры позднего дриаса (разрезы № 075, рис. 33; № 482, PZ II, рис. 48) схожи со спектрами из нижележащих более древних отложений ППО.

В этот период также преобладали ландшафты открытого типа, холодных степей с преобладанием ксерофитных сообществ, разнотравно-злаковых лугов, незакрепленные песчаные пространства, на поверхностях которых очень разряжено произрастали преимущественно злаки и ксерофиты, местами ерники из кустарниковых видов берез, ольховника и ивы, присутствовали остепненные участки лиственничных лесов. Локально, в местах близкого подступа грунтовых вод к дневной поверхности, отмечались заболоченные участки с морошкой и Ericales (возможно, с голубикой, багульником и пр.), поросшие сфагновым мхом. О холодных условиях свидетельствует наличие во всех пробах спор плаунка Selaginella rupestris, содержание которых достигает в образце эмбриональной почвы (разрез № 075, проба 0.45 м, рис. 33) 66 %. Также, возможно, случались

пожары (о чем говорит наличие угольков и спор *Gelasinospora*), что способствовало дефляции.

К началу голоцена не менее 40 % территории Центральной Якутии было покрыто дюнными массивами и песчаными покровами, практически лишенными растительности [Галанин, Павлова, 2019]. В более увлажненных котловинах выдувания были развиты степные сообщества. Эрозионная сеть была в значительной мере нарушена эоловыми процессами. Сток на небольших реках, как например р. Суолы, появлялся лишь во время половодий, а на протяжении всего остального времени года полностью прекращался.

На остальной части территории за пределами ППО сохранялись тундровостепные обстановки, а также сообщества лесотундры, кустарниковых тундр и березовых редколесий [Галанин, Павлова, 2019; Andreev et al., 2009]. Об этом свидетельствуют присутствие в спорово-пыльцевых спектрах Ericales – типичного элемента северо-таежных, лесотундровых и тундровых сообществ, и *Selaginella rupestris* – маркера остепненных лугов, степей, зарослей кедрового стланика и сухих сосновых боров. В наиболее увлажненных днищах междюнных котловин тукуланов развивались луговые ассоциации, сменившиеся затем осоковыми болотами [Галанин и др., 2015].

<u>3 этап – голоцен.</u> Резкое потепление климата, произошедшее около 11.7 тыс. л. н., сопровождалось ростом количества атмосферных осадков, что, возможно, привело к увеличению обводненности и речного стока, затуханию эоловой активности. На начальном этапе водотоки малых порядков интенсивно меандрировали среди дюнных наносов, полуразрушенная мелкопорядковая дренажная сеть не справлялась со стоком, множество бессточных котловин и отдельные участки долин оказывались подтопленными [Галанин, Павлова, 2019]. В широком гипсометрическом интервале распространились многочисленные озера. Наибольшее количество которых было приурочено к крупным дюнным массивам — участкам максимального разрушения дренажной сети эоловыми процессами (например, северо-восточная часть тукулана Махатта). Также многочисленные замкнутые понижения (котловины выдувания), превратившиеся в

озера, зафиксированы в долине р. Суолы [Павлова, Галанин, 2019], в пределах кердёмской и бестяхской надпойменных террас р. Лены в среднем течении [Галанин, 2021].

Затухание эоловой деятельности, активизация роста растительности и ее распространение на песчаных пространствах шло постепенно. Активная эоловая аккумуляция прекратилась не сразу, ее признаки отмечаются вплоть до ~9.5 тыс. л. н. (рис. 64), что связано со сложностью освоения растительностью эдафически бедных подвижных песчаных грунтов. Как отмечает И.А. Галанина [2016] для современных подвижных песков, их закрепление идет в пять стадий: 1) инициальная подготовительная, в которой появляются различные лишайники, «цементирующие» песчаную поверхность и являющиеся хорошими индикаторами стабилизации и деградации дюн [Fernandez, Barradas,1997]; 2) первичного зарастания, когда формируется куртинный одноярусный растительный покров, преимущественно, из травянистых псаммитов; 3) формирование двухъярусного куртинного растительного покрова; 4) формирование трехъярусного пятнистого растительного покрова, когда начинают появляться разные кустарники из ивы, карликовых видов берез, ольхи и др.; 5) стадия дифференциации ценозов.

К началу климатического оптимума голоцена (около 9 тыс. л. н.) многие дефляционные и эолово-подпрудные озера превратились в болота, где шло обильное накопление торфа. Голоценовый климатический оптимум фиксируется в большинстве разрезов в кровле ППО в виде торфяников мощностью до 2-3 м с остатками пресноводных моллюсков и болотной растительностью [Камалетдинов, Минюк, 1991; Павлова и др., 2016, 2017; Галанин, 2021 и др.], переслаивающихся с дюнными супесями и песками. Разрезы подобных раннеголоценовых палеокотловин изучены в пределах тукулана Кысыл-Сыр (разрез № 449) и в обнажении Песчаная гора (верхняя часть разреза № 537), в долине р. Суолы (разрез № 174, интервал 1.2-2.6 м).

<u>В интервале 9-7 тыс. л. н.</u> на фоне увеличивающегося количества осадков и повышения температур дюнные массивы Центральной Якутии полностью закрепляются растительностью. В числе прочего об этом свидетельствует

исчезновение из спорово-пыльцевых спектров спор гриба *Glomus* – яркого индикатора незакрепленных почв.

Долины малых рек Центральной Якутии частично освобождаются от эоловых наносов, а русла рек врезаются на 10-12 м. Так, например, в результате врезания русла р. Суолы днища полузамкнутых старичных и дефляционных котловин оказываются на несколько метров выше тальвега долины и превращаются в первую надпойменную террасу. У магистральных водотоков (таких как Лена, Вилюй, Алдан) врез доходил до 15-20 м [Галанин, Павлова, 2019]. Начинается развитие термоэрозионных оврагов и спуск множества озер и болот. На их месте распространяются лугово-кустарниковые сообщества и березовые рощи (палинозона РZII, разрез № 174).

В интервале 7-4.5 тыс. л. н. большая часть ППО в Центральной Якутии была закреплена развитым почвенно-растительным покровом, последней сукцессионной стадией которого стали сосново-толокнянково-брусничные леса [Галанин, Павлова, 2019]. Климат данного периода был более мягким и влажным, чем современный, наибольшей активности достигли процессы термоэрозии и термокарста в пределах лессово-ледовых равнин и плато, сложенных льдистыми отложениями едомной свиты.

Спорово-пыльцевые спектры, полученные из отложений разрезов Кысыл-Сырского обнажения (№ 449, палинозона PZIV), первой надпойменной террасы р. Суола (№ 174, PZIII), в долине среднего течения р. Лены (Песчаная гора, разрез № 537, PZII; Харыялахское обнажение, разрез № 418), указывают на климатические условия данного периода, которые способствовали высокой продуктивности растительности. Об этом свидетельствуют самые высокие концентрации спор и пыльцы в отложениях данного этапа (от 2500 до 200 тыс. зерен / г).

<u>Около 4.5 мыс. л. н.</u>, и особенно после 2.5 тыс. л. н., в регионе начинается похолодание и аридизация климата [Фотиев, 2006; Галанин, Павлова, 2019], а также активизация пожаров. В совокупности данные факторы привели к активизации эоловых процессов и очередной фазе дюнообразования. Факт интенсивных площадных пожаров подтверждается протяженными горизонтами

обожженной эмбриональной палеопочвы с множеством углей, подстилающими пачки современных дюнных отложений исследованных тукуланов Махатта и Кысыл-Сырский (разрезы № 366, № 088, № 071). Даты по обожженной древесине в Кысыл-Сырском обнажении — 4890±160 и 5050±140 кал. л. н., см. таб. 1, МРІ-13 и МРІ-47; в Усть-Буотамском обнажении — 5500±270 кал. л. н., МРІ-174 [Васильева и др., 2024]. Данные горизонты подстилают современные дюны на глубине 2-5 м, а в некоторых междюнных котловинах в результате дефляции выведены на поверхность. В палиноспектрах обнаружены споры гриба *Gelasinospora* — индикатора пожаров [Prescott et all., 2014] и большое количество микроугольков.

Об активизации эоловых процессов свидетельствуют данные о содержаниях общего органического углерода в верхней части разреза № 088 (0.02-2.8 м), где происходит резкое сокращение концентрации спор и пыльцы (637 зерен / г) и количества захороненных растительных остатков (ППП $_{450^{\circ}\text{C}}$ уменьшается снизу вверх по разрезу с 1.74 до 0.09 %) [Павлова и др., 2017].

В дальнейшем происходит постепенное восстановление растительных сообществ после пожаров – увеличилась доля березы, которая затем вытеснялась хвойными деревьями [Галанин и др., 2015]. Полученные данные подтверждаются результатами спорово-пыльцевого анализа (разрез № 071, палинозона PZII разреза № 047, PZO разрез № 180).

В позднем голоцене происходит некоторое расширение русла р. Суолы, обособляются верхняя и нижняя поймы. Поверхность первой надпойменной террасы покрывается плащеобразным слоем эоловых песчаных отложений, на которых развиваются сосновые леса, преимущественно из *Pinus sylvestris*, с небольшой примесью березы (PZIII, разрез №174; PZO, разрез № 180). Возможно, также были развиты березовые редколесья. Расширяются ксерофитные сообщества, продолжается спуск старичных озер доголоценового возраста.

<u>Во время Малого ледникового периода (XIV-XIX вв.)</u> эоловые процессы в Центральной Якутии вновь активизировались. Даты погребенных почвенных горизонтов и деревьев свидетельствуют о том, что возраст современных активных

дюн Центральной Якутии не превышает 200-600 лет [Галанин и др., 2015; Шапошников и др., 2019].

В те же временные интервалы на протяжении последних криохронов неоплейстоцена и в позднем голоцене фиксируются глобальные фазы расширения эоловых образований во всем Северном полушарии — на Аляске [Black, 1951], в Канаде [Wolf et al., 2011], в Западной и Восточной Сибири [Иванов, 1966; Уфимцев и др., 1997; Величко, Тимирева, 2005; Выркин, 2010 и др.].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на результатах проведенных исследований, можно сделать следующие выводы.

- 1. Покровные песчаные отложения (ППО) магистральных речных долин Центральной Якутии имеют эоловое происхождение, о чем свидетельствует следующий набор основных признаков:
- покровное (плащеобразное) залегание и одновременное формирование (наличие отложений одинакового возраста) на разных гипсометрических уровнях;
- наличие в строении: поверхностей погребенного рельефа, нескольких порядков слоистости (сезонная слоистость, микродефляционные несогласия перекрестно-слоистые макроструктуры, прослои эмбриональных почв), седиментационных структур, формирующихся при эоловом осаждении на сухую и влажную поверхности, эпигенетических песчаных клиньев, жил и трещин;
- в составе отложений преобладают светлые с охристым оттенком кварцевополевошпатовые мелко- и среднезернистые пески умеренной сортировки с низким содержанием слюды и тяжелой фракции, с постоянным присутствием гидроокислов железа (III), формирующих ярко-оранжевую или красноватую эпигенетическую полосчатость;
- характерна низкая льдистость (<5 %) и отсутствие полигонально-жильных и преобладание сублимационных льдов (контактная, тонкошлировая, комковатая льдистость).
- 2. Формирование ППО Центральной Якутии началось около 80 тыс. л. н., их накопление шло неравномерно, максимальная аккумуляция отложений пришлась на интервал ~23-15 тыс. л. н.
- 3. Спорово-пыльцевые комплексы ППО периода МИС 5а начало МИС 1, как и ППО позднего голоцена, характеризуются низким таксономическим разнообразием: 31 таксон высших растений и 6 таксонов спор. В них преобладает пыльца трав и кустарничков с доминированием Poaceae, *Artemisia*, Amaranthaceae, Caryophyllaceae и Cyperaceae, а также *Betula* sect. *Nanae*, в отличие от споровопыльцевых комплексов ППО позднего голоцена, где преобладает пыльца деревьев

(до 95%) с доминированием *Pinus* s/g. *Diploxylon*; остальные таксоны присутствуют в небольшом количестве или единично. В спектрах также отмечается в большом количестве мезозойская пыльца Pinaceae и Podocarpaceae, а также дочетвертичные споры и различные НПП – водоросли (*Botryococcus*), споры и остатки грибов (*Glomus*, *Gelasinospora*, *Microthyrium microscopicum*), остатки хирономид (Chironomidae) и раковинных амеб (*Arcella*, *Assulina*), угольки.

- 4. Выделены две группы спорово-пыльцевых спектров ППО, которые соотносятся с литологической ритмичностью, отражающей чередование фаз «активизации аккумуляции» и «затухания стабилизации» эоловых процессов с накопления покровных песчаных отложений, сменявшие друг друга от конца МИС 5 до начала МИС 1, что указывает на цикличность климатических условий.
- 5. На основе результатов комплексных исследований установлены условия формирования ППО в магистральных речных долинах Центральной Якутии и выделены этапы их формирования в интервале последних 80 тыс. лет:

1 этап — ~80-29 тыс. л. н. (МИС 5а — МИС 3). Очень холодные и сухие условия. Локальное формирование покровных песчаных отложений проходило на протяжении всей III₂ ступени неоплейстоцена и холодных климатических фаз III₃ ступени неоплейстоцена. В пределах песчаных массивов преобладал разреженный растительный покров с ксерофитными сообществами.

- 2 этап ~29-11.7 тыс. л. н. (МИС 2 начало МИС 1). Нарастание континентальности, сокращение атмосферных осадков, сильное иссушение климата. Отмечалось несколько подэтапов:
 - 2.1. ~29-26 тыс. л. н. относительно низкая активность эоловых процессов.
- 2.2. ~26-14.7 тыс. л. н. (последний глобальный ледниковый максимум, на который пришелся пик максимального опустынивания, и поздний пленигляциал) увеличение интенсивности эолового рельефообразования и сильное возрастание масштабов аккумуляции ППО, которые достигли максимума ~23-15 тыс. л. н. Практически полное исчезновение древесной растительности, изреживание растительности холодных степей. Доминировали открытые песчаные пространства

- с редкими травянистыми, преимущественно, ксерофитными сообществами, с островками тундрово-степной растительности и каменистые полупустыни.
- 2.3. 14.7-12.8 тыс. л. н. (*потепление бёллинг-аллерёд*) постепенное затухание эоловой активности и закрепление дюнных массивов травянисто-кустарничковым покровом.
- 2.4. 12.8-11.7 тыс. л. н. (*похолодание позднего дриаса*) масштабное опустынивание, активизация эоловых процессов, преобладание разряженного растительного покрова с ксерофитными сообществами.
- 3 этап голоцен. Резкое потепление климата, сопровождавшееся ростом количества атмосферных осадков.
- 3.1. 11.7-9.5 тыс. л. н. (начало середина раннего голоцена) активная эоловая аккумуляция с постепенным затуханием, связанная с медленным и постепенным освоением растительностью эдафически бедных подвижных песчаных грунтов.
- 3.2. ~9.5-4.5 тыс. л. н. (середина раннего голоцена конец среднего голоцена) практически полное затухание эоловой активности, локальная дефляция и эоловая аккумуляция, закрепление ППО растительностью. 7-4.5 тыс. л. н. большая часть ППО закреплена развитым почвенно-растительным покровом.
- 3.3. ~4.5-1.5 тыс. л. н. (конец среднего голоцена поздний голоцен). Интенсивные пожары, начавшиеся в конце среднего голоцена, дальнейшее похолодание и аридизация климата после 2.5 тыс. л. н. способствовали активизации дюнообразования в интервале ~3.5-1.5 тыс. л. н.
- 3.4. ~1.5-0.8 тыс. л. н. происходит постепенное затухание эоловых процессов и восстановление растительных сообществ после пожаров увеличивается доля березы, которая затем вытесняется хвойными деревьями.
- 3.5. В XIV-XIX вв. (Малый ледниковый период) несколько фаз активизации дюнообразования, в ходе которых сформировались современные дюнные массивы.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ИКСЛ – инфракрасно-стимулируемая люминесценция

Кал. л. н. – калиброванных лет назад

МИС – морская изотопная стадия

МЛП – Малый ледниковый период

МПП – многолетнемерзлые породы

НПП (NPP) – непыльцевые палиноморфы

ПЖЛ – повторно-жильные льды

ППО – покровные песчаные отложения

_{ППО}III – верхненеоплейстоценовые покровные песчаные отложения

 $_{\Pi\Pi O}H_3$ – позднеголоценовые покровные песчаные отложения

ОСЛ – оптически-стимулированная люминесценция

AP (arboreal pollen) – древесная пыльца

NAP (non-arboreal pollen) – недревесная пыльца

PZ (pollen zone) – зона, выделенная в разрезе по результатам палинологического анализа

Pre-Q pollen or spores – дочетвертичная пыльца или споры

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Авенариус И. Г., Муратова Н.В., Спасская И.И. Палеогеография Северной Евразии в позднем плейстоцене-голоцене и географический прогноз. М.: Наука, 1978. 76 с.
- 2. Андреев А.А., Климанов В.А. История растительности и климата Центральной Якутии в голоцене и позднеледниковье // Формирование рельефа, коррелятных отложений и россыпей северо-востока СССР. Магадан: Изд-во СВКНИИ ДВО АН СССР, 1989. С. 28–51.
- 3. Андреев А.А., Климанов В.А., Сулержицкий Л.Д. История растительности и климата Центральной Якутии за последние 11 000 лет // Геохронология четвертичного периода. М.: Наука, 1992. С. 112–117.
- 4. Андреев А.А., Климанов В.А., Сулержицкий Л.Д. История растительности и климата Центральной Якутии в позднеледниковье и голоцене // Ботанический журнал. -2002. Т. 87. № 7. С. 86–98.
- 5. Андреев А.А., Климанов В.А., Сулержицкий Л.Д., Хотинский Н.А. Хронология ландшафтно-климатических изменений Центральной Якутии в голоцене // Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. – М.: Наука, 1989. – С. 116–121.
- 6. Алабышев В.В. О находке пыльцы дуба в торфяниках Центральной Якутии в связи с их характеристикой // Труды Комиссии по изучению четвертичного периода. 1932. Т. 2. С. 185–213.
- 7. Алексеев М.Н. Материалы по стратиграфии кайнозойских отложений и геоморфологии центральной части Вилюйской впадины // Алмазы Якутии. М.: Изд-во АН СССР, 1961а. С. 180–226.
- 8. Алексеев М.Н. Стратиграфия континентальных неогеновых и четвертичных отложений Вилюйской впадины и долины нижнего течения р. Лены. М.: Изд-во АН СССР, 1961б. 117 с.
- 9. Алексеев М.Н., Камалетдинов В.А., Гриненко О.В. Кайнозойские отложения Лены и Алдана // 27-й международный геологический конгресс.

- Якутская АССР, Сибирская платформа. Сводный путеводитель экскурсий 052, 053, 054, 055. Новосибирск: Наука, 1984. С. 21–42.
- 10. Алексеев М.Н., Гриненко О.В., Камалетдинов В.А. Неогеновые и четвертичные отложения Нижнеалданской впадины и средней Лены (Центральная Якутия). Путеводитель геологической экспедиции. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО АН СССР, 1990. 42 с.
- 11. Астахов В.И., Свенсен Й.И. Покровная формация финального плейстоцена на крайнем северо-востоке Европейской России // Региональная геология и металлогения. 2011. № 47. С. 12–27.
- 12. Астахов В.И. Лёссоиды и другие индикаторы северного перегляциала // Геоморфология и палеогеография. 2024. Том 55. № 2. С. 5–33.
- 13. Атлас. Физическая география России, 8 класс / Э.М. Раковская. М.: Издательский дом «Арт-Пресс», 2016.-49 с.
- 14. Афанасьев А.П., Максимов Г.Н., Павлов П.Д., Юрин В.И. Новые материалы к изучению движения тукуланов Центральной Якутии // Природа и хозяйство Сибири. Якутск, 1977. С. 55–56.
- 15. Бакулина Н.Т., Спектор В.Б., Новиков Н.И., Курчатова А.Н., Спектор В.В. Разрез донных отложений оз. Малая Чабыда // Материалы Международной конференции «Озера холодных регионов». Ч. 4. Вопросы палеоклиматологии, палеолимнологии и палеоэкологии. Якутск: Изд-во Якутского филиала СО РАН, 2000. С. 29–41.
- 16. Бискэ С.Ф. Об условиях образования отложений четвертичных террас долины р. Лены между пос. Покровск и с. Жиганск // Труды ИГиГ СО АН СССР. Новосибирск: Изд-во Наука, 1964. Вып. № 8. С. 5–40.
- 17. Благовидов Н.Л. Четвертичные отложения, климат и почвы бассейна реки Тюнг (Якутская АССР). М.: Изд-во АН СССР, 1935. 128 с.
- 18. Боескоров Г.Г., Ноговицын П.Р., Мащенко Е.Н., Белолюбский И.Н., Степанов А.Д., Плотников В.В., Протопопов А.В., Щелчкова М.В., Плихт Й. Ван Дер, Соломонов Н.Г. Новые данные о млекопитающих мамонтовой фауны бассейна средней Лены (Якутия; Национальный парк «Ленские столбы» и

- прилегающие территории) // Доклады Академии наук. 2016. Т. 469. № 2. С. 190–194.
- 19. Бойцов А.В, Шепелев В.В. Мерзлотно-гидрогеологические условия массива развеваемых песков Махатта (Центральная Якутия) // Гидрогеологические исследования криолитозоны. Якутск: Ротапринт ИМ СО АН СССР, 1976. С. 25–34.
- 20. Большиянов Д.Ю., Макаров А.С., Шнайдер В., Штоф Г. Происхождение и развитие дельты реки Лены. СПб.: ААНИИ, 2013. 268 с.
- 21. Большиянов Д.Ю., Тидэ Й., Савельева Л.А., Федоров Г.Б., Жиров А.И., Правкин С.А., Григорьев М.Н., Арсланов Х.А., Молодьков А.Н., Рыжов Ю.В., Лазарева Е.И., Максимов Ф.Е., Шнайдер В., Поморцев О.А. К изучению этапов развития долины р. Лены // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России». Якутск: Издательский дом СВФУ, 2016. С. 469–472.
- 22. Бобров А.Е., Куприянова Л.А., Литвинцева М.В., Тарасевич В.М. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры Европейской части СССР. Л.: Наука, 1983. 206 с.
- 23. Босиков Н.П., Сопоева А.С. Литолого-палинологическая характеристика отложений аласных озёр Центральной Якутии // Геокриологические и гидрогеологические исследования Якутии. Якутск: Издание Института мерзлотоведения СО АН СССР, 1978. С. 66–79.
- 24. Боярская Т.Д., Варущенко А.Н., Глушанкова Н.И., Зорин Л.В., Мешкова Ю.И., Судакова Н.Г. Причины и факторы изменчивости условий осадконакопления (на примере рыхлых кайнозойских толщ бассейна Алдана) // Палеогеография четвертичного периода. М.: Изд-во МГУ, 1965. С. 81–102.
- 25. Боярская Т.Д., Малаева Е.М. Развитие растительности Сибири и Дальнего Востока в четвертичном периоде. М.: Наука, 1967. 200 с.
- 26. Вагнер Γ . Научные методы датирования в геологии, археологии и истории. М.: Техносфера, 2006. 575 с.

