УДК 551.7 (571.56)

Рельеф, строение и возраст четвертичных отложений долины р. Лены в Якутской излучине

С. А. Правкин[1,2], *Д. Ю. Большиянов*[1], *О. А. Поморцев*[3], *Л. А. Савельева*[2], *А. Н. Молодьков*[4], *М. Н. Григорьев*[5], *Х. А. Арсланов*[2]

[1] Арктический и антарктический НИИ,
Российская Федерация, 199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, 38
[2] Санкт-Петербургский государственный университет,
Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9
[3] Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова,
Российская Федерация, Республика Саха (Якутия), 677000, Якутск, ул. Белинского, 58
[4] Таллиннский технологический университет, Эстонская Республика, 19086, Таллин, ул. Эхитаяте, 5
[5] Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН,
Российская Федерация, Республика Саха (Якутия), 677000, Якутск, Мерзлотная ул., 36

Для цитирования: Правкин С. А., Большиянов Д. Ю., Поморцев О. А., Савельева Л. А., Молодьков А. Н., Григорьев М. Н., Арсланов Х. А. Рельеф, строение и возраст четвертичных отложений долины р. Лены в Якутской излучине // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63. Вып. 2. С. 209–229. https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2018.206

Исследовано геоморфологическое и геологическое строение долины р. Лены в среднем течении на участке между устьями рек Буотама и Алдан (Якутская излучина). Цель исследования — понять историю развития речной долины. Для этого построены ее поперечные геоморфологические профили, карта густоты эрозионного расчленения, геоморфологическая схема исследованного участка. Изучено строение террас и датированы слагающие их осадки методом оптически инфракрасно-стимулированной люминесценции (ИК-ОСЛ) и радиоуглеродным методом. Также изучены спорово-пыльцевые спектры из отложений террас и содержание в них диатомовых водорослей. В долине выделены низкая и высокая поймы до высоты 10–12 м, две надпойменные террасы, высота которых по простиранию вдоль реки заметно изменятся (5–20 м и 30–70 м), и Абалахская равнина (древняя терраса) на высоте 100–140 м над рекой. В окрестностях Якутска первую террасу называют Сергеляхской, вторую — Бестяхской. Низкая пойма имеет возраст первые сотни радиоуглеродных лет, Сергеляхская терраса — около 10 тыс. радиоуглеродных лет, Бестяхская датируется концом каргинского времени и сартанским временем позднего неоплейстоцена. Наиболее древние ИК-ОСЛ-датировки получены для отложений уступа Абалахской равнины (234–182 тыс. л. н.). Поверхность Бестяхской террасы в целом снижается сверху вниз по течению от 50–70 м южнее Якутска до 30–40 м ниже слияния с Алданом. Отложения террасы ниже впадения Алдана имеют преимущественно алевритовый состав, в отличие от песчаных отложений Лены выше слияния двух рек. Высота террас и пойм изменяется на исследованном отрезке долины таким образом, что одна и та же поверхность может быть выработана в отложениях разного возраста или один и тот же возраст может соответствовать геологическим телам, в которых выработаны разновысотные площадки террас.

Ключевые слова: речная долина, речные террасы, пойма, река Лена, ИК-ОСЛ-датирование, радиоуглеродное датирование, развитие долины, поздний неоплейстоцен, голоцен.

Введение

Первые схемы геоморфологического строения долины Лены в Якутской излучине появились в 1950-х гг. Так, в работе (Зольников и Попова, 1957) была составлена геоморфологическая схема Центральной Якутии, согласно которой долина Лены в среднем течении и в части ее нижнего течения разбита на несколько древних аллювиальных равнин. В указанной работе также приводится палеоботаническая характеристика осадков, слагающих равнины, обосновывается их аллювиальное происхождение. Для криолитозоны Лено-Амгинского междуречья, изученной в работе (Соловьёв, 1959), была выделена лестница из 11 террас (включая пойму), разделенная на три уровня:

1) низкие аккумулятивные террасы: пойменная, Якутская и Сергеляхская;
2) средневысотные аккумулятивно-эрозионные террасы: Кердемская, Бестяхская, Тюнгюлюнская псевдотерраса, абалахская, маганская;
3) высокие эрозионные террасы: эмильская, киренская, верхоленская.

По мнению П. А. Соловьёва, эти формы рельефа разнородны и делятся на три типа:

1) нормальные речные террасы,
2) аллювиальные равнины,
3) денудационные равнины.

В работе (Катасонов и Иванов, 1973) подробно описывается ряд ключевых плейстоценовых обнажений в долине среднего течения Лены. Позднее в работе (Иванов, 1984) была приведена подробная геоморфологическая схема Центральной Якутии. М. С. Иванов выделил пойму Лены и пять надпойменных террас:

1) Якутскую,
2) Сергеляхскую,
3) Кердемскую,
4) Бестяхскую,
5) Тюнгюлюнскую.

В последние годы появляются несколько отличные от вышеупомянутых представления о геоморфологическом строении долины Лены. Например, Сергеляхская и Якутская террасы объединены в один уровень (Спектор и др., 2008). Еще один уровень — дьелкуминский террасовидный — помещают между Кердемской и Бестяхской террасами (Спектор и Спектор, 2002).

Если вопрос аллювиального происхождения низких террас (эрозия, накопление) не вызывает сомнений, то для средневысотных он остается до сих пор дискуссионным. Так, происхождение мощных монотонных, выдержанных по простиранию песчаных толщ Бестяхской террасы, разные исследователи объясняют по-разному. Например, в работе (Лунгерсгаузен, 1961) сделан вывод, что причинами ее образования могли быть подтопление в результате перепруживания ленской долины ледником в нижнем течении реки, тектоническое поднятие в приустьевой части или бореальная трансгрессия. Похожее мнение приводится в работе (Линдберг, 1965), в которой предполагается, что мощные монотонные песчаные толщи в районе Якутска могли накопиться при затоплении долины Лены морем до современной отметки в 180 м над его нынешним уровнем. Образовавшийся в Центральной Якутии обширный водоем при этом был опреснен. Подпрудное происхождение толщ Бестяхской террасы поддерживают и другие исследователи (Бискэ, 1964; Флоренсов и др., 1987).

Существуют и другие гипотезы происхождения Бестяхской террасы:

— эрозионно-аккумулятивная (Алексеев и др., 1962),
— эоловая (Васильев и Самсонова, 2000),
— фладстримов (Спектор и др., 2016),
— полигенетическая (Камалетдинов и Минюк, 1991; Сладкопевцев, 1976).

В последние годы по результатам исследования в рамках российско-германского проекта «Природная система моря Лаптевых» установлено решающее значение колебаний уровня моря для происхождения и формирования дельты реки Лены (Большиянов и др., 2013). Были получены данные о происхождении и развитии дельты при повышенном уровне моря в каргинское время, что не могло не отразиться на условиях формирования террас и на Средней Лене.

Наши исследования в Якутской излучине ведут свою историю с 2012 г., когда по инициативе Йорна Тиде, почетного профессора Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ), были организованы палеогеографические исследования верховьев Лены в пределах Иркутской обл. Затем они были продолжены в районе Якутска (Большиянов и др., 2016). В рамках российско-германских экспедиций «Лена-2014–2017» решались задачи по картированию и изучению геоморфологического и геологического строения террас реки Лены в среднем и нижнем ее течении от Якутска до дельты, чтобы определить роль морских и речных факторов в процессах формирования долины реки.

Основная цель настоящей статьи — представить новый фактический материал по геоморфологическому и геологическому строению, возрасту и происхождению долины Лены в ее излучине между устьями Буотамы и Алдана.

Методы исследований

Полевые исследования заключались в описании естественных обнажений террас Лены и ее притоков. На участках этих разрезов были отобраны образцы для проведения спорово-пыльцевого анализа и датирования возраста. Датирование ИК-ОСЛ-методом выполнено в лаборатории геохронологии четвертичного периода Института геологии Таллинского технологического университета. Радиоуглеродное датирование и спорово-пыльцевой анализ проведены в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана им. В. П. Кёппена СПбГУ. Диатомовый анализ выполнен в отделе географии полярных стран Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ). Профили террас построены по топографической карте масштаба 1 : 200 000. Высота террас определена по топографическим картам разных масштабов, а также при помощи эклиметра и приемника GPS.

Результаты исследований

Согласно схеме[1] речной долины и ее геоморфологическим профилям в излучине между устьями Буотамы и Алдана (рис. 1 и 2), пойменные террасы Лены на исследуемом участке возвышаются над урезом воды в реке до отметки 12 м: низкая пойма — на высоте 3–5 м, высокая — на высоте 5–12 м. Поймы сложены аллювием, состоящим из песка и растительных остатков. Их возраст составляет от нескольких тысячелетий до нескольких столетий. Так, например, возле уступа размыва поймы высотой 3 м на северо-западном берегу о. Ниряйик напротив пос. Графский Берег (62°46’57,1” с. ш., 129°43’20,7” в. д.) радиоуглеродный возраст растительных остатков в переслаивании песков и растительного детрита, отобранных с отметки 0,40 м над водой, составил 400 ± 80 лет (ЛУ-8310)[2], а возраст растительных остатков, отобранных с отметки 1,75 м над водой, — 390 ± 60 лет (ЛУ-8311). Древесина из переслаивания песков и растительных остатков, отобранная с отметки 1,2 м над водой на противоположном берегу (возле п. Графский Берег, 62°47’20,3” с. ш., 129°43’18,4” в. д.), имеет возраст 290 ± 60 лет (ЛУ-8312).

