

УДК 551.791

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-3(117-129)

Ф.Е. МАКСИМОВ*, **Л.А. САВЕЛЬЕВА***, **С.А. ЛАУХИН****, **А.Ю. ПЕТРОВ***, **С.С. ПОПОВА*****,
С.И. ЛАРИН****, **Д.В. КОБЫЛКИН*******, **В.Ю. КУЗНЕЦОВ*.*.*.*.***, **В.А. ГРИГОРЬЕВ***,
С.Б. ЛЕВЧЕНКО*, **К.С. ЯКИМОВА*.*.*.*.***

* Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7–9, Россия, maksimov-fedor@yandex.ru, savelieval@mail.ru, petrovalexey1987@gmail.com, v_kuzya@mail.ru, v.a.grigorev@spbu.ru, golsneg@mail.ru

** Российский государственный геологоразведочный университет, 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, Россия, valvolgina@mail.ru

*** Ботанический институт им. В.Л. Комарова, 197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 2, Россия, celenkova@gmail.com

**** Институт криосферы Земли Тюменского научного центра СО РАН, 625026, Тюмень, ул. Малыгина, 86, Россия, silarin@yandex.ru

***** Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,

664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, agrebrandt@inbox.ru

***** Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 191186, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, 48, Россия, v_kuzya@mail.ru

***** Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,

117997, Москва, Нахимовский проспект, дом 36, Россия, yakikarina@gmail.com

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ И УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Приведены результаты комплексного геохронологического изучения органосодержащих отложений, залегающих в основании песчаной свиты в известном опорном разрезе Белый Яр II на левом берегу р. Иркут (Тункинская котловина, Юго-Западное Прибайкалье). Выявлено, что ранее, в 1960-е гг., пачка озерно-болотных отложений из нижней части разреза была отнесена к верхнему эоплейстоцену, а вышележащие пески — к самаровскому времени среднего плейстоцена. Позже, на основании первых ¹⁴C-датировок, произошел пересмотр стратиграфии, нижнюю часть отложений отнесли к каргинскому времени, а перекрывающие пески — к сартанскому оледенению. Однако до сих пор вопросы о генезисе, возрасте и условиях формирования этих отложений остаются дискуссионными. В частности, единичные ¹⁴C-датировки существенно отличаются друг от друга, и поэтому их дополнительное подтверждение представляется необходимым. В ходе нового изучения разреза Белый Яр II в его нижней части были вскрыты отложения торфа и гиттий аллювиального происхождения. Показано, что их количественный возраст находится за пределами возможностей ¹⁴C-метода. Палеоботанические данные показали, что гиттии формировались в условиях относительно теплого и влажного климата, а вышележащие слои — в обстановке похолодания и ксерофитизации. Оценка ²³⁰Th/U изохронного возраста этих органогенных отложений в сочетании с палинологическими данными позволила допустить, что низы песчаной толщи в разрезе Белый Яр II формировались не в каргинское время (МИС 3), как считалось ранее, а в течение МИС 5 (гиттии — в подстадию МИС-5с, а вышележащие слои торфа — на переходе к МИС-5b).

Ключевые слова: четвертичные отложения, впадина байкальского типа, геохронология, уран-ториевый метод, радиоуглеродный метод, палеоботанический метод.

F.E. MAKSIMOV*, **L.A. SAVELYEVA***, **S.A. LAUKHIN****, **A.Yu. PETROV***, **S.S. POPOVA*****,
S.I. LARIN****, **D.V. KOBYLKIN*******, **V.Yu. KUZNETSOV*.*.*.*.***, **V.A. GRIGORYEV***,
S.B. LEVCHENKO*, **K.S. YAKIMOVA*.*.*.*.***

*St. Petersburg State University, 199034, St. Petersburg, Universitetskaya Naberezhnaya, 7–9, Russia, maksimov-fedor@yandex.ru, savelieval@mail.ru, petrovalexey1987@gmail.com, v_kuzya@mail.ru, v.a.grigorev@spbu.ru, golsneg@mail.ru

**Russian State Geological Prospecting University,

117997, Moscow, ul. Miklukho-Maklaya, 23, Russia, valvolgina@mail.ru

***Komarov Botanical Institute, 197376, St. Petersburg, ul. Professora Popova, 2, Russia, celenkova@gmail.com

© 2020 Максимов Ф.Е., Савельева Л.А., Лаухин С.А., Петров А.Ю., Попова С.С., Ларин С.И., Кобылкин Д.В., Кузнецов В.Ю., Григорьев В.А., Левченко С.Б., Якимова К.С.

***Earth Cryosphere Institute, Tyumen Scientific Center, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 625026, Tyumen, ul. Malygina, 86, Russia, silarin@yandex.ru

****V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, agrebrandt@inbox.ru

***** Herzen State Pedagogical University of Russia, 191186, St. Petersburg, Naberezhnaya reki Moiki, 48, Russia, v_kuzya@mail.ru

***** Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, 117997, Moscow, Nahimovskiy pr., 36, Russia, yakikarina@gmail.com

NEW EVIDENCE ON THE AGE AND FORMATION CONDITIONS OF PLEISTOCENE DEPOSITS IN THE EASTERN PART OF THE TUNKA DEPRESSION

This article presents the results of a comprehensive geochronological study of organic-rich sediments lying at the base of the sand suite in the well-known reference Belyi Yar II section on the left bank of the Irkut river (Tunka depression, Southwestern Cisbaikalia). It was found that in the 1960s, a pack of lake-marsh sediments from the lower part of the section was assigned to the upper Eo-Pleistocene, and the overlying sands to the Samarovo period of the Middle Pleistocene. Later, based on the first ^{14}C datings, the stratigraphy of these sediments was revised. The lower part of the sediments was attributed to the Kargian time, and the overlying sands to the Sartanian glaciation. However, the questions concerning the genesis, age and conditions of formation of these sediments remain controversial. In particular, the individual dates of ^{14}C differ greatly different from one another; therefore, they require further verification. A renewed study of the lower part of the Belyi Yar II section discovered peat and gytjas deposits of alluvial origin. It was shown that their numerical age is beyond the ^{14}C dating method limits. Paleobotanical data showed that the gyttya was formed in conditions of a relatively warm and humid climate, and the overlying layers accumulated in the cooling and more xerophytic condition. Evaluation of the $^{230}\text{Th}/\text{U}$ isochronous age of these organogenic deposits, combined with palynological data, suggested that the bottom of the sand layer in the Belyi Yar II section was not formed during the Kargian time (MIS 3), as was thought previously, but during MIS 5. The gyttya could have formed during MIS-5c, whereas the overlying peat layers formed, possibly, at the transition to MIS-5b.

Keywords: Quaternary deposits, depression of the Baikal type, geochronology, uranium-thorium method, radiocarbon method, paleobotanical method.

ВВЕДЕНИЕ

Происхождение и условия формирования впадин байкальского типа представляют большой научный интерес. Еще в XVIII–XIX вв. их исследовали П.Г. Паллас, И.Г. Георги, И.Д. Черский, А.Л. Чекановский и др., но особенно активно впадины изучались в XX в. Большое внимание исследованию кайнозойских отложений впадин байкальского типа уделял Н.А. Логачёв, который предложил региональную схему кайнозоя, определяя «песчаную свиту — средний (?) и верхний плейстоцен» [1, с. 21], подстилаемую туфогенно-осадочной (верхний плиоцен–постплиоцен), а ниже — плиоценовыми и миоценовыми свитами. Позже возраст песчаной толщи в Прибайкалье стали считать более древним. Э.И. Равский и др. отнесли ее к верхнему эоплейстоцену [2, 3]. Одновременно велась дискуссия о генезисе песчаной свиты в разных частях Байкальской рифтовой зоны. Предполагалось, что он может быть озерно-ледниковым [1], флювиогляциальным и золовым [4], озерным [2, 5] и др. Ряд исследователей склоняется к полигенетическому происхождению песчаных толщ [6, 7].