- 27. Васильев И.С., Самсонова В.В. Климатические предпосылки образования современных приречных дюн на средней Лене // География и природные ресурсы. Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 2000. N 1. С. 94–99.
- 28. Васильева А.Н., Шапошников Г.И., Павлова М.Р., Лыткин В.М. Особенности строения и возраст тукулана Линде (Центральная Якутия) // Материалы VII всероссийского научного молодежного геокриологического форума с международным участием «Актуальные проблемы и перспективы развития геокриологии». Якутск: Изд-во ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 2023. С. 158–161.
- 29. Величко А.А. Изменение климата и ландшафтов за последние 65 млн. лет. М.: ГЕОС, 1999. 260 с.
- 30. Величко А.А., Тимирева С.Н. Западная Сибирь великая позднеледниковая пустыня // Природа. 2005. № 5. С. 54—62.
- 31. Волков И.А. Позднечетвертичная субаэральная формация. М.: Наука, 1971. 274 с.
- 32. Волков И.А., Волкова В.С. Великая приледниковая система стока Сибири // История озер в плейстоцене. Тезисы докладов VI всесоюзного симпозиума по истории озер. Л.: 1975. Т. 2. С. 133–139.
- 33. Выркин В.Б. Эоловое рельефообразование в Прибайкалье и Забайкалье // География и природные ресурсы. 2010. № 3. С. 25—32.
- 34. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. Якутск: Якутское книжное изд-во, 1973. 119 с.
- 35. Галактионова Т.Ф., Добрецова Л.А., Пермякова А.А. Растительность бассейна реки Вилюй. М., Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1962. 136 с.
- 36. Галанин А.А. Дистанционное картографирование дюнного рельефа Центральной Якутии // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Сер.: Науки о Земле. 2020. № 2. С. 31–39.

- 37. Галанин А.А. Позднечетвертичные песчаные покровы Центральной Якутии (Восточная Сибирь): строение, фациальный состав и палеоэкологическое значение // Криосфера Земли. -2021. T. XXV. № 1. C. 3–34.
- 38. Галанин А.А., Дьячковский А.П., Лыткин В.М., Бурнашева М.П., Шапошников Г.И., Куть А.А. Результаты определения абсолютного возраста образцов в радиоуглеродной лаборатории Института мерзлотоведения СО РАН // Наука и образование. 2015а. № 4 (80). С. 45–49.
- 39. Галанин А.А., Павлова М.Р. Позднечетвертичные дюнные образования (Дъолкуминская свита) Центральной Якутии (Часть 2) // Криосфера Земли. 2019. Т. XXIII. № 1. С. 3–16.
- 40. Галанин А.А., Павлова М.Р., Климова И.В. Позднечетвертичные дюнные образования (Дъолкуминская свита) Центральной Якутии (Часть 1) // Криосфера Земли. 2018. Т. ХХІІ. № 1. С. 3–15.
- 41. Галанин А.А., Павлова М.Р., Шапошников Г.И., Лыткин В.М. Тукуланы: песчаные пустыни Якутии // Природа. 2016. № 11. С. 44–55.
- 42. Галанин А.А., Павлова М.Р., Дьячковский А.П., Павлов Б.А. Феномен тукуланов Центральной Якутии: плейстоценовая криопустыня // Наука и техника в Якутии. -2015б. -№ 2 (29). C. 23–31.
- 43. Галанина И.А., Галанин А.В., Галанин А.А. Вилюйские тукуланы: растительность и лихенобиота. Якутск: 2015. С. 83–105.
- 44. Галанина И.А. Вилюйские тукуланы (Якутия): лихенобиота // Материалы российской конференции с международным участием «Регионы нового освоения: современное состояние природных комплексов и вопросы их охраны». Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2015. С. 29–31.
- 45. Галанина И.А. Дополнение к лихенобиоте дюнных комплексов (тукуланов) Центральной Якутии // Ботанический журнал. 2016. Т. 101. № 12. С. 1486—1497.
- 46. Галанина И.А. Невидимая жизнь в песках тукуланов (Центральной Якутии) // Наука и техника в Якутии. 2016. №1 (30). С. 27–33.

- 47. Геокриология СССР. Средняя Сибирь / под редакцией Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 413 с.
- 48. Геологическая карта Российской Федерации / ответственный редактор Л.М. Натапов. 1:1000000. СПб.: Санкт-Петербургская картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 1998. Лист Р-50–51, Р-52–53, Q-50–51.
- 49. Геология Якутской АССР / под ред. И.Л. Красной. М.: Недра, 1981. 300 с.
- 50. Геокриологическая характеристика междуречья рек Берге-Тюгене-Вилюй: отчет о работах Кобяйского отряда за 1961 г. / авторы-составители: Е.Г. Катасонова., А.Н. Толстов. Якутск: 1962. 215 с.
- 51. Геокриологическая характеристика нижнего течения р. Вилюй: отчет Вилюйского отряда за 1961 г. / авторы-составители: Н.С. Данилова, С.И. Заболотник, А.Д. Слепцова. Якутск: 1962. 210 с.
- 52. Герасимов И.П. Современные рельефообразующие экзогенные процессы: уровень научного познания, новые задачи и методы исследования // Известия АН СССР. Серия географическая. М.: 1969. № 2. С. 5–12.
- 53. Гитерман Р.Е. Спорово-пыльцевые спектры четвертичных отложений юга и востока Сибирской платформы // Труды ГИН АН СССР. М.: 1960. Вып. № 31. С. 64—84.
- 54. Гитерман Р.Е. Этапы развития четвертичной растительности Якутии и их значение для стратиграфии // Труды ГИН АН СССР. М.: 1963. Вып. № 78. 192 с.
- 55. Говорухин В.С. Новый вид тонконога (*Koeleria* Pers.) из Якутии // Новости систематики высших растений. Л.: Наука, 1971. Т. 8. С. 22–23.
- 56. ГОСТ 125336-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. М.: Стандартинформ, 2015. 22 с.
- 57. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб $1:1\ 000\ 000$ (новая серия). Листы Р-52, Р-53 Якутск. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, $1999.-186\ c.$

- 58. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Серия Анабаро-Вилюйская. Лист Р-52 Якутск. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2022. 290 с.
- 59. Григорьев К.Д., Павлов П.Д. О происхождении эоловых песков (тукуланов) Центральной Якутии // Природа и хозяйство Сибири. Якутск: 1977. С. 53–54.
- 60. Гросвальд М.Г. Евразийские гидросферные катастрофы и оледенения Арктики. – М.: Научный мир, 1999. – 115 с.
- 61. Гросвальд М.Г. Оледенение Русского Севера и Северо-Востока в эпоху последнего великого похолодания // Материалы гляциологических исследований. М.: Наука, 2009. Вып. № 106. 149 с.
- 62. Дуброво И.А. Об остатках *Parelephas wusti* (М. Pawl.) и *Rhinoceros mercki Jager* из Якутии // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. М.: 1957. № 21. С. 97–104.
- 63. Ефимова А.П., Шурдук И.Ф. Классификация ивняков низкой поймы Якутского и Намского участков Средней Лены // Материалы научно-практической конференции «Роль сельскохозяйственной науки в стабилизации и развитии агропромышленного производства Крайнего Севера». Новосибирск: Изд-во СО РАСХН, 2003. С.77–81.
- 64. Ефимова А.П., Шурдук И.Ф., Сивцева Т.А., Никитин И.А. К классификации лесных сообществ низкой поймы Якутского и Намского участков Средней Лены // Материалы международной Саха-Финской конференции, посвященной 100-летию экспедиции А.К. Каяндера по реке Лена «Проблемы ботанических и лесоводственных исследований в Республики Саха (Якутия) и Финляндии». Якутск: Изд-во ЯФ СО РАН, 2003. С. 96–101.
- 65. Жирков И.И. Морфогенетическая классификация как основа рационального использования, охраны и воспроизводства природных ресурсов озер криолитозоны на примере Центральной Якутии // Вопросы рационального использования и охраны ресурсов разнотипных озер криолитозоны. Якутск: 1983. С. 4–47.

- 66. Жирков И.И. Схема лимногенетической классификации озер северовостока России // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. СПб.: 2014. № 34. С. 18 25.
- 67. Зигерт К., Штаух Г., Лемкуль Ф., Сергеенко А.И., Дикманн Б., Попп С., Белолюбинский И.Н. Развитие оледенения Верхоянского хребта и его предгорий в плейстоцене: результаты новых исследований // Региональная геология и металлогения. СПб.: 2007. № 30–31. С. 222 228.
- 68. Зольников В.Г., Попова А.И. Палеогеографическая схема четвертичного периода равнины Центральной Якутии // Труды Института биологии Якутского филиала АН СССР. Якутск: 1957. Вып. № 3. С. 4–38.
- 69. Зыкин В.С., Зыкина В.С., Орлова Л.А. Реконструкция изменений природной среды и климата позднего плейстоцена на юге Западной Сибири по отложениям котловины озера Аксор // Археология, этнография и антропология Евразии. $-2003. \mathbb{N} \cdot 4. \mathbb{C}. 2-16.$
- 70. Зыкин В.С., Зыкина В.С., Орлова Л.А., Савелова П.Ю. Сизикова А.О., Смольянинова Л.Г. Верхний кайнозой юга Западной Сибири: современное состояние стратиграфии и палеогеографии // Новости палеонтологии и стратиграфии. 2011. Т. 52. № 16–17 (прил. к журналу «Геология и геофизика») С. 137–152.
- 71. Зыкина В.С., Зыкин В.С., Вольвах А.О., Овчинников И.Ю., Сизов О.С., Соромотин А.В. Строение, криогенные образования и условия формирования верхнечетвертичных отложений Надымского Приобья // Криосфера Земли. 2017. Т. XXI. № 6. С. 14–25.
- 72. Зыкина В.С., Зыкин В.С. Лессово-почвенная последовательность и эволюция природной среды и климата Западной Сибири в плейстоцене. Новосибирск: Изд-во «Гео», 2012. 477 с.
- 73. Иванов А.Д. Эоловые пески Западного Забайкалья и Прибайкалья. Улан-Удэ: Бурятское книжное изд-во, 1966. – 232 с.
- 74. Иванов М.С. Криогенное строение четвертичных отложений Лено-Алданской впадины. – Новосибирск: Наука, 1984. – 123 с.

- 75. Казаринов В.П. Мезозойские и кайнозойские отложения Западной Сибири. М.: Гостоптехиздат, 1958. 324 с.
- 76. Камалетдинов В.А. Рельеф цоколя и строение четвертичного покрова Лено-Амгинского междуречья // Геология кайнозоя Якутии. Якутск: Изд-во ЯФСО АН СССР, 1982. С. 94–103.
- 77. Камалетдинов В.А., Зигерт Х.Г. Краткая литологическая характеристика кайнозойских отложений археологического памятника Диринг-Юрях (Средняя Лена) // Плейстоцен Сибири. Стратиграфия и межрегиональная корреляция. Новосибирск: Наука, 1989. С. 126–131.
- 78. Камалетдинов В.А., Минюк П.С. Строение и характеристика отложений бестяхской террасы Средней Лены // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. М.: 1991. № 60. С. 68–78.
- 79. Каплина Т.А., Янина Т.А. Методы палеогеографических реконструкций: методическое пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2010.-430 с.
- 80. Караваев М.Н. Конспект флоры Якутии. М., Л.: Изд-во АН СССР, $1958.-189~\mathrm{c}.$
- 81. Караваев М.Н. Основные моменты развития растительного покрова Центральной Якутии с середины третичного периода // Доклады на 1-ой научной сессии Якутской базы АН СССР. Якутск: 1948. С. 151–163.
- 82. Караваев М.Н. О некоторых новых видах рода *Тhymus* L. во флоре Якутии // Бюллетень МОИП, новая серия, отделение биологии. 1971. Т. LXXVI. Вып. 5. С. 82—85.
- 83. Караваев М.Н., Попова А.И. Новые данные по спорово-пыльцевым спектрам неогеновых отложений Северо-Восточной Азии // Бюллетень МОИП, новая серия, отделение биологии. 1955. Т. 60. Вып. 6. С. 107—113.
- 84. Караваев М.Н., Скрябин С.З. Анализ флоры песчаных ландшафтов Якутии // Ботанические материалы по Якутии. Якутск: Изд-во Якутского филиала СО АН СССР, 1975. С. 14–20.

- 85. Караваев М.Н., Цвелев Н.Н. Новый вид рода *Koeleria* Pers. из Якутии // Новости систематики высших растений. Л.: Наука, 1971. Т.8. С. 23–25.
- 86. Карта четвертичных отложений СССР / главный редактор Г.С. Ганешин. 1:5000000. М.: ВСЕГЕИ, 1959. 8 л.
- 87. Карта четвертичных отложений СССР / ответственный редактор Л.Н. Колосов // Географический атлас для учителей средней школы. 1:16000000. М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1982. 176 с.
- 88. Карта четвертичных образований территории Российской Федерации. –1:2500 000. М.: ВСЕГЕИ, 2014. 1 л. URL: https://vsegei.ru/ru/info/quaternary-2500/ (дата обращения 20.04.2021).
- 89. Катасонова Е.Г. Криогенные образования в сезоннопротаивающих эоловых отложениях Центральной Якутии // Геокриологические и гидрогеологические исследования Сибири. Якутск: Якутское книжное издательство, 1972. 80–89.
- 90. Катасонова Е.Г., Толстов А.Н. Геокриологические особенности развеваемых песков (тукуланов) правобережья р. Вилюй // Многолетнемерзлые горные породы различных районов СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 166–178.
- 91. Катасонов Е.М. Строение и абсолютная геохронология аласных отложений Центральной Якутии. Новосибирск: Наука, 1979. 96 с.
- 92. Кинд Н.В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. М.: Наука, 1974. 255 с.
- 93. Климанов В.А., Шофман И.Л. О климатических изменениях верхнего плейстоцена и голоцена Западной Якутии // Современное осадконакопление и четвертичный морфолитогенез Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 38–47.
- 94. Колпаков В.В. Об ископаемых пустынях нижнего течения р. Лены // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода АН СССР. М.: Наука, 1970. № 37. С. 75–82.

- 95. Колпаков В.В. Эоловые четвертичные отложения Приленской Якутии // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. АН СССР. М.: Наука, 1983. № 52. С. 123—131.
- 96. Коржевин В.С. Растительность долины р. Алдана // Труды Совета по изучению производительных сил. Сер. Якутская. 1934. Вып. № 16. С. 133—162.
- 97. Коржуев С.С. Геоморфология долины Средней Лены и прилегающих районов. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 149 с.
- 98. Коссовская А.Г. Минералогия терригенного комплекса Вилюйской впадины и Западного Верхоянья // Труды геологического института АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1962. Вып. № 63. –190 с.
- 99. Кузнецов С.С. Река Тюнг и ее левобережье (геологический очерк) // Материалы Комиссии по изучению Якутской Автономной Советской Социалистической Республики. Л.: 1929. 79 с.
- 100. Кулик Н.А. О песках Печорского края // Доклады АН СССР. Сер. А. 1928. № 9. –С. 156–158.
- 101. Куприянова Л.А. Палинология сережкоцветных. М.: Наука, 1965. 215 с.
- 102. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца двудольных растений флоры Европейской части СССР. Л.: Наука, 1978. 183 с.
- 103. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры СССР. – Л.: Наука, 1972. – 171 с.
- 104. Куть А.А. Эолово-мерзлотные образования (тукуланы) Центральной Якутии: строение, генезис, возраст, закономерности распространения: специальность 25.00.08 «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Якутск, 2015. 23 с.
- 105. Леонова Т.Г. Новые для флоры Якутской АССР виды полыни (*Artemisia* L.) // Новости систематики высших растений. Л.: Наука, 1971. Т.8. С. 231–240.

- 106. Леса среднетаежной подзоны Якутии / под ред. Р.В. Десяткина. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1994. –139 с.
 - 107. Луга Якутии / под редакцией В.Н. Андреева. М.: Наука, 1975. 176 с.
- 108. Лукин В.В. Тукуланы типичные ландшафты Центральной Якутии: специальность 25.00.23 «Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. Иркутск, 2008. 23 с.
- 109. Лукин В.В., Толстихин О.Н., Николаев А.Н. Тукуланы левобережья среднего течения реки Тюнг (бассейн реки Вилюй) как индикаторы глобального потепления климата // Вестник ЯГУ. Якутск: 2006. Т. 3. № 2. С. 18–21.
- 110. Лунгерсгаузен Г.Ф. Геологическая история Средней Лены и некоторые вопросы стратиграфии четвертичных отложений Восточной Сибири // Материалы Всесоюзного совещания по изучению четвертичного периода (Четвертичные отложения азиатской части СССР). М.: Изд-во АН СССР, 1961. Т. 3. С. 209–217.
- 111. Маак Р.К. Вилюйский округ Якутской области. Материалы для изучения климата Якутской области. СПб.: Типография и хромолитография А. Траншеля, 1883. 301 с.
- 112. Методические подходы к использованию биологических индикаторов в палеоэкологии / под редакцией Л.Б. Назарова. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2011. $280\ c.$
- 113. Минюк П.С. Магнитостратиграфия кайнозоя северо-востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2004. 198 с.
- 114. Миоцен Мамонтовой горы (стратиграфия и ископаемая флора) / авторы-составители Ю.П. Баранова, И.А. Ильинская, В.П. Никитин. М.: Недра, 1976. 284 с.
- 115. Михаревич М.В., Галанин А.А., Кузьмина С.А., Васильева А.Н., Лыткин В.М., Басилян А.Э. Палеокарпологические комплексы отложений второй половины позднего неоплейстоцена района Кысыл-Сырского тукулана и его

- окрестностей (Центральная Якутия) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. -2024. № 4a (56). С. 3-16.
- 116. Мочанов Ю.А., Саввинова Г.М. Природная среда обитания человека в эпоху камня и ранних металлов Якутии (по материалам археологических памятников) // Новое в археологии Якутии. Якутск: 1980. С. 14–27.
- 117. Нейштадт М.И. К истории лесов южной части Сибири в голоцене // Проблемы физической географии. М.: 1951. –Вып. 16. С. 133–151.
- 118. Нейштадт М.И. О подразделении позднечетвертичной (послевалдайской, или голоценовой) эпохи в СССР и Европе // Материалы по четвертичному периоду СССР. М.: 1953. С. 67–78.
- 119. Невяжский И.И., Биджиев Р.А. Эоловые формы рельефа Центральной Якутии // Известия АН ССС. Серия географическая. 1960. № 3. С. 90—95.
- 120. Павлов П.Д. К вопросу о происхождении озерно-аласных котловин северо-восточной части Лено-Вилюйского междуречья // Ученые записки Якутского ун-та. Якутск: 1965. N
 verto 16. C.53-55.
- 121. Павлов П.Д. О современном развевании эоловых песков в центральной Якутии // Природа и хозяйство Сибири. Якутск: 1977. С. 54–55.
- 122. Павлов П.Д. О динамике эоловых песков (тукуланов) в Центральной Якутии // Природа Сибири. Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО АН СССР, 1979. С. 36–41.
- 123. Павлов П.Д. Географическое распространение эоловых песков в Центральной Якутии // Эоловые образования Центральной Якутии. Якутск: Издво ИМ СО АН СССР, 1981. С. 18–30.
- 124. Павлов П.Д., Максимов Г.Н. Некоторые аспекты изучения тукуланов Центральной Якутии // Эоловые образования Центральной Якутии. Якутск: Издво ИМ СО АН СССР, 1981. С. 4–18.
- 125. Павлов П.Д., Мальцев Э.П. Изученность тукуланов Центральной Якутии и задачи их дальнейших исследований // Природа и хозяйство Сибири. Якутск: 1977. С. 57–58.

- 126. Павлова М.Р. Литолого-фациальная характеристика отложений 65-метровой цокольной террасы реки Вилюй (Центральная Якутия) // Материалы XI международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Геология в развивающемся мире». Пермь: 2018. Т. 2. С. 280–283.
- 127. Павлова М.Р., Галанин А.А., Галанина И.А. Почвенно-растительный покров эоловых ландшафтов Вилюйского бассейна (Центральная Якутия) // Материалы XIX международной конференции молодых географов Сибири и Дальнего Востока «Региональные аспекты природной среды и общества». Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. С. 38–41.
- 128. Павлова М.Р., Галанин А.А., Павлов Б.А. Геоморфологические особенности тукуланов долины нижнего течения р. Вилюй // Материалы всероссийской конференции VII Щукинские чтения «Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике». М.: МАКС Пресс, 2015. С. 482–484.
- 129. Павлова М.Р., Галанин А.А., Рудая Н.А. Палинологические и радиоуглеродные данные о верхнечетвертичных отложениях дюнного массива тукулан Кысыл-Сырский (Центральная Якутия) // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2016. №1 (13). С. 100—107.
- 130. Павлова М.Р., Рудая Н.А., Галанин А.А., Шапошников Г.И. Строение и динамика развития дюнных массивов Вилюйского бассейна в позднечетвертичное время (на примере тукуланов Махатта и Кысыл-Сыр) // Сибирский экологический журнал. -2017. -T. 24. -№ 4. -C. 473–486.
- 131. Палеопалинология. В 3 т. Т. 1. Методика палеопалинологических исследований и морфология некоторых ископаемых спор, пыльцы и других растительных микрофоссилий / под редакцией И.М. Покровской. Л.: Недра, 1966. 251 с.
- 132. Палеопалинология. В 3 т. Т. 3. Таблицы рисунков и микрофотографий спор, пыльцы и других растительных микрофоссилий из отложений верхнего

- докембрия —плейстоцена СССР / под редакцией И.М. Покровской. Л.: Недра, 1966.-366 с.
- 133. Панин А.В. Методы палеогеографических исследований: четвертичная геохронология. М.: Географический факультет МГУ, 2014. 116 с.
- 134. Пармузин Ю.П. Средняя Сибирь: очерк природы. М.: Мысль, 1964. 308 с.
- 135. Пестрякова Л.А. Закономерности развития озёр Якутии и их современное состояние (по материалам диатомового анализа донных отложений): специальность 25.00.36 «Геоэкология»: диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук. Санкт-Петербург, 2009. 350 с.
- 136. Пономарева О.Е. Водоносные талики песчаных отложений бассейна нижнего течения р. Вилюй // Криосфера Земли. 1999. № 4. С. 84—89.
- 137. Попова А.И. Материалы к истории развития растительности Центральной Якутии в четвертичном периоде (по данным спорово-пыльцевого анализа): автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Якутск: 1954. 20с.
- 138. Попова А.И. Спорово-пыльцевые спектры четвертичных отложений Центральной Якутии в связи с историей развития растительности ее в послетретичное время // Труды Института биологии Якутского филиала АН СССР. М.: 1955. Вып. № 1. С. 136–146.
- 139. Попова А.И. Новые данные о среднеплейстоценовых отложениях
 Центральной Якутии // Известия СО АН СССР. Серия геология и геофизика. 1959.
 Вып. № 2. С. 131–136.
- 140. Попова А.И. О возрасте отложений левобережья реки Алдан в его нижнем течении // Тектоника, стратиграфия и литология осадочных формаций Якутии. Якутск: 1968. С. 276–279.
- 141. Порморцев О.А., Большиянов Д.Ю., Попов В.Б., Правкин С.А. К проблеме морских трансгрессий и обстановок осадконакопления в Центральной и Северной Якутии в неоплейстоцене // Вестник СВФУ. Серия: Науки о Земле. 2017. № 4 (08). С. 5–13.

