

Ирина Евгеньевна Пантюхина<sup>1</sup>  
pantukhina2000@mail.ru

## ДРЕВНИЙ КРАХМАЛ НА КЕРАМИКЕ: МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ИЗУЧЕНИЯ

Метод анализа крахмала как одно из средств для реконструкции углеводной компоненты диеты и связанной с ней хозяйственной деятельности прочно входит в практику археологических исследований. Одним из источников получения древнего крахмала является керамика как кухонный и хозяйственный инвентарь, отражающая технологии обработки и хранения пищи. Кроме того, орнаментированная керамика является значимым, часто единственным индикатором культурно-хронологических феноменов. Это даёт возможность использовать её для палеоэкологических реконструкций независимо от стратиграфической ситуации и наличия специализированных каменных орудий. Сформированный методологический подход к работе с керамикой как источником крахмала в тематической литературе не представлен. Механизм формирования органических остатков на керамике и каменных орудиях различается, что требует отдельных источниковедческих процедур. В статье показано, что стандартный приём проверки происхождения древнего крахмала через сравнение его количества на артефактах и в почве в применении к керамике не обоснован. Смоделированные эксперименты подтвердили, что попадание крахмала на поверхности керамики и сохранение вне карбонизированных контекстов происходит по разным сценариям. Наблюдения за распределением крахмала в экспериментальных и археологических материалах позволило сделать оценку информативности керамики как источника крахмала. Показано, что допустимо использовать различные части сосудов, внешние и внутренние поверхности и собирать с них видимые отложения, помимо нагара. Предложены методические рекомендации для повышения эффективности анализа керамики как источника микроостатков.

**Ключевые слова:** метод анализа крахмала, древний крахмал на керамике, эксперимент, неолит, зайсановская культурная традиция, Дальний Восток России.

Irina E. Pantyukhina<sup>1</sup>  
pantukhina2000@mail.ru

## ANCIENT STARCH RESEARCH FOR CERAMICS: METHODOLOGY AND PRACTICE OF STUDY

Ancient starch analysis as a tool for reconstructing the carbohydrate component of diet and related subsistence practices has become firmly established in archaeological research. One of the sources for obtaining ancient starch is pottery, which serves as kitchen and household equipment, reflecting food processing and storage technologies. Additionally, decorated pottery is a significant, often the only, indicator of cultural-chronological phenomena. This allows it to be used for paleoecological reconstructions independently of stratigraphic context and the presence of specialized stone tools. A methodological approach to working with pottery as a source of starch has not been systematically presented in the thematic literature.

<sup>1</sup> Институт истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока ДВО РАН, Владивосток, Россия.

Institute of History, Archaeology and Ethnology of the Peoples of the Far East, FEB RAS, Vladivostok, Russia.

The mechanisms of organic residue formation on pottery and stone tools differ, necessitating distinct source-critical procedures. The article demonstrates that the standard practice of verifying the origin of ancient starch by comparing its frequency on artifacts and in soil is not justified when applied to pottery. Cooking simulation and the experiments confirmed that the deposition of starch on pottery surfaces and its preservation outside carbonized contexts occur through different scenarios. Observations of starch distribution in experimental and archaeological materials allowed for an assessment of the informativeness of pottery as a source of starch. It is shown that it is permissible to use various parts of vessels, both external and internal surfaces, and to collect visible deposits in addition to carbonised deposits. Methodological recommendations are proposed to enhance the effectiveness of analyzing pottery as a source of microresidue.

**Keywords:** ancient starch research, starch on potsherds, experiment, Neolithic, Zaisanovky cultural tradition, Russian Far East.

## ВВЕДЕНИЕ

Рассматривая различные археологические источники как объекты для применения естественно-научных методов, необходимо понимать информационные возможности тех и других. Метод анализа крахмала (далее — МАК) за свою историю использовался во множестве археологических исследований и значительно расширил знания о диетах, использовании растений и технологиях их обработки (Ancient Starch 2006), что стало возможно из-за способности крахмала сохраняться тысячелетиями в самых различных контекстах.

Органическая природа данного вещества определяет скепсис относительно этой способности. Это инициировало исследования механизмов сохранности крахмала и выработку приёмов верификации результатов (Haslam 2004; Barton et al. 1998; Ancient Starch 2006; Barton, Torrence 2015), способов предотвращения заноса инородного крахмала на различных этапах работы с артефактами и микроостатками (Atchison, Fullagar 1998; Crowther et al. 2014; Пантюхина, Дёмина 2022). Общей модели всех действующих на сохранность крахмала процессов не выработано из-за множественности факторов, действующих в различных контекстах, где обнаруживается древний крахмал. Неясно, возможно ли это сделать в принципе. Однако каждое новое исследование с крахмалом не только позволяет реконструировать часть диеты и техно-

логии, но и пополняет статистику контекстов его сохранности и ставит новые исследовательские и методические задачи.

Часть из них затрагивает керамику как источник древнего крахмала. Исследования, в зависимости от региональной проблематики, фокусируются на идентификации культивируемых и растений в целом (Crowther 2005; Zarrillo et al. 2008; Yang et al. 2014; Musaubach, Beron 2017; Wang et al. 2019), функции сосудов, реконструкции кулинарных технологий (Wang et al. 2016; Liu et al. 2020; He et al. 2022).

Первое в России исследование крахмала на керамике было предпринято как часть прежде всего комплексного подхода в палеоэкологических реконструкциях системы жизнеобеспечения первых земледельцев на территории Приморья (Пантюхина, Вострецов 2023; Пантюхина, Вострецов 2024). В процессе работы обозначились вопросы, решаемые применением МАК на этом типе артефактов, и методические особенности. В широком плане это реконструкции углеводной компоненты диеты и связанной с ней хозяйственной деятельности. Так как керамика является культурно-хронологическим маркером, то для сравнительных и системных палеоэкологических реконструкций становятся информативными материалы многокомпонентных и даже переложённых комплексов и старых музейных коллекций. Разнообразие условий формирования такого корпуса источников (процесс археологизации, методика раскопок, камеральная обработка, хранение)

делает необходимым соблюдение единых параметров при исследовании керамики методом анализа крахмала. Основные методические процедуры — критика источника, сбор образцов, оценка и интерпретация результатов — требуют понимания причин сохранности крахмала, механизмов формирования микроостатка и распределения его по поверхности.

В данной статье освещены ключевые вопросы методологии исследования керамики методом анализа крахмала с опорой на археологические материалы и результаты экспериментов. Надеюсь, это поможет археологам понять потенциал археологических источников и соблюсти процедуру исследования, чтобы получить достоверные и сравнимые результаты.

#### КРАХМАЛ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Прежде чем использовать керамику и МАК как инструмент для решения различных исследовательских задач, необходимо исследовать сам крахмал в связи с этим контекстом, понять механизмы и закономерности его сохранения на керамике. Одной из функций керамических сосудов является приготовление пищи на огне. Кулинарная обработка любого ингредиента (животного или растительного происхождения) повышает доступность содержащейся в нём энергии для человека. Крахмал — это энергетический контейнер растений; человеку, чтобы извлечь эту энергию в оптимальном количестве, простой человеческой биохимии недостаточно. В ходе длительной истории выработаны кулинарные практики, которые делают малопригодные в пищу сухие крупы, сырые клубни, корни и др. съедобными и даже вкусными. Термическая обработка здесь играет главную роль. Если обращаться к физико-химическим процессам, то, согласно исследованию (Thomas, Atwell 1999), кристаллическая структура гранул крахмала легче повреждается в среде с избыточным количеством воды. Происходит разрыв полисахаридных молекул крахмала и выделение в окружающий раствор их элементов (процесс клейстеризации, желати-

низации), в дальнейшем легко расщепляемых ферментами в организме человека до глюкозы. Такое состояние крахмала на керамике при попадании в почву повышает его доступность для микроорганизмов и снижает вероятность обнаружить микроостаток. Эксперименты же показали, что эти процессы более сложны, чем могло показаться изначально.