Относительно возраста свиты к настоящему времени существуют крайние мнения: эоплейстоцен–средний плейстоцен [6] и каргинское время [8]. Так, для Тункинской рифтовой долины представления о возрасте песчаных толщ за последние полвека изменились кардинально. Нижняя часть песчаной свиты с включениями органогенных слоев в опорных разрезах Белый Яр I и II, Тибельти на р. Иркут в 1960-е гг. относилась к верхнему эоплейстоцену [2, 3]. Уже в 1970-е гг. возраст их накопления определялся как каргинское время (морская изотопно-кислородная стадия 3, или МИС-3) [9, 10], что актуально и поныне [8]. Однако следует отметить, что в основе современных представлений лежат лишь единичные ^{14}C -датировки, из которых не все относятся к автохтонному материалу. Кроме того, некоторые из них весьма близки к пределу ^{14}C -датирования (~50 тыс. лет). Учитывая неоднократные ревизии ^{14}C -датировок отложений Сибири 1970-х гг. [11–15], необходимо критически относиться к этим данным.

В этом отношении характерна ситуация с известным опорным разрезом Белый Яр II в восточной части Тункинской котловины. Пачка озерно-болотных отложений, залегающая в основании песчаной свиты и включающая чередование илистых темных глин и торфянистых супесей, в 1960-е гг. была

отнесена к верхнему эоплейстоцену, а вышележащие пески — к самаровскому времени среднего плейстоцена [2, 3]. Пересмотр стратиграфии в этом разрезе в 1970-е гг. произошел фактически на основании одной ^{14}C -датировки $26\,250 \pm 300$ лет ВР (СОАН-577), полученной по древесным остаткам из нижней части обнажения [9]. Новые данные палинологического и палеокарпологического изучения отложений нижней части разреза в основном подтвердили результаты 1960-х гг. [2, 3]. Но теперь отложения отнесли к липовско-новоселовскому потеплению каргинского времени [16], а перекрывающие пески — к сартанскому оледенению [9]. Позже из нижней части разреза были получены еще несколько ^{14}C -датировок (по растительному детриту), подтверждающих каргинский возраст [8]: $40\,860 \pm 480$ лет (СОАН-141) [17] и $35\,440 \pm 1860$ лет (СОАН-3144) [18]. Приведенные ^{14}C -датировки существенно отличаются друг от друга — от 26 до 41 тыс. лет. Кроме того, они получены для растительного детрита и обломков древесины, которые не обязательно представляют собой автохтонный материал по отношению к изучаемым слоям. Это не дает основания усомниться в достоверности ^{14}C -датировок, но их дополнительное подтверждение необходимо. Именно поэтому мы провели новое исследование разреза Белый Яр II.

В данном случае для определения возраста перспективно применение $^{230}\text{Th}/\text{U}$ - и ^{14}C -методов для датирования одних и тех же органосодержащих отложений. Успешность этого подхода показана при изучении ряда разрезов [13, 15, 19].

Таким образом, основная цель повторного изучения разреза Белый Яр II в Тункинской котловине — установление хроностратиграфической позиции низов песчаной толщи по данным комплексного ^{14}C - и $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -датирования и биостратиграфического изучения органосодержащих слоев.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование плейстоценовых отложений разреза Белый Яр II ($51^{\circ}42'51,5''$ с. ш., $102^{\circ}37'59,9''$ в. д.) проводилось нами в 2013 и в 2015 гг. Обнажение представляет собой абразионный уступ высотой 17 м, сформированный р. Иркут. За последние более чем 50 лет он существенно отступил, и поэтому разрезы, изученные в конце 1950-х гг. [2, 3], затем — в 1970-х гг. [9] и нами в 2013 г., несколько отличаются друг от друга, хотя в целом строение разреза принципиально не изменилось. Далее приводится описание нижней части обнажения Белый Яр II, сделанное авторами в августе 2013 г. Нижняя толща обнажения вскрыта расчисткой, дополненной внизу шурфом. Общая мощность вскрытой толщи до уровня грунтовых вод составляет 2,1 м, высота бровки уступа над урезом Иркуты — около 17 м. За 0 м нами принят уровень, расположенный на 14,7 м ниже бровки и на 2,27 м выше уреза р. Иркут (рис. 1). Отложения сверху вниз представлены следующими слоями.

Слой 1 (0–0,6 м). Песок желтовато-серый, тонкозернистый, хорошо промытый и отсортированный, неяснослоистый. В нижней части видна слабая горизонтальная слоистость. В середине залегает прерывистый, наклонный прослой (1–2 см) алеврита гумусированного, подчеркнутый ожелезнением. В кровле прослежен извилистый прослой (1–2 см) алеврита черного, гумусированного, выше него наблюдается песок желтовато-серый, тонкозернистый, более светлый (видимая мощность — 0,5 м выше отметки 0 м).

Слой 2 (0,6–0,85 м). Сложное, разорванное линзовидно-блоковое переслаивание алевритов сизых и желтовато-серых, слабо ожелезненных (по контактам ожелезнение усиливается до ржаво-желтого). В верхней части переслаивание включает оторфованный прослой. С середины песок темно-серый, сизоватый, промытый, гумусированный (или оторфованный), залегает в виде линзы. На верхнем резком контакте песок ржаво-желтый. Внизу линза выклинивается, постепенно замещаясь торфом.

Слой 3 (0,85–1,1 м). Торф коричнево-черный, слоистый. Слоистость наклонная согласно наклону слоя.

Слой 4 (1,1–1,5 м). Гиттия темно-серая, сильно песчаная, неслоистая (местами неяснослоистая). Нижние 15–20 см ближе к песку сизовато-серому, гумусированному, горизонтально-слоистому. Наблюдаются прослои песка сизого, более темные и более светлые, мощностью 0,5–2 см. У более темных прослоев мощность меньше.

Слой 5 (1,5–1,62 м). Песок сизовато-серый, гумусированный, слабо заметная горизонтально-волнистая слоистость.

Слой 6 (1,62–1,69 м). Песок коричнево-бурый с неясной горизонтальной слоистостью, залегает согласно слабоизвилистым контактам слоя.

Слой 7, видимая мощность (1,69–2,1 м). Алеврит сизо-серый, темный, слабослюдястый, горизонтально-слоистый. Слоистость слабоизвилистая.