- 142. Правкин С.А., Большиянов Д.Ю., Порморцев О.А., Савельева Л.А., Молодьков А.Н., Григорьев М.Н., Арсланов Х.А. Рельеф, строение и возраст четвертичных отложений долины р. Лены в Якутской излучине // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. − 2018. − Т. 63. − № 2. − С. 209− 229.
- 143. Прокопчук Б.Н., Пахомов М.М., Шофман И.Л. Послеледниковая эпоха истории развития растительности в бассейне р. Марха (Якутия) // Известия АН СССР. Серия географическая. 1974. № 5. С. 105–112.
- 144. Пряхин А.И., Чернышева М.Б. Новое об аллювии верхнего Алдана //
 Вестник МГУ. Серия 4, Геология. 1963. № 6. С. 42–52.
- 145. Пыльцевой анализ / под редакцией И.М. Покровской. М.: Госгеолиздат, 1950.-570 с.
- 146. Работнов Т.А. Ландшафты песчаных образований в низовьях Вилюя // Землеведение. М., Л.: 1935. С. 321–338.
- 147. Разнообразие растительного мира Якутии / под редакцией Н.С. Данилова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 326 с.
- 148. Раковская Э.Д., Давыдова М.И. Физическая география России. М.: Гуманит. изд-во центр ВЛАДОС, 2001. Ч. 2. 304 с.
- 149. Русанов Б.С. Биостратиграфия кайнозойских отложений Южной Якутии. М.: Наука, 1968. 458 с.
- 150. Саввинова Г.М. Спорово-пыльцевые спектры различных травянистых ассоциаций Центральной Якутии // Палинологические материалы к стратиграфии осадочных отложений Якутии. Якутск: 1975. С. 98–112.
- 151. Савельева Л.А., Рашке Е.А., Титова Д.В. Атлас фотографий растений и пыльцы дельты реки Лены. СПб.: Ренова, 2013. 114 с.
- 152. Сахарова М.С., Черкасов Ю.А. Иммерсионный метод минералогических исследований. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 89 с.
- 153. Сизов О.С. Геоэкологические аспекты современных эоловых процессов северотаежной подзоны Западной Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО», 2015. 124 с.

- 154. Скрябин С.З., Павлов П.Д., Скрябина Е.А. Тукуланы своеобразный ландшафт Центральной Якутии // в кн.: Охрана природы Якутии. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1971. С. 37—39.
- 155. Слепцов Н.П., Иванов В.И. Тукуланы Тюнг-Джиппинского междуречья и их охрана // Вопросы географии Якутии. Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2005. Вып. № 9. С. 135—138.
- 156. Соловьев П.А. Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 144 с.
- 157. Спектор В.В., Бакулина Н.Т., Спектор В.Б. Рельеф и возраст аллювиального покрова р. Лены на «Якутском разбое» // Геоморфология. 2008. 1. C. 87-94.
- 158. Спектор В.В., Дудко Е.А., Спектор В.Б. Гляциотектоника на востоке Сибирской платформы // Материалы XXXVI Тектонического совещания «Тектоника и геодинамика континентальной литосферы». М.: ГЕОС, 2003. Т.2. С.212–213.
- 159. Спектор В.Б., Спектор В.В. О происхождении высокой Лено-Амгинской перегляциальной равнины // Криосфера Земли. – 2002. – Т. VI. – № 4. – С. 3–12.
- 160. Спектор В.В., Спектор В.Б., Бакулина Н.Т., Парфёнов М.И. Роль ледников в преобразовании рельефа Лено-Амгинской равнины в плейстоцене и голоцене // Наука и образование. 2015. № 1. С. 42—49.
- 161. Спектор В.Б., Спектор В.В., Торговкин Я.И., Шестокова А.А., Максимов Г.Т., Андреева В.В. Площадные гидрогенные формы и связанные с ними фладстримы на территории центрально-якутской равнины на рубеже плейстоцена и голоцена // Вопросы географии. − 2016. − № 142. − С. 291–313.
- 162. Спектор В.В., Спектор В.Б., Боескоров Г.Г., Белолюбский И.Н., Бакулина Н.Т. Перигляциальный аллювий Центрально-Якутской равнины по данным изучения опорного обнажения Песчаная гора // Вестник ЗабГУ. 2017. Т. 23. N 5. С. 45—59.

- 163. Стратиграфический словарь СССР. Палеоген, неоген, четвертичная система. Л.: Недра, 1982. 616 с.
- 164. Строение и абсолютная геохронология аласных отложений Центральной Якутии / под редакцией Е.М. Катасонова. – Новосибирск: Наука, 1979. – 95 с.
- 165. Тектоническое строение Якутской АССР / ответственные редакторы: К.Б. Мокшанцев, Д.К. Горнштейн, Г.С. Гусев. – М.: Наука, 1964. – 291 с.
- 166. Тимофеев П.А. Березняки долины средней Лены // Ботанические исследования. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 1992. С. 104–115.
- 167. Тихомиров Б.А. О лесной фазе в послеледниковой истории растительности севера Сибири и ее реликтах в современной тундре // Материалы по истории флоры и растительности СССР. М., Л: 1941. Вып. № 1. С. 315–374.
- 168. Толстихин О.Н., Лукин В.В. Тюнгюлюнские тукуланы в бассейне реки Вилюй // Наука и техника. Якутск: 2005. № 1. С. 23–29.
- 169. Томская А.И. Палинология голоцена Якутии // Палинологические материалы к стратиграфии осадочных отложений Якутии. –Якутск: 1975а. С. 73–97.
- 170. Томская А.И. Спорово-пыльцевые спектры голоценовых отложений стоянки Сумнагин-1 // Якутия и ее соседи в древности. Якутск: 1975б. С. 50–52.
- 171. Томская А.И. Палинология кайнозоя Якутии. Новосибирск: Наука, 1981. –224 с.
- 172. Томская А.И. Климат позднеледниковья и голоцена Якутии (по палинологическим данным) // Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. М.: 1989. С. 109–116.
- 173. Томская А.И., Саввинова Г.М. Спорово-пыльцевые спектры отложений долины р. Алдана, включающих палеолитические памятники // Якутия и ее соседи в древности. Якутск: 1975. С. 31–37.
- 174. Трушков Ю.Н., Избеков Э.Д., Томская А.И., Тимофеев В.И. Золотоностность Вилюйской синеклизы и ее обрамления. Новосибирск: Наука, 1975. С. 28–44.

- 175. Унифицированная региональная стратиграфическая схема четвертичных отложений Средней Сибири (Таймыр, Сибирская платформа) / под редакцией В.С. Волкова, Б.А. Борисова, В.А. Камалетдинова. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2010. 89 с.
- 176. Усанова В.М. К вопросу классификации аласов Центрально-Якутской равнины // Материалы по растительности Якутии. Л.: 1961. С. 7–20.
- 177. Урбан А.А., Галанин А.А. Новые данные о строении и возрасте отложений эолово-мерзлотных образований Центральной Якутии (на примере тукулана Кызыл-Сырский) // Наука и образование. 2013. № 1 (69). С. 77–81.
- 178. Уфимцев Г.В., Джанотта А., Перевалов А.В., Радке У., Рязанова В.П., Рыжов Ю.Ф., Фогт Т., Щетников А.А. Эоловые ландшафты Тункинской котловины // География и природные ресурсы. 1999. № 1. С. 65—70.
- 179. Фадеев П.И. Вопросы терминологии и классификации песчаных пород // Вопросы инженерной геологии и грунтоведения. М.: 1973. Вып. 3. С. 12–17.
- 180. Федорович Б.А. Зональность эолового рельефообразования // Динамика и закономерности рельефообразования пустынь. М.: Наука, 1983. 236 с.
- 181. Филиппов В.Е., Васильев И.С. Перигляциальный рельеф Лено-Вилюйского междуречья // География и природные ресурсы. 2006. № 4. С. 82—86.
- 182. Фотиев С.М. Современные представления об эволюции криогенной области Западной и Восточной Сибири в плейстоцене и голоцене // Криосфера Земли. 2006. Т. 10. № 2. С.3–26.
- 183. Харламова А.Е., Балыкова С.Д. Сравнительная характеристика состава и строения эоловых песков тукуланов долин рек Лена и Вилюй // Материалы третьей общероссийской научно-практической конференции молодых специалистов «Инженерные изыскания в строительстве». М.: Изд-во Геомаркетинг, 2019. С. 38—43.
 - 184. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. M.: Hayka, 1977. 199 с.

- 185. Чеботарева Н.С., Куприна Н.С., Хорева И.М. Стратиграфия четвертичных отложений Средней Лены и низовий Алдана // Тезисы докладов Всесоюзного межведомственного совещания по изучению четвертичного периода. Секция Восточной Сибири и Дальнего Востока. М.: 1957а. С. 29–31.
- 186. Чеботарева Н.С., Куприна Н.С., Хорева И.М. Геоморфология и стратиграфия четвертичных отложений среднего течения Лены и низовий Алдана // Известия АН СССР. Серия географическая. М.: 1957 б. № 3. С. 60–71.
- 187. Чеботарева Н.С., Куприна Н.С., Хорева И.М. Стратиграфия четвертичных отложений среднего течения р. Лены и низовий р. Алдана // Ледниковый период на территории Европейской части СССР и Сибири. М.: Издво МГУ, 1959. С. 498–509.
- 188. Чернова Г.М. Спорово-пыльцевой анализ отложений плейстоцена-голоцена. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. 128 с.
- 189. Шапошников Г.И., Галанин А.А., Лыткин В.М., Павлова М.Р. Абсолютные датировки радиоуглеродной лаборатории ИМЗ СО РАН с 2015 по 2017 гг. // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2019. Т. 24. № 3. С. 39–49.
- 190. Шепелев В.В. Надмерзлотные воды криолитозоны. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2011. 169 с.
- 191. Шепелев В.В. О взаимосвязи озер и подземных вод на массивах развеваемых песков Центральной Якутии // Гидрологические условия мерзлой зоны. Якутск: Якутское книжное издание, 1976. 142 с.
- 192. Шепелев В.В. О режиме, балансе и особенностях питания межмерзлотных вод песчаных массивов Центральной Якутии // Геокриологические и гидрогеологические исследования Якутии. Якутск, 1976. С. 145–162.
- 193. Шепелев В.В. Подземные воды тукуланов Центральной Якутии // Эоловые образования Центральной Якутии. Якутск: ИМ СО АН СССР, 1981. С. 30–41.

- 194. Шофман И.Л. Стратиграфия песчаной толщи Средней Лены // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. М.: изд-во Наука, 1974. № 41. С. 159–166.
- 195. Шофман И.Л., Прокопчук Б.И., Пахомов М.М. Стратиграфия отложений и изменения растительности антропогена бассейна р. Мархи (Якутия) // Геология и геофизика. 1964. № 9. С. 67—77.
- 196. Шофман И.Л., Кинд Н.В., Пахомов М.М., Прокопчук Б.И., Виноградова С.Н., Сулержитский Л.Д., Флорова В.С. Новые данные о возрасте низких террас в бассейне р. Вилюй // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. М.: 1977. № 47. С. 64–69.
- 197. Штейнберг А.Ф. О дешифрировании морфологической структуры ландшафта тукуланов // Эоловые образования Центральной Якутии. Якутск: ИМ CO AH CCCP, 1981. С. 41–48.
- 198. Щербаков И.П. Растительность бассейна реки Вилюя. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1962. 135 с.
- 199. Щербаков И.П. Лесной покров Северо-Востока СССР. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1975. 344 с.
- 200. Якутия. Природные условия и естественные ресурсы СССР / под редакцией И.П. Герасимова, С.С. Коржуева. М.: Наука, 1965. 467 с.
- 201. Andreev A.A., Klimanov V.A., Sulerzhitsky L.D. Younger Dryas pollen records from central and southern Yakutia // Quaternary International. -1997. N = 41 42. P. 111 117.
- 202. Andreev A.A., Grosse G., Schirrmeister L., Kuznetsova T.V., Kuzmina S.A., Bobrov A.A., Tarasov P.E., Novenko E.Y., Meyer H., Derevyagin A.Y., Kienast F., Bryantseva A., Kunitsky V.V. Weichselian and Holocene palaeoenvironmental history of the Bol'shoy Lyakhovsky Island, New Siberian Archipelago, Arctic Siberia // Boreas. 2009. V. 38. P. 72–110.
- 203. Aptroot A., Van Geel B. Fungi of the colon of the Yukagir Mammoth and from stratigraphically related permafrost sample // Review of Palaebotany and Palynology. 2006. V. 141. P. 225–230.

- 204. Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age depth models using an autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. 2011. V. 6. № 3. P. 457–474.
- 205. Black R.F. Eolian deposits of Alaska // Arctic. 1951. V. 4. –№ 2. P. 89–111.
- 206. Blott S.J., Pye K. Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments // Earth Surface Processes and Landforms. $-2001.-V.\ 26.-P.\ 1237-1248.$
- 207. Bronk Ramsey C. Bayesian analysis of radiocarbon dates // Radiocarbon. 2009. V. 51. N 1. P. 337-360.
- 208. Brookfield M.E. Aeolian processes and features in cool climates // Geological Society London Special Publications. 2011. V. 360. P. 241–258.
- 209. Cailleux A. Formes précoces et albédos du nivéo-éolien // Z. Geomorphologie. 1974. V. 18. P. 437–459.
- 210. Calkin R.E., Rutford R.H. The Sand Dunes of Victoria Valley, Antarctica // Geographical Review. − 1974. − V. 64. − № 2. − P. 189–216.
- 211. Caputo M. Adhesion Ripple Structures in Quaternary Carbonate Eolianites, San Salvador Island, the Bahamas. Preprint, 2020. 13 p.
- 212. Carter L.D. A Pleistocene Sand Sea on the Alaskan Arctic Coastal Plain // USGS Staff Published Research 924. –1981. P. 381–383.
- 213. Chambers F.M., Van Geel B., Van der Linden M. Considerations for the preparation of peat samples for palynology, and for the counting of pollen and non-pollen palynomorphs // Mires and Peat. -2010. V.7. N 11. P. 1-14.
- 214. Cohen K.M., Gibbard P.L. Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years, version 2019 QI-500 // Quaternary International. -2019.-V.500.-P.20-31.
- 215. Derbyshire E., Owen L.A. Glacioaeolian processes, sediments, and landforms // In: Past Glacial Environments. 2017. P. 273–308.
- 216. Dijkmans J.W.A., Koster E.A., Galloway J.P., Mook W.G. Characteristics and origin of calcretes in a subarctic environment. Great Kobuk Sand Dunes, northwestern Alaska, USA. // Arctic and Alpine Research. 1986. V. 18. P. 377–387.

- 217. Dinwiddie C.L., McGinnis R.N., Stillman D.E., et al. Internal sedimentary structure and aqueous-phase distribution of the Great Kobuk Sand Dunes, northwestern Alaska: Insights from an arctic aeolian analog site. // In: Third International Planetary Dunes Workshop: Remote Sensing and Image Analysis of Planetary Dunes. Flagstaff, Arizona, 2012. URL: http://www.lpi.usra.edu/meetings/dunes2012/pdf/7034.pdf>.
- 218. Duller G.A.T. Luminescence Dating: Guidelines on Using Luminescence Dating in Archaeology. Swindon: English Heritage, 2008. 44 p.
- 219. Graf M.T., Chmura G.L. Development of modern analogous for natural, mowed and grazed grasslands, using pollen assemblages and coprophilous fungi // Review of Palaeobotany and Palynology. 2006. V. 141. P. 139–149.
- 220. Grimm E. TILIA and TILIAGRAPH. Springfield: Illinois State Museum, 1991. 56 p.
- 221. Grimm E. Tilia software 2.0.2. Illinois State Museum Research and Collection Center Springfield. 2004.
- 222. Grimm E. CONISS: A FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the methods of incremental sum of squares // Computers & Geosciences. 1987. V.13. P. 13–15.
- 223. Hai X. Wu, Schoch C.L., Boonmee S., Bahkali A.H., Chomnunti P., Hyde K.D. A reappraisal of Microthyriaceae // Fungal Divers. − 2011. − V. 51. − № 1. − P. 189–248.
- 224. Faegri K., Iversen J. Textbook of Pollen Analysis. Chichester: John Wiley& Sons, 1989. 328 p.
- 225. Fernandez J.B.G., Barradas C.D. Lichens as indicators of a perturbation/stability gradient in the Asperillo dunes, SW Spain // Journal of Coastal Conservation. 1997. V. 3. P. 113–118.
- 226. Folk R.L. Petrology of sedimentary rocks. Austin, Texas: Hemphill Publishing Company, 1980. 350 p.
- 227. Hunter R.E. Basic types of stratification in small eolian dunes // Sedimentology. -1977. V. 24. P. 361-387.

- 228. Kasse C. Sandy aeolian deposits and environments and their relation to climate during the Last Glacial Maximum and Lateglacial in northwest and central Europe // Progress in Physical Geography: Earth and Environment. $-2002. V. 26. N_{\odot} 4. P. 507-532.$
- 229. Kasse C., Aalbersberg G. Complete Late Weichselian and Holocene record of aeolian coversands, drift sands and soils forced by climate change and human impact, Ossendrecht, the Netherlands // Netherlands Journal of Geosciences. 2019. V. 98. P. 1–22.
- 230. Konstantinov A., Loiko S., Kurasova A., Konstantinova E., Novoselov A., Istigechev G., Kulizhskiy S. First Findings of Buried Late-Glacial Paleosols within the Dune Fields of the Tomsk Priobye Region (SE Western Siberia, Russia) // Geosciences. -2019. V. 9. N 82. P. 1-18.
- 231. Koster E.A., Dijkmans J.W. A. Niveo-aeolian deposits and denivation forms, with special reference to the Great Kobuk Sand Dunes, northwestern Alaska // Earth Surface Processes and Landforms. − 1988. − №. 13. − P. 153–170.
- 232. Lea P.D. Vertebrate tracks in Pleistocene eolian sand-sheet deposits of Alaska // Quaternary Research. 1996. V. 45. № 2. P. 226–240.
- 233. Lukyanycheva M.S., Kurbanov R.N., Taratunina N.A., Vasilieva A.N., Lytkin V.M., Panin A.V., Anoikin A.A., Stevens T., Murray A.S., Buylaert J-P., Knudsen M.F. Dating post-LGM aeolian sedimentation and the Late Palaeolithic in Central Yakutia (northeastern Siberia) // Quaternary Geochronology. 2024. V. 83. URL: https://doi.org/10.1016/j.quageo.2024.101563. Date of publication: August 2024.
- 234. Pavlova M.R., Lytkin V.M., Shaposhnikov G.I. Paleoecology of peatland in the vicinity of the dune massif Linde tukulan (Central Yakutia) // Limnology and Freshwater Biology. 2024. V. 30. No 4. P. 516-521.
- 235. Pewe T.L. Quaternary Geology of Alaska. Washington: United States Government printing office, 1975. 144 p.
- 236. Pewe T.L., Journaux A. Origin and character of loess-like silt in unglaciated south-central Yakutia, Siberia, U.S.S.R. // Geological Survey. Professional paper 1262. Washington: United States Government Printing Office, 1983. 46 p.

- 237. Potapova O., Maschenko E., Protopopov A., Kienast F., Rudaya N., Kuzina S., Parkhaev P., Van der Plicht J., Galanin A., Pavlov I. The Sartanian biodiversity of Central Yakutia, Russia: the analyses of the new Late Pleistocene Megin site // Journal of Vertebrate Paleontology. 2016. P. 207.
- 238. Prescott C.L., Haywood A.M., Dolan A.M., Hunter S.J., Pope J.O., Pickering S.J. Assessing orbitally-forced interglacial climate variability during the mid-Pliocene Warm Period // Earth and Planetary. 2014. Sci. Lett. 400. P. 261–271.
- 239. R: A language and environment for statistical computing // R Development Core Team. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013.
- 240. Reille M. Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Marseille: Laboratoire de botanique historique et palynologie, URA CNRS, 1992. 520 p.
- 241. Reille M. Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Supplement 1. Marseille: Laboratoire de botanique historique et palynologie, URA CNRS, 1995. 520 p.
- 242. Reille M. Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Supplement 2. Marseille: Laboratoire de botanique historique et palynologie, URA CNRS, 1998. 530 p.
- 243. Reimer P.J., Austin W.E.N., Bard E. et al. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration Curve (0-55 cal kBP) // Radiocarbon, 2020. V. $62. N_{\odot} 4. P. 1-33.$
- 244. Rhodes E.J. Optically stimulated luminescence dating of sediments over the past 200.000 years // Annual Review of Earth and Planetary Sciences. 2011. V. 39. P. 461–488.
- 245. Schwan J. The origin of horizontal alternating bedding in Weichselian aeolian sands in Northwestern Europe // Sedimentary Geology. –1986. V. 49. P. 73–108.
- 246. Schwan J. The structure and genesis of Weichselian to Early Holocene Aeolian sand sheets in western Europe // Sedimentary Geology. 1988. V. 55. P. 197–232.

