

Р. В. Давыдов¹✉, Е. Н. Дубовцева²✉

¹Институт археологии и этнографии СО РАН
Новосибирск, Россия

²Институт истории и археологии УрО РАН
Екатеринбург, Россия
E-mail: puer-viro@mail.ru; ket1980@yandex.ru

Наконечник со следами дегтя из энеолитического поселения Каквинские печи I (Северное Зауралье)

В статье представлены результаты комплексного изучения наконечника стрелы со следами черного клеящего вещества, обнаруженного при исследовании жилища на поселении Каквинские печи I (Северное Зауралье). Памятник Каквинские печи I относится к периоду энеолита, расположен на каменистом мысу р. Каква в Муниципальном округе Карпинск Свердловской обл. В результате полевых работ, проведенных в 2025 г. под руководством Е. Н. Дубовцевой, было исследовано жилище I, представляющее собой полужемлянку с очагом в центре. Около очага, в месте, интерпретированном как зона для изготовления и ремонта каменных орудий, был найден кремневый наконечник стрелы. Он имеет глубокую выемку у основания и шипы, линзовидную форму, кончик обломан. Вся передняя треть предмета вплоть до места слома покрыта черным веществом неизвестного происхождения. Данный материал был исследован методами рамановской спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионной рентгеновской спектроскопией. Установлено, что черное вещество является дегтем, вероятно, березовым. Деготь является распространенным и древним (применяемым со времени среднего палеолита) клеем, свидетельства использования которого зафиксированы в Северо-Восточной Европе в неолите – эпохе бронзы. Вопрос о причине, по которой деготь попал на наконечник, остается открытым. Расположение клея только в передней части наконечника делает маловероятным его нанесение с целью фиксации насада.

Ключевые слова: Северное Зауралье, энеолит, поселение Каквинские печи I, наконечник, деготь, рамановская спектроскопия, SEM-EDX.

R. V. Davydov¹✉, E. N. Dubovtseva²✉

¹Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS
Novosibirsk, Russia

²Institute of History and Archaeology UrB RAS
Yekaterinburg, Russia
E-mail: puer-viro@mail.ru; ket1980@yandex.ru

An Arrowhead with Birch-Bark Tar from the Eneolithic Settlement Kakvinskie Pechi I (North Trans-Urals)

The article presents the data of a comprehensive study of an arrowhead bearing traces of a black adhesive substance; the arrowhead was found during the excavation of a dwelling at the Eneolithic settlement of Kakvinskie Pechi I (North Trans-Urals). The settlement is located on a rocky promontory overlooking the Kakva River in the Karpinsk Municipal District of Sverdlovsk Oblast. During fieldwork conducted in 2025 under the direction of E.N. Dubovtseva, dwelling I was excavated. The structure was a semi-subterranean house with a hearth in the center. A flint arrowhead was found near the hearth in an area interpreted as a zone for the manufacture and maintenance of stone tools. The artifact has a deep basal notch and barbs, a lenticular cross-section, and a broken tip. The entire distal third of the arrowhead extending to the break, is covered with a black substance of unknown origin. This material was analyzed using Raman spectroscopy and scanning electron microscopy with energy-dispersive X-ray spectroscopy. The analyses have shown that the black substance is tar, most likely birch-bark tar. Birch-bark tar is

a widespread adhesive with a long history of use dating back to the Middle Paleolithic. Evidence of its application has been documented in Northeast Europe from the Neolithic through the Bronze Age. The reason why birch-bark tar was present on the arrowhead remains unclear. Its occurrence exclusively on the distal portion of the artifact makes it unlikely that the substance was applied to secure the arrowhead to its shaft.

Keywords: North Trans-Urals, Eneolithic, Kakvinskii Pechi I settlement, arrowhead, birch-bark tar, Raman spectroscopy, SEM-EDX.

Введение

Артефакты со следами клеящих веществ являются единичными уникальными находками в археологических материалах с территории Восточной Европы и Зауралья [Chen et al., 2021; Карманов, Бушнев, Валяева, 2024]. Они выступают свидетельством не только уровня технологического развития населения, но и стратегий использования природных ресурсов как источников материалов. Изучение клеящих веществ природного происхождения, ввиду сложности их химического состава и молекулярной структуры, требует привлечения комплекса естественнонаучных методов [Schmidt, Koch, 2024].

