

Российская академия наук
Институт археологии

Междисциплинарная интеграция в археологии

(по материалам лекций
для аспирантов и молодых ученых)



Москва 2016

УДК 902/903
ББК 63.4
М43

Утверждено к печати
Ученым советом Института археологии РАН

Ответственные редакторы
член-корреспондент РАН *Е. Н. Черных*
Т. Н. Мишина

Рецензенты
доктор исторических наук *Г. Е. Афанасьев*
доктор исторических наук *В. И. Гуляев*

М43 **Междисциплинарная интеграция в археологии** (по материалам лекций для аспирантов и молодых сотрудников) / отв. ред. Е.Н. Черных, Т.Н. Мишина. – М.: ИА РАН, 2016. – 384 с.: ил., цв. вклейка
ISBN 978-5-94375-195-0

Начало XXI века ознаменовалось тем, что одним из наиболее значимых показателей эффективности и принципиальной новизны в научных изысканиях стала считаться их междисциплинарность. В первую очередь это коснулось археологии и палеоантропологии, занимающих в сфере гуманитарных наук место совершенно особое. Их фундаментом – в отличие, например, от классической истории – является мир материальный и по сути безграничный. Здесь и окружающая людей природа, здесь и мир, человеческими руками сотворенный. Заставить этот неживой мир «заговорить» и поведать о древних ступенях развития человечества можно только с помощью исследовательских методов естественных и технических наук. Именно этому и посвящена предлагаемая читателям книга.

УДК 902/903
ББК 63.4

ISBN 978-5-94375-195-0

© Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт археологии
Российской академии наук, 2016
© Авторы разделов, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

От редакторов-составителей.....	4
---------------------------------	---

I. ВВЕДЕНИЕ

<i>Черных Е.Н.</i> Археология и история: хронологическо-методологический диссонанс наук	8
---	---

II. АРХЕОХРОНОЛОГИЯ

<i>Черных Е.Н.</i> Радиоуглеродная хронология в свете системного анализа крупных серий датировок (итоги ожидаемые и итоги парадоксальные)	30
<i>Карпунин А.А.</i> Дендрохронология в археологии: методические аспекты	52

III. ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ И МОДЕЛИ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

<i>Алешинская А.С., Спиридонова Е.А., Кочанова М.Д.</i> Возможности применения палинологического анализа при археологических исследованиях	70
<i>Антипина Е.Е.</i> Современная археозоология: задачи и методы исследования	96
<i>Лебедева Е.Ю.</i> Археоботаника: методы исследований и интерпретация результатов	118
<i>Антипушина Ж.А., Горлова Е.Н.</i> Анализ остатков беспозвоночных из раковинных куч	147
<i>Борисов А.В.</i> Археологическое почвоведения	164

IV. ПАЛЕОАНТРОПОЛОГИЯ И СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ

<i>Добровольская М.В.</i> Биоархеологические подходы в изучении материалов кремации.....	182
<i>Добровольская М.В.</i> Теоретические основы и методика изотопных исследований в палеодиетологических реконструкциях	191

<i>Медникова М.Б.</i> Радиологические методы в биоархеологии	203
<i>Шишлина Н.И.</i> Археологический источник и изотопная геохимия.....	219

V. АРХЕОМЕТАЛЛУРГИЯ

<i>Черных Е.Н., Луньков В.Ю.</i> Рентгено-флуоресцентный метод анализа химического состава древних изделий из цветных металлов	244
<i>Завьялов В.И.</i> Археометаллография	252

VI. ПОЛЕВЫЕ ИСЛЕДОВАНИЯ

<i>Коробов Д.С.</i> Применение ГИС и данных дистанционного зондирования в археологии	280
<i>Коробов Д.С.</i> Современные подходы в полевой археологии	312
<i>Журбин И.В.</i> Основы применения геофизических методов в современной археологии	343

VII. ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

<i>Черных Е.Н.</i> Археология и естественные науки: пятьдесят лет спустя.....	368
Список сокращений	379

ОТ РЕДАКТОРОВ-СОСТАВИТЕЛЕЙ

Конец 50-х и начало 60-х годов прошлого столетия стали знаковыми для археологической науки СССР и России. Тогда первоначально в Ленинградском отделении Института истории материальной культуры, а вскоре и в его центральном Московском отделении были созданы первые ячейки, где зарождались грядущие кардинальные сдвиги в методологии археологической науки. Арсенал археологии стал пополняться ранее неизвестными ей методами, тесно связанными с науками естественного и технического циклов. Этот прогресс оказался стремительным, и уже в первом квартале 1963 г. удалось собрать «Всесоюзное совещание по применению в археологии методов исследований естественных и технических наук». Вскоре – в 1965 г. – на базе многочисленных прозвучавших на Всесоюзном совещании докладов была опубликована емкая книга, которая и явилась своеобразной отправной точкой принципиальных методологических инноваций в советской/российской археологии. Все это еще более ускорило процессы перемен в науке о дописьменной истории человечества, а базирующиеся на применении естественно-научных методов исследования лабораторий Института археологии приобрели более совершенный облик и состав исследователей.

Путь восхождения к этим методологическим инновациям оказался совсем непростым, и мрачное кризисное десятилетие 80-х и начала 90-х годов тяжело отразилось на этих процессах. С начала 2000-х годов ситуация стала выправляться, хотя и облик, и характер лабораторий зачастую претерпел перемены. Да и в целом археологическая наука довольно быстро приобретала иной, не вполне похожий на исходный характер.

Одним из самых примечательных последствий протекавших процессов становился нарастающий методологический диссонанс между собственно исторической и археологической науками. Это очень заметно отражалось, например, на общих исторических курсах в стенах многих университетов, когда смысл и значение археологической науки, равно как и методы ее исследований представляли почти исключительно в виде раскопок. Нарастающий диссонанс в существенной мере способствовал значительному методологическому отрыву лабораторий академических институтов – Московского, Санкт-Петербургского и Новосибирского – от уровня подготовки молодых кадров на исторических или же историко-археологических кафедрах ряда университетов, порой весьма крупных.