Многие факторы влияют на устойчивость крахмала при термической обработке. Во-первых, внутреннее содержание влаги. Существует зависимость между скоростью желатинизации крахмала и уровнем влаги в приготовляемых частях растений (Crowther 2012). Гранулы крахмала разрушаются быстрее во влажных клубнях/корнях, чем в сухих зёрнах<sup>2</sup>. Поджаривание/обугливание также не приводит к полному разрушению всего крахмала. В экспериментах с карбонизацией ячменя и запеканием в земляных печах корневую часть гранул крахмала сохранила свои диагностические признаки (Valamoti 2008; Messner, Schindler 2010).

Установлено несколько последовательных стадий изменений гранул крахмала, которые фиксируются при микроскопическом исследовании: набухание, деформация, появление трещин, разрывов, складок, появление слоистой структуры, исчезновение поляризационного креста и полная желатинизация — разрушение гранулы как трёхмерного объекта (рис. 1: б, е). Скорость и степень выраженности этих изменений зависят от вида растений и размера приготовляемых объектов. Но в любом случае клейстеризация крахмала протекает быстрее в муке, чем в дроблёном или цельнозерновом семени. При низком уровне температуры и её коротком воздействии гранулы крахмала сохраняют относительную целостность, имеют минимальные проявления структурных изменений и пригодны для идентификации (Henry et al. 2008). Поэтому оснований связывать крахмал на керамике с кулинарными практиками достаточно.

Согласно публикациям, объектом для извлечения крахмала выступают два вида образцов — карбонизированные отложе-

<sup>2</sup> Этот эффект имеет физическое объяснение — теплопроводность воды в 4 раза выше, чем у древесины.



Рис. 1. Эксперимент 1. А — этапы эксперимента (засыпка крупы, варка в костре, очистка). Б — анализ макроостатков на разных частях сосуда: 1—4 — макроостатки на поверхностях сосуда и сохранившийся крахмал; а — крахмал проса обыкновенного; б — повреждённые гранулы крахмала ячменя; в — крахмал ячменя; г — крахмал жёлудя; д — крахмал лилии; е — сгусток повреждённого крахмала, стрелками отмечены наиболее заметные гранулы. Фото с тёмным фоном — режим поляризации, светлым — светлое поле. Масштаб 20 мкм

ния, нагары (Zarrillo et al. 2008; Yang et al. 2014; Musaubach, Beron 2017) и тонкие осадки, которые могут выглядеть, как плёнки/корочки различной плотности. Последние выявляют на специализированных сосудах, связанных с ферментацией напитков (Wang et al. 2016; Liu et al. 2020; He et al. 2022). Устойчивость крахмала к агрессивному действию температуры, ферментации, микроорганизмов и физико-химических процессов в почве подтверждается находками его гранул в различных археологических контекстах и современными экспериментами (Valamoti 2008; Messner, Schindler 2010).

#### КРАХМАЛ НА КЕРАМИКЕ: ПУТЬ К АРХЕОЛОГУ

Необходимый этап любого исследования — критика источника. В отношении крахмала проверяется его связь с деятельностью человека в древности. Общепринятым приёмом является проверка возможности загрязнения крахмалом из вмещающих отложений или в процессе работы с артефактами. В последнем случае

это достигается обеспечением условий, исключающих попадание современного крахмала на артефакты (Пантюхина, Дёмина 2022) и сбором контрольных образцов пыли в местах хранения и работы с артефактами. Представление о загрязнении артефактов «почвенным/фоновым» крахмалом базируется на идее о попадании в почву крахмала растений после их отмирания и на результатах эксперимента по перемещению крахмала в почве, где зафиксировано движение мелких гранул (Therin 1998). В итоге предложено сравнивать частоту встречаемости крахмала на артефактах и в почве (Barton et al. 1998). Но количественную разницу в пользу артефактов можно подвергнуть сомнению, опираясь на факт, что крахмал в почве разлагается быстрее, чем на предметах (Haslam 2004) и поэтому его количество кратно выше на артефактах.

Сама идея о загрязнении крахмалом из почвы не выглядит надёжно обоснованной. Предполагается, что артефакт археологизируется в почвах, в которых постоянно присутствует крахмал от растений, он попадает на предмет и сохраняется благодаря его «минеральной» защите

(Haslam 2004). Из самого факта, что крахмал на артефактах сохраняется лучше, нельзя сделать вывод, какой именно это крахмал: антропогенный или природный. Присутствие крахмала в почвах горизонтов обитания без уточнения его источника и механизма проникновения формализовано трактуется как естественный уровень крахмала в почве. Целенаправленных широких сравнительных исследований о природных уровнях крахмала найти не удалось. Там же, где почвенные образцы из разных стратиграфических горизонтов, современной почвы и сопутствующих артефактам отложений подвергаются сравнительному анализу, видно, что естественный уровень крахмала в почве вне культурных горизонтов нулевой (Yang et al. 2014; Ma et al. 2017; Пантюхина, Вострецов 2022). Соответственно, формирующиеся вокруг предметов почвы не имеют естественного уровня крахмала. Основной запас этого углевода растения тратят на свой рост и питание (прорастание семени/клубня т.д.), что-то поедается животными, остальное разлагается микроорганизмами и грибами.

Другой фактор попадания крахмала в почву — хозяйственная деятельность человека, связанная с обработкой и употреблением крахмалсодержащих растений почти не рассматривается, хотя и подтверждается наблюдениями (Therin et al. 1999; Beck, Torrence 2006). Поэтому присутствие крахмала в почве не может быть основанием для исключения микроостатков на артефактах, но требует дополнительных приёмов анализа источника. В зависимости от контекста применяются сравнения с современными почвами, составом фоновой растительности (Musaubach, Beron 2017), типами крахмала на артефактах, учитываются повреждённые состояния крахмала, указывающие на его антропогенное происхождение на артефактах (Zarrillo et al. 2008). И если современная почва не содержит крахмала или он отличен от культурного горизонта, то гранулы древнего крахмала характеризуют, очевидно, не природный фон, а хозяйственную деятельность (Yang et al. 2014; Ma et al. 2017; Пантюхина, Вострецов 2022) и могут рассматриваться в качестве дополнительного источника.

Поэтому почвенный контроль чрезвычайно желателен для накопления разнообразных контекстов, в которых сохраняется и отсутствует древний крахмал.

При изучении крахмала на керамике применяют ещё один способ контроля — сбор образцов с внешней поверхности сосудов. Они рассматриваются как отражение почвенного фона. Что именно выступает контрольными образцами (почва, нагар, налёт) не указано (например: Wang et al. 2019; He et al. 2022). Сравнивалось даже количество крахмала на поверхностях черепка и его изломах (Crowther 2005). Отрабатывая методику, автор пыталась исследовать крахмал на керамике *in situ* без экстракции из почвы. Субъективно (подсчёты не проводились) налипшая почва на изломах содержала меньше крахмала, что интерпретировано как свидетельство слабого почвенного загрязнения. При подобном подходе игнорируется факт, что в почве находятся все поверхности черепка и вероятность «загрязнения» одинакова для каждой из них. Исключением могут быть целые сосуды, которые не были заполнены грунтом. Но и в этом случае наличие крахмала снаружи не повод исключить образец из анализа. Некоторые работы и вовсе не содержат никаких контрольных образцов, что не делает их результаты недостоверными. Типы крахмала и установленные таксоны согласуются с уже известными данными для этих культурно-исторических контекстов.

