

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОКРИОЛОГИЯ

УДК 551.4: 551.8

DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2019-1(3-16)

**ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ДЮННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ
(ДЪОЛКУМИНСКАЯ СВИТА) В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ (Часть 2)****А.А. Галанин, М.Р. Павлова***Институт мерзлотоведения имени П.И. Мельникова СО РАН,
677019, Якутск, ул. Мерзлотная, 36, Россия; agalanin@gmail.com*

Приводится характеристика сводного разреза Кысыл-Сырского дюнного массива (тукулана), расположенного в бассейне нижнего течения р. Вилуей (Центральная Якутия). На основе 27 новых ¹⁴C-датировок и биостратиграфических данных рассматриваются история и палеогеографические условия формирования дюнных отложений региона в позднечетвертичное время. Из анализа опорных разрезов, данные которых опубликованы предшественниками, и новых абсолютных датировок авторы пришли к выводу, что дюнные отложения (дьюлкуминская свита) широко распространены в Центральной Якутии и формировались на различных гипсометрических уровнях (речные террасы, водоразделы) от конца каргинского термохрона до начала голоцена (от 35 тыс. до 10 тыс. лет назад) в условиях сильного иссушения климата и опустынивания. На протяжении бореального оптимума голоцена (12–6 тыс. лет назад) происходило закрепление дюнных массивов почвенно-растительным покровом. Формирование современных незакрепленных дюнных массивов (тукуланов) началось около тысячи лет назад и связано с климатическими событиями Малого ледникового периода.

Дюны, эоловые образования, гранулометрический состав, минералогия, абсолютный возраст, палинология, криолитозона, дьюлкуминская свита, четвертичный период

**LATE QUATERNARY DUNE FORMATIONS (D'OLKUMINSKAYA SERIES)
IN CENTRAL YAKUTIA (Part 2)****A.A. Galanin, M.R. Pavlova***Melnikov Permafrost Institute, SB RAS, 36, Merzlotnaya str., Yakutsk,
677019, Russia; agalanin@gmail.com*

The generalized geologic section of the Kysyl-Syr dune massif (tukulan) in the lower Vilyuy river basin (Central Yakutia) on the basis of new ¹⁴C dates from 27 samples and biostratigraphic data allowed new insights about the Late Quaternary evolution of paleogeographic conditions of dune-forming processes in the region. Based on the previously published results of the studies of key-sections of dune sediments in different parts of Central Yakutia and new absolute age dates, the authors have concluded that the widespread in Central Yakutia dune sediments (D'olkuminskaya series) formed at different hypsometric levels (river terraces, watersheds) over a time spanning from the latest Kargin sky termochrone (late MIS-3) till the beginning of the Holocene (between 35 and 10 kyr) under conditions of severe desiccation and desertification of the area. The dune stabilization by soil-vegetation cover occurred during the Boreal optimum of the Holocene (12–6 kyr). The modern dune massifs are interpreted to have formed no more than 1 thousand years ago, which is associated with climatic events of the Little Ice Age.

Dunes, aeolian formations, grain size analysis, mineralogy, absolute age, palynology, cryolithozone, D'olkuminskaya series, Quaternary period

ВВЕДЕНИЕ

Дискуссия о происхождении и возрасте покровных четвертичных песчаных отложений, широко распространенных в Центральной Якутии, длится уже более полувека. Кровля этих отложений на значительной площади нередко образована эоловым рельефом, представленным закрепленными и незакрепленными дюнами различной мор-

фологии (параболические, копьевидные, продольные и др.) и юго-восточной ориентировки (рис. 1). Однако данным отложениям приписывалось водное и(или) водно-ледниковое происхождение, а дюнный рельеф связывали с незначительным их переувлажнением [Соловьев, 1959; Алексеев, 1961; Геокриология..., 1989]. Такой подход элиминирует

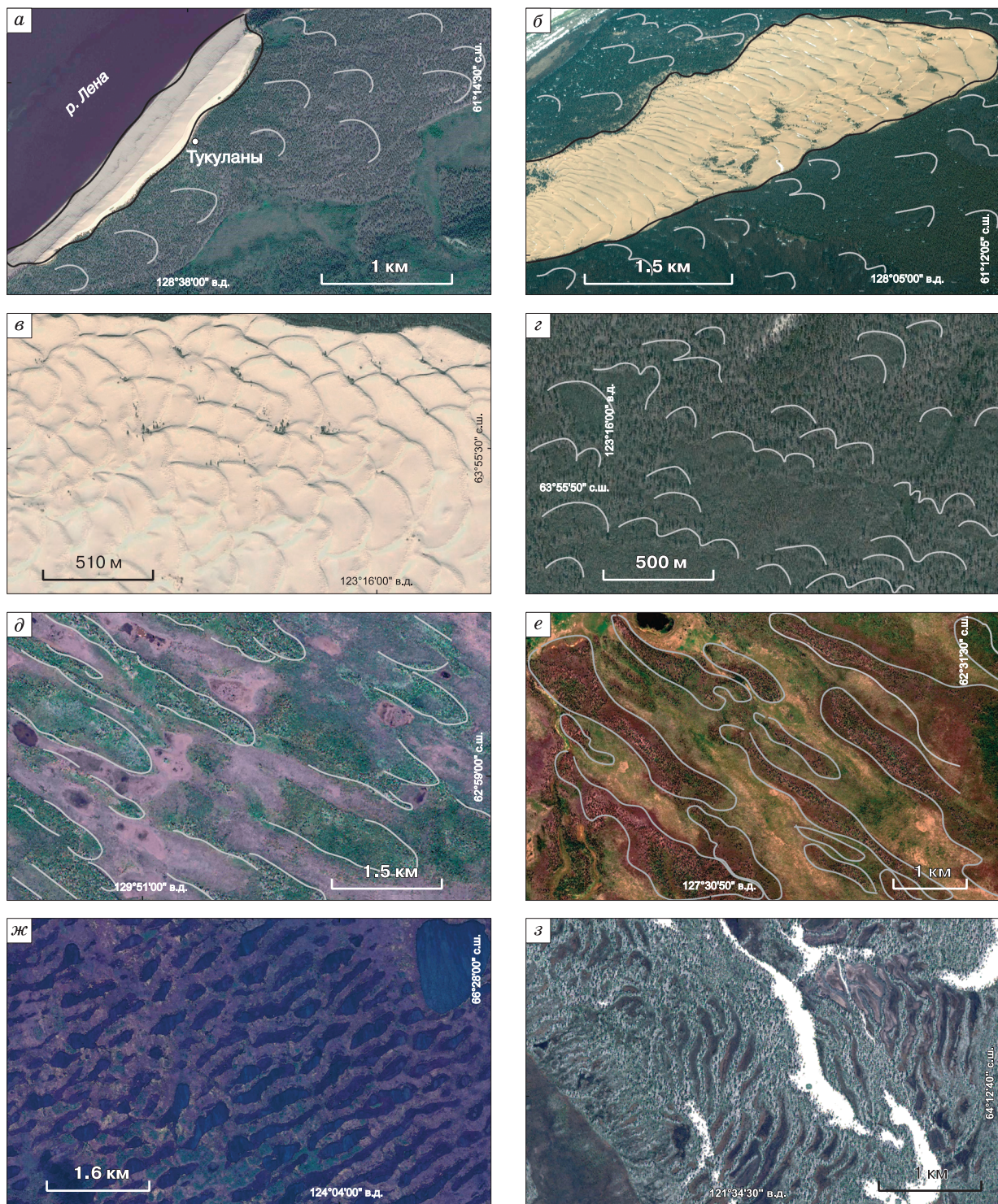


Рис. 1. Некоторые типы эоловой морфоскульптуры Центральной Якутии на космических снимках.
a – эмбриональная накидная дюна (тукулан Кысыл-Эльсин) высотой 140 м на поверхности bestяхской террасы (правобережье р. Лены вблизи устья р. Ботуома); *б* – незакрепленный дюнный массив – тукулан Саамыс-Кумага (там же); *в, з* – незакрепленные (*в*) и закрепленные (*з*) сосновым лесом параболические дюны Кысыл-Сырского тукулана (нижнее течение р. Вилюй); *д* – дефляционно-аккумулятивная поверхность bestяхской террасы с копьевидными дюнами и эллипсовидными котловинами выдувания на правобережье р. Лены в 100 км севернее г. Якутска; *е* – закрепленные котловины и желоба выдувания и продольные дюны на водоразделе Лены и Вилюя; *ж* – эпигенетически подтопленные грунтовыми водами закрепленные трансверсивные дюны на правобережье р. Лены; *з* – сингенетически подтопленные полужакрепленные дюны (песчаный массив Махатта, бассейн р. Тюнг).

палеоклиматическое значение эоловых образований как индикаторов экстрааридных условий осадконакопления.