Создававшаяся и внушающая значительное беспокойство ситуация с молодой сменой побудила Ученый совет Института археологии РАН выступить с инициативой организации курсов лекций для аспирантов и молодых ученых, что впервые и было предпринято в 2011 г. Затем в 2013–2014 гг. был организован

еще один курс, после чего и возникла вполне понятная идея публикации прочитанных лекций по всем затронутым в этих курсах темам.

Наибольшая часть лекционных курсов, а также публикаций принадлежит сотрудникам Института археологии РАН – в основном лаборатории естественнонаучных методов¹ и отдела теории и методики. Участие принимали также исследователи и из иных академических учреждений.

Ниже приведен перечень всех авторов настоящего сборника с указанием их места работы. Но перед этим редакторы-составители хотели бы выразить глубокую благодарность всем тем, кто принимал участие как в качестве лекторов, так и авторов настоящего сборника.

Авторы книги

Институт археологии РАН, Москва

Алешинская А.С., Антипина Е.Е., Добровольская М.В., Завьялов В.И., Карпухин А.А., Коробов Д.С., Кочанова М.Д., Лебедева Е.Ю., Луньков В.Ю., Медникова М.Б., Спиридонова Е.А., Черных Е.Н.

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва
Государственный Биологический музей им. К.А. Тимирязева, Москва*

Антипушина Ж.А., Горлова Е.Н.

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН
(г. Пущино)*

Борисов А.В.

Физико-технический институт Уральского отделения РАН, Ижевск

Журбин И.В.

Государственный Исторический музей, Москва

Шишлина Н.И.

Е.Н. Черных, Т.Н. Мишина

¹ Официальное название – лаборатория естественнонаучных методов в археологии.

I. ВВЕДЕНИЕ

АРХЕОЛОГИЯ И ИСТОРИЯ: ХРОНОЛОГО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ДИССОНАНС НАУК

Е.Н. Черных

Официально принятая Международной Комиссией (International Commission on Stratigraphy) *хронологическо-стратиграфическая шкала* отводит в общем развитии Земли – протяженностью примерно в 4,5 млрд лет – предельно малый финальный отрезок в 2,588 – или же, округляя, 2,6 млн лет, называемый *четвертичным периодом*. Этот отрезок времени нередко именуют *антропогеном*, поскольку именно в его хронологических рамках зародился и сформировался биологический вид *Номо*. Сам период делится на два неравнозначных субпериода: длительный, более чем 2,5 «миллионолетний» *плейстоцен* – он же *ледниковый*, а также чрезвычайно короткий по хронологической протяженности *голоцен* или же *постледниковый*, в котором мы обитаем и поныне. На голоцен отводят всего 11700 – а при округлении 12 тыс. лет из общей хронологической протяженности четвертичного периода (рис. 1).

С позиции археологической науки плейстоцен связан с различными этапами развития человеческих общностей эпохи палеолита или древнекаменного века, а постпалеолитические культуры целиком укладываются в период постледниковый. Все эти лапидарные напоминания размещены в начале статьи, чтобы сразу же обратить внимание на разительную неравнозначность и резкий контраст двух близкородственных наук или же дисциплин – истории и археологии, – ведь именно с ними связана основная функция изучения человека в общеисторическом процессе его развития от появления древнейших популяций вплоть до современности.

С целью избежать путаницы в номенклатуре наименований при дальнейшем изложении мы будем различать в тексте так называемую *всемирную историю* развития человека и его культур и выражать ее сокращенно и через заглавные буквы как **ВМИ**, а также две ее основные дисциплины – *археологию* и собственно *историю*.

Письменные источники и хронологическо-пространственный лимит исторической науки

Для исторической дисциплины письменные источники служат основным и едва ли не единственным полигоном исследования. Материалы полигона жестко лимитируют как хронологические, так и пространственные рамки этой науки. Так, при согласии большинства специалистов древнейшие в Старом Свете и, стало быть, на всей Земле письменные документы, обнаруженные преимущественно в Египте, а несколько позднее также и в Месопотамии, датируют около 3000 г. до н.э., т.е. примерно 5 тыс. лет назад. Вместе с тем в пространст-

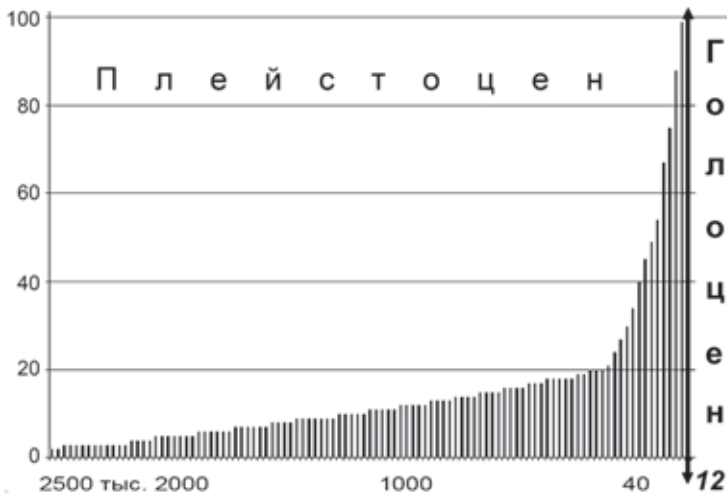


Рис. 1. Приближенная схема хронологического-пространственного соотношения периодов плейстоцена и голоцена (доля последнего обозначена черной линией со стрелками на концах)

венном отношении эти регионы чрезвычайно ограничены: доля их суммарного покрытия от обитаемых только в Старом Свете – т.е. в Евразии и Африке, не достигает и 1%! Да и сведения, которые удастся извлечь из клинописных или же иных источников, предельно скупы. Сменялись эпохи, и шаг за шагом ширились те ареалы, о которых можно было получить сведения из источников письменных. Однако лишь после условно-знакового и во многом символического 1500 года – стартового значения для *Эпохи Нового Времени*, т.е. уже с *Эпохи Великих географических открытий*, а вернее *Эпохи Европейской колонизации нашей Планеты* – письменные источники, правда, с весьма неоднозначной мерой информационной детализации охватили или хотя бы коснулись человеческих сообществ на всей суше Земли (рис. 2).

