

ПЕРВАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ ХРОНОЛОГИЯ НАЧАЛЬНОГО ВЕРХНЕГО ПАЛЕОЛИТА ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА (ПО МАТЕРИАЛАМ СТОЯНКИ УШБУЛАК)

Р.Н. Курбанов¹, В.А. Ульянов², А.А. Анойкин³, Г.Д. Павленок⁴,
Д.В. Семиколенных⁵, В.М. Харевич⁶, Ж.К. Таймагамбетов⁷, Э.С. Мюррей⁸

^{1,5} Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии

^{1,5} Институт географии РАН, отдел палеогеографии четвертичного периода

^{3,4} Институт археологии и этнографии СО РАН, отдел археологии каменного века

³ Алтайский государственный университет, лаборатория междисциплинарного изучения археологии Западной Сибири и Алтая

⁶ Институт археологии и этнографии СО РАН, лаборатория археологии и палеогеографии Средней Сибири

⁷ Национальный музей Республики Казахстан

⁸ Орхусский университет, Дания, Скандинавская люминесцентная лаборатория

¹ Ст. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: kurbanov@igras.ru

² Науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: vauism@gmail.com

³ Ст. науч. с., докт. ист. н.; e-mail: anuil@yandex.ru

⁴ Ст. науч. с., канд. ист. н.; e-mail: lukianovagalina@yandex.ru

⁵ Мл. науч. с.; аспирант; e-mail: aristova@igras.ru

⁶ Ст. науч. с., канд. ист. н.; e-mail: mihalich84@mail.ru

⁷ Гл. науч. с., академик НАН Казахстана, профессор; e-mail: zhaken.taimagambetov@gmail.com

⁸ Профессор; e-mail: andrew.murray@geo.au.dk

В работе представлены первые результаты детального геохронологического исследования разреза опорной для верхнего палеолита Казахстана многослойной стоянки Ушбулак. Стратиграфический разрез памятника содержит семь основных культуросодержащих слоев. По характеристикам найденного инвентаря слой 1 был отнесен к эпохе палеометалла, слои 2.1–7.2 – к разным этапам верхнего палеолита. В связи со сложным строением разреза и редкостью органических остатков в отложениях, для установления точной хронологии формирования отложений памятника был применен подход сравнительного датирования методами ОСЛ и ИКСЛ, а также привлечены данные УМС-датирования материалов из разных горизонтов слоя 6. Анализ условий седиментации был выполнен на основе детальной характеристики отложений, геоморфологического строения района и современных экзогенных процессов. Результаты сравнения трех протоколов люминесцентного датирования (ОСЛ, pIRIR290, IR50) указывают на достаточное обнуление сигнала в ходе формирования отложений таким образом, что ИКСЛ-возраст отражает относительно точное время этих процессов. Результаты лабораторных измерений и стандартные тесты позволяют считать полученные датировки достоверными, а итоговую хронологию – надежной. На основе ИКСЛ-хронологии и радиоуглеродных датировок была построена байесовская модель возраста, выделены горизонты возможной неполноты геологической летописи. В результате анализа плейстоценовых отложений стоянки Ушбулак были определены точные временные рамки трех культурно-хронологических стадий, соответствующих разным периодам верхнего палеолита и отличающихся индустриально: начального верхнего палеолита (слои 7.2–5.2), фиксирующаяся в интервале 47–37 тыс. л. н.; развитого верхнего палеолита (слои 5.1–4) в интервале 22–19 тыс. л. н. и финального верхнего палеолита (слои 3.3–2.1) в интервале 17–15 тыс. л. н. Выполненное исследование позволило определить точное время основных этапов функционирования стоянки, начиная с первоначального заселения ее территории, – около 47–45 тыс. л. н., т. е. второй половины МИС 3.

Ключевые слова: геоархеология, палеолит Центральной Азии, каменные индустрии, ОСЛ, палеогеография

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в современной археологии одной из ведущих точек зрения является представление о том, что на территории Европы и части Азии культуры среднего палеолита связаны в первую очередь с неандертальцами, а появление

и распространение индустрий позднего/верхнего палеолита – с расселением по континенту человека современного антропологического типа. Процесс культурных изменений был предположительно вызван выходом архаичных *Homo Sapiens* за пределы Африки [Out of Africa..., 2010; Groucutt et al., 2015].

Начиная примерно с 50 тыс. л. н. в различных регионах Евразии фиксируются изменения ключевых элементов материальной культуры, связанных с появлением новых техник расщепления камня, специфических типов орудий, широким использованием костяного материала и созданием неутилитарных предметов (украшения и т. д.). Установление причин, характера, путей распространения и хронологии этих инноваций занимает одно из центральных мест в проблематике мировой археологии. В контексте ее решения выделение каменных индустрий начального верхнего палеолита (НВП) стало одним из заметных достижений археологии палеолита конца XX в. Эти комплексы были изначально охарактеризованы на примере материалов стоянки Бокер-Тахтит и грота Кзар-Акил (Левант), а в настоящее время идентифицированы во многих районах Евразии [Вишняцкий, 2008; The Early..., 1988].

Выделяется несколько основных регионов распространения НВП-индустрий: Центральная и Восточная Европа, Ближний Восток, некоторые районы Центральной Азии. При этом одним из нерешенных вопросов, применительно ко всему пространству бытования этих комплексов, остается вопрос хронологии, являющийся ключевым для установления предкового региона/регионов, путей и скорости их распространения, характера взаимодействия с «аборигенными» культурами на осваиваемых территориях.

В Центральной Азии индустрии, связанные с ранними этапами верхнего палеолита, были открыты сравнительно недавно, и их значительно меньше, чем в западной части материка. Большая часть известных здесь стоянок сосредоточена в южной части региона – Западный Тянь-Шань (Оби-Рахмат) или на его северной и северо-восточной границе – Алтай и Северная Монголия (Кара-Бом, Усть-Каракол-1, Толбор-4 и др.) [Деревянко и др., 1998; Деревянко и др., 2003; Derevianko et al., 2007; Rybin, 2014].

В связи с этим особое значение приобретают археологические памятники Казахстана, занимающего обширную территорию, соединяющую несколько крупных историко-культурных областей (Среднюю Азию, Сибирь, Северный Китай и Восточную Европу) и отличающуюся специфическими географическими условиями (резкая континентальность и аридность климата, доминирование процессов денудации). Этим во многом обусловлено малое количество известных здесь стоянок древнего каменного века, большей частью представленных местонахождениями с поверхностным залеганием артефактов. Материалы верхнего палеолита, залегающие *in situ*, присутствуют в комплексах ряда стоянок Южного Казахстана – Майбулак, имени Ч. Валиханова, Рахат и др. [Таймагамбетов, Ожерельев, 2009; Ожерельев и др., 2019; Fitzsimmons et al., 2017]. Несколько

памятников со стратифицированными позднепалеолитическими индустриями есть в Центральном и Северном Казахстане (Батпак-7, Экибастуз-15, Экибастуз-18) [Таймагамбетов, Ожерельев, 2009]. В восточной части Казахстана, несмотря на ее близость к богатому палеолитическими памятниками российскому Алтаю, до последнего времени стратифицированные комплексы верхнего палеолита были практически неизвестны. Однако в 2016 г. в ходе разведочных работ российско-казахстанской экспедицией была открыта многослойная стоянка Ушбулак (рис. 1), ставшая ключевым объектом для изучения поздних этапов каменного века региона [Shunkov et al., 2017].

Геоморфология. Стоянка Ушбулак расположена в предгорной части северо-восточной оконечности Шиликтинской долины, в урочище Долина Карасай, у подножия юго-западного склона западной оконечности хр. Саур на абсолютной высоте около 1500 м. Археологический материал выявлен в верхнем течении ручья Восточный (рис. 2А), как в русле, так и в стратифицированном залегании на обоих бортах. Овраг, образованный деятельностью водотока, врезан в поверхность подгорной равнины на 6 м, имеет V-образный профиль, узкое днище шириной до 3–5 м. Ручей находится в зоне разлома северо-западного простирания, контролирующего массивные интрузии гранодиоритов и диоритов. Исток ручья представляет собой родник с дебитом около 6 л/с, бьющий из толщи рыхлых отложений у самого подножия склона хр. Саур. По всей видимости, питание связано с трещинными водами интрузивного комплекса.

В геоморфологическом отношении территория, на которой локализован памятник, приурочена к зоне сочленения северо-восточной окраины межгорной Шиликтинской впадины с хр. Саур. Основные черты геоморфологического строения территории свидетельствуют об активных тектонических поднятиях новейшего времени и относительной молодости тектонически предопределенного рельефа [Геология СССР..., 1967]. Стоянка расположена в основании юго-западного макросклона хр. Саур, который характеризуется значительными генеральными уклонами (от 15 до 25°), рассечен глубоко врезанными ущельями с крутыми бортами и водотоками, как правило, функционирующими круглогодично. К востоку от местонахождения хр. Саур сложен девонскими песчаниками, алевролитами и кремнистыми сланцами, которые ближе к осевой части хребта сменяются базальтовыми порфиритами и лавами андезитового состава. Западнее хребет составляют сильнодислоцированные туфопесчаники, туфы, алевролиты, песчаники каменноугольного времени.

Переход от юго-западного макросклона хр. Саур к Шиликтинской впадине морфологически четко выражен по резкому изменению уклонов поверхности. От подножия хребта начинается пологоувалистая подгорная поверхность, сформированная плащом делювиально-пролювиальных отложений и слившимися конусами выходящих на равнину водотоков. Местами в вершинных частях увалов сквозь чехол рыхлых отложений проступают перекрытые тонким слоем элювия выходы коренных пород.

Современные рельефообразующие процессы в значительной степени определяются ландшафтно-климатическими условиями региона: резко континентальным климатом, холодными зимами и жарким летом [Гидрогеология СССР..., 1971]. Южные наветренные склоны хр. Саур получают более 700 мм осадков в год, при этом снеговые запасы составляют до 300 мм, что обуславливает бурное весеннее половодье и, как следствие, интенсивную эрозионную деятельность в пределах горных территорий, сопровождающуюся активным выносом материала в пределы впадины. Местами в средней и приустьевой частях долин

отмечаются признаки эпизодического прохождения селевых потоков в виде корродированных участков русла, полей селевой аккумуляции на участках расширения днища, локально сохранившихся селевых террас установленной высотой до 1,5–2 м над современным урезом. Наиболее крупные водотоки, в частности находящийся вблизи стоянки ручья Большой, характеризуются высокой транспортирующей способностью, вынося к подножию хребта валуны и глыбы размером до 0,5 м, а в отдельных случаях – до 1 м в поперечнике.

Стратиграфия. Разрез новейших отложений в районе расположения стоянки Ушбулак отражает последовательное замещение проявлений аллювиально-пролювиальной деятельности процессами преимущественно делювиально-склонового транзита и аккумуляции. Сводный разрез, составленный по результатам описания отложений в двух раскопах и серии шурфов на обоих бортах ручья, содержит восемь основных литологических слоев (рис. 3).