Действительно, в рамках официальных теорий второй половины прошлого века четвертичная история Центральной Якутии и всей Восточной Сибири непременно связывалась с холодными, но умеренно влажными (семигумидными) климатами [Строение..., 1979], которые на протяжении криохронов способствовали развитию крупных оледенений, а в перигляциальной области – полноводных рек и даже обширных подпрудно-ледниковых бассейнов. С флювиальными процессами связывалось повсеместное формирование едомной свиты – высокольдистых суглинистых отложений с массивными полигонально-жильными льдами [Строение..., 1979; Геокриология..., 1989]. В рамках этих гипотез совсем не оставалось места для широко распространенных в регионе дюнных массивов с обширными котловинами выдувания, ветрогранников, многочисленных дефляционных останцов и других эоловых образований – свидетелей крайней аридизации и масштабного четвертичного опустынивания (см. рис. 1). Ключевые вопросы истории палеогеографических представлений о регионе уже неоднократно обсуждались [Галанин, 2016, 2017; Галанин, Павлова, 2018].

Покровные пески и супеси Центральной Якутии, расположенные на самых различных гипсометрических уровнях и практически идентичные по составу, строению и фациальным признакам, длительное время рассматривались как совершенно разные генетические типы из-за отсутствия достаточного количества абсолютных датировок. Так, на речных террасах крупных рек (Лена, Вилюй, Синяя, Тюнг, Линдэ и др.) им приписывался аллювиально-озерный генезис, на пологих склонах междуречий – “делювиально-пролювиальный и солифлюкционный”, а на водоразделах – элювиальный [Карта..., 1959, 1982; Геокриология..., 1989].

Дюнные отложения Центральной Якутии (дъолкуминская свита)

Альтернативная гипотеза относилась к эоловой формации [Катасонова, Толстов, 1963; Павлов, 1981; Колпаков, 1983; Камалетдинов, Зигерт, 1989; Камалетдинов, Минюк, 1991; Зигерт и др., 2007; Waters et al., 1999], представленной в Центральной Якутии пестрыми фациальными наборами песчаных (дюнные массивы), каменистых (коренные дефляционные останцы и поля ветрогранников) и лессовых (суглинистых) пустынь [Колпаков, 1983; Rewe, Journaux, 1983].

По мере накопления абсолютных датировок и данных по строению новых опорных разрезов стало очевидным, что покровные пески с горизонтальной, реже перекрестной слоистостью, слагаю-

щие верхние части как низких, так и самых высоких террас в среднем течении р. Лены, имеют одинаковый возраст и отлагались одновременно на протяжении сарганского криохрона (МИС-2). На этой основе В.В. Колпаковым [1983] была выделена дъолкуминская свита, стратотип которой расположен в обрыве 25-метровой террасы р. Лены (обнажение Песчаная Гора) в 100 км севернее г. Якутска (рис. 2). Позднее эоловый генезис отложений Песчаной Горы и возраст дъолкуминской свиты были поддержаны другими исследователями [Камалетдинов, Зигерт, 1989; Камалетдинов, Минюк, 1991; Зигерт и др., 2007; Waters et al., 1999].

Однако лишь в 2009 г. дюнные отложения дъолкуминской свиты в хронологическом объеме МИС-2 были утверждены в составе новой стратиграфической схемы региона [Унифицированная... схема..., 2010], а в 2014 г. опубликована новая карта четвертичных отложений [Карта..., 2014], на которой в пределах Центральной Якутии произошли кардинальные изменения. Вместо аллювиально-озерных отложений здесь на бестяхской, табакинской и тюнгулинской террасах, а также на других территориях впервые отображены дюнные отложения, а синхронные им ледово-лессовые образования (edomная свита) отнесены к эоловой формации [Унифицированная... схема..., 2010; Карта..., 2014].

Несмотря на публикацию новой карты, многие исследователи, соглашаясь с результатами абсолютных датировок и хронологическим диапазоном (МИС-2) дъолкуминской свиты, не признают ее эоловый генезис. Некоторые пытаются объяснить одновременное накопление перекрестно-слоистых песков на разных гипсометрических уровнях результатом мощных речных паводков [Большаинов и др., 2016] либо катастрофическими наводнениями из-за прорыва подпрудно-ледниковых озер на рубеже позднего неоплейстоцена и го-



Рис. 2. Опорное обнажение дъолкуминской свиты Песчаная Гора в береговом обрыве 25-метровой террасы на правом берегу р. Лены в 100 км от г. Якутска.

В обнажении – пакеты дюнных песков с крутонаклонной перекрестной слоистостью, представляющие головные фашии копьевидных дюн (см. рис. 1, д). Фото А.А. Галанина.

лоцена [Спектор и др., 2017]. Другие связывают ее формирование с морской трансгрессией в конце неоплейстоцена [Поморцев и др., 2017]. К сожалению, в большинстве этих работ не приведено никакого нового фактического материала, проясняющего фациальный состав, генезис и возраст данных образований.

Поэтому донные и другие эоловые образования Центральной Якутии остаются наименее изученными генетическими типами четвертичных отложений региона. Плохо освещены их фациальный состав, основные признаки, возраст и ареалы распространения. Еще менее ясными остаются характеристики климатических, гидрологических и геокриологических условий, а также палеоландшафтов, в которых в непосредственной близости и одновременно могли сочетаться экстрааридные обстановки накопления сухомерзлых (“морозных”) дюнных песков с крайне низкой льдистостью и исключительно водонасыщенных едомных отложений с массивными полигонально-жильными льдами (ПЖЛ).

Кысыл-Сырское обнажение

В настоящее время в Центральной Якутии одним из наиболее изученных и информативных опорных разрезов позднечетвертичных дюнных отложений является Кысыл-Сырский песчаный массив (см. рис. 1, в, г) и одноименное обнажение, обнаруженное авторами в 2012 г. на правом берегу р. Вилюй в 20 км ниже пос. Кысыл-Сыр. Здесь в речном обрыве высотой до 35 м и протяженностью более 3 км вскрывается разрез песчаных отложений возрастом от 50 тыс. лет назад до позднего голоцена, включающий аллювиальные и дюнные фации, погребенные почвенные горизонты, торфяники и др.

На протяжении изучения с 2012 по 2016 г. авторами был получен значительный объем нового



Рис. 3. Кысыл-Сырское обнажение дьолкуминской свиты в береговом обрыве 35-метровой террасы на правом берегу р. Вилюй в 20 км от пос. Кысыл-Сыр.

Положение и номера расчисток сводного разреза см. на рис. 4. Фото А.А. Галанина.

фактического материала, включающего результаты геоморфологических наблюдений, описания выполненных на всю мощность опорных расчисток 366, 449, 487 и серии неглубоких шурфов, на основе которых построен сводный разрез (рис. 3, 4). Гранулометрический состав отложений исследован на основе 117 проб, из которых 80 отобрано с разных участков поверхности современного дюнного массива и русла р. Вилюй, а остальные 37 – из расчистки 366 [Галанин, Павлова, 2018, рис. 3]. Количественный минералогический анализ 38 проб выполнен для образцов современных и позднеплейстоценовых отложений, отобранных из предположительно дюнных и аллювиальных фаций [Галанин, Павлова, 2018].

Данные о мерзлотно-геологических условиях Кысыл-Сырского дюнного массива получены на основе двухлетнего геотермического мониторинга в трех скважинах, а также результатов георадиолокации и электротомографии [Галанин и др., 2018]. Сведения о возрасте и истории формирования отложений основаны на 27 абсолютных датировках и палинологической характеристике разреза по расчистке 449, включающей погребенный в дюнах торфяник мощностью около 2 м.

Ввиду значительного объема фактического материала содержание использованных авторами методов, геоморфологическая характеристика Кысыл-Сырского тукулана, описание его внутреннего строения, гранулометрического и минералогического состава, мерзлотных свойств рассмотрены в первой части статьи [Галанин, Павлова, 2018].

В настоящей работе приведены данные об абсолютном возрасте Кысыл-Сырского опорного обнажения, включающие 27 датировок (см. таблицу), а также его обобщенный разрез (см. рис. 4) и спорово-пыльцевая характеристика по расчистке 449 [Галанин, Павлова, 2018, рис. 4]. Остальная часть статьи посвящена обсуждению вопросов возраста и истории формирования позднечетвертичных дюнных отложений (дьолкуминской свиты) Центральной Якутии с учетом доступных авторам фактических данных.

Фациальный состав отложений Кысыл-Сырского обнажения

Кысыл-Сырский опорный разрез (63°54' с.ш., 123°16' в.д.) расположен в 20 км ниже одноименного поселка. Он представляет собой естественное обнажение на правом берегу Вилюя протяженностью более 3 км и высотой до 35 м (см. рис. 3). Литолого-фациальный состав отложений по расчисткам 366 и 449 охарактеризован в [Галанин, Павлова, 2018]. На основе материалов всех исследованных расчисток и серии неглубоких шурфов установлено следующее строение разреза.