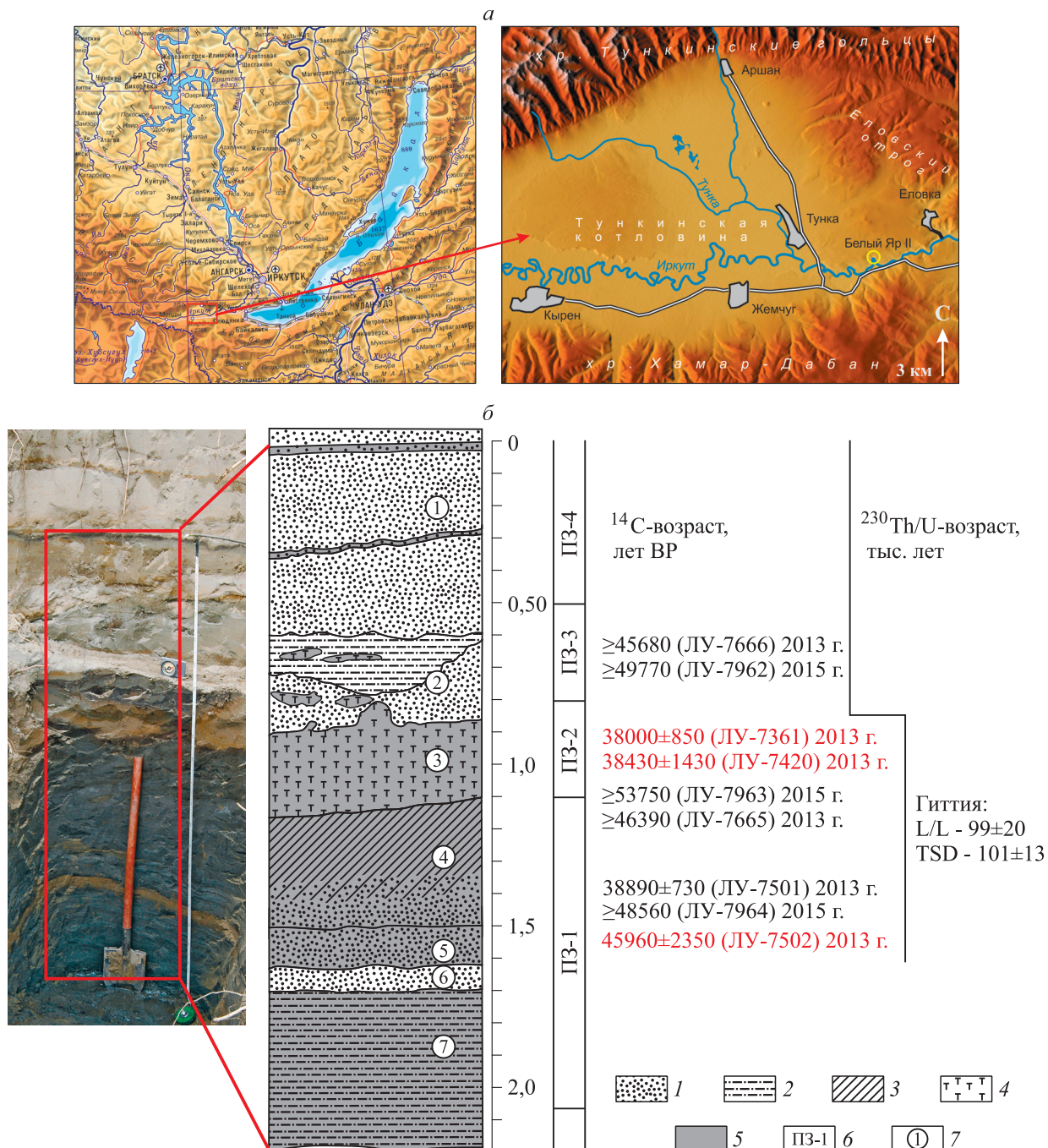


Рис. 1. Расположение разреза Белый Яр II (а) и строение отложений из его нижней части (б). Описание 2013 г.

1 — песок; 2 — алевролиты; 3 — гиттии; 4 — торф; 5 — органосодержащие слои и прослои; 6 — пылевая зона; 7 — номер слоя. Красным цветом выделены датировки, приведенные в [26].

Пачка слоев 3–7 (кроме слоя 6) имеет яркий закисный, болотный оттенок. Залегание всех слоев сложное, с фациальными переходами на расстоянии 1–1,5 м вдоль стенки расчистки. Повторная расчистка низов разреза в 2015 г. выявила лишь одно существенное отличие — отложения гиттии занимали положение слоев 2–4, описанных выше.

В 2013 г. из слоев 1–7 были взяты образцы на ^{14}C - и $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -датирование, спорово-пыльцевой (СПА) и карпологический анализы. В 2015 г. были отобраны дополнительные образцы для ^{14}C -анализа.

Для измерения ^{14}C использовался жидкостной сцинтилляционный метод счета ^{14}C в бензоле, синтезируемый из углеродсодержащих образцов [20]. В связи с высокой степенью разложения органического вещества датируемой фракцией были, как правило, гуминовые кислоты, извлекаемые из образца раствором щелочи при нагревании.

При $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -датировании органосодержащих слоев необходимо корректировать экспериментальные данные. Они должны быть «очищены» от вклада первичного ториевого загрязнения (^{230}Th и ^{232}Th), включенного в момент формирования отложений с минеральным компонентом и идентифицируемого по наличию в образцах ^{232}Th . Для этого применяют различные варианты изохронного приближения, подразумевающего изучение близких по возрасту образцов [19]. В настоящей работе применялась версия изохронного приближения [15, 19], включающая количественное определение изотопов U и Th в образцах с использованием методик выщелачивания (L/L-модель) и полного растворения (TSD-модель). Расчет значений изохронно-корректированного (далее изохронного) возраста производился отдельно по этим двум моделям для одних и тех же наборов образцов. Выполнимость предпосылок изохронного приближения [15] для конкретной серии образцов должна подтверждаться близостью изохронных L/L- и TSD-датировок.

Содержание изотопов урана и тория определяли согласно радиохимической методике [19] в образцах гиттии слоя 4 с глубины 1,1–1,5 м (отбор 2013 г.). Для увеличения совокупности аналитических данных в этом узком интервале глубин дополнительно были проанализированы пять фракций образца с глубины 1,15–1,20 м, полученных путем механического просеивания через сита с ячейками разных размеров.

Расчеты изохронного возраста по L/L- и TSD-моделям производились по методикам [15, 19].

Палинологическим методом изучено 20 проб, отобранных через 10 см из слоев 1–7. Их предварительная обработка для спорово-пыльцевого анализа выполнена для органогенных отложений с применением щелочного метода Л. фон Поста, для минерогенных отложений — сепарационного метода В.П. Гричука [21]. На заключительном этапе анализа была применена ультразвуковая очистка проб методом просеивания через сито с диаметром ячеек 7 мкм.

Палеокарпологические исследования проводились для 13 образцов в интервале глубин 0,55–1,75 м, а лабораторная обработка — согласно стандартной методике: образцы вымачивали в водном растворе под действием кальцинированной соды и промывали через лабораторные сита с диаметром ячеек 0,25 мм [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изначально при изучении разреза мы приняли генетическую интерпретацию Н.А. Логачёва [1] и считали отложения нижней части обнажения Белый Яр II озерно-аллювиальными [23]. Однако, скорее всего, эта часть сложена исключительно аллювием, видимой мощностью над урезом р. Иркут 1,5 м (см. рис. 1), представленного фаціальным переходом от старичных к русловым фациям (вверху возможны пойменные отложения): слоистые гиттии и торф переслаиваются и подстилаются песками и алевритами преимущественно горизонтально- и линзовиднослоистыми. Тонкозернистый хорошо отсортированный песок слоя 1, по-видимому, перекрывает аллювиальную толщу. Не исключено, что низы слоя 1, судя по слоистости и гумусированным прослоям, могут относиться к пойменным фациям.

Радиоуглеродное датирование. ^{14}C -датирование аллювиальных отложений из слоев 2–5 проводилось в несколько этапов. Из шести образцов 2013 г. получены четыре ^{14}C -датировки в интервале 46–38 тыс. лет (см. рис. 1), которые были опубликованы [23]. Одна из них — $45\,960 \pm 2350$ лет ВР (ЛУ-7502) — по значению активности ^{14}C очень близка фоновому измерению и поэтому представляет собой, скорее, условно конечную. При этом всего на 15 см выше по разрезу ^{14}C -возраст $38\,890 \pm 730$ лет ВР (ЛУ-7501) меньше на 7 тыс. лет. Поэтому было проанализировано еще несколько образцов отбора 2013 г. и получены запредельные ^{14}C -датировки: $\geq 45\,680$ лет ВР (ЛУ-7666) для оторфованного прослоя из верха слоя 2 и $\geq 46\,390$ лет ВР (ЛУ-7665) для гиттии из кровли слоя 4 (см. рис. 1). Это позволило предположить, что конечные датировки 2013 г., скорее всего, омоложены. Для окончательного решения вопроса о возрасте аллювиальных слоев в основании разреза в 2015 г. дополнительно были отобраны образцы гиттии и получены еще три запредельные ^{14}C -датировки (см. рис. 1).

Вероятно, конечные датировки 2013 г. могли быть омоложены из-за незначительного природного загрязнения древних образцов молодым углеродом. Как уже упомянуто выше, практически все датируемые фракции представлены гуминовыми кислотами горячего извлечения. Вероятность изменения их возраста более молодыми гумусовыми веществами значительно больше, чем древними, что

показано экспериментально [20]. Отчетливо это проявляется при попадании в образцы мельчайших фрагментов корневой системы современной растительности, которые могут частично растворяться в горячей щелочи, омолаживая, таким образом, гуминовые кислоты. Это не исключается и в нашем случае, учитывая, что даже ничтожное загрязнение способно перевести запредельный возраст в конечную датировку. И в этом плане получение нами пяти запредельных датировок по гуминовым кислотам горячего извлечения — достаточно надежное свидетельство возраста, явно превышающего возможности ¹⁴C-метода. Следовательно, по данным ¹⁴C-датирования, аллювиальная толща в низах разреза Белый Яр II формировалась ранее 54 тыс. л. н.

