

# Отработка процедуры исследования древнего крахмала (по материалам поселения Клерк-5, Приморский край)

**И.Е. Пантюхина,**

младший научный сотрудник, Институт истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока ДВО РАН, Владивосток

Данная работа является примером исследовательской процедуры применяемой при использовании метода анализа ископаемого крахмала. Показаны основные этапы изучения микроостатков на поверхности древних орудий. С помощью этого метода удалось идентифицировать несколько видов культурных злаков и таким образом установить сохранение традиции земледелия у первых земледельцев зайсановской культурной традиции после миграции их групп из континентального Приморья на побережье в период 4800—4500 л.н.

**Ключевые слова:** археология микроостатков, метод анализа древнего крахмала, первые земледельцы зайсановской культурной традиции.

## DEVELOPMENT OF THE PROCEDURE OF RESEARCH OF ANCIENT STARCH (BY MATERIALS OF KLERK-5 SITE, PRIMORYE REGION)

**I.E. Pantyukhina,** Institute of History, Archaeology and Ethnography of the Peoples of the Far East, FEB RAS, Vladivostok, Russia

This work is a sample of researching procedure used for analysis of fossil starch. Main stages of examination of microscopic remains on the surface of ancient tools are shown. With this method of analysis we have managed to identify several species of cultivated cereals and thus to establish the preservation of agricultural tradition at first farmers of Zaisanovskaya culture tradition after migration of their groups from continental part of Primorye to the coastal area in period of 4800—4500 years ago.

**Key words:** archaeology of microscopic remains, method of analysis of ancient starch, first farmers of Zaisanovskaya culture tradition.

**М**етод анализа древнего крахмала как средство получения фактов и свидетельств об использовании людьми растений в древности впервые начал применяться в зарубежной археологии. Он органично вписался в актуальное направление — археологию микроостатков, которая

представляет собой новую ступень углублённого изучения экологии древнего человека посредством выявления и исследования микроостатков веществ (липиды, фитолиты, крахмал, протеины на керамике, камне и т.п.).

В России полный цикл применения этого метода (материалы, оборудование, специалисты) осуществляется пока только на артефактах из Приморья. В ходе отработки методики удалось установить наличие крахмала на артефактах, его хорошую сохранность и информативность, подтвердить, что гранулы крахмала, найденные на орудиях, связаны с использованием орудий, а не с вмещающей их почвой.

Цель данной работы — детально показать исследовательскую процедуру метода на конкретном археологическом материале.

Основные этапы исследовательской процедуры при использовании метода анализа крахмала отражены на рис. 1. На нём в прямоугольных блоках представлены источники информации для построения гипотезы и её проверки. Пронумерованными стрелками показана последовательность процедуры и направление движения информации. Прерывистые стрелки отмечают информацию второстепенного значения. Далее каждый этап будет рассмотрен более детально на конкретном примере.

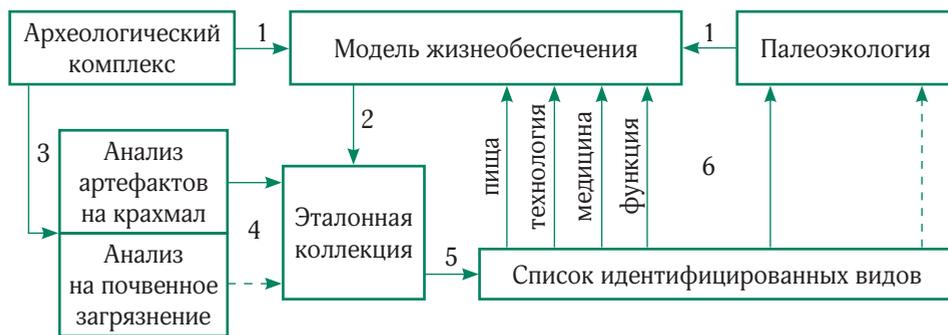


Рис. 1. Основные этапы применения метода исследования крахмала. 1. Создание гипотезы. Постановка исследовательской задачи. 2. Формирование эталонной коллекции. 3. Извлечение крахмала с поверхности артефактов и из почвенных образцов для оценки уровня почвенного загрязнения. 4. Идентификация крахмала. 5. Формирование списка идентифицированных видов. 6. Подтверждение/коррекция/опровержение гипотезы. Создание модели жизнеобеспечения

