

УДК 56.074.6

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПАЛЕОПОЧВ ВРЕМЕНИ МИС 3 КОЛЫМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ ПО ДАННЫМ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО И ФИТОЛИТНОГО МЕТОДОВ

© 2020 г. Д. А. Лопатина^{1, *}, О. Г. Занина²

¹Геологический институт РАН, Москва, Россия

²Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (ИФХиБПП РАН),
Пушино, Московская обл., Россия

*e-mail: dalopat@mail.ru

Поступила в редакцию 25.05.2018 г.

После доработки 22.10.2018 г.

Принята к публикации 28.03.2019 г.

Приводятся результаты изучения строения погребенных почв морской изотопной стадии (МИС) 3 Колымской низменности и анализа микрофитофоссилий из этих почв. Данные спорово-пыльцевого и фитолитного анализа подтверждают сходство природных условий формирования погребенных почв, тундровый облик реконструируемых ландшафтов при прогрессивном снижении теплообеспеченности и увлажнения в течение интервала МИС 3.

Ключевые слова: погребенные почвы, Колымская низменность, палиноморфы, фитолиды

DOI: 10.31857/S0869592X20030060

ВВЕДЕНИЕ

Мощные толщи отложений, относимых к морской изотопной стадии (МИС) 3 и МИС 2, приморских низменностей севера Якутии представлены преимущественно синлитогенными почвами или криопедолитами – монотонными отложениями пылеватого или песчано-пылеватого состава с микрошлировой криотекстурой и включением нижних частей корневых систем травянистых растений, находящихся в прижизненном состоянии. Формирование криопедолитов, занимающих промежуточное положение между погребенными почвами и осадками, происходит при постоянном поступлении осадка, но при этом интенсивность почвообразовательного процесса и время экспонирования вновь поступающего наноса на поверхность или в деятельный слой недостаточны для формирования генетических горизонтов (Губин, 1994, 1996, 2002). Одним из ведущих диагностических признаков отложений интервала МИС 3 является присутствие в толщах криопедолитов погребенных почв с хорошо развитыми и дифференцированными на генетические горизонты профилями. Их присутствие свидетельствует о периодическом ослаблении или прекращении поступления на поверхность минерального осадка и изменении климатической обстановки. Погребенные почвы низовьев р. Колыма – надежные палеогеографические и стратиграфические маркеры,

позволяющие использовать их при проведении геологической съемки четвертичных отложений региона и реконструкции развития природной среды в плейстоцене.

В наиболее полных верхнеплейстоценовых разрезах Колымской низменности присутствуют профили четырех погребенных почв, нижняя из которых отнесена к раннекаргинскому педокомплексу (40 тыс. лет назад и более), а три расположенных выше погребенных почвы (ПП) – к позднекаргинскому (I ПП – 37–35 тыс. лет назад, II ПП – 33–31 тыс. лет назад и III ПП около 28 тыс. лет назад). Почвы раннекаргинского педокомплекса в этой работе не рассматриваются. В периоды образования почв позднекаргинского педокомплекса поступление минерального осадка было незначительным. Они формировались в условиях прогрессивного снижения теплообеспеченности и увлажнения, что определило их невысокое морфологическое разнообразие, особенно на заключительном этапе МИС 3 (Губин, 1996; Губин, Занина, 2013, 2014; Занина, 2006).

В настоящей статье приведены результаты изучения строения погребенных почв обнажений Дуванный Яр и Станчиковский Яр Колымской низменности и анализа микрофитофоссилий из этих почв (рис. 1). Дуванный Яр, опорный разрез верхнеплейстоценовых отложений Колымской низменности, расположен на правом берегу

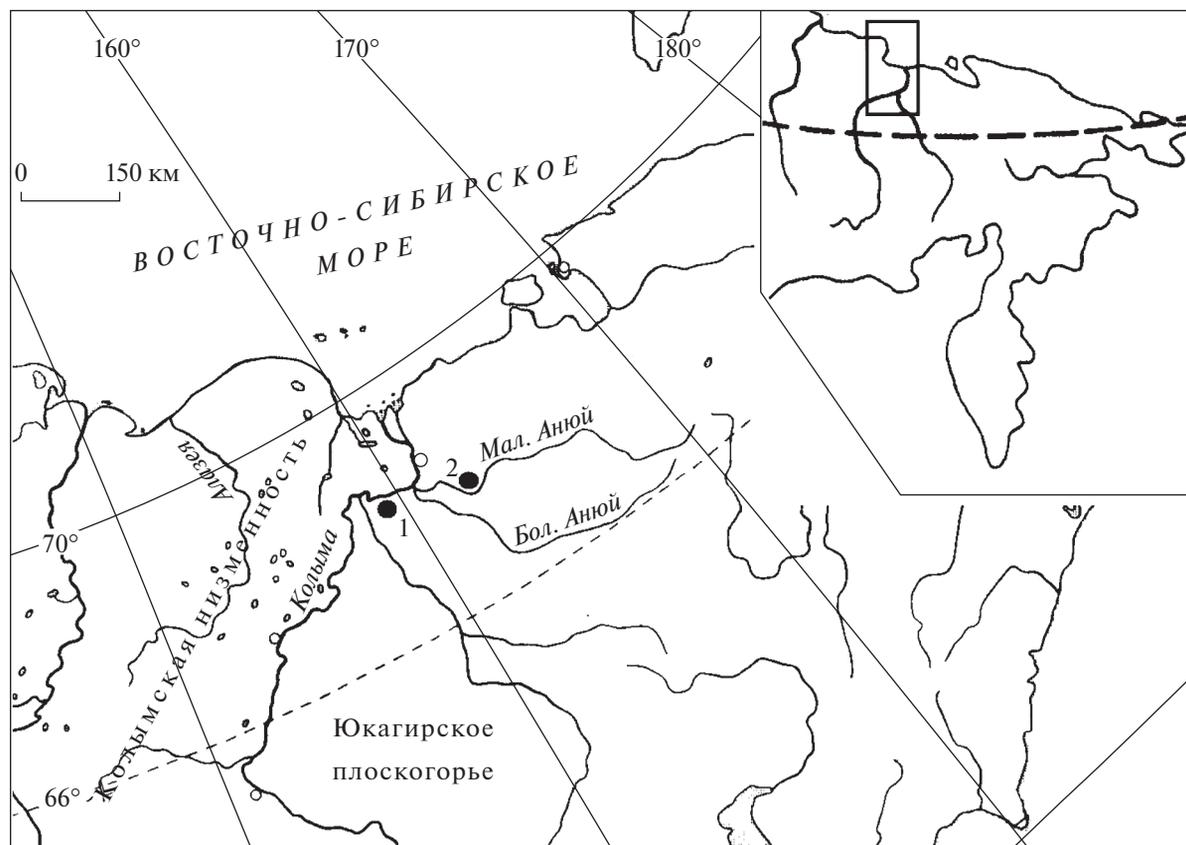


Рис. 1. Расположение изученных разрезов на Колымской низменности. 1 – Дуванный Яр, 2 – Станчиковский Яр.

р. Колыма в ее нижнем течении. Протяженность обнажения около 8 км, высота над урезом воды р. Колыма – 50 м (Каплина и др., 1978; Губин, 1984; Zanina et al., 2011; Murton et al., 2015). В разрезе Дуванный Яр установлено присутствие профилей четырех погребенных почв. Разрез Станчиковский Яр расположен по правому берегу р. М. Анюй, в 2 км ниже пос. Анюйск и представляет собой срезанной рекой останец едомы¹. Протяженность обнажения составляет 250 м, высота около 50 м (Каплина и др., 1980). В данном разрезе определены три профиля погребенных почв (Губин, Занина, 2013).

Палинологическая характеристика и определения фитолитов из указанных разрезов погребенных почв кратко приведены в более ранних публикациях авторов (Занина и др., 2005; Zanina et al., 2011; Занина, Лопатина, 2013; Лопатина, Занина, 2015). Цель настоящей работы – детальное изучение комплексов микрофитофоссилий (спор, пыльцы и фитолитов) из разрезов погребенных

почв и криопедолитов и реконструкция на их основе особенностей растительного покрова, ландшафтов и климата времени их формирования.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По методике мацерации образца породы и размеру исследуемых микрофитофоссилий палинологический и фитолитный анализ сходны. Обработку образцов проводили с использованием сепарационного метода В.П. Гричука, применяемого во многих палинологических лабораториях (Пыльцевой..., 1950; Палеопалинология, 1966). Снимки фитолитов выполнены на электронном микроскопе Vega 3 LSU в Центре коллективного пользования Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (Пушино).

Кратко остановимся на методике фитолитного анализа, впервые применяемого для верхнеплейстоценовых отложений рассматриваемого региона. Фитолиты формируются в межклеточных пространствах, внутри клеток или на поверхности листьев при накоплении растениями кремнезема. Они обладают специфической морфологией, что позволяет использовать их при реконструкции растительности. По индикационной информа-

¹ Едома (едомная возвышенность) – положительная форма рельефа арктических и субарктических равнин Восточной Сибири, представляющая собой возвышенности, окруженные речными долинами или озерными котловинами.