²³⁰Th/U-датирование. В рамках ²³⁰Th/U-датирования определено содержание изотопов урана и тория в образцах и фракциях гиттии (табл. 1). Для применения изохронного приближения необходимо, чтобы в выбранных разновозрастных образцах, помимо закрытой радиометрической системы, была одна и та же величина первичного ториевого загрязнения [15, 19]. Это позволяет получать линейные зависимости по аналитическим данным в изохронных координатах (рис. 2, а). Если значения коэффициентов корреляции не менее 0,9–0,95, то может быть достаточно точно определено значение коррекционного индекса *f* (отрезок отсечения на оси ординат), учитывающего вклад первичного ториевого загрязнения (величина которого выражается через соотношение активностей ²³⁰Th/²³²Th), и рассчитан возраст согласно линейной методике [19]. Полученные в данном исследовании значения коэффициентов корреляции явно меньше (см. рис. 2, а), что недостаточно для таких расчетов. Рас-

Таблица 1

Результаты радиохимического определения изотопов U и Th в образцах торфа и гиттии из разреза Белый Яр II

Глубина, м	Зола, %	²³⁸ U	²³⁴ U	²³⁰ Th	²³² Th	²³⁰ Th/ ²³⁴ U	²³⁴ U/ ²³⁸ U
		расп/мин на г					
L/L-модель							
1,1–1,15	0,931	0,7790 ± 0,0267	0,8923 ± 0,0292	0,8365 ± 0,0330	1,2315 ± 0,0439	0,9374 ± 0,0480	1,1456 ± 0,0451
1,15–1,2	0,936	0,5792 ± 0,0148	0,6275 ± 0,0155	0,7720 ± 0,0232	1,2284 ± 0,0326	1,2303 ± 0,0478	1,0833 ± 0,0384
1,15–1,2*	0,940	0,6727 ± 0,0221	0,7336 ± 0,0233	0,9711 ± 0,0318	1,3997 ± 0,0404	1,3239 ± 0,0604	1,0905 ± 0,0449
1,15–1,2*	0,936	0,6264 ± 0,0208	0,6926 ± 0,0220	0,9096 ± 0,0292	1,3634 ± 0,0383	1,3134 ± 0,0594	1,1057 ± 0,0461
1,15–1,2*	0,937	0,6441 ± 0,0216	0,7515 ± 0,0238	0,7859 ± 0,0235	1,3180 ± 0,0331	1,0457 ± 0,0456	1,1669 ± 0,0485
1,15–1,2*	0,963	0,5126 ± 0,0149	0,5080 ± 0,0148	0,6549 ± 0,0206	1,1462 ± 0,0295	1,2892 ± 0,0553	0,9910 ± 0,0372
1,15–1,2*	0,944	0,6310 ± 0,0172	0,6954 ± 0,0183	0,8816 ± 0,0270	1,3340 ± 0,0353	1,2678 ± 0,0512	1,1020 ± 0,0372
1,20–1,25	0,914	0,7414 ± 0,0323	0,8550 ± 0,0353	0,9687 ± 0,0353	1,3581 ± 0,0457	1,1330 ± 0,0624	1,1532 ± 0,0589
1,25–1,3	0,916	0,7821 ± 0,0298	0,9028 ± 0,0327	1,0478 ± 0,0464	1,3958 ± 0,0577	1,1606 ± 0,0664	1,1543 ± 0,0509
1,30–1,35	0,902	1,1861 ± 0,0374	1,2024 ± 0,0378	1,5100 ± 0,0680	1,7756 ± 0,0777	1,2558 ± 0,0690	1,0137 ± 0,0351
1,35–1,4	0,917	0,6199 ± 0,0220	0,7207 ± 0,0242	0,8974 ± 0,0367	1,4255 ± 0,0521	1,2451 ± 0,0658	1,1626 ± 0,0490
1,40–1,45	0,935	0,3235 ± 0,0115	0,3557 ± 0,0122	0,4732 ± 0,0171	0,9076 ± 0,0266	1,3305 ± 0,0662	1,0994 ± 0,0493
1,45–1,5	0,933	0,5432 ± 0,0177	0,5962 ± 0,0188	0,8139 ± 0,0324	1,1518 ± 0,0417	1,3651 ± 0,0693	1,0977 ± 0,0430
TSD-модель							
1,10–1,15	0,931	1,6777 ± 0,0565	1,8567 ± 0,0606	2,0171 ± 0,1006	2,4676 ± 0,1184	1,0863 ± 0,0648	1,1067 ± 0,0408
1,15–1,2	0,936	1,3060 ± 0,0394	1,3515 ± 0,0403	1,4870 ± 0,0719	1,9950 ± 0,0894	1,1003 ± 0,0625	1,0348 ± 0,0362
1,15–1,2*	0,940	1,6181 ± 0,0490	1,5695 ± 0,0481	1,7946 ± 0,0570	2,4805 ± 0,0720	1,1434 ± 0,0505	0,9699 ± 0,0355
1,15–1,2*	0,936	1,5366 ± 0,0406	1,6046 ± 0,0418	1,7443 ± 0,0544	2,4640 ± 0,0697	1,0871 ± 0,0442	1,0442 ± 0,0327
1,15–1,2*	0,937	1,5270 ± 0,0564	1,5769 ± 0,0576	1,6305 ± 0,0581	2,3052 ± 0,0738	1,0340 ± 0,0528	1,0326 ± 0,0464
1,15–1,2*	0,963	1,3457 ± 0,0448	1,4099 ± 0,0463	1,4392 ± 0,0493	2,2185 ± 0,0664	1,0208 ± 0,0484	1,0477 ± 0,0428
1,15–1,2*	0,944	1,5239 ± 0,0447	1,5603 ± 0,0458	1,7298 ± 0,0712	2,4932 ± 0,0917	1,1086 ± 0,0561	1,0239 ± 0,0362
1,20–1,25	0,914	1,4248 ± 0,0332	1,5567 ± 0,0353	1,7659 ± 0,0571	2,4252 ± 0,0732	1,1344 ± 0,0448	1,0926 ± 0,0355
1,25–1,3	0,916	1,6348 ± 0,0645	1,8124 ± 0,0690	1,6578 ± 0,0721	2,1778 ± 0,0887	0,9147 ± 0,0529	1,1087 ± 0,0494
1,30–1,35	0,902	2,0426 ± 0,0626	2,0875 ± 0,0636	2,4501 ± 0,1129	2,9127 ± 0,1303	1,1737 ± 0,0649	1,0220 ± 0,0339
1,35–1,4	0,917	1,4106 ± 0,0502	1,4886 ± 0,0519	1,6369 ± 0,0704	2,1107 ± 0,0852	1,0996 ± 0,0609	1,0553 ± 0,0437
1,40–1,45	0,935	1,0901 ± 0,0309	1,0975 ± 0,0310	1,2836 ± 0,0397	1,8659 ± 0,0525	1,1696 ± 0,0490	1,0069 ± 0,0403
1,45–1,5	0,933	1,3558 ± 0,0502	1,3341 ± 0,0497	1,4561 ± 0,0536	2,0205 ± 0,0683	1,0914 ± 0,0571	0,9840 ± 0,0435

* Для гиттий с глубины 1,15–1,2 м отобраны два образца, один из которых был разделен на пять фракций путем механического просеивания через сита с ячейками разных размеров.

пределение изотопных данных объясняется химическим составом гиттии. Согласно оценке потерь при прокаливании образцов, содержание в них органического вещества не более 4–10 % (см. табл. 1), тогда как минеральная компонента включает в значительных количествах алюмосиликаты и карбонаты. В этих минеральных составляющих величина первичного ториевого загрязнения может различаться. Вероятно, последнее обстоятельство обуславливает ее вариации в образцах, что является причиной некоторой «размазанности» точек на рис. 2, а.

