

Г. Д. Павленок, В. М. Хареви́ч, Е. Н. Бочарова, Д. В. Кожевникова✉

Институт археологии и этнографии СО РАН
Новосибирск, Россия
E-mail: kozhevnikovadarya@yandex.ru

Ручные и цифровые измерения каменных артефактов: расхождения, закономерности и верификация номинативных признаков

Статья посвящена сравнению ручного и цифрового методов измерения удлиненных каменных сколов, а также оценке возможностей метрического анализа кривизны профиля для дифференциации техник расщепления (удар/отжим). Исследование выполнено на 114 целых пластинках и микропластинах, полученных при моделировании двуплощадочного торцового расщепления техникой отжима и прямым ударом мягким (роговым) отбойником. Ручные измерения проводились штангенциркулем, цифровые – на основе 3D-моделей (сканер Solutionix D700, ПО Geomagic). Статистический анализ (тесты Вилкоксона, Манна-Уитни) выявил значимые различия между ручными и цифровыми измерениями длины, ширины и толщины, однако большинство расхождений не превышает 1 мм, что приемлемо для обработки массового археологического материала. Показано, что субъективные номинативные оценки латерального профиля (прямой, закрученный, изогнутый) уверенно верифицируются количественными показателями кривизны, полученными с 3D-моделей. Метрический анализ кривизны сколов позволяет дифференцировать технику расщепления только для изделий с прямым профилем: различия между ударными и отжимными сколами в этой группе статистически значимы и сохраняются при переходе к категории пластинок. Для закрученных и изогнутых форм, а также для микропластин диагностическая ценность метода ограничена. Сделан вывод, что использование 3D-моделей, несмотря на трудоемкость, повышает воспроизводимость и объективность метрических данных.

Ключевые слова: экспериментальное моделирование, 3D-моделирование, латеральный профиль, кривизна скола, техника отжима, техника удара, пластинки, микропластины, статистический анализ (тест Вилкоксона, тест Манна-Уитни).

G. D. Pavlenok, V. M. Kharevich, E. N. Bocharova, D. V. Kozhevnikova✉

Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS
Novosibirsk, Russia
E-mail: kozhevnikovadarya@yandex.ru

Manual and Digital Measurements of Stone Artifacts: Discrepancies, Patterns, and Verification of Nominal Attributes

This article compares manual and digital methods for measuring blades and microblades, and evaluates the capacity of quantitative profile curvature analysis for distinguishing between percussion and pressure reduction techniques. The study involved 114 intact blades and microblades produced experimentally through opposed platform reduction of narrow-faced cores using pressure flaking technique and direct percussion with a soft antler hammer. Manual measurements were done with a digital caliper, while digital measurements were based on 3D models generated using a Solutionix D700 scanner and processed in Geomagic software. Statistical analyses (Wilcoxon and Mann-Whitney tests) revealed significant differences between manual and digital measurements of length, width, and thickness, although most discrepancies were less than 1 mm, which is acceptable for processing large archaeological assemblages. Subjective categorical assessments of lateral profile shape (straight, twisted, or curved) were found to correspond closely with quantitative curvature data obtained from 3D models. Quantitative curvature analysis makes it possible to distinguish reduction strategies only among the specimens with straight profile. Statistically significant differences between the flakes produced by percussion or pressure in this group remained evident even when the analysis was restricted to blades. The diagnostic value of the method was limited for twisted and curved varieties, and for microblades. Despite high time costs of 3D modeling, its application improves reproducibility, precision, and objectivity of morphometric data.

Keywords: experimental knapping, 3D modeling, lateral profile, flake curvature, pressure flaking, percussion technique, blades, microblades, statistical analysis (Wilcoxon test, Mann-Whitney test).

Введение

Современный этап развития археологической науки позволяет синтезировать исследовательские методы самых различных направленностей. Предлагаемая работа обобщает данные, полученные в результате экспериментального моделирования расщепления камня [Bordes, Crabtree, 1969; Dibble, Whittaker, 1981; Inizan et al., 1999; Speth, 1972], атрибутивного описания каменных изделий [Clay, 1976; Scerri et al., 2015; Tostevin, 2003] и использования методов трехмерного моделирования [Колобова и др., 2020; Чистяков, Бочарова, Колобова, 2021; Шалагина и др., 2020; Bretzke, Conard, 2012; Grosman, Smikt, Smilansky, 2008].