Аллювиальная пачка мощностью 10–12 м хорошо выдержана и залегает в основании разреза в интервале абсолютных высот 76–88 м. Она пред-

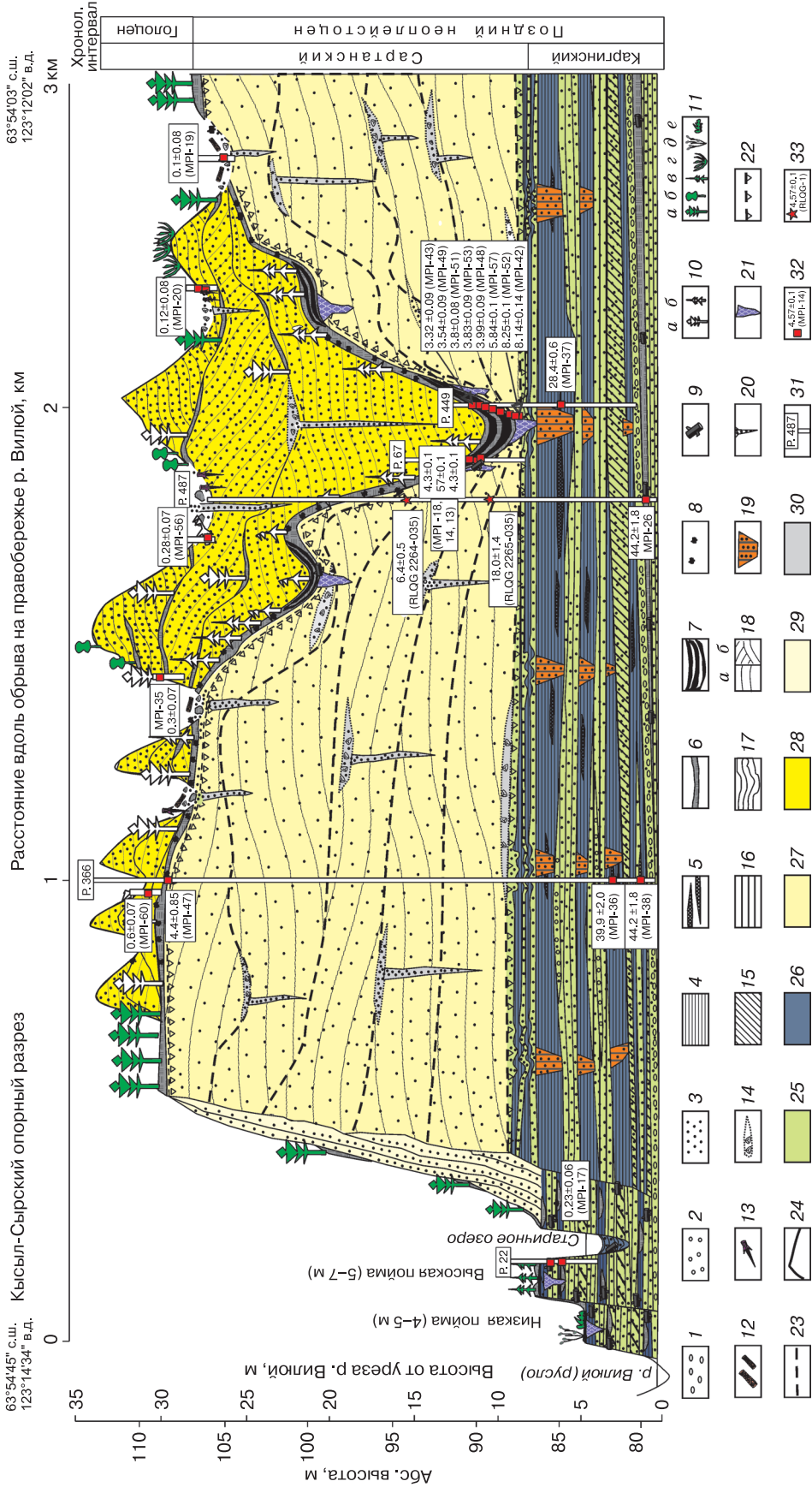


Рис. 4. Сводный разрез Кысыл-Сырского опорного обнажения.

Литоология: 1 – галька; 2 – мелкий гравий; 3 – средний песок; 4 – супесь пылеватая; 5 – намыивой растительный детрит; 6 – почвы; 7 – линзы торфа; 8 – древесный уголь; 9 – обломки древесины; 10 – вертикально погребенные вместе с корневыми системами сосны (а) и листовыми (б); 11 – растительный покров из сосны (а), березы (б), ели (в), кедрового стланика (г), ивняков (д); 12 – скелетия орштейнов и пелобул; 13 – фульгуриты; 14 – мелкие ветропранники. Структура отложений: 15 – косослоистая; 16 – горизонтально-слоистая; 17 – площадчатая (криотурбированная); 18 – полотая (а) и крутая (б) перекрестно-слоистая. Жильные образования: 19 – политональные песчаные жилы в аллювиальных отложениях; 20 – песчаные жилы по трещинам отседания в дюнных отложениях; 21 – мерзлые инфильтрационно-гумусовые жилы. Фациальные границы: 22 – крупные дефляционные несогласия; 23 – второстепенные дефляционные несогласия; 24 – экспонируемый рельеф современных дюн. Фации отложений: 25 – русловые; 26 – пойменно-старичные; 27 – дюны сартанского криохрона; 28 – дюны позднего голоцена; 29 – дельвиально-осыпной склон террасы; 30 – фации котловин выдувания. Прочие обозначения: 31 – опорные расчистки и их номера; 32 – некалиброванные радиоуглеродные датировки и их лабораторные коды; 33 – ИК-ОСЛ-датировки и лабораторные коды.

Абсолютные датировки в пределах Кысыл-Сырского опорного обнажения дюнных отложений в бассейне нижнего течения р. Виллой

№ п/п	Лабораторный номер	Координаты, град. с.ш.; в.д.	Глубина от поверхности, м	Материал пробы	Возраст	
					^{14}C , лет	кал. лет, ($\alpha > 95.4\%$)
<i>Отдельно стоящие тупы и мертвые деревья в современных котловинах выдувания</i>						
1	МР1-15	63.9262; 123.2677	0.55–0.85	Отмершие деревья, вертикально погребенные в современных незакрепленных дюнах	Современный	290–0
2	МР1-19	63.9105; 123.2278	2.9		100 ± 80	295–0
3	МР1-20	63.9104; 123.2277	1.0		120 ± 85	510–155
4	МР1-35	63.9161; 123.2337	0.8		325 ± 65	
<i>Расчистка 20 в береговом обрыве современной высокой поймы (5–7 м), покрытой еловым лесом</i>						
5	МР1-16	63.9276; 123.2372	0.75	Фрагменты кустарников (плавник) Древесина лиственницы (плавник)	Современный	470–0
6	МР1-17		2.5–3.0		230 ± 60	
<i>Расчистка 487</i>						
7	МР1-56	63.9243; 123.2374	0–0.3	Вертикально погребенное мертвое дерево	280 ± 65	500–265
8	RLQC 2264-035		2.0	Кварцевый песок, ИК–ОСЛ	–	6400 ± 500
9	RLQC 2265-035		23	Кварцевый песок, ИК–ОСЛ	–	18 000 ± 1400
10	МР1-26		32	Кустарничково-травянистый торф	44 200 ± 1800	>45200
<i>Расчистка 366</i>						
11	МР1-60	63.9269; 123.238	1.4–1.6	Вертикально погребенное мертвое дерево	600 ± 75	675–510
12	МР1-47	63.9194; 123.2677	1.0	Обгорелая древесина и угли в погребенном поченном горизонте	4400 ± 85	5290–4840
13	МР1-29	63.9186; 123.234	32	Мелкие обломки древесины	35 600 ± 1500	43 200–36 800
14	МР1-36	63.9162; 123.2331	30	Рассеянный органический детрит	39 900 ± 2000	49 000–41 000
15	МР1-38		33		44 200 ± 1800	>45200
<i>Расчистка 449</i>						
16	МР1-43	63.9029; 123.2113	0.1–0.2	Мохово-осоковый торф	3320 ± 90	3825–3370
17	МР1-49		0.5–0.6	Осоковый торф	3540 ± 95	4090–3590
18	МР1-51		0.8–0.9	Моховой торф	3800 ± 75	4415–3980
19	МР1-53		1.0–1.1	Осоково-моховой торф	3830 ± 90	4515–3975
20	МР1-48		1.2–1.3	Кустарничковый торф с листьями лоха болотного	3990 ± 90	4815–4155
22	МР1-52		1.3–1.4	Кустарничковый торф с обломками древесины	5840 ± 100	6890–6410
23	МР1-57		1.6–1.7	Торф с примесью гумуса	8250 ± 100	9470–9010
24	МР1-42		1.7–1.8	Гумус из интенсивно гумусированной супеси	8140 ± 135	9440–8640
25	МР1-37		7.0	Рассеянный органический детрит	28 400 ± 600	33 800–31 200
<i>Расчистка 67</i>						
26	МР1-13	63.9042; 123.2159	1.0	Обожженная древесина лиственницы	4300 ± 90	5280–4580
27	МР1-14	63.9243; 123.2374	0.95	Торф мохово-осоковый слаборазложившийся	4570 ± 110	5580–4880
28	МР1-18	63.9186; 123.2348	0.7–1.0	Веточки кустарничковой березы	4120 ± 110	4880–4200

ставлена чередованием пакетов талых косослоистых желтоватых и слабо-охристых песков и супесей с темно-серыми и сизыми горизонтально-слоистыми пылеватыми супесями с включениями прослоев и линз мелкого гравия, растительного детрита и плавника. В междунный период в основании пачки вскрывается гравийно-галечный горизонт с большим количеством обломков древесины и единичными крупными валунами. Венчает аллювиальную пачку хорошо выдержанный пакет мерзлых сизых (оглеенных) тонкослоистых пылеватых супесей с прослоями суглинков и намывного растительного детрита. Кровля аллювиальных отложений резкая, горизонтальная, четко выдержана на протяжении всего разреза и разбита систематическими широкими клиньями, заполненными крупным охристым кварцевым песком.

