

Научная статья

УДК 903.01

DOI 10.25205/1818-7919-2025-24-3-53-70

Формообразование макро- и микроследов износа на орудиях из различных пород каменного сырья: опыт сравнительного анализа

Александр Юрьевич Федорченко¹
Екатерина Владимировна Левина²
Наталья Евгеньевна Белоусова³✉

^{1,3} Институт археологии и этнографии
Сибирского отделения Российской академии наук
Новосибирск, Россия

² Новосибирский государственный университет
Новосибирск, Россия

¹ winteralex2008@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-7812-8037>

² katlevina2002@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6616-5754>

³ consacrer@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7054-3738>

Аннотация

Статья посвящена исследованию закономерностей формообразования макро- и микроследов износа на экспериментальных орудиях, изготовленных из высококачественного каменного сырья Алтайского региона. Основной работы послужила сравнительная коллекция трасологических эталонов ($n = 109$), полученная в рамках программы экспериментального моделирования различных хозяйственных операций: скобления свежих шкур, строгания, пиления и скобления увлажненной кости и дерева с использованием концевых скребков, резцов, ретушированных и неретушированных сколов. Результаты исследования выявили специфику формирования ключевых типов следов износа на эталонных орудиях из тонкозернистых вулканических туфов и яшмоидов, включая заполировки, выкрошенность, пришлифовку и линейные следы. Было установлено, что определяющими факторами слеодообразования на орудиях из яшмоидов и туфов являлись продолжительность и характер работы, физические свойства сырья, включая зернистость, твердость, вязкость и изотропность, а также особенности материала обработки – влажность, твердость и структура. Последовательный сравнительный анализ аналогичных эталонов из кремня и обсидиана позволил выявить специфику алтайского материала в контексте слеодообразования на фоне пород, гораздо более изученных с точки зрения археологической трасологии.

Ключевые слова

Горный Алтай, экспериментальное моделирование, трасологический анализ, следы износа, слеодообразование

Благодарности

Исследование выполнено в рамках проекта РНФ № 20-78-10125 «Динамика культурного развития и освоение человеком Алтая в начале верхнего палеолита: стратегии жизнеобеспечения, палеотехнологии, мобильность»

Для цитирования

Федорченко А. Ю., Левина Е. В., Белоусова Н. Е. Формообразование макро- и микроследов износа на орудиях из различных пород каменного сырья: опыт сравнительного анализа // Вестник НГУ. Серия: История, филология. 2025. Т. 24, № 3: Археология и этнография. С. 53–70. DOI 10.25205/1818-7919-2025-24-3-53-70

© Федорченко А. Ю., Левина Е. В., Белоусова Н. Е., 2025

ISSN 1818-7919

Вестник НГУ. Серия: История, филология. 2025. Т. 24, № 3: Археология и этнография. С. 53–70
Vestnik NSU. Series: History and Philology, 2025, vol. 24, no. 3: Archaeology and Ethnography, pp. 53–70

Formation of Macro- and Micro Use-Wear Traces on Tools from Different Stone Raw Materials: Experiences from a Comparative Analysis

Alexander Yu. Fedorchenko ¹, Ekaterina V. Levina ², Natalia E. Belousova ³ ✉

^{1,3} Institute of Archaeology and Ethnography
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Novosibirsk, Russian Federation

² Novosibirsk State University
Novosibirsk, Russian Federation

¹ winteralex2008@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-7812-8037>

² katlevina2002@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6616-5754>

³ consacrer@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7054-3738>

Abstract

Purpose. The article is devoted to the study of the regularities of the formation of macro and micro use-wear traces on experimental tools made of high-quality stone raw materials from the Altai region.

Results. The work is based on a comparative collection of samples ($n = 109$) obtained within the experimental modeling of different economic operations: scraping of fresh hides, planing, sawing and scraping of moistened bone and fresh wood with end-scrapers, burins, retouched and unretouched flakes and blades. The results of the study revealed the peculiarities of the formation of the main types of use-wear traces on samples from fine-grained volcanic tuffs and jasperoids, including micropolishing, edge damage, grinding and striations. The determinants of trace formation on jasperoid and tuff tools were found to be the duration and type of work, the physical properties of the raw material, including grain size, hardness, toughness and isotropy, and the characteristics of the working material – moisture, hardness and structure.

Conclusion. Sequential comparative analysis of similar samples of flint and obsidian allowed the specificity of the Altai material to be revealed in the context of use-wear trace formation against the background of rocks much better studied from the point of view of archaeological traceology.

Keywords

Altai mountain, experimental modelling, traceological analysis, use-wear traces, trace formation

Acknowledgements

The study was supported by the Russian Science Foundation, project no. 20-78-10125 “The dynamics of cultural development and human colonization of Altai at the onset of the Upper Paleolithic: life support strategies, paleotechnologies, mobility”

For citation

Fedorchenko A. Yu., Levina E. V., Belousova N. E. Formation of Macro- and Micro Use-Wear Traces on Tools from Different Stone Raw Materials: Experiences from a Comparative Analysis. *Vestnik NSU. Series: History and Philology*, 2025, vol. 24, no. 3: Archaeology and Ethnography, pp. 53–70. (in Russ.) DOI 10.25205/1818-7919-2025-24-3-53-70

Введение

Реконструкция функциональной стороны формообразования каменных орудий традиционно считается одной из важнейших задач первобытной археологии. Она направлена на выявление цели, для которой создавалось и использовалось конкретное изделие в контексте древней культуры. Определение функции артефакта позволяет установить его место в составе орудийного набора, технологической последовательности, индустрии или культуре [Филиппов, 1983; Гиря, 1997; Щелинский, 2017]. Ключевым источником для идентификации утилитарных функций каменных орудий являются следы износа – специфические деформации поверхности, возникающие в результате выполнения разнообразных хозяйственных или производственных операций [Семенов, 1957]. Их формирование происходит естественным образом, вследствие взаимодействия инструмента с обрабатываемым материалом [Гиря, 2015]. Облик следов изношенности обусловлен особенностями сырья, морфологией орудия,

конфигурацией его рабочего края и способом крепления, характером материала обработки, длительностью и способом взаимодействия.

Разнообразные категории следов являются предметом исследования археологической трасологии, разработанной и внедренной в научную практику отечественным ученым С. А. Семеновым [1940; 1957; 1968]. Этот метод, впоследствии получивший название «экспериментально-трасологический», объединяет две взаимосвязанные научные процедуры: изучение поверхностей артефактов с целью выявления и фиксации следов, а также физическое моделирование производственных процессов для верификации полученных выводов [Кононенко, 1986; Коробкова, Щелинский, 1996]. Методику С. А. Семенова отличало стремление к универсальности, что выражалось в использовании схожих принципов и подходов при анализе орудий, созданных из широкого спектра минерального сырья, зачастую существенно различавшегося [Волков, 1999]. Основное внимание в процессе трасологического анализа уделялось выявлению характера разрушения рабочей поверхности и определению кинематики каменного орудия [Семенов, 1957]. Поскольку критерии выделения различных типов макродеформаций были относительно общими, их можно было применять к орудиям из разных материалов. Это способствовало распространению трасологической методики в археологических исследованиях широкого географического и хронологического диапазона.

Дальнейшее развитие научных подходов С. А. Семенова проявилось в разработке и внедрении в трасологическую практику методики микроанализа следов износа, которая параллельно развивалась как в отечественной, так и в зарубежной археологии [Keeley, 1980; Anderson-Gerfaud, 1981; Щелинский, 1983; Vaughan, 1985; Gijn, 1989]. Источниковой базой для нового метода послужили коллекции эталонов и артефактов из кремня – наиболее доступного и распространенного материала в каменном веке Западной Европы, Ближнего Востока и Северной Америки. На этом минеральном сырье были впервые детально описаны механизмы образования линейных следов, признаков истирания и выкрошенности, представлена подробная классификация заполировок, сгруппированных по типу обрабатываемого материала и характеру производственной операции. Методика микро- и макроанализа следов износа стала применяться зарубежными исследователями к орудиям из некремневого сырья, характерного для каменных индустрий различного времени Азии, Африки, Америки и Океании. Со временем на основе массовых экспериментов были получены сведения о формировании износа на древних орудиях из обсидиана [Kajiwara, Akoshima, 1981; Hurcombe, 1992; Kononenko, 2011; Clemente Conte et al., 2015; Walton, 2018], кварца и кварцита [Sussman, 1988; Venditti, 2012; Ollé et al., 2016; Pedergnana, 2019; Гиря, 2019], базальта [Dubreuil et al., 2015; Bello-Alonso et al., 2020], гранита и песчаника [Загородняя, Степанова, 2012; Zupancich, Cristiani, 2020] и др.

Несмотря на определенные успехи в адаптации трасологической методики для изучения орудий из некремневого материала, сырьевой фактор в настоящее время составляет одно из ключевых ограничений для расширения экспериментально-трасологических исследований на территориях с иной, зачастую крайне разнообразной, ресурсной базой: всегда требуется учитывать специфику местного материала при изучении следов износа и / или экстраполяции экспериментальных наблюдений. Одним из таких регионов, где каменные индустрии на протяжении тысячелетий создавались в условиях широкого разнообразия типов минерального сырья, является Горный Алтай. Здесь использовались разновидности осадочных, вулканогенных и метаморфизованных пород, включая алевролиты, роговики, эффузивы, туфы, микрокварциты, яшмоиды, кремни и др. [Кулик и др., 2023]. Трасологические исследования палеолитических орудийных комплексов Алтая ведутся на протяжении уже более тридцати лет [Кононенко, 1990; Волков, 1999], однако не получили широкого распространения [Левина, Федорченко, 2022]. Серьезным препятствием для развития подобных работ послужило отсутствие доступных и задокументированных библиотек трасологических эталонов. Опубликованные данные при этом отличает слабая доказательность и верифицируемость вследствие почти полного отсутствия визуализации следов износа на артефактах и эталонах посредством макро- и микрофотографии, как и учета типа сырья, условий залегания и т. п.