Основа работы с коллекциями каменных артефактов – это описание этих артефактов и поиск сравнений исходя из типологических и метрических данных. Вопрос терминологии при подобной работе исключительно важен, поскольку при поиске аналогий специалист зачастую опирается только на текстовые описания и табличные данные, не всегда имея возможность оценить рисунки или фотографии артефактов, или провести непосредственный осмотр интересующей коллекции. При работе с опубликованными описаниями коллекций наибольшие затруднения вызывают номинативные признаки, где личное восприятие и субъективизм исследователя могут проявляться наиболее сильно. Например, один из часто используемых признаков при описании каменных сколов – латеральный профиль скола. Чаще всего используются значения признака – прямой, закрученный, изогнутый; при этом точных критериев фактически нет. Представляется, что при описании артефактов наиболее четкие, воспроизводимые и перепроверяемые параметры, которые не вызывают сомнений при анализе опубликованных данных – это метрические данные. Настоящая работа посвящена сравнению метрических данных, полученных разными способами при описании одних и тех же каменных артефактов, а также оценке возможностей метрического анализа кривизны профиля для дифференциации техник расщепления (удар/отжим).

Подобная задача может быть реализована при выполнении нескольких условий. Изучаемая коллекция должна быть однородна – например, в нашем случае – это экспериментальная коллекция, выполненная на однородном сырье одним и тем же мастером с единым набором технических приемов. Измерения должны быть проведены на одной и той же выборке двумя (или более) независимыми исследователями. В нашем случае один исследователь использовал ручную, второй – цифровую фиксацию измерений.

Материалы и методы

Экспериментальная коллекция каменных артефактов создана одним из соавторов исследования в ходе моделирования отжимного и ударного расщепления

каменя. Целью моделирования было получение мелких пластинчатых заготовок, сопоставимых по морфологии с археологическими материалами развитого верхнего палеолита стоянки Ушбулак (Восточный Казахстан) [Павленок и др., 2024]. Исходным археологическим образцом послужили стандартизированные торцовые двуплощадочные отжимные нуклеусы из слоев 4 и 5.1 Ушбулака. Экспериментальная серия включает 17 нуклеусов и 383 целых или крупных фрагмента пластинчатых сколов (проксимально-медиальные или медиально-дистальные фрагменты, сохранившие не менее 2/3 частей длины исходного скола) – мелкие пластины, пластинки и микропластины. Для настоящего исследования из общего количества сколов были отобраны только целые экземпляры пластинок и микропластин – 114 артефактов. Границей между микропластиной и пластинкой условно принято значение ширины 6 мм [Inizan et al., 1999].

Полученная коллекция была обработана двумя операторами. Оператор 1 выполнил атрибутивное описание всех 383 сколов, включая три основных метрических параметра – длина скола, ширина в средней части, толщина в средней части. Измерения проводились электронным штангенциркулем (Vogel DIGI PLUS-11NE с погрешностью 0,01 мм). Длина измерялась вдоль оси скалывания между проксимальной и дистальной точками максимального удаления. Ширина и толщина фиксировались в средней части скола (на равном расстоянии от проксимального и дистального концов). Для каждого артефакта выполнялось однократное измерение. Результаты вносились в базу данных (далее – БД) MS Excel.

Независимо от описанных выше измерений, часть изученной коллекции – 114 целых пластинок и микропластин – была обработана Оператором 2 цифровым методом. Сканирование артефактов выполнялось на 3D-сканере структурированного подсвета Solutionix D700 (погрешность $\pm 0,010$ мм). Обработка полученных 3D-моделей и их измерения проводились в специализированном программном обеспечении Geomagic Design X и Geomagic Wrap [Зоткина, Ковалев, Шалагина, 2018; Чистяков и др., 2019; Колобова и др., 2020].