Слой 1. Гумусовый горизонт современной почвы мощностью 0,2–0,25 м.



Рис. 1. Район исследования и расположение стоянки Ушбулак

Fig. 1. Study area and location of the Ushbulak site

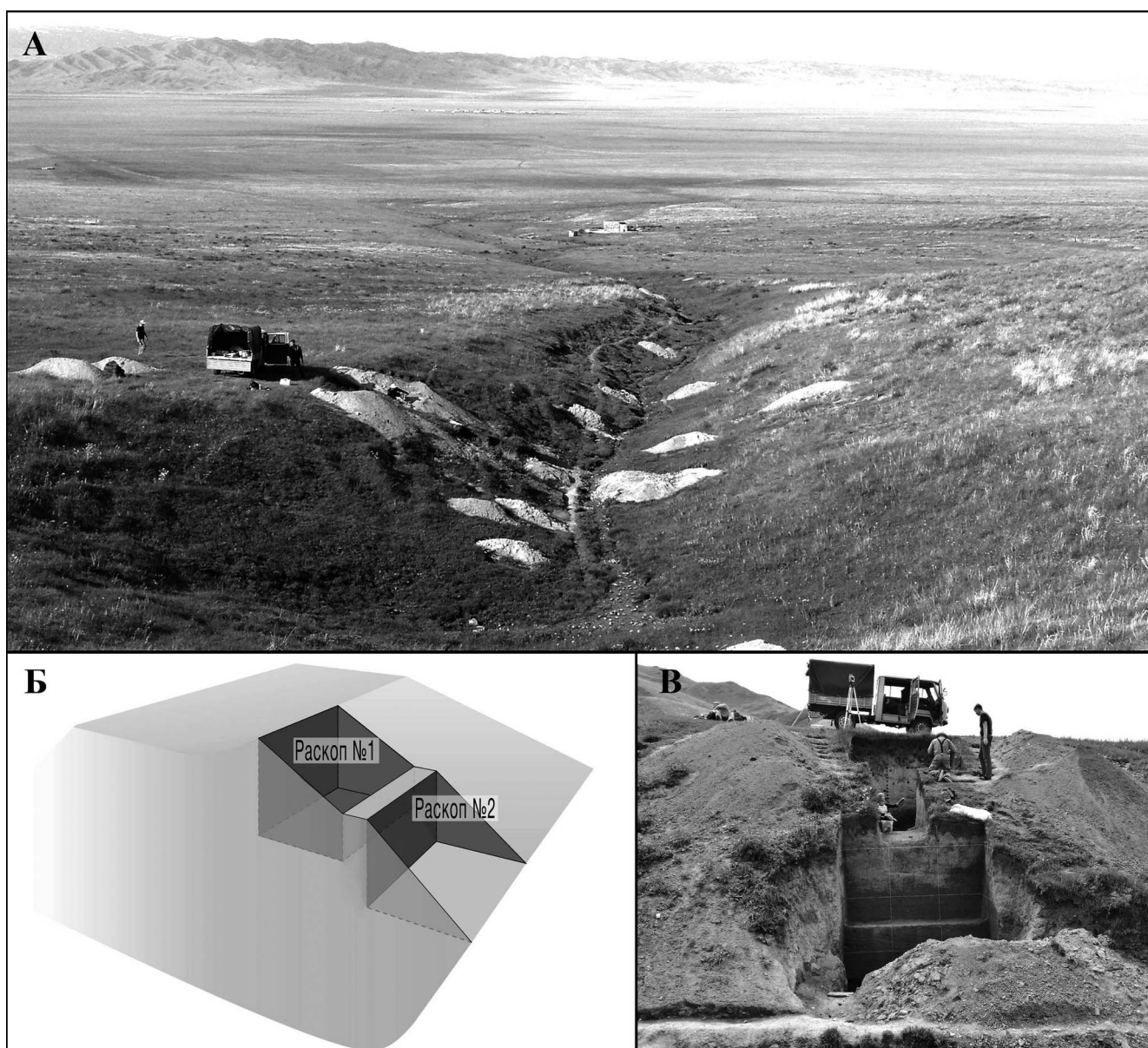


Рис. 2. Стоянка Ушбулак:

А – расположение стоянки и общий вид на ручей Ушбулак; Б – схема расположения раскопов; В – общий вид раскопов 1 и 2

Fig. 2. The Ushbulak site:

А – location of the site and general view on the Ushbulak stream; Б – position of the pits; В – general view of excavations 1 and 2

Слой 2. Супеси алевритистые светло-серые, обильно насыщенные дресвой и сапролитизированным щебнем. Выделяется три горизонта, генетически связанных с деятельностью пролювиальных и склоновых процессов различной степени интенсивности. Общая мощность 1,0–1,2 м.

Слой 3. Супеси и суглинки легкие, палево- и серо-коричневые, с прослоями обогащения дресвяно-песчаным материалом. Выделяется три горизонта, отражающих переход от преимущественно пролювиальных к делювиальным процессам. Общая мощность 1,2–1,4 м.

Слой 4. Пески мелкозернистые и супеси охристые, подстилаемые невыдержанным по мощности

прослоем плохо сортированного щебнисто-дресвянистого материала с супесчаным заполнителем. Представлены двумя горизонтами генетически единого пролювиального комплекса в зоне активной аккумуляции. Мощность 0,2–0,5 м.

Слой 5. Пачка переслаивающихся песков разнозернистых коричнево-серых и ржаво-охристых, алевритистых супесей и суглинков, обильно насыщенная дресвой минеральных агрегатов выветрелых гранитоидов и включениями мелкого гранитного щебня. Отмечаются признаки эрозионного вложения в кровлю подстилающих отложений (слоя 6) в виде формирования щебнисто-дресвянистой отмостки в подошве слоя 5, отражающей

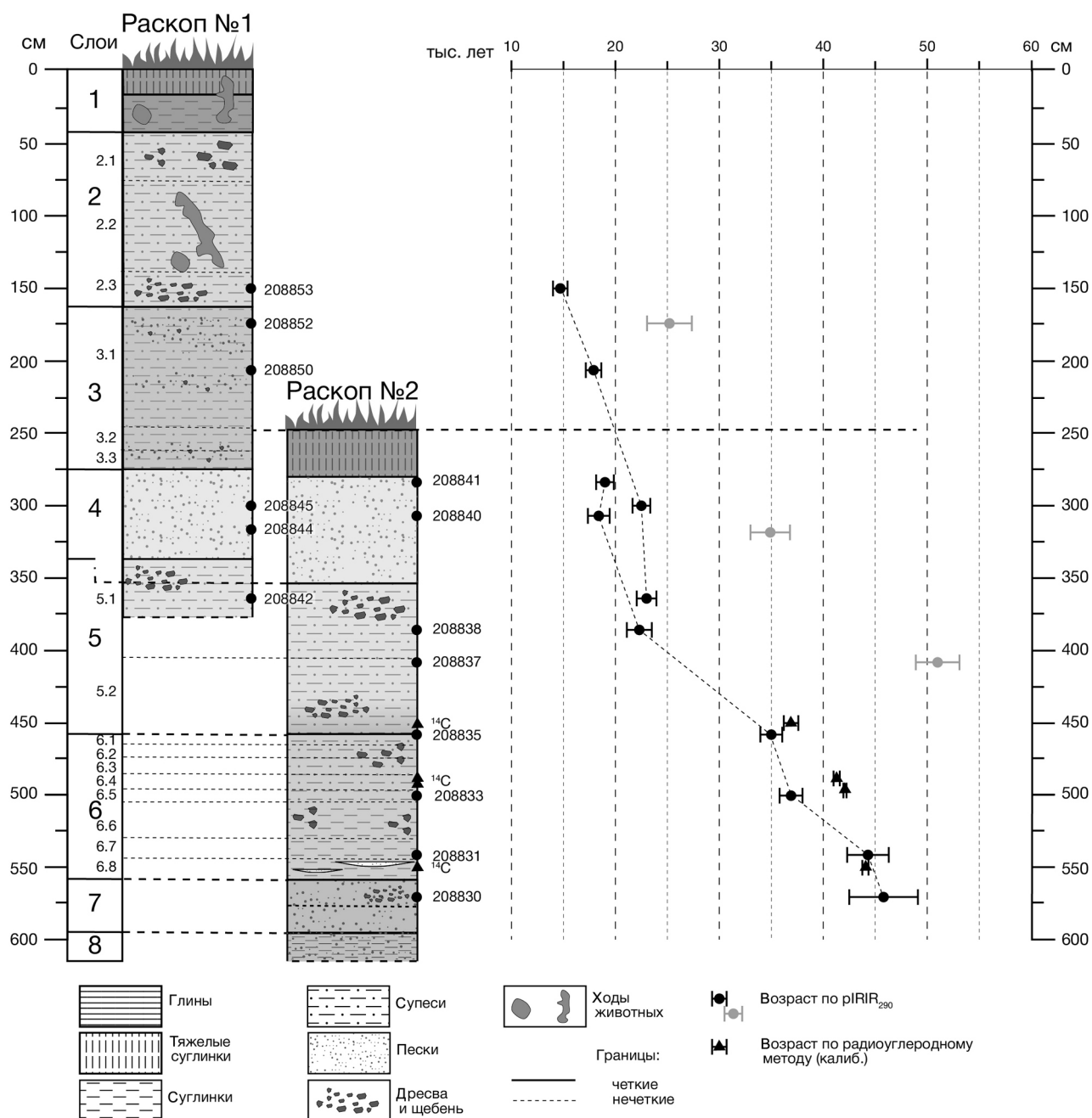


Рис. 3. Строение разреза Ушбулак и результаты люминесцентного и радиоуглеродного датирования

Fig. 3. The structure of the Ushbulak section and the results of luminescence and radiocarbon dating

тенденцию к усилению пролювиальной деятельности. Общая мощность 0,4–0,6 м.

Слой 6. Представлен пачками двух генераций осадка. Верхняя пачка – супеси тяжелые серые с маломощными линзовидными включениями суглинков легких, гумусированных, преимущественно пролювиального происхождения. Общая мощность верхней пачки 0,4–0,5 м. Нижняя пачка – суглинки тяжелые серые с линзами крупнозернистых песков в подошве слоя 6. В генетическом отношении прослой тяжелых суглинков и гумусированных супесей

слоя 6 соответствуют отложениям слабопроточного водотока без морфологически выраженного русла с проявлением заболоченности на отдельных участках. Общая мощность нижней пачки 0,3–0,4 м. Характерна устойчивая тенденция к увеличению угла наклона слагающих слой 6 осадков от 2–3° в приподшенной до 5–6° в прикровельной частях. По литологии осадков и характеру залегания археологического материала в слое выделено восемь горизонтов.