**1. Создание модели, построение гипотезы.** Уже некоторое время объектом нашего исследования ископаемого крахмала являются каменные орудия из материалов памятника Клерк-5 (автор раскопок Ю.Е. Вострецов). Артефакты обнаружены в слое светло-коричневой супеси (СКС), который датируется 4800—4500 л.н. и относится к этапу расселения первых земледельцев зайсановской культурной традиции (ЗКТ) из континентальных районов Приморья (Кроуновка-1) на морское побережье. По результатам флотации на памятнике Кроуновка-1 эта группа людей культивировала *Setaria italica*, *Panicum miliaceum*, *Echinochloa crus-gall*, *Perilla sp.* (Krounovka 1 Site ..., 2004). Предстояло выяснить,

удалось ли переселенцам сохранить земледельческую традицию при освоении и эксплуатации новых прибрежных ресурсов.

**2. Формирование эталонной коллекции.** Эталонная коллекция является ключевым инструментом для идентификации гранул крахмала. Её формирование проходит в несколько последовательных шагов: проектирование коллекции; сбор растительного материала; приготовление образцов и слайдов; создание банка изображений крахмала эталонных видов.

Содержание эталонной коллекции должно соответствовать исследовательским задачам. Изучение доместикации требует одного или нескольких растительных видов вместе с родственными видами для сравнения. Для изучения диеты понадобится коллекция всех возможных хозяйственных растений в регионе в период, когда формировались археологические отложения.

Решено было не ограничиваться эталонами уже установленных в предыдущих палеоботанических работах видов растений, а сформировать обширную коллекцию крахмала съедобных растений, которые произрастают в регионе в настоящее время. Эта коллекция сейчас насчитывает 57 эталонов. Большая часть из них относится как к культурным, так и диким разновидностям злаков. Присутствуют несколько видов бобовых, произрастающих в Приморье в диком виде, а также дикоросы: орехи, жёлуди, луковичные, папоротники.

**3. Отбор проб ископаемого крахмала на анализ.** По типологии из слоя СКС отобрано семи артефактов, предположительно использовавшихся для растирания растений. Трасологический анализ шести из них, проделанный Н.Н. Скакун, зафиксировал следы, характерные для этих функций. Осмотр поверхности орудий под биноклем не выявил каких-либо заметных органических остатков. Отбор проб на крахмал проходил в два этапа: сначала по точкам на поверхности орудий, а затем после отмывки орудий в ультразвуковой ванне в течение 15 минут. Первый способ можно обозначить как экспресс-тест. Второй способ более длительный и трудоёмкий, связан с экстракцией крахмала с помощью тяжёлой жидкости из смеси воды с почвенной и минеральной фракцией, которая получается после отмывки орудия в ультразвуковой ванне. Наибольшее количество крахмала получено вторым способом.

Изготовленные слайды просматривались под микроскопом проходящего света в режиме поляризации, светлого поля и DIC-контраста. В этих же режимах проводилась фотофиксация объектов (Пантюхина, Вострецов, 2015).

Описание гранул ископаемого и эталонного крахмала производилось по следующим установленным критериям: форма, линейные размеры, проложенные через точку ядра, положение хилума (ядра), наличие граней, бугров на поверхности, форма и расположение трещин, складок, слоистость, наличие и форма поляризационного креста, угол схождения и форма лучей креста. По этим же критериям описаны образцы из эталонной коллекции растений.

Гранулы, повреждённые механическими, химическими, термальными процессами, имеют частично или полностью разрушенную внутреннюю структуру, разрыв внешней оболочки, вызывающий распад гранулы на части. Вследствие этого зёрна крахмала могут менять морфологию и размеры, утратить полностью или частично поляризационный крест. Всё это затрудняет или делает невозможной идентификацию таких гранул.