В таких случаях для коррекции аналитических данных используется нелинейный способ расчета изохронного возраста [15, 19]. Для каждого из выбранных одновозрастных образцов проводится простая коррекция аналитических данных при использовании одного и того же значения f и рассчиты-

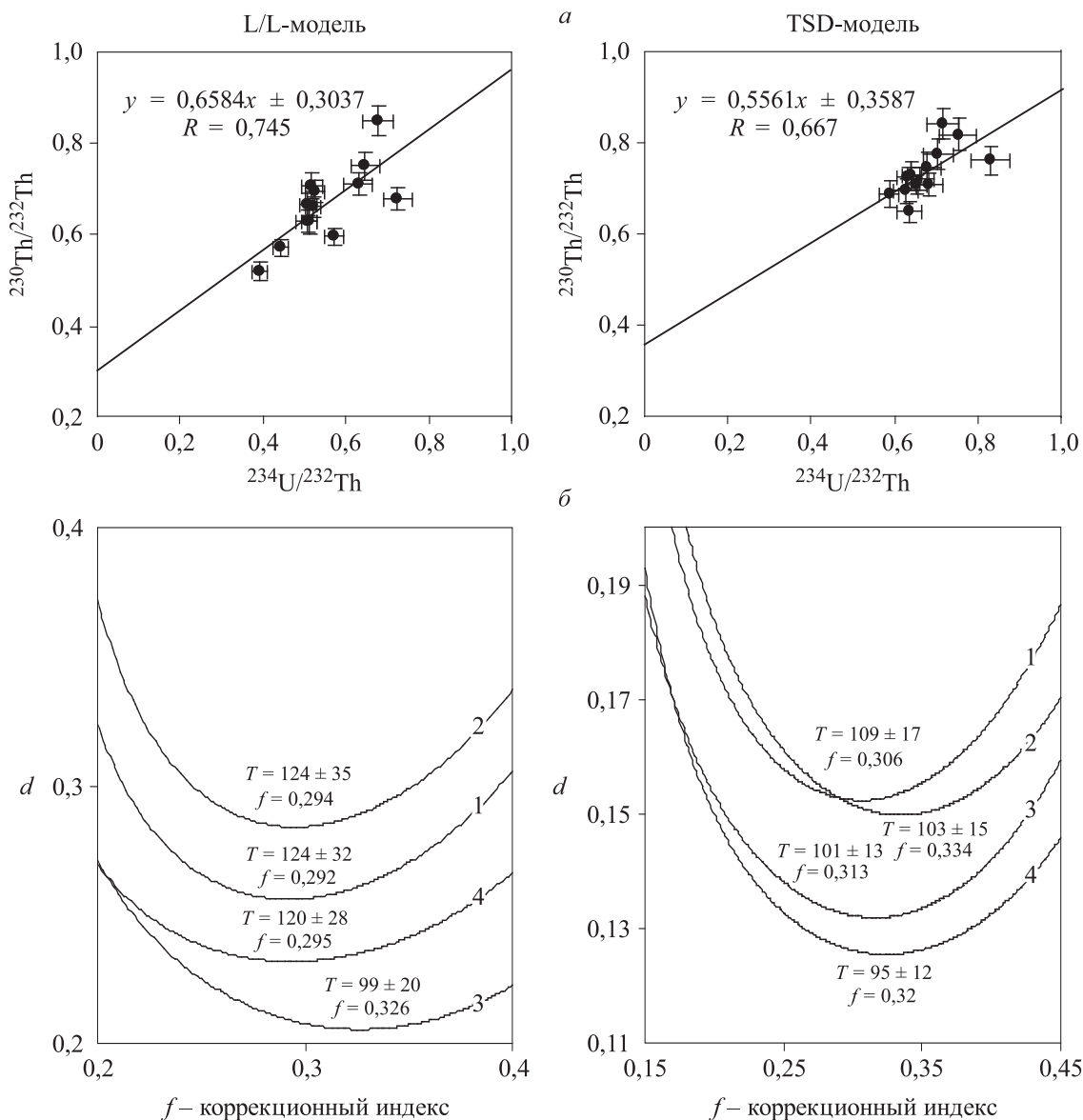


Рис. 2. Применение изохронного приближения $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -метода для датирования гиттий из разреза Белый Яр II.

а — аналитические данные по гиттиям в изохронных координатах (линейная методика). В верхней части графиков даны линейные уравнения и коэффициенты корреляции по всем 13 образцам и фракциям. б — определение изохронно-корректированного возраста (тыс. лет) согласно нелинейному способу расчета для разных наборов образцов и фракций гиттий: 1 — для всех 13 образцов и фракций с глубины 1,1–1,5 м, 2 — для 8 образцов (без учета 5 фракций) с глубины 1,1–1,5 м, 3 — для 9 образцов и фракций с глубины 1,1–1,3 м, 4 — для 5 фракций (см. табл. 1) из одного образца с глубины 1,15–1,2 м.

вается скорректированный возраст [19]. Затем определяется значение разброса (d) полученных датировок этой серии образцов как отношение квадратного корня из выборочной дисперсии этих возрастов к их среднеарифметическому значению [15]. Подбором значения f (в интервале, в котором возможны вычисления возраста) достигается минимальная величина разброса d для этой серии образцов (см. рис. 2, б). Именно для значения f , которое соответствует минимуму d , среднеарифметическое значение совокупности скорректированных датировок и квадратный корень из выборочной дисперсии представляют собой изохронный возраст и его ошибку, соответственно, для серии выбранных образцов.

Согласно нелинейной методике, проведены расчеты изохронного возраста отдельно по L/L- и TSD-моделям для нескольких серий с разным количеством образцов (и фракций) в зависимости от взятого интервала глубин (см. рис. 2, б). В каждом из этих вариантов L/L- и TSD-датировки, рассчитанные для набора одних и тех же образцов, перекрываются с учетом своих погрешностей в области, охватывающей в грубом приближении большую часть диапазона МИС-5. Широкие временные пределы подтверждают вышеизложенное соображение о том, что в образцах есть вариации величины первичного ториевого загрязнения, при этом не исключается и нарушение условий закрытой радиометрической системы для некоторых образцов. Соответственно, можно предположить, что предпосылки изохронного приближения для отложений гиттии выполняются не в полной мере.

При таких обстоятельствах результаты $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -датирования — это лишь примерная оценка количественного возраста гиттий. В большей степени условиям используемой изохронной версии отвечают возрастные данные, полученные для комбинации из девяти образцов и фракций с глубины 1,1–1,3 м, для которой достигается наибольшая сходимость L/L- и TSD-датировок, соответственно, 99 ± 20 и 101 ± 13 тыс. лет. Таким образом, можно предположить, что гиттии из нижней части разреза Белый Яр II могли отлагаться в интервале МИС-5, вероятно, во время подстадии 5с.

Спорово-пыльцевой анализ. Первые данные СПА аллювиальной толщи в основании разреза Белый Яр-II опубликованы в материалах конференции [23]. В исследованных образцах было подсчитано от 150 до 700 зерен. Исключение составили пробы из верхней части разреза, где в интервале 0,15–0,45 м встречены лишь единичные микрофоссилии. При построении спорово-пыльцевой диаграммы (рис. 3) процентное содержание каждого пыльцевого и спорового таксона подсчитано от общей суммы пыльцы наземных растений, за исключением водных. Следует отметить, что пыльца сосны, представлена подавляющим количеством *Pinus s/g* *Harpoloxylon*. Однако, ввиду плохой сохранности пыльцевых зерен (смятые, разорванные, карродированные, часто с недоразвитыми воздушными мешками) не исключается возможность отнесения к этому типу и пыльцы *Pinus s/g* *Diploxydon*, тем не менее, общее количество которой не превышает 10% от всей обнаруженной пыльцы сосны.

На диаграмме выделены 4 локальные пыльцевые зоны (ПЗ), описание которых дано снизу вверх.