- 247. Sizov O., Konstantinov A., Volvakh A., Molodkov A. Timing and Sedimentary Record of Late Quaternary Fluvio-Aeolian Successions of the Tura-Pyshma Interfluve (SW Western Siberia, Russia) // Geosciences. − 2020. − V. 10. − № 10. − P. 1–19.
- 248. Stockmarr J. Tablets with spores used in absolute pollen analysis // Pollen et Spores. 1971. V. 13. P. 615–621.
- 249. The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV / contributing authors: M.W. Chase, M.J.M. Christenhusz, M.F. Fay, J.W. Byng, W.S. Judd, D.E. Soltis, D.J. Mabberley, A.N. Sennikov, P.S. Soltis, P.F. Stevens // Botanical Journal of the Linnean Society. -2016. V. 181. N 1. P. 1-20.
- 250. Ulrich M., Wetterich S., Rudaya N., Frolova L., Schmidt J., Siegert C., Fedorov A., Zielhofer C. Rapid thermokarst evolution during the mid-Holocene in Central Yakutia, Russia // The Holocene. 2017. V. 27 (12). P. 1899–1913.
- 251. Vasilieva A.N., Murray A.S., Taratunina N.A., Buylaert J-P., Lytkin V.M., Shaposhnikov G.I., Stevens T., Ujvari G., Kertesz T.G., Kurbanov R.N. Absolute dating of sediments forming the Lena river terraces (Northeastern Siberia) // Quaternary Geochronology. 2024. V. 83. URL: https://doi.org/10.1016/j.quageo.2024.101592. Date of publication: August 2024.
- 252. Waters M.R., Forman S.L., Pierson J.M. Late quaternary geology and geochronology of Diring Yuriakh an early Paleolithic site in Central Siberia // Quaternary Research. 1999. V. 51. P. 195–211.
- 253. Wolfe S., Bond J., Lamothe M. Dune stabilization in central and southern Yukon in relation to early Holocene environmental change, northwestern North America // Quaternary Science Reviews. -2011.-V.~30.-N = 3-4.-P.~324-334.
- 254. Zieliński P., Sokołowski R., Woronko B., Jankowski M., Fedorowicz S., Zaleski I., Molodkov A., Weckwerth P. The depositional conditions of the fluvio-aeolian succession during the last climate minimum based on examples from Poland and NW Ukraine // Quaternary International. 2015. V. 386. P. 30–41.

приложение а

Фактические данные подсчета пыльцевых зерен, спор и непыльцевых палиноморф в образцах четвертичных отложений исследованных разрезов

Таблица А.1. Разрез № 366, обнажение Кысыл-Сыр, долина нижнего течения р. Вилюй

Видовая									Гл	убина,	M						
принадлежность	4	6	8	10	12	14	16	19	23	23.5	24	25	26	27	28	29	30
Pinus s/g	-	-	-	1	-	1	1	4	4	2	16	2	7	2	-	5	4
Diploxylon																	
Picea	-	-	-	-	3	-	4	4	4	8	12	3	8	10	8	12	5
Betula spp.	1	-	-	-	10	6	4	5	-	-	-	4	-	-	-	-	-
Betula sect. Nanae	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	7	7	29	8	9
Alnus	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-
Salix	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-
Artemisia	3	-	-	2	20	12	1	7	3	1	-	2	6	1	38	3	6
Amaranthaceae	-	-	-	3	14	4	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	2
Cyperaceae	-	1	-	-	4	-	-	10	19	11	12	14	5	6	21	1	7
Poaceae	2	-	2	4	10	3	3	9	5	11	-	12	16	21	47	10	12
Asteroideae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1	2	4	1	-	-
Cichorioideae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	2	-	1	3	1
Caryophyllacea	-	-	-	-	1	-	1	1	4	1	-	-	4	2	4	2	1
Ericales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Brassicaceae	-	-	-	-	2	-	-	-	1	3	-	-	1	1	3	-	-
Rosaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	-
Sanguisorba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-
officinalis																	
Ranunculaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Thalictrum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Сумма пыльцы	6	1	2	10	64	27	14	42	42	42	42	41	61	57	156	45	48
Pre-Q pollen	-	-	-	-	77	-	299	290	280	360	300	260	260	266	150	280	270
Sphagnum	-	-	-	-	-	2	7	26	12	6	8	10	16	12	3	10	4
Polypodiophyta	-	-	-	-	-	-	-	-	22	32	14	7	7	8	7	13	18
Selaginella rupestris	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	1
Lycopodiaceae	-	-	-	-	-	-	1	3	-	2	-	-	2	-	2	1	-
Equisetum	-	-	-	-	-	-	-	-	9	1	1	-	1	-	2	2	2
Pre-Q spores	-	-	-	-	4	1	5	83	63	37	40	15	67	32	29	52	59
Botryococcus	-	-	-	-	-	-	1	6	2	-	-	-	-	-	6	-	-
Glomus	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	19	-	39	-	5
Углистые частицы	-	-	_	-	31	39	26	3	82			87	-	41	69		4

Таблица А.2. Разрез № 449, обнажение Кысыл-Сыр, долина р. Вилюй (начало)

Видовая						Глуби	іна, м					
принадлежность	0.15	0.55	0.85	1.05	1.25	1.35	1.55	1.65	1.9	2.05	2.25	2.55
Pinus s/g Haploxylon	40	13	18	6	9	9	-	-	-	-	-	-
Pinus s/g Diploxylon	147	182	204	126	152	40	9	22	7	1	-	-
Pinus spp.	38	57	43	57	48	10	1	-	-	-	-	-
Picea	10	5	6	4	5	12	22	27	5	-	-	-
Betula spp.	-	1	-	5	-	-	-	-	110	212	-	-
Alnus	45	26	22	22	55	75	113	110	18	29	-	-
Salix	18	4	3	3	9	7	11	12	-	11	-	-
Artemisia	3	-	-	-	-	2	9	9	62	32	-	-
Amaranthaceae	-	-	-	-	-	-	-	4	12	2	-	-
Cyperaceae	3	20	18	19	21	112	83	51	8	2	-	-
Poaceae	1	-	2	8	3	21	22	43	27	14	-	-
Asteroideae	-	-	-	-	-	4	17	3	4	-	-	-
Cichorioideae	-	-	-	-	-	-	-	1	6	-	-	-
Ericales	1	1	5	43	6	2	5	2	41	8	-	-
Brassicaceae	-	1	-	-	-	6	2	-	-	-	-	-
Rosaceae	-	-	-	-	-	-	24	13	-	-	-	-
Ranunculaceae	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
Onagraceae	-	-	-	-	-	2	3	-	1	-	-	-
Typhaceae	-	-	-	-	-	-	24	7	-	-	-	-
Сумма пыльцы	306	310	321	293	308	306	345	304	301	311	0	0
Sphagnum	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-
Polypodiophyta	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-
Selaginella rupestris	-	4	4	12	11	8	7	34	3	2	-	-
Lycopodiaceae	-	-	2	-	-	5	4	3	2	-	-	-
Pre-Q spores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Botryococcus	9	1	-	-	-	-	-	-	114	35	-	-
Glomus	-	-	-	-	-	-	-	17	7	-	-	-
Gelasinospora	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-

Таблица А.2. (продолжение)

Видовая	Глубина, м											
принадлежность	2.85	4.0	4.3	4.5	4.7	4.8	5.0	5.3	6.5	7.7	7.85	8.0
Pinus s/g Haploxylon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pinus s/g Diploxylon	12	-	-	-	1	14	20	9	4	6	2	14
Pinus spp.	-	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
Picea	253	-	201	-	48	275	268	292	224	291	38	284
Betula spp.	9	3	51	-	2	2	2	1	15	7	1	1
Alnus	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	1
Salix	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Artemisia	1	8	3	-	1	2	-	1	28	1	1	-
Amaranthaceae	8	-	2	-	1	4	4	4	6	-	-	-
Cyperaceae	1	1	15	-	-	1	-	-	8	1	-	-
Poaceae	4	1	13	-	2		5	1	3	-	-	1
Asteroideae	4	2	-	-	-	2	-	-	1	1	-	-
Cichorioideae	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
Ericales	5	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Brassicaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rosaceae	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Ranunculaceae	1	-	16	-	2	2	1	-	8	-	-	-
Onagraceae	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Typhaceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Сумма пыльцы	301	53	305	0	57	302	304	309	303	308	42	308
Sphagnum	-	-	1	-	1	3	-	9	-	4	-	6
Polypodiophyta	1	-	1	-	-	-	1	4	9	6	-	-
Selaginella rupestris	2	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1
Lycopodiaceae	4	1	15	-	-	6	3	11	23	8	-	9
Pre-Q spores	12	1	33	-	2	15	19	14	21	18	3	5
Botryococcus	314	30	10	-	3	10	20	27	1	10	1	85
Glomus	6	-	12	-	1	19	21	8	2	3	-	4
Gelasinospora	-	-		-		16	4	2	1	-		2

Таблица А.3. Разрез № 052-058, высокая терраса р. Вилюй (начало)

Видовая							j	Глуби	на, м							
принадлежность	0.5	1.5	2.5	2.7	3.0	3.4	3.6	4.1	4.4	4.7	5.0	6.0	7.0	9.0	10.0	10.3
Pinus s/g	71	7	73	12	23	10	7	7	9	_	2.	_	_	_	_	2
Diploxylon	, 1	•	, ,			10	•	•			_					_
Picea	9	1	2	1	8	4	1	2	2	_	_	_	_	_	_	_
Larix	_	-	-	_	-	-	_	-	-		_	_	_	_	_	_
Betula sect. Nanae	15	5	3	4	4	5	3	7	19	1	2	1	_	_	_	1
Alnus	-	2	2	-	-	-	-	-	-	•	_	-				-
Salix	_	_	_	_	_	_	_	-	3	_	_	_	_	_	_	_
Artemisia	11	2	1	_	10	11	2	23	44	1	_	_	-	1	_	_
Amaranthaceae	2	2	_	_	2	1	_	-	3	_	-	-	-	1	-	-
Cyperaceae	4	1	-	-	4	2	12	30	<i>-</i>	-	3	3	-	1	-	_
	26	13	2		•					-	3 4	3 1	-	1	-	-
Poaceae			_	13	35	53	28	45	13	-	4	1	-	-	-	-
Asteroideae	-	-	-	-	-	-	16	-	14	-	-	-	-	-	-	-
Cichorioideae	1	2	-	2	4	5	7	17	4	-	-	-	-	-	-	-
Caryophyllacea	2	2	2	9	29	26	25	79	89	-	-	-	-	-	-	-
Ericales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brassicaceae	-	1	-	-	18	23	10	14	22	-	-	-	-	-	-	-
Rosaceae	1	1	-	-	5	10	1	3	2	-	-	-	-	-	-	-
Sanguisorba	-	-	-	-	-	-	-	1	5	-	-	-	-	-	-	-
officinalis																
Ranunculaceae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thalictrum	-	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-
Onagraceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polygonaceae	_	_	_	_	_	_	_	_	-	_	_	_	-	_	-	-
Thymus	_	_	_	_	_	_	_	_	-	_	_	_	-	_	-	-
Nuphar	_	_	_	_	_	_	_	-	_	_	_	_	_	_	_	-
Сумма пыльцы	142	37	85	41	142	150	113	230	232	2	11	5	0	2	0	3
Pre-Q pollen	160	270	220	260	160	150	37	67	72	-	4	-	-	-	-	8
Sphagnum	7	4	-	6	2	1	-	4	2	-	-	-	-	-	-	1
Polypodiophyta	15	11	9	9	8	10	3	7	8	_	_	_	_	_	_	1
Selaginella	6	12	4	5	6	2	5	10	13	_	_	_	_	_	_	1
rupestris			•		Ü	_			10							•
Lycopodiaceae	16	24	6	1	14	8	3	13	32	_	1	_	_	1	_	2
Bryales	-		-	_	4	-	-	4	-	_	_	_	_	_	_	1
Equisetum	_	_	_	_	-	_	_	-	_							_
Pre-Q spores	6	6	_	10	5	5	32	37	1	_	_	_	_	_	_	_
Botryococcus	-	-		-		<i>J</i>	- 32	-	-							
Zygnema-type		-	-	-	-	2	-	4	8	-	-	-	-	-	-	1
	- 0	-	-	-						-	-	1	-	-	-	
Glomus	8	-	-	-	283	249	124	223	107	-	3	1	-	-	-	1
Gelasinospora	_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Microthyrium	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
microscopicum	_															
Assulina	2	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arcella	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Углистые	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	3	5	_	_	_	_
3 I JIMC I BIC											_					

Таблица А.3. (продолжение)

Видовая							Глуби	на, м						
принадлежность	10.5	10.7	11	11.3	11.9	12	12.5	14	17	19	21	23	25	27.5
Pinus s/g	14	2	5	10	11	-	-	-	-	-	-	-	13	-
Diploxylon														
Picea	_	2	6	6	4	_	_	_	_	_	_	_	_	-
Larix	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	3	-
Betula sect. Nanae	44	13	9	31	_	_	_	_	_	_	_	_	24	4
Alnus	_	2	2	22	_	1	_	_	_	_	_	_	2	_
Salix	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	6	-
Artemisia	1	240	_	_	20	3	_	21	_	_	_	_	68	_
Amaranthaceae	_	1	1	7	5	-	_	-	_	_	_	_	4	-
Cyperaceae	_	_	_	4	-	_	_	4	_	_	_	_	88	3
Poaceae	63	16	9	20	14	15	_	48	_	1	1	1	47	9
Asteroideae	3	-	_	-	8	1	_	7	_	-	_	-	-	_
Cichorioideae	2	3	3	_	9	-	_	3	_	_	_	_	4	_
Caryophyllacea	_	4	17	10	153	3	_	27	_	_	1		2	_
Ericales		_	-	-	-	-		_			1		-	1
Brassicaceae	_	-	2	9	2	_	_	9	_	_	_	_	5	1
Rosaceae	1	-	_	-	1	-	-	6	-	-	2	-	<i>-</i>	1
Sanguisorba	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	_	-
		-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
officinalis	_			1	4			1					1	
Ranunculaceae	2	-	-	1		-	-	-	-	-	-	-	1	-
Thalictrum	3	-	-	1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Onagraceae	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polygonaceae	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thymus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Nuphar	-	-		-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	-
Сумма пыльцы	135	286	54	121	236	23	0	127	0	1	5	1	271	19
Pre-Q pollen	15	30	250	180	100	4	-	30	-	-	-	-	35	29
Sphagnum	4	1	4	-	-	-	-	2	-	-	-	2	3	1
Polypodiophyta	4	-	5	3	-	1	-	4	-	-	-	-	3	-
Selaginella	17	2	7	4	4	-	-	7	-	-	-	-	-	-
rupestris														
Lycopodiaceae	28	5	7	16	9	2	-	2	-	-	16	-	4	-
Bryales	-	-	-	-	1	-	-	8	-	-	-	-	-	-
Equisetum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pre-Q spores	1	-	4	2	2	1	-	7	-	-	-	1	6	3
Botryococcus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	1
Zygnema-type	_	_	-	-	-	-	_	-	-	_	_	-	_	-
Glomus	11	8	10	-	6	41	-	144	_	-	2	_	_	-
Gelasinospora	-	2	-	-	-	-	-	-	_	-	-	_	_	-
Microthyrium	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
microscopicum														
Assulina	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
Arcella	4	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
Углистые частицы	-	_	-	_	_	_	_	_	_	_	_	_	42	209
этинстые частицы	_								_				74	207

Таблица А.3. (продолжение)

Видовая						Гл	убина,	M					
принадлежность	30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	54.0	57.0	60.0	62.0
Pinus s/g Diploxylon	58	2	21	11	11	29	-	7	10	3	3	-	7
Picea	2	_	1	7	2	2	_	6	3	191	300	10	150
Larix	-	_	4	4	4	_	-	-	-	_	-	-	-
Betula sect. Nanae	189	1	47	64	21	48	_	6	1	4	2	19	8
Alnus	13	-	5	2	4	6	-	-	1	-	-	-	1
Salix		_	1	2	-	_	-	-	-	-	-	3	-
Artemisia	10	-	4	9	2	18	-	2	5	2	2	3	4
Amaranthaceae	-	-	3	-	-	2	-	1	-	-	-	60	-
Cyperaceae	5	3	22	19	31	22	-	1	9	5	-	185	10
Poaceae	20	5	46	43	42	46	1	14	3	2	2	-	14
Asteroideae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cichorioideae	-	-	2	2	4	6	-	5	1	-	1	-	-
Caryophyllacea	-	-	2	1	2	4	-	1	-	1	-	5	-
Ericales	2	-	2	1	6	7	-	-	1	-	-	5	-
Brassicaceae	-	-	3	-	3	1	-	-	-	-	1	5	2
Rosaceae	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-
Sanguisorba officinalis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-
Ranunculaceae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Thalictrum	1	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Onagraceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polygonaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thymus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuphar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
Сумма пыльцы	300	11	164	166	134	192	1	43	34	209	311	300	196
Pre-Q pollen	44	8	140	140	170	128	4	260	270	100	106	10	105
Sphagnum	5	-	4	3	6	13	-	4	8	17	24	1	20
Polypodiophyta	1	-	3	4	5	9	-	17	19	29	37	3	17
Selaginella rupestris	-	-	-	1	-	-	-	-	2	1	1	-	-
Lycopodiaceae	-	-	1	2	1	1	-	2	1	2	8	-	6
Bryales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Equisetum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	45	2
Pre-Q spores	2	-	11	11	4	10	-	13	30	43	57	2	51
Botryococcus	10	2	5	-	-	10	-	10	-	2	-	56	9
Zygnema-type	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glomus	-	2	2	12	29	-	-	-	-	-	-	-	-
Gelasinospora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Microthyrium	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
microscopicum													
Assulina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arcella	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Углистые частицы	19		213	125	241	146	5	169	197	51	34	7	158

Таблица А.4. Разрез № 088, тукулан Махатта, долина нижнего течения р. Вилюй (начало)

Видовая					бина, м			
принадлежность	0.70	1.4	1.85	2.0	2.25	2.48	2.68	2.85
Pinus s/g Diploxylon	-	203	172	177	112	337	175	324
Picea	-	15	4	20	31	43	5	13
Betula spp.	-	37	75	76	50	125	81	19
Alnus	-	15	52	24	10	18	9	12
Salix	-	2	2	2	5	28	18	6
Artemisia	-	-	-	3	4	8	-	4
Amaranthaceae	-	-	-	-	2	-	1	-
Cyperaceae	-	11	4	5	12	2	4	12
Poaceae	-	15	-	5	12	-	2	1
Asteroideae	-	-	-	-	1	-	3	2
Caryophyllacea	-	-	-	-	-	-	-	-
Ericales	-	2	9	4	-	21	5	2
Brassicaceae	-	-	2	9	-	5	-	2
Rosaceae	-	1	-	-	2	5	6	1
Ranunculaceae	-	-	-	-	-	-	-	1
Thalictrum	-	-	-	1	-	-	-	-
Onagraceae	-	1	7	-	-	1	-	-
Polygonaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумма пыльцы	0	302	327	326	241	593	309	399
Sphagnum	-	2	3	7	4	5	75	63
Polypodiophyta	-	4	-	-	2	-	1	
Selaginella rupestris	-	-	1	-	2	-	2	2
Lycopodiaceae	-	1	3	-	-	-	-	-
Botryococcus	-	-	-	3	-	-	-	-
Zygnema-type	-	1	1	3	-	-	7	2
Pediastrum	-	-	-	-	-	-	1	-
Glomus	-	3	-	-	-	7	22	1
Gelasinospora	-	-	1	-	-	-	-	-

Таблица А.4. (продолжение)

Видовая принадлежность				Ι	лубина, м				
•	2.95	3.05	3.35	3.6	3.8	4.1	4.3	4.45	4.8
Pinus s/g Diploxylon	245	287	247	267	259	188	189	277	176
Picea	12	4	25	19	15	23	7	27	10
Betula spp.	28	19	32	28	27	43	57	-	22
Alnus	11	2	9	6	9	11	9	-	10
Salix	14	1	3	3	10	7	12	1	3
Artemisia	-	1	2	2	2	11	4	1	1
Amaranthaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyperaceae	3	1	20	10	12	7	14	12	65
Poaceae	3	1	3	3	2	4	12	-	13
Asteroideae	-	-	-	-	-	-	5	-	1
Caryophyllacea	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Ericales	1	-	12	14	1	14	2	1	-
Brassicaceae	1	-	-	-	-	2	-	-	1
Rosaceae	2	2	1	1	5	10	17	3	2
Ranunculaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thalictrum	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Onagraceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polygonaceae	1	-	-	1	1	5	-	-	-
Сумма пыльцы	321	318	354	354	343	325	329	322	305
Sphagnum	7	19	81	2	3	41	3	-	4
Polypodiophyta	-	-	-	6	10	6	1	-	-
Selaginella rupestris	4	7	2	7	1	1	3	6	6
Lycopodiaceae	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Botryococcus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zygnema-type	-	-	-	-	1	1	-	-	1
Pediastrum	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glomus	1	13	1	-	-	7	-	1	3
Gelasinospora	-	-	-	-	-		-	-	-

Таблица А.5. Разрез № 071, тукулан Махатта, долина нижнего течения р. Вилюй (начало)