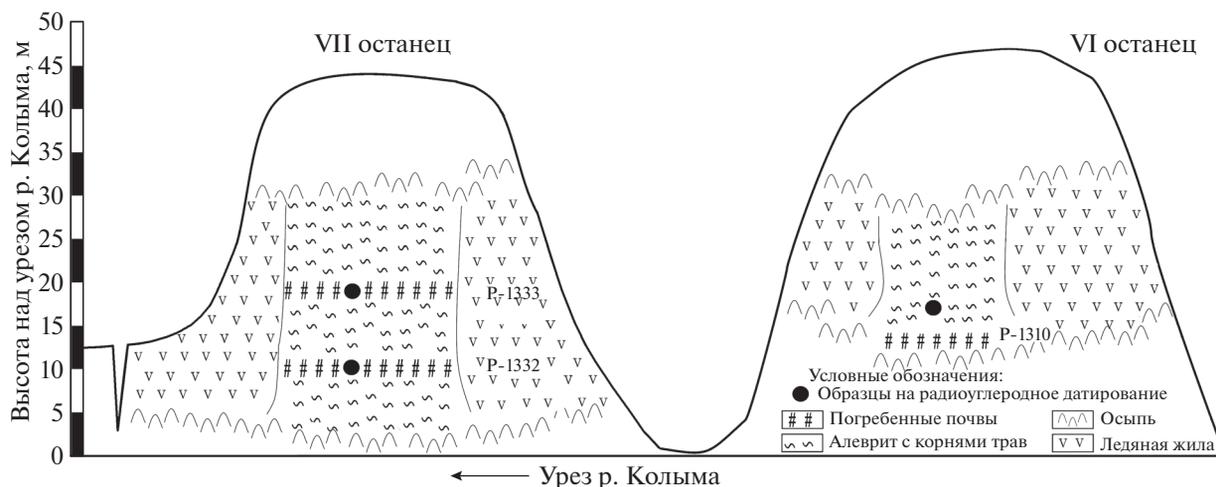


Рис. 2. Схема палеопедологического строения VII и VI останцев разреза Дуванный Яр.

тивности они делятся на две группы. Фитолиты первой группы (ряд двудольных трав и широколиственных деревьев) не обладают характерной морфологией и неустойчивы к выветриванию. Фитолиты второй группы, к которой, в частности, относятся хвойные, злаки, осоки, мхи, хвощи, четко выражены, хорошо диагностируются и устойчивы. Таким образом, данный анализ позволяет определять не все произраставшие на территории растения, а только те из них, которые образуют эти специфические формы. Определения таксонов до уровня семейства или рода при фитолитном анализе не всегда возможно, этот метод позволяет выделять достаточно информативные комплексы, характеризующие тот или иной фитоценоз. Устойчивость фитолитов к разрушению в почве значительно выше по сравнению с палиноморфами, а горизонтальная миграционная способность ниже, поскольку растительный опад более локализован по сравнению со спорами и пылью. Таким образом, фитолиты могут использоваться для характеристики локальной растительности и подтверждения участия тех или иных таксонов в ее составе, зафиксированных палинологическим методом. Оба метода дополняют друг друга и их рационально применять одновременно (Гольева, 1995; Гольева, Александровский, 1999).

Специфика палеопедологического анализа толщ ледового комплекса в зоне распространения многолетнемерзлых отложений заключается в том, что материал, промерзший в ходе их накопления, впоследствии не оттаивал. Одним из важнейших вопросов при изучении погребенных почв является учет их диагенетических изменений после погребения, а в случае нахождения в мерзлотной зоне — в процессе их перехода в многолетнемерзлое состояние. Образующиеся при этом большие

объемы текстурного льда в профилях приводят к искажению первоначальных мощностей горизонтов, изменению соотношения их мощностей, нарушению исходной структурной и микроструктурной организации почвенного материала. В случае протаивания, изменение структурной организации фиксируется в толщах изменением их криолитологического строения, перестройкой системы как повторно-жильных, так и текстурообразующих льдов и может быть диагностировано. В связи с этим описания профилей погребенных палеопочв совмещены с анализом криолитологического строения этих почв и вмещающих их отложений. Названия горизонтов даны по работе «Классификация и диагностика почв России» (2004). По международной классификации (World Reference Base for Soil Resources, 2015) все исследованные почвы относят к Cryosol. Криопедолиты, перекрывающие погребенные почвы, обозначены индексом AC_1 , а подстилающие криопедолиты — индексом AC_2 .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первый рассматриваемый профиль погребенных почв (I ПП) P-1332 изучен на VII останце разреза Дуванный Яр (рис. 2). Данная почва установлена на высоте 8–15 м от уреза воды р. Колыма и сформирована на материале серого слоистого опесчаненного криопедолита с мелкими корнями трав. Она также прослеживается на VI и V останцах рассматриваемого разреза и имеет датировки 35100 ± 100 (ГИН 3865), 37900 ± 1000 (ГИН 4015), 38000 ± 500 лет (ГИН 3864) (Губин, Занина, 2013). Почва профиля P-1332 имеет следующее строение (сверху вниз, рис. 3).

T — темно-серый, сильно оторфованный пылеватый суглинок с микрошлировой криотекстурой, с включениями полуразложившихся травя-

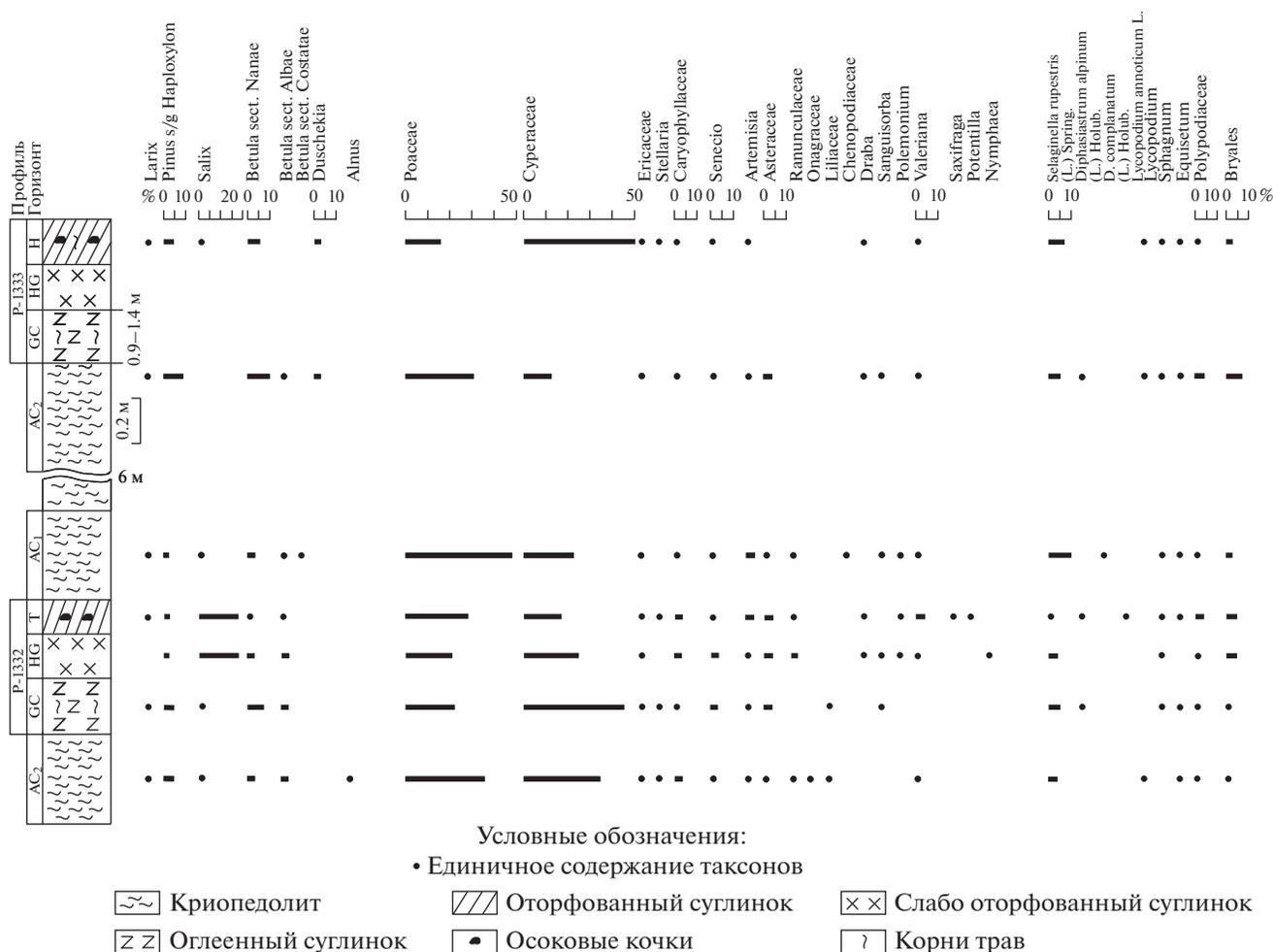


Рис. 3. Содержание спор и пыльцы в профилях погребенных почв P-1332 и P-1333 разреза Дуванный Яр.