Длина определялась как максимальное расстояние между двумя точками на поверхности модели (3D-евклидово расстояние) без проецирования на плоскость. Ширина в средней части – модель сечением (плоскостью, перпендикулярной продольной оси) на 50 % длины от проксимального конца; ширина измерялась как наибольшее расстояние между левым и правым краями в этом сечении. Толщина в средней части – наибольшее расстояние между дорсальной и вентральной поверхностями в том же сечении, перпендикулярно к линии ширины. Кривизна латерального профиля вычислялась по методике К. Бретцке и Н. Дж. Конарда [Bretzke, Conard, 2012, P. 3744] как отношение хорды прогиба в средней части скола

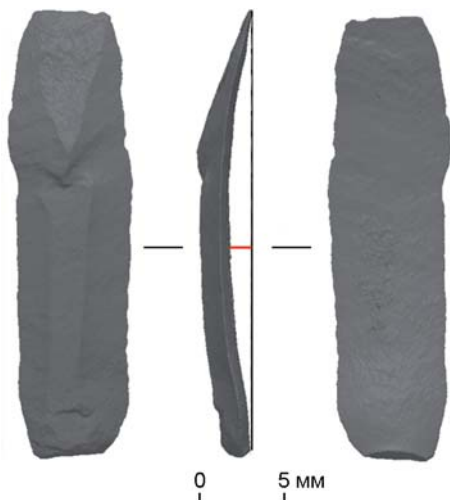


Рис. 1. Схема вычисления кривизны профиля скола (отмечено красным) по его 3D-модели.

к его длине (рис. 1). Данные внесены в общую БД для последующего сравнения с ручными измерениями.

Сравнения производились между данными, полученными Оператором 1 (ручные) и Оператором 2 (цифровые). Значения измерений даны в мм, и имеют округление до сотых долей. В основе сравнений лежат зависимые данные, с не нормальным распределением (критерий Шапиро–Уилка, $p < 0,05$), что предопределяет использование теста Вилкоксона.

Длина сколов. Была вычислена разница между значениями длины, полученными двумя способами (/ручной/ – /цифровой/), и выявлено, что для 92 % сколов разница не превышает 1 мм. Для большей части этой выборки (82 пары измерений) цифровые показатели дали большие значения, чем полученные при ручном измерении. Применение теста Вилкоксона ($W = 4988$, $p < 0,0001$) позволяет говорить о статистически значимой разнице измерений. То есть значения, полученные ручным измерением, в целом меньше, чем значения, полученные цифровым измерением.

Ширина сколов. Разница между значениями ширины, полученными двумя способами (/ручной/ – /цифровой/) для 83 % сколов не превышает 1 мм. Для большей части этой выборки (107 пар измерений) цифровые показатели дали меньшие значения, чем полученные при ручном измерении. Применение теста Вилкоксона ($W = 6512,5$, $p < 0,0001$) позволяет говорить о статистически значимой разнице измерений. То есть значения, полученные ручным измерением, в целом больше, чем значения, полученные цифровым измерением.

Толщина сколов. Разница между значениями толщины, полученными двумя способами (/ручной/ – /цифровой/) превышает 1 мм в единственном случае из 114. Для большей части этой выборки (107 пар измерений) цифровые показатели дали меньшие значения, чем полученные при ручном измерении. Применение теста Вилкоксона ($W = 5691,5$, $p < 0,0001$) позволяет говорить о статистически значимой разнице

измерений. То есть значения, полученные ручным измерением, в целом больше, чем значения, полученные цифровым измерением.

При формировании БД отдельным признаком определялся *латеральный профиль сколов*. Для Оператора 1 это был номинативный признак со значениями – прямой, изогнутый и закрученный, а Оператор 2 измерял и вычислял степень изогнутости скола (рис. 1). Измерения производились с целью ответить на вопрос – возможно ли цифровыми измерениями 3D-моделей верифицировать номинативные признаки. Построение бокс-плота вычисленных данных кривизны, распределенных по типам латерального профиля, позволило предположить, что цифровые данные подтверждают субъективные номинативные. Вычисление критерия Манна–Уитни попарно для каждого типа профиля подтвердило это предположение (рис. 2, 1). Все три блока цифровых данных имеют статистическую разницу. То есть субъективные определения кривизны скола можно просчитать с помощью измерений 3D-моделей сколов.