Слой 7. Щебнисто-дресвянистая толща с песчано-суглинистым заполнителем порового типа охри-

сто-коричневого цвета. Петрографический состав щебня на 90% представлен породами ближайшего сноса. Выделено три генерации осадка, залегающих с падением около 5–7°, последовательно вложенных друг в друга и в подстилающий слой 8. В генетическом отношении материал слоя 7 является осадком небольшого ручья с переменным гидрологическим режимом, перебивающего подстилающие грубообломочные отложения. Общая мощность 0,3–0,5 м.

Слой 8. Пачка плохо сортированных щебнисто-дресвянистых отложений с включением хаотически ориентированных единичных глыб в тяжелосуглинистом заполнителе порового типа. Петрографический состав отличается пестротой: при общем преобладании местных пород в подчиненном количестве встречаются экзотические для современного водосбора ручья Восточного андезиты и миндалекаменные базальты, характерные для приводораздельных частей хр. Саур. Слой 8 археологически стерилен. Предполагаемый генезис – древние осадки пролювиально-селевой аккумуляции. Видимая мощность составляет 0,8 м.

Археология. В настоящее время на памятнике заложено два раскопа и 12 шурфов общей площадью 40 м² (см. рис. 2Б, В). Археологический материал зафиксирован в семи основных литологических слоях (слои 7–1). Исходя из технико-типологических характеристик артефактов, их стратиграфической позиции, а также по сопровождающим остаткам фауны, на стоянке было выделено четыре культурно-хронологических комплекса: начальных этапов верхнего палеолита (слои 7.2–5.2), развитого верхнего палеолита (слои 5.1–4), финального верхнего палеолита (слои 3.3–2.1) и эпохи палеометалла (слой 1) [Shunkov et al., 2019].

Каменная индустрия нижних слоев стоянки (~16 тыс. артефактов) (рис. 4) в первичном расщеплении характеризуется абсолютным преобладанием двуплощадочных нуклеусов встречного пластинчатого раскалывания; доминированием среди сколов пластин, в т. ч. крупных, длиной до 30 см; широким использованием пикетажа при подготовке зоны расщепления. Орудийный набор включает концевые скребки, интенсивно ретушированные пластины, тронкированно-фасетированные и шиповидные изделия, а также специфические орудийные формы: пластины с перехватом, изделия с вентральной подтеской дистального края, скошенное острие, остроконечники и скребок с насадом, нуклеусы-резцы, листовидный бифас. Ряд признаков позволяет уверенно атрибутировать данный комплекс начальным этапом верхнего палеолита [Anoikin et al., 2019].

Верхние слои существенно беднее археологическим материалом (~1300 артефактов), однако в них

также представлены типы изделий, позволяющие охарактеризовать особенности каменного производства (см. рис. 3). Так, в первичном расщеплении в слоях 5.1–4 фиксируются торцовые и одноплощадочные двуфронтальные формы нуклеусов для микропластин и мелких пластин. Для слоя 3 характерны вариации мелкопластинчатых и микропластинчатых двуплощадочных нуклеусов со встречным скалыванием и торцовые формы, а в наиболее поздних материалах (слой 2) фиксируется появление призматического расщепления. Орудийный набор довольно однообразен: единичные скребки разных модификаций, ножи и микропластины с ретушью [Anoikin et al., 2019].

Таким образом, стоянка Ушбулак является уникальным для региона объектом, на котором в согласном залегании представлены индустрии разных этапов верхнего палеолита, что позволяет восстановить точную хронологию бытования и смены этих культур на всем протяжении второй половины позднего плейстоцена.

В связи с особым положением стоянки Ушбулак в ряду других археологических памятников Центральной Азии, одной из важнейших задач ее исследования является разработка надежной хронологии формирования отложений и культуросодержащих горизонтов. Для создания хроностратиграфической схемы памятника нами было предпринято детальное люминесцентное датирование с привлечением двух вариаций метода: оптически-стимулированную люминесценцию (ОСЛ) для датирования кварцевых зерен и инфракрасно-стимулированную люминесценцию (ИКСЛ) для изучения зерен калиевых полевых шпатов (КПШ). Также привлекались полученные ранее данные УМС-датирования угля и костного материала из слоя 6.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе полевых работ в районе расположения стоянки Ушбулак было исследовано строение рельефа, составлена геоморфологическая схема участка, описаны современные экзогенные процессы, выделены структурно-тектонические элементы. В связи с тем что наибольшая концентрация артефактов была обнаружена вдоль русла ручья Восточного, в его верхнем течении на левом борту в зоне максимальной концентрации подъемного материала было заложено два археологических раскопа. Из-за большой крутизны склона участки работ были расположены встык, когда один продолжал другой (см. рис. 2Б, В). В сводном разрезе было выделено восемь основных литологических слоев; выполнено детальное послойное описание отложений; особое внимание уделялось геологическим границам

и характеру переходов, наличию включений и распределению артефактов по слою.

Археологический материал изучался с применением традиционных типологического и атрибутивного методов. Также использовался технологический метод, предусматривающий изучение всех этапов утилизации каменного сырья, начиная от отбора и транспортировки отдельностей горных пород (петрографический и петрофизический анализы), реконструкцию технологической последовательности раскалывания нуклеусов (ремонтаж и данные экспериментального расщепления) и заканчивая способами изготовления и утилизации каменных орудий (трасологический анализ и данные экспериментального расщепления).

Строение отложений и характер археологического материала памятника указывают на то, что время его функционирования соответствует МИС 3 – МИС 2 [Anoikin et al., 2019]. Однако первые результаты радиоуглеродного датирования, полученные в различных лабораториях по углю, костям и другим органическим материалам для слоя 6, наиболее насыщенного археологическими артефактами, показали малое содержание коллагена в большинстве остеологических образцов и недостаточное количество углистой массы в значительной части остальных, что существенно снизило возможность применения радиоуглеродного метода датирования для установления хронологии памятника. В связи с этим нами было предпринято специальное геохронологическое исследование люминесцентными методами и дополнительное датирование радиоуглеродным методом на основе ускорительной масс-спектрометрии.

Широкое внедрение люминесцентных методов для определения возраста различных генетических типов отложений определяется датированием повсеместно встречающихся минералов (кварца и КППШ) для определения времени, прошедшего с момента последнего воздействия света на минеральные зерна [Buylaert, 2012]. Таким образом, определяется возраст непосредственного формирования осадка. Стандартная методика подразумевает приоритетное использование для датирования кварца, так как этот минерал подвержен практически мгновенному обнулению сигнала в результате воздействия света. Предел датирования по кварцу напрямую зависит от типа отложений, определяющих скорость накопления дозы, и обычно составляет 100–150 тыс. лет. Для этого диапазона датирование проводится именно по кварцу. Однако в ряде случаев полного обнуления сигнала, накопленного за предыдущий цикл седиментации, не происходит ввиду быстрого протекания геологических процессов, высокой мутности потока и др. Отмечается прямая связь степени

обнуления с процессом формирования отложений, т. е. с их генезисом. Проблема неполного обнуления дозы является существенной при анализе результатов датирования, т. к. способствует удревнению итогового возраста [Курбанов и др., 2020].

В последние годы был предложен новый подход для оценки степени обнуления сигнала в образцах кварца и калиевых полевых шпатов – анализ распределения доз и итоговых возрастов, измеренных по трем протоколам. Получение для каждого образца трех датировок по двум различным минералам позволяет выявить результаты с явным удревнением [Murray et al., 2012]. В связи с тем что в калиевых полевых шпатах может быть накоплена энергия (около 1000 Гр), на порядок превышающая емкость кристаллической решетки кварца (150–250 Гр), в ходе геологического транспорта требуется значительно больше времени для его полного обнуления. Протокол измерений при 290°C (pIR_{290}) позволяет измерить наиболее стабильный для калиевых полевых шпатов сигнал, требующий, однако, значительного времени для обнуления (более суток). В то же время измерения при 50°C регистрируют электроны из самых нестабильных ловушек (протокол IR_{50}), которые в результате воздействия света высвобождаются быстрее всего за первые секунды, при этом отмечаются самые высокие значения аномального затухания сигнала (явление потери дозы в полевых шпатах) [Thomsen et al., 2008]. Таким образом, датирование по трем протоколам позволяет сравнивать результаты и проводить градацию итоговых результатов по степени надежности. Более подробное описание сути метода сравнения трех протоколов приведено в работе [Курбанов и др., 2019; 2020]. Детальное исследование различных генетических типов отложений [Murray et al., 2012] позволило выявить закономерность: надежными определениями абсолютного возраста методом ОСЛ являются результаты с соотношением датировок pIR_{290}/Q в диапазоне 0,9–1,2, а соотношение IR_{50}/Q – в диапазоне 0,5–0,7.

Положение стоянки Ушбулак и характер отложений, формирующих разрез, предопределили дополнительные трудности для выполнения люминесцентного датирования. Как известно, для накопления энергии (измеряемой затем в виде люминесцентного сигнала) в минералах-дозиметрах должны присутствовать неоднородности и различные кристаллические дефекты. Кварц, характеризующийся высокой химической чистотой, практически лишен дефектов. Для их образования зернам кварца необходимо воздействие космического излучения, циклы промерзания/протаивания, воздействие ионизирующего излучения, т. е. прохождение нескольких циклов осадконакопления. Зерна кварца,

образующиеся в результате выветривания гранитов, лишены ловушек и не могут накапливать энергию, а породы, в которых доминирует такой кварц, не могут быть использованы для ОСЛ-датирования. При изучении образцов из стоянки Ушбулак необходимо учитывать фактор образования отложений в результате разрушения гранитных массивов выше по склону. В то же время калиевые полевые шпаты, используемые при ИКСЛ-датировании, имеют весьма сложную химическую формулу, которая включает в себя множество примесей, что определяет наличие большого количества ловушек сразу в момент кристаллизации. Таким образом, КППШ могут быть использованы для датирования даже свежего элювия.

В ходе полевых работ для выполнения люминесцентного датирования нами была отобрана партия из 15 образцов. Отбор проводился в светонепроницаемые пакеты, из соответствующих точек отдельно отбирались образцы для гамма-спектрометрических исследований.

Предварительная подготовка проб проводилась в лаборатории ОСЛ-датирования МГУ/ИГРАН по разработанному в Орхусском университете протоколу [Курбанов и др., 2019]. Образцы из разрезов стоянки Ушбулак представлены в основном разнотекстурными песками и супесями. Методом влажного ситования получена фракция зерен размерностью 180–250 мкм. Выполнена последовательная обработка проб 10% растворами H_2O_2 , HCl и HF . Разделение кварца и КППШ проведено сепарационным методом при помощи тяжелой жидкости (поливольфрамат натрия). Полученная навеска кварца затем дополнительно обработана концентрированной HF для очистки от примесей.

ОСЛ-датирование проведено на базе Скандинавской люминесцентной лаборатории Risø Орхусского университета. По кварцу измерения проводились для шести аликвот в результате стимуляции голубым светом при $125^\circ C$ с предварительным нагревом до $260^\circ C$ [Murray, Wintle, 2003]. В случае фиксации люминесценции в образце кварца проводились измерения для дополнительных 10 аликвот. Для построения кривой насыщения и определения эквивалентной дозы зерна подверглись воздействию излучения бета-источника – изотопа стронция-90.