ПЗ-1 (глубина 2,05–1,10 м), *Pinus-Picea-Larix*. Доминирует пыльца древесно-кустарниковой группы (80–90 %), среди которой господствует *Pinus s/g* *Harpoloxylon* (60–80 %), затем пыльца *Picea* (10–25 %). Отмечена пыльца *Larix* (1–3 %) и относительно небольшое количество пыльцы трав (10–20 %). Среди споровых доминирует *Polypodiaceae* (5–13 %) и *Sphagnum* (1–3 %). Встречены единичные зерна *Lycopodium clavatum*, *L. pungens*, *L. annotinum*, *Huperzia selago*, *Botrychium* и *Encalypta*.

ПЗ-2 (глубина 1,10–0,80 м), *Cyperaceae-Artemisia-Myriophyllum*. Сокращается роль древесно-кустарниковой группы до 55 % за счет увеличения трав. По-прежнему преобладает пыльца *Pinus s/g* *Harpoloxylon* (40–50 %), присутствует пыльца *Picea* (не более 5 %) и *Larix* (не более 1 %). В группе трав преобладает *Cyperaceae* (15–30 %) и *Artemisia* (10–15 %), присутствует *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Thalictrum sp.*, *Polygonum persicaria*. Характерной особенностью данной палинозоны является высокое содержание пыльцы прибрежно-водного растения *Myriophyllum sp.* до 18 %. В группе споровых растений доминируют *Polypodiaceae* и *Sphagnum*.

ПЗ-3 (гл. 0,8–0,5 м). *Pinus-Cyperaceae-Artemisia*. В составе древесно-кустарниковой группы увеличивается роль пыльцы *Pinus s/g* *Harpoloxylon* до 60 %. В группе трав сохраняется преобладание *Cyperaceae* (8–30 %) и *Artemisia* (10–13 %). Есть *Rosaceae*, *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae*, *Caryophyllaceae*. Полностью исчезает пыльца *Myriophyllum sp.* Среди споровых зафиксированы единичные зерна спор *Selaginella sibirica*, *Botrychium sp.* В конце зоны резко падает насыщенность препаратов микрофоссилиями.

ПЗ-4 (гл. 0,5–0,15 м). Зона отличается почти полным отсутствием пыльцевых и споровых зерен. Обнаружены лишь единичные формы *Pinus s/g* *Harpoloxylon*, *Cyperaceae*, *Polypodiaceae* и *Sphagnum*.

Карпологический анализ. Первые результаты палеокарпологического изучения отложений разреза Белый Яр II опубликованы в [24]. Позже они были дополнены новыми находками. Всего определены

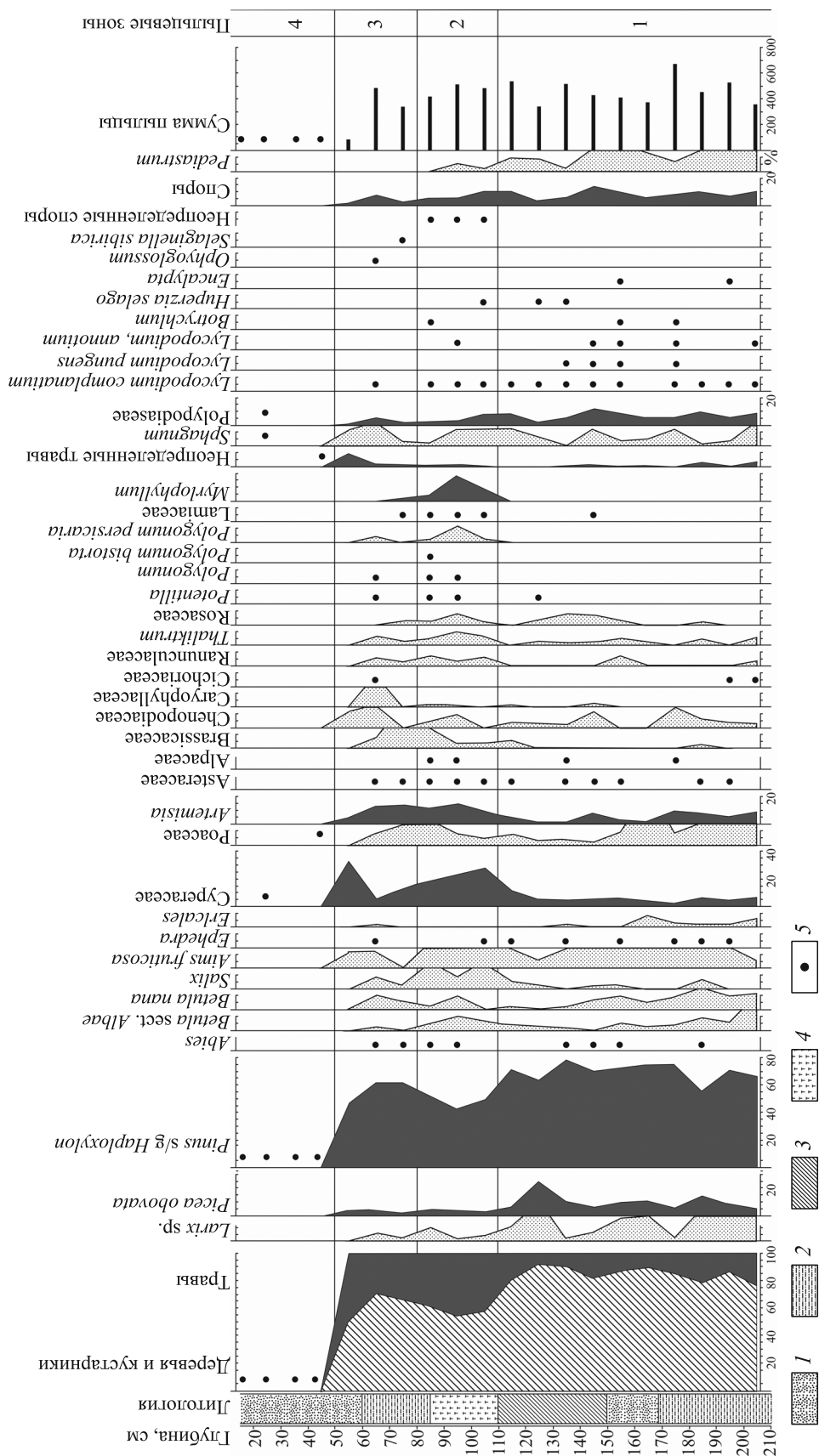


Рис. 3. Спорно-пыльцевая диаграмма разреза Белый Яр II.

Литоогический состав: 1 — песок, 2 — алевриты, 3 — гиттия, 4 — торф. 5 — содержание пыльцы менее 1 %.

макроостатки 32 таксонов (табл. 2). В составе торфяных отложений доминируют остатки болотнотравянистых растений, семена схеноплектуса (*Schoenoplectus*), здесь же отмечены орешки рода осок (*Carex*), плоды пушицы (*Eleocharis*), орешки горца (*Polygonum*) и хвостника (*Hippuris vulgaris*), а также уруты (*Myriophyllum*). Все разнообразие растительных макроостатков принадлежит травянистым одно- и многолетним травам, большинство из которых являются водными и прибрежно-водными видами. Исключение составляет представитель семейства Brassicaceae (*Bunias cochlearioides*) и Amaranthaceae (*Chenopodium* sp.), которые относятся к степным элементам флоры и зафиксированы на глубинах 0,85–0,95 м и 0,65 м, соответственно. Кроме этого, на глубине 1,25 м была обнаружена хвоя.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Состав ПЗ-1 характеризует господство кедровых лесов с елью и примесью лиственницы. Ель, вероятно, произрастала вдоль поймы р. Иркут, а лиственница могла быть представлена в предгорных равнинах и на болотах. Современная растительность Тункинской котловины отличается разнообразием, обусловленным большой расчлененностью рельефа, пестротой и мозаичностью почв. Горнотаежные лесные формации сложены в основном лиственницей, кедром, сосной, в значительно меньшей степени елью, в таежных лесах только спорадически образуются пихтовые формации¹. В районе разреза Белый Яр II доминируют преимущественно разреженные сосновые леса со следами пожаров. Таким образом, состав палеорастительности отличается от современного значительно большим распространением кедровых лесов с елью, что соответствует относительно теплomu и влажному климату.