Полученные результаты стали отправным моментом в решении следующей задачи – возможно ли соотнести полученные данные по вычисленной кривизне скола с техникой скола. Нарботки в области дифференциации разных техник скола [Bordes, Crabtree, 1969; Dibble, Whittaker, 1981; Inizan et al., 1999; Speth, 1972], в т.ч. и теоретические обобщения [Павленок Г. Д., Павленок К. К., 2014], свидетельствуют о том, что сколы имеют разный латеральный профиль при разном приложении силового импульса. Для отжима более характерны прямые профили снимаемых сколов, для удара – более искривленные [Там же]. Безусловно, необходимо учитывать, что большинство экспериментов, на основе которых были выполнены дальнейшие обобщения, использовали в качестве модели расщепления одноплощадочную однофронтальную. В то время как для данного исследования моделью расщепления служили торцовые двуплощадочные однофронтальные нуклеусы.

Анализируемая БД была разделена на группу сколов, полученных мягким (роговым) отбойником и группу, полученных отжимом (это информация из протоколов экспериментального моделирования). Далее проводились сравнения метрических данных кривизны профиля в зависимости от их номинативных значений – прямой, закрученный, изогнутый. В результате было выявлено, что статистически значимая разница фиксируется для сколов с прямым профилем, тогда как для закрученных и изогнутых сколов такой разницы нет (рис. 2, 2).

При дополнительном разделении ударных и отжимных сколов по типу – пластинки (82 экз.) и микропластины (24 экз.), было получено четыре группы: пластинки-удар, пластинки-отжим, микропластины-удар, микропластины-отжим. Анализ количественного распределения показал, что пластинки, полученные ударом в 50 % случаев, имеют закрученный профиль,