Высокая пойма (7–8 м) на правом берегу Лены в устье Буотамы сложена горизонтально слоистыми кварцевыми песками, имеющими возраст 8190 ± 100 л. н. (ЛУ-7258), определенный по растительным остаткам в песках. Это возраст первой надпойменной террасы, эродированной до уровня высокой поймы. На противоположном берегу Лены выражена эрозионная терраса — пойма периода формирования палеорусла (на ней стоит п. Булгунняхтах). Она выработана в дочетвертичных породах на этой же высоте 7–8 м. В литературных источниках эта терраса называется Якутской, аналогично ее называют и жители Якутска.

Первая терраса (Сергеляхская) также сложена песками и имеет высоту 15–20 м (см. рис. 1 и 2). Радиоуглеродный возраст основания этой террасы, определенный для участка высотой 17 м, на котором расположен Институт мерзлотоведения СО РАН в Якутске, составляет 10 020 ± 230 лет (ЛУ-7257). Датировка выполнена по растительному детриту из косых серий аллювия, залегающего в подземелье института с уровня 10 м ниже поверхности.

Ниже по течению на правом берегу реки в районе п. Фрунзе выделяется терраса высотой 5–13 м, сложенная необычными для Лены галечниками и серыми алевритами, характерными для аллювия Алдана. В уступе размыва высотой 8 м в точке с координатами 63°01’30,2” с. ш., 129°44’14,5” в. д. снизу на урезе воды в меженном русле обнажаются галечники видимой мощностью 1 м (гальки здесь в основном представлены кварцем, иногда с примесью халцедона и яшмы), на которые налегают пески и алевриты (рис. 3). Верхний метровой слой отложений этой террасы в уступе смят в складки (простые, сундучные и лежачие), а отложения под складками на глубине 1,2 м имеют ИК-ОСЛ-возраст 10,0 ± 0,8 тыс. лет (RLQG 2463–067). Таким образом, аллювий этой террасы является одновозрастным с аллювием Сергеляхской террасы в Якутске. Рельеф этой части долины отмечен гривами и разде-

[1] Геоморфологическая схема долины Лены в якутской излучине составлена авторами настоящей статьи на основе схематической геоморфологической карты Лено-Алданской части Центральной Якутии, приведенной в работе (Иванов, 1984).

[2] Здесь и далее при описаниях в скобках приведены уникальные лабораторные номера образцов.

ляющими их ложбинами юго-западного направления. Рельеф и отложения предположительно свидетельствуют о бывшем стоке Алдана на рубеже плейстоцена и голоцена по протокам в Лену именно в этом месте долины, т. е. примерно в 45–50 км выше по течению от современного их слияния.

Ниже п. Фрунзе прослеживается аккумулятивная терраса высотой 13–15 м, сложенная такими же серыми песчано-гравийно-алевритовыми отложениями, смятыми в верхней части в простые пологие складки. В точке с координатами 63°05’52,7” с. ш., 129°43’20,1” в. д., в уступе размыва высотой 15 м сверху вскрываются горизонтально-слоистые разнозернистые пески с гравием и растительным детритом. ИК-ОСЛ-возраст песков и алевритов со следами ряби и волнения с отметки 1,70 м от бровки уступа оказался равным 5,0 ± 0,4 тыс. лет (RLQG 2464–067). Ниже п. Харыялах по правому берегу реки есть похожее обнажение песков протяженностью около 1 км. Оба обнажения сверху по течению ограничены холмами высотой до 20–25 м (вероятно, дюнами). Терраса высотой около 13 м ниже по течению, напротив ухвостья о. Омулаган, сложена горизонтально-слоистыми песками. К обнажению песков также причленена терраса высотой 7 м. Судя по составу отложений и рельефу, здесь, ближе к устью Алдана, снова прослеживается 13–15-метровая терраса Лены голоценового возраста.

На построенных профилях (см. рис. 2) следующая в лестнице террас — Бестяхская, высотой 30–70 м, а Кердемская высотой 26–36 м (Соловьёв, 1959; Иванов, 1984) на этих профилях не проявляется. Бестяхская терраса начинается вблизи устья Буотамы и заканчивается в 50–55 км выше впадения Алдана. Это широкая (до 40 км) и протяженная (до 230 км) площадка, сложенная песчаными аллювиальными отложениями. Высота ее меняется от 50–70 м над рекой в районе Улахан-Тарына до 45–65 м к востоку от п. Фрунзе (см. рис. 1 и 2). В самой широкой части, напротив Якутска, ее высота достигает 50–60 м. Ниже впадения Алдана на правом склоне долины Лены высота останца Бестяхской террасы достигает 30–40 м. То есть на рассматриваемом отрезке долины эта терраса становится ниже в направлении вниз по течению. Она очень хорошо выражена в рельефе, что подчеркивается картой густоты эрозионного расчленения рельефа, построенной на эту территорию (рис. 4). Карта может свидетельствовать также об относительной молодости и общности происхождения рельефа Бестяхской террасы по сравнению с окружающими территориями.

Терраса сложена песками, а ниже впадения Алдана — песчаными алевритами. Ее строение установлено на основании данных изучения следующих разрезов (расположенных сверху вниз по течению Лены): «Буотама», «Улахан-Тарын», «Нижний Бестях», «Суллар Мыран», «Батамай».

Обнажение «Буотама» расположено на правом берегу Лены напротив п. Булгунняхтах, в 1 км выше по течению от устья Буотамы. Здесь пойма высотой 7–8 м примыкает к отложениям высокой (30 м) террасы, сложенной песком. Координаты начала этого 5-километрового разреза — 61°15’41,5” с. ш., 128°44’05,9” в. д. (возле устья Буотамы). Высота разреза над уровнем моря по прибору GPS равна 120 м. В 8 м ниже бровки обнажения вскрываются пески кварцевые, серовато-желтые, мелко- и среднезернистые, переслаивающиеся между собой. Слоистость подчеркивается более темными прослоями песка толщиной до 1 см, содержащими алеврит. Слоистость горизонтальная и только с большого расстояния видно, что это косые