В связи с тем что большая часть образцов кварца была охарактеризована отсутствием чувствительности к стимуляции, люминесцентная хронология для стоянки Ушбулак была разработана на основе изучения КППШ. Только в трех верхних образцах (слои 3.1–2.3) удалось измерить эквивалентную дозу (D_e) в навесках кварца.

Для КППШ стимуляция производилась инфракрасным источником, были получены измерения по двум протоколам для $50^\circ C$ (IR_{50}) и $290^\circ C$ ($pIRIR_{290}$)

[Thiel et al., 2010]. Ввиду высокой стабильности люминесцентного сигнала в полевых шпатах измерения выполнялись для 6–12 навесок. Все измерения выполнялись на стандартном ТЛ/ОСЛ-ридере Risø (модель DA-20).

Результаты измерений исследованы принятыми в люминесцентном датировании стандартными тестами. Так, для пяти образцов КППШ выполнен тест восстановления дозы (по шести аликвот на образец). В ходе теста сигнал в аликвотах предварительно обнулялся в симуляторе солнечного света в течение двух суток. Трех аликвотам каждого образца задавалась доза, аналогичная натуральной. Эксперимент показал высокую сходимость результатов измерений с заданными дозами ($1,04$, $n = 15$), т. е. цикл SAR [Murray, Wintle, 2003] соблюдался для изученных образцов, а выбранный протокол датирования позволял надежно задавать необходимую дозу радиации.

Оставшаяся в результате облучения энергия в других трех аликвотах измерялась по стандартной методике для определения остаточной дозы, т. е. дозы, которая сохраняется в зернах КППШ даже после длительного воздействия солнечного света. Результаты измерений показали наличие остаточной дозы около 3 Гр. Наличие этой дозы было учтено при расчете итоговых датировок по протоколу $pIRIR_{290}$. Учет возможного аномального затухания сигнала для протокола $pIRIR_{290}$ не проводился ввиду высокой стабильности [Thiel et al., 2010].

Скорость накопления дозы рассчитана на основе определения активности радионуклидов в образцах по результатам измерений на высокоточном гамма-спектрометре с полупроводниковым детектором на основе особо чистого германия по методике, описанной в [Murray et al., 1987].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Дозиметрия. Всего в результате работ получено 15 люминесцентных и четыре радиоуглеродные датировки. Результаты гамма-спектрометрического анализа и рассчитанная для каждого образца мощность дозы представлены в табл. 1.

Мощность дозы по разрезу колеблется в широких пределах от 1,9 до 3,4 Гр/тыс. лет, что отражает неоднородность отложений и значительное влияние включений обломков и гранитной крошки, а также глинистых частиц, т. к. оба материала характеризуются высоким содержанием радионуклидов. Распределение радионуклидов по слоям также колеблется в широких пределах, в среднем около 10–25 Бк/кг для ^{226}Ra , 11–33 Бк/кг для ^{232}Th и 500–650 Бк/кг для ^{40}K . Такой разброс характерен для плохо сортированных отложений, что подтвержда-

ется и отсутствием каких-либо закономерностей в распределении изотопных соотношений $^{226}\text{Ra}/^{232}\text{Th}$ и $^{40}\text{K}/^{232}\text{Th}$, обычно отражающих генетические особенности отложений, а также различия в источнике материала при формировании тех или иных горизонтов. При этом по резкому снижению содержания ^{226}Ra (до 5–6 Бк/кг) и ^{40}K (около 500 Бк/кг) выделяются верхние три образца из раскопа 2 – слой 4 и верхи слоя 5 (образцы 208838, 208840, 208841). Слои 2–4 в обоих раскопах характеризуются пониженным содержанием ^{226}Ra , что, возможно, указывает на участие еще одного источника, помимо делювиальных и пролювиальных процессов, приносящих материал с хр. Саур. Возможным источником, приносящим материал с другим радиоизотоп-

ным соотношением, могут быть эоловые процессы и лёссонакопление в Шиликтинской долине и на склонах окружающих хребтов.

Важной задачей при расчете мощности дозы является оценка характера водонасыщения породы (WC). Содержащаяся в породе влага определяет размер диссипации радиогенного излучения: увеличение водонасыщения на 1% ведет к равному уменьшению мощности дозы. Для отложений разреза Ушбулак для WC был принят показатель в 25%, что лучше всего подходит для увлажненных суглинков. Само расположение объекта в районе деятельности источника позволяет говорить о том, что породы на протяжении ближайшей геологической истории были насыщены влагой.

Таблица 1

Результаты гамма-спектрометрического анализа: содержание радиоактивных элементов в образце и скорость накопления дозы для кварца и полевых шпатов

№ п/п	Лабораторный номер	Содержание радионуклидов, Бк/кг			Соотношения		Мощность дозы, Гр/тыс. лет, ПШ
		^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	$^{226}\text{Ra}/^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}/^{232}\text{Th}$	
1	208826	27,6 ± 0,3	33,2 ± 0,2	630,1 ± 4,9	0,83	18,97	3,4 ± 0,1
2	208830	12,8 ± 0,3	14,9 ± 0,2	549,1 ± 5,9	0,86	36,79	2,0 ± 0,1
3	208831	11,1 ± 0,2	13,9 ± 0,2	568,0 ± 6,1	0,80	40,92	1,9 ± 0,1
4	208833	20,4 ± 0,4	22,7 ± 0,4	617,3 ± 9,4	0,90	27,19	1,9 ± 0,1
5	208835	26,6 ± 0,2	33,2 ± 0,2	646,2 ± 4,7	0,80	19,46	3,4 ± 0,1
6	208837	14,4 ± 0,2	13,9 ± 0,2	470,8 ± 5,4	1,04	33,96	2,8 ± 0,1
7	208838	6,0 ± 3,2	23,5 ± 0,3	558,3 ± 6,0	0,26	23,74	2,8 ± 0,1
8	208840	5,4 ± 2,8	13,4 ± 0,2	491,4 ± 5,4	0,41	36,71	3,1 ± 0,1
9	208841	5,6 ± 2,6	11,8 ± 0,2	504,3 ± 5,6	0,48	42,70	3,4 ± 0,1
10	208842	21,9 ± 0,2	24,3 ± 0,2	558,3 ± 4,1	0,90	22,94	2,6 ± 0,1
11	208844	14,6 ± 0,3	18,9 ± 0,3	567,3 ± 6,5	0,77	30,05	2,9 ± 0,2
12	208845	12,7 ± 0,2	15,9 ± 0,2	535,5 ± 5,3	0,80	33,59	2,6 ± 0,1
13	208850	15,4 ± 0,3	17,6 ± 0,6	649,8 ± 18,1	0,88	37,00	2,6 ± 0,1
14	208852	12,9 ± 0,3	15,2 ± 0,4	554,0 ± 8,0	0,85	36,51	3,0 ± 0,1
15	208853	13,2 ± 0,2	15,8 ± 0,2	537,7 ± 4,6	0,84	34,05	2,9 ± 0,1

Люминесцентные свойства. Для всех образцов выполнено измерение оптически-стимулированной люминесценции по кварцу. Как и ожидалось, в большинстве из них он оказался нечувствительным к оптической стимуляции, при каждом новом цикле SAR отмечался рост чувствительности, т. е. в изначальных зернах количество энергетических ловушек было минимальным, и накопления природной дозы не происходило. Это характерно для свежего кварца, поступающего в седиментацию сразу после процессов выветривания гранитов и других пород.

Лишь в трех верхних образцах раскопа 1 был зафиксирован ОСЛ-сигнал и проведено измерение для 16 аликвот (табл. 2). Полученные эквивалентные дозы не превышают 40 Гр, сигнал характеризуется доминированием быстрого компонента, отмечается увеличение чувствительности по мере реализации циклов SAR, что указывает на «свежесть кварца». По-видимому, в формировании верхних слоев разреза Ушбулак все большую роль приобретал эоловый фактор, т. к. с ним мог быть связан привнос кварца с достаточным для накопления энергии количеством

ловушек. Таким образом, образцы 208850, 208852 и 208853 стали основой для выполнения контроля качества датирования по итогам сравнения различных протоколов ОСЛ и ИКСЛ.

Так как кварц, обычно являющийся предпочтительным для датирования, для большей части разреза оказался непригодным, люминесцентная хронология для стоянки Ушбулак была построена на основе измерений ИКСЛ по калиевым полевым шпатам. Сигнал обоих протоколов IR_{50} и $pIRIR_{290}$ отмечен во всех 15 образцах, характеризуется высокой чувствительностью и характерной для полевых шпатов растянутой кривой, т. е. доминированием медленной компоненты. Для сигнала $pIRIR_{290}$ эквивалентные дозы в КППШ закономерно распределены по разрезу, увеличиваясь от 40–50 Гр в верхних 2–4 слоях до 126 Гр в верхней части слоя 7, с некоторыми колебаниями, отражающими динамику содержания радионуклидов в породе (см. табл. 2). Один образец (208826) из нижней части слоя 7 в основании разреза оказался в полном насыщении (кривая насыщения вышла на плато), доза превысила 1000 Гр. Это указывает на то, что материал не был засвечен при формировании, в данном случае – образец отобран из щебнисто-дресвяной толщи вблизи нескольких обломков гранита.

Результаты датирования. Всего получено 14 конечных датировок по полевым шпатам для раскопов 1 и 2, а также три ОСЛ-даты для раскопа 1 (см. табл. 2).