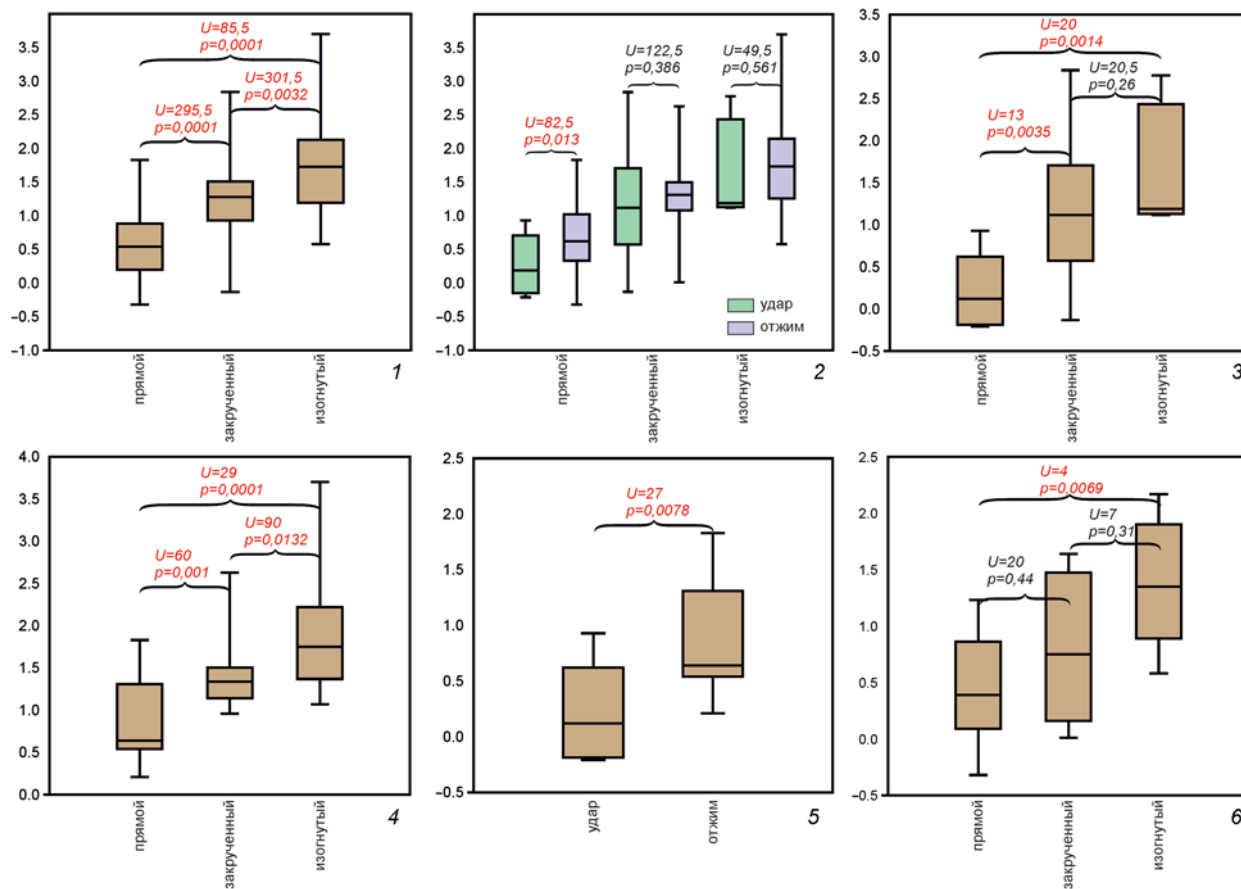


Рис. 2. Диаграмма размаха значений кривизны сколов в зависимости от типа профиля со значениями вычисленного попарно критерия Манна–Уитни.

1 – для всех сколов; 2 – для ударных и отжимных сколов; 3 – для пластинок, полученных ударом; 4 – для пластинок, полученных отжимом; 5 – для ударных и отжимных прямопрофильных пластинок; 6 – для микропластин, полученных отжимом.

в 30 % – прямой и в 20 % – изогнутый. Для пластинок, полученных отжимом, все три варианта профиля имеют одинаковые доли – по 1/3 части. Микропластины, полученные ударом имеют только прямой профиль, и их достаточно мало (3 экз.). Микропластины, полученные отжимом имеют прямой профиль в 50 % случаев и по 25 % – закрученный и изогнутый профили.

Проведение анализа метрических данных кривизны профиля в зависимости от их номинативных значений – прямой, закрученный, изогнутый, дало достаточно перспективные результаты. Сравнение внутри группы пластинок, полученных ударом, показало, что статистически значимая разница (тест Манна–Уитни) наблюдается между прямым и непрямыми вариантами профиля (рис. 2, 3), для отжимных пластинок статистически значимая разница наблюдается для всех типов профиля (рис. 2, 4). Сравнение ударных пластинок с прямым профилем и отжимных пластинок с прямым профилем также показало статистически значимую разницу (рис. 2, 5). Сравнение внутри группы отжимных микропластин показало, что статистически значимая разница наблюдается только между прямым и изогнутым профилями (рис. 2, 6). Сравнения внутри группы микропластин по параметрам техники ско-

ла провести не удалось, т.к. ударных микропластин всего 3 экз., и они имеют только прямой профиль.

Обсуждение

Анализ основных метрических данных – длины, ширины и толщины экспериментальных сколов свидетельствует о статистически значимой разнице между ручными и цифровыми измерениями (тест Вилкоксона). Ручные измерения дают в целом большие значения длины сколов, но меньшие значения ширины и толщины по сравнению с цифровыми. Возможно, что объяснение такой закономерности кроется в ограничениях измерительного инструментария – погрешности цифрового штангенциркуля. Еще одним объяснением могут быть особенности работы с 3D-моделями: при построении полигональной сетки острые углы и грани сглаживаются, и, возможно, на таких малых предметах, как микропластины, этот эффект сглаживания приводит к небольшому, но статистически значимому расхождению измерений. При этом необходимо учитывать, что исходные значения, участвовавшие в анализе, очень малы, и большинство различий в измерениях всех трех основных

параметров сколов укладывается в значение 1 мм, что в целом выглядит корректным при ручном измерении и работе с массовым археологическим материалом.

Весьма перспективными выглядят результаты соотношения номинативных описательных (латеральный профиль сколов) и метрических цифровых данных (вычисленная кривизна скола), где удалось увидеть наглядное подтверждение описательных атрибутов, выраженных в цифровом формате. Применение полученных результатов к дифференциации разных техник скола показало, что метрические данные кривизны профиля являются диагностическим признаком только для прямых сколов (рис. 2, 2), при рассмотрении всей БД без разделения по типам сколов.