Видовая							Глубі	ина, м						
принадлежность	0.6	1.05	1.35	1.65	1.95	2.25	2.55	2.85	3.15	3.45	3.75	4.05	4.12	4.35
Pinus s/g Diploxylon	224	22	129	186	140	206	-	238	220	243	181	237	109	158
Picea	28	11	18	14	15	34	-	12	19	28	24	5	94	22
Larix	-	10	2	-	-	-	-	2	1	-	4	-	-	-
Betula spp.	23	69	111	40	56	45	1	33	41	18	25	4	20	55
Alnus	7	4	8	5	16	13	-	17	8	6	5	-	5	9
Salix	1	-	-	2	4	2	-	-	6	-	-	-	-	8
Artemisia	5	13	7	2	14	4	-	9	5	3	2	3	8	9
Amaranthaceae	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Cyperaceae	2	-	4	1	-	-	-	-	3	-	16	-	10	6
Poaceae	7	-	8	31	44	12	1	8	6	13	25	4	17	19
Caryophullaceae	-	-	1		-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Brassicaceae	-	40	2	8	-	-	-	-	2	-	12	1	5	3
Asteroideae	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	1	-	2	-
Cichorioideae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
Ericales	1	1	1	2	-	-	-	2	-	1	1	-	15	3
Rosaceae	12	4	10	14	11	5	-	6	1	1	12	1	-	10
Sanguisorba officinalis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ranunculaceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thalictrum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Onagraceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Polygonaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Apiaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумма пыльцы	310	174	302	306	301	321	2	328	315	314	305	255	285	304
Sphagnum	-	2	3	1	2	-	-	2	3	1	1	-	-	1
Polypodiophyta	1	2	-	-	-	1	-	-	-	2	-	16	-	-
Selaginella rupestris	2	-	1	1	1	2	-	2	-	3	1	2	2	6
Lycopodiaceae	-	-		-	3	-	-	-	-	-	-	-	1	2
Pre-Q spores	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Botryococcus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zygnema-type	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-
Glomus	1	-	-	13	2	-	-	-	2	4	6	-	-	2
Gelasinospora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Углистые частицы	-	-	10	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица А.5. (продолжение)

Видовая							Глубі	ина, м						
принадлежность	4.5	4.75	4.95	5.25	5.75	6.1	6.25	6.5	6.7	6.9	7.0	8.2	9.5	10
Pinus s/g	185	211	168	251	6	-	2	140	241	219	275	12	2	145
Diploxylon														
Picea	26	29	10	14	4	-	-	6	27	27	19	-	-	32
Larix	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
Betula spp.	44	28	29	22	10	-	3	70	27	42	6	25	3	66
Alnus	18	3	6	2	-	-	-	18	2	7	4	-	-	2
Salix	3	-	21	2	1	-	-	12	-	1	-	-	-	-
Artemisia	-	7	4	4	3	-	-	15	-	13	4	6	-	5
Amaranthaceae	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Cyperaceae	2	8	13	4	2	-	-	4	6	-	1	1	-	18
Poaceae	21	20	6	8	2	-	1	24	11	3	2	1	3	12
Caryophullaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Brassicaceae	3	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Asteroideae	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Cichorioideae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Ericales	1	1	2	-	-	-	1	7	-	-	-	-	-	1
Rosaceae	3	7	20	-	1	-	-	6	-	-	-	-	-	8
Sanguisorba officinalis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-
Ranunculaceae	_	_	_	_	1	_	_	_	_	_	_	_	_	1
Thalictrum	_	_	_	_	1	_	_	_	_	_	_	_	_	1
Onagraceae	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	6	_	_	_
Polygonaceae	_	1	2	_	_	_	_	_	_	_	-	_	_	_
Apiaceae	_	-	_	_	1	_	_	_	_	_	_	_	1	_
Сумма пыльцы	308	315	304	307	34	0	7	302	315	316	317	46	11	295
Sphagnum	1	1	5	-	1	-	-	1	13	5	3	-	-	-
Polypodiophyta	_	1	_	_	_	_	_	_	1	_	_	_	_	1
Selaginella	1	2	2	_	1	_	_	2	6	_	_	_	_	2
rupestris		_	_					_						_
Lycopodiaceae	1	1	-	-	1	-	15	-	1	-	2	-	-	-
Pre-Q spores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
Botryococcus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zygnema-type	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glomus	-	4	2	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Gelasinospora	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Углистые частицы	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица А.6. Разрез № 075, тукулан Махатта, долина нижнего течения р. Вилюй (начало)

Видовая	Глубина, м										
принадлежность	0-0.45	0.45	0.45-0.6	0.90-1.0	1.0	1.0-1.1	1.2-1.3				
Pinus s/g Diploxylon	-	251	2	4	-	2	1				
Betula spp.	-	34	3	11	-	2	5				
Alnus	-	7	-	-	-	1	-				
Salix	-	1	-	-	-	-	-				
Artemisia	-	-	-	1	-	-	-				
Amaranthaceae	-	1	-	-	-	-	-				
Cyperaceae	-	2	-	-	-	-					
Poaceae	-	-	-	1	-	-	1				
Brassicaceae	-	-	-	1	-	-	-				
Rosaceae	-	-	-	1	-	-	-				
Ericales	-	1	-	-	-	-	-				
Сумма пыльцы	0	297	5	19	0	5	7				
Pre-Q pollen	-	9	-	-	-	-	-				
Sphagnum	-	3	-	5	-	2	-				
Lycopodiaceae	-	-	-	-	-	-	-				
Selaginella rupestris	-	620	2	1	1	-	-				
Polypodiophyta	-	11	-	-	-	-	-				
Pre-Q spores	-	-	-	-	-	-	-				
Gelasinospora	-	1	-	-	-	-	-				
Углистые частицы	-	-	-	6	-	-	3				

Таблица А.б. (продолжение)

Видовая				Глубин	на, м			
принадлежность	1.3-1.4	1.4-1.45	1.5-1.6	1.6-1.7	1.8	1.9-2.0	2.2-2.3	2.5-2.6
Pinus s/g Diploxylon	-	-	1	-	-	1	-	-
Betula spp.	3	1	8	-	-	8	2	-
Alnus	-	-	-	-	-	-	-	-
Salix	-	-	-	-	-	-	-	-
Artemisia	-	-	-	-	-	2	-	-
Amaranthaceae	-	-	-	-	-	1	-	-
Cyperaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
Poaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
Brassicaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
Rosaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
Ericales	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумма пыльцы	3	1	9	0	0	11	2	0
Pre-Q pollen	-	-	-	-	-	-	-	-
Sphagnum	-	-	-	-	-	1	1	-
Lycopodiaceae	-	1	-	-	-	-	1	-
Selaginella rupestris	-	-	-	-	-	-	-	-
Polypodiophyta	-	-	-	-	-	-	-	-
Pre-Q spores	-	-	1	-	-	-	-	_
Gelasinospora	-	-	-	-	-	-	-	-
Углистые частицы	1	-	-	-	-	-	-	-

Таблица А.7. Разрез № 047, тукулан Махатта, долина нижнего течения р. Вилюй

Видовая	Глубина, м													
принадлежность	0.1	0.3	0.5	0.7	1.5	2.7	3.0	4.0	5.0	5.3	6.0	6.5	7.0	8.0
Pinus s/g Diploxylon	215	13	15	25	-	17	2	-	-	-	1	-	7	-
Picea	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	7	17
Pinaceae	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
Betula spp.	34	-	13	11	6	10	10	1	1	2	3	1	-	1
Alnus	12	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Salix	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-
Artemisia	5	1	1	1	-	95	1	-	1	-	2	-	31	1
Cyperaceae	11	-	2	-	-	10	2	-	2	-	-	4	4	3
Poaceae	6	2	-	1	1	59	-	-	-	-	-	-	10	14
Asteroideae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cichorioideae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Brassicaceae	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rosaceae	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
Ranunculaceae	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-
Thalictrum	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
Ericales	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Сумма пыльцы	296	18	33	40	7	196	15	1	6	3	6	5	71	36
Pre-Q pollen	9	-	1	2	-	37	1	-	-	-	4	-	120	570
Selaginella rupestris	2	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Polypodiophyta	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	6	17
Sphagnum	7	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	11	9
Lycopodiaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
Equisetum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3
Pre-Q spores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	41
Botryococcus	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	12
Microthyrium	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
microscopicum														
Углистые частицы	2	2	6	18	-	-	-	-	10	1	-	-	126	-

Таблица А.8. Разрез № 174, долина р. Суолы (начало)

Видовая					Глубина	, M			
принадлежность	0.1-	0.4-0.5	0.7-0.8	0.8-0.9	1.0-1.05	1.1-1.15	1.2-1.4	1.4-1.6	1.6-1.9
	0.2								торф
Pinus s/g Diploxylon	290	200	4	7	17	8	3	-	4
Picea	2	1	-	-	-	7	8	5	5
Betula spp.	9	72	5	45	62	221	233	128	147
Alnus	3	5	-	-	3	15	2	7	3
Salix	3	-	-	-	-	8	-	-	8
Artemisia	3	1	-	8	7	40	26	93	57
Amaranthaceae	-	1	-	-	-	1	2	10	23
Cyperaceae	5	1	2	6	10	6	1	-	9
Poaceae	3	14	-	47	157	11	21	41	21
Caryophullaceae	2	2	1	1	7	3	11	18	16
Brassicaceae	-	-	-	-	-	1	1	6	7
Cichorioideae	-	-	-	1	5	-	-	5	5
Asteroideae	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Ericales	13	3	14	4	-	-	-	-	-
Onagraceae	3	1	1	2	10	1	-	-	-
Rosaceae	-	1	-	3	-	1	3	5	6
Sanguisorba officinalis	-	-	-	1	2	3	-	1	6
Rubus chamaemorus	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Thymus	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Polygonaceae	1	-	-	-	-	1	-	-	-
Сумма пыльцы	337	302	28	125	280	327	315	319	317
Sphagnum	5	9	3	5	3	10	-	-	-
Polypodiophyta	4	21	1	3	30	-	-	1	4
Selaginella rupestris	-	-	-	6	12	-	-	-	1
Lycopodiaceae	-	13	-	7	40	2	-	1	-
Bryales	-	-	-	-	2	2	6	2	4
Glomus	_	-	_	_	-	4	1	2	-
Gelasinospora	_	-	1	_	-	_	-	3	-
Microthyrium	-	-	-	-	-	-	-	-	-
microscopicum									
Zygnema-type	-	-	-	-	-	4	-	-	-
Cosmarium cf. botrytis	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arcella	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица А.8. (продолжение)

Видовая					Глубина, м	Ī			
принадлежность	1.6-1.9	1.9-2.05	2.1-2.2	2.1-2.2	2.25-2.6	2.7-2.8	2.9-3.0	3.1-3.2	3.5-3.6
_	песок		торф	песок					
Pinus s/g Diploxylon	2	4	3	12	6	5	3	10	47
Picea	5	2	6	7	3	2	2	4	28
Betula spp.	133	128	118	99	135	92	5	93	46
Alnus	7	5	4	3	9	3	1	2	12
Salix	9	5	20	2	4	4	-	7	-
Artemisia	88	63	107	43	21	30	1	71	62
Amaranthaceae	6	2	7	9	7	3	-	7	5
Cyperaceae	18	4	-	5	22	-	-	5	2
Poaceae	32	39	29	46	65	87	4	65	81
Caryophullaceae	17	34	9	12	_	20	_	18	6
Brassicaceae	4	4	8	5	2	7	-	12	1
Cichorioideae	-	-	14	8	7	4	_	3	2
Asteroideae	4	11	_	_	2	_	_	2	-
Ericales	-	-	-	2	1	-	-	-	_
Onagraceae	-	1	_	_	_	_	_	_	-
Rosaceae	4	-	2	6	6	6	-	2	7
Sanguisorba officinalis	5	1	1	_	1	1	-	2	3
Rubus chamaemorus	-	-	-	_	6	-	-	-	_
Thymus	1	-	1	_	_	-	-	_	-
Polygonaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумма пыльцы	335	303	329	259	297	264	16	303	302
Sphagnum	-	-	2	1	2	2	-	-	2
Polypodiophyta	5	5	5	18	3	50	-	22	7
Selaginella rupestris	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lycopodiaceae	-	7	1	3	8	-	-	2	-
Bryales	-	1	2	4	-	-	-	4	10
Glomus	-	3	-	854	2	85	-	217	861
Gelasinospora	-	-	-	-	-	-	-	4	3
Microthyrium	-	-	-	3	-	1	1	-	13
microscopicum									
Zygnema-type	-	-	-	-	-	2	-	2	-
Cosmarium cf. botrytis	-	-	-	-	6	-	-	-	-
Arcella	-	-	-	-	-	-	-	3	4

Таблица А.9. Разрез № 180, долина р. Суолы (начало)

Видовая					тубина, м				
принадлежность	0.02	0.04-0.28	0.28-0.38	0.38-0.4	0.4-0.9	0.9-1.3	1.3-1.6	2.0-2.5	2.9-3.6
Pinus s/g Diploxylon	312	1	3	1	2	2	4	4	3
Larix	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Betula spp.	31	3	4	3	3	4	1	3	11
Alnus	5	-	1	1	-	-	-	-	-
Salix	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Artemisia	3	-	1	-	-	1	-	-	1
Amaranthaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyperaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poaceae	-	-	-	-	-	-	2	-	3
Caryophullaceae	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Brassicaceae	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Cichorioideae	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Asteroideae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ericales	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ranunculaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thalictrum	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Apiaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rosaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sanguisorba officinalis	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумма пыльцы	351	4	9	5	6	7	8	7	19
Pre-Q pollen	30	-	-	-	-	2	2	-	26
Sphagnum	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polypodiophyta	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selaginella rupestris	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Pre-Q spores	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Botryococcus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glomus	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Assulina	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Углистые частицы	13	-	6	7	-	4	-	-	10

Таблица А.9. (продолжение)

Видовая	Глубина, м								
принадлежность	3.6- 3.7	3.7-4.0	4.0-4.7	4.7-5.2	5.2-5.7	5.7-6.2	6.4-6.8 песок	6.4-6.8 почва	7.0-7.4 песок
Pinus s/g Diploxylon	1	3	4	3	5	-	1	7	6
Larix	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Betula spp.	1	5	19	11	6	8	5	20	21
Alnus	2	-	1	1	-	-	-	3	1
Salix	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Artemisia	-	2	2	-	2	1	-	3	4
Amaranthaceae	-	-	-	1	-	-	1	2	2
Cyperaceae	2	-	-	-	-	-	1	7	1
Poaceae	1	-	2	-	4	-	1	5	6
Caryophullaceae	-	-	2	-	-	-	1	2	-
Brassicaceae	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Cichorioideae	-	-	1	-	2	-	-	3	-
Asteroideae	-	-	-	-	-	1	1	-	-
Ericales	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Ranunculaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thalictrum	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Apiaceae	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Rosaceae	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Sanguisorba officinalis	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумма пыльцы	8	10	31	16	19	14	11	53	42
Pre-Q pollen	17	5	23	7	56	4	3	129	30
Sphagnum	-	1	-	1	-	-	-	6	-
Polypodiophyta	-	-	1	-	1	-	-	8	1
Selaginella rupestris	-	-	-	-	-	-	-	5	2
Pre-Q spores	-		1	-	-			14	-
Botryococcus	-	-	-	-	-	1	-	2	-
Glomus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Assulina	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Углистые частицы	7	14	17	5	16	3	3	37	7

Таблица А.9. (продолжение)

Видовая принадлежность	Глубина, м									
•	7-7.4	7.4-8.0	7.4-8.0	8.3-8.4	8.4-8.45	8.8-9.0	9.0-9.4	9.4-10	10-10.4	
	почва	песок	почва							
Pinus s/g Diploxylon	12	-	18	47	3	3	2	3	3	
Picea	92	-	100	187	10	19	14	46	11	
Larix	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
Betula spp.	8	-	11	18	2	-	6	3	9	
Alnus	2	-	1	-	3	-	-	1	1	
Salix	-	-	1	1	-	-	-	-	-	
Artemisia	7	-	6	18	3	-	1	-	-	
Amaranthaceae	6	-	2	15	1	1	-	-	1	
Cyperaceae	3	-	-	1	1	-	-	1	-	
Poaceae	13	-	2	4	1	4	-	2	3	
Caryophullaceae	1	-	-	2	-	-	-	-	-	
Brassicaceae	2	-	-	-	-	-	_	1	-	
Cichorioideae	2	-	4	2	-	-	-	1	-	
Asteroideae	1	-	1	-	-	-	-	1	-	
Ericales	1	-	7	-	-	-	_	2	-	
Ranunculaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Thalictrum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Apiaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Rosaceae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
Sanguisorba officinalis	1	-	-	-	-	-	1	-	-	
Сумма пыльцы	151	0	153	295	24	27	25	62	28	
Pre-Q pollen	92	-	100	187	10	19	14	46	11	
Sphagnum	1	-	1	1	_	-	_	1	-	
Polypodiophyta		-	-	3	-	-	-	1	-	
Selaginella rupestris	3	-	-	6	1	1	_	2	-	
Pre-Q spores	5	-	31	16	-	-	-	-	-	
Botryococcus	-	-	1	6	-	1	-	-	-	
Glomus	22	_	3	25	_	-	_	_	1	
Assulina	-	_	-	_	_	-	_	_	_	
Углистые частицы		-	52	36	-	7	20	5	-	

Таблица А.9. (продолжение)

Видовая				Глуб	бина, м			
принадлежность	10.45	10.4-10.8	10.8-11	11.1-11.2	11.3-11.5	11.5-11.6	11.8-12	12.1-12.2
Pinus s/g Diploxylon	14	11	25	7	1	11	1	2
Larix	2	-	-	-	-	-	-	-
Betula spp.	5	11	17	1	11	29	4	4
Alnus	1	-	-	-	-	-	-	-
Salix	1	-	2	-	-	-	-	-
Artemisia	7	3	7	1	-	1	1	-
Amaranthaceae	6	-	9	-	-	-	-	-
Cyperaceae	1	1	2	-	-	-	1	-
Poaceae	3	-	9	1	-	2	-	1
Caryophullaceae	3	-	-	-	-	-	-	-
Brassicaceae		-	1	-	-	-	-	-
Cichorioideae	2	-	4	-	-	-	-	-
Asteroideae	-	-	2	-	-	-	-	-
Ericales	1	-	2	-	-	1	-	-
Ranunculaceae	-	-	-	-	-	-	-	1
Thalictrum	-	-	-	-	-	-	-	-
Apiaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
Rosaceae	-	-	2	-	-	-	-	-
Сумма пыльцы	158	40	151	12	12	50	7	9
Pre-Q pollen	112	14	69	2	-	6	-	1
Sphagnum	-	-	4	-	-	1	-	-
Polypodiophyta	-	2	-	-	-	-	-	-
Selaginella rupestris	-	-	6	-	1	-	-	-
Pre-Q spores	29	1	24	-	-	-	-	-
Botryococcus	2	-	-	-	-	-	-	-
Glomus	36	-	86	3	-	-	-	-
Assulina	2	-	1	-	-	-	-	-
Углистые частицы	31	13	16					<u> </u>

Таблица А.10. Разреза 537 в интервале 0-6 м, обнажение Песчаная гора, долина среднего течения р. Лены (начало)

Видовая принадлежность	Глубина, м									
	0.1	0.35	0.5	0.65	0.8	0.95	1.1	1.25	1.4	1.55
Pinus s/g Diploxylon	194	228	52	26	25	49	116	62	34	43
Pinus s/g Haploxylon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Picea	14	38	82	71	64	40	60	79	96	59
Betula spp.	63	64	168	178	138	116	62	86	115	149
Betula sect. Nanae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alnus	8	8	26	18	17	18	9	7	17	14
Salix	-		3	4	-	4	1	-	-	1
Artemisia	_	4	12	8	7	4	3	8	7	12
Amaranthaceae	_	-	-	_	-	-	_	-	-	-
Cyperaceae	3	_	-	_	1	3	1	1	-	_
Poaceae	18	7	19	28	44	63	54	63	40	37
Caryophullaceae	5	8	-	_	-	-	_	-	-	-
Brassicaceae	_	_	_	_	2	-	_	-	5	1
Cichorioideae	5	1	-	_	-	1	_	-	-	-
Asteroideae	1	3	-	_	-	-	_	-	-	_
Ericales	_	_	2	_	-	-	_	-	-	_
Onagraceae	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-
Rosaceae	1	1	2	1	2	-	_	3	-	-
Sanguisorba officinalis	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Rubus Chamaemorus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ranunculaceae	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Thalictrum	-	1	5	3	4	3	5	2	2	1
Polygonaceae	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Nuphar	4	1	-	1	1	-	-	-	-	2
Utricularia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Apiaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумма пыльцы	316	365	371	338	306	304	311	311	316	321
Sphagnum	1	-	1	1	1	1	1	-	-	-
Polypodiophyta	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Selaginella rupestris	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1
Lycopodiaceae	-	-	2	-	2	-	-	-	2	1
Bryales	-	-	-	4	1	-	-	-	-	-
Pre-Q spores	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
Botryococcus	1	2	-	-	3	6	2	6	2	1
Glomus	8	4	-	-	-	-	-	2	-	-
Gelasinospora	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Arcella	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
Centropyxis	-	-	-	-	9	63	14	53	4	8

Таблица А.10. (продолжение)

Видовая	Глубина, м											
принадлежность	1.7	1.85	2	2.15	2.3	2.5	3	4	4.5	5.5		
Pinus s/g Diploxylon	54	70	14	7	12	6	1	-	5	9		
Pinus s/g Haploxylon	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2		
Picea	27	29	21	21	13	282	186	284	291	275		
Betula spp.	141	157	201	236	181	13	-	-	-	-		
Betula sect. Nanae	_	-	-	-	-	-	60	8	6	8		
Alnus	23	18	14	11	4	-	10	1	-	3		
Salix	-	3	1	3	4	-	-	2	-	-		
Artemisia	5	8	23	39	29	1	7	-	2	1		
Amaranthaceae			1	2	-	-	1	_	_	-		
Cyperaceae	-	-	5	2	1	-	1	-	1	-		
Poaceae	44	53	49	20	72	1	28	8	11	1		
Caryophullaceae	_	1	_	1	-	-	_	_	-	_		
Brassicaceae	1	_	2	1	1	_	2	_	_	_		
Cichorioideae	_	-	-	_	_	_	_	_	-	_		
Asteroideae	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_		
Ericales	1	1	_	_	_	_	_	_	_	_		
Onagraceae	_	-	_	_	_	_		_	_	_		
Rosaceae	1	_	_	_	_	_	1	1	2	2		
Sanguisorba officinalis	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_		
Rubus chamaemorus	_	_	_	_	_	_	1	_	_	_		
Ranunculaceae	3	_	_	1	_	_	2	_	_	_		
Thalictrum	3	4	5	4	_	1	_	_	_	_		
Polygonaceae	_	_	-	_	_	_	_	_	_	_		
Nuphar	2	_	_	_	5	_	_	_	_	_		
Utricularia	_	_	_	_	1	_	_	_	_	_		
Apiaceae	_	1	_	_	-	_	_	_	_	_		
Сумма пыльцы	305	345	336	348	323	304	300	304	320	301		
Sphagnum	-	1	-	-	2	-	2	6	4	10		
Polypodiophyta	-	-	1	1	3	1	3	5	-	1		
Selaginella rupestris	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Lycopodiaceae	2	-	-	1	1	-	-	-	-	-		
Bryales	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-		
Pre-Q spores	-	-	-	-	-	3	12	8	23	14		
Botryococcus	-	3	6	16	-	-	-	-	-	-		
Glomus	_	-	-	_	11	-	-	_	-	-		
Gelasinospora	_	-	-	-	_	-	-	_	-	_		
Arcella	_	-	-	-	1	-	-	_	-	-		
Centropyxis	6	11	_	_	-	_	_	_	_	_		