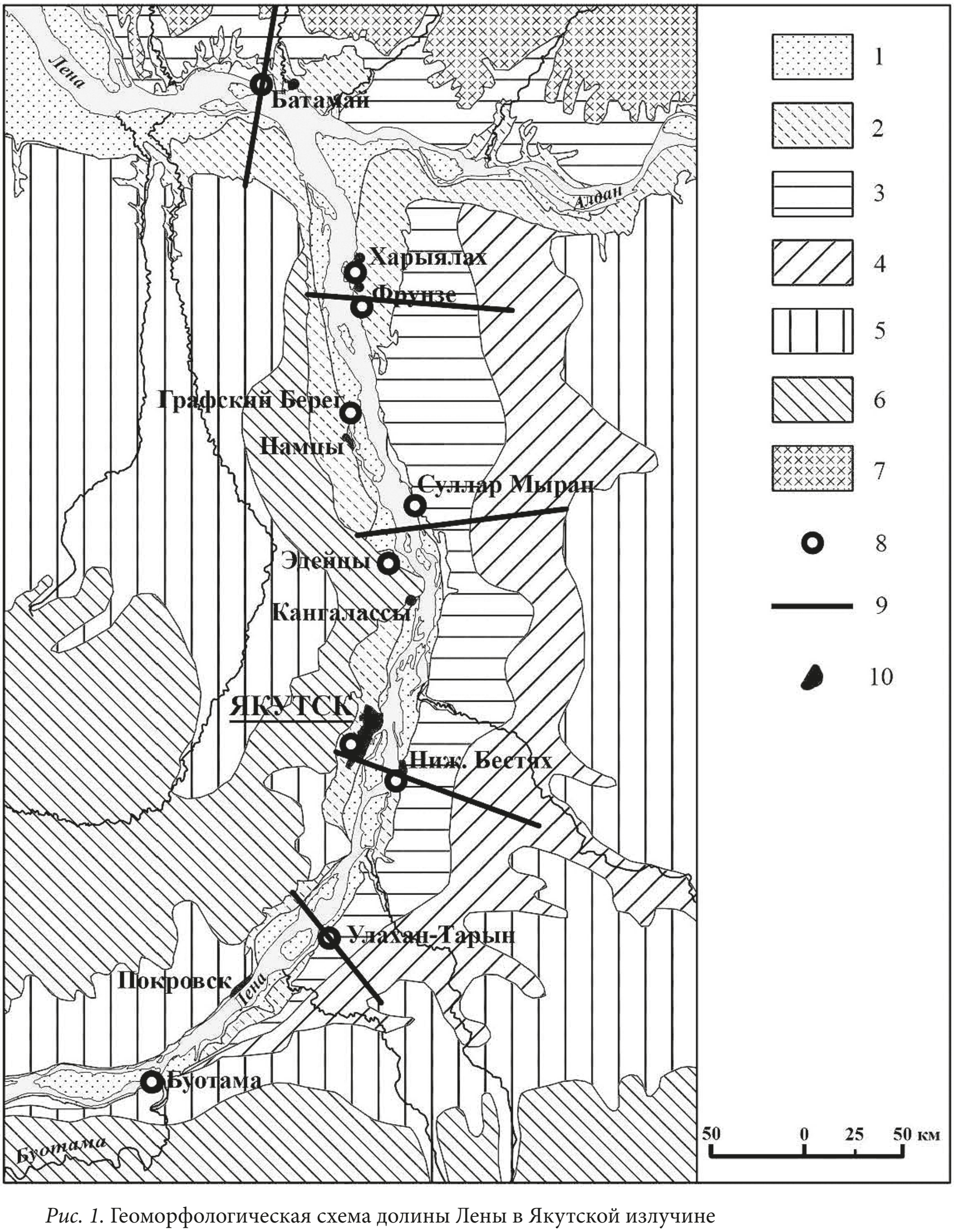

Рис. 1. Геоморфологическая схема долины Лены в Якутской излучине

1 — пойма, 2 — 5–20-метровая терраса (Сергеляхская), 3 — 30–70-метровая терраса (Бестяхская), 4 — Тюнгюлюнская терраса, 5 — эрозионно-аккумулятивная Абалахская равнина, 6 — денудационная равнина, 7 — ледниковая и водно-ледниковая равнина, 8 — места проведения исследований, 9 — поперечные профили (см. рис. 2), 10 — населенные пункты

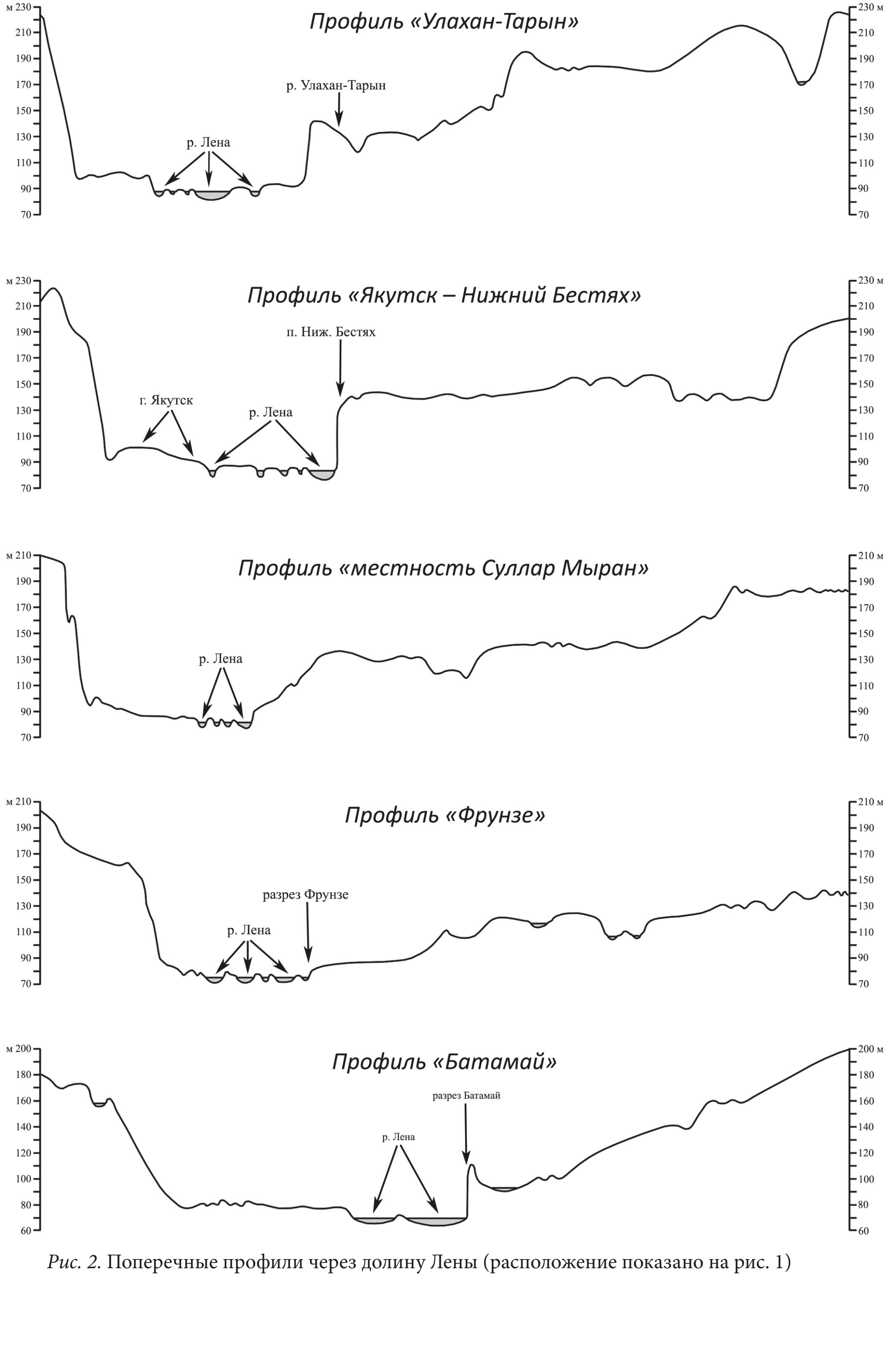

Рис. 2. Поперечные профили через долину Лены (расположение показано на рис. 1)

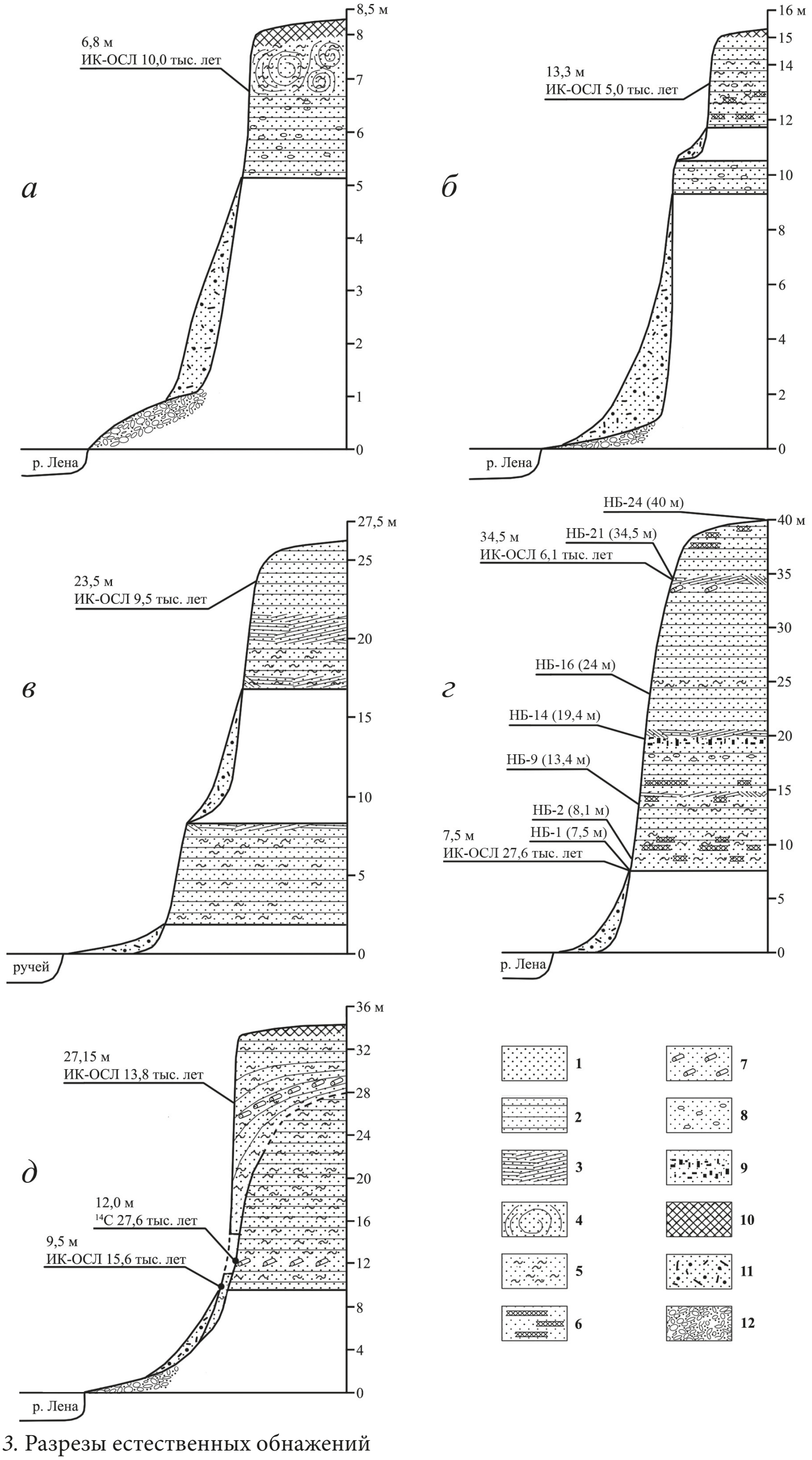

Рис. 3. Разрезы естественных обнажений

а — Фрунзе, *б* — Харыялах, *в* — Улахан-Тарын, *г* — Нижний Бестях, *д* — Батамай; 1 — песок, 2 — горизонтальная слоистость, 3 — перекрестная слоистость, 4 — деформации и складки, 5 — алеврит, 6 — детрит, 7 — древесина, 8 — галька, 9 — уголь, 10 — почва, 11 — осыпь, 12 — галечник