На современном этапе одной из ключевых задач экспериментально-трассологических исследований палеолитических комплексов Алтая остается создание сравнительной эталонной коллекции, релевантной региональному сырьевому разнообразию и сырьевым спектрам известных археологических комплексов [Левина, Федорченко, 2023]. Настоящее исследование представляет собой первый опыт изучения особенной формообразования макро- и микроследов износа на эталонах из алтайского сырья. Представленная работа базировалась на сравнительном анализе экспериментальных каменных орудий разных функциональных типов, изготовленных из таких пород, как сургучные яшмоиды (высококремнистое сырье) и тонкозернистые туфы (вулканогенное сырье), т. е. из сырья, обладающего сравнительно высокими потребительскими характеристиками, широко применяемого на алтайских стоянках в древности. Специфика формообразования следов износа на этих породах оценивалась в сравнении с аналогичными изготовленными в тех же условиях эталонами из кремня и обсидиана.

Материалы и методы исследования

Исследование опиралось на анализ оригинальной сравнительной коллекции трассологических эталонов ($n = 109$), полученной в рамках программы экспериментальных работ с 2022 по 2024 г. (см. таблицу). Основу коллекции составили образцы из сургучных яшмоидов и вулканических туфов Алтая ($n = 58$). На протяжении верхнепалеолитической эпохи эти материалы часто выступали предметом импорта и применялись для изготовления изделий, предъявлявших высокие требования к качеству сырья, таких как тонкие листовидные бифасы, крупные пластины или мелкие пластинчатые заготовки [Белоусова и др., 2022]; широко использовались эти типы пород также в среднем палеолите. Высококремнистые сургучные яшмоиды ($n = 17$) отбирались в долине р. Катунь (по притоку р. Нижний Куюс) в Северо-Западном Алтае. Яшмоиды характеризуются скрытокристаллической структурой, раковистым изломом, матовым блеском свежего скола и высокой твердостью (6–7 единиц по шкале Мооса). Для сопоставления с ними привлекались эталоны из оскольского и донецкого мелового кремня ($n = 24$). Сырье вулканогенно-осадочного происхождения – тонкозернистые туфы ($n = 41$) – происходит из долины р. Урсул в Центральном Алтае. Туфы характеризуются массивной или слабо выраженной полосчатой, прерывисто-линейной или неравномерно-пятнистой текстурой, раковистым изломом, шероховатой поверхностью свежего скола и высокой твердостью (6,5 единиц по шкале Мооса) [Вишневыский и др., 2024]. При выявлении сходств и различий в процессе слеодообразования в данном случае для сравнения привлекались эталоны из камчатского обсидиана ($n = 27$) – вулканогенного сырья с превосходными потребительскими характеристиками, хорошо изученного с точки зрения трассологии.

Состав коллекции экспериментальных эталонов
Composition of the experimental sample collection

Операция	Кремни	Яшмоиды	Обсидианы	Туфы	Всего
Скобление шкур	5	5	5	8	23
Скобление кости / рога	3	3	2	2	10
Скобление дерева	5	3	2	5	15
Строгание кости / рога	6	3	3	7	19
Строгание дерева	5	3	4	9	21
Пиление кости / рога	–	–	9	8	17
Пиление дерева	–	–	2	2	4
<i>Итого</i>	<i>24</i>	<i>17</i>	<i>27</i>	<i>41</i>	<i>109</i>

Цель экспериментальных работ заключалась в получении информации о процессе образования признаков износа при использовании эталонов из различных пород. В результате экс-

периментального моделирования было изготовлено свыше ста заготовок и формальных орудий, пригодных для создания трасологических эталонов: пластины и отщепы, концевые скребки, резцы и ретушированные сколы. Проведены работы по скоблению свежих шкур, строганию, скоблению и пиленю свежего дерева, увлажненных кости коровы и рога северного оленя (рис. 1). Перед началом работ с костью и рогом проводилось их предварительное замачивание в воде при комнатной температуре в течение суток. В процессе обработки каждые 5–10 мин. материал дополнительно помещался в воду на 10–15 мин. для поддержания влажности. Для экспериментов с древесиной использовались свежие ветки березы. В процессе экспериментального моделирования документировались цели работ, тип обрабатываемого сырья, кинематика и положение инструмента относительно материала, а также количество движений. Все эксперименты сопровождалась фото- и видеофиксацией.

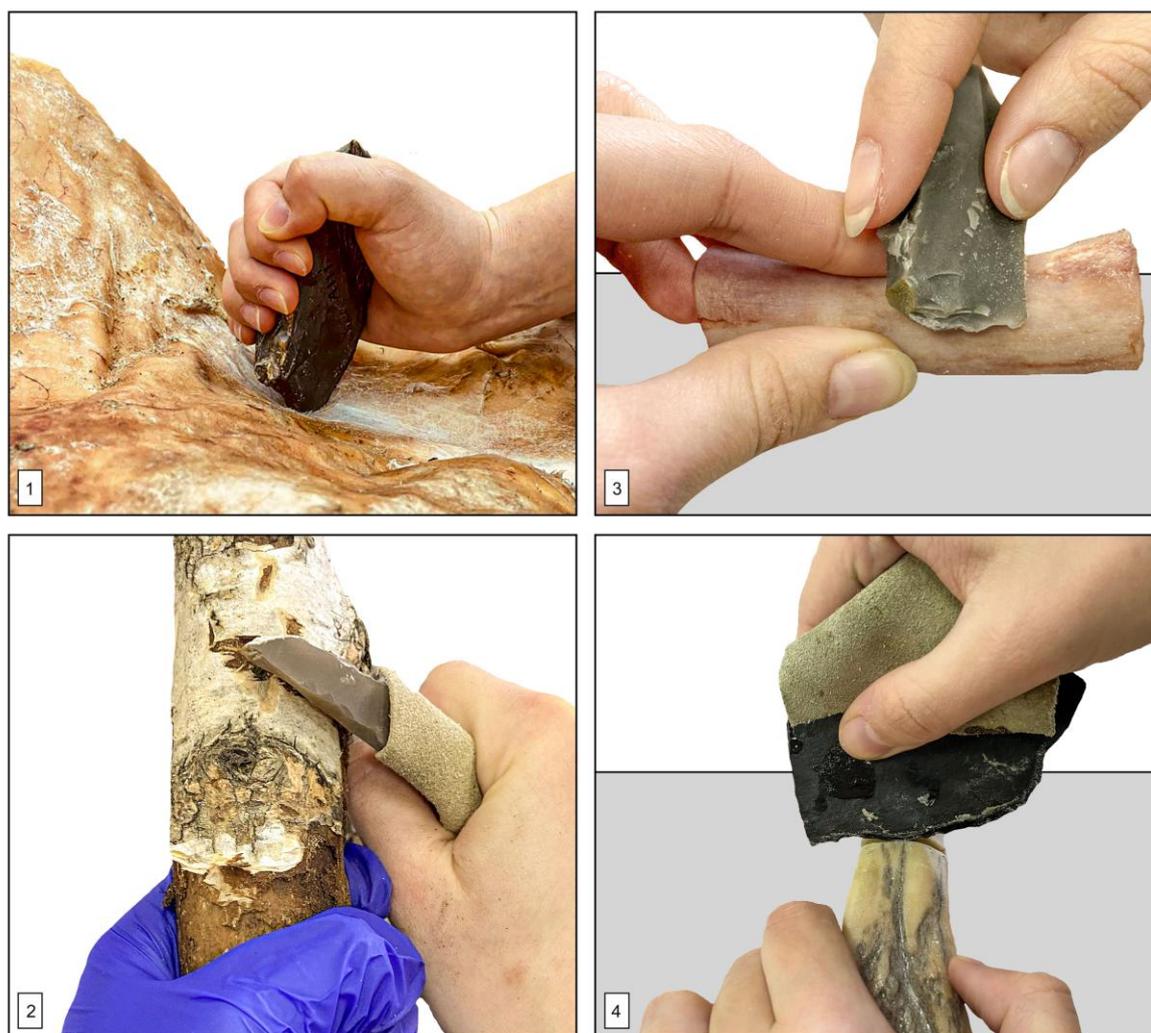


Рис. 1. Экспериментальное моделирование хозяйственной деятельности древнего человека:

1 – скобление свежей шкуры; 2 – строгание дерева; 3 – скобление кости; 4 – пиление рога

Fig. 1. Experimental modelling of ancient human economic activity:

1 – scraping fresh hide; 2 – planing wood; 3 – scraping bone; 4 – sawing antler

Для проведения экспериментов по мездрению, размягчению и разглаживанию свежих шкур овцы и коровы применялись концевые скребки ($n = 23$). Шкуры предварительно растя-