Дюнные отложения максимальной мощностью до 22–24 м залегают в интервале абсолютных высот 88–115 м. Они представлены пакетами горизонтально-, волнисто-слоистых, реже перекрестно-слоистых, средних и мелких кварцевых песков, разделенных дефляционными поверхностями с тонкими прослоями крупного кварцевого песка и единичного мелкого гравия с размерами зерен 3–4 мм. В нижней части дюнные отложения мерзлые, имеют массивную криотекстуру. Дюнные отложения представлены двумя пачками, разделенными хорошо развитым почвенным горизонтом, четко прослеживающимся на протяжении всего обнажения. Почвенный горизонт маркирует поверхность погребенного палеорельефа, являющаяся также кровлей нижней пачки дюнных отложений. Данный маркирующий почвенный горизонт находится в погребенном состоянии только в пределах незакрепленной части Кысыл-Сырского дюнного массива, за его пределами он выходит на дневную поверхность, сливаясь с почвенно-растительным покровом 30–35-метровой террасы р. Вилюй.

Кровля верхней пачки дюнных отложений образует современный рельеф параболических дюн Кысыл-Сырского тукулана. Верхняя и нижняя пачки весьма сходны по гранулометрическому составу, минералогии и структуре, но существенно различаются характером растительных остатков. В нижней пачке они практически отсутствуют, лишь изредка встречаются нитевидные корешки травянистых растений, а в верхней обнаружено множество слабообразованных почвенных горизонтов мощностью до 3–4 см, нередко встречаются обломки кустарников и даже целые вертикально погребенные деревья вместе с корневыми системами.

Абсолютный возраст и биостратиграфия Кысыл-Сырского обнажения

Подстилающие аллювиальные отложения. Сведения о спорово-пыльцевом составе аллюви-

альной пачки получены по расчистке 449, детальный разрез и описание которой приведены в [Галанин, Павлова, 2018, рис. 4]. Полное описание пыльцевой колонки и диаграмма также опубликованы авторами ранее [Павлова и др., 2017]. Выделенная из аллювия пыльца характеризуется преобладанием хвойных, из которых доминирует *Picea* (73.9–94.5 %) и *Pinus sylvestris* (1.3–6.6 %). Кустарники и кустарнички (1–2 %) представлены родами *Betula*, *Ericales*, *Alnaster*. В травянистой группе (0.6–17.8 %) преобладают *Artemisia*, *Chenopodiaceae* и *Roaseae*, встречаются *Rununculaceae*, *Chenopodiaceae*, *Roaseae* и др. Споры представлены преимущественно *Botryococcus* (3.8–8.9 %). В нижней части палинозоны (косослоистые пески русловой фации) концентрации пыльцы и спор очень низкие (деревья – 91.3–357.8 зерен/г, травы – 2.3–19.8 зерен/г, споры 8.5–18.7 зерен/г), в верхней части (пойменная фация) – пыльцевая продуктивность увеличивается до 2794.2 зерен/г.

В нижней части аллювиальной пачки вблизи расчистки 366 обнаружены скопления плавника, в котором идентифицированы ель, лиственница и кустарниковая береза (*Picea* sp., *Larix* sp., *Betula exilis*). Здесь же было найдено ребро бизона (*Bison* sp.). На основе серии радиоуглеродных датировок в расчистках 366, 449 и 487 (см. рис. 4; таблицу) по древесине и растительному детриту установлено формирование отложений в интервале 45–30 тыс. л.н. (конец каргинского термохрона, МИС-3).

Нижняя пачка дюнных песков на основе двух оптико-люминесцентных датировок (см. рис. 4; таблицу), полученных вблизи подошвы (18.0 ± 1.4 тыс. л.н.) и кровли (6.4 ± 0.5 тыс. л.н.) по расчистке 487, отнесена к сартанскому криохрону (МИС-2). Данный возраст также подтверждается практически полным отсутствием в отложениях пыльцы и крайне редкими остатками растительности, представленными лишь в верхней части пачки ярусами нитевидных корешков трав.

Маркирующий почвенный горизонт, разделяющий верхнюю и нижнюю пачки дюнных песков, на основе серии радиоуглеродных датировок (см. таблицу; рис. 1) отнесен к бореальному оптимуму голоцена. Наиболее детально эта почва была датирована на участке торфяной линзы в расчистке 449, формировавшейся в интервале от 9 до 3.5 тыс. калиб. л.н. [Галанин, Павлова, 2018, рис. 4]. В нижней части торфяника встречено значительное количество частично обгоревших обломков лиственницы и кустарниковой березы, в средней части преобладают остатки мхов и осок, в верхней – обильно появляются веточки верескоцветных, в том числе мирта болотного.

За пределами торфяника в этом же почвенном горизонте (расчистка 366), а также на поверхности некоторых котловин выдувания во внутренних частях тукулана, установлены множественные

древесные угли и обгорелая древесина. Это может свидетельствовать о крупном пожаре, предшествовавшем формированию верхней (современной) пачки дюнных отложений. Абсолютная датировка 5.29–4.84 тыс. калиб. л.н. (MPI-47) углей в верхней части расчистки 366 (см. рис. 4; таблицу) указывает, что событие могло произойти в конце бо-реального оптимума.

В торфянике в расчистке 449 в пылевой колонке установлены две палинозоны [Павлова и др., 2017]. В нижней (зона березы), датированной интервалом 9.9–6.7 тыс. калиб. л.н., доминируют древесные породы (83.9 %), среди которых преобладает *Betula* sp. (24.2–68.2 %), встречена примесь *Picea*, *Pinus*. Кустарники и кустарнички (1–2 %) представлены таксонами *Salix* sp., *Ericales* sp., *Anaster* sp. и *Selaginella rupestris*. В пыльце травянистых (16.1–48.7 %) преобладают Сугерасеae, Роасеae и *Artemisia*; споры (0.9–10.6 %) представлены группой *Botryococcus*. В сравнении с подстилающими отложениями концентрации пыльцы и спор в данной пылевой зоне значительно увеличиваются: деревьев в 6–9 раз, трав в 40 раз, спор в 12 раз.

Верхняя палинозона (зона сосны), датированная интервалом 6.7–3.3 тыс. калиб. л.н., характеризуется доминированием древесных таксонов (98 %), среди которых преобладает *Pinus sylvestris* (43.0–63.6 %). Отличительная особенность – появление пыльцы *Pinus* s/g *Haploxylon* (2.0–13.0 %), представленного, вероятно, кедровым стлаником (*Pinus pumila*). Его обильные группировки установлены в составе современной растительности в южной части тукулана Кысыл-Сырский. Зона характеризуется резким снижением концентраций пыльцы кустарничкового (2–3 %) и травянистого (2.3–9.2 %) ярусов, а также исчезновением мхов.

Маркирующий почвенный горизонт, включающий исследованную нами линзу торфяника, имеет региональное распространение, он нередко вскрывается на глубине 1–10 м под поверхностью современных дюн, а за пределами Кысыл-Сырского тукулана выходит на дневную поверхность, сливаясь с почвенно-растительным покровом 30–35-метровой террасы р. Вилюй. Таким образом, в исследованном разрезе отчетливо фиксируется региональный ландшафтно-климатический процесс почвообразования и закрепления тукуланов Центральной Якутии в бореальный оптимум голоцена, что может использоваться в качестве климатостратиграфического репера (маркера).

Верхняя (современная) пачка дюнных супесей Кысыл-Сырского тукулана содержит множество вертикально погребенных деревьев, прослоев слабообразованных почв и угольков. Несколько датировок (см. рис. 4; таблицу) по пням и фрагментам древесины из котловин выдувания свидетельствуют, что современные незакрепленные дюны образовались не ранее 500–600 лет назад и сформиро-

вались на протяжении последнего голоценового похолодания (Малого ледникового периода).