Анализ пластинок, полученных разными техниками, не выявил различий в количественном соотношении типов профиля, а также не подтвердил различий, отмечаемых в теоретических работах [Павленок Г. Д., Павленок К. К., 2014].

Показательно, что статистически значимые различия между всеми типами профиля были выявлены только для отжимных пластинок (рис. 2, 4), тогда как для отжимных микропластин такая разница наблюдается только между прямыми и изогнутыми профилями (рис. 2, 6). Остается неясным, связано ли это с объемом выборки, размером изделий, техникой скола или иными факторами – ответы на эти вопросы требуют дальнейших исследований.

Наиболее показательными оказались различия, связанные с прямым профилем, при сопоставлении разных техник (удар/отжим) и размерностей сколов (пластинки/микропластины). Прямопрофильные пластинки (удар и отжим) и микропластины (отжим) значительно отличаются от изогнутых во всех трех проанализированных случаях (рис. 2, 3, 4, 6). Наименее выразительной оказалась категория закрученных профилей – они не отличаются от изогнутых для категории ударных пластинок (рис. 2, 3), а также не имеют отличий от прямых и изогнутых форм для категории отжимных микропластин (рис. 2, 6). Возможно, это связано с ограничениями выбранной точки измерений (средней части скола). Если для прямых и изогнутых удлиненных сколов наиболее информативна средняя часть, то для закрученных более показательными могли бы быть измерения в проксимальной или дистальной частях.

Таким образом, единственное зафиксированное статистически значимое отличие между разноразмерными сколами, полученными разными техниками – это сколы с прямым профилем (рис. 2, 2). При детализации этой группы до прямопрофильных пластинок (ударных и отжимных) также была сохранена статистически значимая разница (рис. 2, 5).

Заключение

Исследование экспериментальной коллекции сколов позволило выявить статистически значимую раз-

ницу (тест Вилкоксона) между ручными и цифровыми измерениями основных параметров сколов (длина, ширина, толщина). Однако большинство расхождений не превышает 1 мм, что допустимо для археологического материала. Возможные причины различий могут быть связаны с погрешностью инструментов, ошибками переноса данных и эффектом сглаживания острых граней при построении 3D-моделей. При работе с наиболее мелкими сколами (микропластинами) цифровые измерения требуют особой осторожности.

Субъективные номинативные оценки латерального профиля (прямой/изогнутый/закрученный) уверенно верифицируются количественными данными кривизны, полученными при анализе 3D-моделей. Этот факт позволяет проводить исследовательские процедуры, направленные на дифференциацию сколов, полученных разными техниками скола. Метрический анализ кривизны профиля позволяет уверенно дифференцировать технику скола (удар мягким отбойником / отжим) только для сколов с прямым профилем. В группе прямых сколов различия между ударными и отжимными экземплярами статистически значимы и сохраняются при переходе к более узкой категории пластинок. Проведенный анализ является перспективным, но ограниченно применимым инструментом для дифференциации техник расщепления. Для исследованной выборки его максимальная эффективность отмечается для прямопрофильных пластинок, тогда как для закрученных и изогнутых пластинок, а также для микропластин необходимы дополнительные методические разработки.

Использование 3D-моделей безусловно трудоемко и может иметь определенные ограничения, тем не менее оно является эффективным инструментом контроля субъективизма и повышения воспроизводимости метрических данных при описании каменных артефактов.

Финансирование

Статья подготовлена в рамках проекта НИР ИАЭТ СО РАН № FWZG-2025-0009 «Центральная Азия в каменном веке: культура, хронология, палеоэкология». 3D-сканирование и цифровая обработка артефактов проводились на базе Центра коллективного пользования «Геохронология кайнозоя» ИАЭТ СО РАН (г. Новосибирск).