**4. Идентификация крахмала.** Идентификация ископаемого крахмала представляет собой процедуру его сравнения с эталонными образцами. Визуальная оценка сходства — субъективный и ненадёжный критерий. Объективно выделяются несколько характеристик крахмального зерна (см.: пункт 3 — *И.П.*), при помощи которых можно обоснованно идентифицировать крахмал до определённого таксономического уровня (вида, рода, семейства).

Одна из распространённых сложностей идентификации — схожесть крахмала у некоторых таксонов в пределах рода, семейства. Тогда необходимо более кропотливо работать с эталонами для выявления тех критериев, которые могли бы коррелироваться с тем или иным таксоном.

**Анализ крахмала.** К настоящему моменту полностью обработаны пробы крахмала с шести из семи орудий с общим количеством зёрен крахмала 1214 шт., включая разрушенные гранулы и мелкие неидентифицируемые зёрна.

По описанным выше критериями и признакам удалось выделить три типа крахмальных зёрен, относящихся к злаковым культурам.

Тип I. Просовые (*Panicaceae*). Крахмальные зёрна этого типа характеризуются общей округлой формой, наличием сильно выраженных граней на поверхности зерна. Хилум (ядро) в центре. Поляризационный крест прямой (+), лучи креста, как правило, прямые, иногда с искривлениями на концах из-за гранёной поверхности зерна. Размерный ряд в пределах 4—16 мкм (рис. 2).

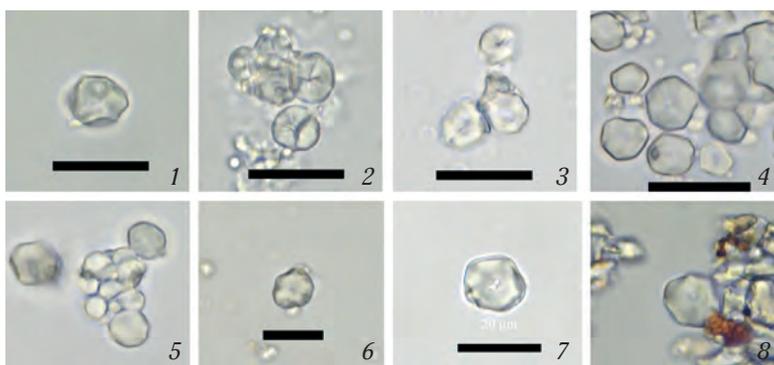


Рис. 2. Эталоны злаков семейства Просовые (*Panicaceae*) и ископаемый крахмал типа I. 1. *Setaria italica*, 2. *Setaria glauca*, 3. *Setaria viridis*, 4. *Panicum miliaceum*, 5. *Echinochloa crus-galli*, 6—8. Ископаемый крахмал типа I с 3 различных орудий. Масштабная линейка 20 мкм. Изображения без линейки масштабированы с предыдущим. Режим съёмки — проходящий свет, белое поле

Обнаруженные гранулы имеют схожесть по морфо-размерным признакам с *Setaria italica* (рис. 2: 6) и *Panicum miliaceum* (рис. 2: 7–8). Общее количество крахмала этого типа в общей массе ничтожно — 9 шт. (на трёх орудиях). В обработке в настоящее время находится проба с седьмого орудия с общим количеством крахмала более 1500 шт. Вероятно, количество крахмала типа I увеличится и коллекция ископаемого крахмала этого типа будет более представительной.

Тип II. Гаолян (*Sorghum bicolor*) (?). Крахмал второго типа был обнаружен в виде двух сгустков на одном орудии. Зёрна характеризуются вариативностью форм: округлая, овоид, неправильный многогранник<sup>1</sup>. Хилум в центре. X, Y, T-образные трещины разной степени выраженности, проходящие через ядро. Поляризационный крест прямой, лучи прямые. Размерный ряд в пределах 10–28 мкм (рис. 3).

Этот крахмал был определён как сорго, более известный в дальневосточном регионе под названием гаолян. Находка необычная и потребовала пристального изучения и дополнительных исследований.