нистых и мелких древесных остатков. Отмечены осоковые кочки шириной 15–20 см, сложенные темным органическим материалом и встречающиеся ритмично через 0.8–1 м. Переход ясный. Мощность 0.15 м.

HG – серовато-коричневый с оливковыми пятнами, пылеватый, слегка оторфованный суглинок с полуразложившимися остатками мелких веточек. Криотекстура микрошлировая. Переход заметный. Мощность 0.2 м.

GC – серовато-оливковый, пылеватый, льдистый суглинок с охристыми примазками, с тонкошлировой криотекстурой. Отмечены единичные тонкие корни трав. Переход заметный по окраске в подстилающей прослой заиленной серовато-желтой супеси. Мощность 0.25 м.

В спорово-пыльцевых спектрах из криопедолитов, подстилающих и перекрывающих почвенный профиль P-1332, доминантом является пыльца трав и кустарничков, среди которой преобладают Poaceae и Cyperaceae. Пыльца второстепенных таксонов этой группы (Ericaceae, Caryophyllaceae, Ranuncula-

ceae, Asteraceae и др.), обладающих различными экологическими требованиями, разнообразна по составу, но представлена единичными зёрнами. Содержание пыльцы деревьев и кустарников и спор незначительно. В палиноспектрах из почвенных горизонтов по сравнению с таковыми из криопедолитов увеличивается содержание пыльцы деревьев и кустарников. В оторфованных горизонтах T и HG определена пыльца Salix (до 18%). В палиноспектре из горизонта GC заметно содержание Betula sect. Nanae (7.5%), а также определено максимальное количество пыльцы Cyperaceae для данного профиля. В группе трав и кустарничков, в которых, как и в криопедолитах, преобладают Poaceae и Cyperaceae, более разнообразно представлены второстепенные таксоны трав, определены не встреченные в криопедолитах Draba, Saxifraga, Potentilla, Chenopodiaceae, Liliaceae. Споры в палиноспектрах из почв единичны (рис. 3).

Содержание фитоцитов в рассматриваемом профиле погребенных почв невелико, и разнообразие их морфологических форм низкое. Наибольшее

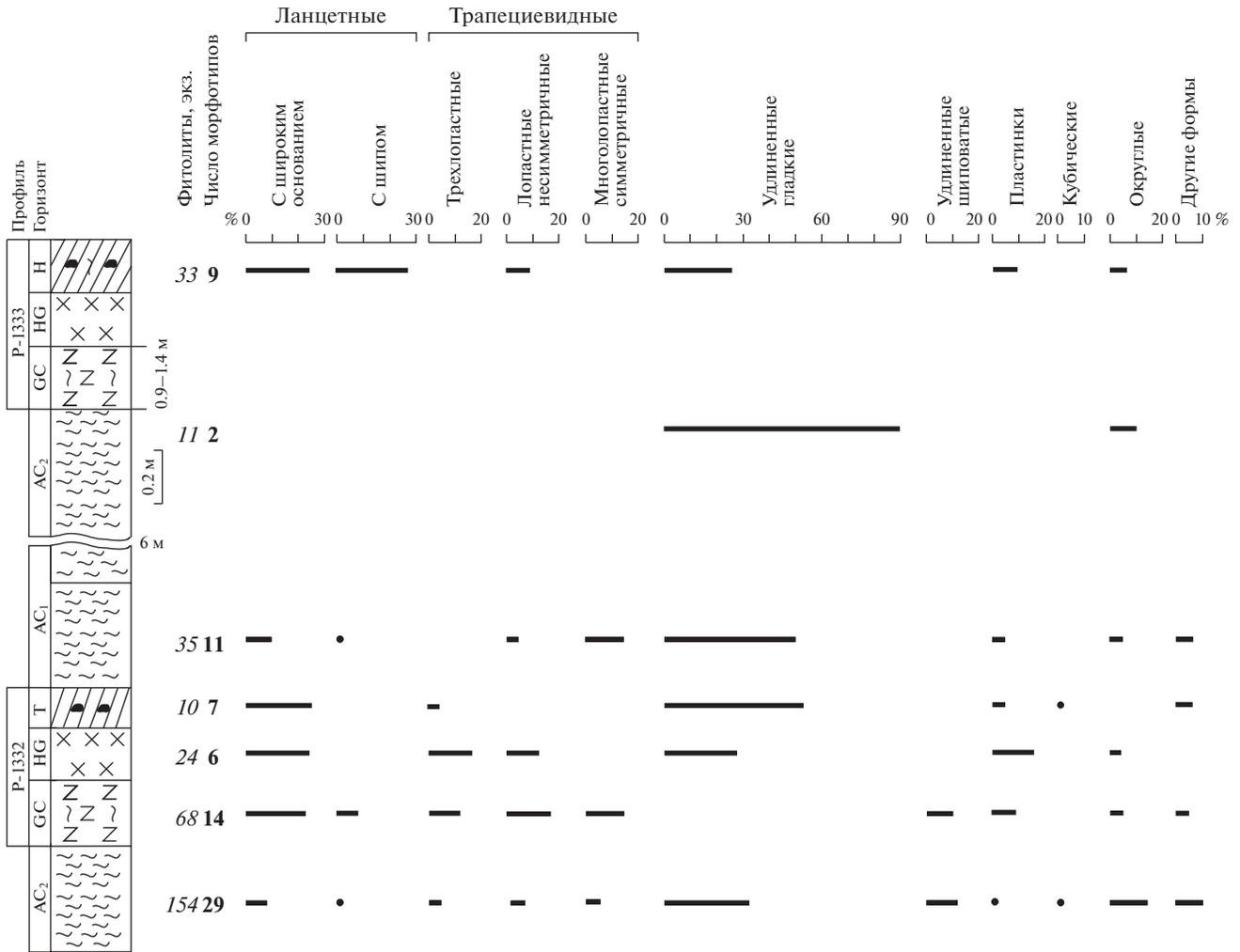


Рис. 4. Содержание фитоцитов в профилях погребенных почв P-1332 и P-1333 разреза Дуваный Яр. Условные обозначения см. на рис. 3.

количество фитоцитов отмечено в горизонте GC. Преобладают ланцетные и разнообразные трапециевидные формы (трехлопастные, лопастные несимметричные, многолопастные симметричные), принадлежащие осокам и злакам, характерным для влажных местообитаний. Значительно содержание удлиненных гладких фитоцитов цилиндрической формы, образующихся в столбчатой (палисадной) паренхиме листьев двудольных трав. В пробе из подстилающего почвенный профиль криопедолита AC₂ отмечено максимальное для данного разреза содержание фитоцитов с разнообразием морфотипов, тогда как в пробе из криопедолита AC₁, перекрывающего погребенные почвы, их количество незначительно. Преобладают типичные для двудольных трав удлиненные гладкие формы. Фитоциты с широким основанием и лопастные здесь содержатся в меньшем количестве по сравнению с материалом погребенных почв. Следует отметить в горизонте AC₂ единичные находки кубиче-

ских форм с ямчатой поверхностью, характерных для хвойных; подобные формы отсутствуют в пробах из погребенных почв (рис. 4, табл. I).

Следующий рассматриваемый профиль погребенных почв (I ПП) P-1310 изучен на VI останце разреза Дуваный Яр. Он установлен на высоте 12 м над урезом воды р. Колыма в толще серого пылеватого криопедолита (рис. 2). Почва этого профиля менее оглеенная, чем профиля P-1332. Материал из органогенного горизонта здесь сильнее трансформирован и представляет смесь в разной степени разложившихся и измельченных растительных остатков с пылью, иногда с участием мелкого песка. Данная почва не была датирована. Кость, обнаруженная *in situ* в 1.6 м выше поверхности погребенной почвы в слое серовато-коричневого алеврита, имеет датировку >33200 лет (ГИН 2871) (Губин, Занина, 2013).