Возраст покровных супесчаных отложений Центральной Якутии

Длительное время представления о покровных позднечетвертичных дюнных отложениях Центральной Якутии базировались на единичных опорных разрезах в среднем течении р. Лены – Песчаная Гора, Усть-Ботуомское и Дириг-Юрях [Алексеев и др., 1984; Камалетдинов, Зигерт, 1989; Камалетдинов, Минюк, 1991; Waters et al., 1999]. Вскрывающиеся здесь в речных обрывах хорошо сортированные перекрестно-слоистые пески с необычайно низкой влажностью были отнесены к дьолкуминской свите позднего неоплейстоцена (МИС-2) [Колтаков, 1983]. Несмотря на хорошую палеонтологическую и палинологическую изученность, хронологический объем дьолкуминской свиты оставался весьма дискуссионным. Сначала перекрестно-слоистые супеси, слагающие разрез 20–25-метровой (кердемской) террасы обнажения Песчаная Гора, относили ко второй половине неоплейстоцена. Затем В.В. Колпаков [1983] отнес их к самаровскому времени среднего неоплейстоцена. Первые радиоуглеродные датировки (17.2 ± 0.5 тыс. л.н., ИМ 760) погребенных почв в обнажении Песчаная Гора указали на сартанский (МИС-2) возраст [Алексеев и др., 1984; Камалетдинов, Минюк, 1991]. Позднее к золотым отложениям дьолкуминской свиты были отнесены покровные дюнные отложения, покрывающие бестяхскую и тунгюлюнскую террасы на правом берегу р. Лены. Их фациальный состав и абсолютный возраст оказались идентичными обнажению Песчаная Гора [Камалетдинов, Зигерт, 1989; Waters et al., 1999]. Недавно на основании ^{14}C - и ОСЛ-датировок этот же возраст был установлен на участках распространения свиты в районе пос. Нижний Бестях, а также в бортах термосуффозионных цирков Улахан-Тарын и др. [Большаинов и др., 2016].

В настоящей статье авторами показано, что множество покровных песчаных образований в бассейне нижнего течения р. Вилюй имеют золотый (дюнный) генезис и формировались в условиях сильнейшего иссушения климата во второй половине позднего неоплейстоцена. В криофациальном и стратиграфическом отношении они идентичны дюнным пескам в опорном обнажении Песчаная Гора и должны рассматриваться в составе дьолкуминской свиты.

Альтернативные гипотезы происхождения покровных песчаных отложений Центральной Якутии

Генезис отложений дьолкуминской свиты обсуждается уже более полувека. Странники золо-

вого происхождения считают, что ее формирование 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; Waters et al., 1999].

Другая группа исследователей предполагает, что перекрестно-слоистые супеси дьолкуминской свиты осаждались водными потоками и (или) в пределах подпрудно-ледникового бассейна, возникшего в результате блокирования стока Лены верхоянскими ледниками [Соловьев, 1959; Алексеев, 1961; Геокриология..., 1989; Большианов и др., 2016; Спектор и др., 2017]. Некоторые исследователи пытаются связать происхождение песков с морскими трансгрессиями [Поморцев и др., 2017]. В целом аквальные гипотезы реконструируют более влажные (семи-гумидные) климаты [Геокриология..., 1989] на протяжении криохронов, в условиях которых верхоянские ледники питали многоводные реки, выносящие обильные потоки песчаного материала, а флювиальные процессы распространялись на все гипсометрические уровни. В качестве основных аргументов водного происхождения дьолкуминской свиты указываются следующие признаки [Большианов и др., 2016; Спектор и др., 2017]: наличие в составе супесчаных осадков фаций со специфическими флювиальными микротекстурами; находки малакофауны, линз торфа с остатками болотной растительности и др.

Монотонное сложение, отсутствие суглинистого материала и перекрестная слоистость отложений дьолкуминской свиты и несогласное (юго-восточное) падение слоев по отношению к современному течению р. Лены объясняются сторонниками флювиальных концепций особыми, не имеющими современных аналогов, гидрологическими режимами поздненеоплейстоценовых рек и водоемов.

В недавней публикации предпринята очередная попытка связать происхождение дьолкуминской свиты и ориентированного в юго-восточном направлении дюнного рельефа высоких террас р. Лены и всего Приленского плато с катастрофическими прорывами (спилвеями) гипотетического подпрудно-ледникового озера, существовавшего здесь в позднем неоплейстоцене [Спектор и др., 2016, 2017]. Придерживаясь теории “гидросферной катастрофы (мегафлада)” М.Г. Гросвальда [1999] и его терминологии, авторы находят в фациальном строении и ориентированном рельефе дьолкуминской свиты признаки дилювиального (diluvium – потоп) морфогенеза и “мегафладов” (катастрофических наводнений). Эти процессы, по мнению авторов, развивались в Центральной Якутии на протяжении сартанского криохрона в

интервале 20–11 тыс. л.н. и привели к формированию специфического рельефа, именуемого *сибирским скэблэндом* (channeled scabland). Его характерными элементами являются знаки гигантской ряби, “...морфоскульптуры обтекания (каплевидные холмы), водосборные котлы и следы кавитации и др.” [Спектор и др., 2016, с. 298].

Действительно, находки фрагментов валунно-галечных морен верхоянского состава на левобережье Лены между устьем р. Алдан и Жиганском указывают, что верхоянские ледники достигали долины р. Лены на протяжении четвертичного времени и, теоретически, могли блокировать ее сток. Однако серия из 50 абсолютных ОСЛ и АМС-датировок, полученная в 2007 г. К. Зигерт с коллегами [2007] в долинах рек Дянышко и Тумара (правые притоки Лены), показала существенно более древний возраст оледенений в сравнении с отложениями дьолкуминской свиты. Установлено, что наиболее древние (внешние) морены, достигавшие современного положения р. Лены, сформировались не ранее 140 тыс. л.н. (самаровское оледенение, МИС-6), следующий за ними хорошо выраженный пояс морен сформировался около 90–100 тыс. л.н. (МИС-5е), а на протяжении последних 60 тыс. лет (МИС-3–2) ледники не выходили за пределы Верхоянского хребта [Зигерт и др., 2007]. Таким образом, возраст (МИС-2) отложений дьолкуминской свиты не соответствует возрасту (МИС-6) возможного подпруживания р. Лены ледниками.

Кроме указанной выше проблемы хронологической несовместимости дьолкуминской свиты и ледниковых событий в Центральной Якутии, в гипотезе “катастрофических мегафладов” имеется множество других противоречий, обсуждение которых не является целью настоящей статьи.

Вместе с тем в ходе изучения разрезов конечно-моренных комплексов в долинах верхоянских притоков Лены К. Зигерт с соавт. [2007] установили здесь широкое распространение пылеватых и супесчаных толщ эоловых отложений последнего криохрона (МИС-2), перекрывающих средние и поздненеоплейстоценовые морены чехлом мощностью 5–15 м. По своему составу и хронологическому объему они оказались сходными с образованиями дьолкуминской свиты в опорном обнажении Песчаная Гора [Камалетдинов, Зигерт, 1989; Камалетдинов, Минюк, 1991].

Таким образом, в настоящее время для бассейна р. Лены и всех ее крупных притоков уже имеется представительное количество хорошо датированных опорных разрезов, не только подтверждающих хронологический объем дьолкуминской свиты, но и указывающих на ее широкое региональное распространение (см. рис. 1). В целом это хорошо согласуется с высказанным В.В. Колпаковым [1983] предположением о край-

ней недооценке в Якутии и Восточной Сибири объемов и ареалов распространения четвертичных эоловых и, в частности, дюнных отложений.

Основываясь на изложенных результатах исследования опорного Кысыл-Сырского разреза и других эоловых образований Центральной Якутии [Галанин, 2016; Галанин и др., 2016, 2017; Павлова и др., 2017; Галанин, Павлова, 2018], авторы пришли к выводу об эоловом (дюнном) происхождении покровных перекрестно-слоистых супесей, слагающих разновысотные террасы р. Вилюй и его притоков. По геоморфологическим условиям залегания, фациальному составу и возрасту эти образования полностью идентичны отложениям дьолкуминской свиты позднего неоплейстоцена, охарактеризованной предшественниками в опорных разрезах Песчаная Гора, Дириг-Юрях и Усть-Ботуомское в среднем течении р. Лены [Колпаков, 1983; Алексеев и др., 1984; Камалетдинов, Зигерт, 1989; Камалетдинов, Минюк, 1991; Waters et al., 1999].

История формирования покровных дюнных отложений Центральной Якутии

История формирования дьолкуминской свиты, в которую, по мнению авторов, должны быть включены и современные незакрепленные дюнные массивы, реконструируется вполне определенно, поскольку к настоящему времени уже накоплено довольно большое количество датировок [Зигерт и др., 2007; Галанин и др., 2015; 2016; Большианов и др., 2016; Павлова и др., 2017; Waters et al., 1999] и стратиграфических описаний дьолкуминской свиты (см. рис. 1). Кроме того, данные образования впервые были отображены на новой государственной карте четвертичных отложений [Карта..., 2014].

Авторы допускают, что дюнообразование и опустынивание Центральной Якутии могли проявляться не только в сартанскую эпоху (МИС-2), но и на протяжении более ранних криохронов, поскольку климат в четвертичное время здесь всегда был континентальным, а на протяжении криохронов его континентальность лишь увеличивалась. Об интенсивном и продолжительном воздействии аридных условий морфогенеза и осадконакопления свидетельствуют установленные В.В. Колпаковым [1983] дефляционные срезы речных террас, дефляционные равнины, поля ветрогранников и фасеточных камней среднееоплейстоценового возраста, многочисленные проявления россыпного эолового золота и др. На широкое распространение среднеплейстоценовых эоловых отложений в строении высоких террас р. Лены и Приленского плато указывают многие исследователи [Колпаков, 1983; Pewe, *Journaux*, 1983; Waters et al., 1999]. Более того, все пыльцевые спектры четвертичных отложений региона изобилуют ксерофитным так-

сонами, а ископаемые биомы (включая мамонтовый) представлены видами, современники которых в настоящее время встречаются лишь в холодных степях и пустынях.