В нашей эталонной коллекции присутствует три вида сорго: *Sorghum bicolor*, *Sorghum orange* and *Sorghum sacharatum*. Первый из них распространён только в Центральном и Северо-Восточном Китае, Корее, Японии и Индии. Считается, что этот вид был окультурен на территории Индии и Китая несколько тысячелетий назад (Вавилов, 1987). Другие два вида сорго рассматривались для оценки вариативности форм крахмала в пределах рода.

Удалось установить, что наибольшей вариативностью форм гранул крахмала из трёх видов обладает *Sorghum bicolor*. Все установленные для эталонного образца формы зёрен, трещин, их ориентация присутствовали и в изучаемом объекте — скоплении крахмала. Также

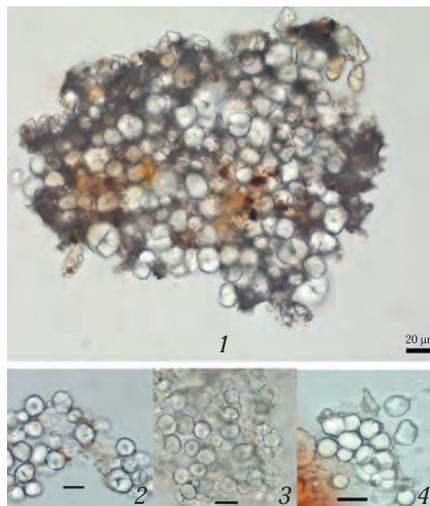


Рис. 3. Скопление крахмала типа II и эталоны сорго. 1. Скопление ископаемого крахмала с поверхности тёрочного орудия. 2–5: современный крахмал сорго (гаолян). 2 — *Sorghum nervosum* [syn. *Sorghum bicolor*], 3 — *Sorghum orange*, 4 — *Sorghum sacharatum*. Масштабная линейка 20 мкм. Режим съёмки — проходящий свет, белое поле

<sup>1</sup> Нужно учитывать, что гранулы крахмала — трёхмерные объекты, а форму зерна мы описываем в двумерной проекции, как плоский объект. И если форма гранулы отличается от сферы, то у гранулы в разных положениях будет разная видимая форма. Работа с эталонами даёт возможность учитывать такие нюансы при работе с ископаемыми образцами, в случае если зерно крахмала не удастся повернуть и оценить его трёхмерную форму, и не плодить описания многочисленных вариаций форм. Другое дело, если у определённого вида растения крахмал имеет несколько типов форм крахмальных зёрен, как в данном случае.

было проведено сопоставление размерного ряда эталонов *Sorghum sp.*, *Setaria sp.*, *Panicum sp.*, *Echinochloa sp.* и крахмала II типа (рис. 4). Окончания вертикальных линий показывают минимальные и максимальные размерные значения. Прямоугольники отражают распределение размеров для 95% зёрен в образцах. По диаграмме на рис. 4 видно, что размерный ряд крахмала типа II соответствует *Sorghum sp.* Крахмал данного типа был обнаружен только на одном орудии в количестве 48 шт.