Один из редких артефактов со следами клеящего вещества был обнаружен в жилище 1 энеолитического поселения Каквинские печи I (Северное Зауралье). Он представляет собой обломанный наконечник стрелы со следами черного материала. Настоящая работа посвящена комплексному исследованию данного предмета с идентификацией клеящего вещества посредством изучения его физико-химических характеристик.

Археологический контекст обнаружения предмета

Поселение Каквинские печи I расположено на территории Муниципального округа Карпинск Свердловской обл., на небольшом каменистом мысу, образованном р. Каква и ее старицей (рис. 1, 1, 2). Высота берега в этой точке составляет более 3 м от уреза воды. Поселение представляет собой группу из четырех впадин, одна из которых (впадина 3) была исследована в 2025 г. под руководством Е. Н. Дубовцевой.

Раскопом площадью 48 м² было исследовано жилище 1. В нем изучены остатки полуземлянки прямоугольной формы со скругленными углами (рис. 1, 3). Ее размер на верхнем уровне фиксации (гл. –0,45 м) составлял 5 × 5,6 м, размер котлована на уровне пола (гл. –0,9 м) 3,6 × 3,4 м. Заполнение жилища представлено серо-коричневым суглинком. Вдоль стенок в пятнах рыжего и бордового прокала фиксируются углистые плашки – остатки деревянных конструкций. Вероятно, жилище было оставлено в результате пожара. Котлован был углублен на 0,4–0,5 м в материк, который представлен светло-желтым суглинком и разборной скалой. Пол ровный с небольшим углублением к центру, маркирован прокаленной красноватой углистой прослойкой суглинка. В центре жилища в

виде линзы серой супеси с костной крошкой и пятнами прокала находился очаг размером 0,6 × 0,8 м. Коридорообразный выход отходил от южной стенки в сторону реки. В 0,6 м от восточной стенки жилища зафиксирован внешний очаг.

В раскопе обнаружено 4 357 находок, из них 1 427 фрагментов керамики, 2 918 изделий из камня, 12 кусков спекшейся почвы и охры. Кости представлены мелкими кальцинированными обломками – 50 экз. Большинство каменных артефактов представляют собой отходы производства каменных орудий – отщепы и чешуйки, неправильные пластины и осколки. Преобладают чешуйки и отщепы, пластины и микропластинки встречаются гораздо реже, большинство из них имеют неправильную форму. Орудийный набор представлен крупными рубящими орудиями, ножами, наконечниками стрел, скребками, острями, отщепами с ретушью, сверлами (рис. 1, 4, 5). Основным сырьем служил темно-серый кремнь с коричневой коркой, другие виды кремня использовались реже. Деревообрабатывающие орудия – топоры, тесла, стамески изготовлены из кремнистого алевролита серого и зеленоватого цвета и зеленого сланца.

Фрагменты керамики как минимум от 18 сосудов в основном мелкие и плохой сохранности, только один сосуд залегал в развале. Вся посуда полуяйцевидной формы с округлым дном. Венчики без наплывов, с приостренным скошенным внутрь краем. Толщина стенок 3–6 мм. Внешняя поверхность гладкая, в ряде случаев лощеная. Внутренняя поверхность заглажена гребенчатым штампом, в верхней части емкостей следы заглаживания штампом перекрыты лощением. Вся внешняя поверхность и венчики изнутри декорированы. Орнамент состоит из оттисков тонких гребенчатых штампов, количество зубцов в которых колеблется от 3 до 8. Преобладают прямоугольные и квадратные зубчики. Под венчиком с внешней стороны фиксируются один или 2 ряда некрупных наколов. Композиции построены по смешанному принципу: верхняя и нижняя часть тулова украшены монотонными горизонтальными рядами из наклонных оттисков гребенчатого штампа, средняя часть сосуда декорирована вертикальными столбиками, наклонными лесенками и удлиненными треугольниками, которые чередуются с незаполненными зонами. Особенности орнамента и морфологии позволили соотнести посуду жилища 3 поселения Каквинские печи I с энеолитической посудой атымьинского типа, известного в бассейне р. Конды (рис. 1, 6) [Дубовцева, Леонтьев, 2026].