Список литературы

Зоткина Л. В., Ковалев В. С., Шалагина А. В. Возможности и перспективы применения трехмерной визуализации как инструмента анализа в археологии // Научная визуализация. – 2018. – Т. 10, № 4. – С. 172–190. – doi:10.26583/sv.10.5.11

Колобова К. А., Шалагина А. В., Чистяков П. В., Бочарова Е. Н., Кривошапкин А. И. Возможности применения трехмерного моделирования для исследований комплексов каменного века // Сибирские исторические исследования. – 2020. – № 4. – С. 240–260. – doi:10.17223/2312461X/30/12

Павленок Г. Д., Бочарова Е. Н., Гиря Е. Ю., Таймагамбетов Ж. К., Анойкин А. А. Развитый верхний па-

леолит в Восточном Казахстане (по материалам стоянки Ушбулак) // *Stratum plus*. – 2024. – № 1. – С. 257–275. – doi:10.55086/sp241257275

Павленок Г. Д., Павленок К. К. Техника отжима в каменном веке: обзор англо- и русскоязычной литературы // *Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Сер.: История, филология*. – 2014. – Т. 13. – Вып. 5: Археология и этнография. – С. 26–36.

Чистяков П. В., Бочарова Е. Н., Колобова К. А. Обработка трехмерных моделей археологических артефактов // *Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Сер.: История, филология*. – 2021. – Т. 20, № 7: Археология и этнография. – С. 48–61. – doi:10.25205/1818-7919-2021-20-7-48-61

Чистяков П. В., Ковалев В. С., Колобова К. А., Шалагина А. В., Кривошапкин А. И. 3D моделирование археологических артефактов при помощи сканеров структурированного подсвета // *Теория и практика археологических исследований*. – 2019. – Т. 27, № 3. – С. 102–112. – doi:10.14258/tpai(2019)3(27).-07

Шалагина А. В., Колобова К. А., Чистяков П. В., Кривошапкин А. И. Применение трехмерного геометрико-морфометрического анализа для изучения артефактов каменного века // *Stratum plus*. Археология и культурная антропология. – 2020. – № 1. – С. 343–358.

Bordes F., Crabtree D. The Corbiac Blade Technique and other Experiments // *Tebiwā*. – 1969. – Vol. 12. – P. 1–21.

Bretzke K., Conard N. J. Evaluating Morphological Variability in Lithic Assemblages Using 3D Models of Stone Artifacts // *J. of Archaeol. Sci.* – 2012. – N 39. – P. 3741–3749. – doi:10.1016/j.jas.2012.06.039

Clay R. B. Typological Classification, Attribute Analysis, and Lithic Variability // *J. of Field Archaeology*. – 1976. – Vol. 3. – P. 303–311. – doi:10.1179/009346976791490655

Dibble H. L., Whittaker J. C. New experimental evidence on the relation between percussion flaking and flake variation // *J. of Archaeol. Sci.* – 1981. – Vol. 8. – P. 283–296.

Grosman L., Smikt O., Smilansky U. On the Application of 3-D Scanning Technology for the Documentation and Typology of Lithic Artifacts // *J. of Archaeol. Sci.* – 2008. – Vol. 35. – P. 3101–3110. – doi:10.1016/j.jas.2008.06.011

Inizan M.-L., Reduron-Ballinger M., Roche H., Tixier J. Technology and Terminology of Knapped Stone. – C.R.E.P., Nanterre, 1999. – Т. 5. – 193 p.

Scerri E. M. L., Gravina B., Blinkhorn J., Delagnes A. Can lithic attribute analyses identify discrete reduction trajectories from refitted cores? // *J. of Archaeol. Method and Theory*. – 2015. – Vol. 23. – P. 669–691. – doi:10.1007/s10816-015-9255-x

Speth J. D. Mechanical Bias of Percussion Flaking // *Am. Antiquity*. – 1972. – Vol. 37. – P. 34–60.

Tostevin G. B. Attribute Analysis of Lithic Technologies of SS-III // *Stránská Skála. Origins of the Upper Paleolithic in the Brno Basin, Moravia, Czech Republic*. – Cambridge: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology Harvard Univ., 2003. – P. 77–118.

References

Bordes F., Crabtree D. The Corbiac Blade Technique and other Experiments. *Tebiwā*, 1969. Vol. 12. P. 1–21.