Даже эта кратко обрисованная грань сопоставлений дает нам возможность судить об одном из самых примечательных отличий между собственно историей и археологией. Для исторической дисциплины лимит отсутствия письменных источников фактически неодолим, и без них она методически беспомощна. Археология подобных лимитов не признает и не имеет – ведь главный объект ее анализа материальное производство человеческих коллективов и окружающая их природа. Люди оставляют материальные следы своего бытия и тесного взаимодействия с природой, начиная с древнейших периодов существования видов *Homo habilis* или *Homo ergaster* повсюду и вплоть до нынешнего дня. Из этого следует, что, с позиции *пространственно-хронологического охвата* историческая дисциплина в состоянии составить представление о характере человеческих сообществ нашей планеты лишь для позднейшего из этапов их развития. При этом даже в 12-тысячелетнем голоцене ее потенциальный охват

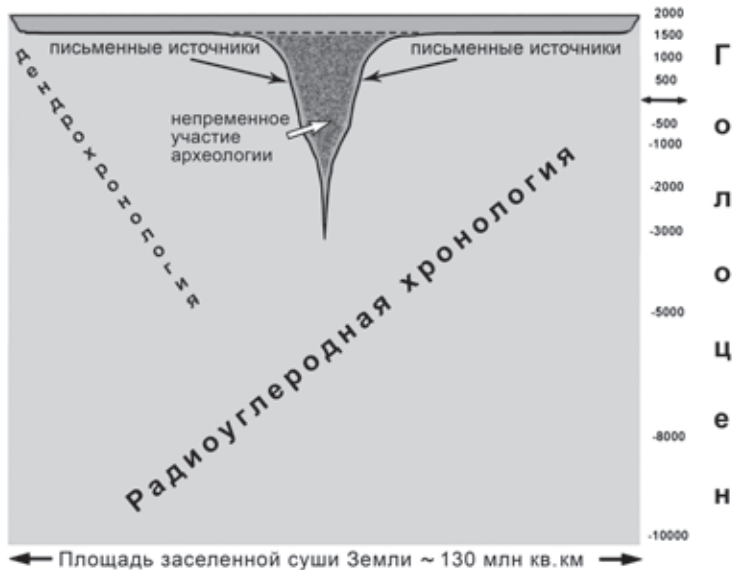


Рис. 2. Приблизительно выраженное хронологическое-пространственное соотношение между письменными и дописьменными культурами

не в состоянии превысить **7-8% культур**, населявших в тот краткий период всю обитаемую сушу Земли. Если же переместить эти показатели из голоцена в общую в 2,6 млн лет картину антропогена, то доля прямых возможностей исторической науки уменьшается до весьма мало правдоподобных величин – **не более 0,2%!**

Следовательно, историческая дисциплина обеспечивает лишь финальное «покрытие» **ВМИ** человечества, да и к тому же подобного рода «покрытие» в реальности будет выглядеть тончайшей «пленкой». Все остальные уже дописьменные общества будут более чем на 99% принадлежать исключительно сфере методологических возможностей археологии.

О важнейших принципах периодизации в ВМИ

Тему диссонанса между обеими дисциплинами мы продолжим, коснувшись кардинальных отличий в методологии науки тесно связанных с ней проблем периодизации исторического процесса. Вот, например, как представлялась еще совсем недавно в нашей стране важная цель, а по сути парадигма **ВМИ** на базе марксистско-ленинских догм: «В основе единого и закономерного исторического процесса лежит последовательная смена общественно-экономических формаций: первобытно-общинной, рабовладельческой, феодальной, капиталистической составляющих главные этапы поступательного движения человечества <...> к высшей, коммунистической формации, первой фазой которой является социализм. Из признания **единства и закономерности всемирно-исторического процесса** вытекают и принципы его научной периодизации» (ВИ, 1955.

Т. I. С. IX)¹. Эти пять базовых формаций – их зачастую не без юмора именовали «пятичленкой» – и определяли конструкцию общей картины развития человечества.

При этом: «События истории человечества, происходившие в глубине веков, восстанавливаются усилиями поколений учёных-историков. Значительное место здесь принадлежит археологии, изучающей материальные памятники древности» (ВИ, 1955. Т. I. С. 3). В последней фразе достаточно явно обозначена прикладная роль археологии при **ВМИ**, хотя и признается, что в этих процессах ей удалось занять «значительное место». В «пятичленке» на ее долю приходилась дешифровка начальной первобытно-общинной фазы, в то время как все остальные периоды принадлежали уже собственно истории.

И вот первый парадокс: при сопоставлении с конструкциями прежней «пятичленной» **ВМИ** получается, что в первобытно-общинном строе люди пребывали не менее 99,8% своей глобальной истории; и что уже все прочие с трудом различаемые показатели отрезков времени бытия вида *Homo* приходится на иные четыре социально-экономические формации.

Однако из этой пропорции сразу же напрашивается вопрос: чем же можно объяснить столь странное соотношение между почти неподвижными – в течение не менее 2,5 млн лет! – в социальном отношении сообществами первобытно-общинного типа и столь стремительным, по сути бурным социально-экономическим развитием за относительно недолгие сотни лет? Может быть, суть в сомнительной подоплеке базового вывода о «единстве и закономерности всемирно-исторического процесса», откуда и «вытекают и принципы его научной периодизации»?

Обратимся теперь к методологии археологической и принципам периодизации дописьменных эпох.

Базовые принципы периодизации в археологии

Дешифровка характера человека и социальных образований дописьменной эры уже задолго до формирования археологии как науки строилась в первую очередь на представлениях о господствовавших в давно исчезнувшем мире технологиях, а также на некоторых базовых концепциях наук естественного цикла, прежде всего геологии, биологии и некоторых других. Так, древнегреческий поэт и мыслитель

¹ Мы остановились на одной из разновидностей в трактовке Всемирной ИСТОРИИ, – и российскому читателю она может оказаться намного ближе хотя бы потому, что беспредельно господствовала в нашей науке не менее семи десятилетий. Полнее всего она была представлена в десятитомном коллективном труде «Всемирная история», издававшемся в течение 1955 по 1965 гг. Иные трактовки и реконструкции **ВМИ**, предлагавшиеся рядом крупных ученых других стран, отличались, конечно же, от марксистско-ленинской. Однако фактически всегда при подобного рода глобальных генеральных реконструкциях на первый план выходили прежде всего проблемы развития и смены социальных структур. Вопросы экономики и особенно технологии в исторических повествованиях также присутствовали, но чаще всего служили там не слишком навязчивым фоном.