Рис. 1. Археологический контекст обнаружения наконечника из поселения Каквинские печи I.

1 – карта Российской Федерации с обозначением Свердловской обл. (URL: https://www.sharada.ru/_mod_files/ce_images/eshop/2024/yf6bgru1-b.jpg, дата обращения 29.05.2026 г.); 2 – местоположение поселения Каквинские печи I на карте Свердловской обл. (URL: https://www.sharada.ru/_mod_files/ce_images/eshop/free2024/mohcyfx8.jpg, дата обращения 29.05.2026 г.); 3 – план раскопа 1, жилища 1 с указанием квадрата и места находки наконечника; 4 – примеры каменных наконечников из раскопа 1; 5 – примеры каменных орудий из раскопа 1; 6 – примеры фрагментов керамических сосудов из раскопа 1.

Наконечник стрелы с остатками черного вещества был найден на участке Ж/7, на полу жилища рядом с очагом (номер по полевой описи 902/642).

Описание наконечника

Наконечник стрелы подтреугольной формы с глубокой выемкой в основании и шипами. Поперечное сечение линзовидное. Размеры $31 \times 22 \times 5$ мм (рис. 2, 1). Изготовлен из отщепа серой кремнистой породы двусторонним ретушированием. Острие сколото поперек, кончик одного шипа также обломлен.

В верхней части пера с обеих сторон сохранились пятна черного вещества, возможно, клеевой мастики, битума или дегтя. Оно имеет вид потеков и отдельных капель размерами до 3 мм. В области распространения вещества к поверхности наконечника налип мелкодисперсный суглинок (привнесен после археологизации, совпадает с заполнением жилища). Фиксируются утраты, заметные по ровным сколам капель и потеков черной массы.

С одной стороны натеки вещества достигают середины пера наконечника, с другой сосредоточены в верхней четверти, около слома (рис. 2, 2). В области основания зафиксированы только редкие мелкие капли.

Методы исследования вещества

Элементный состав черного вещества был исследован методом сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (SEM-EDX). Использован настольный сканирующий микроскоп Hitachi TM3000 и элементный анализатор Bruker Nano GmbH Quantax 70: энергетическое разрешение 154 eV, порог обнаружения входного сигнала 0,5 %, чувствительность – 0,00001 %, диапазон элементов $B_4 - Am_{95}$. Набор EDX-спектров осуществлялся в диапазоне 1–10 keV, 300 с на один спектр. Метод применялся для выявления химической основы вещества, его сравнения с поверхностью наконечника, поиска примесей. Анализы производились в условиях низкого вакуума без очистки образцов. Получаемые данные включали изображения во вторичных электронах, карты распределения элементов по изучаемой поверхности, EDX-спектры.

Молекулярная структура вещества исследована методом рамановской спектроскопии. Использован настольный рамановский микроскоп M532/785 («Спектр-М»): спектральный диапазон $100-4000\text{ см}^{-1}$, входная щель 20 мкм. Анализ поверхности наконечника выполнен с применением лазера с длиной волны 532 нм (мощность до 50 мВт, сила тока 30–50 %, экспозиция 400–5000, до 200 повторений за один анализ). Изучение черного вещества производилось лазером с длиной волны 785 нм (мощность до 250 мВт, сила тока 1–20 %, экспозиция 5000–20000, до 30 повторений за один анализ). Всего в результате анализов собрано 38 спектров.

Дополнительно, с целью проверки результатов рамановской спектроскопии, был исследован образец березового дегтя, полученный в ходе экспериментальной работы Е. Н. Дубовцевой в 2024 г.