Во время формирования ПЗ-2 и ПЗ-3 условия изменились в сторону иссушения и похолодания. Роль кедровых лесов и ели сокращалась вследствие снижения влажности, а площади, занятые полынными и осоковыми группировками, увеличивались. Однако слой гиттии в интервале 1,1–1,5 м (конец ПЗ-1) может быть связан с образованием старицы, которая впоследствии стала зарастать и вызвала обильное распространение болотно-водного растения — уруты (ПЗ-2). Почти полное отсутствие микрофитофоссилий в ПЗ-4 связано, возможно, как с неблагоприятными условиями для их захоронения, так и с высокими скоростями осадконакопления. Резкая смена спорово-пыльцевых спектров (СПС) на глубине 0,5 м, вероятно, свидетельствует о перерыве в осадконакоплении.

Результаты СПА и карпологического анализа хорошо согласуются в части определения травянистой растительности. И это выражается не только в одних и тех же выявленных таксонах, но и в их участии по разрезу. Так, например, максимум содержания пыльцы *Myriophyllum* sp. и плодов *Myriophyllum verticillatum* приходится на глубину 0,85 м. Совпадает и максимум пыльцы семейства Сурегасеае с обилием плодов рода *Carex* sp. и вида *Schoenoplectus tabernaemontani* на гл. 1,05 м. Однако по карпологическим данным древесная растительность не представлена, тогда как она доминирует в СПС. Это связано с тем, что макроостатки не переносятся на большие расстояния и представляют исключительно локальную флору. Сравнение состава полученных СПС (рис. 3), особенно ПЗ-1, с палеоботаническими данными 60–70-х прошлого века для нижней части разреза Белый Яр II [2, 3] указывает в большей степени на их сходство, чем на различие. К этому относится обилие пыльцы *Pinus* s/g Нарлохулон и достаточно большое количество пыльцы *Picea*, незначительное содержание *Betula*, *Alnus* sp., *Larix*, присутствие единичных зерен пыльцы *Abies*, господство пыльцы таких травянистых растений, как Сурегасеае и *Artemisia*, а среди споровых — спор Polypodiaceae. Отличия заключаются в отсутствии в нашем случае пыльцы *Tsuga*.

Современные публикации, посвященные условиям формирования отложений верхнего плейстоцена в Байкальском регионе, которые надежно обоснованы палинологически, стратиграфически и геохронологически, немногочисленны. К ним можно отнести колонки донных отложений озер Байкал [25–27] и Котокель [28], а также разрез Усть-Ода на р. Китой [29]. Сравнение состава СПС ПЗ-1, полученных нами для разреза Белый Яр II, и СПС из этих разрезов показало, что наибольшее сходство обнаруживается с пыльцевой зоной Ust-Oda-1a в Усть-Одинском разрезе на р. Китой [29]. Для той и другой характерно господство пыльцы древесной растительности, среди которой доминирует пыльца *Pinus* s/g Нарлохулон и в меньшей степени *Picea*. Содержание пыльцы *Pinus sylvestris* достигает 10 %. Авторы статьи [29] предполагают, что такие СПС могли формироваться во время МИС-5с и МИС-5е. Близкими по составу СПС, на наш взгляд, можно считать и интервал 1600–1740 см в байкальской колонке ВДР-99 [25, 27]. Однако он отличается наличием пыльцы широколиственных и значительно

¹ Комплексная оценка территории Тункинского национального парка: Отчет Байкал. ин-та природопользования СО РАН. — Улан-Удэ, 1994. — 84 с.

Таксономическая принадлежность растительных макроостатков из обнажения Белый Яр II

Таксономический состав		Глубина отбора проб, м (их промытая масса, г)												
		0,55 (100)	0,65 (90)	0,75 (100)	0,85 (245)	0,95 (100)	1,05 (209)	1,15 (100)	1,25 (100)	1,35 (100)	1,45 (100)	1,55 (100)	1,65 (100)	1,75 (100)
Plantaginaceae	<i>Hippuris vulgaris</i>	—	—	—	24	21	32	—	—	—	—	—	—	—
Brassicaceae	<i>Bunias cochlearioides</i>	—	—	—	10	8	1	2						
Haloragaceae	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	—	—	—	31	23	14	4	—	—	—	—	—	—
	<i>Myriophyllum spicatum</i>	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—
Cyperaceae	<i>Eleocharis ovata</i>	—	15	—	12	15	5	7	6	—	—	—	—	—
	<i>Eleocharis cf. palustris</i>	—	—	—	13	1	1		—	—	—	—	—	—
	<i>Eleocharis acicularis</i>	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—
	<i>Eleocharis sp.</i>	—	—	—	1	—	—	—	16	—	—	—	—	1
	<i>Carex cf. rostrata</i>	—	—	—	3	—	—	—	2	—	—	—	—	—
	<i>Carex cf. riparia</i>	—	—	—	—	—	1м	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Carex cf. canescens</i>	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Carex sect. Vigneae sp.</i>	—	7	—	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Carex sp.</i>	—	3	—	4 + 5м	2 + 3м	24	5	6 + 1м	3				1 + 1м
	<i>Scirpus sp.</i>	—	2	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Schoenoplectus lacustris</i>	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	—	1	—	23	26	32 + 4п	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Schoenoplectus sp. gen. sp.</i>	—	2	—	5	9	—	—	4	—	—	—	—	1
	Polygonaceae	<i>Polygonum persicaria</i>	—	—	—	2	2	1	—	—	—	—	—	—
<i>Polygonum lapathifolium</i>		—	—	—		8 + 15п	14 + 46п	—	8	—	—	—	—	—
<i>Polygonum sp.</i>		—	—	—	2 + 4п	—	—	1	—	1	—	—	—	—
<i>Rumex sp.</i>		—	—	—	—	—	—	—	1					
Ranunculaceae	<i>Ranunculus sp.</i>	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	<i>Batrachium sp.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton sp.</i>	—	—	—	—	1о	2	1	—	—	—	—	—	1
Amaranthaceae	<i>Chenopodium sp.</i>	—	3	—	—	1	1	2	3	1	—	—	—	1
Nymphaeaceae	<i>Nuphar lutea</i>	—	2о	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Asteraceae	<i>Bidens sp.</i>	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—
Rosaceae	<i>Potentilla cf. reptans</i>	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—
	<i>Potentilla cf. anserina</i>	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
	<i>Rubus idaeus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Pinaceae	cf. <i>Picea sp.</i>	—	—	—	—	—	1	1	—	—	1	—	—	—
Хвоя		—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—

Примечание. Прочерк — пыльца и споры не обнаружены; м — мешочки осок; п — половинки семян; о — макроостатки, обнаруженные в дополнительном объеме породы.

большим участием *Pinus s/g Diploxylon*. Такие особенности СПС могут быть связаны с разнообразием растительности в условиях сильно расчлененного рельефа и с влиянием узколокальных факторов, таких как увлажненность и богатство почв. Согласно мнению авторов [26, 28], такие СПС отнесены к середине МИС-5, а именно МИС-5с. Таким образом, и в нашем случае СПС ПЗ-1 из разреза Белый Яр II мы склонны отнести к МИС-5с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенное выше описание позволяет предположить аллювиальное происхождение отложений в низах обнажения Белый Яр II. Оно в целом, несмотря на некоторые особенности, близко к наблюдениям конца 1950-х и в 1970-е гг. [2, 3, 9]. Вскрытая в 1960–2015 годах часть аллювиальной толщи экспонирует старичные отложения аллювия фациально замещаемые русловыми (вверху можно и пойменными) фациями.

Результаты нового палеоботанического изучения разреза свидетельствуют, что в целом общий характер СПС в ПЗ-1–ПЗ-3, и особенно в ПЗ-1 (рис. 3) согласуется с ранее полученными данными [2, 3]. Следовательно, нами была вскрыта и изучена именно та толща отложений, что и в предшествующих работах.