Таблица А.11. Разрез № 412, Харыялахское обнажение, долина среднего течения р. Лены

Видовая	Глубина, м											
принадлежность	0.1	0.3	0.8	1.6	2.3	2.9	3.3	3.7	4.2	4.5		
Pinus s/g Diploxylon	232	3	53	12	10	13	27	7	11	10		
Pinus s/g Haploxylon	-	1	-	-	-	-	3	-	-	-		
Picea	2	3	3	6	3	2	8	9	2	1		
Larix	11	4	7	5	1	1	2	-	12	2		
Betula spp.	62	-	203	2	5	-	-	24	3	-		
Betula sect. Nanae	-	114	-	21	-	23	8		58	45		
Alnus	29	4	33	10	-	12	4	15	36	38		
Salix	3	6	2	2	-	1	-	1	2	2		
Artemisia	11	15	28	6	-	8	7	3	10	3		
Amaranthaceae	-	-	2	2	1	-	-	1	4	2		
Cyperaceae	25	24	55	35	3	32	17	9	35	45		
Poaceae	36	29	51	13	2	14	12	15	25	22		
Caryophyllaceae	-	-	1	-	1	-	-	1	1	1		
Asteroideae	-	_	-	1	-	-	-	_	-	-		
Cichorioidceae	1	_	-	-	-	-	1	_	1	1		
Ericales	4	8	20	1	1	-	-	_	1	2		
Rosaceae	5	3	3	1		2	2	2	1	2		
Sanguisorba officinalis	-	_	-	-	-	-	-	1	2	1		
Rubus chamaemorus	-	_	-	-	-	-	-	_	2	_		
Ranunculaceae	-	1	-	-	-	-	1	-	-	1		
Thalictrum	_	2	1	1	-	2	_	3	_	_		
Onagraceae	2	1	1	-	-	-	-	-	1	2		
Polygonaceae	1	2	-	-	-	-	-	_	-	_		
Brassicaceae	1	_	3	2	1	-	_	_	_	2		
Polemoniaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-		
Laminaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-		
Valerianaceae	-	_	-	-	-	-	1	_	-	_		
Сумма пыльцы	425	220	468	120	28	110	93	91	207	182		
Pre-Q pollen	10	87	54	196	307	197	281	219	162	131		
Selaginella rupestris	-	-	-	2	1	-	-	3	2	-		
Polypodiophyta	1	_	2	1	1	1	-	1	7	3		
Sphagnum	12	2	4	6	4	4	11	15	14	5		
Lycopodiaceae	-	-	2	4	3	-	2	-	2	-		
Bryales	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-		
Equisetum	_	2	1	4	2	2	5	3	4	_		
Pre-Q spores	_	-	_	13	7	4	27	4	9	149		
Botryococcus	1	1	-	_	_	1	6	-	1	-		
Glomus	_	-	_	_	_	-	_	-	-	_		
Gelasinospora	_	-	1	_	_	-	_	-	-	_		
Microthyrium microscopicum	_	-	_	_	_	-	_	-	2	_		
Assulina	_	_	-	-	-	-	_	_	-	-		
Stomata	_	-	-	-	1	-	_	_	-	1		
Углистые частицы	77	-	13	40	26	16	23	3	14	21		

Таблица А.12. Разрез № 418, Харыялахское обнажение, долина среднего течения р. Лены (начало)

Видовая	Глубина, м									
принадлежность	1.0	1.1	1.15	1.2	1.25	1.3	1.35	1.4	1.45	1.55
Pinus s/g Diploxylon	5	1	-	9	-	-	1	1	-	-
Picea	45	54	6	19	17	10	35	9	26	42
Pinaceae	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Larix	2	2	4	4	1	-	10	5	5	7
Betula spp.	86	125	173	313	245	142	245	144	112	16360
Alnus	8	10	22	48	66	19	109	55	113	12
Salix	10	9	17	21	25	30	29	26	45	7
Rosaceae	7	7	27	32	51	28	10	3	1	-
Sanguisorba officinalis	-	-	-	1	-	-	2	1	-	-
Ranunculaceae	-	2	6	4	5	1	3	6	-	1
Thalictrum	5	3	7	3	3	4	9	3	6	1
Artemisia	43	24	63	218	59	78	98	94	20	3
Amaranthaceae				2	1	2	3	4	2	-
Cyperaceae	14	10	40	42	17	6	31	15	7	13
Poaceae	63	49	152	73	42	18	52	32	11	26
Asteroideae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cichorioideae	-	-	-	1	-	-	3	-	-	2
Caryophyllacea	1	-	1	3	1	3	2	-	1	-
Ericales	3	-	-	2	4	-	-	3	4	-
Brassicaceae	10	11	25	29	55	24	58	88	33	2
Valerianaceae	-	-	-	1	1	2	-		3	-
Laminaceae	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
Thymus	-	-	-	-	-	-	-		1	-
Polygonaceae	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
Nuphar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумма пыльцы	302	307	544	827	593	367	701	490	391	16476
Selaginella rupestris	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Polypodiophyta	2	1	2	4	4	1	6	3	4	2
Sphagnum	-	-	1	9	5	2	1	1	2	1
Lycopodiaceae	1	2	1	5	6	2	10	1	9	4
Bryales	1	-	-	22	2	10	4	163	37	-
Equisetum	-	-	-	-	-	-	-	1	-	6
Pre-Q spores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glomus	9	3	-	1	-	-	-	-	-	-
Gelasinospora	6	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Microthyrium microscopicum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Углистые частицы	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10

Таблица А.12. (продолжение)

Видовая				Глубі	ина, м			
принадлежность	1.8	2.1	2.15	2.2	2.3	2.4	2.5	3.0
Pinus s/g Diploxylon	7	1	4	15	-	6	7	30
Picea	52	100	44	99	74	162	166	161
Pinaceae	-	-	1	8	10	1	-	2
Larix	2	4	6	5	10	2	-	-
Betula spp.	250	104	75	71	160	72	47	48
Alnaster	18	72	68	79	83	56	42	18
Salix	-	6	6	7	6	4	4	5
Rosaceae	_	2	1	-	1	-	1	2
Sanguisorba officinalis	_	-	2	-	-	-	-	1
Ranunculaceae	1	1	-	-	-	-	-	-
Thalictrum	_	1	1	2	3	3	-	-
Artemisia	9	18	41	11	12	33	35	4
Amaranthaceae	_	-	2	1	-	1	1	-
Cyperaceae	2	3	6	3	2	8	2	4
Poaceae	5	15	27	9	1	8	7	28
Asteroideae	_	_	1	_	_	_	-	_
Cichorioideae	_	-	-	1	-	-	-	-
Caryophyllacea	1	5	2	1	2	1	1	-
Ericales	_	2	4	1	2	-	-	5
Brassicaceae	2	7	19	3	5	-	4	3
Valerianaceae	_	-	-	-	-	-	-	-
Laminaceae	_	-	-	-	-	-	-	-
Thymus	_	-	-	-	-	-	-	-
Polygonaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuphar	_	-	-	-	-	2	-	-
Сумма пыльцы	349	341	310	316	371	359	317	311
Selaginella rupestris	-	-	-	-	2	-	3	-
Polypodiophyta	1	8	17	6	9	10	3	4
Sphagnum	-	11	2	2	2	7	5	14
Lycopodiaceae	3	1	1	4	4	2	-	_
Bryales	_	_	_	_	_	_	_	_
Equisetum	_	4	6	_	5	12	8	11
Pre-Q spores Glomus	6				2	1	-	2
	O	-	-	_		1	-	
Gelasinospora	-	-	-	- 1	-	-	-	-
Microthyrium microscopicum	- 2	40	-	1	20	20	- 15	26
Углистые частицы	3	40	29	60	30	39	45	26

Таблица А.13. Разрез № 482, Харыялахское обнажение, долина среднего течения р. Лены (начало)

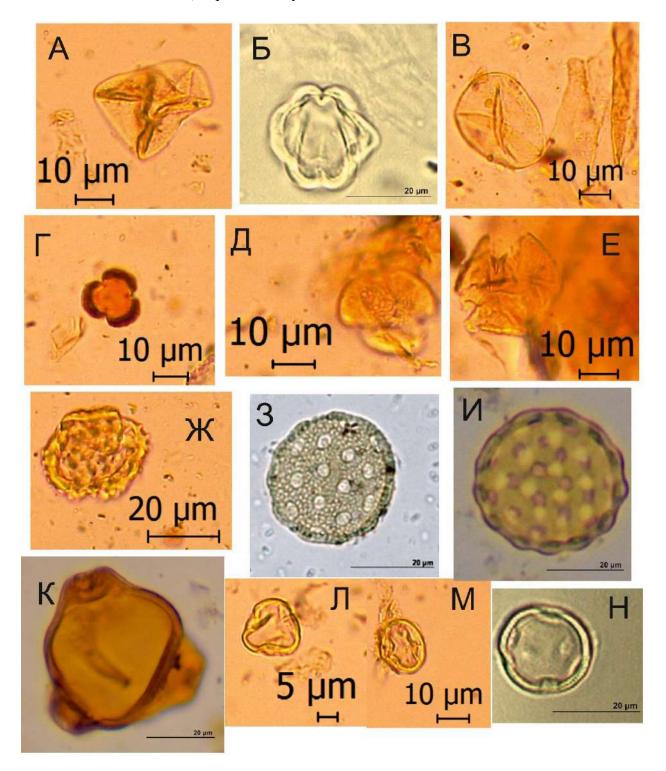
Видовая	Глуб								ина, м	
принадлежность	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.05	7.1	7.15	7.2	7.25
Pinus s/g Diploxylon	17	62	58	9	6	16	9	16	32	24
Pinus s/g Haploxylon	9	-	_	-	_	-	-	-	2	-
Picea	4	2	2	1	4	1	1	1	8	2
Larix	_	15	6	2	3	8	11	22	7	10
Tilia	_	_	_	_	1	-	_	-	-	-
Betula spp.	19	60	_	_	_	_	2	_	20	23
Betula sect. Nanae	_	_	46	5	32	80	87	36	-	_
Alnus	3	21	24	_	9	23	21	15	3	13
Salix	2	7	1	_	4	16	23	4	1	5
Artemisia	3	47	21	1	21	19	18	22	4	6
Amaranthaceae	_	8	4	1	8	1	4	6	_	4
Cyperaceae	9	101	70	68	56	120	78	112	15	108
Poaceae	8	30	36	33	23	23	17	26	18	33
Caryophyllaceae	4	8	6	-	1	6	1	2	3	4
Asteroideae		2	-	_	2	-	-	3	-	2
Cichorioidceae	1	-	2	_	-	_	_	10	1	2
Ericales	2	1	1	2	1	1	_	-	2	2
Rosaceae	_	19	6	2	6	2	5	7	-	3
Sanguisorba officinalis	_	-	-	-	-	1	-	1	_	-
Rubus chamaemorus	_	_	1	_	10	10	2	-	_	_
Polygonaceae	1	2	-	_	1	-	-	1	1	_
Thalictrum	1	_	1	_	2	5	_	1	1	2
Onagraceae	_	_	-	_	-	-	1	4	1	-
Polygonaceae	1	2	_	_	1	_	-	1	1	_
Brassicaceae	_	4	1	_	-	10	8	6	3	6
Polemoniaceae		_	1			10	-	-	-	2
Valerianaceae		_	_	_	_	_	_	1	_	_
Campanulaceae	_	1	-	-	-	_	-	1	_	_
Fabaceae	_	-	1	_	_	_	_	_	_	_
Nuphar	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумма пыльцы	86	392	287	124	191	343	288	297	123	251
Pre-Q pollen	570	13	21	181	120	7	18	20	200	70
Selaginella rupestris		4	3			1	3	1	4	3
	- 1	13	3 13	2	- 1		5 6	11	13	22
Polypodiophyta					1 14	8				
Sphagnum	37	12	21	1	2	6 3	22	42 5	36 4	33 9
Lycopodiaceae	15	6	14	1			3		=	
Bryales	-	5	1	1	-	-	-	3	-	1
Equisum	11	1	2	1	1	2	-	1	4	1
Pre-Q spores	87	-	4	16	12	-	3	7	29	15
Botryococcus	-	1	2	-	-	-	1	-	2	2
Glomus	-	-	-	31	-	-	-	4	-	5
Gelasinospora	-	1	-	1	-	3	-	-	-	2
Microthyrium microscopicum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Assulina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Chironomidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stomata	-	-	-	-	4	22	3	1	-	-
Углистые частницы	9	66	57	35	26	19	38	-	43	28

Таблица А.13. (продолжение)

Видовая	Глубина, м									
принадлежность	7.4	7.45	7.6	7.65	7.75	7.9	8.05	8.1	8.5	
Pinus s/g Diploxylon	11	14	4	26	14	12	12	19	29	
Pinus s/g Haploxylon	_	-	-	-	-	_	-	-	_	
Picea	7	5	2	1	6	2	1	2	3	
Larix	3	6	6	14	8	22	16	6	9	
Tilia	_	-	-	-	-	_	-	1	_	
Betula spp.	_	-	-	_	9	_	101	67	_	
Betula sect. Nanae	17	44	9	65	24	43	5	_	19	
Alnus	6	21	1	34	20	30	49	47	3	
Salix	1	4	1	8	5	12	17	3	3	
Artemisia	_	5	1	13	4	9	14	5	1	
Amaranthaceae	2	-	-	1	2	2	1	1	_	
Cyperaceae	18	103	7	104	39	91	86	61	11	
Poaceae	5	44	9	30	11	24	39	20	11	
Caryophyllaceae	_	5	-	9	4	7	5	3	-	
Asteroideae	_	-	-	-	-	-	1	-	-	
Cichorioidceae	3	2	-	6	5	7	_	3	_	
Ericales	_	-	-	8	2	-	1	3	3	
Rosaceae	2	_	2	2	-	3	2	3	2	
Sanguisorba officinalis	1	_	-	_	_	1	-	_	_	
Rubus chamaemorus	_	1	_	2	5	5	_	5	2	
Ranunculaceae	_	-	_	1	-	1	2	1	1	
Thalictrum	1	_	_	-	3	2	5	4	-	
Onagraceae	_	1	1	_	-	1	1	-	_	
Polygonaceae	_	-	-	_	1	1	-	1	_	
Brassicaceae	2	3	_	_	2	3	7	4	2	
Polemoniaceae	_	-	_	_	-	-	_	-	_	
Valerianaceae	_	_	_	1	1	_	_	_	_	
Campanulaceae	_	_	_	_	-	_	_	_	_	
Fabaceae	_	_	_	_	1	_	_	_	_	
Nuphar	_	_	_	_	-	_	_	_	_	
Сумма пыльцы	79	258	43	325	166	278	365	259	99	
Pre-Q pollen	260	90	180	29	140	78	27	140	210	
Selaginella rupestris	-	6	-	6	-	3	4	-	-	
Polypodiophyta	3	13	5	21	13	8	10	5	4	
Sphagnum	17	34	23	36	37	39	16	20	8	
Lycopodiaceae	4	14	3	8	10	-	10	1	3	
	- I	14 -	<i>3</i>	-	-	3	1	1	3	
Bryales	3	- 1	- 7	2	_	<i>-</i>	1	3	4	
Equisum Pre-Q spores	31	12	38	3	6	- 7	1	3 13	28	
	31	12	- 38	1	3	1	<u> </u>	2	20	
Botryococcus Glomus	3	1	-	2	<i>3</i> -	1	-	2	_	
	_	-	-	1	1	-	1	-	-	
Gelasinospora	-	-	-	1 -	I -	-	1	3	_	
Microthyrium microscopicum	-	-	-		-	-	1	3	_	
Assulina Chiran amidaa	-	1	-	1	-	-	-	-	-	
Chironomidae	-	1	-	2	-	-	- 1	-	-	
Stomata	25	- 20	16	-	-	-	1	-	- 20	
Углистые частицы	35	39	16	23	6	22	-	7	30	

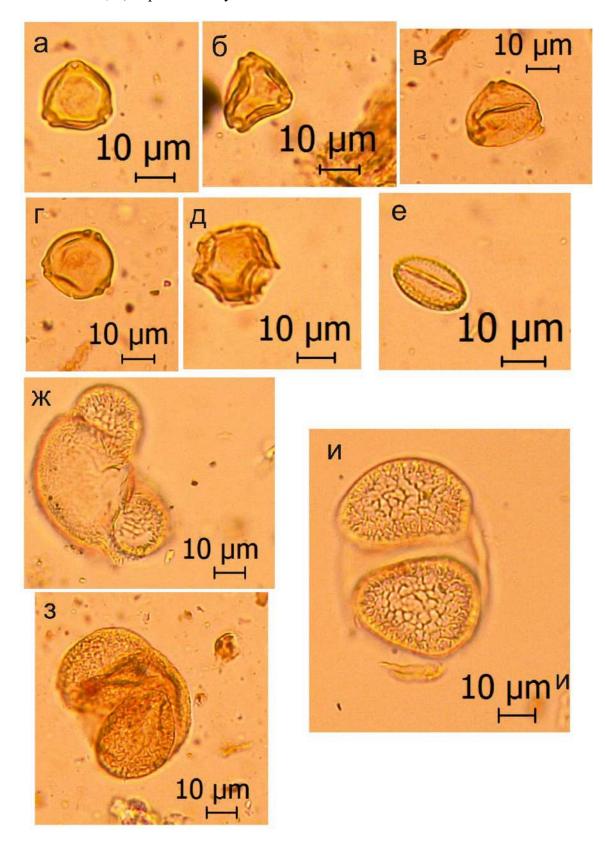
приложение Б

Таблица Б.1. Фотографии пыльцы травянистых растений из покровных песчаных отложений МИС 5а – начало МИС 1, Центральная Якутия



а — Cyperaceae, б — Sanguisorba officinalis, в — Poaceae, Γ — Artemisia, д — Brassicaceae, е — Ranunculaceae, ж — Asteraceae, з — Caryophyllaceae, и — Amaranthaceae, к — Onagraceae, л, м — Rosaceae; н — Thalictrum

Таблица Б.2. Фотографии пыльцы древесных растений из покровных песчаных отложений МИС 5а – начало МИС 1, Центральная Якутия



а, б – Betula sect. Nanae; в, Γ – Betula spp.; μ – Alnus; е – Salix; ж, з, и Pinus s/g Diploxylon (пробы №366 14, 047 0.7м, № 482 5.5)

Таблица Б.3. Фотографии фрагментов дочетвертичной пыльцы (Pinaceae и Podocarpaceae) в покровных песчаных отложениях МИС 5а – начало МИС 1, Центральная Якутия

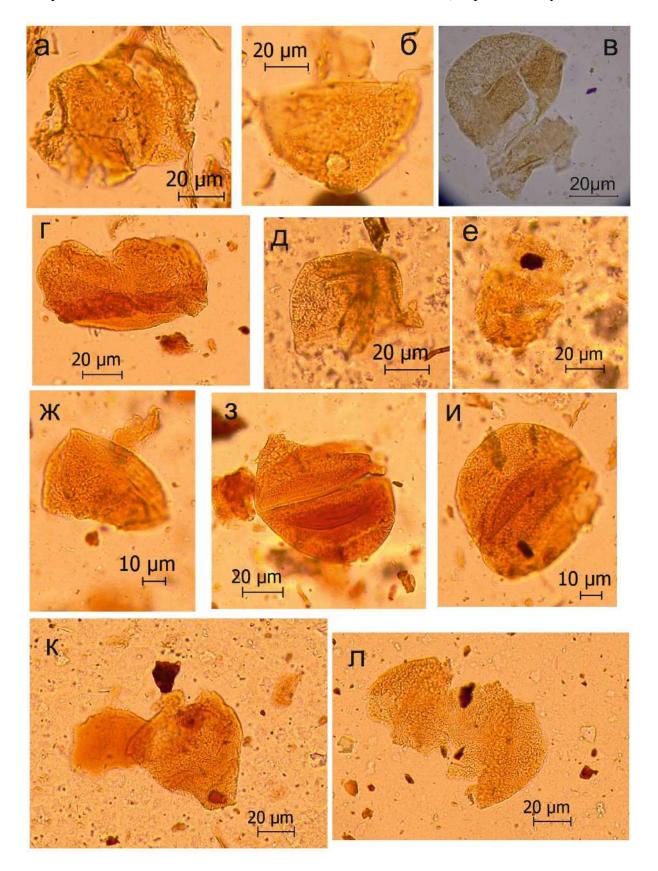
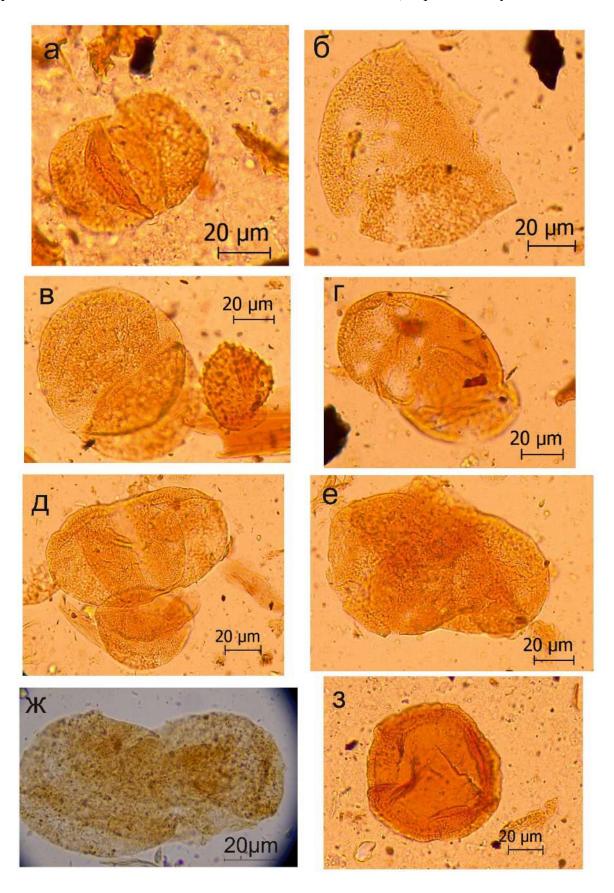
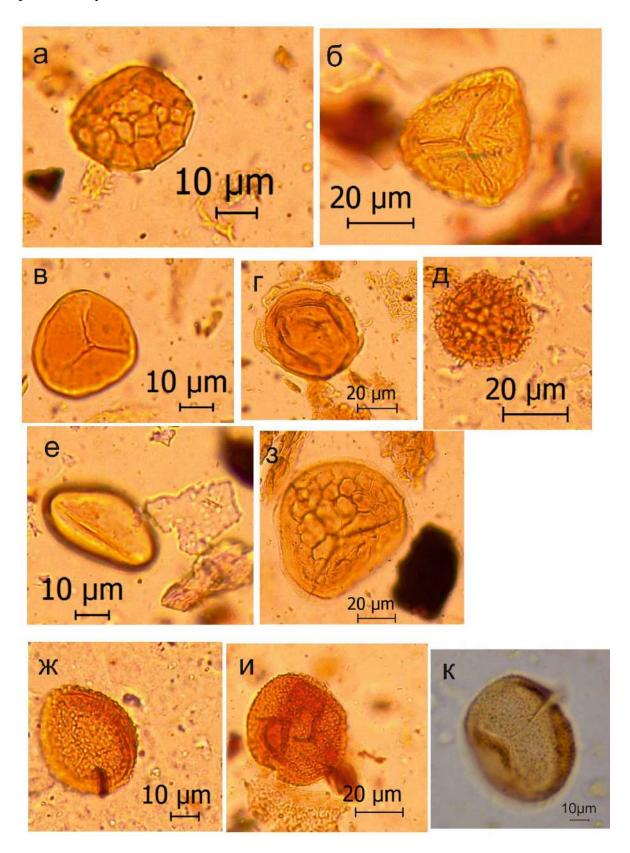