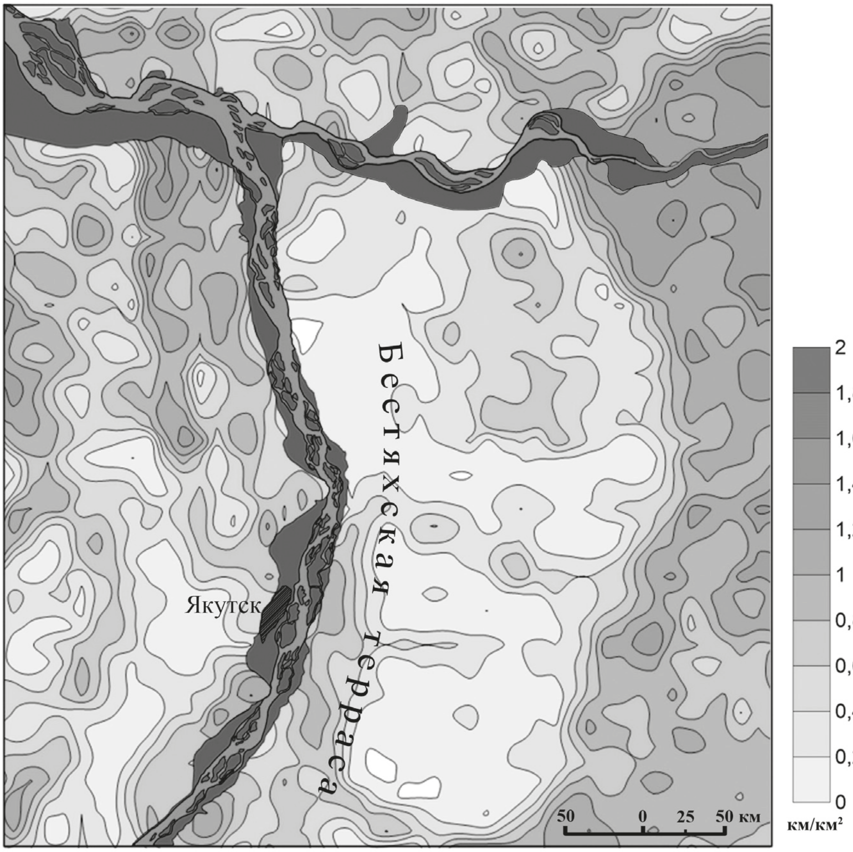

Рис. 4. Густота эрозионного расчленения Бестяхской террасы

серии с очень пологим их падением. Мерзлотная текстура отложений массивная. В верхней по течению части разреза русловые пески перевеваются ветром и на поверхности террасы образован тукулан высотой до 10–15 м, пески которого засыпают лес.

Обнажение «Улахан-Тарын», вскрывающее пески Бестяхской террасы, описано на участке долины правого притока р. Улахан-Тарын, в 800 м выше впадения этого притока в основную реку (61°34'53,5" с. ш., 129°32'28,6" в. д.). Река подмывает правый склон долины и образует уступ размыва высотой 26 м (см. рис. 3). Снизу с высоты от 2 до 8 м над рекой вскрываются кварцевые серовато-желтые, мелкозернистые, хорошо сортированные пески, переслаивающиеся с тонкозернистым песком и алевритом. Слоистость горизонтальная и волнистая. В верхней части обнажения (17–26 м над урезом воды) вскрыты пачки песков того же состава, косослоистые, мощностью до 2 м, с наклоном слоев до 15°, чередующиеся с горизонтально залегающими пластами. Возраст песков из горизонтально залегающей пачки на высоте 23,5 м определен методом ИК-ОСЛ, он составил 9,5 ± 0,8 тыс. лет (RLQG 2462–067). На высоте 25,5 м — верхняя граница песчаной толщи с почвой. Пески в почве теряют слоистость, становятся пылеватыми. На высоте 25,5–26,25 м почва песчаная, верхние 25 см ее слоя представлены дерниной. В поверхностной спорово-пыльцевой пробе из лесной подстилки доминирует пыльца *Pinus s/g Haploxylon*, затем *Betula sect. Albae*, *Picea*, *Alnus fruticosa* и *Larix*. Травы присутствуют в небольшом количестве и представлены пыльцой *Artemisia*, *Poaceae, Cyperaceae*. В группе споровых растений господствует *Selaginella sibirica*. В толще песков террасы споры и пыльца присутствуют лишь единично.

Обнажение в п. Нижний Бестях изучалось в береговом уступе размыва под телефонной вышкой (см. рис. 3). Координаты разреза 61°57'16,3" с. ш., 129°53'48,3" в. д., высота обнажения 40 м. Расчистка начинается в 7,5 м над урезом воды. Снизу вверх от уреза вскрываются достаточно однородные серовато-желтые кварцевые пески преимущественно с горизонтальной слоистостью. ИК-ОСЛ-возраст песков с отметки 7,5 м составил 27,6 ± 2,2 тыс. лет (RLQG 2266–025). На высоте 13,45–19,4 м песок желтый, мелко- и тонкозернистый, с большим количеством слюды; на высотах 14,5–14,9 м залегает косая серия слоев с более крупнозернистым песком; в интервале 14,9–15,3 м встречаются единичные волокна растений в вертикальном залегании и мелкий растительный детрит; на глубине 15,4 м — линза органики со слюдой, прослои иногда содержат желто-серый алеврит; на высоте 17,8–18,2 м встречаются единичные обломки щебня известняка, совершенно неокатанные и мелкие окатанные кварцевые гальки; с отметки 18,2 м попадаются пятна сизо-серого цвета, в центре которых — черный уголь и окружающий его сизовато-серый новообразованный минерал. На высоте 19,4–19,9 м — пачка песков серых и черных, состоящая из слойков угольной крошки и песка. На высоте 19,9–25,4 м — пески кварцевые, мелко- и тонкозернистые, хорошо сортированные, с небольшим содержанием алевритовых песков. В них есть косослоистые пачки песков толщиной до 25–30 см. В интервале высот 25,4–29,4 м серый цвет песков постепенно меняется на желтовато-серый, слоистость снова становится горизонтальной, подчеркнутой более темными прослойками песка с алевритом. Песок мелкозернистый, кварцевый, хорошо сортированный. На высоте 29,4–31,4 м в песках хорошо видны косослоистые пачки толщиной до 30–40 см с очень пологими косыми сериями слоев. Выше 31,4 м песок становится однородным, почти без прослоек. Есть включения древесины на высоте 33,4 м. На высоте 34,5 м пески серовато-желтые, мелкозернистые, хорошо сортированные (но хуже, чем в нижней части обнажения), горизонтально и волнисто-слоистые, с мелкими косыми сериями толщиной по 5–10 см. ИК-ОСЛ-возраст отложений с высоты 34,5 м составил 6,1 ± 0,5 тыс. лет (RLQG 2267–025). На высоте 36 м в песках обнаружены растительные остатки, возможно, современной растительности. На высоте 39 м пески серовато-желтые, кварцевые, мелкозернистые, с заметным количеством растительных остатков, но слоистость улавливается с трудом. Выше — почва на песках и дерновый покров. Вся толща талая, но при обвалах-осыпях вскрываются мерзлые пески более темного цвета, так как насыщены водой при оттаивании. Мерзлотная текстура повсюду массивная, ледяные включения не наблюдались.

Методом спорово-пыльцевого анализа было изучено семь проб из этого обнажения. Место и высота их отбора показаны на рис. 3. Подавляющее большинство обнаруженных микрофоссилий имеет плохую сохранность (минерализованные зерна с механическими повреждениями), трудно определимы. Во всех пробах, включая поверхностную, присутствуют дочетвертичные споры и пыльца хвойных.