гивались на ровной поверхности; для удобства работы орудия использовались с удержанием в руке или обернутыми в выделанную кожу (рис. 1, 1). Продолжительность использования эталонов варьировала от 30 до 180 мин. Движение скребков выполнялось перпендикулярно плоскости обрабатываемой поверхности по направлению к себе, при средней интенсивности около 40 движений в минуту. В качестве скребелей ($n = 25$) для работы по кости / рогу и дереву также использовались концевые скребки. Заготовками строгальных ножей ($n = 40$) для обработки кости / рога и дерева выступали отщепы и пластины без ретушной обработки, а также резцы, рабочей кромкой которых служила грань между негативом резцового скола и вентральной плоскостью; аналогично предыдущим орудия использовались без рукоятей. При скоблении инструменты располагались перпендикулярно к поверхности обработки, движения выполнялись в направлениях от или на себя (рис. 1, 3). Время использования эталонов составляло от 10 до 90 мин., при этом интенсивность работы достигала 45 движений в минуту. В процессе строгания инструменты располагались под углом 45° относительно материала при аналогичной кинематике (рис. 1, 2). Продолжительность работы варьировала от 10 до 180 мин. при средней интенсивности около 50 движений в минуту. Заготовками пилок служили пластины и отщепы с краевой ретушью или без обработки. Пиление увлажненных кости и рога ($n = 17$), а также свежей древесины ($n = 4$) осуществлялось посредством возвратно-поступательных движений (рис. 1, 4). Продолжительность работы варьировала в широком диапазоне от 10 до 80 мин. при средней интенсивности 50 движений в минуту. Орудия располагались под углом 90° относительно обрабатываемого материала.

После завершения экспериментальных работ полученная коллекция эталонов была изучена посредством трасологического анализа. Перед началом исследования эталоны очищались в ультразвуковой ванне, в водном растворе с синтетическими моющими средствами, слабых растворах кислот или обычной воде. После очистки эталоны высушивались и упаковывались в индивидуальные полиэтиленовые пакеты. Первичный трасологический анализ эталонов при увеличении $\times 7,5$ – 45 проводился с использованием стереомикроскопов Altami SM0745-T и SZM-110. Исследование на микроуровне ($\times 100$ – 500) осуществлялось под металлографическими микроскопами Olympus ВНМ и АЖХ-MPSBD, оснащенными линзами дифференциально интерференционного контраста. Фотофиксация следов производилась посредством камеры Canon EOS 5D mark IV с дальнейшей обработкой в программе Helicon Focus, а также специализированной камеры для микроскопии PC3-HW20MP и программы Image View. В процессе трасологического анализа составлялось описание признаков износа на макро- и микроуровне, полученная информация заносилась в специализированную базу данных.

Результаты исследования

Высокремнистое сырье. При работе со свежей шкурой на кремневых скребках независимо от продолжительности эксперимента практически не фиксировались выкрошенность и линейные следы. Отсутствие макро- и микроповреждений на рабочих лезвиях указывает на мягкость обрабатываемого материала, плавность работы и отсутствие каких-либо загрязнений, таких как пыль, песок и т. п. Спустя час работы при увеличении $\times 15$ – 40 на кромках экспериментальных орудий начали проявляться визуально определяемые признаки залощенности и заглаженности кромки. При детальном наблюдении при увеличении $\times 200$ на лезвиях отмечалась «жирная» заполировка, глубоко проникающая в микрорельеф поверхности и распространяющаяся вдоль кромки с обеих сторон (рис. 2, 1–3). Заполировка покрывала негативы ретуши, не изменяя их края. Следы утилизации отмечались преимущественно на одной из сторон рабочей кромки – левой или правой, что отражает особенности удержания инструмента экспериментатором в процессе работы. Анализ экспериментальных скребков из яшмоидов продемонстрировал результаты, в целом схожие с данными по кремневым орудиям. Эти инструменты также продемонстрировали высокую эффективность в работе и устойчивость к износу при скоблении свежей шкуры, сохраняя работоспособность до трех часов.

На макроуровне первые отчетливые признаки скругления рабочего края и тусклого блеска при отсутствии линейных следов и выкрошенности начали проявляться через час использования орудий. При увеличении $\times 200$ вдоль рабочей кромки отмечалась полоса слабоконтрастной заполировки шириной до 2 мм с размытыми границами (рис. 2, 4–6). Однородность заполировки нарушается микроскопическими вкраплениями кварца округлой или овальной формы, характерными для данного сырья.

На кремневых скребках, используемых для обработки кости / рога, первые признаки макроизноса в виде мелких фасеток выкрошенности на выступающих участках лезвий, проявились спустя 40 мин. от начала эксперимента. В случае скребелей из яшмоидов из-за большей

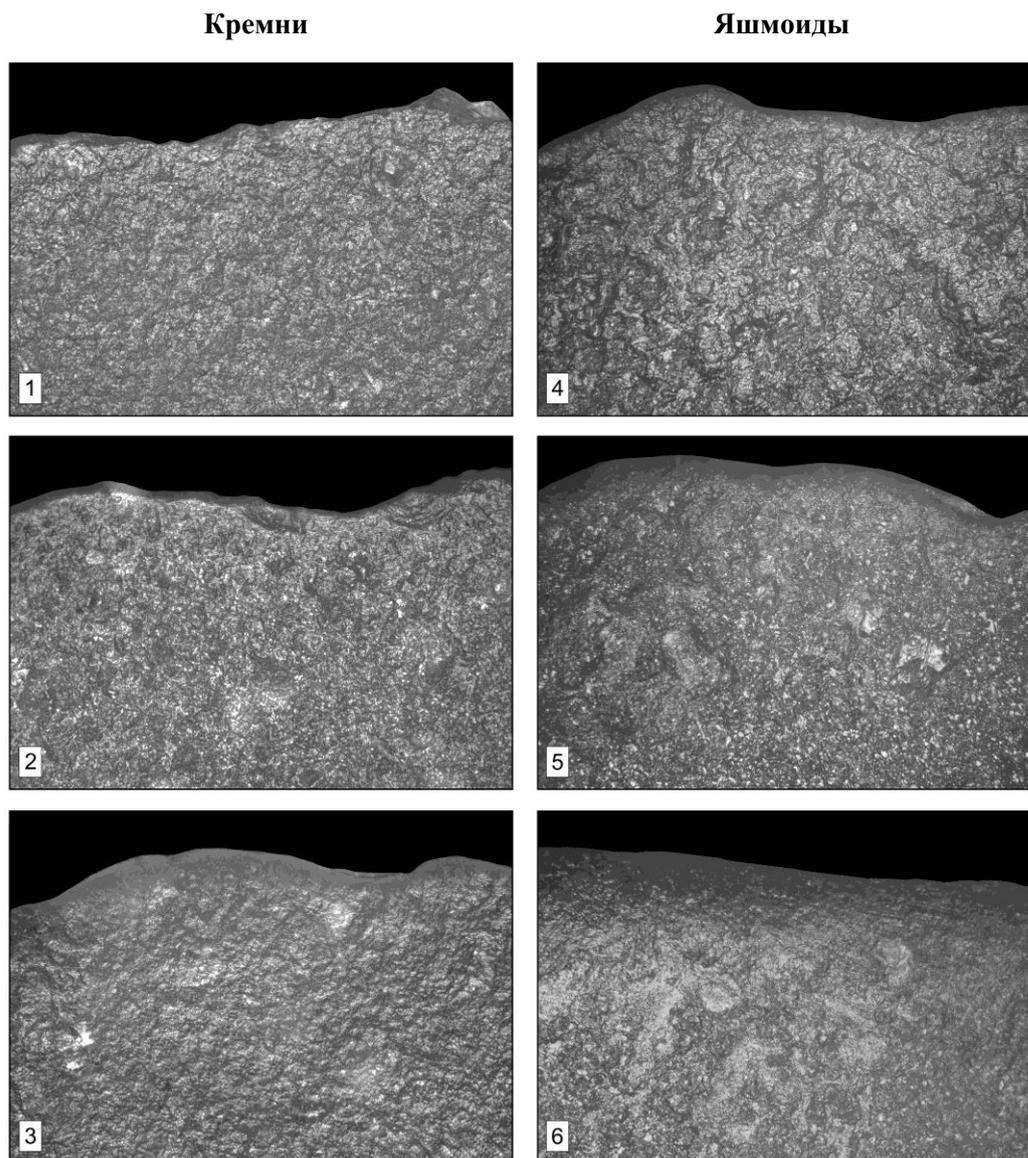


Рис. 2. Следы износа на экспериментальных скребках из кремня (1–3) и яшмоида (4–6) при обработке свежей шкуры, увеличение $\times 200$: 1, 4 – 60 минут работы; 2, 5 – 120 минут работы; 3, 6 – 180 минут работы

Fig. 2. Use-wear traces on experimental flint (1–3) and jasperoid (4–6) end-scrapers for processing fresh mag-nification $\times 200$: 1, 4 – 60 minutes of work; 2, 5 – 120 minutes of work; 3, 6 – 180 minutes of work

зернистости и чуть меньшей твердости материала аналогичные изменения при той же интенсивности работы фиксировались уже через 20 мин. После часа и более использования на орудиях из кремня и яшмоидов при увеличении $\times 200$ наблюдалась яркая контрастная заполировка с металлическим блеском, преимущественно сосредоточенная на выступающих участках микрорельефа поверхности.