Как уже было сказано, ввиду того что результаты датирования по КППШ зачастую подвержены удревнению возраста, хронология, построенная на сигнале $pIRIR_{290}$, требует контроля степени обнуления и надежности итоговых датировок. В этой связи большой удачей стало получение трех датировок по кварцу для верхней части разреза, что важно для ответа на вопрос: достаточными ли являются процессы геологического транспорта для полного обнуления люминесцентного сигнала в момент образования отложений в районе стоянки. Важна скорость процессов, их повторяемость, длительность воздействия солнечного света на песчаные зерна. Так, для двух образцов даты по кварцу и полевым шпатам оказались весьма близкими: $16,3 \pm 2,7$ и $17,9 \pm 1,5$ тыс. л. н. (208850), $14,4 \pm 7,4$ и $14,7 \pm 1,4$ тыс. л. н. (208853), соответственно. Соотношения $pIRIR_{290}/Q$ составили $1,10 \pm 0,20$ (208850) и $1,02 \pm 0,53$ (208853), а для IR_{50}/Q – $0,85 \pm 0,20$ и $0,73 \pm 0,52$, соответственно, что вписывается в принятые рамки надежного обнуления [Mugany et al., 2012]. Это указывает на достаточную степень

Таблица 2

Результаты ОСЛ-датирования для кварца и полевых шпатов и их соотношения

№	Лабораторный номер	Обр. USB	Раскоп	№ слоя	Глубина, см	Эквивалентная доза (Гр) и кол-во аликовт						Возраст, тыс. л. н.		
						IR_{50}		$pIRIR_{290}$		Кварц		IR_{50}	$pIRIR_{290}$	Кварц
1	208826	1	2	7.3	430	>400	5	>1000	5	X		>180	<290	X
2	208830	4a	2	7.1	320	$76,6 \pm 9,3$	8	$126,7 \pm 17,7$	8	X		$27,7 \pm 3,5$	$45,8 \pm 6,6$	X
3	208831	5	2	6.7	280	$87,5 \pm 5,4$	8	$123,1 \pm 10,0$	8	X		$31,5 \pm 2,2$	$44,3 \pm 4,0$	X
4	208833	7	2	6.5	250	$84,7 \pm 4,1$	8	$115,7 \pm 5,1$	8	X		$27,0 \pm 1,6$	$36,9 \pm 2,2$	X
5	208835	9	2	6.2	210	$93,9 \pm 3,6$	8	$120,3 \pm 5,7$	8	X		$27,4 \pm 1,4$	$35,0 \pm 2,1$	X
6	208837	11	2	5.2	160	$70,6 \pm 7,1$	6	$136,7 \pm 9,7$	6	X		$26,9 \pm 2,8$	$52,1 \pm 4,2$	X
7	208838	12	2	5.1	130	$44,5 \pm 1,7$	6	$63,9 \pm 5,5$	6	X		$15,5 \pm 1,1$	$22,3 \pm 2,4$	X
8	208840	14	2	4	60	$27,9 \pm 2,5$	6	$47,6 \pm 4,8$	6	X		$10,7 \pm 1,1$	$18,4 \pm 2,1$	X
9	208841	15	2	4	30	$28,9 \pm 3,9$	6	$50,0 \pm 3,6$	6	X		$11,0 \pm 1,5$	$19,0 \pm 1,7$	X
10	208842	16	1	5.1	370	$45,8 \pm 2,6$	6	$69,4 \pm 5,0$	6	X		$15,2 \pm 1,0$	$23,0 \pm 1,9$	X
11	208844	18	1	4	320	$65,2 \pm 4,4$	6	$100,6 \pm 10,3$	6	X		$22,6 \pm 1,7$	$34,9 \pm 3,8$	X
12	208845	19	1	4	300	$44,1 \pm 1,8$	6	$61,9 \pm 3,9$	6	X		$16,1 \pm 0,8$	$22,5 \pm 1,7$	X
13	208850	24	1	3.1	210	$41,2 \pm 11,3$	7	$53,1 \pm 4,1$	7	$33,0 \pm 5,3$	16	$13,9 \pm 3,8$	$17,9 \pm 1,5$	$16,3 \pm 2,7$
14	208852	26	1	2.2	170	$30,3 \pm 3,5$	6	$71,0 \pm 11,9$	6	$38,5 \pm 12,9$	16	$10,8 \pm 1,3$	$25,2 \pm 4,3$	$20,5 \pm 6,9$
15	208853	27	1	2.3	150	$29,2 \pm 2,9$	7	$41,1 \pm 3,5$	7	$26,7 \pm 13,7$	16	$10,5 \pm 1,1$	$14,7 \pm 1,4$	$14,4 \pm 7,4$

Примечание: X – образцы кварца не чувствительны к оптической стимуляции; курсивом выделены датировки с явным удревнением.

обнуления и высокую надежность результатов, а итоговые датировки $pIRIR_{290}$ по-видимому, отражают возраст формирования отложений без существенного удревнения возраста.

В серии дат из раскопа 1 выделяется образец 208852, отличающийся значительным различием возрастов по кварцу ($20,5 \pm 6,9$ тыс. л. н.) и $pIRIR_{290}$ ($25,2 \pm 4,3$ тыс. л. н.), соотношение $pIRIR_{290}/Q$ составило $1,23 \pm 0,47$, а $IR_{50}/Q - 0,52 \pm 0,25$. Такие параметры отражают неполное засвечивание зерен в момент формирования отложений в нижней части слоя 2, возможно, образец отобран из прослоя, образованного во время активизации пролювиальных процессов. Это подтверждается и характером материала в слое, из которого отобран образец, – доминированием щебня и дресвы, дающих много полевых шпатов низкой степени засвечивания. Таким образом, эта датировка удревнена и не может быть признана достоверной. Образцы 208850 и 208853, характеризующиеся соотношениями $pIRIR_{290}/Q$, близкими к 1, указывают на спокойные условия осадконакопления при достаточном воздействии солнечного света. Периодически происходила активизация пролювиальной деятельности, признаки которой хорошо выделяются в строении разреза. Вероятно, она является причиной еще двух инверсий в хронологии по $pIRIR_{290}$: датировок образца 208844 ($34,9 \pm 3,8$ тыс. л. н.) в основании слоя 4, отобранного вблизи дезинтегрированного обломка гранита, и образца 208837 ($52,1 \pm 4,2$ тыс. л. н.) из слоя 5, также обогащенного щебнем и дресвой. В этих образцах также отмечается более древний возраст по IR_{50} , что указывает на существенное участие зерен, не испытывавших воздействие света. Таким образом, результаты по образцам 208852, 208844 и 208837 характеризуются завышением возраста и не учитываются в итоговой хронологии, а датировка 208826 является запредельной (см. табл. 2).

Полевошпатовые датировки в обоих раскопах распределены закономерно глубинам (рис. 4). В раскопе 2 происходит постепенное увеличение возраста отложений с $19,0 \pm 1,7$ на глубине 30 см до $45,8 \pm 6,6$ тыс. л. н. в верхней части слоя 5. В этой серии отмечается наличие перерыва между образцами 208838 и 208835, составляющего около 13 тыс. лет. На то, что в интервале глубин 130–210 см скорости осадконакопления были медленными, а скорее всего, что часть слоя 6 была размыва последующими процессами, указывает и удревненная дата 208837.

Для создания байесовской модели (рис. 5), которая позволяет уточнить имеющиеся аналитические данные с помощью статистического анализа, использовалось программное обеспечение OxCal, версия 4.4.2 [Ramsey, 2009]. Модель построена на основе радиоуглеродных и $pIRIR_{290}$ дат с вероятностью 95,4% (2σ). Некалиброванные радиоугле-

родные даты были автоматически преобразованы в календарные в соответствии с кривой IntCal20 [Reimer et al., 2020]. Кривые немоделированного распределения на рисунке показаны светло-серым цветом, смоделированные распределения OxCal – темно-серым. Возрастная вероятность интервалов между датами представлена кривой серого цвета. $pIRIR_{290}$ даты 208844 и 208837 были исключены из модели как недостоверные, а даты 208852 и 208833 были оставлены в модели, т. к. не оказывают влияния на общий результат. Полученные с помощью моделирования данные представлены в табл. 3.

Для дополнительного контроля надежности полученной хронологии, помимо датирования по трем протоколам (ОСЛ и ИКСЛ) и анализа степени обнуления, нами проведено радиоуглеродное датирование по костным остаткам из культуросодержащих горизонтов. Несмотря на значительный возраст ($\sim 36,0$ – $44,5$ тыс. л. н.), близкий к пределу датирования по ^{14}C , полученные результаты оказались очень близки к датам по полевым шпатам. Так, в верхней части слоя 6 датировки пересекаются в рамках доверительных интервалов: $35,0 \pm 2,1$ (ИКСЛ) и $37,7 \pm 1,4$ тыс. л. н. (^{14}C); практически идентичными являются результаты для основания слоя 6: $44,3 \pm 4,0$ (ИКСЛ) и $44,0 \pm 0,6$ тыс. л. н. (^{14}C). В средней части слоя 6 радиоуглеродные датировки несколько древнее по сравнению с ИКСЛ, разница составляет около 4 тыс. лет. Эти результаты подтверждают надежность итоговой хронологии.

Итоговая хронология. В результате датирования был определен возраст всех литологических горизонтов разреза позднплейстоценовых отложений стоянки Ушбулак.

1. Учитывая особенности отложений и результаты датирования, можно утверждать, что начальный этап функционирования стоянки маркируется слоем 7 с возрастом около $47,2 \pm 2,6$ тыс. л. н., что соответствует этапу потепления подстадии МИС 3с.

2. Возраст слоя 6 укладывается в диапазон между датировками $42,1 \pm 0,4$ и $37,9 \pm 0,7$ тыс. л. н., что относит время его формирования ко второй половине МИС 3. Однако, учитывая, что верхи слоя, по-видимому, были частично размывы, даты для самого верхнего горизонта 6.1 отсутствуют. По предполагаемой скорости осадконакопления верхняя граница слоя 6 может быть несколько моложе, в пределах ~ 35 тыс. л. н.

3. Слой 5 сформировался в обстановке существенной активизации склоновых процессов. Из его нижней части за счет массового поступления зерен низкой степени засвечивания получена удревненная дата, верхняя часть слоя образована в интервале $22,6$ – $22,3$ тыс. л. н., т. е. в условиях максимального похолодания МИС 2.