Таблица Б.4. Фотографии фрагментов дочетвертичной пыльцы (Pinaceae и Podocarpaceae) в покровных песчаных отложениях МИС 5а – начало МИС 1, Центральная Якутия



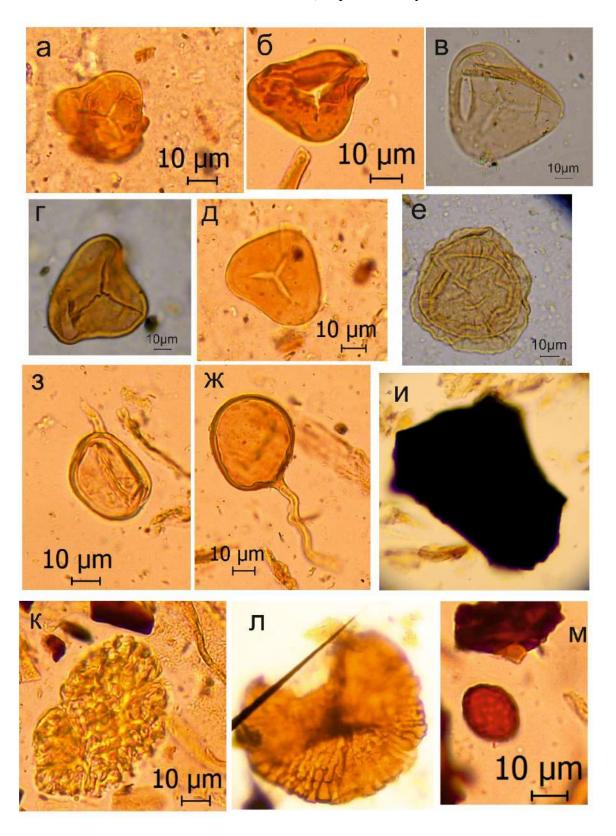
а – № 052-058_10, б – № 180_4.7-5.2; в, г – № 075_0.45, д – № 047_2.7, е – № 047_2.7, ж – № 047_7.0, з – Tsuga, 366_19.

Таблица Б.5. Фотографии спор из покровных песчаных отложений МИС 5а – начало МИС 1, Центральная Якутия



а – Lycopodiaceae (rede), б – *Selaginella rupestris*, в – *Shagnum*, г – *Equisetum*; д – Lycopodiaceae; е – Polypodiophyta; ж – *Riccia*; з, и, к – Cf. *Osmunda* (дочетвертичные споры) – пробы № 366_19, № 180_10.8-11, № 052-058_35.

Таблица Б.6. Фотографии переотложенных спор и непыльцевых палиноморфов из покровных песчаных отложений МИС 5а — начало МИС 1, Центральная Якутия



Дочетвертичные споры: а — Coniopteris ? — № 366-19, б — Coniopteris ? — № 482_6.5, в — спора ? — № 047_7.0, г — спора (rede) ? — № 366-16, д — Coniopteris — № 052-058_25; е — спора; з, ж — Glomus, и — уголь, к — Botryococcus; л — Microthyrium microscopicum; м — Gelasinospora

Приложение В

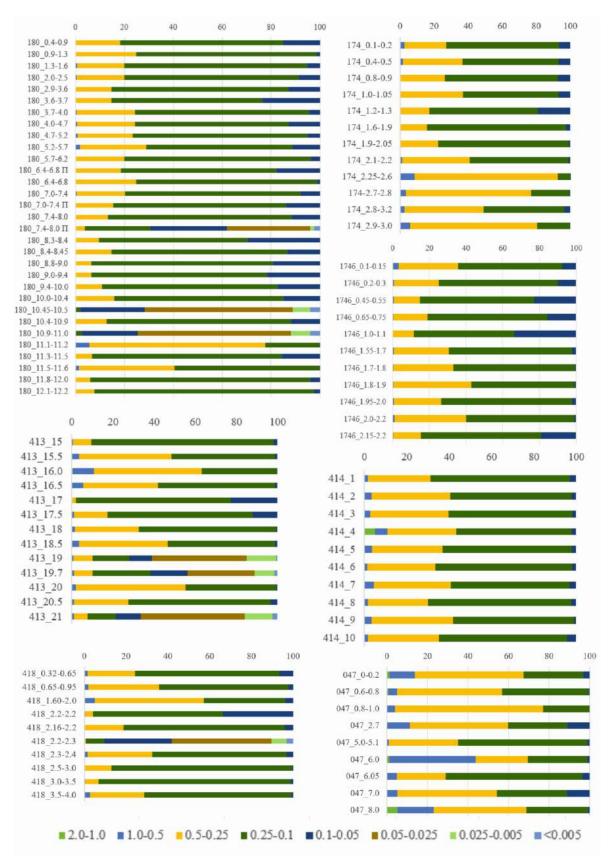


Рис. В.1. Гранулометрический состав изученных разрезов (№ 180, № 174, № 1746, № 413, № 414, № 418, № 047).

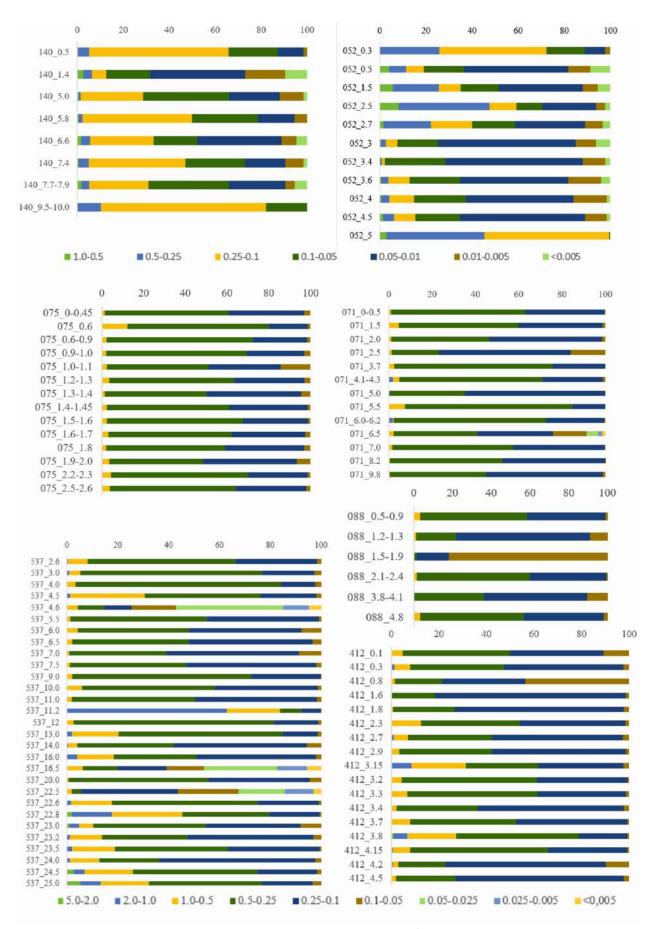


Рис.В.2. Гранулометрический состав изученных разрезов (№ 140, №052, № 075, №071, № 537, № 088, № 412).

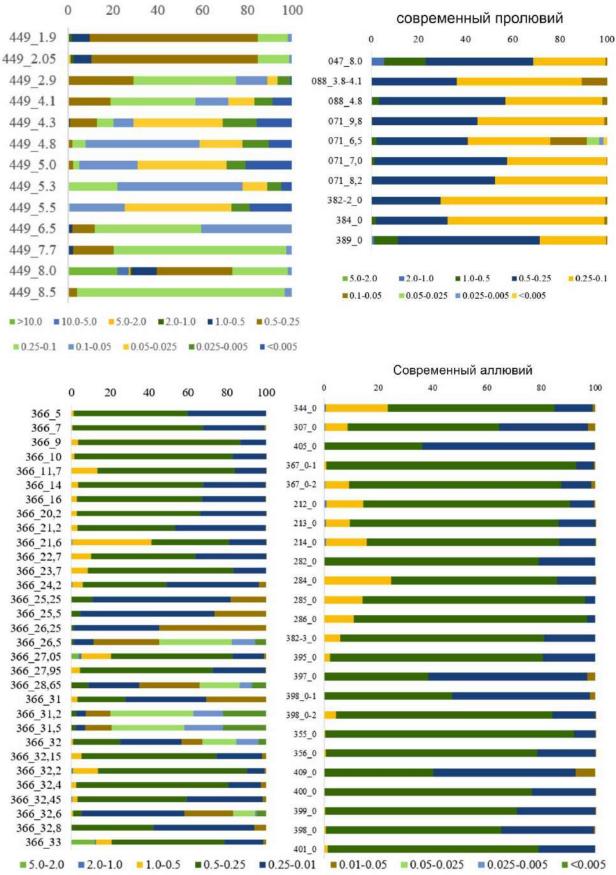


Рис. В.3. Гранулометрический состав изученных разрезов (№ 449, № 366) и современных отложений (аллювий, пролювий).

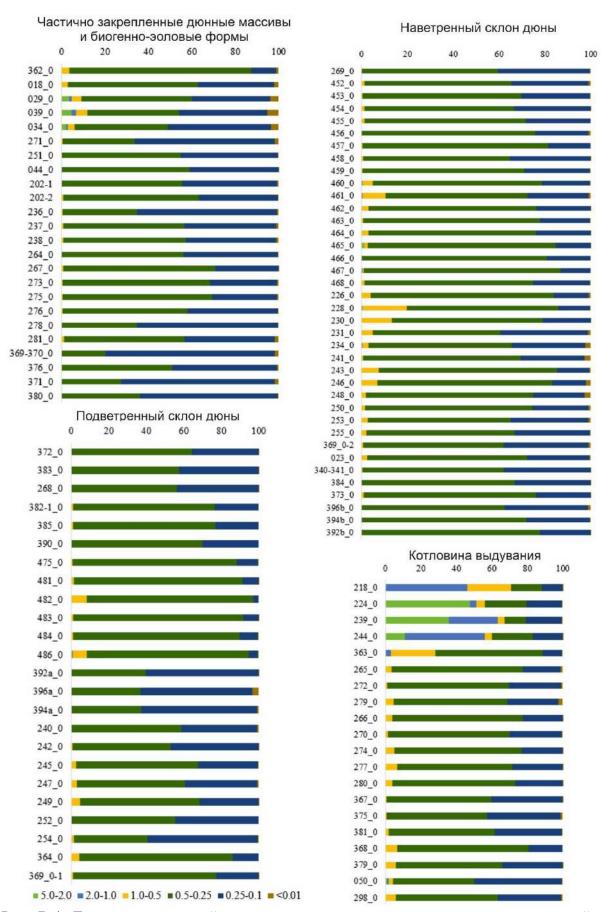


Рис. В.4. Гранулометрический состав современных песчаных эоловых отложений с разных генераций рельефа.

Приложение Г

Таблица Г.1. Результаты минералогического состава легкой фракции (удельный вес < 2.9), фракция 0.1-0.05 мм отложений разреза № 366, тукулан Кысыл-Сыр, долина р. Вилюй

					Н	омера	проб,				
Минералы				co,	держа	ние ми	нерал	ов (%)			
	33	32.8	32.4	32.2	31.8	31.5	31	29.85	29.75	29.25	29.6
Кварц	86.8	88.0	87.0	90.5	86.4	34.2	32.6	68.0	70.1	77.7	67.3
Полевые шпаты	13.2	12.0	12.2	9.5	13.0	21.7	9.5	29.5	27.1	20.7	29.2
Карбонаты							2.5				
Мусковит							2.0				
Биотит						1.3	2.8				
Хлорит						1.3	2.0				
Агрегаты глинистые						40.8	32.8				
Обл. породы			0.8		0.6		0	1.6	2.1	1.3	3.3
Агрегаты (растит.						0.7	13.8				
детрит											
карбонатизир.)											
Новообразование:											
Гидроокислы железа							2.0	0.9	0.5	0.3	
Подсчитано зерен:	302	307	345	420	324	304	399	441	428	386	446
Коэффициент Км	6.6	7.3	7.1	9.5	6.6	1.6	3.4	2.3	2.6	3.8	2.3
Угольки (частиц)		+					78				

Таблица Г.1. (продолжение)

					Hon	иера пр	об,				
Минералы				сод	ержани	е минеј	ралов	(%)			
	28	28.7	28.65	27.95	27.05	26.25	26.4	26.5	25.8	24.55	24.35
Кварц	77.7	52.0	60.6	70.1	53.7	57.6	49.3	51.2	19.0	67.8	73.7
Полевые шпаты	29.0	45.0	36.4	24.5	43.0	41.5	36.2	45.0	22.0	29.4	25.3
Карбонаты									3.9		
Мусковит							0.3				
Биотит				0.5	0.1		1.3	0.7		0.3	+
Хлорит	0.2		0.6				2.9	1.4			
Агрегаты									55.1		
глинистые											
Обл. породы	2.1	2.1	1.8	4.0	2.7	0.6	4.0	1.7		1.8	1.0
Агрегаты (растит.											
детрит											
карбонатизир.)											
Новообразование:											
Гидроокислы		0.9	0.6	0.9	0.5	0.3	6.0			0.7	
железа											
Подсчитано	386	577	495	428	559	316	304	287	310	442	407
зерен:											
Коэффициент Км	3.9	1.2	1.7	2.9	1.2	1.4	1.4	1.1	0.9	2.3	2.9
Угольки (частиц)						+		+			

Таблица Г.1. (продолжение)

					Ho	мера п	роб,				
Минералы				соде	ржані	ие мин	ералов	(%)			
	23.7	23.6	22.7	22.7	21.6	21.2	20.2	18.7	17.5	16	14
Кварц	79.2	84.0	86.7	87.0	90.6	89.0	87.5	88.2	90.0	85.2	88.7
Полевые шпаты	19.5	13.2	11.6	11.0	6.4	9.8	11.1	10.6	10.0	14.5	11.0
Карбонаты											
Мусковит											
Биотит											
Хлорит											
Агрегаты глинистые											
Обл. породы	1.3	2.8	1.4	2.0	3.0	1.2	1.4	0.9			
Агрегаты (растит.											
детрит карбонатизир.)											
Новообразование:											
Гидроокислы железа			0.3					0.3		0.3	0.3
Подсчитано зерен:	379	357	346	345	331	337	343	340	333	317	338
Коэффициент Км	4.1	6.4	7.5	7.9	14.2	9.1	7.9	8.3	9.0	5.9	8.1
Угольки (частиц)											

Таблица Г.1. (продолжение)

Минералы		Hon	иера п	роб,	
_	соде	ржани	е мин	- ералон	3 (%)
	12	11.7	10	9	5
Кварц	87.5	85.8	85.7	89.3	89.8
Полевые шпаты	11.3	12.9	13.4	10.1	9.3
Карбонаты					
Мусковит					
Биотит					
Хлорит					
Агрегаты глинистые					
Обл. породы	0.6		0.9		0.9
Агрегаты (растит. детрит карбонатизир.)					
Новообразование:					
Гидроокислы железа	0.6	1.3			
Подсчитано зерен:	309	303	350	336	334
Коэффициент Км	7.7	6.7	6.4	8.8	9.7
Угольки (кол-во					
частиц)					

Таблица Γ .2. Результаты минералогического состава легкой фракции (удельный вес < 2.9), отложений разреза № 052-058, высокая терраса р. Вилюй

			Номе	ра про	б, соде	ржани	е мине	ралов	(%)		
Минералы	67.5	65	62.5	60	57.5	55	52	50	47.5	45	42.5
Кварц	49.0	49.7	58.8	46.0	48.9	44.6	47.8	50.4	55.2	79.4	82.2
Полевые шпаты	45.1	45.7	35.3	51.6	47.2	52.0	51.4	46.6	44.2	19.8	15.9
Мусковит						0.2	0.2	0.2			
Хлорит						0.2		0.2			
Обл. породы	4.7	4.6	5.9	1.9	2.3	2.0		2.6	0.6	0.8	1.9
Новообразование:											
Гидроокислы железа	1.2			0.6	1.6	1.0	0.6				
Подсчитано зерен:	510	503	510	524	512	538	544	536	543	378	365
Коэффициент Км	1.1	1.1	1.7	0.9	1.0	0.9	0.9	1.1	1.2	4.0	5.2
Угольки (частиц)				50	2						

Таблица Г.2. (продолжение)

			Номе	ра про	б, соде	ржани	е мине	ералов	(%)		
Минералы	40	37.5	35	32.5	30	27.5	22.5	20	17.5	15.0	12.5
Кварц	87.2	82.9	85.2	84.5	85.7	84.3	82.9	81.1	81.5	77.7	82.2
Полевые шпаты	12.2	15.7	14.2	15.5	13.4	14.9	16.3	17.5	18.5	21.0	17.3
Мусковит											
Хлорит											
Обл. породы	0.6	1.4	0.6		0.9	0.8	0.8	1.4		1.3	0.5
Новообразование:											
Гидроокислы железа											
Подсчитано зерен:	344	362	352	355	350	356	362	370	368	386	365
Коэффициент Км	7.1	5.3	6.0	5.5	6.4	5.7	5.1	4.6	4.4	3.7	4.8
Угольки (частиц)											

Таблица Г.2. (продолжение)

Минералы	Ном	ера проб	б, содеря	кание мі	инералов	(%)
_	10	7.5	5	2.5	2.5all	13.8
Кварц	79.2	81.1	82.0	82.2	68.2	35.4
Полевые шпаты	20.8	18.9	17.8	17.8	30.7	26.6
Мусковит						
Хлорит						
Обл. породы			0.2		1.1	
Новообразование:						
Гидроокислы железа						38.0
Подсчитано зерен:	379	370	366	365	440	361
Коэффициент Км	3.8	4.3	4.6	4.6	2.2	1.3
Угольки (частиц)						

^{*} Примечание к Таблицам Г.1 и Г.2. Образцы состоят из минералов легкой фракции. Тяжелая фракция присутствует в единичных значениях (гранат, слюда, ильменит, гидроокислы железа, эпидот, пироксены,). Минералы различной окатанности, чаще полуокатанные, реже угловатые неокатанные. Кварц присутствует в виде бесцветных, прозрачных угловато-окатанных, редко окатанных зерен. Полевой шпат — в виде бесцветных, белесо-серых зерен неравномерно окатанных, с трещинками и спайностью. Карбонаты — зерна неправильной формы, белесые, иногда ожелезненные, бурно вскипают в соляной кислоте.

Таблица Г.З. Результаты минералогического состава разреза № 071, тукулан Махатта, долина нижнего течения р. Вилюй

					Ном	ера пр	об,				
Минералы				содер	эжани	е мине	ралов	(%)			
	0-	1.5	2.0	2.5	3.7	4.1-	5.0	5.5-	6.0-	7.0	8.2
	0.5					4.3		6.0	6.2		
			ле	гкая ф	ракция	(удель	ный ве	c < 2.9)		
Кварц	96.3	92.4	91.0	87.6	90.7	92.0	89.9	93.0	93.4	92.6	87.9
Полевые шпаты	3.4	7.3	8.4	11.8	9.0	7.4	9.2	6.7	6.0	7.4	11.2
Обл. породы		0.3	0.6	0.6		0.3	0.3	0.3	0.3		
Новообразование:											
Гидроокислы железа									0.3		
			тяз	желая (фракці	ія (удел	вный в	sec > 2.	.9)		
Ильменит											0.3
Гранат							0.3				0.3
Амфиболы											
Пироксен	0.3				0.3						0.3
Эпидот						0.3					
Лейкоксен							0.3				
Подсчитано зерен:	301	303	311	323	312	309	306	301	304	309	313
Коэффициент Км	28.3	12.7	10.8	7.4	10.1	12.4	9.8	13.9	15.6	12.5	7.8

Таблица Г.4. Результаты минералогического состава разреза отложений № 537, обнажение Песчаная гора, долина среднего течения р. Лены

			Номе	ра про	б, соде	ржани	е мине	ралов	(%)		
Минералы	2.6	3	4	4.5	4.6	5.5	6	6.5	7	7.5	9
			ле	гкая ф	ракция	(удель	ный ве	c < 2.9)		
Кварц	53.3	56.2	47.5	44.0	53.2	50.0	49.9	47.6	49.4	57.1	42.4
Полевые шпаты	39.7	33.5	43.7	41.1	35.7	39.5	36.7	39.6	33.2	31.8	39.6
Карбонаты	0.3	4.8				0.5	1.2	0.9	1.7	1.9	11.7
Биотит	0.1	0.7				0.3		0.6			
Хлорит	0.3				0.3	0.3				0.7	
Новообразование:											
Гидроокислы железа							0.3		0.3		
			тяз	желая (фракці	ія (удел	вный в	sec > 2.	9)		
Эпидот	0.8		0.6	3.4	1.5	1.3	0.6		0.6	0.3	1.7
Пироксены мон.			0.9		0.3	0.3	0.3	0.6		0.7	
Амфиболы	5.0	3.1	5.9	8.4	7.3	4.3	8.0	6.3	7.3	2.8	4.5
Гранат				0.5		0.5				0.2	
Рутил											
Магнетит	0.6	1.0	1.5	2.6	1.8	2.7	2.8	4.5	4.8	3.7	
Апатит											
Циркон		0.7				0.5	0.3		2.8	0.7	
Подсчитано зерен:	361	290	341	380	331	376	325	336	356	317	290
Коэффициент Км	1.3	1.7	1.1	1.1	1.5	1.3	1.4	1.2	1.5	1.8	1.1
Угольки (частиц)										42	1

^{*} Примечание к таблице Γ .4. В пробах 2.5, 6 и 6.5 — слюда покрыта карбонатной коркой. В пробе 34 зерна минералов покрыты карбонатной коркой. В пробах 7.5, 9,10 и 11.2 — зерна минералов покрыты карбонатно-железистой коркой. В пробе 24.5 все зерна покрыты железистой коркой.