Результаты исследования черного вещества

Поверхность наконечника без следов черного вещества и натеки были исследованы методом SEM-EDX. На изображениях во вторичных электронах границы натеков четкие, неровные, сглаженные (рис. 3, 1-1). Сами натеки темные, вплоть до черного (в противовес серой поверхности самого наконечника), с многочисленными серыми и светло-серыми загрязнениями мелкодисперсным мате-



Рис. 2. Наконечник со следами черного вещества из жилища 1 поселения Каквинские печи I.

1 – общий вид; 2 – остатки черного вещества на наконечнике (2-1 – сторона 1, 2-2 – сторона 2).

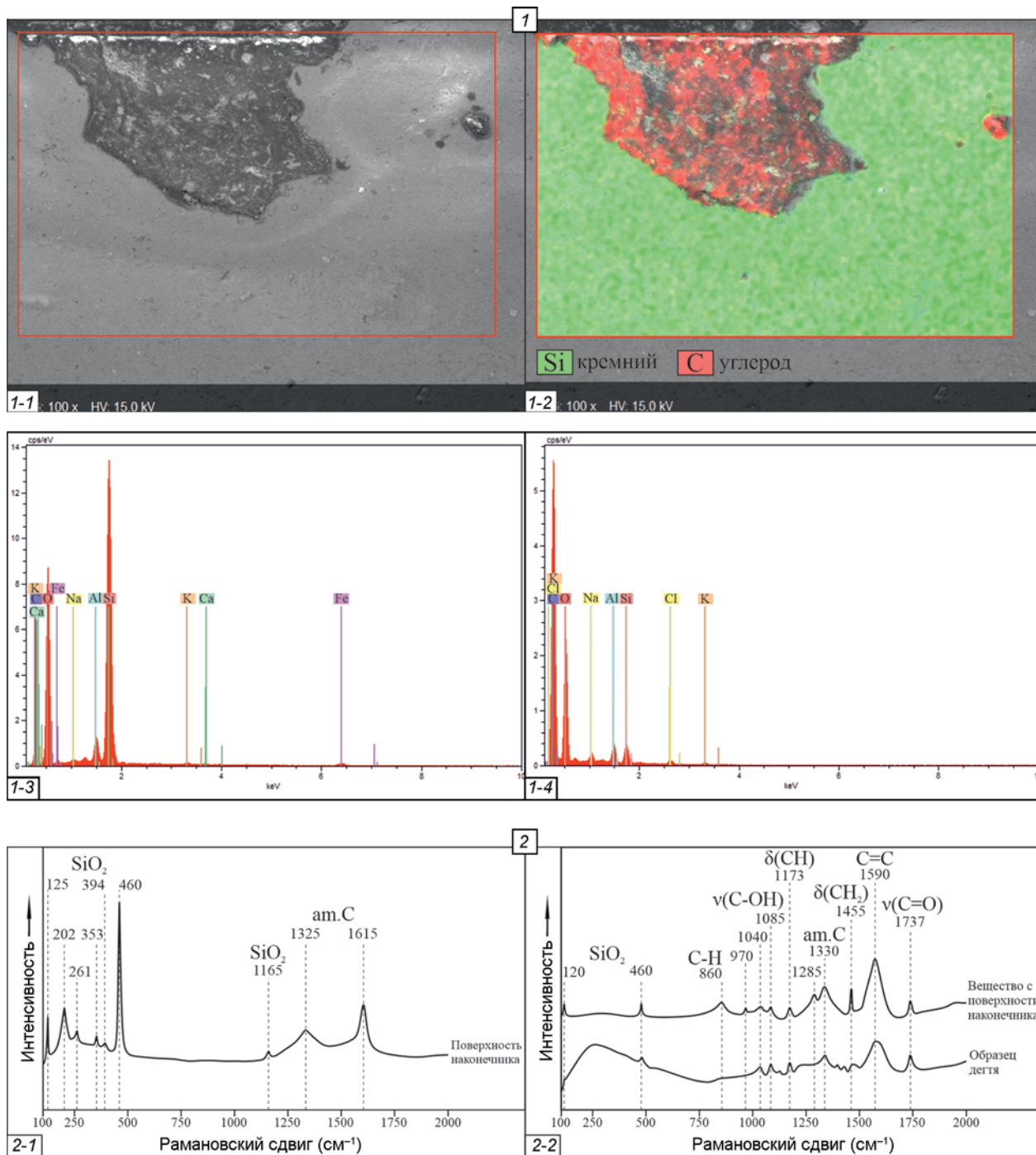


Рис. 3. Результаты исследования состава черного вещества на поверхности наконечника.