Пятна яркой контрастной заполировки на кремневых скобелях по свежему дереву располагались вдоль единой линии с обеих сторон рабочей кромки, причем наиболее выраженные изменения были заметны на орудиях, использованных от одного часа и выше. Увеличение $\times 200$ позволило зафиксировать ячеисто-желобчатую структуру поверхности с микроуглублениями, вытянутыми от рабочей кромки по направлению движения инструмента (рис. 3, 1–3).

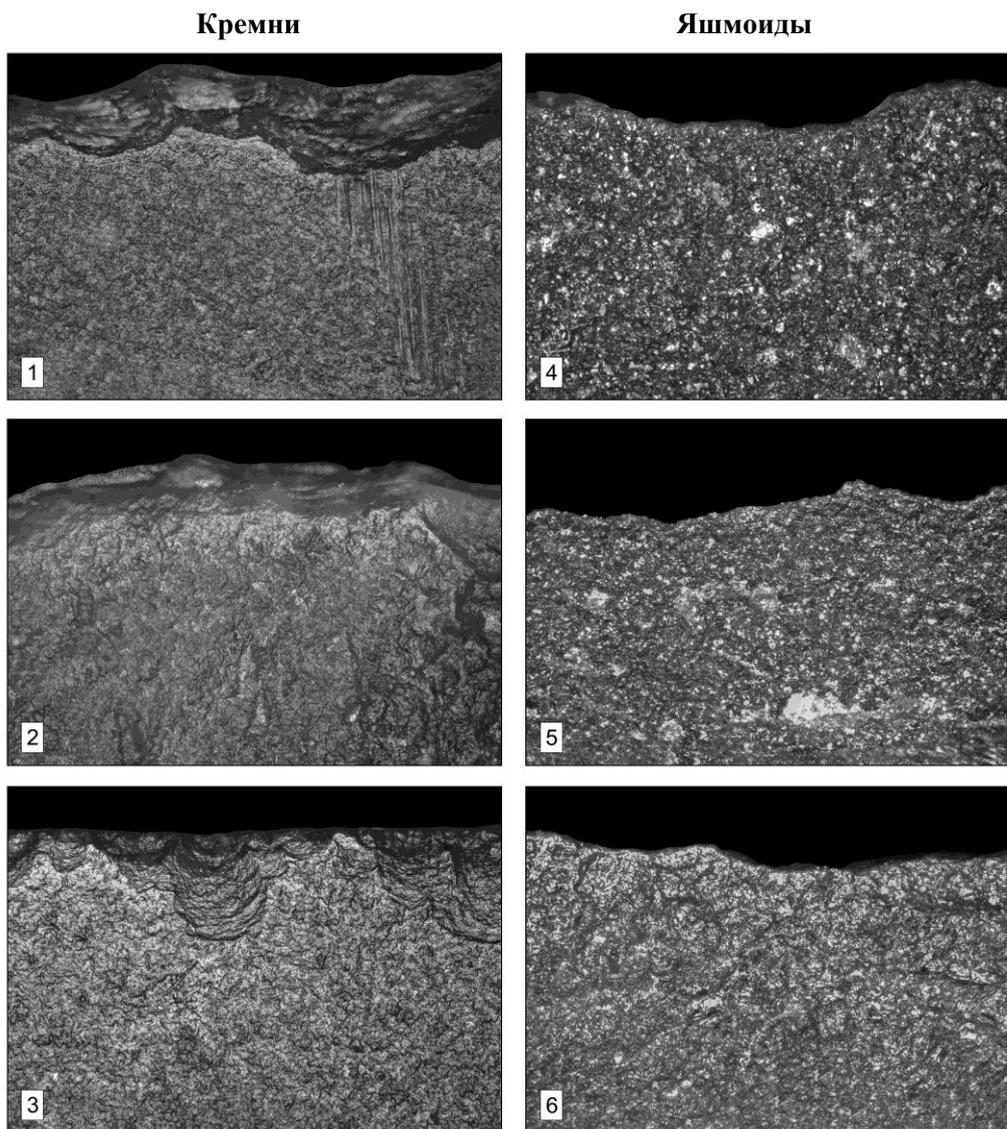


Рис. 3. Следы износа на экспериментальных скобелях из кремня (1–3) и яшмоида (4–6) при обработке свежего дерева, увеличение $\times 200$: 1, 4 – 30 минут работы; 2, 5 – 60 минут работы; 3, 6 – 90 минут работы

Fig. 3. Use-wear traces on experimental flint (1–3) and jasperoid (4–6) end-scrapers for processing fresh wood, magnification $\times 200$: 1, 4 – 30 minutes of work; 2, 5 – 60 minutes of work; 3, 6 – 90 minutes of work

На кромках скобелей по дереву из яшмоидов отмечалось больше фасеток выкрошенности с меньшей сохранностью участков заполировки, в то время как на аналогичных орудиях из кремня благодаря большей твердости материала заполировка в рабочей зоне имела более выраженный и сформированный вид. Вследствие интенсивного выкрашивания, линия кромки сильно изношенных скобелей приобретала волнистую форму (рис. 3, 4–6).

Следы работы по рогу / кости на строгальных ножах из кремня и яшмоидов в значительной степени напоминают таковые на скобелях, проявляя аналогичную яркую заполировку с металлическим блеском и признаки интенсивной выкрошенности кромок. Основные отличия заключаются в локализации и степени протяженности заполировки, а также в характере расположения сколов утилизационной ретуши. Износ рабочих кромок строгальных ножей обычно протекал быстрее – микро- и макрофасетки выкрошенности отмечались уже спустя 30 мин. работы, что связано с разницей угла наклона инструмента: при скоблении он составляет около 90° , а при строгании – 45° . После часа использования в рабочей зоне инструментов при малом увеличении наблюдались многочисленные фасетки выкрошенности и выраженный волнистый вид кромки. При увеличении $\times 200$ фиксировалась яркая глянцевая заполировка с четкими границами на отдельных участках лезвий. Использование строгальных ножей свыше 180 мин. приводило к формированию вдоль рабочей кромки полосы заполировки шириной до 5 мм. На эталонах из кремней и яшмоидов для строгания дерева был зафиксирован схожий характер формообразования следов износа, но заполировка на яшмоидах оказалась менее выраженной из-за интенсивного выкрашивания.

Таким образом, экспериментальные орудия из кремня и яшмоида продемонстрировали сходство в формообразовании следов износа при идентичных условиях экспериментов, включая скобление свежих шкур, строгание и скобление увлажненных рога и кости, свежего дерева. В процессе выполнения различных видов работ кремень оказался более эффективным материалом, проявляя меньшую склонность к выкрашиванию и истиранию рабочей кромки. При строгании эталоны из кремня сохраняли пригодность к работе свыше 90 мин., в то время как строгальные ножи из яшмоидов требовали подправки рабочих кромок уже спустя 30 мин. Кроме того, из-за несколько меньшей твердости и кварцевых включений заполировка на орудиях из яшмоидов не формировала однородного рисунка и менее отчетливо фиксировалась на зернистой поверхности. В целом с точки зрения потребительских характеристик алтайские яшмоиды продемонстрировали хороший потенциал в контексте реализации обсуждаемых операций: устойчивость кромки и долговечность, сопоставимую с кремнем.

Вулканогенное и вулканогенно-осадочное сырье. В процессе экспериментов по обработке шкуры обсидиановыми скребками был зафиксирован специфический набор следов износа, отличный от такового на аналогичных орудиях из высококремнистых пород. Эффективность работы обсидиановых скребков оказалась ниже, чем у кремневых; первые не без усилий удаляли мездру с поверхности шкуры. Макроизнос в виде заглаженности и стертости кромки начинал отчетливо фиксироваться при увеличении $\times 15$ на орудиях, задействованных в течение двух и более часов. При увеличении $\times 200$ зафиксированы признаки интенсивного выкрашивания и отчетливые линейные следы, ориентированные под углом $30\text{--}45^\circ$ относительно продольной оси изделий, что указывает на характер кинематики (рис. 4, 4–6). На скребках из туфов следы износа в виде общей заглаженности и скругления кромки становились различимы при увеличении $\times 15$ после 60 мин. работы. При увеличении $\times 200$ на рабочей кромке орудий были обнаружены признаки микровыкрашивания. Аналогичный износ наблюдался и на скребках из обсидиана, однако на туфовых орудиях не фиксировались линейные следы, что связано с их зернистой структурой. На кромочной линии скребков из туфов наблюдается тусклая обволакивающая заполировка с размытыми границами, которая перекрывает зоны выкрошенности. Такая картина указывает на последовательное наложение следов износа (рис. 4, 1–3). В данном случае заполировка формируется после появления микровыкрашивания и в процессе длительного взаимодействия с мягким органическим материалом.