Попытка обосновать сравнение остатков на внешних и внутренних поверхностях сосудов как способ верификации предпринята группой исследователей (Saul et al. 2012). Если не касаться общей канвы работы, этот опыт стоит разобрать как пример поверхностного и наукообразного подхода к оценке источника — крахмала. Для исследования собраны нагары (carbonised «foodcrust» deposit) с внутренних поверхностей сосудов. В качестве контроля выступили сажистые отложения (soot deposits) с внешних сторон, вероятность их связи с содержимым сосудов оценена как низкая, хотя авторы допускают возможность перелива. Дополнительно отобраны почвенные образцы из вмещающих отложений. Дальнейший анализ был

основан на следующих допущениях. Крахмал разрушается в почве быстрее, чем на артефактах и возле них (Haslam 2004). Значит, остатки на внешних поверхностях сосуда будут адекватным отражением «крахмального» фона почвы. Численное преобладание крахмала во внутренних образцах рассматривается как подтверждение этого тезиса. Поэтому все внутренние образцы с количеством крахмала, сопоставимым с внешними образцами, рассматриваются как загрязнения и исключаются. Аргументация усилена статистической значимостью различий между внешними и внутренними образцами. Почвенный контроль показал значения крахмала на два порядка меньше, чем на внешних поверхностях. И хотя авторы понимают, что сажистые отложения скорее связаны с переливами, они не исследовали дополнительно таксономию «внешних» и почвенных крахмалов, построив в итоге искажённую схему исследования керамики (Saul et al. 2012: 3489).

Как показано выше, не всегда очевидно, «кто» «кого» загрязняет крахмалом. Комплексное сравнение с современным фоном, другими стратиграфическими уровнями и артефактами пока является лучшим контролем. Карбонизированные отложения можно рассматривать как «закрытый комплекс». Механизм проникновения в него крахмала извне не рассматривался даже гипотетически, практические наблюдения также отсутствуют. Авторы статьи (Saul et al. 2012) не предложили убедительной аргументации, что внешние отложения отражают почвенный фон. Количественные различия не могут этот тезис ни подтвердить, ни опровергнуть, как и проверка статистической значимости этих различий. Авторы использовали двусторонний t-критерий, который применяется для парных выборок и сравнивает средние значения переменных для одной группы наблюдений. Механизм формирования микроостатков внутри (постоянный контакт с пищей и пригорание её на поверхность по окружности) и снаружи (ситуативные переливы на отдельных участках, их засыхание и карбонизация) сосуда и неодинаковое воздействие внешних факторов (влага, температура, огонь) определяет то, что количественные значе-

ния могут различаться изначально. Соответственно, их значимость может быть обусловлена иными факторами, чем попадание из почвы.

Исключение крахмалов из внешних отложений на фрагментах керамики и почвы из анализа отсекло возможность оценить их состояние и сравнить таксономический состав, что могло подтвердить переливы и объяснить механизм попадания крахмала в почву. Тем более что частью исследования стал эксперимент по длительной варке, образованию налётов внутри и устойчивости крахмалов и была возможность проверить, как формируются и сохраняются переливы на внешней поверхности.

Нужно отметить, что авторы статьи (Saul et al. 2012) проводили изотопный и липидный анализы микроостатков на керамике. Методология этих инструментов, очевидно, повлияла на подходы к оценке крахмала как источника. В молекулярных исследованиях, действительно, в фокусе находятся макроостатки внутри керамики, а материал для анализа высверливается на внутренней поверхности, постоянно контактирующей с содержимым сосуда. Внешние поверхности отражают диагенез, поэтому не учитываются. Эксперименты в целях именно этих методов формируют представление о соотношении микроостатков с эпизодами кулинарных практик. Изотопным и липидным анализами установлено, что тонкие наслоения карбонизированных налётов являются своего рода кулинарным палимпсестом, а вот обугленные макроостатки отражают последний случай приготовления пищи. Несмотря на заманчивость такой удобной схемы, нужно обратить внимание на процедуру эксперимента. Образование обугленных макроостатков было управляемым действием — они формировались на дне сосуда одновременно и извлекались для последующего анализа. Закономерно, что и содержали они остатки единственного эпизода приготовления пищи (Miller et al. 2020). Поэтому следует аккуратно относиться к механическому переносу результатов различных экспериментов, чтобы избежать ошибочных трактовок и заблуждений.

В целом оценивать состояние подходов к критике источника (крахмала) можно двояко: как недостаточную разработанность

метода как такового или его гибкость, возможность трансформировать эти подходы в зависимости от контекста, объекта, задачи. В любом случае, кроме понимания механизма формирования микроостатков на керамике и применения общей схемы анализа, стоит искать, проверять и привлекать различные приёмы проверки достоверности источника.

#### ПРОЦЕДУРА ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРАМИКИ МЕТОДОМ АНАЛИЗА КРАХМАЛА

Основные этапы построения исследования с применением МАК описаны (Пантюхина 2018) и универсальны независимо от типа артефакта. Но отдельное рассмотрение керамики как источника крахмала необходимо, так как она является основным, часто единственным культурно-хронологическим маркером и источником микроостатков. Такое положение сложилось на одном из этапов исследования динамики миграций и формирования систем жизнеобеспечения ранних земледельцев зайсановской культурной традиции (ЗКТ) в неолите Приморья. Это и побудило обратиться к методической стороне вопроса более подробно. Так как основная методология применения МАК для палеоэкологических исследований не меняется, то далее будут рассмотрены только те этапы, на которых использование керамики имеет свои особенности.

#### Археологический контекст

Цели и задачи исследования керамики методом анализа крахмала определяются в каждом культурно-историческом контексте отдельно. В соответствии с концепцией Ю.Е. Вострецова, хронология и распространение ранних земледельцев ЗКТ на территории Приморья представляется как нелинейный и многовекторный процесс. Археологически это проявляется в виде локальных групп разновременных памятников. Эти группы не связаны между собой во времени и пространстве и расположены в различных экономических районах. Керамические традиции имеют заметные отличия, хотя и объе-

нены общим стилем орнаментации, характерным для Приморья в контексте всего района Дунбэя и Корейского полуострова. Последовательное занятие одного и того же района земледельцами ЗКТ, отсутствие преемственности в материале наблюдается на многослойном поселении Клерк-5 (западная часть зал. Петра Великого в Японском море)<sup>3</sup>. Культурные отложения содержат керамику, сопоставимую с комплексами Кроуновка-1 (ранний слой), Зайсановка-7, Зайсановка-1 (жилище), и керамику с «каплевидным» орнаментом<sup>4</sup> (Вострецов 2018). Применение специальных методов раскопок дало многочисленные экофакты — остатки наземных и морских животных, рыб, гидробионтов. Для реконструкции углеводной компоненты диеты и связанной с ней хозяйственной деятельности используется МАК.

#### Выбор объектов для анализа

Оптимальным является комплексный анализ материалов из горизонта обитания: орудия, керамика и почвенные образцы. Такой подход информативен для перекрёстной проверки результатов, расширения списочного состава, выявления технологических операций обработки растений. На поселении Клерк-5 не все горизонты обитания содержат каменный инвентарь, связанный с обработкой растений, поэтому для некоторых из них только керамика может быть надёжно соотнесена с такой хозяйственной деятельностью.