Н – сизовато-серый, с мелкими охристыми пятнами, легкий суглинок. Насыщен хорошо раз-

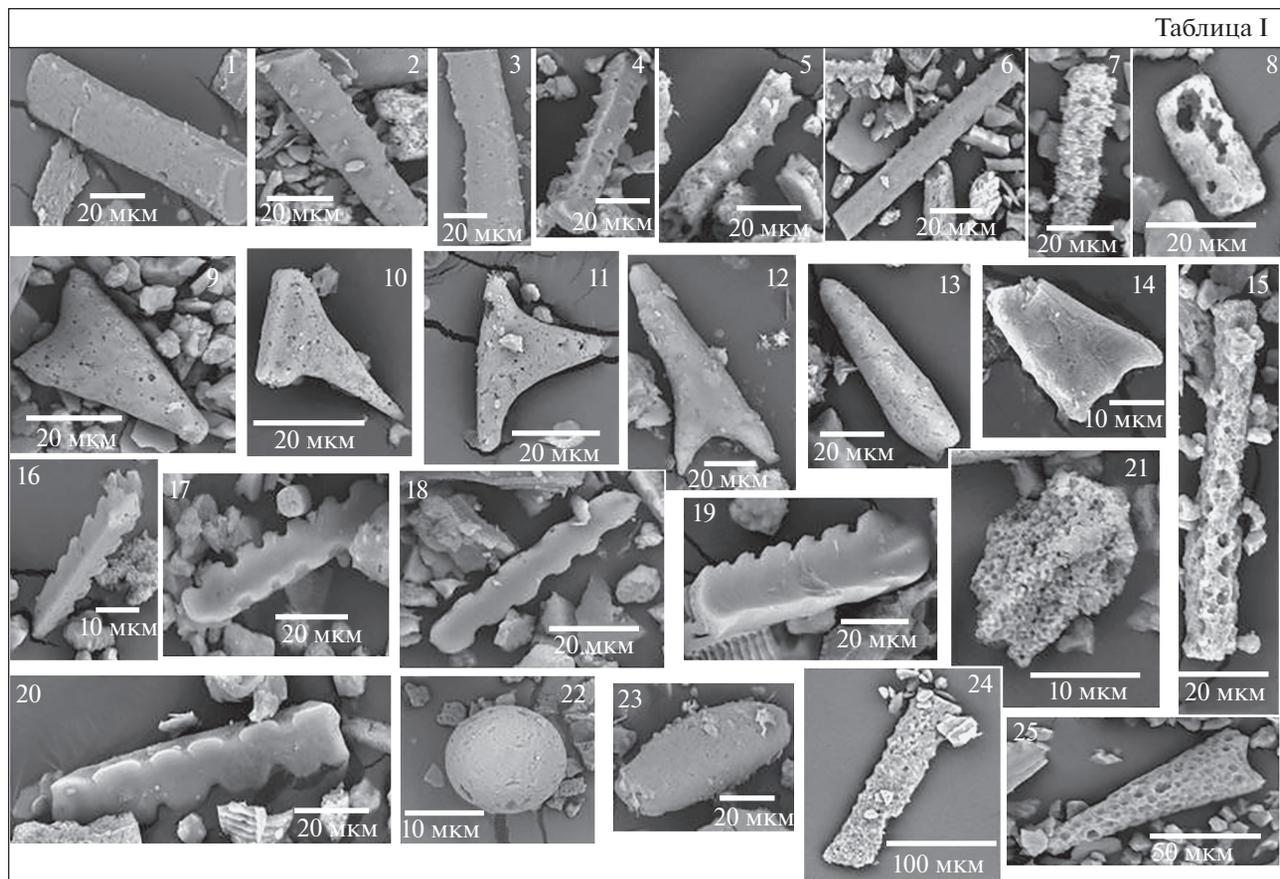


Таблица I. Формы фитолитов из разреза позднеплейстоценовых погребенных почв разреза Дуванный Яр Колымской низменности. Все экземпляры происходят из образца 1332 [Н].

1 – удлиненная цилиндрическая форма с ровной поверхностью; 2–6 – удлиненные иглистые формы; 7, 21 – сильно корродированные неопределимые формы; 8, 15, 24 – сильно корродированные удлиненные цилиндрические формы; 9–14 – ланцетные формы; 16–20 – трапециевидные лопастные формы; 22 – шарообразная гладкая форма; 23 – овальная форма; 25 – сильно корродированная ланцетная форма.

ложившимся торфянистым материалом и остатками корней трав длиной 10–14 см. Отмечены вытянутые, темные, насыщенные органическим материалом зоны шириной 15–25 см, представляющие собой материал хорошо разложившихся осоковых кочек. Криотекстура микрошлировая. Переход постепенный по окраске и льдистости. Мощность 0.2 м.

НГ – серый, с редкими мелкими охристыми пятнами, легкий, слегка оторфованный суглинок. Отмечено обилие тонких корней трав длиной 3–4 см. Криотекстура микрошлировая. Переход к следующему слою постепенный по степени оторфованности, содержанию корней и окраске. Мощность 0.3 м.

ГС – сизовато-серый легкий суглинок с редкими охристыми пятнами. Постепенно с глубиной нарастает интенсивность сизого оттенка, снижается содержание корней, резко возрастает льдистость горизонта. Криотекстура среднешлировая. Переход заметный. Мощность 1 м.

Палиноморфы из почв этого профиля и из подстилающих и перекрывающих его криопедолитов близки по составу. Для них характерно преобладание Сурегасеае, субдоминантами являются Роасеае, отмечены единичные зерна пыльцы других семейств травянистых растений. Пыльца деревьев и кустарников и споры занимают в палиноспектрах подчиненное положение (рис. 5). Фитолиты из этого профиля не изучались.

Профиль Р-1333 второй погребенной почвы (II ПП) установлен выше профиля Р-1332, на высоте 18–20 м над урезом воды р. Колыма (рис. 2). Почва датируется $31\,100 \pm 900$ лет (ГИН 8016) (Губин, Занина, 2013) и имеет следующее строение.

Н – коричневатато-серый, сильно оторфованный, пылеватый суглинок с микрошлировой криотекстурой. Органические остатки хорошо разложены, содержат мелкие тонкие корни. Встречаются темные кочки органического материала через 1.2–1.5 м, уходящие в глубину профиля до 20–30 см. Переход к следующему слою постепенный. Мощность

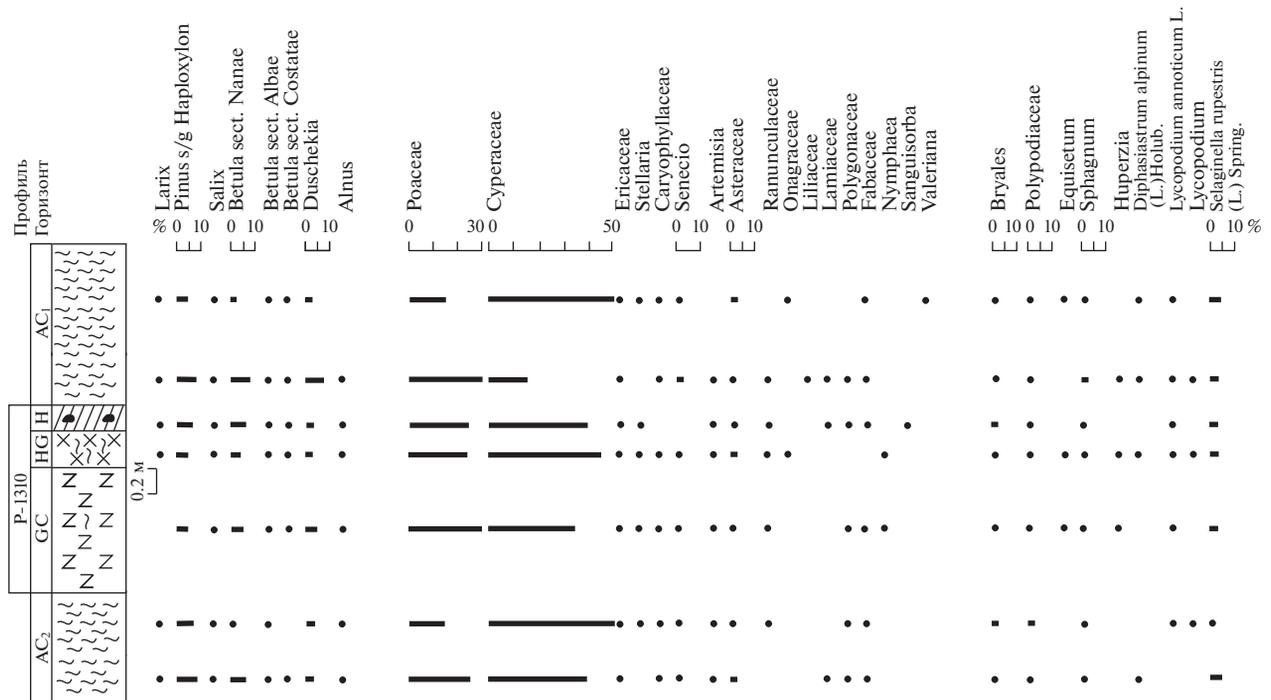


Рис. 5. Содержание спор и пыльцы в профиле погребенной почвы P-1310 разреза Дуванный Яр. Условные обозначения см. на рис. 3.

0.2 м. Образцы на палинологический и фитоли-
тый анализ отобраны только из этого горизонта.

HG – сизовато-серый, оторфованный, пыле-
ватый суглинок с обилием мелких корней трав.
Криотекстура тонкошлировая. Органический ма-
териал сильно разложен. В темных ядрах погребен-
ных кочек диагностируются остатки осок и
мхов. Переход заметный. Мощность 0.2 м.