1 – данные SEM-EDX (1-1 – изображение во вторичных электронах при увеличении 100×, 1-2 – отличие химической основы поверхности наконечника и черного вещества по данным элементного картирования, 1-3 – EDX-спектр поверхности наконечника, 1-4 – EDX-спектр черного вещества); 2 – данные рамановской спектроскопии (2-1 – рамановский спектр поверхности наконечника, 2-2 – рамановские спектры черного вещества и экспериментального эталона дентя).

риалом. Основу черного вещества составляет углерод, распространение которого коррелирует на картах распределения химических элементов с местоположением натеков. Это особенно заметно при сравнении с участками распространения кремния, абсолютное доминирование которого наблюдается на поверхности за пределами натеков черного вещества (рис. 3, 1-2).

Изучение химического состава поверхности наконечника подтвердило кремниевую основу. Пик кремния на EDX-спектрах доминирует над прочими, при этом зафиксировано наличие алюминия и небольшого количества калия, натрия, кальция (вероятно, современные органические загрязнения) (рис. 3, 1-3). В составе черного вещества наблюдается

доминирование углерода при наличии алюмосиликатных (пики Al и Si) и современных органических (Na, K, Cl) загрязнений (рис. 3, 1-4). Показательно полное отсутствие в составе черного вещества серы – типичной примеси в природных битумах (в диапазоне 1–5 %) [Tileuberdi et al., 2013; Habibullayev et al., 2022].

Рамановские спектры поверхности наконечника без черных натеков указывают на диоксид кремния (SiO_2) как основу материала. Выявлен характерный набор пиков с рамановскими сдвигами 125, 202, 261, 353, 394, 460, 1165 cm^{-1} (рис. 3, 2-1) [Пахунов и др., 2014, с. 12]. Весь наконечник загрязнен неопределимыми органическими веществами, присутствие которых маркируют на спектрах пики аморфного углерода 1325 и 1615 cm^{-1} [Силаев и др., 2013].

Исследование черных натеков позволило получить спектры с пиками, связанными с различными органическими соединениями. Во всех точках анализов присутствуют загрязнения поверхности диоксидом кремния (выявлены пики SiO_2 120 и 460 cm^{-1}). Также обнаружены следующие пики: пик 860 cm^{-1} , возможно, ароматические колебания (C-H связь); пики 970, 1040, 1085 cm^{-1} , вероятно, связаны с валентными колебаниями (OH)-групп ($\nu(\text{C-OH})$); пик 1173 cm^{-1} , маркирующий колебания CH-группы ($\delta(\text{CH})$); пик 1330 cm^{-1} (вместе с пиком 1285 cm^{-1} также может быть связан с $\delta(\text{CH})_3$ колебаниями, однако данный вариант маловероятен), представляющий собой D-полосу колебаний аморфного углерода; пик 1455 cm^{-1} , связанный с $\delta(\text{CH}_2)$ колебаниями; пик 1590 cm^{-1} , маркирующий либо C=C ароматическую связь, либо G-полосу колебаний аморфного углерода; пик 1737 cm^{-1} , связанный с колебаниями $\nu(\text{C=O})$ связи (рис. 3, 2-2) [Schmidt, Koch, 2024].

Данный комплекс пиков характерен для термически преобразованных веществ растительного происхождения. Наибольшее сходство исследуемое вещество по своей молекулярной структуре имеет с березовым дегтем [Chen et al., 2021; Godina et al., 2023; Schmidt, Koch, 2024]. Близкие по характеристикам спектры (пики в области 1040, 1080, 1175, 1330, 1375, 1455, 1590, 1740 cm^{-1}) получены при анализе экспериментальных образцов березового дегтя, что подтверждает изначальные выводы (рис. 3, 2-2).