Таблица Г.4. (продолжение)

			Номе	ра про	б, соде	ржани	е мине	ералов	(%)		
Минералы	10	11	11.2	12	13	14	16	20	22.8	23	23.2
			ле	гкая ф	ракция	(удель	ный ве	c < 2.9)		
Кварц	48.5	50.8	39.8	45.7	25.3	48.5	48.8	46.9	39.4	55.1	42.2
Полевые шпаты	39.0	41.7	39.4	45.2	17.8	39.4	35.6	37.3	40.5	32.1	34.6
Карбонаты	5.7	1.3	12.3	1.7	54.5	1.1	0.8	0.7	1.4	2.6	13.4
Биотит			0.3			1.1		0.5	1.1		0.6
Хлорит		0.3	0.3						0.8	0.3	0.3
Обл. породы											
Новообразование:											
Гидроокислы железа	0.54										
			тяз	желая (фракці	ія (удел	ьный в	sec > 2.	9)		
Эпидот		2.5		1.1	0.6	0.6	3.9	2.4	0.8	0.3	
Пироксены мон.	0.5					0.6		0.5	0.3	1.2	
Амфиболы	3.0	1.6	7.8	4.3	1.8	5.3	8.5	9.8	13.2	7.6	7.7
Гранат						1.4	0.3	0.5	0.6		
Рутил											
Магнетит	2.7	1.9		1.7		0.8	0.8	1.2	1.1	0.9	
Апатит											
Циркон				0.3		1.1	1.4	0.2	0.8		0.9
Подсчитано зерен:	369	319	358	350	332	355	365	418	363	343	323
Коэффициент Км	1.2	1.2	1.0	1.0	1.4	1.2	1.4	1.3	1.0	1.7	1.2
Угольки (частиц)			2	2	2	2					5

Таблица Г.4. (продолжение)

Минералы		содерж	Номер	-		o)
· F ····	23.4	23.5	23.7	24	24.5	25
	легн	ая фра	кция (у	дельны	ий вес <	(2.9)
Кварц	27.8	46.1	42.6	46.3	43.6	17.4
Полевые шпаты	19.1	28.4	27.0	31.7	31.1	9.0
Карбонаты	48.3	5.6	24.5	9.0	9.1	68.4
Биотит	0.9	1.1	0.6	0.6		0.7
Хлорит	0.6			0.3		
Обл. породы						
Новообразование:						
Гидроокислы железа					0.7	
	тяж	елая фр	оакция	(удельн	ый вес	> 2.9)
Эпидот		3.5	0.3	0.6	1.7	0.4
Пироксены мон.						
Амфиболы	1.5	12.4	3.1	8.4	9.9	3.1
Гранат		1.3		0.6	1.3	0.4
Рутил	0.3					
Магнетит	1.2	1.3	1.6	1.7	1.1	
Апатит	0.3					
Циркон		0.3	0.3	0.6	1.5	0.7
Подсчитано зерен:	324	371	322	322	463	288
Коэффициент Км	1.5	1.6	1.6	1.5	1.4	1.9
Угольки (частиц)	2	2				

Таблица Г.5. Результаты минералогического состава современных эоловых и аллювиальных отложений долины р. Вилюй в нижнем течении

		Номера проб, содержание минералов (%)										
Минералы	213	282	285	237	281	254	268	271	253	269	018	
			ле	гкая ф	ракция	і (уделі	ьный в	ec < 2.	9)			
Кварц	90.3	75.4	70.3	87.5	63.7	79.4	72.2	68.5	93.0	69.7	92.8	
Полевые шпаты	9.7	22.1	21.7	12.5	34.6	20.6	27.8	28.5	7.0	30.3	6.5	
Обл. породы		2.5	8.0		1.7	+	+	3.0	+	+	0.7	
Агрегаты (растит.												
детрит												
карбонатизированный)												
Новообразование:												
Гидроокислы железа					+							
Подсчитано зерен:	300	281	300	304	286	325	302	333	284	376	307	
			тяэ	келая (фракці	ия (уде	льный	веc > .	2.9)			
Ильменит	+		4.0	+						+		
Эпидот			3.0				+					
Пироксены мон.	+		67.9							+		
Амфиболы			3.0		+		+					
Гранат			20.0		+		+					
Турмалин			0.6									
Сфен			0.3									
Дистен			0.6									
Ставролит			0.6									
Подсчитано зерен:			300									
Выход тяжелой фракции			2.4									
Коэффициент Км	9.3	3.4	3.2	7.0	1.8	3.9	2.6	2.4	13.3	2.3	14.3	

Таблица Г.5. (продолжение)

	Номера проб, содержание минералов (%)						
Минералы	023	307	239	298	265	277	034
	ле	гкая фракі	дия (уде л	тьный (веc < 2	2.9)	
Кварц	92.7	79.4	86.7	82.1	59.5	61.5	94.7
Полевые шпаты	6.7	20.6	13.3	17.9	38.2	32.9	5.0
Обл. породы	0.3				2.3	5.6	
Агрегаты (растит. детрит		+					
карбонатизированный)							
Новообразование:							
Гидроокислы железа		+					
Подсчитано зерен:	302	316	332	307	346	304	301
	тяз	желая фраг	кция (уд	ельныі	й вес >	2.9)	
Ильменит			+	+	+	+	
Эпидот						+	
Пироксены мон.							
Амфиболы					+		
Гранат				+	+	+	
Турмалин							
Сфен							
Дистен							
Ставролит							
Подсчитано зерен:							
Выход тяжелой фракции							
Коэффициент Км	13.8	3.9	6.5	4.6	1.6	1.9	18.9

* Примечание к таблице Г.5

№	Расположение и вид отложений	Особенности минералогического состава.		
Точки		F		
213	Низкая пойма р. Вилюй, окрестности тукулана Махатта	Зерна в основном чистые, редко покрыты железистой пленкой, окатанные и полуокатанные.		
282	Песчаный остров-коса, долина р. Вилюй в нижнем течении	Зерна полуокатанные и окатанные, некоторые покрыты железистой пленкой, замутненные.		
285	Песчаный остров-коса, долина р. Вилюй в нижнем течении	Почти половина зерен из пробы в легкой фракции покрыта железистой пленкой.		
237	Эолово-биогенный бугор, тукулан Махатта	Зерна чистые, прозрачные, окатанные и полуокатанные.		
281	Эолово-биогенный бугор, тукулан Кысыл- Сыр	Некоторые зерна ожелезненные (покрыты пленкой).		
254	Подветренный склон активной дюны, тукулан Махатта	Зерна чистые, прозрачные, окатанные.		
268	Подветренный склон активной дюны, тукулан Кысыл-Сыр	Зерна полуокатанные, окатанные, некоторые покрыты железистой пленкой.		
271	Котловина выдувания, заросшая сосновым лесом, тукулан Кысыл-Сыр	Некоторые зерна ожелезненные, замутненные.		
253	Вершина активной дюны, тукулан Махатта	Зерна чистые, прозрачные, окатанные и полуокатанные.		
269	Вершина активной дюны, тукулан Кысыл-Сыр	Некоторые зерна замутненные, ожелезненные.		
018	Гребень активной дюны, тукулан Махатта	Зерна чистые.		
023	Гребень активной дюны, тукулан Махатта	Зерна чистые.		
307	Песчаные отложения под марью, тукулан Махатта	Зерна чистые, прозрачные, редко замутненные.		
239	Котловина выдувания с гравиейм, тукулан Махатта	Зерна чистые, прозрачные, окатанные.		
298	Котловина выдувания с гравиейм, тукулан Махатта	Зерна чистые, прозрачные, окатанные.		
265	Котловина выдувания, тукулан Кысыл-Сыр	Некоторые зерна ожелезненные.		
277	Котловина выдувания, тукулан Кысыл-Сыр	Некоторые зерна ожелезненные.		
034	Котловина выдувания, тукулан Махатта	Зерна чистые.		

Таблица Γ .6. Результаты минералогического состава (фракция 0.1-0.05 мм) меловых песчаников долины р. Вилюй в нижнем течении

Минералы	Номера проб, содержание минералов (%)
	051_0-70
	легкая фракция (удельный вес < 2.9)
Кварц	44.5
Полевые шпаты	15.4
Биотит	1.0
Обл. породы	
Агрегаты глинистые	38.0
Новообразование:	
Гидроокислы железа	
	тяжелая фракция (удельный вес > 2.9
Ильменит	
Эпидот	
Пироксены мон.	
Амфиболы	
Гранат	1.0
Турмалин	
Сфен	
Дистен	
Ставролит	
Подсчитано зерен:	292
Выход тяжелой фракции	
Коэффициент Км	2.9
Угольки (частиц)	8

Примечание. В пробе 051/0-70 – агрегаты глинистые, белесого цвета с гидроокислами железа, хрупкие, мягкие.

 $Oбщие \ coкращения \ ко \ всем \ mаблицам. + -$ единичные зерна или частицы угольков; Км - коэффициент мономинеральности

приложение д

Таблица Д. Реестр исследованных современных аллювиальных и эоловых отложений в долине среднего течения р. Лены и р. Вилюй

№ Точки	Координаты (с.ш.; в. д.)	Характеристика
	Современные а.	ллювиальные отложения
Долина р. Ві	илюй	
355_0	63°46′ 13″, 121°18′ 30″	Песчаная коса, р. Вилюй
356_0	63°46′ 13″, 121°32′22″	Песчаная коса, устье р. Тюнг
212	63° 54′ 21″, 122° 32′ 19″	Песчаный пляж низкой поймы р. Вилюй
213	63° 54′ 22″, 122° 32′ 16″	Песчаный пляж низкой поймы р. Вилюй
214	63° 54′ 24″, 122° 32′ 14″	Песчаный пляж низкой поймы р. Вилюй
282	63° 55′ 02″, 123° 14′ 01″	Песчаный пляж низкой поймы р. Вилюй
284	63° 54′ 27″, 123° 07′ 32″	Песчаная коса, р. Вилюй
285	63° 54′ 01″,123° 06′ 22″	Песчаная коса, р. Вилюй
286	63° 56′ 44″, 122° 52′ 24″°	Песчаная коса, р. Вилюй
395	64° 03′ 34″, 123° 52′ 11″	Песчаная коса, р. Вилюй
397	64° 02′ 20″, 124° 09′ 52″	Песчаная коса, р. Вилюй
367_0-1	63° 51′ 49″, 121° 51′ 54″	Русловые отложения, Песчаная коса, р. Вилюй
367-0-2	63° 51′ 49″, 121° 51′ 54″	Русловые отложения, Песчаная коса, р. Вилюй
382-3_0	63° 55′ 38″, 123° 14′ 16″	Русловой аллювий, р. Вилюй
398-1	63° 54′ 30″, 125° 03′ 39″	Песчаная коса, р. Вилюй
398-2	63° 54′ 30″, 125° 03′ 39″	Песчаная коса, р. Вилюй
405	63° 57′ 26″, 125° 58′ 12″	Песчаная коса, р. Вилюй
398_0-3	63° 54′ 30″, 125° 03′ 39″	Дюны на поверхности песчаной косы
401_0	63° 54′ 41″, 125° 04′ 02″	Дюны на поверхности песчаной косы
Долина р. Ло	ены в среднем течении	
400	61° 14′ 32″, 128° 37′ 58″	Песчаный пляж низкой поймы
399	61° 14′ 19″, 128° 37′ 37″	Песчаный пляж низкой поймы
398	61° 14′ 10″, 128° 37′ 17″	Песчаный пляж низкой поймы
401	61° 14′ 39″, 128° 38′ 17″	Песчаный пляж низкой поймы
409	63° 30′ 13″, 128° 25′ 54″	Песчаная коса
410_0-1	63° 20′ 11″, 129° 35′ 15″	Дюны на поверхности песчаной косы
410_0-2	63° 20′ 11″, 129° 35′ 15″	Дюны на поверхности песчаной косы
	Современны	е эоловые отложения
Юго-восточ	ная часть тукулана Махатта	, долина р. Вилюй в нижнем течении
362_0	63° 53′ 39″, 122° 08′ 57″	Дюнная поверхность без растительного покрова
029	63°55′06.6″, 122°31′04.2″	Дюнная поверхность с растительным покровом
039	63°55′00.2″, 122°31′12.4″	Дюнная поверхность с растительным покровом
226_0	63° 55′ 36″, 122° 30′ 17″	Наветренный склон дюны
228_0	63° 55′ 41″, 122° 29′ 51″	Наветренный склон дюны
230_0	63° 55′ 46″, 122° 29′ 48″	Наветренный склон дюны
231_0	63° 55′ 46″, 122° 29′ 41″	Наветренный склон дюны
234_0	63° 55′ 46″, 122° 29′ 39″	Наветренный склон дюны
241_0	63° 56′ 05″, 122° 30′ 14″	Наветренный склон дюны
243_0	63° 56′ 07″, 122° 30′ 12″	Наветренный склон дюны
246_0	63° 56′ 08″, 122° 30′ 46″	Наветренный склон дюны
248_0	63° 56′ 05″, 122° 29′ 54″	Наветренный склон дюны
250_0	63° 56′ 12″, 122° 29′ 27″	Наветренный склон дюны
253_0	63° 56′ 15″, 122° 29′ 30″	Наветренный склон дюны
255_0	63° 56′ 21″, 122° 29′ 08″	Наветренный склон дюны
369_0-2	63° 55′ 35″, 122° 30′ 57″	Наветренный склон дюны
023_0	63°55′08.1′′, 122°31′02.6′′	Наветренный склон дюны

Таблица Д. (продолжение)

240.0	(20.561.05#, 1220.201.15#	
240_0	63° 56′ 05″, 122° 30′ 15″	Подветренный склон дюны
242_0	63° 56′ 06″, 122° 30′ 12″	Подветренный склон дюны
245_0	63° 56′ 07″, 122° 30′ 06″	Подветренный склон дюны
247_0	63° 56′ 06″,122° 29′ 55″	Подветренный склон дюны
249_0	63° 56′ 12″,122° 29′ 29″	Подветренный склон дюны
252_0	63° 56′ 15″, 122° 29′ 30″	Подветренный склон дюны
254_0	63° 56′ 21″, 122° 29′ 08″	Подветренный склон дюны
364_0	63° 53′ 38″, 122° 08′ 55″	Подветренный склон дюны
369_0-1	63° 55′ 35″, 122° 30′ 57″	Подветренный склон дюны
218_0	63° 55′ 25″, 122° 31′ 30″	Котловина выдувания с гравием
224_0	63° 55′ 32″, 122° 30′ 34″	Котловина выдувания с гравием
239 _0	63° 55′ 55″,122° 30′ 48″	Котловина выдувания с гравием
244 _0	63° 56′ 05″,122° 30′ 16″	Котловина выдувания с гравием
050_0	63°54′56.3′′, 122°31′59.5′′	Котловина выдувания
298_0	63° 58′ 56″, 122° 30′ 10″	Котловина выдувания
044_0	63°55′00.8′′, 122°31′24.7′′	Биогенно-эоловый бугор мелкий
202-1_0	63° 55′ 02″, 122° 31′ 13″	Биогенно-эоловый бугор крупный
202-2 _0	63° 55′ 02″,122° 31′ 13″	Биогенно-эоловый бугор крупный
236 _0	63° 55′ 49″, 122° 32′ 23″	Биогенно-эоловый бугор крупный
237_0	63° 55′ 54″, 122° 30′ 58″	Биогенно-эоловый бугор крупный
238 _0	63° 55′ 56″, 122° 30′ 55″	Биогенно-эоловый бугор крупный
251_0	63° 56′ 11″, 122° 29′ 27″	Биогенно-эоловый бугор мелкий
Тукулан Кы	сыл-Сыр, долина р. Вилюй	
269_0	63° 54′ 42″, 123° 13′ 50″	Наветренный склон дюны
452_0	63° 55′ 17″, 123° 14′ 27″	Наветренный склон дюны
453_0	63° 55′ 17″,123° 14′ 28″	Наветренный склон дюны
454_0	63° 55′ 17″, 123° 14′ 29″	Наветренный склон дюны
455_0	63° 55′ 17″, 123° 14′ 30″	Наветренный склон дюны
456_0	63° 55′ 17″,123° 14′ 31″	Наветренный склон дюны
457_0	63° 55′ 17″, 123° 14′ 32″	Наветренный склон дюны
458 0	63° 55′ 17″, 123° 14′ 27″	Наветренный склон дюны
459 0	63° 55′ 17″, 123° 14′ 26″	Наветренный склон дюны
460_0	63° 55′ 17″, 123° 14′ 25″	Наветренный склон дюны
461_0	63° 55′ 17″,123° 14′ 24″	Наветренный склон дюны
462_0	63° 55′ 17″,123° 14′ 23″	Наветренный склон дюны
463_0	63° 55′ 18″, 123° 14′ 22″	Наветренный склон дюны
464_0	63° 55′ 18″, 123° 14′ 20″	Наветренный склон дюны
465_0	63° 55′ 16″, 123° 14′ 16″	Наветренный склон дюны
466_0	63° 55′ 16″, 123° 14′ 15″	Наветренный склон дюны
467_0	63° 55′ 16″, 123° 14′ 15″	Наветренный склон дюны
468_0	63° 55′ 16, 123° 14′ 14″	Наветренный склон дюны
268_0	63° 54′ 40″, 123° 13′ 47″	Подветренный склон дюны
382-1_0	63° 55′ 38″, 123° 14′ 16″	Подветренный склон дюны
385_0	63° 55′ 37″, 123° 14′ 17″	Подветренный склон дюны
390_0	63° 55′ 33″, 123° 14′ 17″	Подветренный склон дюны
475_0	63° 55′ 25″, 123° 14′ 46″	Подветренный склон дюны
481_0	63° 53′ 38″, 123° 19′ 48″	Подветренный склон дюны
482_0	63° 53′ 39″, 123° 19′ 48″	Подветренный склон дюны
482_0	63° 53′ 40″, 123° 19′ 48″	Подветренный склон дюны
484_0	63° 53′ 40″, 123° 19′ 47″	Подветренный склон дюны
486_0	63° 53′ 39″, 123° 19′ 50″	Подветренный склон дюны
265_0	63° 54′ 36″, 123° 13′ 41″	Котловина выдувания
272_0	63° 54′ 46″, 123° 13′ 51″	Котловина выдувания Котловина выдувания
212_0	105 57 70 ,125 15 51	котпорина выдувания

Таблица Д. (продолжение)

279 0	63° 54′ 53″, 123° 13′ 59″	Котловина выдувания
266 0	63° 54′ 37″, 123° 13′ 39″	Котловина выдувания
	i	-
270_0	63° 54′ 42″,123° 13′ 46″	Котловина выдувания
274_0	63° 54′ 47″, 123° 13′ 51″	Котловина выдувания
277_0	63° 54′ 50″, 123° 13′ 56″	Котловина выдувания
280_0	63° 54′ 55″, 123° 13′ 60″	Котловина выдувания
271_0	63° 54′ 45″, 123° 13′ 50″	Котловина выдувания с растительным покровом
264_0	63° 54′ 35″, 123° 13′ 40″	Биогенно-эоловая форма
267_0	63° 54′ 38″, 123° 13′ 44″	Биогенно-эоловая форма
273_0	63° 54′ 47″, 123° 13′ 52″	Биогенно-эоловая форма
275_0	63° 54′ 48″,123° 13′ 54″	Биогенно-эоловая форма
276_0	63° 54′ 49″, 123° 13′ 55″	Биогенно-эоловая форма
278_0	63° 54′ 52″, 123° 13′ 57″	Биогенно-эоловая форма
281_0	63° 54′ 55″, 123° 14′ 00″	Биогенно-эоловая форма
Тукулан Кыс	сыл-Элэсин, долина среднего те	чения р. Лены
396b	61°14′07.9″, 128°37′24.9″	Наветренный склон дюны
394b	61°14′21.4″, 128°37′56.3″	Наветренный склон дюны
392b	61°14′28.7″, 128°38′09.6″	Наветренный склон дюны
392a	61°14′28.7″, 128°38′09.6″	Подветренный склон дюны
396a	61°14′07.9″, 128°37′24.9″	Подветренный склон дюны
394a	61°14′21.4″, 128°37′56.3″	Подветренный склон дюны
Тукулан Саа	мыс-Кумага, долина среднего т	печения р. Лены
369-370_0	61°12′35.1″, 128°03′58.6″	Биогенно-эоловая форма
376 0	61°12′35.6″, 128°04′15.3″	Биогенно-эоловая форма
371 0	61°12′34.6″, 128°00′00.7″	Биогенно-эоловая форма
380 0	61°12′35.4″, 128°04′29.9″	Биогенно-эоловая форма
372 0	61°12′32.7″, 128°04′01.7″	Подветренный склон дюны
383_0	61°12′42.8″, 128°04′08.1″	Подветренный склон дюны
340-341 0	61°12′41.4″, 128°05′33.2″	Наветренный склон дюны
384 0	61°12′42.5″, 128°04′07.4″	Наветренный склон дюны
373_0	61°12′35.2″, 128°04′00.4″	Наветренный склон дюны
367 0	61°12′37.2″, 128°03′30.4″	Котловина выдувания
375 0	61°12′33.8″, 128°04′04.9″	Котловина выдувания
381 0	61°12′38.8″, 128°04′30.9″	Котловина выдувания
368 0	61°12′35.0″, 128°03′54.4″	Котловина выдувания
379_0	61°12′35.9″, 128°04′19.2″	Котловина выдувания
319_0	01 12 33.9 , 120 04 19.2	когловина выдувания