#### Сбор образцов

Археологически целые сосуды дают отличную возможность сбора образцов с различных частей сосуда. Чаще приходится иметь дело с фрагментами, кото-

<sup>3</sup> На поселении Клерк-5 выделены культурные отложения бойсманской культурной традиции морских рыболовов-охотников-собирателей, зайсановской культурной традиции охотников-рыболовов-собирателей/земледельцев и янковской культурной традиции прибрежных охотников-рыболовов-собирателей-земледельцев. В статье упоминаются только материалы, связанные с отложениями ЗКТ.

<sup>4</sup> Всё по материалам раскопок Ю.Е. Вострецова.

рые без орнамента нельзя надёжно соотнести с нужным комплексом. Поэтому в выборку попадают орнаментированные фрагменты и тут важно понимать информативность тех или иных частей сосуда. В настоящем исследовании при извлечении крахмала ставились дополнительные задачи: оценить информативность разных частей, поверхностей сосудов и различного типа отложений на керамике, так как опубликованные исследования таких наблюдений не содержали. Сбор данных проходил по следующим параметрам: часть сосуда (венчик, тулово, доньшко), поверхность (снаружи, внутри, излом), тип образца (нагар, плёнка, земля, глина<sup>5</sup>).

Практика показывает (табл. 1), что крахмал можно обнаружить на всех частях сосуда. По этим данным нельзя уверенно описать, где чаще, — на подсчёты влияет неравнозначное количество образцов в категории фрагментов сосудов. Частота встречаемости также не представительна — изменение количества венчиков/средних частей сосудов приводит и к изменениям долей в количестве крахмала. В категории «поверхность» соотношение образцов равнозначное. Однако предполагаемая закономерность, что крахмал внутри встречается чаще, не подтверждается ни частотой положительных образцов, ни количеством крахмала. В категории «отложения» видно, что крахмал связан с различными отложениями на керамике, а не только с карбонизированными остатками.

Высокое содержание крахмала в отложениях «земля» требует пояснения. Сбор такого образца происходит из оттисков орнамента. При изъятии выскабливается поверхность участка и в образец попадает почва, вероятный микроостаток с поверхности и часть керамического вещества. Дополнительно проверялось содержание крахмала в самой почве. Специально отбиралась часть почвы из оттиска

<sup>5</sup> Образцы отложений отбираются из оттисков орнамента и каверн на поверхности черепка, которые имеют какое-либо видимое заполнение, не вымытое при камеральной обработке. Таким образом, это могут быть нагары, остатки почвы и плёночки. При их извлечении происходит выскабливание поверхности и попадание в образец частиц глины. В отдельных случаях соскабливали только глинистую поверхность.

и с поверхности изломов, не затрагивая зону контакта с поверхностью керамики. Неплотный суглинок и супесь позволяли это легко сделать. В другую группу образцов отбирали остатки почвы с этих же участков с выскабливанием поверхности. Отобранная таким образом почва крахмала не содержала, а вот образцы с почвой на контакте с керамикой содержали (кроме изломов). Впоследствии они добавлены в соответствующие основные пробы. Именно поэтому земля в неровностях рассматривается как покрытие микроостатка и всё отбирается единым образцом.

Во всех категориях контекстов обнаружены сгустки крахмала и отдельные гранулы с признаками механического и термического воздействия. Набор идентифицированных видов совпадает между керамическими комплексами и в сравнении с каменными орудиями там, где они имеются. Сомнений в археологическом происхождении этого крахмала нет, однако причина такого его распределения по поверхностям и относительно высокое количество вне карбонизированных остатков нуждается в объяснении.

Предположено, что причины попадания и сохранения крахмала на внешней поверхности в каком-либо количестве следующие: «грязные» руки, переливы пищи при кипении и засыхание продукта в неровностях поверхности (орнамент, каверны, трещины). Такая консервация могла обеспечить сохранность микроостатка, несмотря на многократную термическую обработку. Если результаты эксперимента продемонстрируют возможность присутствия определяемого крахмала вне нагара на внешних поверхностях после термического воздействия, то эти факторы могут быть приняты во внимание для объяснения наличия крахмала снаружи археологических сосудов.

Моделирование процесса приготвления пищи с учётом наблюдений за крахмалом на керамике и данных этнографии определило ингредиенты, способы их обработки, ход экспериментов. Эксперимент 1 был направлен на установление причин присутствия крахмала на внешних поверхностях вне карбонизированных остатков. В эксперименте 2 наблюдали формирование нагаров с содержанием крахмала. Уровень температуры и время приготовления

Таблица 1

## Распределение крахмала на керамике

| Категория    | Комплексы ЗКТ        | Кроуновка-1 (ранний комплекс) (63 образца/219 гранул крахмала) |             |                  |               | Зайсановка-1 (жйлице) (44 образца/203 гранулы крахмала) |             |             |                  | Клерк-5 РК*, типа Зайсановки-7 (32 образца/278 гранул крахмала) |              |             |             | Клерк-5 слой СКС**, типа Кроуновки-1 (33 образца/1236 гранул крахмала) |               |              |             |             |                  |               |               |
|--------------|----------------------|--|-------------|------------------|---------------|---|-------------|-------------|------------------|---|--------------|-------------|-------------|--|---------------|--------------|-------------|-------------|------------------|---------------|---------------|
|              |                      | Пробы (шт.)  | с крахмалом | % от 63 образцов | крахмал (шт.) | % от 219 шт.  | Пробы (шт.) | с крахмалом | % от 44 образцов | крахмал (шт.)   | % от 203 шт. | Пробы (шт.) | с крахмалом | % от 32 образцов   | крахмал (шт.) | % от 278 шт. | Пробы (шт.) | с крахмалом | % от 33 образцов | крахмал (шт.) | % от 1236 шт. |
| Часть сосуда | венчик               | 22   | 12          | 19               | 54            | 24,5  | 14          | 12          | 27,3             | 76  | 37,4         | 18          | 16          | 50,0   | 221           | 79,5         | 13          | 13          | 39,4             | 242           | 19,6          |
|              |                      | 33   | 23          | 36,5             | 146           | 66,4  | 23          | 19          | 43,2             | 117   | 57,7         | 14          | 14          | 43,8   | 57            | 20,5         | 18          | 18          | 54,5             | 959           | 77,6          |
|              |                      | 8  | 6           | 9,5              | 19            | 8,7   | 7           | 3           | 6,8              | 10  | 4,9          |             |             |  |               |              | 2           | 2           | 6,1              | 35            | 2,8           |
| Поверхность  | снаружи              | 30   | 17          | 27               | 86            | 39,1  | 21          | 19          | 43,2             | 128   | 63,1         | 17          | 16          | 50,0   | 45            | 16,1         | 18          | 18          | 54,5             | 934           | 75,6          |
|              | внутри               | 29   | 23          | 36,5             | 129           | 58,6  | 21          | 15          | 34,1             | 75  | 36,9         | 15          | 14          | 43,8   | 233           | 83,5         | 14          | 14          | 42,4             | 279           | 22,6          |
|              | излом                | 4  | 1           | 1,6              | 4             | 1,8   | 2           | 0           |                  |   |              |             |             |  |               | 1            | 1           | 3,0         | 23               | 1,9           |               |
| Отложения    | нагар (+земля/глина) | 26   | 21          | 33,3             | 136           | 61,8  | 9           | 7           | 15,9             | 40  | 19,7         | 21          | 21          | 65,6   | 249           | 89,2         | 16          | 16          | 48,5             | 306           | 24,8          |
|              |                      | 31   | 17          | 27               | 76            | 34,5  | 28          | 22          | 50               | 129   | 63,5         | 1           | 0           |  |               |              | 9           | 9           | 27,3             | 697           | 56,4          |
|              |                      |  |             |                  |               |   | 2           | 1           | 2,3              | 19  | 9,4          | 10          | 9           | 28,1   | 29            | 10,4         | 6           | 6           | 18,2             | 221           | 17,9          |
|              |                      |  |             |                  |               |   | 6           | 3           | 4,8              | 7   | 3,2          |             |             |  |               |              | 2           | 2           | 6,1              | 12            | 1,0           |

\* РК — раковина куча (неолит)

\*\* СКС — светлого-коричневый суглинок

в качестве значимых факторов не рассматривались и не фиксировались, так как пределы сохранности крахмала уже рассмотрены в упомянутых выше работах.