Обсуждение

Березовый деготь является одним из древнейших клеев, свидетельства применения которого для крепления каменных орудий к рукояткам фиксируются в археологических материалах, начиная со среднего палеолита Европы (80–40 тыс. л.н.) [Niekus et al., 2019; Hardy et al., 2001, P. 10974]. Экспериментальные исследования показывают возможность получения дегтя как в керамических сосудах, так и в любой бескислородной среде (под камнями, при засыпке землей

и т.д.), что обуславливает его широкое распространение в сравнении с битумами, чьи источники значительно более редки [Cârciumaru et al., 2012; Blessing, Schmidt, 2021; Kozowyk, Baron, Langejans, 2023].

Материалы Восточной Европы и Урала неолита – бронзового века свидетельствуют об использовании березового дегтя при изготовлении составных орудий [Chen et al., 2021]. Березовый деготь в различных вариациях, согласно исследованиям В. Н. Карманова, Д. А. Бушнева, О. В. Валяевой, применялся населением северо-востока Европы в периоды неолита – энеолита для ремонта керамической посуды. Авторами также установлено, что для приготовления дегтя применялась сравнительно сложная технология (метод двух сосудов – в одном происходил пиролиз бересты, в другой стекал готовый продукт), свидетельствующая о развитой традиции использования данного вещества [Карманов, Бушнев, Валяева, 2024].

Открытым остается вопрос о причине, по которой деготь попал на рассматриваемый наконечник. Расположение клеящего вещества в верхней части пера ставит под сомнение предположение, что следы дегтя в данном случае связаны с креплением наконечника в расщепе древка. При этом сам предмет находился на участке, где плотность каменных изделий, в т.ч. наконечников стрел, и отходов производства очень высока. Данное скопление артефактов может быть интерпретировано как место изготовления и ремонта каменных орудий [Дубовцева, Леонтьев, 2026]. Подобное расположение черного вещества на наконечнике стрелы не единичный случай. На поселении гаринской культуры Мартюшевское II/1 в постройке 1 найден наконечник листовидной формы с прямым основанием с черной массой в центре пера. Этот наконечник не имел явных следов использования и был самым крупным в коллекции [Туркина, Карманов, 2022, с. 140, рис. 10-9].

Заключение

Наконечник со следами дегтя из жилища 1 поселения Каквинские печи I является свидетельством использования носителями энеолитических культур Северного Зауралья клеев, получаемых путем термической обработки растительного сырья. Применение подобных материалов, наряду с использованием керамики, демонстрирует высокий уровень адаптации населения к окружающей среде и умение задействовать разнообразные природные ресурсы.

Финансирование

Исследование состава черного вещества с поверхности наконечника проведено Р. В. Давыдовым по проекту НИР ИАЭТ СО РАН № FWZG-2025-0007 «Применение цифровых технологий при анализе археологических источников и реконструкции истории древних сообществ»

с использованием материально-технической базы ЦКП «Геохронология кайнозоя» (Новосибирск). Анализ археологического контекста, морфологическое описание наколенника и подготовка экспериментального эталона дегтя выполнены Е. Н. Дубовцевой в рамках выполнения гос. задания ИИиА УрО РАН; тема «Культурное пространство Урала: археологические и этнологические исследования», рег. номер 124032100052-6.

Список литературы

Дубовцева Е. Н., Леонтьев А. А. Тепловые карты как инструмент пространственного анализа находок в раскопе на примере памятника эпохи энеолита Каквинские печи I // Историко-географический журнал (в печати).

Карманов В. Н., Бушнев Д. А., Валиева О. В. Определение адгезивного материала для ремонта керамической посуды неолита и энеолита крайнего северо-востока Европы методом газовой хромато-масс-спектрометрии // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2024. – Т. 52, № 3. – С. 40–46.

Пахунов А. С., Житенев В. С., Брандт Н. Н., Чикишев А. Ю. Предварительные результаты комплексного исследования красочных пигментов настенных изображений Каповой пещеры // Вестн. археологии, антропологии и этнографии. – 2014. – № 4. – С. 4–15.