Рис. 3. Вероятное скульптурное изображение Гесиода



Рис. 4. Вероятное изображение Тита Лукреция Кара

Гесиод (рис. 3), живший примерно в 700 г. до н.э., в своем наиболее известном произведении «Работы и дни» различал в истории человечества пять последовательных веков. Изначальным был *век золота*; за ним следовал *век серебряный*, казавшийся уже не столь привлекательным; третьим оказался совсем нелегкий *век меди* с его людьми, что «были могучи и страшны»; и, наконец, после четвертого, правда, никак не сопряженного с технологической канвой, – века «*славных героев божественный род*» человечество ожидал тяжкий мрак пятого – *железного века*. В его кошмар был погружен и сам Гесиод, хотя и мечтал при этом «*раньше его умереть – или позже родиться*». Примечательно, что практически все опорные технологические характеристики эпох у автора были густо окрашены оценками нравственного характера (Гесиод, 1927).

Но вот живший в Древнем Риме много позже – в I в. до н.э. – поэт и философ Тит Лукреций Кар (рис. 4) в произведении «О природе вещей» (*De rerum natura*) представлял древнейшую историю человечества сквозь призму трех узловых эпох исключительно технологического характера – *камня, меди и железа*. И его периодизация была уже совершенно свободна от этических оценок намеченных им эпох (Лукреций Тит Кар, 1904).

После Лукреция минули долгие 19 столетий, и лишь в 1825 г. датский антиквар и организатор музея в Копенгагене Христиан Томсен (рис. 5) рискнул расположить в своей музейной экспозиции известные в Европе и доступные ему археологические материалы в согласии со схемой Лукреция порядке, но только век меди он предпочел именовать *бронзовым* (см. *Hermansen, 1932–1944*). С тех пор историко-технологическая

триада веков Томсена – *камень, бронза, железо* – постепенно, но вскоре прочно закрепилась в археологической науке, при том, что понимание и сущность намеченных эпох нередко претерпевали весьма заметные трансформации или же трактовались неоднозначно.

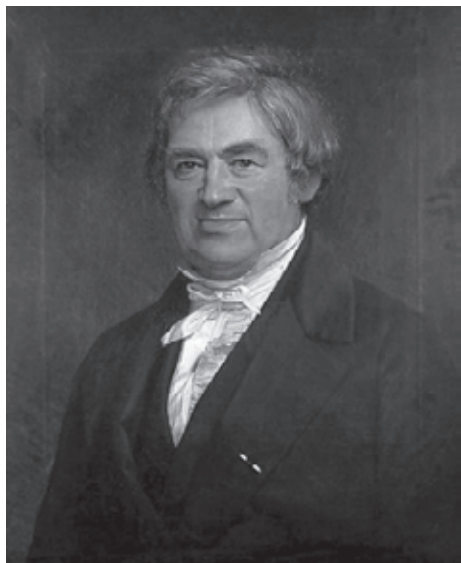


Рис. 5. Христиан Юргенсен Томсен (Christian Jürgensen Thomsen, 1788–1865)

Технологический акцент в дешифровке характера и динамики развития человечества продолжал доминировать, и уже в конце того же XIX столетия великий французский химик Марселен Бертло (рис. 6) предложил начинать эпоху металлов не с бронзы, но с *медного века*. Свое мнение он обосновывал химическим составом древнего и изученного им цветного металла переднеазиатских изделий, среди которых нередко встречались и чисто медные, т.е. без приплава к меди олова. М. Бертло полагал, что получать медь такого состава много проще, нежели искусственные сплавы этих металлов. И поскольку технология бронз казалась заметно более сложной, нежели «чисто медная», здесь, по мнению ученого, и коренился показавшийся ему очевидным – и даже бесспорным – аргумент всякого развития от простого к сложному (*Berthelot*, 1889. Sect. VIII).

От простого к сложному – важнейший принцип развития

В динамике взглядов на дописьменную историю человечества, нацеленных на выявление поступательного хода от *простого к сложному*, нетрудно уловить любопытную преемственность. Так, от античной науки к европейским мыслителям времени *постренессанса* должен был свершиться впечатляющий «прыжок», через долгий, едва ли не двухтысячелетний, «хиагус» с безоговорочным господством в нем канонов христианского понимания мира и его весьма краткой истории. Именно в этом столетии в ученом мире Европы набрала силу теория эволюции –



Рис. 6. Марселен Бертло (Marcelline Berthelot, 1827–1907)



Рис. 7. Оскар Монтелиус (Oscar Montelius, 1843–1921)

«от простого к сложному» – наиболее ярким представителем которой стал, безусловно, Чарльз Дарвин (1809–1882). Прямое и понятное воздействие его теории оказала прежде всего на палеоантропологию, на понимание основных этапов в развитии видов *Homo*. Однако импульсы этих взглядов весьма существенно отразились также на археологии, на методах относительной возрастной оценки рядовых археологических материалов.

Пожалуй, с фигурой шведского археолога Оскара Монтелиуса (рис. 7) можно связывать заметные трансформации взглядов европейских ученых на археологические древности и установление порядка их относительного возраста (Montelius, 1900). Ученый выстраивал морфолого-типологические ряды изделий, начиная с каменных,

простейших по форме; за каменными следовали относительно простые по виду металлические артефакты, ряды которых венчались наиболее усложненными по облику бронзовыми орудиями. Таким образом предлагался основной принцип определения относительного или релятивного возраста намеченных исследователем типов изделий. В археологии метод Монтелиуса имел большой и очевидный успех; да и поныне не столь уж редко некоторые исследователи предпочитают на базе морфолого-типологических различий артефактов обосновывать их релятивный возраст².