### Эксперимент 1

Набор ингредиентов и их обработка установлены исходя из находок крахмала на керамике. Просо в кулинарной практике Восточной Азии для варки не измельчают, но оно может крошиться при обрушивании, высвобождая крахмал. Зерновки других злаков (пшеницевых) могли дробиться при очистке или намеренно, что косвенно подтверждается большим количеством сгустков такого крахмала в археологических образцах на каменных орудиях и особенно на керамике. Эквивалентом выбран дроблёный ячмень. Луковицы лилии по этнографическим данным высушивали для хранения и при необходимости измельчали для добавления в супы и похлёбки. Заготовленный жёлудь необходимо было раздробить и измельчить, что подтверждается наличием крахмала жёлудя на тёрочнике из жилища на поселении Кроуновка-1. Просо и ячмень куплены в магазине, лилия и жёлудь собраны самостоятельно. Луковица лилии была сухой. Жёлудь хранился замороженным, поэтому был просто растёрт в плотную массу.

Каждый ингредиент приготавливался отдельно. Сначала он частично измельчался между гальками песчаника. Собранная руками масса помещалась в керамический сосуд и заливалась водой на 2/3 объёма. Сосуд загрязнёнными крахмалом руками помещался в середину костра<sup>6</sup>, чтобы все внешние поверхности подвергались воздействию огня. После закипания и некоторого времени варки сосуд извлекался и остужался естественным образом, чтобы его можно было брать руками. Содержимое удаляли и повторяли процедуру со следующим ингредиентом. Сосуд не мыли, в процессе очистки часть продукта попадала на руки и на кром-

<sup>6</sup>Использовали сухие доски. Реальный температурный режим обеспечивался менее энергоёмким топливом. Предполагалось, что сохранение крахмала при более высоких температурах будет означать, что он сохранится и в менее экстремальных условиях.

ки венчика, которые вытирались ими, руки в ходе всего эксперимента не мыли. В случае сильного кипения допускались переливы с возможностью их высыхания и запекания. Карбонизированные корочки не образовывались. После закладки последнего ингредиента, руки были вымыты, чтобы исключить занос крахмала на внешнюю поверхность. По окончании эксперимента содержимое удалено, сосуд оставлен сохнуть на воздухе и затем помещён в пластиковый пакет (рис. 1: А).

С внешних поверхностей на венчике, тулове и придонной части были собраны образцы для поиска крахмала. Проанализированы сажистые остатки, подсохшая и пригоревшая пена. Во всех случаях был обнаружен идентифицируемый цельный крахмал проса, ячменя, лилии и жёлудя и его сгустки в различной степени разрушения (рис. 1: Б).

Образцы с внутренней поверхности содержали модифицированные гранулы либо в виде отдельных объектов с повреждениями, либо в виде амилопластов с потерявшими внутреннюю структуру гранулами, но сохранивших оболочку. Неповреждённый крахмал относится к образцу проса и представлен лишь сгустками, что, на наш взгляд, связано с прилипшей к стенке зерновкой (рис. 1: А).

### Эксперимент 2

Использованы просо, ячменная дроблёная крупа, овёс (геркулес), говяжий жир и лосось, купленные в магазине. В глиняном сосуде регулярно с апреля по июнь (8 раз) варили крупы, отдельно и в комбинации с жиром и рыбой. Целью было проследить формирование нагаров на внутренней и внешней поверхности в верхней части сосуда, попутно получить дополнительные образцы крахмала после термической обработки. Варка производилась в костре, горшок ставили на плоский камень ближе к огню. При закипании продолжали варить, поддерживая состояние постоянного небольшого бурления в течение 30—60 минут. Периодически добавляли воду для сохранения необходимого уровня.

Первоначально крупы варили отдельно. Многократная и длительная варка

не привела к образованию сколько-нибудь заметного нагара. Даже при переливах и запекании образовавшейся пены устойчивых корочек не образовывалось. После высыхания эти плёнки осыпались со стенок (рис. 2: а). Предположение, что жир способствует формированию плотных отложений на стенках керамики, в этом исследовании не подтвердилось. Говяжий жир при варке вытапливался плохо, даже жировой плёнки на поверхности похлёбки не образовал (рис. 2: б). При варке похлёбки с рыбьим хвостом при переливе снаружи образовалась карбонизированная плёнка, которая при высыхании частично облетела (рис. 2: в, г). Содержимое удаляли, горшок не мыли. Между эпизодами сосуд стоял от недели до двух на улице. За это время остатки в сосуде высыхали и осыпались со стенок в виде тонких плёнок. Получить плотный нагар в зоне венчика как на археологических образцах не удалось (рис. 2: д). Нагар и не карбонизированные плёнки были собраны и исследованы на содержание крахмала. В нагаре определяемых объектов не было. В плёнках обнаружены отдельные гранулы крахмала с потерей

части диагностических признаков и сгустки аморфных очертаний или с отдельными структурными элементами, сохранивших способность вступать в реакцию окрашивания с йодом (рис. 2: е). Подобное свойство наблюдалось и у крахмала с археологической керамики (рис. 2: ё).

Эксперименты показали, что сценариев попадания крахмала на внешние поверхности сосудов и сохранения вне карбонизированных контекстов может быть несколько. Наиболее частыми представляются перенос с рук на различных этапах приготовления пищи, попадание в неровности, засыхание, запекание, неравномерная и недлительная термическая обработка. Это полностью согласуется с физико-химическими причинами сохранности крахмала, отмеченными в предыдущих исследованиях (Henry et al. 2008; Crowther 2012). Другой вывод заключается в том, что нет оснований исключать крахмал из анализа в зависимости от места его обнаружения на керамике, если нет явных признаков его современного происхождения.

Таким образом, при отборе образцов целесообразно придерживаться следующих принципов:



Рис. 2. Эксперимент 2:  
 а — высохшие и облетевшие остатки похлёбки из круп;  
 б — похлёбка с крупой и говяжьим жиром, без новых отложений;  
 в — похлёбка с крупой и рыбой, обильная пена пригорела снаружи под воздействием огня;  
 г — состояние остатков на керамике через неделю;  
 д — макроостатки на венчике археологического сосуда, внутренняя сторона;  
 е — сгустки желатинизированного крахмала и сохранивших оболочку гранул (отмечены стрелками) из плёнок и реакция с йодом;  
 ё — гранулы крахмала в минерализованной массе с доньшка археологического сосуда, реакция с йодом

- при наличии проводить сбор остатков на археологически целых сосудах на разных частях: венчике, тулове, доньшке;
- собирать образцы с двух сторон фрагмента керамики;
- выбирать участки с орнаментом или другими неровностями;
- собирать, кроме нагара, различные виды отложений, в том числе и на одном фрагменте керамики.