Силаев В. И., Лютов В. П., Петровский В. А., Хазов А. Ф. Опыт исследований природных углеродистых веществ и некоторых их синтетических аналогов методом рамановской спектроскопии // Минералогический журнал. – 2013. – Т. 35, № 3. – С. 33–47.

Туркина Т. Ю., Карманов В. Н. Мартюшевское II/1 // Материалы археологии Европейского Северо-Востока. – 2022. – Вып. 21. – С. 136–165.

Blessing M. A., Schmidt P. On the efficiency of Paleolithic birch tar making // *J. of Archaeol. Sci.: Reports*. – 2021. – Vol. 38: 103096.

Cârciumaru M., Ion R. M., Nitu E. C., Stefanescu R. New evidence of adhesive as hafting material on Middle and Upper Palaeolithic artefacts from Gura Cheii-Rasnov Cave (Romania) // *J. of Archaeol. Sci.* – 2012. – Vol. 39 (7). – P. 1942–1950.

Chen Sh., Vahur S., Teearu A., Juus T., Zhilin M., Savchenko S., Oshibkina S., Asheichyk V., Vashanau A., Lychagina E., Kashina E., German K., Dubovtseva E., Kriiska A., Leito I., Oras E. Classification of archaeological adhesives from Eastern Europe and Urals by ATR-FTIR spectroscopy and chemometric analysis // *Archaeometry*. – 2021. – Vol. 64 (1). – P. 227–244.

Habibullayev A. H., Muhammadjanov A. O., Khamidov A. K., Madaminova D. D. Chemical composition and structure of bitumens // *Economy and society*. – 2022. – N 6 (97). – P. 75–78.

Hardy B. L., Kaye M., Marks A. E., Monigal K. Stone tool functions at the Palaeolithic sites of Starosele and Buran Kaya III, Crimea: Behavioural implications // *PNAS*. – 2001. – Vol. 98, N 19. – P. 10972–10977.

Godina D., Makars R., Paze A., Rizhikovs J. Analytical Method Cluster Development for Comprehensive Characterisation of Suberinic Acids Derived from Birch Outer Bark // *Molecules*. – 2023. – Vol. 27, N 28 (5). – P. 2227.

Kozowyk P. R. B., Baron L. I., Langejans G. H. J. Identifying Palaeolithic birch tar production techniques:

challenges from an experimental biomolecular approach // *Sci. Reports*. – 2023. – Vol. 13 (1). – P. 14727.

Niekus M. J. L. T., Kozowyk P. R. B., Langejans G. H. J., Ngan-Tillard D., van Keulen H., van der Plicht J., Cohen K. M., van Wingerden W., van Os B., Smit B. I., Amkreutz L. W. S. W., Johansen L., Verbaas A., Dusseldorp G. L. Middle Paleolithic complex technology and a Neandertal tar-backed tool from the Dutch North Sea // *PNAS*. – 2019. – Vol. 116 (14). – P. 22081–22087.

Schmidt P., Koch T. J. The molecular composition of birch tar and its infrared spectrum // *Archaeol. and Anthropol. Sci.* – 2024. – Vol. 16. – P. 193.

Tileuberdi Y., Ongarbaev Y., Tuletaev B., Mansurov Z., Behrendt F. Study of Natural Bitumen Extracted from Oil Sands // *Applied Mechanics and Materials*. – 2014. – Vol. 467. – P. 8–11.

References

Blessing M. A., Schmidt P. On the efficiency of Paleolithic birch tar making. *J. of Archaeol. Sci. Reports*, 2021. Vol. 38. P. 103096. doi:10.1016/j.jasrep.2021.103096

Cârciumaru M., Ion R. M., Nitu E. C., Stefanescu R. New evidence of adhesive as hafting material on Middle and Upper Palaeolithic artefacts from Gura Cheii-Rasnov Cave (Romania). *J. of Archaeol. Sci.*, 2012. Vol. 39 (7). P. 1942–1950. doi:10.1016/j.jas.2012.02.016

Chen Sh., Vahur S., Teearu A., Juus T., Zhilin M., Savchenko S., Oshibkina S., Asheichyk V., Vashanau A., Lychagina E., Kashina E., German K., Dubovtseva E., Kriiska A., Leito I., Oras E. Classification of archaeological adhesives from Eastern Europe and Urals by ATR-FTIR spectroscopy and chemometric analysis. *Archaeometry*, 2021. Vol. 64 (1). P. 227–244. doi:10.1111/arc.12686

Dubovceva E. N., Leontev A. A. Teplovye karty` kak instrument prostranstvennogo analiza naxodok v raskope na primere pamyatnika e`poxi e`neolita Kakvinskie pechi I. *Istoriko-geograficheskij zhurnal* (In press).