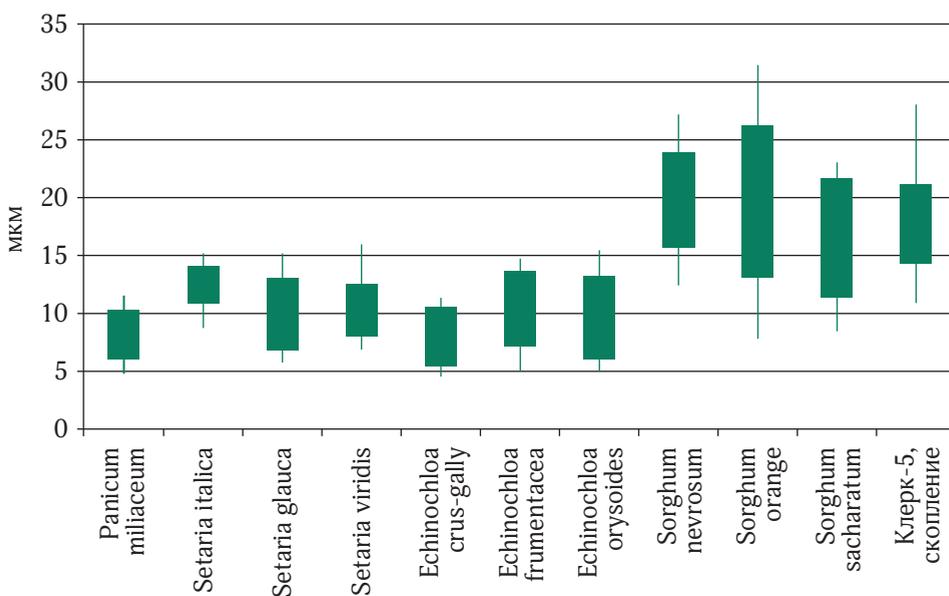


Рис. 4. Сравнение размерных вариаций крахмала типа II и современных видов *Sorghum sp.* и *Paniceae*

Тип III. Ячмень (*Hordeum sp.*). Крахмальные зёрна этого типа имеют округлую форму в плане и линзовидную в боковой проекции. Хилум в центре. У крупных гранул часто наблюдаются ламели (слои). Поляризационный крест скошенный (X), лучи незначительно изогнуты по дуге. В месте пересечения лучи чётко очерчены, у кромок размыты. Размерный ряд разбивается на две группы: мелкие и крупные (4–40 мкм) (рис. 5). Этот тип крахмала соотносится со злаками трибы Пшенициевых (*Triticeae*) подсемейства Мятликовые (сюда относятся пшеница, ячмень, рожь, многие дикие злаки). Крахмал растений этого таксона имеет одну общую особенность — гранулы разделяются по размеру на две группы: очень крупные и очень мелкие, гранулы средних размеров почти отсутствуют. Морфология и другие признаки отличаются незначительно, но с учётом комплекса признаков возможна идентификация до вида.

Крахмал третьего типа был обнаружен в виде сгустка на фрагменте тёрочного орудия (рис. 5: 1), группы зёрен (рис. 5: 2) и разрозненных гранул на другом орудии (рис. 5: 3, 4). Весь крахмал этого типа имеет повреждения, что вызвало затруднения при идентификации. Рассматривались

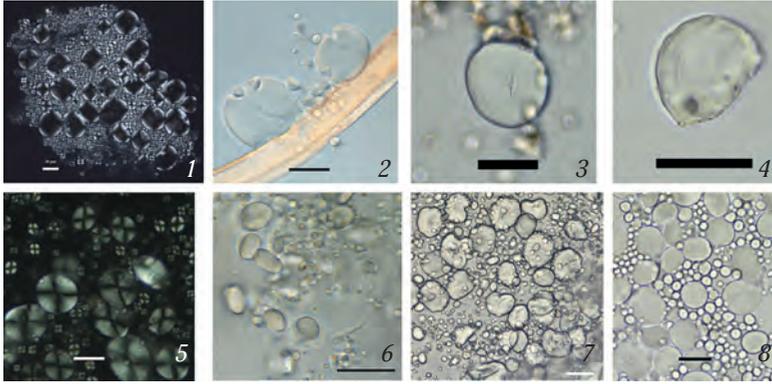


Рис. 5. Ископаемый крахмал типа III и современные эталоны Пшеницевых (*Triticeae*). 1—4: ископаемый крахмал типа III. 5. современный крахмал *Triticum sp.*, 6. современный крахмал *Hordeum jubatum*, 7. современный крахмал *Elymus sibiricus*, 8. современный крахмал *Hordeum sp.* Масштабная линейка 20 мкм. Режим съёмки: 1, 5 — поляризация, проходящий свет, 2 — DIC контраст, проходящий свет, 3, 4, 6—8 — белое поле, проходящий свет

пшеница (*Triticum sp.*), несколько видов ячменя (*Hordeum sp.*) и пырейника (*Elymus sp.*) как одного из распространённых диких злаков этого подсемейства. Дифференциация крахмала у злаков указанных родов значительно затруднена из-за морфологической схожести крахмала и отмеченной выше особенности размерного ряда. Нашей удачей оказалось то, что обнаруженный крахмал был в сгустке, который можно рассматривать как репрезентативную выборку. Эталоны трёх видов пырейника не подошли по ряду морфологических признаков: видимые края зёрен имеют неровные очертания, форма тяготеет к овалу, овоиду, фасолине, в боковой проекции видно, что многие гранулы как бы скручены, что придаёт своеобразие их морфологии (рис. 5: 7). Эталон пшеницы показал несоответствие размерным особенностям образца (рис. 5: 5; 6). По комплексу морфометрических признаков ископаемый крахмал типа III близок эталону ячменя (рис. 5; 6).