Стратиграфия отложений и релятивная хронология

Однако несравненно более существенными для обогащения археологического арсенала исследовательских методов явились заимствования некоторых кардинальных аксиом из арсенала геологической науки. Укажем прежде всего на относительную хронологическую позицию некоего комплекса артефактов в согласии с его стратиграфическим положением в том или ином памятнике: «чем выше, тем позднее и чем ниже, тем древнее». Кажется, впервые наблюдения за стратиграфией стали основой для построения релятивной хронологическо-геологической шкалы «отцом» итальянской геологии Джованни Ардуино (рис. 8). Во время своих наблюдений в окрестностях города Виченца (область Венето, Юж-

² Из отечественных работ последних лет можно указать, к примеру, на статью о динамике развития кавказских бронз во II тыс. до н.э. (Рысин, 2014).



Рис. 8. Джованни Ардуино (Giovanni Arduino, 1715–1795)

ные Альпы) он пришел к заключению, что в последовательном залегании пластов геологических отложений можно различить четыре последовательные эпохи в сложении этого участка Альп: первичный, вторичный, третичный и вулканический или же четвертичный (рис. 9)³.

Для общеисторической картины планеты наиболее существенным оказалось определение стратиграфически позднейшего периода в истории Альп – *четвертого*, отчего и вся финальная эпоха развития нашей планеты получила титул «*четвертичной*». Во всяком случае только после подобного рода

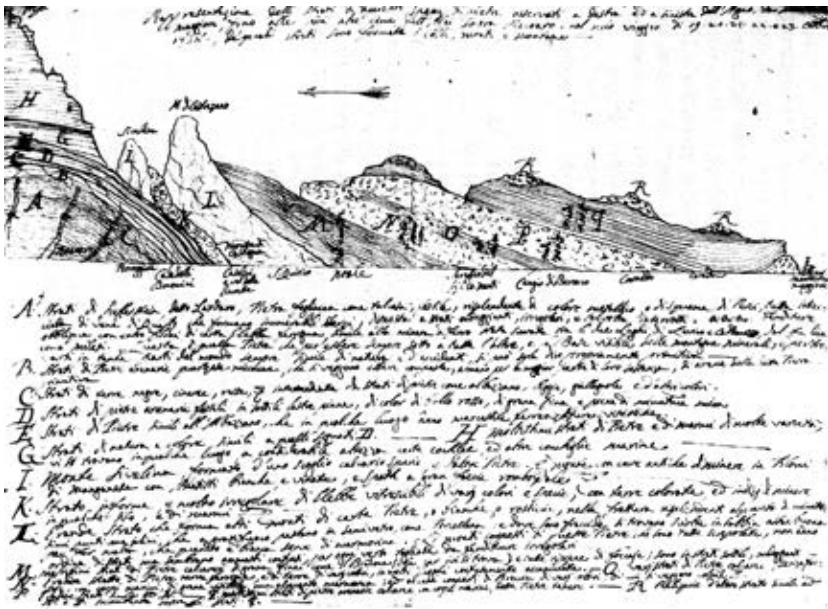


Рис. 9. Рукописное письмо Дж. Ардуино профессору А. Валлиснери со схемой различия четырех периодов в сложении Альпийской горной системы

³ Wikipedia [Электронный ресурс]: «Все это было изложено геологом в письме от 30 марта 1759 г. профессору Антонио Валлиснери. См. Arduino, Giovanni, 1760. *Sopra varie sue Osservazioni fatte in diverse parti del Territorio di Vicenza, ed altrove, appartenenti alla Teoria Terrestre, ed alla Mineralogia. Nuova Raccolta di Opuscoli Scientifici e Filologici* (Venezia), 6. (lettera al Prof. Antonio Vallisnieri, 30 marzo 1759)». Однако род основных занятий и роль профессора Валлиснери в открытиях Дж. Ардуино остаются для нас неясными. Заметим, что Альпы с точки зрения стратиграфии основных геологических слоев представляют не самый впечатляющий и весьма трудный для дешифровки образец в сравнении, например, с Гранд-Каньоном (см. цветную вклейку, рис. I).



Рис. 10. Профиль раскопанной части телля Караново, Болгария (раскопки 1950-х годов) с обозначением различных хронологических горизонтов культурных напластований

принципиальных инноваций в методологии геологической науки стало возможным, хотя далеко не сразу, получить в руки археологии весьма надежный метод определения относительного возраста комплексов на базе их стратиграфического соотношения в культурных отложениях конкретного памятника. Вслед за геологией метод стратиграфического распределения слоев по их относительному возрасту (*чем ниже, тем древнее*) получил в археологической методологии признание как одного из наиболее важных приемов при обработке и трактовке культурных напластований (рис. 10). Добавим при этом, что в любом случае этот метод определения относительного возраста древностей оказался для исследователей существенно более надежным в сравнении с тем, когда основой релятивной хронологии признавали принцип развития «от простого к сложному».

Системы датировок в археологии

Более логичное и связанное изложение понимания методологических различий и взаимодействий между исторической и археологической науками заставляет нас «забежать» немного вперед и остановиться на краткой характеристике двух основных, базовых систем датировок в дописьменной истории человечества: а) относительной, или же релятивной и б) абсолютной, или же календарной.

Относительная система в своем выражении может быть достаточно простой: к примеру, *культура А древнее культуры В* или же *каменный век раньшее века бронзы*. В этом варианте отсутствует указание на число лет, отличающих сопоставляемые культуры. Другой вариант релятивной хронологии предусматривает обозначение различий с указанием числа лет, пусть даже приблизительно: *сосуд А старше сосуда В (примерно) на триста лет*. Этой системы мы и касались по преимуществу в предшествующих разделах статьи.

Абсолютная система предусматривает обязательный временной ориентир с указанием на определенную хронологическую шкалу и положение того или иного события на такой шкале. Здесь также возможны два варианта. В первом из них может следовать указание на некую и не употребляемую ныне хронологическую шкалу ушедших в прошлое отсчетов времени типа календарей

римского или же древних майя. Второй вариант абсолютной системы обычно именуется уже «календарным». Он ориентирован на современный и принятый подавляющим большинством современных сообществ, т.е. на григорианский календарь, когда указывается конкретная датировка/датировки того или иного события или артефакта. Этой системы мы коснемся в основном в последних разделах статьи, но перед этим обратим внимание на соотношение между обеими системами в археологической науке.