Совокупность палеогеографических данных свидетельствует, что максимальному похолоданию и иссушению территория Центральной Якутии, как и территория всего Северного полушария, подверглась именно во время последнего криохрона (МИС-2), что спровоцировало резкое сокращение разнообразия и численности здесь мамонтового биома в сравнении с каргинским временем. Действительно, палеонтологические находки мамонтовой фауны возрастом моложе 25 тыс. л.н. в Центральной Якутии крайне редки, в то время как в более северных районах они регулярны и многочисленны. Широкое распространение позднеоплейстоценового эолового рельефа легко идентифицируется на космических снимках Центральной Якутии, а их площадь, занимающая до половины всей территории, указывает на катастрофическую деградацию почвенно-растительного покрова и, соответственно, пастбищ.

Авторы полагают, что на фоне прогрессирующего похолодания и иссушения климата, снижения циклонической активности и аградации криолитозоны существенная часть атмосферных осадков изымалась из стока, аккумулируясь в виде текстурных, жильных и пластовых льдов. Другая их часть подвергалась испарению, а в зимний период прямой сублимации. Иссушение климата и снижение закрепляющей функции растительного покрова способствовали развитию эмбриональных дюнных массивов на бровках речных террас. В некоторых случаях формированию зачаточных массивов могли способствовать пожары.

Ориентируясь в направлении господствующих ветров, дюнные массивы двигались на юго-восток, сливаясь в более крупные покровы и пересекая различные элементы рельефа (талвеги долин, озерные котловины и др.). Низкое положение зеркала грунтовых вод в дюнах не способствовало их закреплению растительностью.

На протяжении сартанского криохрона речной сток в регионе катастрофически сокращался, многие водотоки низких порядков даже во время половодья не могли справиться с эоловыми наносами, их долины расчленились 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 талвегов долин эоловыми наносами, обмелению водотоков и развитию меандрирования.

Так, полученные авторами данные о строении и возрасте первой террасы р. Суола (правый приток Лены в 30 км от г. Якутска), долина которой

расположена в пределах бестяхской террасы в окружении дюнных массивов дьолкуминской свиты [Галанин, Павлова, 2018, рис. 1], показывают, что на рубеже позднего неоплейстоцена и голоцена (12–10 тыс. л.н.) русло реки было на 6–8 м выше современного и интенсивно меандрировало [Potapova et al., 2016]. Здесь в обнажении 10.5-метровой террасы авторами настоящей статьи было исследовано Мегинское местонахождение мамонтовой фауны [Там же]. В интервале 0–3 м от современного уреза реки установлена линза мерзлого торфяника с большим количеством остатков мамонтовой фауны. Были идентифицированы *Bison prisus*, *Ovibos moschatus*, *Equus lenensis* и архаичная форма мамонта (*Megin Mammoth*), возраст которой (23.86–22.65 тыс. калиб. л.н., MPI-80) близок к термическому минимуму сартанского криохрона. На основе палеоэкологической реконструкции по идентифицированным в торфянике 60 фаунистическим и 25 растительным таксонам установлено, что во время его формирования средние температуры июля были не ниже +12 °С. Растительный покров был образован мозаичным сочетанием обедненных степей, лугов, островков лиственничных лесов и обширных незакрепленных почвенно-растительным покровом пространств [Potapova et al., 2016]. Остатки водной растительности вместе с ксерофитами указывают на значительные сезонные колебания уровня водоемов и господство испарительных обстановок.

Выше по разрезу, в интервале 3–7 м от современного уреза реки, торфяник перекрыт кослоистыми песками русловой фации с высоким содержанием льда-цемента (25–30 %) и массивной криотекстурой. Они датированы ранним голоценом в интервале 12.4–11.2 калиб. л.н. (MPI-109, MPI-104, MPI-105). Выше по разрезу в интервале 7–9 м от уреза реки аллювиальная пачка венчается пойменными отложениями, представленными тонкослоистыми пылеватыми супесями с линзами намывной органики и торфа и датированными началом бореального оптимума 9.95–8.74 тыс. калиб. л.н. (MPI-103, MPI-108). Выше, в интервале 9.0–10.5 м от современного уреза р. Суола, разрез венчается слоем светлых, местами охристых, супесей позднеголоценового возраста мощностью 1.0–1.5 м, включающих маломощные почвенные горизонты и плащеобразно перекрывающие все террасы в долине р. Суола.

Таким образом, результаты исследования долины р. Суола и отсутствие здесь типичных русловых фаций сартанского возраста свидетельствуют о существенном снижении аллювиальной активности в Центральной Якутии в это время. При этом широкое распространение раннеголоценовых русловых и пойменных отложений и их залегание на 7–8 м выше современного русла и поймы

свидетельствуют о кардинальном увеличении осадков и водного стока.

На протяжении второй половины голоцена большинство магистральных рек Центральной Якутии, вплоть до водотоков 3–4 порядка, смогли “очистить” свои тальвеги от дюнных наносов дьолкуминской свиты, после чего испытали врез с образованием I надпойменной террасы высотой от 8–12 м (у небольших водотоков) до 15–20 м (у магистральных – Лена, Вилюй). Долины множества водотоков более низких порядков вплоть до настоящего времени из-за слабого стока в условиях недостаточного современного увлажнения Центральной Якутии (среднеголетние осадки 240–300 мм/год) продолжают оставаться в неравновесном состоянии, унаследованном с позднеоплейстоценового времени. Их тальвеги весьма извилистые, а русла нередко представляют собой протяженные цепочки бочагов и небольших озер, соединенных пересыхающими протоками. Поймы и надпойменные террасы отсутствуют.

О крайне низкой флювиальной активности на протяжении сартанского криохрона даже крупных магистральных водотоков свидетельствуют интенсивная дефляция и распространение копьевидных дюн юго-восточной ориентировки (рис. 5) на поверхности самых низких (20–25 м) террас р. Лены в устье Алдана (63°17' с.ш., 129°47' в.д.), р. Вилюй (63°23' с.ш., 128°44' в.д.). Эти дюны не только срезают террасы, но надвинуты и частично блокируют палеорукава, днища которых всего на 12–15 м превышают современные урезы рек Лены и Вилюя и практически соответствуют высокой пойме. Этот весьма яркий признак однозначно свидетельствует о том, что уровень Лены и Вилюя уже не достигал данных отметок на протяжении всего голоцена, а речные рукава не функционировали даже по время паводков. В противном случае, блокирующие эти протоки дюны были бы несомненно размыты.

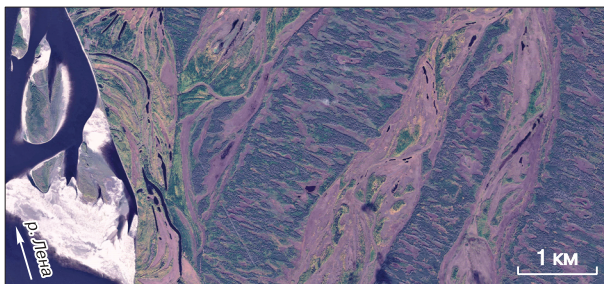


Рис. 5. Копьевидные дюны юго-восточной ориентировки, слагающие первую надпойменную (кердемскую) 15–20-метровую террасу на правом берегу р. Лены в 20 км южнее устья Алдана.

Космический снимок портала Bing (<https://www.bing.com>).

Авторы пришли к выводу, что к началу голоцена не менее 40 % территории Центральной Якутии были покрыты дюнными массивами и супесчаными покровами, чередовавшимися с полузамкнутыми котловинами дефляционного и эолово-подпрудного происхождения. Дренажная сеть была в значительной мере нарушена эоловыми процессами. На остальной части территории в условиях контрастного увлажнения развивались тундрово-лугово-степные обстановки, в пределах которых формировались покровные лессовидные суглинки с массивными ПЖЛ. Древесная и кустарниковая растительность сохранялась преимущественно по берегам водоемов.

Голоценовое потепление, начавшееся около 12,5 тыс. лет назад, отразилось в резком увеличении количества осадков, снижении эоловой активности и возрастании роли растительного покрова. Водотоки меандрировали среди дюнных наносов, полуразрушенная мелкопорядковая дренажная сеть не справлялась со стоком, множество бессточных котловин и отдельные участки долин оказывались подтопленными и заболоченными. В широком гипсометрическом интервале распространились многочисленные озера. Их наибольшее количество приурочено к крупным дюнным массивам – участкам максимального разрушения дренажной сети эоловыми процессами. Голоценовый бореальный оптимум фиксируется в большинстве разрезов в кровле дьолкуминской свиты в виде торфяников мощностью до 2–3 м с остатками пресноводных моллюсков и болотной растительности [Камалетдинов, Минюк, 1991; Павлова и др., 2017], переслаивающихся с дюнными супесями и песками.

На протяжении бореального оптимума голоцена (9–5 тыс. л.н.) на фоне увеличения количества осадков продолжалось закрепление дюнных массивов почвенно-растительным покровом. Увеличение стока способствовало проработке тальвегов водотоков низких порядков и очищению долин от эоловых наносов. В это же время отложения едомной свиты с повторно-жильными льдами на некоторых участках подвергались интенсивному термокарсту и термоабразии. К концу бореального оптимума произошел региональный врез гидросети и формирование 10–12-метровой террасы, было спущено значительное количество озер в дефляционных и эолово-подпрудных котловинах.