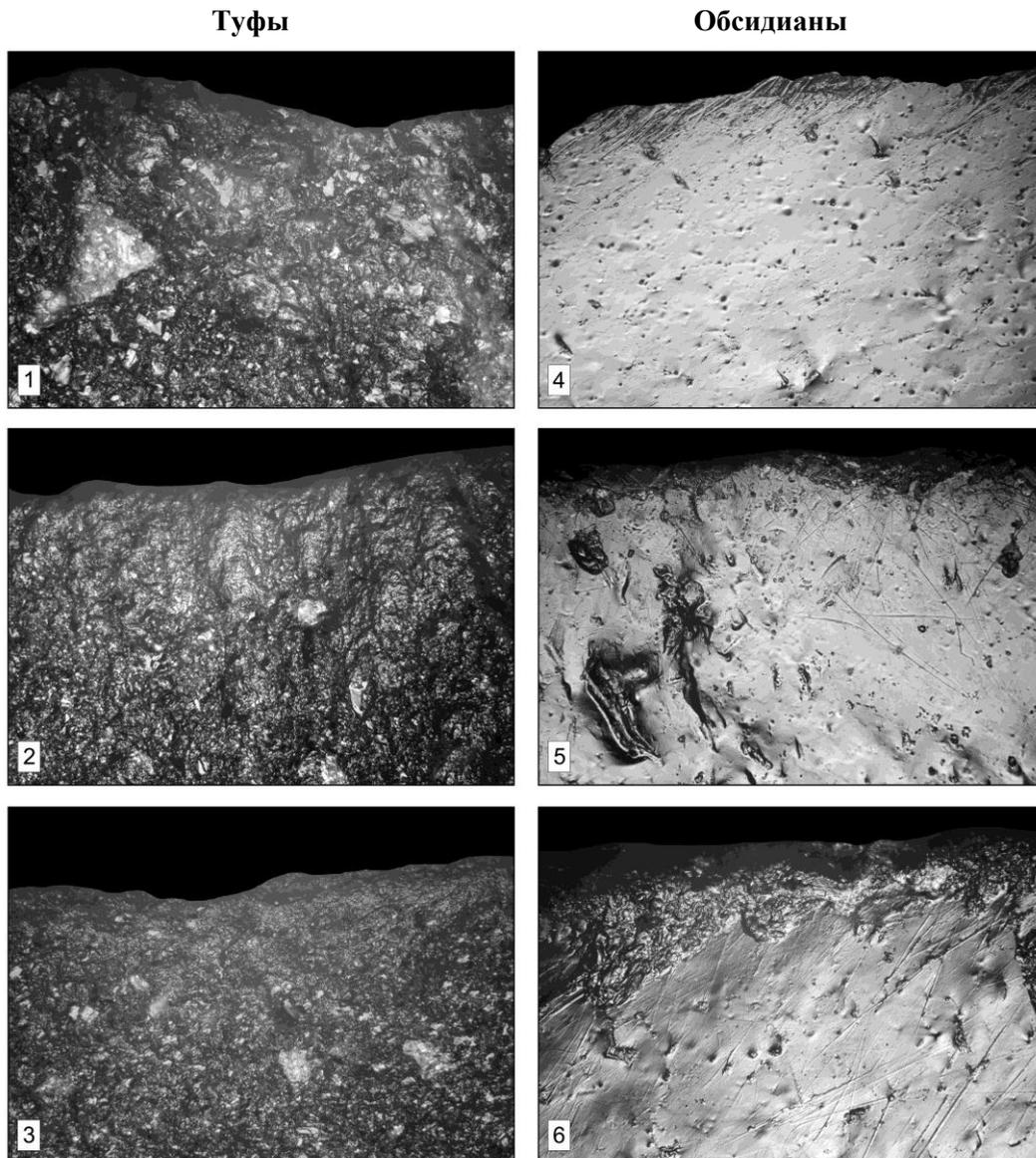


Рис. 4. Следы износа на экспериментальных скребках из туфа (1–3) и обсидиана (4–6) при обработке свежей шкуры, увеличение $\times 200$: 1, 4 – 60 минут работы; 2, 5 – 120 минут работы; 3, 6 – 180 минут работы

Fig. 4. Use-wear traces on experimental tuff (1–3) and obsidian (4–6) end-scrapers for processing fresh hide, magnification $\times 200$: 1, 4 – 60 minutes of work; 2, 5 – 120 minutes of work; 3, 6 – 180 minutes of work

Использование обсидиановых скребелей для работы по кости / рогу и дереву сопровождалось интенсивным выкрашиванием рабочих кромок и образованием коротких линейных следов длиной до 2 мм, ориентированных под углом $30\text{--}45^\circ$. Подобный износ становился различим при небольшом увеличении уже спустя 15–20 мин. работы. В процессе утилизации преимущественно на вентральной стороне орудий образовывались мелкие фасетки сколов. На орудиях, использовавшихся более 30 мин., при увеличении в $\times 200$ отмечались стертость и пришлифовка рабочей кромки, прерываемая многорядной ретушью утилизации, а также появлением более грубых выломов и зазубрин на кромке. При скоблении кости / рога и дерева эталонами из туфа процесс изнашивания рабочих кромок также протекал интенсивно. Через час работы на отдельных выступающих участках лезвий формировалась контрастная за-

полировка с ячеистой структурой, заметная при увеличении $\times 200$; при этом она обычно прерывалась зонами выкрошенности. При увеличении $\times 500$ на рабочих кромках фиксировался ячеисто-желобчатый рисунок поверхности с микроуглублениями, ориентированными перпендикулярно рабочей кромке.

Проведенный анализ обсидиановых эталонов для строгания кости / рога и дерева выявил при увеличении $\times 15-40$ признаки интенсивной нерегулярной выкрошенности, сопровождаемой линейными следами. На микроуровне фиксировались шлифовка рабочей кромки и многочисленные тонкие линейные следы длиной до 5 мм, направленные перпендикулярно рабочей кромке. В целом процесс износа кромок обсидиановых эталонов при обработке твердых органических материалов протекал быстрее, чем у кремневых образцов – менее 30 мин. При длительном использовании размеры негативов сколов увеличивались, формируя несколько ярусов, что делало экспериментальные орудия непригодными для дальнейшей работы (рис. 5, 3, 4). Использование строгальных ножей из туфа для работы по кости / рогу и дереву приводило к микровыкрашиванию поверхности уже спустя 30–40 мин. работы. В процессе взаимодействия с твердыми органическими материалами формировалась яркая заполировка с ячеистой структурой; при увеличении $\times 200$ она отмечалась преимущественно на выступающих участках лезвий (рис. 5, 1, 2). Такие следы заполировки практически не проникают в фасетки ретуши утилизации, что указывает на их локализацию в наиболее высоких точках микрорельефа.

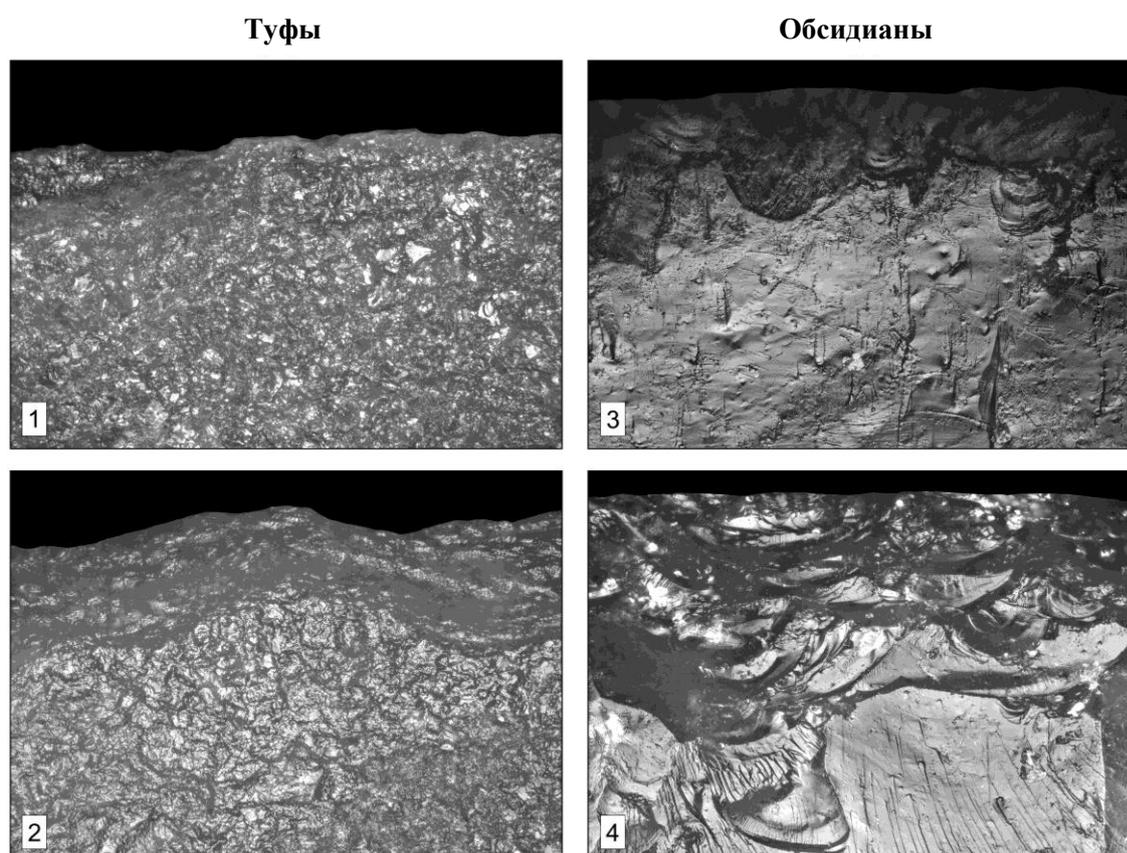


Рис. 5. Следы износа на экспериментальных строгальных ножах из туфа (1–2) и обсидиана (3–4) при обработке увлажненной кости, увеличение $\times 200$: 1, 3 – 30 минут работы; 2, 4 – 60 минут работы

Fig. 5. Use-wear traces on experimental tuff (1–2) and obsidian (3–4) planing knives for processing moistened bone, magnification $\times 200$: 1, 3 – 30 minutes of work; 2, 4 – 60 minutes of work

На обсидиановых пилках сильная выкрошенность кромки становилась заметной уже спустя 20 мин. работы. При увеличении $\times 200$ на обеих сторонах кромки фиксировались разнонаправленные линейные следы, ориентированные под углом $30\text{--}45^\circ$. Риски от работы по рогу и кости обычно короткие (1–2 мм), тогда как пиление сухой древесины приводило к образованию линейных следов длиной до 5–7 мм. На пилках из вулканического туфа после 60 мин. работы отмечалась значительная выкрошенность кромки. Линейные следы не были выявлены, однако при увеличении $\times 200$ на отдельных участках рабочей кромки читались пятна яркой заполировки с четкими контурами. При обработке сухого дерева пятна заполировки отличались более размытыми границами.