Результаты комплексного датирования торфов (соответствует ПЗ-2) и гиттий (соответствует ПЗ-1) с применением $^{230}\text{Th}/\text{U}$ - и ^{14}C -методов дали повод для пересмотра хроностратиграфической позиции низов обнажения. Анализ полученных пяти запредельных и четырех конечных ^{14}C датировок (рис. 1) показал, что возраст отложений, скорее всего древнее возможностей ^{14}C метода. Тогда как ранее опубликованные ^{14}C -датировки [8, 9, 17, 18] были конечными и указывали на МИС-3. Данные $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -датирования гиттий, представленные в настоящей работе, свидетельствуют о том, что образцы этих отложений не в полной мере соответствуют предпосылкам изохронного приближения $^{230}\text{Th}/\text{U}$ метода. В этом случае можно привести лишь ориентировочную оценку $^{230}\text{Th}/\text{U}$ возраста гиттий — 99 ± 20 и 101 ± 13 тыс. лет для L/L- и TSD-моделей соответственно.

Таким образом, приведенные результаты комплексного $^{230}\text{Th}/\text{U}$ - и ^{14}C -датирования показывают, что низы песчаной толщи в разрезе Белый Яр II формировались во время МИС-5. Данные о возрасте в совокупности с палеоботаническим составом позволяют предположить, что гиттии образовались в подстадию МИС-5с, когда условия были относительно теплыми и влажными, а вышележащие слои торфа — на переходе к МИС-5b в обстановке похолодания и иссушения климата. Стоит отметить, что для лучшего понимания изменения растительности и климата Тункинской рифтовой долины в плейстоцене необходимо продолжить биостратиграфические и геохронометрические исследования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 13–05–00854, № 20–05–00813, а также частично при поддержке плановой темы № АААА-А19-119030190018-1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Логачёв Н.А. Кайнозойские континентальные отложения впадин байкальского типа // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1958. — № 4. — С. 18–29.
2. Равский Э.И., Голубева Л.В. Эоплейстоцен Тункинской впадины // ДАН СССР. Геология. — 1960. — Т. 135, № 5. — С. 1207–1210.
3. Равский Э.И., Александрова Л.П., Вангенгейм Э.А., Гербова В.Г., Голубева Л.В. Антропогенные отложения юга Восточной Сибири: Труды Геол. ин-та АН СССР. — М.: Наука, 1964. — Вып. 105. — 280 с.
4. Олюнин В.Н. Происхождение рельефа возрожденных гор. — М.: Наука, 1978. — 276 с.
5. Осадчий С.С. Следы максимальной трансгрессии Байкала // География и природ. ресурсы. — 1995. — № 1. — С. 179–189.
6. Мац В.Д., Ефимова И.М. Геология Байкальской впадины // Байкаловедение. — Новосибирск: Наука, 2012. — Т. 1. — С. 335–403.
7. Щетников А.А., Уфимцев Г.Ф. Структура рельефа и новейшая тектоника Тункинского рифта (Юго-Западное Прибайкалье). — М.: Научный мир, 2004. — 160 с.
8. Щетников А.А., Клементьев А.М., Филинов И.А., Семенев Е.Ю. Крупные млекопитающие опрорных разрезов верхнего неоплейстоцена Тункинской рифтовой долины, юго-западное Прибайкалье // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 2015. — Т. 23, № 2. — С. 104–128.
9. Адаменко О.М., Белова В.А., Попова С.М., Адаменко Р.С., Пономарёва Е.А., Ефимова Л.И. Биостратиграфия верхнеплейстоценовых отложений Тункинской впадины // Геология и геофизика. — 1975. — № 6. — С. 78–85.

10. **Белова В.А.** Растительность и климат позднего кайнозоя юга Восточной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985. — 158 с.
11. **Шер А.В., Плахт И.Р.** Радиоуглеродное датирование и проблемы стратиграфии плейстоцена низменностей Северо-Востока СССР // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1988. — № 8. — С. 17–33.
12. **Архипов С.А.** Хронология геологических событий позднего плейстоцена Западной Сибири // Геология и геофизика. — 1997. — Т. 38, № 12. — С. 1863–1884.
13. **Астахов В.И., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Кузнецов В.Ю., Разина В.В., Назаров Д.В.** Возраст межледникового торфяника на Нижней Оби // ДАН. — 2005. — Т. 401, № 1. — С. 95–99.
14. **Астахов В.И.** Средний и поздний неоплейстоцен ледниковой зоны Западной Сибири: проблемы стратиграфии и палеогеографии // Бюл. комиссии по изучению четвертичного периода. — 2009. — № 69. — С. 8–24.
15. **Максимов Ф.Е., Савельева Л.А., Лаухин С.А., Кузнецов В.Ю., Арсланов Х.А., Петров А.Ю., Григорьев В.А., Левченко С.Б.** Новые данные о возрасте и условиях формирования погребенных органогенных отложений в среднем течении реки Оби // Сиб. экол. журн. — 2017. — № 4. — С. 427–439.
16. **Кинд Н.В.** Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. — М.: Наука, 1974. — 255 с.
17. **Каталог радиоуглеродных дат / Сост. Л.В. Фирсов, В.А. Панычев, Л.А. Орлова.** — Новосибирск: Изд-во Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР, 1985. — 88 с.
18. **Кульчицкий А.А., Осадчий С.С., Мишарина В.А.** Результаты изучения песчаных отложений Тункинской впадины (разрезы Белый Яр I и II) // Материалы Иркутского геоморфологического семинара. — Иркутск: Изд-во Ин-та земной коры СО РАН, 1994. — С. 100–103.
19. **Максимов Ф.Е., Кузнецов В.Ю.** Новая версия $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -датирования верхне- и среднеплейстоценовых отложений // Вестн. Санкт-Петерб. ун-та. Сер. 7. — 2010. — Вып. 4. — С. 94–107.
20. **Арсланов Х.А.** Радиоуглерод: геохимия и геохронология. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. — 300 с.
21. **Гричук В.П., Заклинская Е.Д.** Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. — М.: Географгиз, 1948. — 175 с.
22. **Никитин В.П.** Палеокарпологический метод. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1969. — 82 с.
23. **Максимов Ф.Е., Савельева Л.А., Лаухин С.А., Ларин С.И., Арсланов Х.А., Кузнецов В.Ю., Григорьев В.А., Старикова А.А.** Геохронометрическая характеристика и условия формирования озерно-аллювиальной толщи в разрезе Белый Яр-II (Тункинская котловина) // Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2015. — С. 297–299.
24. **Якимова К.С., Савельева Л.А., Попова С.С.** Результаты карпологических исследований отложений разреза Белый Яр II (Тункинская котловина) // Актуальные проблемы современной палинологии: Материалы XIV Всерос. палинол. конф. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2017. — С. 411–413.
25. **BDP-99 Baikal Drilling Project Members.** A new Quaternary record of regional tectonic, sedimentation and paleoclimate changes from drill core BDP-99 at Posolskaya Bank, Lake Baikal // Quaternary International. — 2005. — Vol. 136. — P. 105–121.
26. **Tarasov P., Granoszewski W., Bezrukova E., Brewer S., Nita M., Abzaeva A., Oberhänsli H.** Quantitative reconstruction of the Last Interglacial vegetation and climate based on the pollen record from Lake Baikal, Russia // Climate Dynamics. — 2005. — Vol. 25, N 6. — P. 625–637.
27. **Shichi K., Kawamuro K., Takahara H., Hase Y., Maki T., Miyoshi N.** Climate and vegetation changes around Lake Baikal during the last 350,000 years // Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol. — 2007. — Vol. 248. — P. 357–375.
28. **Bezrukova E.V., Tarasov P.E., Solovieva N., Krivonogov S.K., Riedel F.** Last glacial-interglacial vegetation and environmental dynamics in southern Siberia: chronology, forcing and feedbacks // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. — 2010. — Vol. 296. — P. 185–198.
29. **Shchetnikov A.A., Bezrukova E.V., Maksimov F.E., Kuznetsov V.Yu., Filinov I.A.** Environmental and climate reconstructions of the Fore-Baikal area during MIS 5-1: Multiproxy record from terrestrial sediments of the Ust-Oda section (Siberia, Russia) // Journ. of Asian Earth Sciences. — 2016. — Vol. 129. — P. 220–230.

Поступила в редакцию 04.10.2018

После доработки 07.03.2019

Принята к публикации 24.03.2020