Весьма молодые датировки погребенных почв и стволов деревьев, вертикально погребенных в современных дюнах крупных тукуланов Махатта [Павлова и др., 2017], Кысыл-Сырский и других, позволяют предполагать, что к началу второй половины голоцена произошло закрепление большинства дюнных массивов Центральной Якутии хорошо развитым почвенно-растительным покровом, последней сукцессионной стадией которого

являются современные сосново-толокнянково-брусничные леса.

Последняя (современная) фаза активизации дюнных процессов связана с глобальным похолоданием и иссушением климата на протяжении Малого ледникового периода (XI–XIX вв.). Данные возраст имеют все современные незакрепленные дюнные массивы Центральной Якутии [Павлов, 1981; Галанин и др., 2016], площадь которых в настоящее время составляет около 3 тыс. км² [Куть, 2015]. Позднеголоценовое дюнообразование происходило преимущественно после крупных пожаров путем активизации отдельных участков древних дюнных массивов.

Заметим, что 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 [Wolfe et al., 2011], в Западной и Восточной Сибири [Иванов, 1966; Уфимцев и др., 1997; Величко, Тимирева, 2005; Выркин, 2010].

ВЫВОДЫ

Накопленный к настоящему времени объем абсолютных датировок покровных дюнных отложений Центральной Якутии позволяет отнести их к дьолкуминской свите, формировавшейся от конца каргинского термохрона до начала голоцена (от 35 до 12–10 тыс. л.н.). Наиболее широких масштабов эоловое рельефообразование достигло в сартанский термический минимум (21–18 тыс. л.н.). Эоловой переработке подвергались элювиальные, склоновые, аллювиальные, озерные и ледниковые отложения разного возраста на всех гипсометрических уровнях. Формирование современных незакрепленных дюнных массивов активизировалось не ранее 1 тыс. лет назад и связано с похолоданием и иссушением климата во время Малого ледникового периода. Установленный хронологический объем дюнных отложений дьолкуминской свиты Центральной Якутии хорошо согласуется с данными предшествующих исследований, указывающих на широкое распространение дюнных отложений последнего криохрона (МИС-2) и позднего голоцена на территории Западной Сибири, Северной Европы, Аляски и Канады.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Комплексной программы фундаментальных научных исследований СО РАН II.1 и РФФИ (проекты № 17-05-00954, 18-45-140012).

Литература

Алексеев М.Н. Стратиграфия континентальных неогеновых и четвертичных отложений Виллойской впадины и долины нижнего течения реки Лены. М., Изд-во АН СССР, 1961, 120 с.

- Alekseev, M.N., 1961. Stratigraphy of continental Neogene and Quaternary sediments of the Vilyui depression and the lower Lena valley. Izd-vo AN SSSR, Moscow, 120 pp. (in Russian)
- Алексеев М.Н., Камалетдинов В.А., Гриненко О.В.** Кайнозойские отложения Лены и Алдана // 27-й Междунар. геологический конгресс. Якутская АССР, Сибирская платформа. Сводный путеводитель экскурсий 052, 053, 054, 055. Новосибирск, Наука, 1984, с. 21–42.
- Alekseev, M.N., Kamaletdinov, V.A., Grinenko, O.V., 1984. Cenozoic sediments of the Lena and Aldan rivers. In: Proceedings of the 27th Geological Congress. Yakut ASSR, Siberian Platform. Guidebook for excursions 052, 053, 054, 055. Nauka, Novosibirsk., pp. 21–42. (in Russian)
- Большаинов Д.Ю., Тидэ Й, Савельева Л.А. и др.** К изучению этапов развития долины р. Лены // Материалы Всерос. науч.-практ. конф. “Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России” (Якутск, 6–8 апр. 2016 г.). Якутск, Изд. дом СВФУ, 2016, с. 469–472.
- Bolshiyunov, D.Yu., Thiede, J., Saveliyeva, L.A., et al., 2016. To the study of the evolution stages of the Lena river valley. In: Proceedings of the All-Russian scientific conference “Geology and mineral resources of the North-East of Russia” (Yakutsk, April 6–8, 2016). SVFU Publishing House, Yakutsk, pp. 469–472. (in Russian)
- Величко А.А., Тимирева С.Н.** Западная Сибирь – великая позднеледниковая пустыня // Природа, 2005, № 5, с. 54–62.
- Velichko, A.A., Timireva, S.N., 2005. Western Siberia, the great Late-Glacial desert. Priroda, No. 5, 54–62.
- Вуркин В.Б.** Эоловое рельефообразование в Прибайкалье и Забайкалье // География и природ. ресурсы, 2010, № 3, с. 25–32.
- Vurkin, V.B., 2010. Aeolian relief formation in the Prebaikalia and Transbaikalia. Geography and Natural Resources 31(3), 215–221.
- Галанин А.А.** Современные представления о генезисе и возрасте позднечетвертичных покровных отложений Центральной Якутии // Материалы Всерос. науч.-практ. конф. “Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России”. Якутск, Изд. дом СВФУ, 2016, с. 509–512.
- Galanin, A.A., 2016. A contemporary view of the age and origin of Late Quaternary sediment blanket of Central Yakutia. In: Proceedings of All-Russian Scientific Conference “Geology and mineral resources of the North-East of Russia”. SVFU Publishing House, Yakutsk, pp. 509–512. (in Russian)
- Галанин А.А.** Позднечетвертичные криопустыни Центральной Якутии // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы X Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода. М., ГЕОС, 2017, с. 83–85.
- Galanin, A.A., 2017. Late Quaternary cryodeserts of Central Yakutia. In: Fundamental problems of the Quaternary: results of the studies and main directions of future research. Proceedings of the 10th Meeting on the Quaternary. GEOS, Moscow, pp. 83–85. (in Russian)
- Галанин А.А., Дьячковский А.П., Лыткин В.М. и др.** Результаты определения абсолютного возраста образцов в радиоуглеродной лаборатории Института мерзлотоведения СО РАН // Наука и образование, 2015, № 4 (80), с. 45–49.
- Galanin, A.A., Diachkovskii, A.P., Lytkin, V.M., et al., 2015. Results of absolute age dating of samples at the Radiocarbon Laboratory of Permafrost Institute SB RAS, Nauka i Obrazovanie 4 (80), 45–49.
- Галанин А.А., Оленченко В.В., Христофоров И.И. и др.** Мерзлотно-гидрогеологические условия и температурный режим позднечетвертичных дюнных массивов Центральной Якутии // Материалы расширенного заседания Научного совета по криологии Земли РАН “Актуальные проблемы геокриологии”. М., МГУ, 2018, с. 52–58.
- Galanin, A.A., Olenchenko, V.V., Khristoforov, I.I., et al., 2018. Permafrost-hydrogeological conditions and thermal regime of Late Quaternary dune massifs of Central Yakutia. Proceedings of the “Actual problems of geocryology” Extended Meeting of the Scientific Council on Earth Cryology RAS. Moscow University press, Moscow, pp. 52–58. (in Russian)
- Галанин А.А., Павлова М.Р.** Позднечетвертичные дюнные образования (дьюлкуминская свита) в Центральной Якутии (Часть 1) // Криосфера Земли, 2018, т. XXII, № 6, с. 3–15.
- Galanin, A.A., Pavlova, M.R., 2018. Late Quaternary dune formations (D’olkuminskaya series) in Central Yakutia (Part 1). Earth’s Cryosphere XXII (6), 3–15.
- Галанин А.А., Павлова М.Р., Шапошников Г.И., Лыткин В.М.** Тукуланы: песчаные пустыни Якутии // Природа, 2016, № 11, с. 44–55.
- Galanin, A.A., Pavlova, M.R., Shaposhnikov, G.I., Lytkin, V.M., 2016. Tukulans: sand deserts of Yakutia. Priroda, No. 11, 44–55.
- Галанин А.А., Шишков В.А., Климова И.В.** Фульгуриты: “автографы молний” в песчаных дюнах Якутии // Природа, 2017, № 5 (1221), с. 52–60.
- Galanin, A.A., Shishkov, V.A., Klimova, I.V., 2017. Fulgurites: the lightning marks in sandy dunes of Yakutia. Priroda, No. 5 (1221), 52–60.
- Геокриология СССР.** Средняя Сибирь / Под ред. Э.Д. Эршова. М., Наука, 1989, 414 с.
- Ershov, E.D. (Ed.), 1989. Geocryology of the USSR. Central Siberia. Nauka, Moscow, 414 pp. (in Russian)
- Гросвальд М.Г.** Евразийские гидросферные катастрофы и оледенения Арктики. М., Науч. мир, 1999, 120 с.
- Grosvald, M.G., 1999. Eurasian Hydrosphere Catastrophes and Glaciations of the Arctic. Nauchny Mir, Moscow, 120 pp. (in Russian)
- Зигерт К., Штаух Г., Лемкуль Ф. и др.** Развитие оледенения Верхоянского хребта и его предгорий в плейстоцене: результаты новых исследований // Регион. геология и металлогения, 2007, № 30–31, с. 222–228.
- Siegert, K., Stauch, G., Lehmkühl, F., Sergeenko, A.I., Diekmann, B., Popp, S., Beloliubskii, I.N., 2007. Evolution of glaciations of the Verkhoyansk Range and its foothills in the Pleistocene: the results of new research. Regionalnaia Geologiya i Metallogeniya, No. 30–31, 222–228.
- Иванов А.Д.** Эоловые пески Западного Забайкалья и Прибайкалья. Улан-Удэ, Бурят. кн. изд-во, 1966, 232 с.
- Ivanov, A.D., 1966. Aeolian Sands of Western Transbaikalia and Prebaikalia. Buryat. kn. izd-vo, 232 pp. (in Russian)
- 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.
- Kamaletdinov, V.A., Siegert, K., 1989. Brief lithological characteristics of Cenozoic deposits of archeological site Diring-Yurakh (Middle Lena). In: The Pleistocene of Siberia. Nauka, Novosibirsk, pp. 126–131. (in Russian)
- Камалетдинов В.А., Минюк П.С.** Строение и характеристика отложений бестяхской террасы Средней Лены // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода, 1991, № 60, с. 68–78.
- Kamaletdinov, V.A., Minyuk, P.S., 1991. The structure and characteristics of sediments of the Bestyakh terrace on the middle Lena river. Bulletin of the Commission of Quaternary Research, No. 60, 68–78.