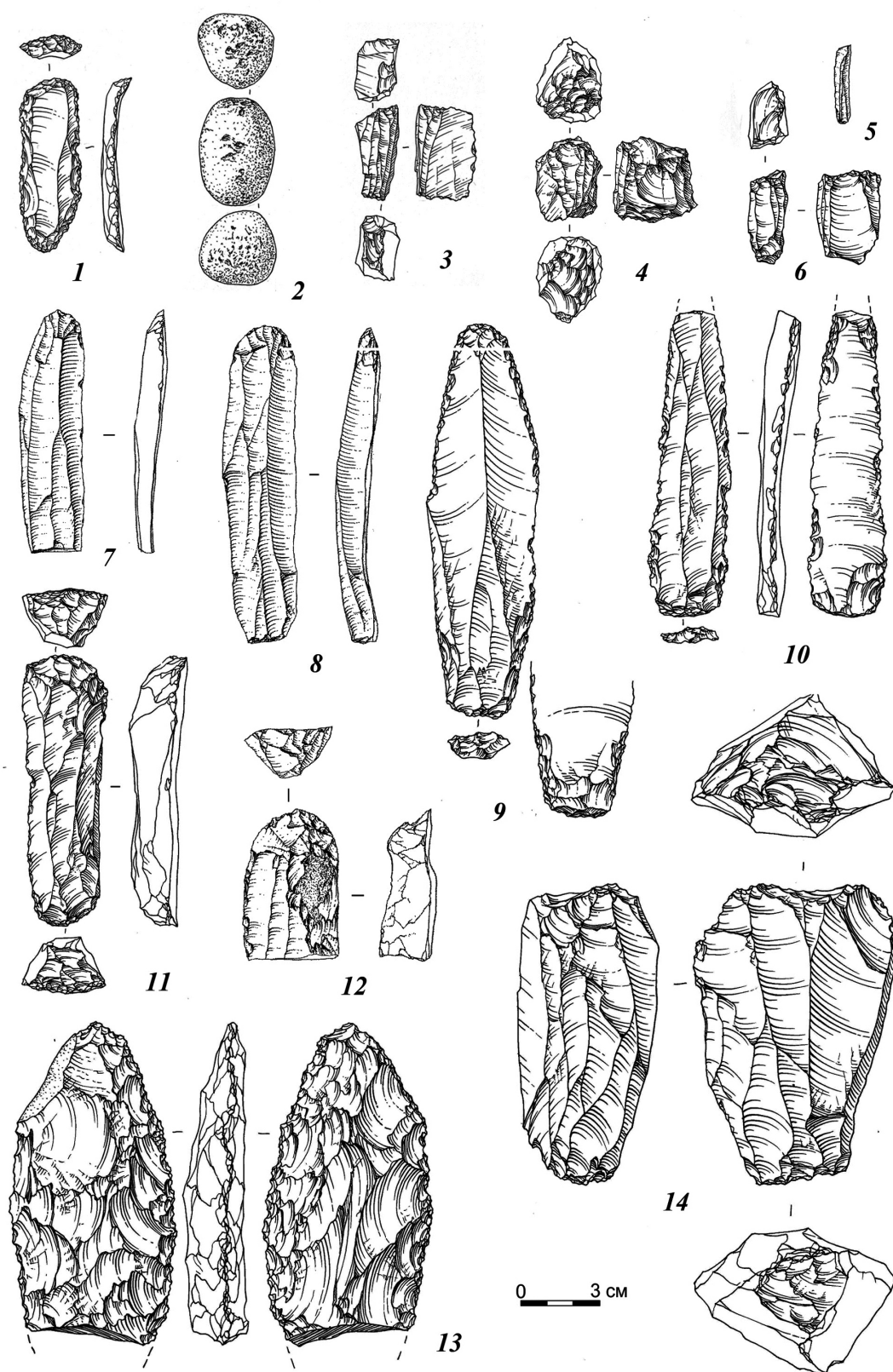


Рис. 4. Стоянка Ушбулак.

Каменные артефакты: 1–4, 6 – слой 5.1; 5 – слой 2.2; 9, 13 – слой 6.2; 8 – слой 6.4; 7, 10–12, 14 – слой 7.1. Тип орудий: 1, 7, 8, 11, 12 – скребки; 2 – отбойник; 3, 4, 6, 14 – нуклеусы; 5 – микропластина; 9 – скребок с насадом; 10 – остроконечник с насадом; 13 – бифас

Fig. 4. The Ushbulak site.

Stone artifacts: 1–4 and 6 – layer 5.1; 5 – layer 2.2; 9 and 13 – layer 6.2; 8 – layer 6.4; 7, 10–12 and 14 – layer 7.1. Type of stone tools: 1, 7, 8, 11 and 12 – scrapers; 2 – hammer-stone; 3, 4, 6 and 14 – nuclei; 5 – microplate; 9 – scraper with a nozzle; 10 – point with a garden; 13 – biface chipper

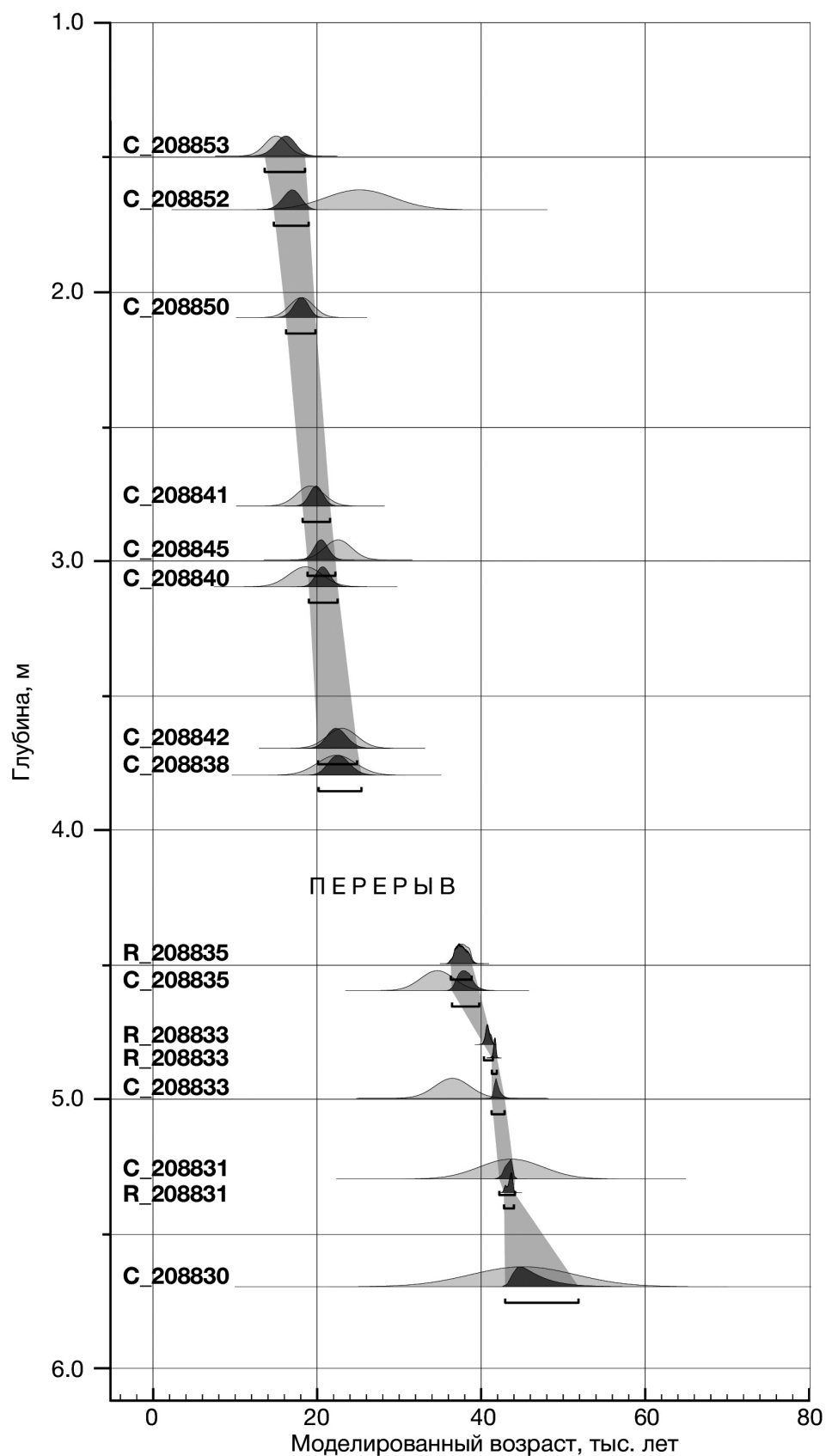


Рис. 5. Результаты байесовского моделирования для разреза стоянки Ушбулак.
Лабораторный номер с приставкой С – ИКСЛ-даты, с приставкой R – калиброванные радиоуглеродные даты

Fig. 5. Results of Bayesian modeling for the Ushbulak section.
Laboratory number with C prefix means pIRIR290 ages, with R prefix – calibrated radiocarbon ages

Таблица 3

Результат байесовского моделирования радиоуглеродных и pIRIR₂₉₀ дат

№ слоя	Образец	Метод, материал, лаборатория	Глубина, см	Немоделированный возраст (BP)*	Моделированный возраст (BP)*
2.3	208853	ИКСЛ, pIRIR ₂₉₀ Risø	150	14,7 ± 1,4	15,8 ± 1,3
2.2	208852	ИКСЛ, pIRIR ₂₉₀ Risø	170	25,2 ± 4,3	16,6 ± 1,1
3.1	208850	ИКСЛ, pIRIR ₂₉₀ Risø	210	17,9 ± 1,5	17,8 ± 0,9
4	208841	ИКСЛ, pIRIR ₂₉₀ Risø	280	19,0 ± 1,7	19,7 ± 0,8
4	208845	ИКСЛ, pIRIR ₂₉₀ Risø	300	22,4 ± 1,7	20,4 ± 0,9
4	208840	ИКСЛ, pIRIR ₂₉₀ Risø	310	18,3 ± 2,1	20,5 ± 0,9
5.1	208842	ИКСЛ, pIRIR ₂₉₀ Risø	370	22,9 ± 1,9	22,3 ± 1,3
5.1	208838	ИКСЛ, pIRIR ₂₉₀ Risø	380	22,2 ± 2,4	22,6 ± 1,3
6.2	208835	¹⁴ C, уголь, АУ	450	38,1 ± 0,7	37,9 ± 0,7
		ИКСЛ, pIRIR ₂₉₀ Risø	460	34,9 ± 2,1	38,4 ± 0,9
6.5	208833	¹⁴ C, уголь, АУ	480	41,2 ± 0,3	41,3 ± 0,3
		¹⁴ C, зyb, ИАЭТ	485	42,2 ± 0,1	42,1 ± 0,2
		ИКСЛ, pIRIR ₂₉₀ Risø	500	36,8 ± 2,2	42,5 ± 0,4
6.7	208831	ИКСЛ, pIRIR ₂₉₀ Risø	530	44,3 ± 4,0	43,8 ± 0,5
		¹⁴ C, кость, ИАЭТ	535	44,1 ± 0,3	44,1 ± 0,3
7.1	208830	ИКСЛ, pIRIR ₂₉₀ Risø	570	45,7 ± 6,6	47,2 ± 2,6

Примечание: * – вероятность 95,4%; σ – стандартное отклонение; Risø – Скандинавская лаборатория люминесцентного датирования (Дания); АУ – лаборатория УМС-датирования Аризонского университета (США); ИАЭТ – ЦКП «Геохронология кайнозоя» ИАЭТ СО РАН, измерения на УМС ИЯФ СО РАН (Россия).

4. Супеси и пески слоя 4 образованы в интервале 20,5 ± 0,9...19,7 ± 0,8 тыс. л. н., что, по-видимому, отражает некоторое затухание склоновых процессов во время второй половины МИС 2, стабилизацию рельефа и формирование небольшой долины ручья.

5. Слои 3 и 2 сформировались уже в конце МИС 2, в период 17,8 ± 0,9...15,8 ± 1,3 тыс. л. н., в фазу активного потепления, предшествовавшего голоцену. С момента образования слоя 3 в регионе активизировалась эоловая аккумуляция, что частично выразилось в строении отложений, общем выполаживании рельефа и появлению в разрезе кварца с достаточной для ОСЛ-датирования чувствительностью. Однако и на этом этапе отмечаются отдельные фазы активизации пролювиальной деятельности (в частности, в основании слоя 2), выразившиеся в неполном засвечивании зерен полевых шпатов и аномальном удревнении возраста отложений.