Содержание микрофоссилий в каждой пробе сильно варьирует, а в некоторых случаях они единичны, результаты палинологических исследований представлены в таблице. Кроме пыльцы и спор в пробах были обнаружены так называемые непыльцевые палиноморфы (НПП), к которым относят зеленые пресноводные водоросли (*Pediastrum, Botriococcus, Zygnema*-type) и споры грибов (*Glomus*). В осадках также обнаружены остатки хирономид, устьица растений, раковины амеб, спикулы губок, углистые частицы. Также в таблице указаны типы обнаруженных палиноморф. Фиксация НПП позволяет получить дополнительную информацию об условиях формирования осадков.

Полученные спорово-пыльцевые спектры резко различаются и в количественном отношении, и по составу определенных таксонов. Редкий отбор проб по разрезу не позволяет провести реконструкцию растительности. Однако можно предположить, что ее состав не был постоянным на протяжении времени формирования изученной толщи отложений в интервале от 7,5 до 34,5 м над урезом воды.

Самая высокая концентрация микрофоссилий была обнаружена в поверхностной пробе № 24. Спорово-пыльцевой спектр характеризуется абсолютным господством пыльцы сосны, наличием устьиц этой древесной породы, присутствием пыльцы березы, лиственницы и ольхи, а также обилием и разнообразием пыльцы трав. Такой состав спектра адекватно отражает современный растительный покров, который представлен сосновыми и лиственничными среднетаежными лесами на плакорах и разнообразной луговой растительностью речных долин (Атлас…, 1989). Наличие зеленых пресноводных водорослей (*Pediastrum, Botryococcus, Zygnemataceae*) в образцах № 2, 9, 14, 16 и остатков личинок хирономид в образце № 14 свидетельствует о пресноводных условиях формирования осадков. Присутствие колоний *Botryococcus*, которые чаще всего встречаются в проточных условиях (Баринова и др., 2006), позволяет предположить существование водоема с проточными условиями.

Обнажение «Суллар Мыран» на правом берегу реки в 19 км ниже по течению от п. Кангаласы (62°33’54,0” с. ш., 129°59’48,6” в. д.) представляет собой песчаный уступ размыва высотой 35–40 м и протяженностью около 1 км. Фрагментами среди осыпей выходят горизонтально-слоистые толщи песков с косыми сериями. Пески кварцевые, серовато-желтые, мелко- и тонкозернистые, горизонтально- и микроволнистослоистые.

Обнажение «Песчаная гора» на правом берегу реки напротив п. Графский Берег тянется на 8 км вдоль реки. В нем видна полого-наклонная горизонтальная слоистость песков, в которых иногда наблюдаются мелкие косые серии. Высота уступа размыва — до 35 м. Сверху вниз по течению цвет песков сменяется с желтоватого на серый, в них повышается доля алеврита, увеличивается крутизна стенок обнажения, вплоть до их вертикальности.

Обнажение «Батамай» (см. рис. 3) расположено в 5,5 км ниже п. Батамай на правом берегу Лены и вскрывает породы, слагающие 30–35-метровую террасу (63°31’40,2” с. ш., 129°17’27,9” в. д.). В нижней части разреза на высоте 9,4–9,7 м слоями по несколько миллиметров толщиной выходят плотные горизонтально-слоистые, тонкозернистые пески и алевриты серого и желтовато-серого цвета. Их возраст, определенный методом ИК-ОСЛ, составил 15,6 ± 1,2 тыс. лет (RLQG 2438–017). Стенка нижней части обнажения имеет высоту 19 м, и она практически

Результаты спорово-пыльцевого анализа отложений Бестяхской террасы Лены в районе п. Нижний Бестях

Видовая принадлежность	Глубина отбора проб от уреза воды, м						
	7,5–7,6	8,04–8,1	13,37–13,42	19,4–19,45	23,9	34,5	Поверхностная проба
	Номер образца (снизу вверх от уреза воды)						
	1	2	9	14	16	21	24
Пыльца древесных пород и кустарников							
Larix	1	1	1	1	—	—	11
Picea	3	6	6	2	3	—	3
Pinus s/g Haploxylon	1	18	27	6	2	6	550
Pinus s/g Diploxylon	5	—	—	—	—	—	2
Tsuga	—	1	—	—	—	—	—
Betula sect. Albae	1	—	—	—	4	—	14
Betula sect. Nanae	1	18	—	4	10	1	22
Alnus fruticosa	—	—	—	1	1	—	8
Salix	—	—	—	—	—		3
Всего	12	44	34	14	20	7	598
Пыльца трав и кустарничков							
Cyperaceae	—	9	5	44	6	—	5
Poaceae	1	4	4	42	2	—	7
Artemisia	1	4	7	28	6	1	18
Asteraceae	—	3	1	2	1	—	—
Apiaceae	—	—	—	—	—	—	1
Chenopodiaceae	—	1	—	—	—	—	4
Cichoriaceae	—	—	1	—	1	—	2
Rosaceae	—	—	3	1	—	—	1
Ranunculaceae	—	—	1	2	—	—	3
Ranunculus sp.	—	—	1	—	—	—	—
Polygonaceae	—	—	—	3	—	—	—
Brassicaceae	—	—	—	2	—	—	1
Caryophyllaceae	—	—	—	1	1	—	1

Окончание таблицы

Ericales	—	2	1	—	—	—	—
Неопределимая пыльца трав	3	47	21	27	3	—	25
Всего	5	70	45	152	20	1	68
Споры							
Sphagnum	—	2	8	—	—	—	2
Polypodiaceae	2	15	23	—	1	—	—
Selaginella sibirica	—	—	1	1	—	—	29
Equisetum	—	—	—	—	—	—	4
Botrychium sp.	—	2	3	1	—	—	—
Huperzia selago	—	—	1	—	1	—	—
Lycopodium clavatum-type	—	—	1	—	1	—	—
Osmunda sp.	—	—	—	1	1	—	—
cf. Pteris	—	168	2	—	—	—	—
Encalypta	—	—	—	1	—	—	—
Неопределенные споры	—	—	—	—	—	—	5
Всего	2	187	39	4	4	—	40
Водоросли							
Pediastrum	—	—	1	45	—	—	—
Botryococcus	—	+	+	+	+	—	—
Zygnema-type	—	+	+	—	—	—	—
Грибы							
Glomus	—	—	1	1	—	—	—
Палиноморфы							
Устьица *Pinus*	—	—	—	—	—	—	2
Дочетвертичные споры и пыльца хвойных	16	33	15	23	32	3	2
Углистые частицы	+	+	+	+	—	—	+
Хирономиды	—	—	—	2	—	—	—

Примечание: «—» — не обнаружено, «+» — присутствуют.

вертикальная. Верхние 3 м отложений этой стенки изогнуты вниз, и пласт падает вертикально, накрывая, как плащом, пласты тех же алеврито-песчаных пород, залегающих горизонтально. На высоте 12 м над урезом в горизонтально залегающем пласте алеврита найдена древесина. Ее возраст, определенный радиоуглеродным методом, — 27 590 ± 210 лет (31 400 ± 190 л. н. — калиброванный возраст, ЛУ-8313). Оказалось, что залегающие ниже алевриты с отметки 9,4–9,7 м имеют ИК-ОСЛ-возраст 15,6 тыс. лет, а у залегающих выше алевритов с горизонта 12 м этот возраст — 27–31 тыс. лет. Характер залегания пород показывает, что более древние алевриты с горизонта 12 м залегают стратиграфически ниже перекрывающего их «плаща» тех же алевритов, ниспадающих вертикальной пачкой и перекрывающих горизонтально-слоистые пачки отложений. Верхи толщи зачищены, и в ней отобраны пробы в 200 м ниже по течению в точке с координатами 63°31’42,9” с. ш., 129°18’18,7” в. д. Здесь высота обнажения — 29 м над урезом воды. На отметке 0,20–0,35 м вскрыты ожелезненные алеврит с песком. В пачке на 0,35–1,85 м ниже бровки — серые алевриты с небольшим количеством песка со слюдой. Слоистость тонкая горизонтальная, выражена плохо. На отметке 1,85 м определен ИК-ОСЛ-возраст песков, который составил 13,8 ± 1,1 тыс. лет (RLQG 2465–067). В поверхностной пробе из лесной подстилки обнаружены фрагменты пеннатной диатомеи, цисты пресноводных золотистых водорослей и спорово-пыльцевой комплекс, в котором выявлены пыльца, споры, а также разнообразные непыльцевые палиноморфы: пресноводные зеленые водоросли *Pediastrum*, *Zygnemataceae*, споры грибов рода *Glomus*, углистые частицы. В спорово-пыльцевом спектре господствует пыльца *Pinus s/g Haploxylon*, затем *Larix*, *Picea*, *Betula sect Nanae* и *Alnus fruticosa*. В группе трав доминирует пыльца *Artemisia*, затем *Poaceae, Chenopodiaceae, Rosaceae, Onagraceae*. Среди споровых растений преобладает *Botrychium sp*. Пробы со всех других уровней разреза практически не содержат пыльцы, спор и диатомовых водорослей. Эта терраса высотой 30–35 м над рекой с задернованными склонами и редкими мелкими окнами обнажающихся алевритов и песков прослеживается далее вниз по реке на 8,5 км.