«Провал» между релятивными и абсолютными датировками

Методы относительной хронологии, пожалуй, могли лишь обострить впечатление об отсутствии в археологии реальных возможностей формирования уже не относительных, но календарных хронологических шкал. Вот, к примеру, скорбные мысли по этому поводу видного датского антиквара Расмуса Ньерупа (*Rasmus Nyerup*, 1759–1829), трудившегося в этой стране фактически одновременно с Христианом Томсеном: «Все, что пришло к нам из прошлого, окутано непроницаемым туманом, и его точное время установить невозможно. Мы знаем, что оно раньше эры христианства, но на сколько лет или веков, а может быть, даже более тысячелетия – об этом мы в состоянии лишь гадать» (*Nyerup*, 1800). И в этом случае археология уже целиком зависела от хронологических построений, принятых в исторической науке: ведь те разработанные и принятые в ней шкалы могли бы явиться своеобразной «печкой», отталкиваясь от которой, становилось вероятным пусть хотя бы отчасти прояснить истинное положение во времени некоторых базовых археологических комплексов.

Каждая культура или же блок родственных культур начинает отсчет лет с события, почитаемого для нее наиважнейшим. Сторонние наблюдатели очень часто указывают на мифологический характер такого события, однако подвергать сомнению высшую реальность самого факта для конкретной культуры всегда считается в ней кощунством. Так, христианский мир ведет отсчет от предполагаемого времени Рождества Христова, т.е. 2015 лет назад (со времени написания настоящей статьи). Для исламских сообществ главнейшим событием было бегство пророка Мухаммеда из Мекки в Медину, после чего и началось победное шествие ислама по миру: 15 июня 622 г., отсюда сегодня – 1436 год хиджры. Для правоверных иудеев – это сотворение Господом нашего мира, которое, по их поверьям имело место 6 октября 3761 г. до н.э., или же 5776 лет назад. Однако согласно православной христианской версии это событие произошло раньше – 7523 года назад, или в 5508 г. до н.э. От этой воображаемой точки отсчитывалось время в Российском государстве до 1700 г., с которого Петр Великий распорядился привести российский календарь в соответствие с западноевропейским, причем с юлианским, но не с господствовавшим там григорианским. Древние римляне кардинальным мировым событием почитали, естественно, основание своего Вечного города, и от него (в большинстве случаев это 753 г. до н.э.) они в своих хрониках и отмеряли все годы. Уже намного позднее французы попытались в конце XVIII в. возвести новый календарь ко дню провозглашения Республики – 22 сентября 1792 г. Сами годы революционеры-якобинцы обозначали,

как I, II...VIII..., да и названия месяцев звучали, как «прериаль», «термидор»... «брюмер»... Однако после 31 декабря 1805 г. Франция вернулась к современному григорианскому календарю, установителем которого в 1582 г.⁴ был римский Папа Григорий XIII.

Чтобы сопоставить между собой множество хронологических шкал, потребовалось немало времени и усилий многих специалистов: ведь попытки синхронизации различных систем предпринимались еще в I тыс. до н.э. Все эти причудливо переплетающиеся между собой шкалы пестрят невозполнимыми пробелами. «Расплетают» их с громадными усилиями, да и после этого они могут быть нередко насыщены трудно контролируруемыми ошибками. Вообще же работа по сопоставлению и стыковке различных хронологических письменных систем напоминает сложение гигантского полотна любимой многими игры *puzzle*.

Знаковой фигурой в распутывании этого сложнейшего «пазла», вне всякого сомнения, был Жозеф Жюст Скалигер (рис. 11). Этот французский исследователь, гугеннот/кальвинист оставил след своих разнообразных и чрезвычайно плодотворных изысканий не только во Франции, но также в Швейцарии и Нидерландах. Он разработал выдержавшую испытание временем сопряженность календаря древнеримского и введенного в 45 г. до н.э. Гаем Юлием Цезарем с названным в честь этого великого римского консула юлианским европейским календарем, а также с календарем григорианским (*De emendation temporum...*, 1583). Ведь Скалигер распутывал эту сложнейшую сеть именно в то время, когда папа Григорий XIII своей буллой «*Inter Gravissimas*» ввел в 1582 г. во всех католических странах новый отсчет времени. Календарь получил имя римского папы, хотя все инновации в проведенных разработках и принадлежали астроному Христофору Клаввиусу.



Рис. 11. Жозеф Жюст Скалигер (Joseph Juste Scaliger, 1540–1609)

«Свет с Востока» – *Ex Oriente Lux*

После исследований Скалигера прошло достаточно много времени, но историческая хронология и в позапрошлом веке по-прежнему не могла преодо-

⁴ Если же на краткий момент отвлечься от прошлых «исканий» в замерах времени, то примечательно, что даже в нашем – уже XXI – веке «великий Туркменбаши», бывший секретарь ЦК КП Туркмении Сапармурат Ниязов, кое в чем переиначил туркменский календарь. Он повелел именовать январь месяцем «*туркменбаши*», т.е. в собственную честь, а апрель назвать «*гурбансолтан-эдже*» во славу и почитание собственной матери.

леть свой вечный барьер полного отсутствия в мире письменных источников, которые помогли бы перекинуть надежный мостик к безбрежному океану археологических древностей. В XIX и в первой четверти XX столетия в европейской археологической науке сформировалось своеобразное направление, получившее наименование «*Ex Oriente Lux*», или же «Свет с Востока». Суть это броской и афористично звучащей гипотезы заключалась в том, что фактически все важнейшие технологические, интеллектуальные и духовные достижения человечества были творческим плодом культур и цивилизаций, локализованных в области стран «Плодородного полумесяца», т.е. по существу в Месопотамии либо в Египте, или же в более широком понимании – на Ближнем Востоке. Человечество, обитавшее за пределами «блаженных стран», было обязано этим избранникам буквально всем. Способности европейских и северных азиатских «варваров» оценивались лишь по признакам сравнения: сколь удачливы были они в усвоении и воплощении тех идей и достижений, что зарождались и исходили из «блаженных» краев.