Всё это позволит не только набрать достаточное количество материала, но и пополнить статистику методических наблюдений.

### Анализ результатов

В процессе микроскопического исследования крахмала и фиксации объектов учитывают следующие моменты. Для видовой идентификации пригодны неповреждённые гранулы крахмала либо имеющие незначительные и специфические повреждения. Непригодный для определений крахмал всё равно несёт информационную нагрузку, характеризуя функцию сосуда и использование растительных углеводов. В системных наблюдениях это может дать ценную информацию для выводов. Кроме дискретных гранул, в образцах присутствуют различные аморфные и структурные объекты, которые предположительно могут быть крахмалом. Установить их принадлежность к стуткам крахмала не всегда возможно. Для тех объектов, которые имеют однозначные признаки, эксперименты позволили подтвердить некоторые определения. Стутки крахмала связаны с небольшими фрагментами крахмалистых частей растений. Объекты, потерявшие свои основные характеристики, справедливо считать результатом термической обработки в присутствии воды. Стутки же, состоящие из различных или идентифицируемых гранул, — остатки прилипших фрагментов, которые не желатинизировались по различным причинам.

### Интерпретация

Этот этап многоуровневый. Видовая идентификация выводит на оценку значимости различных растительных ресурсов, моделирование хозяйственной де-

ятельности в рамках годового цикла, кулинарные технологии, и функциональное использование сосудов. В конечном итоге этот раздел должен соответствовать поставленной задаче.

Например, в рамках отмеченного исследования обнаруженный на керамике крахмал показал, что углеводная компонента диеты носителей ЗКТ формировалась на основе стабильного набора культурных и диких растений. Первые характеризуют устойчивость традиции культивации у разновременных культурных групп ЗКТ в различных экономических районах. На собирательство же кроме фактора традиции влияют и локальные особенности ресурсной базы, но в основных видах растений оно не отличается. Кулинарные практики в отношении некоторых продуктов оказались устойчивы и сохранились до этнографического времени (Пантюхина, Вострецов 2024; 2024а).

### РЕКОМЕНДАЦИИ

Практические наблюдения показывают, что чем лучше помыт фрагмент керамики, тем меньше вероятность обнаружить крахмал. В случаях чистых черепков неясна причина отсутствия крахмала — это специализация сосуда, отражение кулинарной практики или следствие камеральной обработки. Сохранение информационного потенциала керамики в отношении МАК обеспечивается выполнением несложных рекомендаций.

- Проводить ограниченную очистку перспективных фрагментов керамики от грунта.
- Для археологически целых сосудов желательно сохранять фрагменты разных частей сосуда слабоочищенными.
- Для новых и текущих раскопок производить отбор почвенных образцов на разных стратиграфических уровнях и из современной почвы (достаточно по 10 г на образец). Образцы необходимо высушить, при хранении в пакете сделать перфорацию, чтобы предотвратить развитие плесени. Образцы также могут быть отобраны из почвы, собранной на палинологию или фитоциты.

- Сделать фото с разными участками окружающей раскоп растительности, особенно в местах сбора современной почвы. По возможности описать основные виды растений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Керамика как объект для применения метода анализа крахмала обладает иным информационным потенциалом по сравнению с каменными орудиями. Прежде всего, керамика более точный культурно-хронологический маркер, который позволяет задействовать материалы вне стратиграфического контекста и давности раскопок, пополняя и расширяя данные для сравнительных палеоэкологических и палеоэкономических исследований. Во-вторых, остатки на керамике подкрепляют и дополняют сведения о диете и связанной с ней хозяйственной деятельностью, полученные для каменных орудий. В-третьих, МАК обеспечивает достоверные свидетельства о функции самой керамики.

Находки крахмала в различных контекстах на керамике и эксперименты показывают, что пути попадания этого микроостатка на поверхность сосудов и причины его сохранности разнообразны и не укладываются в единую схему. Поэтому проверка связи крахмала с деятельностью человека через сравнение количествен-

ных показателей по разным параметрам не решает этой задачи. Комплексный подход на основе сопоставления крахмалов из разных горизонтов, современной почвы, с поверхности артефактов и керамики по хронологическому контексту, видовому составу, общему состоянию и видам повреждений обеспечивает возможность достоверно связать микроостатки с хозяйственной деятельностью человека.

Знание процессов, которые лежат в основе формирования микроостатков, поможет археологам максимально использовать возможности МАК применительно к различным археологическим источникам, сформулировать цели и задачи системных палеоэкологических исследований с опорой на этот источник или сохранить его для будущих работ. Предложенные рекомендации направлены на формирование единого подхода к организации исследований с МАК и процедуры сбора образцов, чтобы обеспечить пополнение сравнимых данных по широкому кругу археологических контекстов.

Благодарности: Ю.Е. Вострецову, И.В. Беловой — за конструктивные замечания и обсуждения. Е.И. Гельман и Я.Е. Анзулис — за предоставленные для эксперимента сосуды. Кириллу и Александру Иванчиным, Ульяне и Александру Мурашко, Марии Алексеевой, Вадиму и Николаю Маркиным — за участие и помощь в организации и проведении экспериментов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Вострецов, Ю.Е. 2018. Хронология и пространственное распределение памятников зайсановской культурной традиции в Приморье в контексте природных изменений. *Труды Института истории, археологии и этнографии ДВО РАН*. Т. 20: 40—65.
- Пантюхина, И.Е. 2018. Отработка процедуры исследования древнего крахмала (по материалам поселения Клерк-5, Приморский край). *Труды Института истории, археологии и этнографии ДВО РАН*. Т. 20: 75—84.
- Пантюхина, И.Е. Вострецов, Ю.Е. 2022. Растения в диете первых земледельцев в Приморье: опыт применения метода анализа древнего крахмала. *Краткие сообщения Института археологии*. Вып. 266: 280—296.
- Пантюхина, И.Е. Вострецов, Ю.Е. 2023. Кроуновка 1 — поселение первых земледельцев в Приморье: о чем нам рассказал древний крахмал. *Краткие сообщения Института археологии*. Вып. 270: 384—400.
- Пантюхина, И.Е., Вострецов, Ю.Е. 2024. Растения в диете ранних земледельцев зайсановской культурной традиции на побережье залива Петра Великого (по материалам поселения Клерк 5). *Известия лаборатории древних технологий*. Т. 20, № 4: 8—20.