В Якутской излучине Лены Бестяхская терраса повышается до уровня 80 м над урезом воды в реке, на этом участке она носит название Тюнгюлюнской террасы (Иванов, 1984). Но уступа и литологических различий в осадках, слагающих Тюнгюлюнскую террасу, не наблюдается.

Следующий террасовый уровень (Абалахская равнина) расположен на высотах 100–140 над рекой. Эта терраса протягивается четким уступом по левому склону долины Лены в районе Якутска.

Обнажение «Эдейцы» тянется вдоль спуска по дороге от Абалахской равнины к п. Эдейцы. В свежих карьерах (2013 г.) вскрываются песчаные толщи. Координаты разреза 62°27’45,4” с. ш., 129°10’04,5” в. д. (см. рис. 1).

Разрез прослежен от основания в тыловом шве первой террасы долины Лены. Здесь возле самой дороги потоками ливневой воды вскрыт контакт четвертичной толщи и ниже залегающих дочетвертичных углей. Он расположен на высоте около 3 м над уровнем первой террасы. Пласт горизонтально залегающего угля имеет видимую мощность 0,3 м. Выше него залегают тонкослоистые плитчатые алевриты, переслаивающиеся серым алевритовым песком и угольными прослоями толщиной до 5–7 см. Мощность этой пачки 2,3 м. ИК-ОСЛ-возраст алевритов с отметки 1,7 м над контактом с углем составил 234,0 ± 26 тыс. лет (RLQG 2268–025). Выше до отметки 12,5 м в стенке обнажения вскрываются серые кварцевые мелко- и среднезернистые пески, монотонные, слоистость горизонтальная. На высоте 12,6–15,0 м — серые и желтые, плотные, горизонтально слоистые пески. В 15–19 м над основанием разреза выходят черные углистые косослоистые пески, состоящие из крошки угля (размер ее частиц такой же, как у песков) и мелкого гравия. Верхняя часть пачки более грубозернистая. В зоне верхнего неровного и резкого контакта много древесины с толщиной стволов до 5–7 см и хорошо окатанной гальки, которая представлена кварцем, халцедоном, меньше — осадочными породами. На высоте 19–26 м над основанием разреза обнажаются косослоистые пески с толщиной пачек до 35 см, в пачках обнаружена древесина.

В карьерах вдоль бровки террасы высотой около 110–120 м (62°27'32,3" с. ш., 129°48'01" в. д.) вскрываются косослоистые толщи алевритового песка и гравия, линзы галечников. ИК-ОСЛ-возраст этих песков — 182,0 ± 15,0 тыс. лет (RLQG 2269–025).

Обнажения в карьерах 35-го километра Намского тракта расположены слева от дороги Якутск—Намцы. В одном из них (62°18'56,8" с. ш., 129°47'35,7" в. д.), на высоте около 120 м над урезом воды в Лене, в верхней части стенки карьера вскрываются серовато-желтые и охристые разнозернистые косослоистые пески с хорошо окатанными гравием и галькой, что указывает на их аллювиальное происхождение.

Обсуждение результатов

Низкая и высокая поймы Лены формировались в последние столетия, и их формирование продолжается в настоящее время. В районе Якутска первая терраса высотой 15–20 м имеет возраст, соответствующий границе неоплейстоцена и голоцена. Этот же возраст имеет аллювий Алдана, обнаруженный в районе п. Фрунзе, в 40 км выше по течению от современного слияния Лены и Алдана. Терраса высотой 13–15 м в районе п. Харыялах вблизи устья Алдана, сложенная аллювием, имеет среднеголоценовый возраст 5000 лет. Примерная одновысотность террас и различный возраст слагающих их осадков позволяют заключить, что одновысотные террасы формировались в различное время. Точнее, их формирование как террас в результате речной эрозии происходило позже, чем отложение геологических тел, которыми сложены террасы. Например, 7–8-метровая высокая пойма близ устья Буотамы является эрозионной формой и сложена аллювием возраста первой террасы. То же относится и к более высоким геоморфологическим уровням, изучаемым в долине Лены.

В результате изучения геоморфологического и геологического строения Бестяхской террасы оказалось, что слагающие ее отложения имеют поздненеоплейстоценовый возраст, хотя в предшествующих исследованиях их считали средненеоплейстоценовыми (Алексеев и др., 1962). ИК-ОСЛ-датирование низов отложений Бестяхской террасы показало возраст песков 27,6 тысяч лет, это практически совпадает с радиоуглеродным возрастом древесины (27,9 ± 0,4 тыс. л. н.), залегавшей под песчаным аллювием данной террасы на глубине 40 м в скважине (Иванов, 1984). Уровень отбора проб этой древесины схож с тем уровнем, где был взят указанный образец песков. Во втором случае этот уровень расположен на высоте 7,5 м (см. рис. 3, г).

Карта эрозионного расчленения Бестяхской террасы (см. рис. 4) также показывает более молодой возраст ее поверхности по сравнению с возрастом окружающих склонов и ландшафтов. Возраст отложений Бестяхской террасы в обнажении «Песчаная гора» на высотах 5–12 м над урезом воды в Лене, датированный в работе (Алексеев и др., 1990), составляет 17–12 тыс. лет. Оказалось, что такой же возраст имеют отложения, слагающие участок этой террасы, простирающийся на километры ниже впадения Алдана. На нем песчано-алевритовая толща также имеет радиоуглеродный возраст 27,6 тыс. лет. В отложениях преобладает серый алеврит, этим они значительно отличаются от ленских отложений, расположенных выше по течению. Но данный факт неудивителен, так как именно серым алевритом сильно обогащены воды Алдана и в настоящее время. Они не смешиваются с ленскими водами на протяжении нескольких сотен километров ниже слияния рек, и вдоль правого берега реки все террасы сложены осадками с преобладанием алеврита. Верхи толщи бестяхских отложений датированы началом голоцена в обнажении «Улахан-Тарын» (9,5 тыс. лет) и сартанским временем — в обнажении «Батамай» (13–15 тыс. лет). Таким образом, имеющиеся датировки свидетельствуют о том, что отложения Бестяхской террасы накапливались в конце каргинского времени и в сартанское время позднего неоплейстоцена. На Бестяхской террасе значительно меняется высота площадок даже на изучаемом участке Якутской излучины Лены.

Характер отложений Бестяхской террасы — преимущественно горизонтально переслаивающиеся толщи песков с редкими косыми сериями — привели исследователей к мнению о подпрудном происхождении озерно-аллювиальных толщ (Лунгерсгаузен, 1961; Флоренсов и др., 1987; Бискэ, 1964). Причинами этого могли быть:

1) перепруживание ледником,
2) тектоническое поднятие в приустьевой части,
3) бореальная трансгрессия, в пользу которой говорит наличие среднечетвертичных озерно-аллювиальных комплексов покровской террасы (по нашему мнению, автор работы (Лунгерсгаузен, 1961) имел в виду Бестяхскую террасу), которые сходны с гляциально-озерными толщами Енисея и мариногляциальными отложениями низовьев Оби.

Подпруживание, по данным датирования, могло иметь место только в конце позднего неоплейстоцена. Его ледниковая причина не подтверждается современными данными, так как датирование морен верхоянских ледников показало, что последнее сартанское оледенение развивалось только в горах, а вблизи р. Лены (низовья рек Дянышка и Тумара) зафиксированы моренные комплексы ледников, спускавшихся с гор около 150 тыс. лет назад (Зигерт и др., 2007), но не пересекавших долину этой реки.

Пески в верхах разреза Нижний Бестях очень бедны пыльцой и спорами, а также непыльцевыми палиноморфами. Они имеют голоценовый возраст и, возможно, переотложены в результате перевевания ветром в начале голоцена. Однако основная толща отложений Бестяхской террасы сложена водными осадками, о чем свидетельствуют как пыльца, так и остатки водных организмов в песках. Пыльца плохо накапливалась в этих отложениях, о чем говорят результаты спорово-пыльцевых исследований в разрезах Улахан-Тарын и Батамай. В отложениях Бестяхской террасы не обнаружено также и диатомовых водорослей.

По данным работы (Катасонов и Иванов, 1973), на Лено-Амгинском междуречье отложения Абалахской равнины коррелируются по возрасту с песками и алевритами 50-метровой террасы Алдана. Известны две их термолюминисцентные датировки: 300,0 ± 5,7 тыс. лет и 176,0 ± 2,0 тыс. лет. Таким образом, полученные нами данные о возрасте отложений в районе п. Эдейцы позволяют подтвердить вывод, что лево- и правобережья части Абалахской равнины формировались приблизительно в одно время.