ВЫВОДЫ

Для разреза новейших отложений стоянки Ушбулак получена люминесцентная хронология, ос-

нованная на ИКСЛ, по калиевым полевым шпатам. Результаты сравнения трех протоколов (ОСЛ, pIRIR₂₉₀, IR₅₀) указывают на достаточное обнуление сигнала в ходе геологического транспорта, что позволяет говорить о том, что ИКСЛ-возраст отражает время формирования отложений.

Стандартные тесты (чистоты кварца, восстановления дозы, измерения остаточной дозы) и количество принятых аликвот позволяют считать полученные датировки валидными, а итоговую хронологию – надежной. Результаты датирования подтверждены радиоуглеродным методом.

В разрезе по результатам датирования выделяются участки, характеризующиеся удревнением возраста, они соответствуют интервалам, существенно обогащенным грубообломочным материалом – источником плохо засвеченных зерен. Датировки из этих интервалов (208837, 208844, 208852) признаны удревненными.

Датировки закономерно распределены по разрезу. Основная пачка культуросодержащих отложений в раскопе 2 формировалась в интервале 47,2 ± 2,6...

19,7 ± 0,8 тыс. л. н. Отмечается возможное наличие в интервале глубин 130–210 см перерыва осадконакопления, а верхняя часть слоя 6 частично размыта.

На стоянке Ушбулак выделены три культурно-хронологические стадии, соответствующие разным периодам верхнего палеолита и отличаю-

щиеся индустриально: начального верхнего палеолита (слои 7.2–5.2), фиксирующаяся в интервале 47–37(35) тыс. л. н.; развитого верхнего палеолита (слои 5.1–4) в интервале 22–19 тыс. л. н. и финального верхнего палеолита (слои 3.3–2.1) в интервале 17–15 тыс. л. н.

Благодарности. Полевые археологические и геоморфологические исследования выполнены при финансовой поддержке проекта РНФ № 19-18-00198; ОСЛ-датирование проведено в рамках тем госзадания (ЦИТИС 121051100135-0 и 121040100323-5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вишняцкий Л.Б. Культурная динамика в середине позднего плейстоцена и причины верхнепалеолитической революции. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2008. 251 с.
- Геология СССР. Т. XLI: Восточный Казахстан. Часть I: Геологическое описание. М.: Недра, 1967. 467 с.
- Гидрогеология СССР. Т. XXXVII: Восточный Казахстан. М.: Недра, 1971. 308 с.
- Деревянко А.П., Петрин В.Т., Рыбин Е.П., Чевалков Л.М. Палеолитические комплексы стратифицированной части стоянки Кара-Бом. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 1998. 280 с.
- Деревянко А.П., Шуньков М.В., Агаджанян А.К., Барышников Г.Ф., Малаева Е.М., Ульянов В.А., Кулик Н.А., Постнов А.В., Аноikin А.А. Природная среда и человек в палеолите Горного Алтая. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2003. 448 с.
- Курбанов Р.Н., Семиколенных Д.В., Таратунина Н.А., Вольвах Н.Е. Методологические основы оптически стимулированной люминесценции // Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена. Научные достижения Школы академика К.К. Маркова / отв. ред. Т.А. Янина; ред. Н.С. Болиховская, Е.И. Полякова, Т.С. Ключевкина, Р.Н. Курбанов. М.: Географический факультет МГУ, 2020. С. 556–570.
- Курбанов Р.Н., Янина Т.А., Мюррей А.С., Семиколенных Д.В., Свистунов М.И., Штыркова Е.И. Возраст Карангатской трансгрессии (поздний плейстоцен) Черного моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2019. № 6. С. 29–39.
- Ожерельев Д.В., Джасыбаев Е.А., Мамиров Т.Б. Первые данные о стратиграфии и культурной атрибуции многослойной стоянки верхнего палеолита Рахат (Юго-Восточный Казахстан) // Краткие сообщения института археологии. 2019. Вып. 254. С. 57–70. DOI: 10.25681/IARAS.0130-2620.254.
- Таймагамбетов Ж.К., Ожерельев Д.В. Позднепалеолитические памятники Казахстана. Алматы: Казак университети, 2009. 256 с.
- Anoikin A.A., Pavlenok G.D., Kharevich V.M., Taimagambetov Z.K., Shalagina A.V., Gladyshev S.A., Ulyanov V.A., Duvanbekov R.S., Shunkov M.V. Ushbulak – A New Stratified Upper Paleolithic Site in Northeastern Kazakhstan, *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2019, no. 4, p. 16–29.
- Bronk Ramsey C. Bayesian analysis of radiocarbon dates, *Radiocarbon*, 2009, no. 51(1), p. 337–360.
- Buylaert J.P., Jain M., Murray A.S., Thomsen K.J., Thiel C., Sohbat R. A robust feldspar luminescence dating method for Middle and Late Pleistocene sediments, *Boreas*, 2012, no. 41, p. 435–451.
- Derevianko A.P., Zenin A.N., Rybin E.P., Gladyshev S.A., Tsybankov A.A., Olsen J.W., Tseveendorj D., Gunchinsuren B. The technology of early Upper Paleolithic lithic reduction in Northern Mongolia: The Tolbor-4 site, *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2007, no. 29, p. 16–38.
- Fitzsimmons K., Iovita R., Sprafke T., Glantz M., Talamo S., Horton K., Beeton T.A., Alipova S., Bekseitov G., Ospanov Y., Deom J.-M., Sala R., Taimagambetov Z. A chronological framework connecting the early Upper Palaeolithic across the Central Asian piedmont, *Journal of Human Evolution*, 2017, no. 113, p. 197–126.
- Groucutt H.S., Petraglia M.D., Bailey G., Scerri E.M.L., Parton A., Clark-Balzan L., Jennings R.P., Lewis L., Blinkhorn J., Drake N.A., Breeze P.S., Inglis R.H., Devès M.H., Meredith-Williams M., Boivin N., Thomas M.G., Scally A. Rethinking the dispersal of Homo sapiens out of Africa, *Evolutionary Anthropology*, 2015, no. 24, p. 149–164.
- Murray A.S., Marten R., Johnston A., Martin P. Analysis for naturally occurring radionuclides at environmental concentrations by gamma spectrometry, *Journal of Radio-analytical and Nuclear Chemistry*, 1987, vol. 115, no. 2, p. 263–288.
- Murray A.S., Thomsen K.J., Masuda N., Buylaert J.P., Jain M. Identifying well-bleached quartz using the different bleaching rates of quartz and feldspar luminescence signals, *Radiation Measurements*, 2012, no. 47, p. 688–695.
- Murray A.S., Wintle A.G. The single aliquot regenerative dose protocol: potential for improvements in reliability, *Radiation measurements*, 2003, no. 37(4–5), p. 377–381.
- Out of Africa: The First Hominin Colonization of Eurasia*, J.G. Fleagle, J.J. Shea, F.E. Grine, A.L. Baden, R.E. Leakey (eds.), New York, Springer Science, 2010, 293 p.
- Reimer P., Austin W., Bard E., Bayliss A., Blackwell P., Bronk Ramsey C., Butzin M., Cheng H., Edwards R., Friedrich M., Grootes P., Guilderson T., Hajdas I., Heaton T., Hogg A., Hughen K., Kromer B., Manning S., Muscheler R., Palmer J., Pearson C., van der Plicht J., Reimer R., Richards D., Scott E., Southon J., Turney C., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Capano M., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Köhler P., Kudsk S., Miyake F., Olsen J., Reinig F., Saka-

- moto M., Sookdeo A., Talamo S.* The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP), *Radiocarbon*, 2020, no. 62, p. 725–757.
- Rybin E.P.* Middle and Upper Paleolithic Interactions and the Emergence of “Modern Behavior” in Southern Siberia and Mongolia, *Emergence and Diversity of Modern Human Behavior in Paleolithic Asia*, College Station, Texas A&M University Press, 2014, p. 470–489.
- Shunkov M., Anoykin A., Taimagambetov Z., Pavlenok K., Kharevich V., Kozlikin M., Pavlenok G.* Ushbulak-1 site: new Initial Upper Paleolithic evidence from Central Asia, *Antiquity*, 2017, no. 91(360), p. 1–7.
- Shunkov M.V., Anoykin A.A., Pavlenok G.D., Kharevich V.M., Shalagina A.V., Zotkina L.V., Taimagambetov Zh.K.* Nouveau site Paléolithique supérieur ancien au nord de l'Asie Centrale [New Initial Upper Paleolithic site in northern Central Asia], *L'Anthropologie*, 2019, no. 123, p. 438–451.
- The Early Upper Paleolithic: evidence from Europe and the Near East*, J.F. Hoffecker, C.A. Wolf (eds.), BAR International Series, 1988, no. 437, 277 p.
- Thiel C., Buylaert J.P., Murray A., Terhorst B., Hofer I., Tsukamoto S., Frechen M.* Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria) – testing the potential elevated temperature post-IR IRSL protocol, *Quaternary International*, 2011, no. 234, p. 23–31.
- Thomsen K.J., Murray A.S., Jai M., Bøtter-Jensen L.* Laboratory fading rates of various luminescence signals from feldspar-rich sediment extracts, *Radiation Measurements*, 2008, no. 43, p. 1474–1486.

Поступила в редакцию 10.02.2021

После доработки 16.04.2021

Принята к публикации 18.05.2021

THE FIRST LUMINESCENCE CHRONOLOGY OF THE INITIAL UPPER PALEOLITHIC OF EASTERN KAZAKHSTAN (CASE STUDY OF THE USHBULAK ARCHAEOLOGICAL SITE)

R.N. Kurbanov¹, V.A. Ulyanov², A.A. Anoykin³, G.D. Pavlenok⁴, D.V. Semikolennykh⁵, V.M. Kharevich⁶, Zh.K. Taymagambetov⁷, A.S. Murray⁸

^{1,5} *Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Research Laboratory of recent sediments and Pleistocene palaeogeography*

² *Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Palaeogeography*
^{1,5} *Institute of Geography RAS, Department of Quaternary Research*

^{3,4} *Institute of Archaeology and Ethnography, Siberian Branch, RAS, Department of Stone Age Archeology*

³ *Altai State University, Laboratory for interdisciplinary study of archaeology of Western Siberia and Altai*

⁶ *Institute of Archaeology and Ethnography, Siberian Branch, RAS, Laboratory of Archeology and Paleogeography of Central Siberia*

⁷ *National Museum of Republic of Kazakhstan*

⁸ *Aarhus University, Denmark, Nordic Luminescence Laboratory*

¹ *Senior Scientific Researcher, Ph.D. in Geography; e-mail: kurbanov@igras.ru*

² *Scientific Researcher, Ph.D. in Geography; e-mail: vauism@gmail.com*

³ *Senior Scientific Researcher, Doctor Habil.; e-mail: anui1@yandex.ru*

⁴ *Senior Scientific Researcher, Ph.D. in History; e-mail: lukianovagalina@yandex.ru*

⁵ *Junior Scientific Researcher; post-graduate student; e-mail: aristova@igras.ru*