В результате проведенных экспериментов эталоны из обсидиана продемонстрировали наименьшую эффективность из-за подверженности выкрашиванию, наиболее выраженной при обработке твердых органических материалов. Вследствие специфики обсидиана на орудиях из него не образуется заполировки, однако признаки пришлифовки, выкрошенности и линейных следов читаются отчетливо, что облегчает трасологический анализ и позволяет относительно точно определить кинематику при выполнении хозяйственных операций. Экспериментальные орудия из туфов демонстрируют более высокую эффективность при продолжительной и качественной обработке как мягких, так и твердых органических материалов; орудие можно использовать в течение часа без существенной утраты функциональности. В процессе изнашивания инструментов из туфа заполировка формируется достаточно быстро, покрывая поврежденные участки рабочей кромки. Однако зернистая структура туфа накладывает специфику на интерпретацию следов износа: информативные для анализа заполировки могут не читаться из-за интенсивного выкрашивания.

Обсуждение и заключение

В результате проведенного исследования были определены ключевые особенности формирования макро- и микроследов износа на эталонных орудиях из тонкозернистого высококачественного сырья, доступного палеолитическим обитателям алтайского региона, – вулканических туфов и яшмоидов. Было проведено моделирование таких хозяйственных операций, как скобление свежих шкур, строгание, пиление и скобление увлажненных кости и дерева с помощью концевых скребков, резцов, ретушированных и неретушированных сколов. Последовательный сравнительный анализ аналогичных эталонов из кремня и обсидиана позволил также очертить специфику алтайского материала в контексте слеодообразования на фоне пород, гораздо более изученных с точки зрения археологической трасологии.

В результате экспериментов наибольшую эффективность в работе продемонстрировали эталонные образцы из кремня. Рабочие кромки таких инструментов оказались наименее подвержены выкрашиванию в процессе работы, а сами орудия оставались эффективными наиболее продолжительное время. На поверхности кремневых образцов четко фиксировались заполировки, различавшиеся по степени интенсивности, блеску и локализации [Keeley, 1980, p. 35–63; Коробкова, Щелинский, 1996]. Наименьшую эффективность в большинстве трудовых операций показали экспериментальные орудия из обсидиана. Вследствие специфики материала на поверхности обсидиана не образуется заполировка, что ограничивает возможности трасологической диагностики на микроуровне. Ключевую роль в определении функций орудий из этого сырья играют характер пришлифовки или истирания рабочего края, выкрошенность и линейные следы [Kononenko, 2011; Walton, 2018]. Средний уровень эффективности был отмечен при использовании эталонов из вулканических туфов и яшмоидов. В отличие от кремня, эти материалы обладают более крупнозернистой структурой, что делает их рабочие кромки более уязвимыми к выкрашиванию. Тем не менее, на их поверхностях были зафиксированы специфические определяемые заполировки различного типа, что говорит о возможности проведения трасологических исследований и интерпретации функций орудий.

Локализация и степень блеска заполировок на орудиях из яшмоидов и туфов определялись временем и характером работы, физическими свойствами материала, включая зерни-

стость, твердость, вязкость и изотропность, а также особенностями обрабатываемого сырья – влажностью, твердостью и структурой. Например, «жирная» заполировка, проникающая внутрь микрорельефа поверхности рабочих кромок, наблюдается на эталонах, применявшихся для скобления свежих шкур (см. рис. 2; 4, 1–3). Аналогичный износ характерен для скребковых орудий из микрокварцитов – другого высококремнистого материала, распространенного в верхнем палеолите Алтая [Михиенко и др., 2024]. Заполировка от работы по кости или рогу на кремневых орудиях отличается ярким металлическим блеском и локализуется преимущественно на выступающих участках лезвий, практически не проникая в углубления фасеток микровыкрошенности и ретуши. В процессе скобления дерева на кромочной линии лезвий кремневых орудий образуется контрастная заполировка с ячеистой структурой [Федорченко, 2016]. В результате проведенных экспериментов было установлено, что при работе по твердым органическим материалам заполировка с характерным ярким блеском четко проявляется на сильно изношенных строгальных ножах и скобелях из яшмоидов (см. рис. 3, 4–6). На орудиях этого типа, выполненных из тонкозернистых туфов, такая заполировка менее контрастна (см. рис. 5, 1, 2), что обусловлено меньшей твердостью, большей зернистостью материала и его повышенной склонностью к выкрашиванию.

В коллекции эталонов линейные следы наиболее отчетливо проявляются на орудиях из материалов с большей зернистостью и меньшей твердостью по сравнению с кремнем, таких как обсидиан и туф. Особенно выраженный износ наблюдается при обработке сухих, твердых или загрязненных материалов, например подсушенной шкуры. Линейные следы чаще всего фиксируются на орудиях с признаками интенсивного использования и значительно истирания лезвий, предоставляя достоверную информацию о кинематике. Формирование выкрошенности прослеживается на эталонах из всех типов сырья. Ключевое влияние на этот процесс оказывают такие факторы, как толщина рабочей кромки, угол наклона лезвия относительно обрабатываемого объекта, а также твердость и влажностное состояние материала. На орудиях из некремневого сырья процесс формирования выкрошенности часто сопровождается развитием признаков истирания и шлифовки рабочих зон. В этом прослеживается сходство эталонов из обсидиана и туфа, однако на туфе поверх шлифовки образуется заполировка, по своим характеристикам напоминающая заполировку на кремневых орудиях, выполненных в аналогичных условиях. Истирание рабочих кромок инструментов из кремня, применявшихся при обработке мягких органических материалов, вызывает заметное скругление кромок. Динамика формирования износа на скребках по шкуре из всех отмеченных пород каменного сырья может быть охарактеризована как плавная и равномерная.

Анализ существующего опыта трасологического изучения палеолитических каменных индустрий Горного Алтая демонстрирует существенный потенциал для проведения дальнейших функциональных изысканий. На современном уровне развития палеолитоведения строгая доказательность получаемых функциональных выводов требует обязательного использования обширной базы экспериментальных данных. Проведенный сравнительный анализ микро- и макропризнаков износа на эталонах из высококачественных пород минерального сырья Алтая позволяет глубже понять природу следов на каменных артефактах верхнепалеолитических комплексов, охватывающих широкий хронологический и географический диапазон, выходящий далеко за пределы этого региона. Полученные данные о формировании износа на артефактах из некремневого сырья могут стать основой для расширения трасологических исследований в азиатской части России.

Список литературы

Белоусова Н. Е., Родионов А. М., Вишневский А. В., Федорченко А. Ю., Михиенко В. А., Селецкий М. В. «Тонкие» листовидные бифасы начала верхнего палеолита Алтая: технология, формообразование и каменное сырье // *Stratum plus. Археология и культурная антропология*. 2022. № 1. С. 329–353.