Истоки этой теории буквально тонут в неведомых нам столетиях и отнюдь не в девятнадцатом веке, а попытки обнаружить ее реальные истоки почти ни к чему не приводили. «Отчасти эта гипотеза основана на антропологической мифологии, корни которой восходят к библейской истории о Вавилонской башне. В том мире донаучных спекуляций было принято считать, что все народы произошли из Азии, которая рассматривалась в качестве их общей прародины, и предполагалось, что все переселения народов следовали за солнцем с востока на запад <...>. Мы теперь знаем, что отношения между Европой и Азией не были столь односторонними, как полагали наши предшественники, и что культурные достижения и народы перемещались в обоих направлениях. Но теория об азиатской колыбели индоевропейцев основана не только исключительно на предубеждении», – писал в 1926 г. Вер Гордон Чайлд (*Vere Gordon Childe*, 1892–1957) в книге, где он обсуждал проблему арийцев (Чайлд, 2009) в связи со степными скотоводами Восточной Европы (рис. 12). Кстати, этот один из самых знаменитых и почитавшихся классиком британских археологов был сторонником этой гипотезы, правда, в не столь безоговорочной форме, подобно некоторым из его западных коллег. Вот, скажем, Графтон Эллиот Смит (*Grafton Elliot Smith*, 1871–1937) считал Древний Египет фактическим источником всех ранних достижений человечества (Smith, 1911). Да и сам Г. Чайлд в книге об истоках европейской ци-



Рис. 12 Гордон Чайлд (*Vere Gordon Childe*, 1892–1957)



Рис. 13. Василий Алексеевич Городцов (1860–1945)

визации именовал, например, Анатолию «царской дорогой» (Чайлд, 1952. С. 65–81), исполнявшей лишь роль проводника благотворных идей, что струились из чудесного источника в северо-западном направлении, и «света» истин, озарявшего Балканы, Центральную и Западную Европу.

Эта гипотеза имела своих сторонников не только в среде западноевропейских археологов и историков. Так, знаменитый и по сути классик российской археологии В.А. Городцов (рис. 13) свою приверженность этой теории выражал предельно жестко: «В Передней Азии, в Месопотамии гнезвился основной генератор идей и технологий. Отсюда различными и дальними дорогами – через Кавказ, Анатолию и Средиземноморье – доходили до диких европейских и азиатских народов все инновации. В Восточную же Европу все новшества проникали через Кавказ и Балканы <...>».

По крайней мере, этим легче всего объяснить, что при отсутствии на огромных пространствах северной и средней России каких-либо значительных центров, металлические вещи бронзового времени отличаются довольно значительным развитием <...>. Ведь в лесной зоне России человек был не в состоянии заняться созданием собственной культуры, хотя в руки его и успели поступить семена высших культур в виде металлургии и скотоводства <...>. Столь же неспособными к развитию самостоятельной культуры оказались и русские степи <...>. С самого начала образования и вплоть до последнего исторического времени степь являлась свидетельницей буйного разгула, попрания прав и всякого бесчиния» (Городцов, 1910. С. 216, 218, 249–251).

Для крайне болезненной темы календарной хронологии в отношении археологических древностей эта гипотеза имела в глазах ее почитателей особое значение. Если что-то задумывалось и производилось изначально на Востоке, то должно быть само собой разумеющимся, что все импорты или подражания за территориальными пределами этого «благословенного» региона следовало датировать более поздним временем. В конкретном выражении, скажем, все медные и бронзовые изделия с обширных пространств Балкан, Кавказа или Восточной Европы могли получать дату лишь позднее 3000 г. до н.э., но никак не ранее.

Революция в системах датировок: дендрохронология и радиоуглерод

Две знаковые фигуры – Эндрю Элликот Дуглас и, особенно, Уиллард Франк Либби – сыграли важнейшую роль в этих поистине революционных сдвигах для письменной истории человечества.

Э. Дуглас – американский астроном, во время своих исследований еще в конце позапрошлого столетия в Lowell Observatory подметил определенную зависимость толщин последовательных годовичных колец деревьев от циклов солнечной



Рис. 14. Эндрю Элликот Дуглас (Andrew Ellicott Douglass, 1867–1962) на фоне демонстрационного дендросреза ствола гигантской секвойи. Возраст этой породы деревьев может достигать 3000 лет

активности (рис. 14). Подобного рода неожиданный рывок профессионала астронома в сторону биологии не мог не удивлять и не привлекать внимания. Судя по всему, именно по этой причине сотрудники Музея естественной истории Америки в 1909 г. обратились к Э. Дугласу с предложением изучить древесные остатки, связанные по преимуществу с разными ацтекскими руинами и по возможности определить их относительный и абсолютный возраст (Nash, 1999).

Однако прошло целое десятилетие, и только в 1919 г. удалось получить первый результат, когда Дуглас сообщил сотрудникам музея о датировках ряда изученных им образцов из памятников бывшей империи ацтеков. Установленные им даты носили тогда относительный характер, но по так называемому второму варианту, описанному нами выше, когда ученый смог установить лишь разницу в годах между образцами. Однако связать их датировки с современной календарной шкалой тогда не удавалось. Сравнения проходили, видимо, с руинами Теночтитлана и с годом гибели Монтесумы – в сущности последнего правителя этой «империи». Это трагическое время для индейских социумов Центральной Америки определяется близким к 1519–1521 гг., т.е. к моменту реального завоевания ацтеков Э. Кортесом. И при этом точные даты гибели государства ацтеков и их монументальных архитектурных святынь давали определенную надежду на связь изученных Дугласом дендробразцов из центральноамериканских памятников с современной календарной шкалой (Douglass, 1929). Такими представляются ныне первые шаги нового и крайне важного для археологии направления – дендрохронологии.

У. Либби (1908–1980) – американский физико-химик, проводивший свои важнейшие исследования в университете Чикаго. С его фигурой обычно и вполне справедливо связывают начало процессов радиоуглеродного датирования в археологии. Кажется, однако, что наряду с Либби обязательно следует сказать несколько слов также об американском химико-физике Мартине Камене (1913–2002), которому ранее У. Либби удалось открыть важнейшие для грядущих научных и прикладных изысканий свойства радиоактивного изотопа углерода ^{14}C .