⁶ *Senior Scientific Researcher, Ph.D. in History; e-mail: mihalich84@mail.ru*

⁷ *Leading Scientific Researcher, Academician of NAS of Kazakhstan, Professor; e-mail: zhaken.taimagambetov@gmail.com*

⁸ *Professor; e-mail: andrew.murray@geo.au.dk*

The paper presents the first results of a detailed geochronological study of the Kazakhstan's Upper Paleolithic reference section from the Ushbulak multilayered site. Seven main cultural layers were identified in the stratigraphic sequence of the site. According to the specific features of obtained artefacts layer 1 corresponds to the Paleo-Metal era; layers 2.1–3.3 to the final Upper Paleolithic; layers 4–5.1 to the developed Upper Paleolithic; and layers 5.2–7.2 to the initial stages of the Upper Paleolithic. Taking into account the complicated structure of the section and inadequate number of fossils in the sediments a comparative dating using OSL and IRSL methods was applied for the exact dating of proluvial-colluvial deposits of the site. The analysis of sedimentation conditions was carried out on the basis of detailed characteristics of all lithological layers, geomorphologic structure of the area and modern exogenous processes. Comparison of three luminescence dating protocols (OSL, pIRIR₂₉₀, IR₅₀) indicate sufficient signal zeroing during the geological transport, so that the IRSL age reflects the time of sediment deposition. The results of laboratory measurements and standard tests allow considering the obtained ages and the final chronology as reliable. A Bayesian age model was calculated

on the basis of IRSL chronology and radiocarbon dating, and the horizons of probably incomplete geological record were identified. The Ushbulak site is characterized by three cultural-chronological stages, corresponding to different periods of the Upper Paleolithic with different industries: the initial Upper Paleolithic (layers 7.2–5.2), recorded in the interval of 47–37 ka; developed Upper Paleolithic (layers 5.1–4) in the interval of 22–19 ka and the final Upper Paleolithic (layers 3.3–2.1) in the interval of 17–15 ka. The research provides the exact time of the main settlement of studied site – about 45–47 thousand years ago, i.e. during the second half of MIS 3.

Keywords: geoarcheology, Paleolithic of Central Asia, stone industries, OSL, palaeogeography

Acknowledgements. Field archaeological and geomorphologic studies were financially supported by the Russian Science Foundation (project 19-18-00198); the OSL dating was performed under the state assignment No. 121040100323-5 “Cenozoic evolution of the natural environment, the relief dynamics, geomorphologic hazards and risks of nature management”.

REFERENCES

- Anoikin A.A., Pavlenok G.D., Kharevich V.M., Taimagambetov Z.K., Shalagina A.V., Gladyshev S.A., Ulyanov V.A., Duvanbekov R.S., Shunkov M.V. Ushbulak – A New Stratified Upper Paleolithic Site in Northeastern Kazakhstan, *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2019, no. 4, p. 16–29.
- Bronk Ramsey C. Bayesian analysis of radiocarbon dates, *Radiocarbon*, 2009, no. 51(1), p. 337–360.
- Buylaert J.P., Jain M., Murray A.S., Thomsen K.J., Thiel C., Sohbat R. A robust feldspar luminescence dating method for Middle and Late Pleistocene sediments, *Boreas*, 2012, no. 41, p. 435–451.
- Derevyanko A.P., Petrin V.T., Rybin E.P., Chevalkov L.M. Paleoliticheskie komplekсы stratifitsirovannoi chasti stoyanki Kara-Bom [Paleolithic complexes of the stratified part of the Kara-Bom site], Novosibirsk, IAET SO RAN Publ., 1998, 280 p. (In Russian)
- Derevyanko A.P., Shun'kov M.V., Agadzhanyan A.K., Baryshnikov G.F., Malaeva E.M., Ulyanov V.A., Kulik N.A., Postnov A.V., Anoikin A.A. *Prirodnaya sreda i chelovek v paleolite Gor-nogo Altaya* [Natural environment and people in the Paleolithic of Gorny Altai], Novosibirsk, IAET SO RAN Publ., 2003, 448 p. (In Russian)
- Derevyanko A.P., Zenin A.N., Rybin E.P., Gladyshev S.A., Tsybankov A.A., Olsen J.W., Tseveendorj D., Gunchinsuren B. The technology of early Upper Paleolithic lithic reduction in Northern Mongolia: The Tolbor-4 site, *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2007, no. 29, p. 16–38.
- Fitzsimmons K., Iovita R., Sprafke T., Glantz M., Talamo S., Horton K., Beeton T.A., Alipova S., Bekseitov G., Ospanov Y., Deom J.-M., Sala R., Taimagambetov Z. A chronological framework connecting the early Upper Palaeolithic across the Central Asian piedmont, *Journal of Human Evolution*, 2017, no. 113, p. 197–126.
- Geologiya SSSR, T. XLI, Vostochnyi Kazakhstan, Chast' I, Geologicheskoe opisaniye* [Geology of the USSR, vol. XLI, Eastern Kazakhstan, pt. I, Geological Description], Moscow, Nedra Publ., 1967, 467 p. (In Russian)
- Gidrogeologiya SSSR, T. XXXVII, Vostochnyi Kazakhstan* [Hydrogeology of the USSR, vol. XXXVII, Eastern Kazakhstan], Moscow, Nedra Publ., 1971, 308 p. (In Russian)
- Groucutt H.S., Petraglia M.D., Bailey G., Scerri E.M.L., Parton A., Clark-Balzan L., Jennings R.P., Lewis L., Blinkhorn J., Drake N.A., Breeze P. S., Inglis R. H., Devès M.H., Meredith-Williams M., Boivin N., Thomas M. G., Scally A. Rethinking the dispersal of *Homo sapiens* out of Africa, *Evolutionary Anthropology*, 2015, no. 24, p. 149–164.
- The Early Upper Paleolithic: evidence from Europe and the Near East*, J.F. Hoffecker, C.A. Wolf (eds.), BAR International Series, 1988, no. 437, 277 p.
- Kurbanov R.N., Semikolennykh D.V., Taratunina N.A., Volkov N.E. Metodologicheskie osnovy opticheski stimulirovannoi lyuminescentsii [Methodological Bases of Optically Stimulated Luminescence], *Actual problems of the Pleistocene paleogeography*, Scientific achievements of the School of Academician, K.K. Markov, T.A. Yanina, N.S. Bolihovskaja, E.I. Poljakova, T.S. Kljuvitkina, R.N. Kurbanov (eds.), Moscow, MSU Publ., 2020, p. 556–570. (In Russian)
- Kurbanov R.N., Yanina T.A., Murray A.S., Semikolennykh D.V., Svistunov M.I., Shtyrkova E.I. Vozrast Karangatskoi transgressii (pozdnii pleistotsen) Chernogo moraya [The age of the Karangatian (Late Pleistocene) transgression of the Black Sea], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2019, no. 6, p. 29–39. (In Russian)
- Murray A.S., Thomsen K.J., Masuda N., Buylaert J.P., Jain M. Identifying well-bleached quartz using the different bleaching rates of quartz and feldspar luminescence signals, *Radiation Measurements*, 2012, no. 47, p. 688–695.
- Murray A.S., Wintle A.G. The single aliquot regenerative dose protocol: potential for improvements in reliability, *Radiation measurements*, 2003, no. 37(4–5), p. 377–381.
- Murray A.S., Marten R., Johnston A., Martin P. Analysis for naturally occurring radionuclides at environmental concentrations by gamma spectrometry, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 1987, vol. 115, no. 2, p. 263–288.
- Ozherel'ev D.V., Dzhasybaev E.A., Mamirov T.B. Pervye dannye o stratigrafii i kul'turnoi atributsii mnogoslainoi stoyanki verkhnego paleolita Rakhat (Yugo-Vostochnyi Kazakhstan) [First data on the stratigraphy and cultural attribution of the Rakhat multilayer site of the Upper Paleolithic (South-Eastern Kazakhstan)], *Brief Communications of the Institute of Archaeology*, 2019, iss. 254, p. 57–70, DOI: 10.25681/IARAS.0130-2620.254. (In Russian)
- Out of Africa: The First Hominin Colonization of Eurasia*, J.G. Fleagle, J.J. Shea, F.E. Grine, A.L. Baden, R.E. Leakey (eds.), New York, Springer Science, 2010, 293 p.
- Reimer P., Austin W., Bard E., Bayliss A., Blackwell P., Bronk Ramsey C., Butzin M., Cheng H., Edwards R.,

- Friedrich M., Grootes P., Guilderson T., Hajdas I., Heaton T., Hogg A., Hughen K., Kromer B., Manning S., Muscheler R., Palmer J., Pearson C., van der Plicht J., Reimer R., Richards D., Scott E., Southon J., Turney C., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Capano M., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Köhler P., Kudsk S., Miyake F., Olsen J., Reinig F., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo S. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP), *Radiocarbon*, 2020, no. 62, p. 725–757.
- Rybin E.P. Middle and Upper Paleolithic Interactions and the Emergence of “Modern Behavior” in Southern Siberia and Mongolia, *Emergence and Diversity of Modern Human Behavior in Paleolithic Asia*, College Station: Texas A&M University Press, 2014, p. 470–489.
- Shunkov M., Anoykin A., Taimagambetov Z., Pavlenok K., Kharevich V., Kozlikin M., Pavlenok G. Ushbulak-1 site: new Initial Upper Paleolithic evidence from Central Asia, *Antiquity*, 2017, no. 91(360), p. 1–7.
- Shunkov M.V., Anoykin A.A., Pavlenok G.D., Kharevich V.M., Shalagina A.V., Zotkina L.V., Taimagambetov Zh.K. Nouveau site Paléolithique supérieur ancien au nord de l’Asie Centrale, *L’Anthropologie*, 2019, no. 123, p. 438–451.
- Taimagambetov Zh.K., Ozherel’ev D.V. *Pozdnepaleoliticheskie pamyatniki Kazakhstana* [Late Paleolithic monuments of Kazakhstan], Almaty, Kazak universiteti Publ., 2009, 256 p. (In Russian)
- Thiel C., Buylaert J.P., Murray A., Terhorst B., Hofer I., Tsukamoto S., Frechen M. Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria) – testing the potential elevated temperature post-IR IRSL protocol, *Quaternary International*, 2011, no. 234, p. 23–31.
- Thomsen K.J., Murray A.S., Jai M., Bøtter-Jensen L. Laboratory fading rates of various luminescence signals from feldspar-rich sediment extracts, *Radiation Measurements*, 2008, no. 43, p. 1474–1486.
- Vishnyatskii L.B. *Kul’turnaya dinamika v seredine pozdnego pleistotsena i prichiny verkhnepaleoliticheskoi revolyutsii* [Cultural Dynamics in the Mid-Late Pleistocene and the Causes of the Upper Paleolithic Revolution], St. Petersburg, St. Petersburg University Publ., 2008, 251 p. (In Russian)

Received 10.02.2021

Revised 16.04.2021

Accepted 18.05.2021