Заключение

В результате проведенных исследований в Якутской излучине долины Лены получены новые результаты о возрасте и строении поймы и террас. Наиболее подробно была обследована Бестяхская терраса, широко простирающаяся вдоль правобережья Лены. Однако не был получен четкий ответ, объясняющий ее происхождение. Результаты датирования и спорово-пыльцевого анализа показали, что эта терраса образовалась в конце позднего неоплейстоцена при накоплении аллювия в слабопроточном водоеме. В предшествующих исследованиях также в качестве причины образования Бестяхской террасы предполагается подпрудный бассейн, образованный из-за подпора речного потока ледником (Лунгерсгаузен, 1961) в результате тектонических движений (Лунгерсгаузен, 1961) или трансгрессии со стороны моря (Лунгерсгаузен, 1961; Линдберг, 1965). По данным современных исследователей (Зигерт и др., 2007), подпруживание ледником стока реки отсутствовало в конце позднего неоплейстоцена, а тектонические движения как фактор подпруживания непонятны по своему механизму; поэтому подпор со стороны моря — самый предпочтительный из предполагаемых механизмов, так как в соответствии с колебаниями уровня моря «живут» все реки мира, чутко реагируя на изменение высоты базиса эрозии. В пользу последнего довода конкретно для низовьев р. Лены собрано множество фактов о том, что ее дельта в каргинское время развивалась в условиях повышенного по сравнению с современным уровня моря (Большиянов и др., 2013). Данное явление не могло не отразиться и на формировании Бестяхской террасы в Якутской излучине.

Отложения верхов Бестяхской террасы накапливались уже в сартанское время позднего неоплейстоцена, которому приписывается низкий уровень Мирового океана. Так ли то было на самом деле, позволят определить дальнейшие исследования комплекса террас в долине одной из крупнейших рек мира, каковой является Лена.

Литература

Алексеев М. Н., Гриненко О. В., Камалетдинов В. А., Мочанов Ю. А., 1990. Неогеновые и четвертичные отложения Нижнеалданской впадины и средней Лены (Центральная Якутия). Путеводитель геологической экскурсии. ЯНЦ СО АН СССР, Якутск.

Алексеев М. Н., Куприна Н. П., Медянцев А. Н., Хорева И. М., 1962. Стратиграфия и корреляция неогеновых и четвертичных отложений северо-восточной части Сибирской платформы и ее восточного складчатого обрамления. Труды ГИН АН СССР 66, 1–127.

Атлас сельского хозяйства Якутской АССР, 1989 / Матвеев, И. А. (под ред.). Изд-во ГУГК, Москва.

Баринова С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В., 2006. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. PiliesStudio, Тель-Авив.

Бискэ С. Ф., 1964. Об условиях образования отложений четвертичных террас р. Лены между п. Покровск и с. Жиганск. Четвертичная геология и геоморфология Северо-Востока Сибири 8, 5–40.
Большиянов Д. Ю., Макаров А. С., Шнайдер В., Штофф Г., 2013. Происхождение и развитие дельты р. Лены. Изд-во ААНИИ, Санкт-Петербург.
Большиянов Д. Ю., Тиде Й., Савельева Л. А., Фёдоров Г. Б., Жиров А. И., Правкин С. А., Григорьев М. Н., Арсланов Х. А., Молодьков А. Н., Рыжов Ю. В., Макаров С. А., Лазарева Е. И., Максимов Ф. Е., Шнайдер В., Поморцев О. А., 2016. К изучению этапов развития долины реки Лены. Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Изд. дом СВФУ, Якутск, 469–472.
Васильев И. С., Самсонова В. В., 2000. Климатические предпосылки образования современных приречных дюн на Средней Лене. География и природные ресурсы 1, 94–99.
Зигерт К., Штаух Г., Лемкуль Ф., Сергеенко А. И., Дикман Б., Попп С., Белолюбский И. Н., 2007. Развитие оледенений Верхоянского хребта и его предгорий в плейстоцене: результаты новых исследований. Региональная геология и металлогения 31, 222–228.
Зольников В. Г., Попова А. И., 1957. Палеогеографическая схема четвертичного периода равнины Центральной Якутии. Труды Института биологии 3, 5–8.
Иванов М. С., 1984. Криогенное строение четвертичных отложений Лено-Алданской впадины. Наука, Новосибирск, 126.
Камалетдинов В. А., Минюк П. С., 1991. Строение и характеристика отложений Бестяхской террасы Средней Лены. Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода 60, 68–78.
Катасонов Е. М., Иванов М. С., 1973. Криолитология Центральной Якутии (экскурсия по Лене и Алдану): Путеводитель. Изд-во ОУПЭС СО АН СССР, Якутск.
Линдберг Г. У., 1965. Крупные планетарные колебания уровня океана и палеогеография четвертичного периода. Основные проблемы изучения четвертичного периода. Наука, Москва, 135–142.
Лунгерсгаузен Г. Ф., 1961. Геологическая история Средней Лены и некоторые вопросы стратиграфии четвертичных отложений Восточной Сибири. Материалы Всесоюзного совещания по изучению четвертичного периода (Четвертичные отложения азиатской части СССР) 3, 209–217.
Сладкопевцев С. А., 1976. К особенностям формирования террас и перигляциального аллювия Восточной Сибири. Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода 46, 111–114.
Соловьев П. А., 1959. Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. Изд-во АН СССР, Москва.
Спектор В. В., Бакулина Н. Т., Спектор В. Б., 2008. Рельеф и возраст аллювиального покрова долины р. Лены в «Якутском разбое». Геоморфология 1, 87–94.
Спектор В. Б., Спектор В. В., 2002. О происхождении высокой Лено-Амгинской перигляциальной равнины. Криосфера Земли VI, 4, 3–12.
Спектор В. Б., Спектор В. В., Торговкин Я. И., Шестакова А. А., Максимов Г. Т., Андреева В. В., 2016. Площадные гидрогенные формы и связанные с ними фладстримы на территории Центрально-Якутской равнины на рубеже плейстоцена и голоцена. Вопросы географии 142, 291–315.
Флоренсов Н. А., Ивановский Л. Н., Уфимцев Г. Ф., 1987. Процессы формирования рельефа Сибири. Наука, Новосибирск.

Статья поступила в редакцию 17 января 2018 г.
Статья рекомендована в печать 9 апреля 2018 г.

Контактная информация:

Правкин Сергей Александрович — s.pravkin1990@yandex.ru
Большиянов Дмитрий Юрьевич — bolshiyanov@aari.ru
Поморцев Олег Александрович — fess117@rambler.ru
Савельева Лариса Анатольевна — l.savelyeva@spbu.ru
Молодьков Анатолий Николаевич — anatoli.molodkov@ttu.ee
Григорьев Михаил Николаевич — mngrigoriev@mpi.ysn.ru
Арсланов Хикматулла Адиевич — arslanovkh@mail.ru