GC – серовато-оливковый пылеватый сугли-
нок с единичными тонкими корнями трав. Крио-
текстура среднешлировая, с глубиной льдистость
и толщина шлиров резко возрастают, появляются
толстошлировые криотекстуры. Переход ясный.
Мощность 0.9–1.4 м.

В палиноспектре из криопедолита, подстилаю-
щего погребенную почву профиля P-1333, около
половины всех палиноморф составляет пыльца
трав и кустарничков с доминированием Poaceae,
Cyperaceae; субдоминанты представлены в количе-
стве в два раза меньшем по сравнению с криопедо-
литами профиля P-1332. Особенностью данного па-
линоспектра является повышенное содержание
пыльцы деревьев и кустарничков за счет *Pinus s/g*
Narphoxylon и *Betula sect. Nanae*, а также спор, среди
которых преобладают Bryales и *Selaginella rupestris*
(L.) Spring. Палиноспектр из горизонта H резко
отличается от палиноспектра из горизонта крио-
педолитов доминированием пыльцы Cyperaceae
(50%) (рис. 3).

В материале из горизонта H содержание фитоли-
тов и количество морфотипов низкое. Преобладают
ланцетные формы, характерные для увлажненных
ландшафтов, и удлиненные гладкие. В пробе из
криопедолита AC₂, подстилающего профиль P-1333,
количество фитолинов незначительно и их разно-
образие низкое (рис. 4).

В обнажении Станчиковский Яр опробованы
два профиля погребенных почв (рис. 6). Нижняя
погребенная почва (I ПП) профиля P-08-03 сфор-
мирована на материале криопедолита буровато-се-
рого цвета со средним содержанием тонких корне-
вых остатков. Присутствие этой почвы отмечено во
всех вскрытых термоэрозией блоках на высоте около
24 м над урезом воды р. М. Анюй. Почва имеет дати-
ровки 37400 ± 1200 и 35200 ± 1100 лет (ГИН 12870) и
синхронна погребенной почве (I ПП) профиля
P-1332 обнажения Дуванный Яр (Губин, Занина,
2013). В ней установлено значительное содержа-
ние пылеватых минеральных примесей и присут-
ствие мелких веток кустарничков. Строение про-
филя следующее:

T – серый пылеватый оторфованный суглинок
с участием в разной степени разложившегося
опода кустарничков, трав и злаков. Неравномерно
окрашен из-за присутствия ядер темного орга-
ногенного материала, представляющего верхние
части осоковых кочек. Переход ясный. Мощ-
ность 0.3 м.

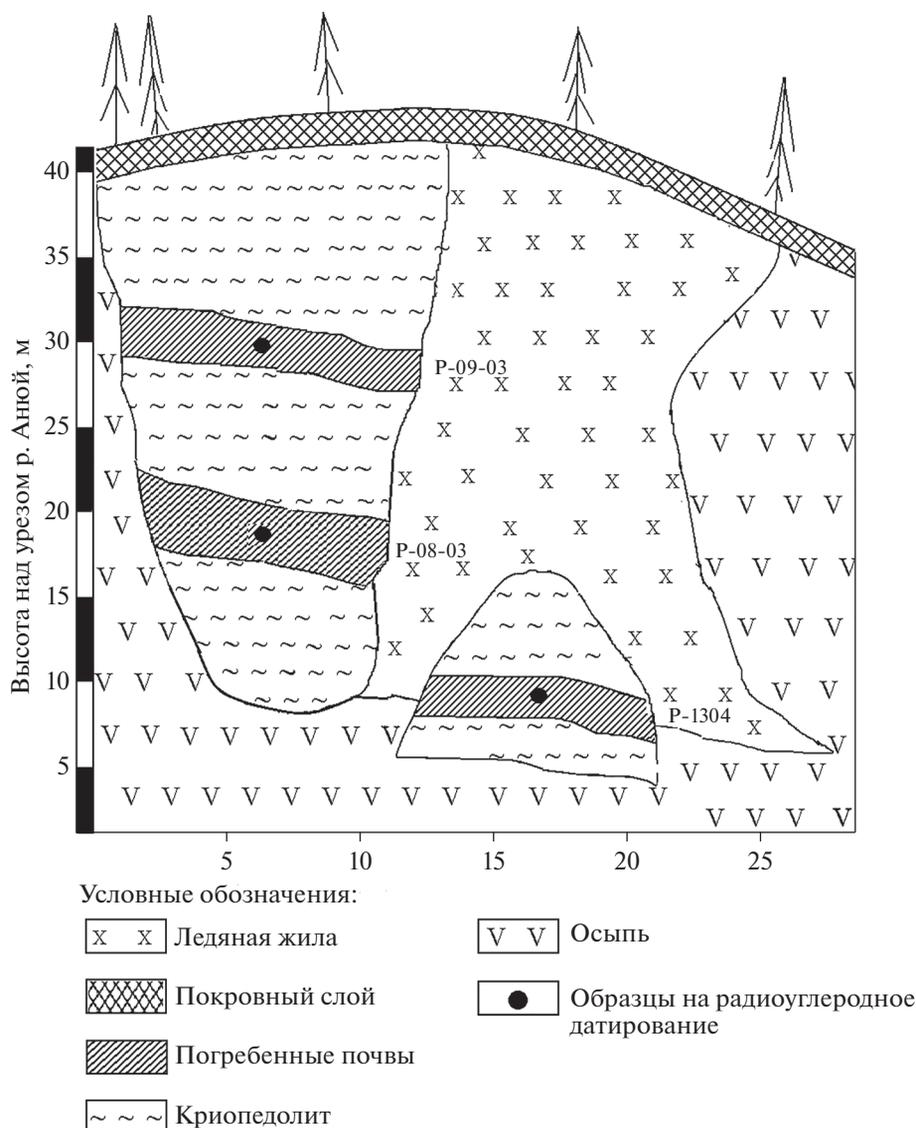


Рис. 6. Схема расположения профилей погребенных почв в разрезе Станчиковский Яр.

B@g – сизовато-серый суглинок с охристыми пятнами и включением отдельных пятен оторфованного материала с толстошлировой криотекстурой. Переход постепенный. Мощность 0.4 м.

GC – сизовато-серый суглинок с охристыми пятнами по граням отдельностей, образованных выделениями текстурного льда, и с толстошлировой криотекстурой. Переход постепенный. Мощность 0.4 м.

В палиноспектре из нижнего горизонта криопедолита преобладает пыльца трав и кустарничков (*Сурегасеа* и *Роасеа*), при этом очень скудно представлены другие таксоны трав. В количестве 33% отмечена пыльца деревьев и кустарничков с доминированием *Pinus s/g Naploxylon* и *Betula sect. Nanae*. Среди споровых, составляющих око-

ло четверти от всей суммы палиноморф, заметным содержанием характеризуются *Sphagnum* и *Lycorodium*. Палиноспектры из горизонтов погребенной почвы близки по таксономическому и количественному составу. Содержание спор, а также пыльцы деревьев и кустарничков здесь единично, за исключением нижнего горизонта GC, в котором отмечено 15% *Betula sect. Nanae*. В группе трав и кустарничков преобладает пыльца *Сурегасеа* и *Роасеа*. В отличие от подстилающего профиля криопедолита, в палиноспектрах погребенной почвы разнообразно представлена группа трав различной экологической приуроченности – *Valeriana*, *Potentilla*, *Polemonium*, *Phlox*, *Caryophyllaceae* (до 16%), *Asteraceae*, *Onagraceae*, *Brassicaceae*, *Ericaceae*, *Liliaceae*, *Chenopodiaceae*. Палиноспектр из перекрывающего погребенную почву криопе-