- Карта** четвертичных отложений СССР / Ред. Г.С. Ганешин. Мин-во геологии СССР, ФГУП "ВСЕГЕИ", 1959, 8 л.
Ganeshin, G.S. (Ed.), 1959. Map of Quaternary deposits of the USSR. Ministry of Geology of the USSR, FGUP "VSEGEI", 8 sheets. (in Russian)
- Карта** четвертичных отложений СССР // Географический атлас для учителей средней школы. М-б 1:16 000 000 / Отв. ред. Л.Н. Колосов. М., ГУГК, 1982, 176 с.
Kolosov, L.N. (Ed.-in-charge), 1982. Map of Quaternary deposits of the USSR. Geographical Atlas for secondary school teachers. Scale 1:16 000 000. GUGK, Moscow, 176 pp. (in Russian)
- Карта** четвертичных образований территории Российской Федерации. М-б 1:2 500 000. М., ВСЕГЕИ, 2014, 1 л. – <http://www.vsegei.ru>.
Map of Quaternary formations on the territory of the Russian Federation, 2014. Scale 1:2 500 000. VSEGEI, Moscow, 1 sheet.
- Катасонова Е.Г., Толстов А.Н.** Геокриологические особенности развееваемых песков (тукуланов) правобережья р. Вилюй. Многолетнемерзлые горные породы различных районов СССР. М., Изд-во АН СССР, 1963, с. 166–178.
Katonsonova, E.G., Tolstov, A.N., 1963. Geocryological features of sands (tukulans) on the right bank of the Vilyui River. In: Permafrost rocks in various regions of the USSR. Akad. Nauk SSSR, Moscow, pp. 166–178. (in Russian)
- Колпаков В.В.** Эоловые четвертичные отложения Приленской Якутии // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода, 1983, № 52, с. 123–131.
Kolpakov, V.V., 1983. Aeolian Quaternary deposits in the Lena area of Yakutia. Bulletin of the Commission of Quaternary Research, No. 52, 123–131.
- Куть А.А.** Эолово-мерзлотные образования (тукуланы) Центральной Якутии: строение, генезис, возраст, закономерности распространения: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Якутск, 2015, 22 с.
Kut', A.A., 2015. Aeolian-permafrost dune massifs (tukulans) in Central Yakutia: their structure, genesis, age and distribution patterns. Extended abstract of Cand. Sci. (geol.-mineral.) Dissertation. Yakutsk, 22 pp. (in Russian)
- Павлов П.Д.** Географическое распространение эоловых песков в Центральной Якутии // Эоловые образования Центральной Якутии. Якутск, ИМЗ СО АН СССР, 1981, с. 18–30.
Pavlov, P.D., 1981. Geographical Extent of Aeolian sands in Central Yakutia. In: Aeolian Formations of Central Yakutia. IMZ SO AN SSSR, Yakutsk, pp. 18–30. (in Russian)
- 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) // Сиб. экол. журн., 2017, т. 24, № 4, с. 473–486.
Pavlova, M.R., Rudaya, N.A., Galanin, A.A., Shaposhnikov, G.I., 2017. The structure and evolution of dune massifs in the Vilyuy River basin in the late Quaternary (a case study of Makhatta and Kysyl-Syr tukulans). Sibirskii Ecologicheskii Zhurnal 24 (4), 473–486.
- Поморцев О.А., Большианов Д.Ю., Попов В.Б., Правкин С.А.** К проблеме морских трансгрессий и обстановок осадконакопления в Центральной и Северной Якутии в неоплейстоцене // Вестн. СВФУ. Сер. Науки о Земле, 2017, № 4 (08), с. 5–13.
Pomortsev, O.A., Bolshiyonov, D.Yu., Popov, V.B., Pravkin, S.A., 2017. To the problem of Late Pleistocene marine transgressions and depositional environments in Central and Northern Yakutia. Vestnik SVFU, seriya "Nauki o Zemle", 4 (08), 5–13.
- Соловьев П.А.** Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. М., Изд-во АН СССР, 1959, 144 с.
Soloviev, P.A., 1959. Cryolithozone of the northern part of the Lena-Amga interfluvium. Izd-vo Akad. Nauk SSSR, Moscow, 144 pp. (in Russian)
- Спектор В.Б., Спектор В.В., Торговкин Я.И. и др.** Плошадные гидрогенные формы и связанные с ними фладстримы на территории Центрально-Якутской равнины на рубеже плейстоцена и голоцена // Вопр. географии, 2016, № 142, с. 291–313.
Spektor, V.B., Spektor, V.V., Torgovkin, Ya.I., 2016. The Pleistocene-Holocene boundary areal hydrogenous forms and associated floodstreams in the area of Central Yakut Plain. Voprosy Geografii, No. 142, 291–313.
- Спектор В.В., Спектор В.Б., Боесков Г.Г. и др.** Перигляциальный аллювий Центрально-Якутской равнины по данным изучения опорного обнажения Песчаная гора // Вестн. ЗабГУ, 2017, т. 23, № 5, с. 45–59.
Spektor, V.V., Spektor, V.B., Boeskorov, G.G., et al., 2017. Periglacial alluvium of the Central-Yakutian plain according to the study of the reference outcrop of Peschanaya Mt. Vestnik ZabGU, 23 (5), 45–59.
- Строение и абсолютная геохронология аласных отложений Центральной Якутии** / Под ред. Е.М. Катасонова. Новосибирск, Наука, 1979, 95 с.
Katonsonov, E.M. (Ed.), 1979. Structure and Absolute Geochronology of Alas Deposits in Central Yakutia. Nauka, Novosibirsk, 95 pp. (in Russian)
- Унифицированная региональная стратиграфическая схема четвертичных отложений Средней Сибири (Таймыр, Сибирская платформа)** / Ред. В.С. Волкова, Б.А. Борисов, В.А. Камалетдинов. Новосибирск, СНИИГГиМС, 2010, 89 с.
Volkova, V.S., Borisov, B.A., Kamaletdinov, V.A. (Eds.), 2010. Unified regional stratigraphic scheme of Quaternary deposits of Central Siberia (Taimyr, Siberian platform). SNIIGGiMS, Novosibirsk, 89 pp. (in Russian)
- Уфимцев Г.Ф., Джанотта А., Перевалов А.В. и др.** Эоловые ландшафты Тункинской котловины // География и природ. ресурсы, 1997, № 1, с. 65–70.
Ufimtsev, G.F., Janotta, A., Perevalov, A.V., et al., 1997. Aeolian landscapes of the Tunka valley. Geografia i Prirodnue Resursy, No. 1, 65–70.
- Black, R.F.** Eolian deposits of Alaska // Arctic, 1951, vol. 4, No. 2, p. 89–111.
- 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.
- Potapova, O., Maschenko, E.N., Protopopov, A., et al.** The Sartanian biodiversity of Central Yakutia, Russia: the analyses of the new Late Pleistocene Megin Site // Society of Vertebrate Paleontology: Abstr. 76th Annual Meeting (Salt Lake City, Utah, USA, Oct. 26–29, 2016), 2016, p. 207.
- Waters, M.R., Forman, S.L., Pierson, J.M.** Late Quaternary geology and geochronology of Diring an early Paleolithic site in Central Siberia // Quatern. Res., 1999, No. 51, p. 195–211.
- Wolfe, S., Bond, J., Lamothe, M.** Dune stabilization in Central and Southern Yukon in relation to Early Holocene environmental change, Northwestern North America // Quatern. Sci. Rev., 2011, No. 30 (3–4), p. 324–334.

*Поступила в редакцию 19 октября 2017 г.,
после доработки – 7 июня 2018 г.,
принята к публикации 13 сентября 2018 г.*