На территории Приморья произрастает дикий вид ячменя *Hordeum jubatum* (ячмень гривастый). Крахмал этой дикой формы злака отличается от культурной: во-первых, морфологией гранул крахмала, которые более тяготеют к форме овала, в отличие от округлой у культурного ячменя, во-вторых, размерами. Сравнение размерного ряда ископаемых образцов крахмала с эталонами культурного ячменя показало расхождение в большую сторону для древнего крахмала. Этот факт не стоит рассматривать как противоречие, потому что повреждения гранул вызывает увеличение их размеров.

Поиск критериев для разделения крахмала культурных форм пшеницевых злаков выявил одну особенность у культурного ячменя, связанную с размерным рядом зёрен крахмала, — отсутствие гранул среднего

размера. У других злаков наблюдается лишь снижение частоты встречаемости гранул среднего размера. У исследуемого скопления удалось зафиксировать размерную особенность культурного ячменя (рис. 6).

Крахмал типа III был обнаружен на трёх орудиях в количестве 73 шт.

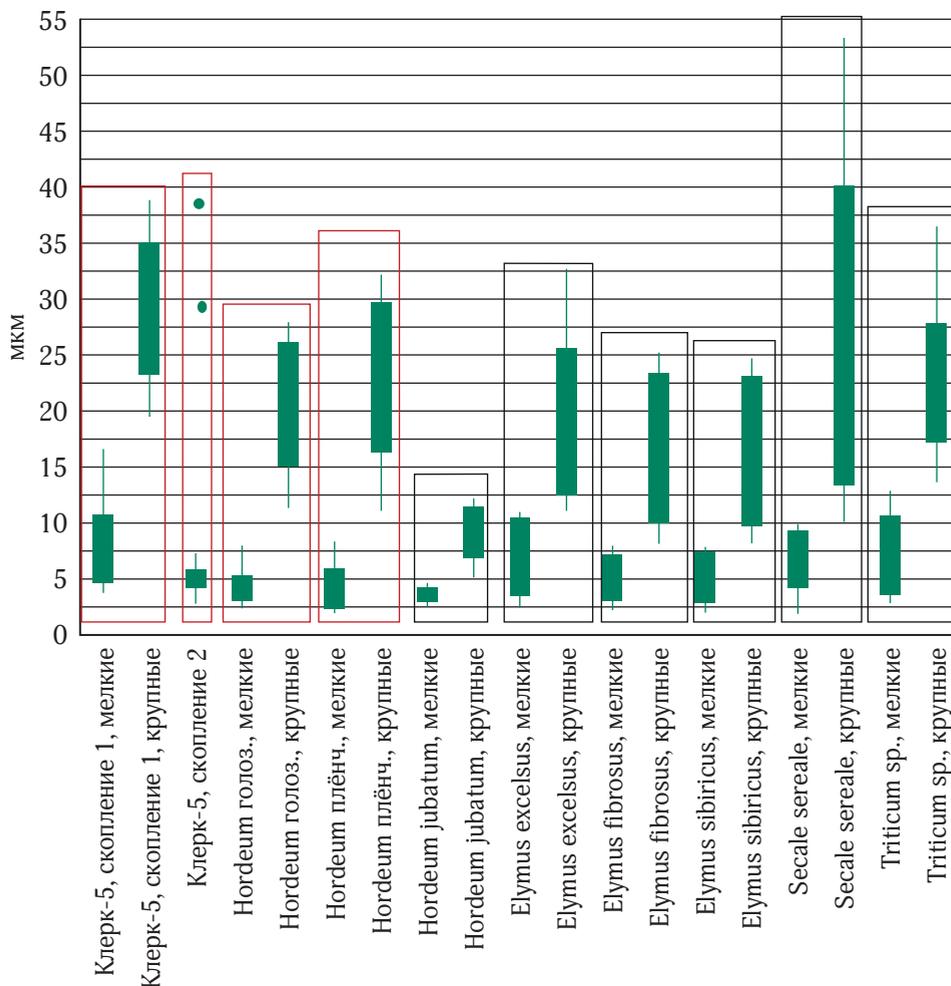


Рис. 6. Сравнение размерных вариаций крахмала типа III и современных видов Пшеницевых (*Triticeae*)

**5. Список идентифицированных видов.** Таким образом, удалось выделить 3 типа крахмала злаковых культур, которые удалось идентифицировать. Это просовые злаки, гаолян и культурный ячмень.

Крахмал просовых в отсмотренных пробах хоть и малочислен, но служит подтверждением того, что, по крайней мере, *Setaria italica* и *Panicum miliaceum* были в составе культурных растений, обрабатываемых каменными орудиями на этом памятнике.

Что касается гаоляна, то пока неизвестны публикации о находках карбонизированного гаоляна или его крахмала в Восточной Азии. Потому данное определение остаётся единичным.

Находка ячменя (в виде крахмала) не является уникальной. В настоящее время сформировалось две точки зрения на появление культурного ячменя на территории Китая. Первая, традиционная, рассматривает окультуренный ячмень, как пришедший с территории Ближнего Востока. Находки на территории Северо-Западного Китая удревнили рубеж проникновения ячменя в Китай до 4650—4000 л.н. (Li et al., 2007; Li et al., 2013).