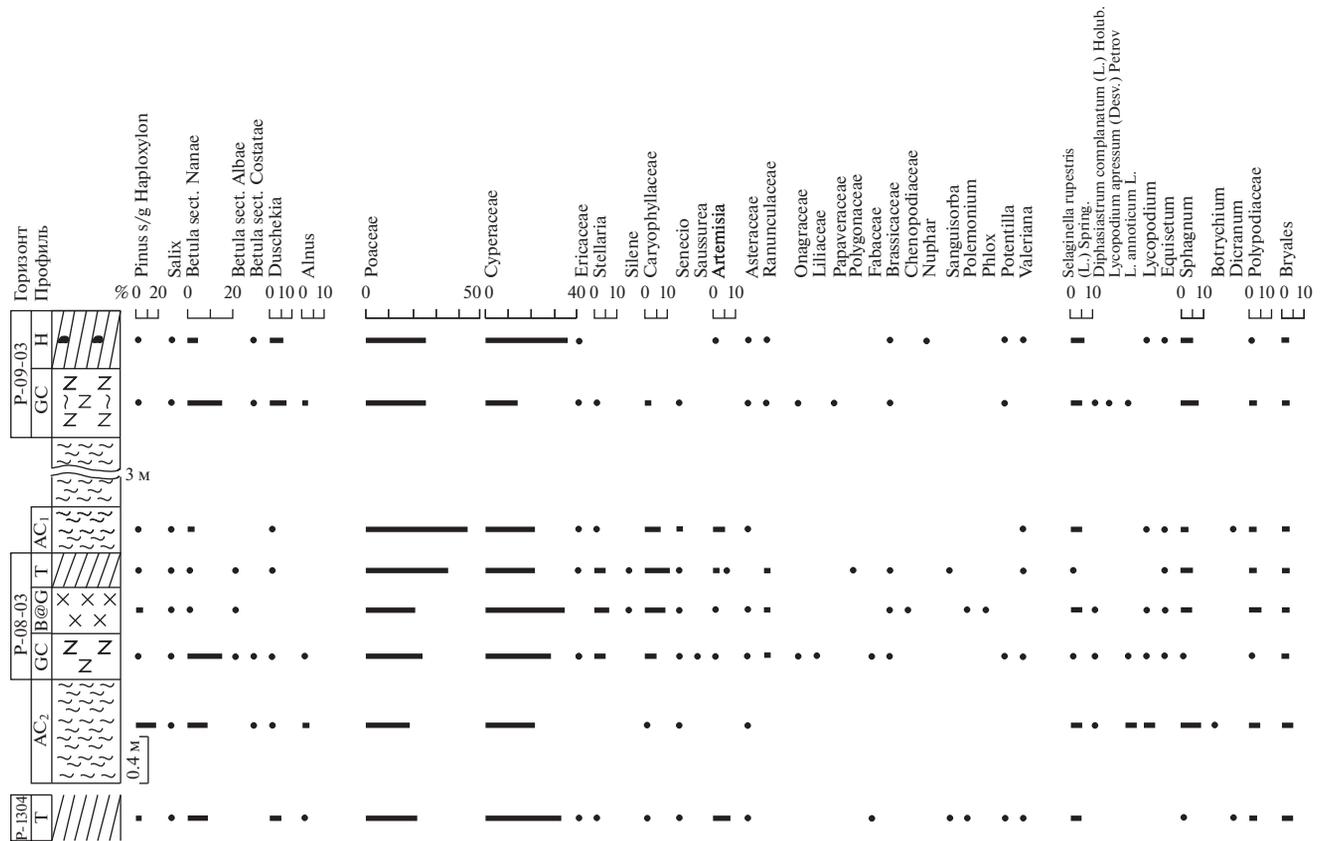


Рис. 7. Содержание спор и пыльцы в профилях погребенных почв P-08-03 и P-09-03 разреза Станчиковский Яр. Условные обозначения см. на рис. 3.

долита характеризуется единичным содержанием пыльцы деревьев и кустарничков и спор, доминируют Poaceae и Cyperaceae. Разнообразие группы разнотравья снижается по сравнению с палиноспектрами из погребенной почвы (рис. 7).

Пробы из горизонтов погребенной почвы данного профиля характеризуются максимально высоким содержанием фитолитов (более 1000 экземпляров для горизонтов Т и В@g). Доминируют фитолиты двудольных трав, заметно содержание фитолитов злаков и осок, типичных для влажных местообитаний, форм, характерных для ксерофитной флоры, фитолитов мхов. Кубические фитолиты хвойных единичны. В рассматриваемых горизонтах в массовом количестве определены спикулы губок, раковины амёб и диатомовых водорослей. В пробе из горизонта AC₂ содержание фитолитов низкое, в заметном количестве отмечены удлиненные гладкие и трапециевидные формы. В пробе из криопедолита AC₁, перекрывающего профиль погребенной почвы, зафиксировано высокое количество фитолитов разнообразных морфотипов, доля каждого колеблется от 10 до 15% (рис. 8).

Изучение строения погребенных почв в ряде расположенных на небольшом удалении друг от друга минеральных блоках данного разреза пока-

зало, что наряду с блоками, где органогенные горизонты выполнены торфянистым материалом с участием погребенных осоковых кочек, и блоками с признаками болотного почвообразования, присутствуют участки (профиль P-1304) с резким ослаблением признаков оглеения, при этом слабая оторфованность материала отмечается по всему профилю (рис. 6). Органогенные горизонты почвы этого профиля имеют перегнойный характер. Растительные остатки (фрагменты стеблей злаков, мелкие веточки) здесь лучше разложены, кочки отсутствуют. Вероятно, в период формирования данных погребенных почв существовали различия в степени увлажненности поверхности на рассматриваемой ограниченной площади, что находит отражение в строении почвенного покрова.

Для палинологического анализа отобран лишь один образец из оторфованного горизонта профиля P-1304. Данный палиноспектр не имеет принципиальных отличий от спектров из погребенных почв профиля P-08-03, за исключением большего содержания пыльцы карликовой березки и ольховника (возможно, отмеченные в данной погребенной почве мелкие веточки принадлежат этим кустарникам). Кроме того, в палиноспектре

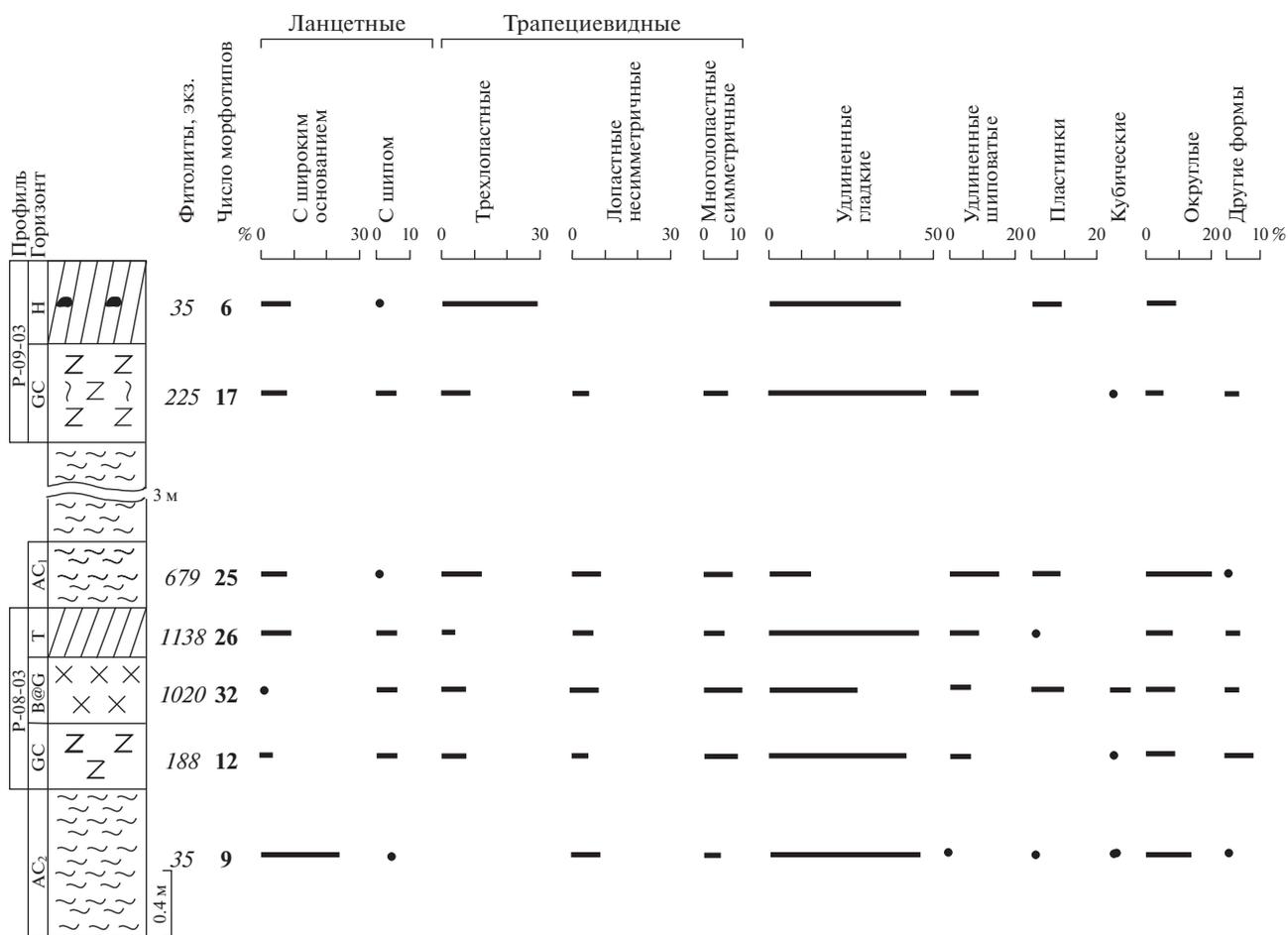


Рис. 8. Содержание фитолитов в профилях погребенных почв профилей P-08-03 и P-09-03 разреза Станчиковский Яр. Условные обозначения см. на рис. 3.

заметно содержание полыни (7.5%), что подтверждает вывод о формировании рассматриваемого блока на менее увлажненном полигоне (рис. 7).