Bretzke K., Conard N. J. Evaluating Morphological Variability in Lithic Assemblages Using 3D Models of Stone Artifacts. *J. of Archaeol. Sci.*, 2012. No. 39. P. 3741–3749. doi:10.1016/j.jas.2012.06.039

Chistyakov P. V., Bocharova E. N., Kolobova K. A. Processing Three-Dimensional Models of Archaeological

Artifacts. *Vestnik NSU. Ser.: History and Philology*, 2021. Vol. 20, No. 7: Archaeology and Ethnography. P. 48–61. (In Russ.). doi:10.25205/1818-7919-2021-20-7-48-61

Chistyakov P. V., Kovalev V. S., Kolobova K. A., Shalagina A. V., Krivoschapkin A. I. 3D Modeling of Archaeological Artifacts by Structured Light Scanner. *Theory and Practice of Archaeological Research*, 2019. Vol. 27, No. 3. P. 102–112. (In Russ.). doi:10.14258/tpai(2019)3(27).-07

Clay R. B. Typological Classification, Attribute Analysis, and Lithic Variability. *J. of Field Archaeol.*, 1976. Vol. 3. P. 303–311. doi:10.1179/009346976791490655

Dibble H. L., Whittaker J. C. New experimental evidence on the relation between percussion flaking and flake variation. *J. of Archaeol. Sci.*, 1981. Vol. 8. P. 283–296.

Grosman L., Smikt O., Smilansky U. On the Application of 3-D Scanning Technology for the Documentation and Typology of Lithic Artifacts. *J. of Archaeol. Sci.*, 2008. Vol. 35. P. 3101–3110. doi:10.1016/j.jas.2008.06.011

Inizan M.-L., Reduron-Ballinger M., Roche H., Tixier J. Technology and Terminology of Knapped Stone. C.R.E.P., Nanterre, 1999. Т. 5. 193 p.

Kolobova K. A., Shalagina A. V., Chistyakov P. V., Bocharova E. N., Krivoschapkin A. I. Three-dimensional Modelling Application for Studying Stone Age Assemblages. *Sibirskie istoricheskie issledovaniia*, 2020. No. 4. P. 240–260. (In Russ.). doi:10.17223/2312461X/30/12

Pavlenok G. D., Bocharova E. N., Giryā E. Y., Taymagambetov Zh. K., Anoikin A. A. Upper Paleolithic in Eastern Kazakhstan (Based on the Materials of the Ushbulak Site). *Stratum plus*, 2024. No. 1. P. 257–275. (In Russ.). doi:10.55086/sp241257275

Pavlenok G. D., Pavlenok K. K. Pressure technique in the stone age: review of English and Russian published sources. *Vestnik NSU. Ser.: History and Philology*, 2014. Vol. 13, No. 5. P. 26–36. (In Russ.).

Scerri E. M. L., Gravina B., Blinkhorn J., Delagnes A. Can lithic attribute analyses identify discrete reduction trajectories from refitted cores? *J. of Archaeol. Method and Theory*, 2015. Vol. 23. P. 669–691. doi:10.1007/s10816-015-9255-x

Shalagina A. V., Kolobova K. A., Chistyakov P. V., Krivoschapkin A. I. Application of 3D Geometric Morphometric Analysis to the Study of Stone Age Lithic Artifacts. *Stratum plus. Archaeology and Cultural Anthropology*, 2020. No. 1. P. 343–358. (In Russ.).

Speth J. D. Mechanical Bias of Percussion Flaking. *American Antiquity*, 1972. Vol. 37. P. 34–60.

Tostevin G. B. Attribute Analysis of Lithic Technologies of SS-III. In *Stránská Skála. Origins of the Upper Paleolithic in the Brno Basin, Moravia, Czech Republic*. Cambridge: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology Harvard Univ., 2003. P. 77–118.

Zotkina L. V., Kovalev V. S., Shalagina A. V. Possibilities and perspectives of application of tridimensional visualization as a tool of analysis in archaeology. *Scientific Visualization*, 2018. Vol. 10, No. 5, P. 172–190. (In Russ.). doi:10.26583/sv.10.5.11

Павленок Г. Д. <https://orcid.org/0000-0003-3727-776X>

Харевич В. М. <https://orcid.org/0000-0003-2632-6888>

Бочарова Е. Н. <https://orcid.org/0000-0002-7961-0818>

Кожевникова Д. В. <https://orcid.org/0000-0002-4655-7977>

Дата сдачи рукописи: 28.05.2026 г.