Альтернативная теория основывается на последних филогенетических исследованиях ячменя, согласно которым дикие предки ближневосточной и тибетской форм ячменя разошлись около 3 млн л.н. С высокой степенью вероятности можно предполагать, что ячмень был одомашнен в Тибете и прилегающих районах, после чего распространился в районы с умеренным климатом (Dai et al., 2012). Эта теория отлично подтверждается фактами обнаружения крахмалов, относимых к трибе Пшенициевых (*Triticeae*), на орудиях из комплексов, датированных финалом плейстоцена — началом голоцена на территории Северо-Восточного Китая. Как правило, крахмал подобного вида идентифицируют как колосняк (*Agropyron sp.*) и пырейник (*Elymus sp.*) — дикие злаки, широко распространённые в Китае и на Дальнем Востоке. Однако коллектив учёных из Китая после детальных исследований по дифференциации крахмала диких и одомашненных форм злаков трибы Пшенициевых (*Triticeae*) уверенно заявил, что им удалось установить факт обработки ячменя и колосняка на памятнике Donghulin (11 150—10 500 кал. л.н.), расположенном на окраине северокайтайской равнины (Yang et al., 2012; Yang et al., 2013).

**6. Подтверждение/коррекция/опровержение гипотезы.** Обитатели памятника на данном этапе определённо культивировали ячмень, который обладает высокой адаптивной способностью, что позволяет выращивать его в самых крайних условиях: высоко в горах и на степных просторах, при высокой влажности и в засушливом климате. Ещё одно полезное свойство ячменя — высокая скороспелость, что делает его самой северной культурой (Железнов и др., 2013). Подобные характеристики показывают, что этот злак достаточно устойчив и неприхотлив ко всем капризам прибрежного климата, что делает его достаточно ценным ресурсом. В то же время пока нет данных о знакомстве с ячменём населения памятника Кроуновка-1, откуда предположительно пришли обитатели, оставившие отложения СКС памятника Клерк-5.

Наличие крахмала просовых видов указывает на то, что население не оставило традиции употребления зерна этих злаков в пищу. Идентификация с культурными видами проведена по единичным ископаемым гранулам, что обоснованно может вызывать сомнения. Но в Приморье также распространены дикие виды просовых, которые являются рудеральными и сорными растениями, они схожи с культурными формами и так же съедобны. Как правило, эти виды растут на полях, у дорог, по берегам водоёмов, на пустырях и в населённых пунктах, чаще всего на песчаных почвах (Тихомиров и др., 2002). Вполне вероятно, что они могли употребляться в пищу вместе с культурными формами просовых видов.