На высоте около 32 м над урезом воды р. Анной расположен профиль погребенной почвы (II ПП) P-09-03, устойчиво присутствующий в стенке обнажения на всех его открытых участках и мало меняющийся на протяжении приблизительно 250 м. По органическому материалу из торфянистого горизонта получена датировка 33900 ± 750 лет (ГИН 12873) (Губин, Занина, 2013), что позволяет сопоставить данную погребенную почву с почвой профиля P-1333 разреза Дуванный Яр (рис. 6). Профиль P-09-03 имеет следующее строение:

H – серый легкий оторфованный суглинок со значительным содержанием мелких веточек. Отмечены мелкие (до 20 см) комки темного, сильно измельченного, хорошо разложившегося, мажущегося органического материала, возможно осоковых. Криотекстура микрошлировая. Мощность 0.5 м.

GC – сизовато-серый легкий льдистый суглинок с единичными тонкими остатками корней трав. Криотекстура среднешлировая. Переход по степенный. Мощность 0.6 м.

В пробах из этих горизонтов преобладает пыльца Poaceae и Cyperaceae. Злаковые представлены в одинаковом количестве в обоих горизонтах; в горизонте H преобладают осоковые, составляя более трети от всех определенных палинологических остатков. В палиносpekтрах разнообразно представлено разнотравье: Valeriana, Potentilla, семейства Asteraceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae, Papaveraceae, Ericaceae, Onagraceae; заметно содержание спор Selaginella rupestris (L.) Spring. и Sphagnum. Различия между палиносpekтрами заключаются в большем содержании пыльцы деревьев и кустарничков (преимущественно Betula sect. Nanae) в палиносpekтре пробы из горизонта GC (рис. 7).

Высокое содержание фитолитов с преобладанием удлиненных гладких форм, характерных для двудольных трав, отмечено в горизонте GC. В про-

бе из горизонта Н количество и разнообразие морфотипов фитоцитов резко падает. Наряду с формами, типичными для двудольных трав, здесь в заметном количестве отмечены трехлопастные трапезиевидные формы (рис. 8).

В материале погребенных почв и криопедолитов параллельно с изучением микрофитофоссилий проводился анализ растительного детрита размером 10–200 мкм. В значительном количестве зафиксированы остатки эпидермиса травянистых растений, имеющие устьичные комплексы, по строению которых определены семейства *Surgraceae*, *Roaceae* и *Egicaceae*. Обычным компонентом проб является детрит мхов, имеющий характерную структуру, а также специфические формы с окаймленными порами, свойственные древесине лиственницы.

Благодаря хорошей сохранности палинологических остатков в результате криоконсервации в зоне распространения многолетнемерзлых пород, спорово-пыльцевой анализ признается одним из ведущих палеоэкологических методов, применяемых при изучении погребенных почв. Однако следует отметить определенные особенности его использования для верхнеплейстоценовых отложений рассматриваемого региона. Прежде всего, это однообразный качественный состав палинологических таксонов, и, таким образом, использование их количественных характеристик в основе реконструкций растительности и климата. Это не всегда объективно, поскольку заметную долю в спектрах может составлять заносная пыльца, которая зачастую затушевывает количество пыльцы, производимой локальной растительностью (Лопатина, Занина, 2016). В изученных спектрах отмечено преобладание пыльцы злаковых и осоковых; второстепенные таксоны трав различной экологической приуроченности, как правило, разнообразны, но представлены единично, что явно не отражает их участия в формировании растительных сообществ. Вероятно, это обусловлено как их биологическими особенностями (строением пыльцы, пыльцевой продуктивностью, способом опыления, переходом на вегетативное размножение в суровых климатических условиях), так и спецификой распространения и сохранностью пыльцы. Даже единичные находки пыльцы трав и кустарничков необходимо принимать во внимание при анализе спектров, поскольку они отражают локальные условия произрастания тундровой растительности (Кац, Федорова, 1983).

Палинологические и фитоцитные спектры из проб криопедолитов, вмещающих погребенные почвы, отражают тундровую растительность и позволяют реконструировать ландшафты с преобладанием травянистых группировок (злаковых, злаково-осоковых, злаково-разнотравных). Состав пыльцы разнотравья в палиносpectрах достаточно разнообразен, но представлена она единичными зернами. Преобладание фитоцитов

двудольных трав подтверждает значительную долю разнотравья в реконструируемых растительных группировках. Количество пыльцы кустарничков редко превышает 10%; скорее всего, она является заносной, хотя не исключается, что в небольшом количестве кустарнички произрастали в долинах рек. Принимая во внимание очень плохую сохранность пыльцы лиственницы, можно предположить, что даже единичные находки ее пыльцевых зерен в спектрах из отложений разреза Дуванный Яр свидетельствуют о наличии в составе реконструируемой растительности редкостойных лиственничников. Это подтверждается также результатами анализа растительного детрита, в котором обнаружены специфические формы, характерные для древесины лиственницы. Содержание спор в спектрах невелико, но стабильное присутствие растительного детрита мхов свидетельствует о наличии мохового покрова.

Палинологический анализ погребенных почв (I и II ПП) профилей Р-1332 и Р-1333 разреза Дуванный Яр показал их отличие от вмещающих криопедолитов. В палиносpectрах погребенной почвы профиля Р-1332 зафиксирован более разнообразный состав второстепенных таксонов трав и отмечено преобладание пыльцы ивы (18%). Палиносpectр погребенной почвы профиля Р-1333 характеризуется пиковым для данного разреза содержанием осоковых. Анализ органического материала из рассматриваемого профиля показал преобладание остатков осок. В отличие от криопедолитов, в погребенных почвах установлено преобладание фитоцитов с широким основанием и лопастных форм, характерных для осок и злаков увлажненных ценозов. Приуроченность рассматриваемых погребенных почв разреза Дуванный Яр к западному полигону, их строение и присутствие в них погребенных осоковых кочек, результаты анализа микрофитофоссилий указывают на наличие условий высокого сезонного (периодического) переувлажнения, на существование сильноувлажненных и заболоченных участков на рассматриваемых позднелайстоценовых полигонах. Вероятно, это было обусловлено небольшим сезонным потеплением, которое вызвало протаивание верхних частей повторно-жильных льдов и, таким образом, небольшое увеличение мощности и дополнительное увлажнение сезонно-талого слоя, в котором проходил процесс почвообразования. Специфический состав палиносpectров из указанных погребенных почв носит локальный характер и указывает на накопление отложений в условиях заболоченных участков, заросших осокой, а также на наличие ивовых зарослей для профиля Р-1332.

В погребенных почвах из разреза Станчиковский Яр, в отличие от криопедолитов, определена разнообразная по экологическим требованиям пыльца трав и кустарничков и в целом более высокое содержание осоковых. Палинологический

анализ свидетельствует о пестром почвенно-растительном покрове на рассматриваемом полигоне, о существовании здесь как обширных увлажненных участков с преобладанием осоковых сообществ, так и сухих участков с невысокой степенью оглеения, на которых произрастали ксерофильные растительные ассоциации. Высокое содержание фитоцитов в погребенных почвах из разреза Станчиковский Яр, по сравнению с почвами разреза Дуванный Яр, указывает на более развитый травянисто-кустарничковый покров. Преобладание удлиненных гладких фитоцитов, характерных для двудольных трав, подтверждает широкое участие в составе растительности разнотравья, пыльца которого в изученных спектрах отличается разнообразием, но обычно представлена единичными зёрнами. Наличие форм с шипами свидетельствует о произрастании на рассматриваемой территории представителей остепненной ксерофитной флоры. Заметное содержание округлых фитоцитов мхов, ланцетных и разнообразных лопастных форм, присутствие в большом количестве спикул губок, раковин диатомовых водорослей и амёб в верхних органогенных горизонтах погребенной почвы указывает на значительную обводненность материала деятельного слоя в отдельные периоды при формировании погребенных почв, что, вероятнее всего, связано с протаиванием самых верхних частей ледяных жил.

Не установлены различия палиноспектров погребенных почв и криопедолитов для профиля Р-1310 из разреза Дуванный Яр. Спорово-пыльцевой анализ указывает на гидроморфные условия накопления всей толщи: наблюдается равномерное преобладание осоковых (около половины от всех палиноморф). Рассматриваемая погребенная почва в значительной степени литогенна, органический материал менее разложен по сравнению с таковым из профиля Р-1332, и органогенный горизонт относится к перегнойному. Можно предположить, что на полигоне, где происходило формирование этой почвы, торфообразование шло параллельно с поступлением минерального осадка. Кочки постепенно погребались, полигоны заполнялись торфянистым материалом, обогащенным минеральной компонентой. К этому времени почвообразование шло в условиях переувлажнения и значительного привноса минерального материала, что определялось в том числе западным рельефом. Это подтверждается близким составом спорово-пыльцевых спектров (с доминированием осоковых) из погребенных почв и вмещающих их криопедолитов.