- Пантюхина, И.Е., Вострецов, Ю.Е. 2024а. Система жизнеобеспечения и годичный хозяйственный цикл первых земледельцев в Приморье (по материалам поселения Кроуновка 1). *Краткие сообщения Института археологии*. Вып. 276: 454—468.
- Пантюхина, И.Е. Дёмина, А.С. 2022. Опыт оценки чистоты археологического кабинета при использовании метода анализа древнего крахмала. *Труды Института истории, археологии и этнографии ДВО РАН*. Т. 35: 180—196.
- Ancient Starch 2006: *Ancient Starch Research*. Walnut Creek: Left Coast Press.
- Atchison, J., Fullagar, R. 1998. Starch Residues on Pounding Implements from Jinmium Rock-Shelter. *A Closer Look: Recent Australian Studies of Stone Tool*. Sydney: Archaeological Computing Laboratory, University of Sydney: 109—125.
- Barton, H., Torrence, R. 2015. Cooking up Recipes for Ancient Starch: Assessing Current Methodologies and Looking to the Future. *Journal of Archaeological Science*. Vol. 56: 194—201.
- Barton, H., Torrence, R., Fullagar, R. 1998. Clues to Stone Tool Function Re-examined: Comparing Starch Grain Frequencies on Used and Unused Obsidian Artefacts. *Journal of Archaeological Science*. Vol. 25: 1231—1238.
- Beck, W., Torrence, R. 2006. Starch Pathways. *Ancient Starch Research*. Walnut Creek: Left Coast Press: 53—75.
- Crowther, A. 2005. Starch Residues on Undecorated Lapita Pottery from Anir, New Ireland. *Archaeology in Oceania*. Vol. 40, no. 2: 62—66.
- Crowther, A. 2012. The Differential Survival of Native Starch during Cooking and Implications for Archaeological Analyses: a Review. *Archaeological and Anthropological Sciences*. Vol. 4: 221—235.
- Crowther, A., Haslam, M., Oakden, N., Walde, D., Mercader, J. 2014. Documenting Contamination in Ancient Starch Laboratories. *Journal of Archaeological Science*. Vol. 49: 90—104.
- Haslam, M. 2004. The Decomposition of Starch Grains in Soils: Implications for Archaeological Residue Analyses. *Journal of Archaeological Science*. Vol. 31: 1715—1734.
- He Yahui, Zhao Haitao, Liu Li, Xu Hong 2022. Brewing and Serving Alcoholic Beverages to Erlitou Elites of Prehistoric China: Residue Analysis of Ceramic Vessels. *Frontiers in Ecology and Evolution*. Vol. 10: 845065.
- Henry, A.G., Hudson, H.F., Piperno, D.R. 2008. Changes in Starch Grain Morphologies from Cooking. *Journal of Archaeological Science*. Vol. 36, no. 3: 915—922.
- Liu Li, Wang Jiajing, Liu Huifang 2020. The Brewing Function of the First Amphorae in the Neolithic Yangshao Culture, North China. *Archaeological and Anthropological Sciences*. Vol. 12: 1—15.
- Ma Zhikun, Zhang Chi, Li Quan, Perry, L., Yang Xiaoyan 2017. Understanding the Possible Contamination of Ancient Starch Residues by Adjacent Sediments and Modern Plants in Northern China. *Sustainability*. Vol. 9, no. 5: 1—15.
- Messner, T.C., Schindler, B. 2010. Plant Processing Strategies and Their Affect upon Starch Grain Survival when Rendering *Peltandra virginica* (L.) Kunth, Araceae Edible. *Journal of Archaeological Science*. Vol. 37: 328—336.
- Miller, M.J., Whelton, H.L., Swift, J.A., Maline, S., Hammann, S., Cramp, L.G.E., McCleary, A., Taylor, G., Vacca, K., Becks, F., Evershed, R.E., Hastorf, C.A. 2020. Interpreting Ancient Food Practices: Stable Isotope and Molecular Analyses of Visible and Absorbed Residues from a Year-long Cooking Experiment. *Scientific Reports*. Vol. 10: 13704.
- Musaubach, M.G., Berón, M.A. 2017. Food Residues as Indicators of Processed Plants in Hunter-gatherers' Pottery from La Pampa (Argentina). *Vegetation History and Archaeobotany*. Vol. 26: 111—123.
- Saul, H., Wilson, J., Heron, C.P., Glykou, A., Hartz, S., Craig, O.E. 2012. A Systematic Approach to the Recovery and Identification of Starches from Carbonised Deposits on Ceramic Vessels. *Journal of Archaeological Science*. Vol. 39: 3483—3492.
- Therin, M. 1998. The Movement of Starch Grains in Sediments. *Frontiers of Landscape Archaeology*. London: Routledge: 61—72.
- Therin, M.R., Fullager, R., Torrence, R. 1999. Starch in Sediment: a New Approach to the Study of Subsistence and Land Use in Papua New Guinea. *Prehistory of Food*. London: Routledge: 438—462.
- Thomas, D. J., Atwell, W. A. 1999. *Starches*. St Paul: Eagan Press.

- Valamoti, S.M., Samuel, D., Bayram, M., Marinova, E. 2008. Prehistoric Cereal Foods from Greece and Bulgaria: Investigation of Starch Microstructure in Experimental and Archaeological Charred Remains. *Vegetation History and Archaeobotany*. Vol. 17: 265—276.
- Wang Jiajing, Liu Li, Ball, T., Yu Linjie, Li Yuanqing, Xing Fulai 2016. Revealing a 5,000-y-old Beer Recipe in China. *PNAS*. Vol. 11, no. 2: 6444—6448.
- Wang Jiajing, Zhao Xueye, Wang Hui, Liu Li. 2019. Plant Exploitation of the First Farmers in Northwest China: Microbotanical Evidence from Dadiwan. *Quaternary International*. Vol. 529: 3—9.
- Yang Xiaoyan, Ma Zhikun, Wang Tao, Perry, L., Li Quan, Huan Xiujia 2014. Starch Grain Evidence Reveals Early Pottery Function Cooking Plant Foods in North China. *Chinese Science Bulletin*. Vol. 59: 4352—4358.
- Zarrillo, S., Pearsall, D.M., Raymond, J.S., Tisdale, M.A., Quon, D.J. 2008. Directly Dated Starch Residues Document Early Formative Maize (*Zea mays* L.) in Tropical Ecuador. *PNAS*. Vol. 105, no. 13: 5006—5011.