- Вишневский А. В., Белоусова Н. Е., Федорченко А. Ю., Михиенко В. А., Козликин М. Б., Шуньков М. В.** Каменное сырье и его источники в верхнем палеолите Алтая через призму бифасиальных технологий // Археология, этнография и антропология Евразии. 2024. № 4 (52). 2024. С. 59–74.
- Волков П. В.** Трасологические исследования в археологии Северной Азии. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 1999. 192 с.
- Гиря Е. Ю.** Технологический анализ каменных индустрий (методика микро-макроанализа древних орудий труда. Ч. 2). СПб.: Изд-во ИИМК РАН, 1997. 198 с.
- Гиря Е. Ю.** Следы как вид археологического источника (конспект неопубликованных лекций) // Следы в истории. К 75-летию Вячеслава Евгеньевича Щелинского. СПб.: Изд-во ИИМК РАН, 2015. С. 232–268.
- Гиря Е. Ю.** Кварцевые орудия поселения Лемья 19.1 // Поселение Лемья 19.1 в верховьях Конды: от неолита до средневековья. Екатеринбург: Альфа-Принт, 2019. С. 67–117.
- Загородняя О. Н., Степанова К. Н.** Возможности микротрасологического анализа орудий из зернистых и кристаллических пород // РА. 2012. № 2. С. 67–71.
- Кононенко Н. А.** Экспериментальное исследование каменных орудий Приморья // Методы естественных наук в археологическом изучении древних производств на Дальнем Востоке СССР. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1986. С. 5–22.
- Кононенко Н. А.** Функциональная диагностика палеолитической индустрии местонахождения Усть-Каракол // Комплексные исследования палеолитических объектов бассейна р. Ануй. Новосибирск: Изд-во ИИФФ СО АН СССР, 1990. С. 43–47.
- Коробкова Г. Ф., Щелинский В. Е.** Методика макро-микроанализа древних орудий труда. СПб.: ИИМК РАН, 1996. Ч. 1. 80 с.
- Кулик Н. А., Козликин М. Б., Шуньков М. В.** Каменное сырье как экологический фактор в палеолите Алтая // Теория и практика археологических исследований. 2023. № 2. С. 166–176.
- Левина Е. В., Федорченко А. Ю.** Основные этапы экспериментально-трасологических исследований в палеолитоведении Алтая // Археологические культуры Сибири в контексте кросс-культурных контактов в Евразии: к 300-летию первых научных археологических раскопок в Сибири (1722 г.). Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2022. С. 85–102.
- Левина Е. В., Федорченко А. Ю.** Сравнение особенностей формообразования макро- и микроследов на поверхности орудий из разного минерального сырья // Новые материалы и методы археологического исследования: история vs источниковедение: Материалы VII Конференции молодых ученых. М.: ИА РАН, 2023. С. 26–28.
- Михиенко В. А., Плотникова П. Ю., Левина Е. В., Федорченко А. Ю., Белоусова Н. Е.** Верхнепалеолитические скребки из Денисовой пещеры: результаты типологического и экспериментально-трасологического исследования // Проблемы археологии, этнографии и антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2024. Т. 30. С. 185–192.
- Семенов С. А.** Изучение следов работы на каменных орудиях // КСИИМК. 1940. Вып. 4. С. 21–26.
- Семенов С. А.** Первобытная техника. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. 240 с.
- Семенов С. А.** Развитие техники в каменном веке. Л.: Наука, 1968. 362 с.
- Федорченко А. Ю.** Изделия с резцовыми сколами VI палеолитического слоя стоянки Ушки-I (Камчатка) // Stratum plus. Археология и культурная антропология. 2016. № 1. С. 223–241.
- Филиппов А. К.** Проблемы технического формообразования орудий труда в палеолите // Технология производства в эпоху палеолита. Л.: Наука, 1983. С. 9–56.
- Щелинский В. Е.** К изучению техники, технологии изготовления и функций орудий мустьерской эпохи // Технология производства в эпоху палеолита. Л.: Наука, 1983. С. 72–133.

- Щелинский В. Е.** Цели и методы изучения каменных изделий в археологических комплексах // Древний человек и камень: технология, форма, функция. СПб.: Петербургское востоковедение, 2017. С. 7–28.
- Anderson-Gerfaud P.** Contribution méthodologique à l'analyse des microtraces d'utilisation sur les outils préhistoriques. Thèse de doctorat, Géologie du Quaternaire et Préhistoire. Bordeaux: Uni. de Bordeaux I, 1981. 153 p.
- Bello-Alonso P., Rios-Garaizar J., Panera J. Martín-Perea D. M., Rubio-Jara S., Pérez-González A., Rojas-Mendoza R., Domínguez-Rodrigo M., Baquedano E., Santonja M.** Experimental approaches to the development of use-wear traces on volcanic rocks: basalts // Archaeological and Anthropological Sciences. 2020. Vol. 12: 128. DOI 10.1007/s12520-020-01058-6
- Clemente Conte I., Lazuén Fernández T., Astruc L., Rodríguez A.** Use-wear Analysis of Non-flint Lithic Raw Materials: The Cases of Quartz / Quartzite and Obsidian // Use-Wear and Residue Analysis in Archaeology. Manuals in Archaeological Method, Theory and Technique. Cham: Springer, 2015. P. 59–81.
- Dubreuil L., Savage D., Delgado-Raack S., Plisson H., Stephenson B., Torre I. de la.** Current Analytical Frameworks for Studies of Use-Wear on Ground Stone Tools // Use-Wear and Residue Analysis in Archaeology. Manuals in Archaeological Method, Theory and Technique. Cham: Springer, 2015. P. 105–158.
- Gijn A. L. van.** The wear and tear of flint: principles of functional analysis applied to Dutch Neolithic assemblages // *Analecta Praehistorica Leidensia*. 1989. Vol. 22. P. 1–181.
- Hurcombe L. M.** Use Wear Analysis and Obsidian: Theory, Experiments and Results. Dorset: Dorset Press, 1992. 226 p.
- Kajiwara H., Akoshima K.** An Experimental Study of Microwear Polish on Shale Artifacts // *Kokogaku Zasshi*. 1981. Vol. 67, no. 1. P. 1–36.
- Keeley L. H.** Experimental determination of stone tool uses. London; Chicago: Uni. of Chicago Press, 1980. 212 p.
- Kononenko N.** Experimental and archaeological studies of use-wear and residues on obsidian artefacts from Papua New Guinea // *Technical Reports of the Australian Museum*. 2011. Vol. 21. P. 1–244.
- Ollé A., Pedergrana A., Fernandez-Marchena J. L., Martin S., Borel A., Aranda V.** Microwear features on vein quartz, rock crystal and quartzite: A study combining Optical Light and Scanning Electron Microscopy // *Quaternary International*. 2016. Vol. 424. P. 154–170.
- Pedergrana A.** Use-wear Analysis on Quartzite Flaked Tools: The Experimental Development of a Method. Cambridge: Cambridge Scholars Publ., 2019. 172 p.
- Sussman C.** A microscopic analysis of use-wear and polish formation on experimental quartz tools. Oxford: BAR Publ., 1988. 205 p.
- Vaughan P. C.** Use-wear Analysis of Flaked Stone Tools. Tucson: The Uni. of Arizona Press, 1985. 204 p.
- Venditti F.** Use-wear analysis on quartz and quartzite tools. Methodology and Application: Cou-doulous I (Midi-Pyrénées, France) // *International Conference on Use-Wear Analysis: Use-Wear 2012*. Cambridge: Cambridge Scholars Publ., 2012. P. 124–137.
- Walton D. P.** An Experimental Program for Obsidian Use-Wear Analysis in Central Mexican Archaeology // *Journal of Archaeological Method and Theory*. 2018. Vol. 26. P. 895–942.
- Zupancich A., Cristiani E.** Functional analysis of sandstone ground stone tools: arguments for a qualitative and quantitative synergetic approach // *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10. P. 15740.

References

- Anderson-Gerfaud P.** Contribution méthodologique à l'analyse des microtraces d'utilisation sur les outils préhistoriques. Thèse de doctorat, Géologie du Quaternaire et Préhistoire. Bordeaux, Uni. de Bordeaux I, 1981, 153 p.

- Bello-Alonso P., Rios-Garaizar J., Panera J. Martín-Perea D. M., Rubio-Jara S., Pérez-González A., Rojas-Mendoza R., Domínguez-Rodrigo M., Baquedano E., Santonja M.** Experimental approaches to the development of use-wear traces on volcanic rocks: basalts. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 2020, vol. 12: 128. DOI 10.1007/s12520-020-01058-6
- Belousova N. E., Rodionov A. M., Vishnevsky A. V., Fedorchenko A. Yu., Mikhienko V. A., Seletsky M. V.** Initial and Early Upper Palaeolithic “Thin” Leaf-shaped Bifaces: Technology, Shaping and Stone Raw Material. *Stratum plus: Arkheologiya i kul'turnaya antropologiya* [*Stratum plus: Archaeology and Cultural Anthropology*], 2022, no. 1, pp. 329–353. (in Russ.)
- Clemente Conte I., Lazuén Fernández T., Astruc L., Rodríguez A.** Use-wear Analysis of Non-flint Lithic Raw Materials: The Cases of Quartz / Quartzite and Obsidian. In: *Use-Wear and Residue Analysis in Archaeology. Manuals in Archaeological Method, Theory and Technique*. Cham, Springer, 2015, pp. 59–81.
- Dubreuil L., Savage D., Delgado-Raack S., Plisson H., Stephenson B., Torre I. de la.** Current Analytical Frameworks for Studies of Use-Wear on Ground Stone Tools. In: *Use-Wear and Residue Analysis in Archaeology. Manuals in Archaeological Method, Theory and Technique*. Cham, Springer, 2015, pp. 105–158.
- Fedorchenko A. Yu.** Pieces with Burin Spalls from Cultural Layer VI of Ushki-I (Kamchatka Peninsula). *Stratum plus: Arkheologiya i kul'turnaya antropologiya* [*Stratum plus: Archaeology and Cultural Anthropology*], 2016, no. 1, pp. 223–241. (in Russ.)
- Filippov A. K.** Problemy tekhnicheskogo formoobrazovaniya orudii truda v paleolite [Problems of technical shaping of tools in the Paleolithic]. In: *Tekhnologiya proizvodstva v epokhu paleolita* [Technology of production in the Paleolithic era]. Leningrad, Nauka, 1983, pp. 9–56. (in Russ.)
- Gijn A. L. van.** The wear and tear of flint: principles of functional analysis applied to Dutch Neolithic assemblages. *Analecta Praehistorica Leidensia*, 1989, vol. 22, pp. 1–181.
- Girya E. Yu.** Kwartsevye orudiya poseleniya Lem'ya 19.1 [Quartz tools of Lemya 19.1 settlement]. In: *Poselenie Lem'ya 19.1 v verkhov'yakh Kondy: ot neolita do srednevekov'ya* [Lemya 19.1 settlement in the upper Konda River: from the Neolithic to the Middle Ages]. Ekaterinburg, Alfa-Print, 2019, pp. 67–117. (in Russ.)
- Girya E. Yu.** Technologicheskii analiz kamennykh industrii (metodika mikro-makroanaliza drevnikh orudii truda. Chast' 2) [Technological analysis of the Stone industries (Methodology for micro-macroanalysis of ancient tools. Part 2)]. St. Petersburg, IHMC RAS Publ., 1997, 198 p. (in Russ.)
- Girya E. Yu.** Sledy kak vid arkhelogicheskogo istichnika (konspekt neopyblikovannykh lektsii) [Traces as a type of archaeological sources (abstract of unpublished lectures)]. In: *Sledy v istorii. K 75-letiyu Vyacheslava Yevgen'evicha Shchelinskogo* [Traces in the History. Dedicated to 75 Anniversary of Viacheslav E. Shchelinsky]. St. Petersburg, IHMC RAS Publ., 2015, pp. 232–268. (in Russ.)
- Hurcombe L. M.** Use Wear Analysis and Obsidian: Theory, Experiments and Results. Dorset, Dorset Press, 1992, 226 p.
- Kajiwara H., Akoshima K.** An Experimental Study of Microwear Polish on Shale Artifacts. *Kokogaku Zasshi*, 1981, vol. 67, no. 1, pp. 1–36.
- Keeley L. H.** Experimental determination of stone tool uses. London, Chicago, Uni. of Chicago Press, 1980, 212 p.
- Kononenko N. A.** Eksperimental'noe issledovanie kamennykh orudii Primor'ya [Experimental study of stone tools of Primorye]. In: *Metody estestvennykh nauk v arkhelogicheskom izuchenii drevnikh proizvodstv na Dal'nem Vostoke SSSR* [Methods of natural sciences in archaeological study of ancient productions in the Far East of the USSR]. Vladivostok, Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences, 1986, pp. 5–22. (in Russ.)
- Kononenko N. A.** Funktsional'naya diagnostika paleoliticheskoi industrii mestonakhozhdeniya Ust'-Karakol [Functional diagnostics of the Paleolithic industry of the Ust'-Karakol site]. In: *Kompleksnye issledovaniya paleoliticheskikh ob'ektov basseina r. Anui* [Complex studies of