Анализируя состав спорово-пыльцевых спектров I ПП профилей Р-1332, Р-1310 разреза Дуванный Яр и Р-08-03 и Р-1304 разреза Станчиковский Яр и II ПП профиля Р-1333 разреза Дуванный Яр и Р-09-03 разреза Станчиковский Яр, следует отметить их сходство, которое проявляется прежде всего в преобладании пыльцы трав и кустарничков

с доминированием злаковых и осоковых. Прослеживается лишь небольшое уменьшение пыльцы группы разнотравья и увеличение количества спор в спектрах из указанных горизонтов II ПП, а также увеличение форм, характерных для ксерофитной флоры, в фитоцитных спектрах. По заключению С.А. Кузьминой, изучавшей насекомых из погребенных почв разреза Дуванный Яр, в комплексе из I ПП преобладают лугостепные виды, а в комплексе из II ПП – ксерофильные степные и тундровые формы, что свидетельствует о том, что природные условия времени формирования второй погребенной почвы становятся более суровыми по сравнению с первой (Zanina et al., 2011). Это подтверждает вывод С.В. Губина и О.Г. Заниной (2014) о том, что образование I ПП проходило в условиях несколько лучшей теплообеспеченности по сравнению со II ПП.

ВЫВОДЫ

Анализ состава и содержания фитоцитов, выделенных из разрезов погребенных почв Колымской низменности, позволил уточнить особенности формирования почвенного и растительного покровов рассматриваемой территории в позднем плейстоцене. Достаточно выдержанный по изученным профилям комплекс фитоцитов свидетельствует о злаково-осоково-разнотравном составе растительности. В горизонтах из погребенных почв разреза Дуванный Яр зафиксировано преобладание фитоцитов злаков и двудольных трав увлажненных ценозов, что согласуется с данными спорово-пыльцевого анализа. В пробах из погребенных почв разреза Станчиковский Яр доминируют фитоциты двудольных трав, что подтверждает значительную долю разнотравья в составе реконструируемой растительности. В палинологических спектрах пыльца разнотравья представлена разнообразно, но единичными зёрнами. Заметных изменений в составе фитоценозов во время формирования погребенных почв не отмечено. Незначительное количество форм ксерофитной флоры при высоком содержании фитоцитов, характерных для увлажненных ценозов, двудольных трав, тканей и фитоцитов мхов, а для почв разреза Станчиковский Яр – спикул губок, раковин диатомовых водорослей, амёб и других индикаторов повышенного увлажнения материала подтвердило значительную обводненность деятельного слоя в отдельные периоды при формировании эпигенных почв. Палинологический метод предоставляет информацию о смене теплообеспеченности изучаемой территории, а фитоцитный метод позволяет скорректировать данные об условиях увлажнения. Оба метода дополняют друг друга, и их рационально применять одновременно.

Особенности строения профилей погребенных почв разрезов Колымской низменности и со-

став микрофитофоссилий из этих почв позволяют предположить, что причиной смены условий почвообразования в течение МИС 3 на фоне изменения условий осадконакопления являлись достаточно кратковременные потепления, во время которых происходило переувлажнение сезонно-талого слоя. Повышение температуры и влажности вызывало развитие разнообразной травянистой и кустарничковой растительности, а на увлажненных участках над головами ледяных жил формировались заросшие осокой заболоченные участки. Торфообразование происходило за счет дополнительного увлажнения в условиях западного рельефа. Палинологический анализ I и II ПП позднекаргинского педокомплекса подтверждает определенное сходство природных условий формирования этих почв, тундровый облик ландшафтов в условиях избыточного увлажнения при прогрессивном снижении теплообеспеченности в течение интервала МИС 3.

Источники финансирования. Работа выполнена по теме государственного задания № АААА-А18-118021690155-7 Геологического института РАН, по теме государственного задания АААА-А18-118013190181-6 ИФХиБПП РАН и в рамках программы КП19-280.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гольева А.А.* Опыт применения фитолитного анализа в почвоведении // Почвоведение. 1995. № 12. С. 1–6.
- Гольева А.А., Александровский А.Л.* Использование фитолитного анализа при решении генетико-эволюционных вопросов почвоведения // Почвоведение. 1999. № 8. С. 980–987.
- Губин С.В.* Палеопедологический анализ верхнеплейстоценовых (едомных) отложений обнажения Дуваный Яр // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1984. № 53. С. 125–128.
- Губин С.В.* Позднеплейстоценовое почвообразование на Приморских низменностях на севере Якутии // Почвоведение. 1994. № 8. С. 5–14.
- Губин С.В.* Позднеплейстоценовое почвообразование на территории Северо-Восточной Евразии // Докл. АН. 1996. Т. 351. № 4. С. 544–547.
- Губин С.В.* Педогенез – составная часть механизма формирования отложений позднеплейстоценового ледового комплекса // Криосфера Земли. 2002. Т. VI. № 3. С. 82–91.
- Губин С.В., Занина О.Г.* Изменение почвенного покрова в ходе формирования отложений ледового комплекса на Колымской низменности (часть 1) // Криосфера Земли. 2013. Т. XVII. № 4. С. 48–56.
- Губин С.В., Занина О.Г.* Изменение почвенного покрова в ходе формирования отложений ледового комплекса на Колымской низменности (часть 2) // Криосфера Земли. 2014. Т. XVIII. № 1. С. 77–82.
- Занина О.Г.* Почвообразование и природные условия каргинского времени на Колымской низменности // Автореферат на соискание ученой степени канд. геогр. наук. Пушино, 2006. 22 с.
- Занина О.Г., Лопатина Д.А.* Особенности микробиоморфных спектров погребенных почв Колымской низменности // Int. Conf. “Earth Cryology: XXI Century”. Пушино, Московская обл. 2013. С. 58.
- Занина О.Г., Лопатина Д.А., Губин С.В.* Палинологический анализ погребенных почв и криопедолитов каргинского времени на Колымской низменности // Материалы XI Всероссийской палинологической конференции “Палинология: теория и практика”. Москва, 2005. С. 87–88.
- Каплина Т.Н., Гитерман Р.Е., Лахтина О.В. и др.* Дуваный Яр – опорный разрез позднеплейстоценовых отложений Колымской низменности // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1978. № 48. С. 49–65.
- Каплина Т.Н., Лахтина О.В., Рыбакова Н.О.* История развития ландшафтов и мерзлых толщ Колымской низменности по радиоуглеродным, криолитологическим и палинологическим данным (на примере разреза Станчиковский яр на р. Мал. Анюй) // Геохронология четвертичного периода. М.: Наука, 1980. С. 243–258.
- Кац В.Я., Федорова Р.В.* О возможности использования спорово-пыльцевого анализа при проведении исследований в высокоширотных районах Арктики // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1983. Т. 88. № 2. С. 63–70.
- Классификация почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Лопатина Д.А., Занина О.Г.* Споры и пыльца из погребенных почв разреза Станчиковский Яр Колымской низменности // Современная микропалеонтология. Труды XVI Всероссийского микропалеонтологического совещания. Калининград, 2015. С. 369–372.
- Лопатина Д.А., Занина О.Г.* Субрецентные спорово-пыльцевые спектры низовьев р. Колыма и их значение для реконструкции четвертичной палеогеографии региона // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016. Т. 24. № 2. С. 103–112.
- Пыльцевой анализ. Ред. Криштофович А.Н. М.: Госгеолиздат, 1950. 571 с.
- Палеопалинология. Т. I. Ред. Покровская И.М. Л.: Недра, 1966. 352с.
- Murton J., Goslar T., Edwards M. et al.* Palaeoenvironmental interpretation of edoma silt (ice complex) deposition as cold-climate loess, Duvanny Yar (Northeast Siberia) // Permafrost and Periglacial Processes. 2015. V. 26. P. 208–288.
- World reference base for soil resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports № 106. FAO. Rome, 2015.
- Zanina O.G., Gubin S.V., Kuzmina S.A. et al.* Late Pleistocene (MIS 3-2) palaeoenvironments as recorded by sediments, palaeosols, and ground-squirrel nests at Duvanny Yar, Kolyma lowland, northeast Siberia // Quaternary Science Reviews. 2011. V. 30. P. 2107–2123.

Рецензенты Д.А. Гаврилов, А.К. Маркова, С.В. Наугольных, Д.Г. Федоров-Давыдов

The Conditions for the Formation of Paleosoils in the MIS 3 Time of the Kolyma Lowland According to Palynological and Phytolith Methods

D. A. Lopatina^{a, #} and O. G. Zanina^b

^aGeological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

^bInstitute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, Pushchino, Moscow oblast, Russia

[#]e-mail: dalopat@mail.ru

The results of studying the structure of buried soils of the MIS 3 of the Lower Kolyma River basin and analysis of microphytofossils from these soils are presented. The data of spore-pollen and phytolith analyzes confirm the similarity of the natural conditions for the formation of buried soils, the tundra appearance of reconstructed landscapes with a progressive decrease in heat supply and moisture during the MIS 3 interval.

Keywords: buried soils, Lower Kolyma River basin, palynomorphs, phytoliths