north-eastern part of the Siberian platform and its eastern folded frame], in: Trudy GIN AN SSSR 66, 127. (In Russian)
Atlas sel'skogo khoziaistva Iakutskoi ASSR, 1989 [The Atlas of Agriculture of the Yakut ASSR] / Matveev, I. A. (ed.). Publishing house GUGK, Moscow. (In Russian)
Barinova, S. S., Medvedeva, L. A., Anisimova, O. V., 2006. Bioraznoobrazie vodoroslei-indikatorov okruzhaiushchei sredy [Diversity of algae indicators in enviromental assessment] PiliesStudio, Tel Aviv, 498. (In Russian)
Biske, S. F., 1964. Ob usloviiakh obrazovaniia otlozhenii chetvertichnykh terras r. Leny mezhdu p. Pokrovsk i s. Zhigansk [About the conditions of the formation of deposits of Quaternary terraces of the Lena River between Pokrovsk and Zhigansk], in: Chetvertichnaia geologiia i geomorfologiia Severo-Vostoka Sibiri 8. Izd-vo SO AN SSSR, Novosibirsk, 5–40. (In Russian)
Bol'shiianov, D. Iu., Makarov, A. S., Schneider, W., Stoff, G., 2013. Proiskhozhdenie i razvitie del'ty r. Leny [Origin and evolution of the Lena delta]. Izd. AANII, St. Petersburg. (In Russian)
Bol'shiianov, D. Iu., Thiede, J., Savel'eva, L. A., Fedorov, G. B., Zhirov, A. I., Pravkin, S. A., Grigor'ev, M. N., Arslanov, H. A., Molod'kov, A. N., Ryzhov, Iu. V., Makarov, S. A., Lazareva, E. I., Maksimov, F. E., Schneider, W., Pomortsev, O. A., 2016. K izucheniiu etapov razvitiia doliny reki Leny [To study the evolution stages of the Lena River valley], in: Geologiia i mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Izdatel'skii dom SVFU, Iakutsk. 469–472. (In Russian)
Florensov, N. A., Ivanovskii, L. N., Ufimtsev, G. F., 1987. Protsessy formirovaniia rel'efa Sibiri [The processes of forming the relief of Siberia]. Nauka, Novosibirsk. (In Russian)
Ivanov, M. S., 1984. Kriogennoe stroenie chetvertichnykh otlozhenii Leno-Aldanskoi vpadiny [Cryogenic structure of quaternary deposits of the Lena-Aldan depression]. Nauka, Novosibirsk. (In Russian)
Kamaletdinov, V. A., Miniuk, P. S., 1991. Stroenie i kharakteristika otlozhenii Bestiakhskoi terrasy Srednei Leny [The structure and characteristics of the sediments of the bestyakh terrace of the Middle Lena river]. Biulleten' Komissii po izucheniiu chetvertichnogo perioda 60, 68–78. (In Russian)
Katasonov, E. M., Ivanov, M. S., 1973. Kriolitologiia Tsentral'noi Iakutii (ekskursiia po Lene i Aldanu): Putevoditel' [Cryolithology of Central Yakutia (excursion on Lena and Aldan): Guide]. Izd. OUPES SO AN SSSR, Iakutsk. (In Russian)
Lindberg, G. U., 1965. Krupnye planetarnye kolebaniia urovnia okeana i paleogeografiia chetvertichnogo perioda [Large planetary ocean level fluctuations and paleogeography of the Quaternary]. Osnovnye problemy izucheniia chetvertichnogo perioda. Nauka, Moscow, 135–142. (In Russian)
Lungersgauzen, G. F., 1961. Geologicheskaia istoriia Srednei Leny i nekotorye voprosy stratigrafii chetvertichnykh otlozhenii Vostochnoi Sibiri [Geological history of the Middle Lena river and some issues of the stratigraphy of the Quaternary sediments of Eastern Siberia]. Materialy Vsesoiuznogo soveshchaniia po izucheniiu chetvertichnogo perioda (Chetvertichnye otlozheniia aziatskoi chasti SSSR) 3, 209–217. (In Russian)
Siegert, K., Stauch, G., Lehmkuhl, F., Sergeenko, A. I., Diekmann, B., Popp, S., Beloliubskii, I. N., 2007. Razvitie oledenenii Verkhoianskogo khrebta i ego predgorii v pleistotsene: rezul'taty novykh issledovanii [Evolution of glaciations of the Verkhoyansk Range and its foothills in the Pleistocene: the results of new research]. Regional'naia geologiia i metallogeniia 31, 222–228. (In Russian)
Sladkopevtsev, S. A., 1976. K osobennostiam formirovaniia terras i perigliatsial'nogo alliuviia Vostochnoi Sibiri [To the features of the formation of terraces and periglacial alluvium of Eastern Siberia]. Biulleten' Komissii po izucheniiu chetvertichnogo perioda 46, 111–114. (In Russian)
Solov'ev, P. A., 1959. Kriolitozona severnoi chasti Leno-Amginskogo mezhdurech'ia [Cryolithozone of the northern part of the Lena-Amga interfluve]. Izd-vo AN SSSR, Moscow. (In Russian)
Spektor, V. V., Bakulina, N. T., Spektor, V. B., 2008. Rel'ef i vozrast alliuvial'nogo pokrova doliny r. Leny v «Iakutskom razboe» [Landforms and age of the Lena River alluvial cover at the "Yakut robbery"]. Geomorfologiia 1, 87–94. (In Russian)
Spektor, V. B., Spektor, V. V., 2002. O proiskhozhdenii vysokoi Leno-Amginskoi perigliatsial'noi ravniny [On genesis of high Lena-Amga rivers periglacial plain]. Kriosfera Zemli VI, 4, 3–12. (In Russian)
Spektor, V. V., Spektor, V. B., Torgovkin, Ya. I., Shestakova, A. A., Maksimov, G. T., Andreeva, V. V., 2016. Ploshchadnye gidrogennye formy i sviazannye s nimi fladstrimy na territorii Tsentral'no-Iakutskoi ravniny na rubezhe pleistotsena i golotsena [Floodstreams on coasts of the East Arctic seas at the Pleistocene—Holocene transition]. Voprosy geografii [Questions of Geography] 142, 291–315. (In Russian)

The relief, structure and age of Quaternary deposits of the valley of the Lena River in the Yakutian bend

Sergei A. Pravkin[1,2], Dmitry Yu. Bolshiyanov[1], Oleg A. Pomortsev[3], Larisa A. Savelieva[2], Anatoly N. Molodkov[4], Mikhail N. Grigoryev[5], Khikmatulla A. Arslanov[2]

[1] Arctic and Antarctic Research Institute, 38, ul. Beringa, St. Petersburg, 199397, Russian Federation
[2] St. Petersburg State University, 7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation
[3] Ammosov North-Eastern Federal University,
58, ul. Belinskogo, Yakutsk, Sakha (Yakutia) Republic, 677000, Russian Federation
[4] Tallinn University of Technology, 5, Ehitajate st., Tallinn, 19086, Estonia
[5] Melnikov Permafrost Institute SB RAS,
36, Merzlotnaya ul., Yakutsk, Sakha (Yakutia) Republic, 677010, Russian Federation

For citation: Pravkin S. A., Bolshiyanov D. Yu., Pomortsev O. A., Savelieva L. A., Molodkov A. N., Grigoryev M. N., Arslanov Kh. A. The relief, structure and age of Quaternary deposits of the valley of the Lena River in the Yakutian bend. Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences, 2018, vol. 63, issue 2, pp. 209–229. https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2018.206

For understanding of the Lena River valley evolution geomorphological and geological structure of the valley in the area from the mouth of the Buotama river to the mouth of the Aldan river (Yakutian bend) studied. Transverse geomorphological profiles through the valley, a map of ruggedness relief density, a geomorphological scheme of the investigated area were constructed. The structure of the terraces was studied, and the sediments were dated by the method of optically stimulated luminescence (OSL) and radiocarbon method. Spore-pollen spectra of terraces and the content of diatom algae in sediments were studied. In the valley we fixed a low and high floodplain up to a height of 10–12 m, two terraces, the height of which varies along the river (5–20 and 30–70 m), and Abalakh plain at an altitude of 100–140 m above the river. Near Yakutsk, the first terrace is called the Sergelyakh and the second terrace is called the Bestyakh. The low floodplain has an age of the first hundred years; the first terrace is dated by 10,000 radiocarbon years, datings of the bestyakh terrace belong to the end of Karginsky time and Sartan time of the Late Pleistocene. The most ancient OSL-datings were obtained from the deposits of the erosion scarp of the Abalakh plain (234–182 thousand years ago). The surface of the bestyakh terrace is decreasing downstream from 60 m at the mouth of the Buotama River to 40 m downstream from the confluence with Aldan River. The deposits of the terrace downstream from the mouth of Aldan River consists of silt mainly by contrast with sand compositions of Lena deposits upstream from the confluence of two rivers. The height of terraces and floodplains varies on the investigated segment of the valley in such a way that the same surface can be worked out in sediments of different ages, or the same age can be distinctive to geological bodies, in which terraces with different altitudes have been developed.

Keywords: river valley, terraces, floodplain, the Lena River, IR-OSL-dating, radiocarbon dating, the evolution of the valley, Late Pleistocene, Holocene.

References

Alekseev, M. N., Grinenko, O. V., Kamaletdinov, V. A., Mochanov, Iu. A., 1990. Neogenovye i chetvertichnye otlozheniia Nizhnealdanskoi vpadiny i srednei Leny (Tsentral'naia Iakutiia). Putevoditel' geologicheskoi ekskursii [Neogene and Quaternary deposits of the Lower Aldan depression and the Middle Lena river (Central Yakutia). Guide to the geological excursion]. Izd. Iakutskogo nauch. tsentra, Iakutsk. (In Russian)

Alekseev, M. N., Kuprina, N. P., Mediantsev, A. N., Horeva, I. M., 1962. Stratigrafiia i korreliatsiia neogenovykh i chetvertichnykh otlozhenii severo-vostochnoi chasti Sibirskoi platformy i ee vostochnogo skladchatogo obramleniia [Stratigraphy and correlation of Neogene and Quaternary deposits of the

Vasil'ev, I. S., Samsonova, V. V., 2000. Klimaticheskie predposylki obrazovaniia sovremennykh prirechnykh diun na Srednei Lene [Climatic preconditions of present scroll dunes forming at the Middle Lena river]. Geografiia i prirodnye resursy 1, 94–99. (In Russian)
Zol'nikov, V. G., Popova, A. I., 1957. Paleogeograficheskaia skhema chetvertichnogo perioda ravniny Tsentral'noi Iakutii [Paleogeographic scheme of the Quaternary of the plain of Central Yakutia]. Trudy Instituta biologii 3, 5–8. (In Russian)

Author's information:

Sergei A. Pravkin — s.pravkin1990@yandex.ru
Dmitry Yu. Bolshiyanov — bolshiyanov@aari.ru
Oleg A. Pomortsev — fess117@rambler.ru
Larisa A. Savelieva — savelieval@mail.ru
Anatoly N. Molodkov — anatoli.molodkov@ttu.ee
Mikhail N. Grigoryev — mngrigoriev@mpi.ysn.ru
Khikmatulla A. Arslanov — arslanovkh@mail.ru