## REFERENCES

- Vostretsov, Yu.E. 2018. Khronologiya i prostranstvennoe raspredelenie pamyatnikov zaysanovskoy kul'turnoy traditsii v Primor'e v kontekste prirodnykh izmeneniy [Chronology and Spatial Distribution of Sites of Zaisanovskaya Cultural Tradition in Primorye Region in Context of Changes of Natural Conditions]. *Trudy Instituta istorii, arkheologii i etnografii DVO RAN*, vol. 20: 40—65. (In Russ.)
- Pantyukhina, I.E. 2018. Otrabotka protsedury issledovaniya drevnego krakhmala (po materialam poseleniya Klerk-5, Primorskiy kray) [Development of the Procedure of Research of Ancient Starch (by Materials of Klerk-5 Site, Primorye Region)]. *Trudy Instituta istorii, arkheologii i etnografii DVO RAN*, vol. 20: 75—84. (In Russ.)
- Pantyukhina, I.E., Vostretsov, Yu.E. 2022. Rasteniya v diete pervykh zemledel'tsev v Primor'e: opyt primeneniya metoda analiza drevnego krakhmala [Plants in the Diet of the First Farmers in Primorye: Experience in Applying Analysis of the Ancient Starch]. *Kratkiye soobshcheniya Instituta arkheologii*, vol. 266: 280—296. (In Russ.)
- Pantyukhina, I.E., Vostretsov, Yu.E. 2023. Krounovka 1 — poselenie pervykh zemledel'tsev v Primor'e: o chem nam rasskazal drevniy krakhmal [Krounovka 1 — the Site of the First Farmers in Primorye: What Did Ancient Starch Tell Us about]. *Kratkiye soobshcheniya Instituta arkheologii*, vol. 270: 384—400. (In Russ.)
- Pantyukhina, I.E., Vostretsov, Yu.E. 2024. Rasteniya v diete rrannikh zemledel'tsev zaysanovskoy kul'turnoy traditsii na poberezh'e zaliva Petra Velikogo (po materialam poseleniya Klerk 5) [Plants in the Diet of the Early Farmers of the Zaisanovsky Cultural Tradition on the Coast of the Peter the Great Bay (on Materials from the Klerk-5 Site)]. *Izvestiya laboratorii drevnikh tekhnologiy*, vol. 20, no. 4: 8—20. (In Russ.)
- Pantyukhina, I.E., Vostretsov, Yu.E. 2024a. Sistema zhizneobespecheniya i godichnyy khozyaystvennyy tsikl pervykh zemledel'tsev v Primor'e (po materialam poseleniya Krounovka 1). [Reconstruction of the Economy and Annual Subsistent Cycle of the First Farmers in Primorye (Based on the Krounovka 1 Settlement Assemblage)]. *Kratkiye soobshcheniya Instituta arkheologii*, iss. 276: 454—468. (In Russ.)
- Pantyukhina, I.E., Demina, A.S. 2022. Opyt otsenki chistoty arkheologicheskogo kabineta pri ispol'zovanii metoda analiza drevnego krakhmala [Experience in Contamination Level Assessment in the Archaeological Office Studying Ancient Starch]. *Trudy Instituta istorii, arkheologii i etnografii DVO RAN*, vol. 35: 180—196. (In Russ.)
- Ancient Starch 2006: *Ancient Starch Research*. Walnut Creek, Left Coast Press. (In Eng.)
- Atchison, J., Fullagar, R. 1998. Starch Residues on Pounding Implements from Jinmium Rock-Shelter. *A Closer Look: Recent Australian Studies of Stone Tool*. Sydney, Archaeological Computing Laboratory, University of Sydney Publ.: 109—125. (In Eng.)
- Barton, H., Torrence, R. 2015. Cooking up Recipes for Ancient Starch: Assessing Current Methodologies and Looking to the Future. *Journal of Archaeological Science*, vol. 56: 194—201. (In Eng.)
- Barton, H., Torrence, R., Fullagar, R. 1998. Clues to Stone Tool Function Re-examined: Comparing Starch Grain Frequencies on Used and Unused Obsidian Artifacts. *Journal of Archaeological Science*, vol. 25: 1231—1238. (In Eng.)

- Beck, W., Torrence, R. 2006. Starch Pathways. *Ancient Starch Research*. Walnut Creek, Left Coast Press: 53—75. (In Eng.)
- Crowther, A. 2005. Starch Residues on Undecorated Lapita Pottery from Anir, New Ireland. *Archaeology in Oceania*, vol. 40, no. 2: 62—66. (In Eng.)
- Crowther, A. 2012. The Differential Survival of Native Starch during Cooking and Implications for Archaeological Analyses: a Review. *Archaeological and Anthropological Sciences*, vol. 4: 221—235. (In Eng.)
- Crowther, A., Haslam, M., Oakden, N., Walde, D., Mercader, J. 2014. Documenting Contamination in Ancient Starch Laboratories. *Journal of Archaeological Science*, vol. 49: 90—104. (In Eng.)
- Haslam, M. 2004. The Decomposition of Starch Grains in Soils: Implications for Archaeological Residue Analyses. *Journal of Archaeological Science*, vol. 31: 1715—1734. (In Eng.)
- He Yahui, Zhao Haitao, Liu Li, Xu Hong 2022. Brewing and Serving Alcoholic Beverages to Erlitou Elites of Prehistoric China: Residue Analysis of Ceramic Vessels. *Frontiers in Ecology and Evolution*, vol. 10: 845065. (In Eng.)
- Henry, A.G., Hudson, H.F., Piperno, D.R. 2008. Changes in Starch Grain Morphologies from Cooking. *Journal of Archaeological Science*, vol. 36, no. 3: 915—922. (In Eng.)
- Liu Li, Wang Jiajing, Liu Huifang 2020. The Brewing Function of the First Amphorae in the Neolithic Yangshao Culture, North China. *Archaeological and Anthropological Sciences*, vol. 12: 1—15. (In Eng.)
- Ma Zhikun, Zhang Chi, Li Quan, Perry, L., Yang Xiaoyan 2017. Understanding the Possible Contamination of Ancient Starch Residues by Adjacent Sediments and Modern Plants in Northern China. *Sustainability*, vol. 9, no. 5: 1—15. (In Eng.)
- Messner, T.C., Schindler, B. 2010. Plant Processing Strategies and Their Affect upon Starch Grain Survival when Rendering *Peltandra virginica* (L.) Kunth, Araceae Edible. *Journal of Archaeological Science*, vol. 37: 328—336. (In Eng.)
- Miller, M.J., Whelton, H.L., Swift, J.A., Maline, S., Hammann, S., Cramp, L.G.E., McCleary, A., Taylor, G., Vacca, K., Becks, F., Evershed, R.E., Hastorf, C.A. 2020. Interpreting Ancient Food Practices: Stable Isotope and Molecular Analyses of Visible and Absorbed Residues from a Year-long Cooking Experiment. *Scientific Reports*, vol. 10: 13704. (In Eng.)
- Musaubach, M.G., Berón, M.A. 2017. Food Residues as Indicators of Processed Plants in Hunter-gatherers' Pottery from La Pampa (Argentina). *Vegetation History and Archaeobotany*, vol. 26: 111—123. (In Eng.)
- Saul, H., Wilson, J., Heron, C.P., Glykou, A., Hartz, S., Craig, O.E. 2012. A Systematic Approach to the Recovery and Identification of Starches from Carbonised Deposits on Ceramic Vessels. *Journal of Archaeological Science*, vol. 39: 3483—3492. (In Eng.)
- Therin, M. 1998. The Movement of Starch Grains in Sediments. *Frontiers of Landscape Archaeology*. London, Routledge Publ.: 61—72. (In Eng.)
- Therin, M.R., Fullager, R., Torrence, R. 1999. Starch in Sediment: a New Approach to the Study of Subsistence and Land Use in Papua New Guinea. *Prehistory of Food*. London, Routledge Publ.: 438—462. (In Eng.)
- Thomas, D. J., Atwell, W. A. 1999. *Starches*. St Paul, Eagan Press. (In Eng.)
- Valamoti, S.M., Samuel, D., Bayram, M., Marinova, E. 2008. Prehistoric Cereal Foods from Greece and Bulgaria: Investigation of Starch Microstructure in Experimental and Archaeological Charred Remains. *Vegetation History and Archaeobotany*, vol. 17: 265—276. (In Eng.)
- Wang Jiajing, Liu Li, Ball, T., Yu Linjie, Li Yuanqing, Xing Fulai 2016. Revealing a 5,000-year-old Beer Recipe in China. *PNAS*, vol. 11, no. 2: 6444—6448. (In Eng.)
- Wang Jiajing, Zhao Xueye, Wang Hui, Liu Li 2019. Plant Exploitation of the First Farmers in Northwest China: Microbotanical Evidence from Dadiwan. *Quaternary International*, vol. 529: 3—9. (In Eng.)
- Yang Xiaoyan, Ma Zhikun, Wang Tao, Perry, L., Li Quan, Huan Xiujia 2014. Starch Grain Evidence Reveals Early Pottery Function Cooking Plant Foods in North China. *Chinese Science Bulletin*, vol. 59: 4352—4358. (In Eng.)
- Zarrillo, S., Pearsall, D.M., Raymond, J.S., Tisdale, M.A., Quon, D.J. 2008. Directly Dated Starch Residues Document Early Formative Maize (*Zea mays* L.) in Tropical Ecuador. *PNAS*, vol. 105, no. 13: 5006—5011. (In Eng.)

Дата поступления в редакцию 11.12.2024