Интерпретация определения гаоляна пока сознательно оставлена в стороне в надежде и ожидании на новые находки или данные.

Таким образом, весь идентифицированный крахмал, представленный в этой работе, относится к злакам, которые в какое-то время стали актуальны в азиатском регионе и приобрели пищевое значение. Этот факт можно рассматривать как свидетельство того, что первые земледельцы ЗКТ, пришедшие из континентальных районов Приморья и оставившие следы своей деятельности в слое СКС, датированном 4800—4500 л.н., были знакомы с этими растениями, с традицией культивации злаков, обладали знаниями и навыками обработки зерна для лучшего усвоения и получения максимума энергии из углеводной пищи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Железнов А.В., Кукоева Т.В., Железнова Н.Б. 2013. Ячмень голозёрный: происхождение, распространение и перспективы использования. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. Т. 17, № 2: 286—296.
- Тихомиров В.Н., Киселёва К.В., Губанов И.А., Новиков В.С. 2002. *Иллюстрированный определитель растений Средней России*. М.: Т-во науч. изд. КМК. Т. 1.
- Dai F., Nevo E., Wu D., Comadran J., Zhou M., Qiu L., Chen Zh., Beiles A., Chen G., Zhang G. 2012. Tibet Is One of the Centers of Domestication of Cultivated Barley. *PNAS*. Vol. 109: 16 969—16 973.
- Henry A.G., Brooks A.S., Piperno D.R. 2011. Microfossils in Calculus Demonstrate Consumption of Plants and Cooked Foods in Neanderthal Diets (Shanidar III, Iraq; Spy I and II, Belgium). *PNAS*. Vol. 108, № 2: 486—491.
- Krounovka 1 Site in Primorye, Russia: Report of Excavations in 2002 and 2003: Study on the Environmental Change of Early Holocene and the Prehistoric Subsistence System in Far East Asia*. 2004. Kumamoto: Shimoda Print Co. Ltd.
- Li M., Yang X., Ge Q., Ren X., Wan Z. 2013. Starch Grains Analysis of Stone Knives from Changning Site, Qinghai Province, Northwest China. *Journal of Archaeological Science*. [https://www.researchgate.net/publication/257155084\\_Starch\\_grains\\_analysis\\_of\\_stone\\_knives\\_from\\_Changning\\_site\\_Qinghai\\_Province\\_Northwest\\_China](https://www.researchgate.net/publication/257155084_Starch_grains_analysis_of_stone_knives_from_Changning_site_Qinghai_Province_Northwest_China).
- Li X., Dodson J., Zhou X., Zhang H., Masutomoto R. 2007. Early Cultivated Wheat and Broadening of Agriculture in Neolithic China. *The Holocene*. Vol. 17: 555—560.
- Liu L., Field J., Fullagar R., Bestel S., Ma X., Chen X. 2010. What Did Grinding Stones Grind? New Light on Early Neolithic Subsistence Economy in the Middle Yellow River Valley, China. *Antiquity*. Vol. 84: 816—833.
- Liu L., Ge W., Bestel S., Jones D., Shi J., Song Y., Chen C. 2011. Plant Exploitation of the Last Foragers at Shizitan in the Middle Yellow River Valley China: Evidence from Grinding Stones. *Journal of Archaeological Science*. Vol. 38: 3524—3532.
- Wang J., Liu L., Ball T., Yu L., Li Y., Xing F. 2016. Revealing a 5,000-y-Old Beer Recipe in China. *PNAS*. Vol. 113, № 23: 6444—6448.
- Yang X., Zhang J., Perry, L. et al. 2012. From the Modern to the Archaeological: Starch Grains from Millets and Their Wild Relatives in China. *Journal of Archaeological Science*. Vol. 39: 247—254.
- Yang X., Perry L. 2013. Identification of Ancient Starch Grains from the Tribe Triticeae in the North China Plain. *Journal of Archaeological Science*. Vol. 40: 3170—3177.