Godina D., Makars R., Paze A., Rizhikovs J. Analytical Method Cluster Development for Comprehensive Characterisation of Suberinic Acids Derived from Birch Outer Bark. *Molecules*, 2023. Vol. 27, Iss. 28 (5). P. 2227. doi:10.3390/molecules28052227

Habibullayev A. H., Muhammadjanov A. O., Khamidov A. K., Madaminova D. D. Chemical composition and structure of bitumens. *Economy and society*, 2022. No. 6 (97). P. 75–78.

Hardy B. L., Kaye M., Marks A. E., Monigal K. Stone tool functions at the Palaeolithic sites of Starosele and Buran Kaya III, Crimea: Behavioural implications. *PNAS*, 2001. Vol. 98, No. 19. P. 10972–10977.

Karmanov V. N., Bushnev D. A., Valyaeva O. V. Identification of Adhesives for Repairing Ancient Ceramics: The Case of the Neolithic and Chalcolithic of Far Northeast Europe. *Archaeology Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2024. Vol. 52, No. 3. P. 40–46. doi:10.17746/1563-0102.2024.52.3.040-046

Kozowyk P. R. B., Baron L. I., Langejans G. H. J. Identifying Palaeolithic birch tar production techniques: challenges from an experimental biomolecular approach. *Sci. Reports*, 2023. Vol. 13 (1). P. 14727. doi: 10.1038/s41598-023-41898-5

Niekus M. J. L. T., Kozowyk P. R. B., Langejans G. H. J., Ngan-Tillard D., van Keulen H., van der Plicht J., Cohen K. M., van Wingerden W., van Os B., Smit B. I., Amkreutz L. W. S. W., Johansen L., Verbaas A., Dusseldorp G. L. Middle Paleolithic complex technology and a Neandertal tar-backed tool from the Dutch North Sea. *PNAS*, 2019. Vol. 116 (14). P. 22081–22087.

Pakhunov A. S., Zhitenev V. S., Brandt N. N., Chikishev A. Y. Predvaritel'ny'e rezul'taty kompleksnogo issledovaniya krasochny'x pigmentov nastenny'x izobrazhenij Kapovoj peshhery'. *Vestnik Arheologii, Antropologii i Etnografii*, 2014. No. 4. P. 4–15. (In Russ.).

Schmidt P., Koch T. J. The molecular composition of birch tar and its infrared spectrum. *Archaeol. and Anthropol. Sci.*, 2024. Vol. 16. P. 193. doi:10.1007/s12520-024-02102-5

Silaev V. I., Lutoev V. P., Petrovsky V. A., Khazov A. F. Experience of research of natural carbonaceous substances

and some their synthetic analogs by Raman spectroscopy. *Mineralogical J.* 2013. Vol. 35, No. 3. P. 33–47. (In Russ.).

Tileuberdi Y., Ongarbaev Y., Tuleutaev B., Mansurov Z., Behrendt F. Study of Natural Bitumen Extracted from Oil Sands. *Applied Mechanics and Materials*, 2014. Vol. 467. P. 8–11. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.467.8

Turkina T. Y., Karmanov V. N. Martyushevskoe II/1. *Materialy` arxeologii Evropejskogo Severo-Vostoka*, 2022. Iss. 21. P. 136–165. (In Russ.).

Давыдов Р. В. <https://orcid.org/0000-0001-6580-2811>
Дубовцева Е. Н. <https://orcid.org/0000-0003-3214-7173>

Дата сдачи рукописи: 01.06.2026 г.