Paleolithic objects of the Anuy River basin]. Novosibirsk, IHPP SB AN USSR, 1990, pp. 43–47. (in Russ.)

- Kononenko N.** Experimental and archaeological studies of use-wear and residues on obsidian artefacts from Papua New Guinea. *Technical Reports of the Australian Museum*, 2011, vol. 21, pp. 1–244.
- Korobkova G. F., Shchelinsky V. E.** Metodika makro-mikroanaliza drevnikh orudii truda [Methods of macro-microanalysis of ancient tools]. St. Peterburg, IHMC RAS Publ., 1996, pt. 1, 80 p. (in Russ.)
- Kulik N. A., Kozlikin M. B., Shunkov M. V.** Kamennoe syr'e kak ekologicheskii faktor v paleolite Altaya [Stone raw materials as an ecological factor in the Paleolithic of Altai]. *Teoriya i praktika arkheologicheskikh issledovaniy* [Theory and practice of archaeological research], 2023, no. 2, pp. 166–176. (in Russ.)
- Levina E. V., Fedorchenko A. Yu.** Osnovnye etapy eksperimental'no-trasologicheskikh issledovaniy v paleolitovedenii Altaya [The main stages of experimental-traceological studies in Paleolithic studies of Altai]. In: *Arkheologicheskie kul'tury Sibiri v kontekste kross-kul'turnykh kontaktov v Evrazii: k 300-letiyu pervykh nauchnykh arkheologicheskikh raskopok v Sibiri (1722 g.)* [Archaeological cultures of Siberia in the context of cross-cultural contacts in Eurasia: on the 300th anniversary of the first scientific archaeological excavations in Siberia (1722 g.)]. Novosibirsk, IAET SB RAS Publ., 2022, pp. 85–102. (in Russ.)
- Levina E. V., Fedorchenko A. Yu.** Sravnenie osobennosti formoobrazovaniya makro- i miksledov na poverkhnosti orudii iz raznogo mineral'nogo syr'ya [Comparison of the features of the formation of macro- and microtraces on the surface of tools from different mineral raw materials]. In: *Novye materialy i metody arkheologicheskogo issledovaniya: istoriya vs istochnikovedenie* [New materials and methods of archaeological research: history vs source study]. Proceedings of the VII Conference of young scientists. Moscow, IA RAS Publ., 2023, pp. 26–28. (in Russ.)
- Mikhienko V. A., Plotnikova P. Yu., Levina E. V., Fedorchenko A. Yu., Belousova N. E.** Upper Paleolithic End Scrapers from Denisova Cave: Typological and Experimental Traceological Study. In: *Problems of archeology, ethnography and anthropology of Siberia and adjacent territories*. Novosibirsk, IAE SB RAS, 2024, vol. 30, pp. 185–192. (in Russ.)
- Ollé A., Pedergrana A., Fernandez-Marchena J. L., Martin S., Borel A., Aranda V.** Microwear features on vein quartz, rock crystal and quartzite: A study combining Optical Light and Scanning Electron Microscopy. *Quaternary International*, 2016, vol. 424, pp. 154–170.
- Pedergrana A.** Use-wear Analysis on Quartzite Flaked Tools: The Experimental Development of a Method. Cambridge, Cambridge Scholars Publ., 2019, 172 p.
- Semenov S. A.** Izuchenie sledov raboty na kamennykh orudiyakh [Examination of use-wear on stone tools]. *Kratkie soobshcheniya Instituta istorii material'noi kul'tury* [Short communications the Institute of the History of Material Culture], 1940, no. 4, pp. 21–26. (in Russ.)
- Semenov S. A.** Pervobytnaya tekhnika [Primitive Technology]. Moscow, Leningrad, Nauka, 1957, 240 p. (in Russ.)
- Semenov S. A.** Razvitie tekhniki v kamennom veke [Development of technology in the Stone Age]. Leningrad, Nauka, 1968, 362 p. (in Russ.)
- Shchelinsky V. E.** Tseli i metody izucheniya kamennykh izdelii v arkheologicheskikh kompleksakh [Objectives and methods of studying stone products in archaeological complexes]. In: *Drevnii chelovek i kamen': tekhnologiya, forma, funktsiya* [Ancient man and stone: technology, form, function]. St. Petersburg, Petersburg Oriental Studies Publ., 2017, pp. 7–28. (in Russ.)
- Shchelinsky V. E.** K izucheniyu tekhniki, tekhnologii izgotovleniya i funktsii orudii must'erskoi epokhi [On the study of the technique, manufacturing technology and functions of tools of the Mousterian era]. In: *Tekhnologiya proizvodstva v epokhu paleolita* [Technology of production in the Paleolithic era]. Leningrad, Nauka, 1983, pp. 72–133. (in Russ.)

- Sussman C.** A microscopic analysis of use-wear and polish formation on experimental quartz tools. Oxford, BAR Publ., 1988, 205 p.
- Vaughan P. C.** Use-wear Analysis of Flaked Stone Tools. Tucson: The Uni. of Arizona Press, 1985, 204 p.
- Venditti F.** Use-wear analysis on quartz and quartzite tools. Methodology and Application: Cou-doulous I (Midi-Pyrénées, France). In: International Conference on Use-Wear Analysis: Use-Wear 2012. Cambridge, Cambridge Scholars Publ., 2012, pp. 124–137.
- Vishnevsky A. V., Belousova N. E., Fedorchenko A. Yu., Mikhienko V. A., Kozlikin M. B., Shunkov M. V.** Rocks and Their Sources in the Upper Paleolithic of the Altai: Relevance to Bifacial Technologies. *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, 2024, no. 4 (52), pp. 59–74. (in Russ.)
- Volkov P. V.** Trasologicheskie issledovaniya v arkhologii Severnoy Azii [Traceological Studies in the Archaeology of North Asia]. Novosibirsk, IAE SB RAS Publ., 1999, 192 p. (in Russ.)
- Walton D. P.** An Experimental Program for Obsidian Use-Wear Analysis in Central Mexican Archaeology. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 2018, vol. 26, pp. 895–942.
- Zagorodnyaya O. N., Stepanova K. N.** Vozможности mikrotrasologicheskogo analiza orudii iz zernistykh i kristallicheskiykh porod [Possibilities of micro-traceological analysis of tools from granular and crystalline rocks]. *Russian archeology*, 2012, no. 2, pp. 67–71. (in Russ.)
- Zupancich A., Cristiani E.** Functional analysis of sandstone ground stone tools: arguments for a qualitative and quantitative synergetic approach. *Scientific Reports*, 2020, vol. 10, p. 15740.

Информация об авторах

Александр Юрьевич Федорченко

Scopus Author ID 57189367702

WoS Researcher ID D-5485-2016

Екатерина Владимировна Левина

Наталья Евгеньевна Белоусова, кандидат исторических наук

Scopus Author ID 57191634232

WoS Researcher ID R-2153-2016

Information about the Authors

Alexander Yu. Fedorchenko

Scopus Author ID 57189367702

WoS Researcher ID D-5485-2016

Ekaterina V. Levina

Natalia E. Belousova, Candidate of Sciences (History)

Scopus Author ID 57191634232

WoS Researcher ID R-2153-2016

*Статья поступила в редакцию 12.05.2024;
одобрена после рецензирования 07.06.2024; принята к публикации 07.06.2024
The article was submitted on 12.05.2024;
approved after reviewing on 07.06.2024; accepted for publication on 07.06.2024*