М. Камен – фигура также любопытная, причем с весьма необычной судьбой. Он был сыном поселившихся в Канаде российских иммигрантов. Однако основное образование и свои научные степени он получил уже в университете Чикаго. После Чикаго молодой ученый старался попасть в университет Беркли (Сан-Франциско), где в течение полугода работал без оплаты, стремясь быть принятым в штат столь желанной ему радиационной лаборатории университета. Уже в 1940 г. ему – 27-летнему исследователю – удалось выявить период полураспада этого изотопа, близкий к 5700 годам. В 1943 г. талантливого ученого включили в знаменитый ядерный Манхэттенский проект, где все и завершилось весьма драматично: уже через два года его отстраняют от участия в этом проекте и увольняют к тому же из университета в Беркли по обвинению в передаче секретных сведений тайным агентам СССР. Позднее эти обвинения с него были сняты, но к исследованиям свойств изотопа ^{14}C ученый, кажется, никогда не вернулся, о чем можно только пожалеть.

Гораздо более благополучным и удачным был путь в науке Уилларда Либби – американского физико-химика, проводившего свои важнейшие исследования в университете Чикаго (рис. 15). С его фигурой обычно и вполне справедливо связывают начало процессов радиоуглеродного датирования в археологии. До 1945 г.



Рис. 15. Уиллард Франк Либби (Willard Frank Libby, 1908–1980)

он, как и М. Камен, трудился в Беркли; участвовал также в Манхэттенском проекте, совмещая тогда работу в Колумбийском университете. В том же 1945 г. он был зачислен на должность профессора по химии в университет Чикаго, в котором трудился вплоть до 1959 г., где и отметил свой путь в науке знаменитыми открытиями по радиоуглеродному датированию на базе изотопа ^{14}C .

В 1947 г. он провел опыты датировки образцов с установленным по историческим (письменным) источникам возрастом. В 1949 г. в журнале *Science* появилась статья У. Либби и его коллеги Дж. Арнольда об этих первых опытах с характерным названием «Определение возраста по содержанию радиоуглерода: проверка по образцам с известными датами» (*Arnold, Libby, 1949*). Среди проанализированных образцов, связанных с датировками древнеегипетских материалов времени от

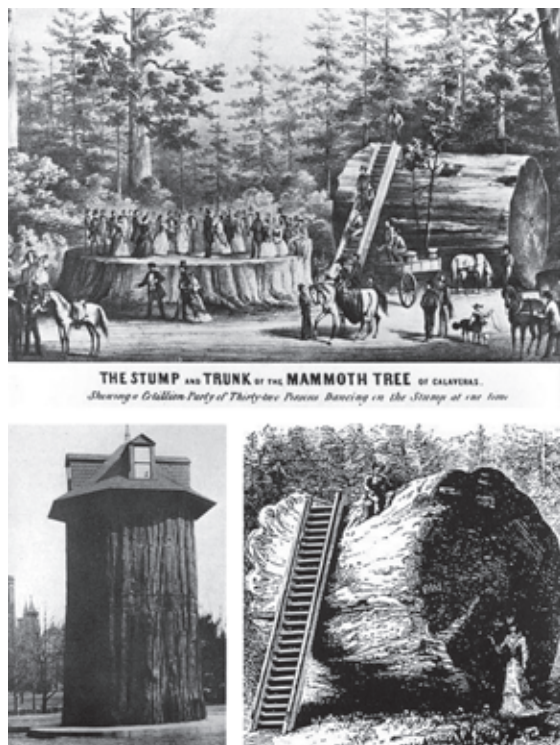


Рис. 16. Деревья гигантской секвойи (*Sequoia gigantea*) стали в США в XIX в. объектом специфических выставок. Каждый из стволов получал только ему присущее имя; в частности, на верхней части рисунка изображены ствол и пень секвойи «Мамонт»

фараонов Джосера и Сесостриса до Птолемея, имелись также образцы последовательных колец от стволов многовековых деревьев, в частности, от поваленной в 1874 г. *Sequoia gigantea* (см. цветную вклейку, рис. II; рис. 16). Последнее представляло очень важным в этой процедуре датировок, поскольку совмещало в ней точные дендродатировки с определением возраста по ^{14}C (Arnold, Libby, 1949; Libby, 1952)⁵. В среде химиков и физиков успех изысканий У. Либби и его коллег был полным, и в 1960 г. ему была присуждена Нобелевская премия.

Вместе с тем дендрохронологические шкалы явились основанием для корректировки периода полураспада изотопа ^{14}C , и это стало практически обязательным при калибровке датировок каждого проанализированного образца. Так, изначально принятый период полураспада в 5568 ± 30 лет (по Либби) после согласия в шкале калибровок был изменен до 5730 ± 40 лет.

Кардинальные перемены в археологической парадигме

Вторая половина прошлого и начало нынешнего столетий – это время бурного, буквально взрывного насыщения арсенала археологии методами естественных наук. Однако если хотя бы кратко продолжить тему о системах датирования, следует указать на стремительную трансформацию и формирование собственной, археологической – уже фактически независимой от исторической хронологии календарной шкалы на базе анализа археологических материалов. Отразилось это, прежде всего, на радиоуглеродной хронологии, когда на пробных, единичных опытах датировок стремительно вырастали крупные серии абсолютно датированных и системно обработанных археологических образцов. Происходило это за счет организации

⁵ В южных штатах США встречаются породы деревьев поразительного долголетия. Одни из самых ярких примеров этого – бристольская ель и гигантская секвойя (см. цветную вклейку, рис. II; рис. 16).

во многих странах широкой сети изотопных химико-физических лабораторий (List of Laboratories, 2013). Коснулось это также и дендрохронологии, хотя этот метод на фоне радиоуглеродного обеспечивал формирование прежде всего локальных, хотя и достаточно широких в пространственном и временном отношениях шкал.

Оба эти метода применимы в основном к древностям эпохи голоцена, хотя определения возраста по ^{14}C могут ныне касаться также и позднепалеолитических материалов вплоть до 50-тысячелетней древности. Для более ранних материалов эпохи плейстоцена применяются теперь калий-аргоновый, уран-гелиевый методы, которые позволяют оценивать возраст связанных с ними ранних палеолитических материалов. Зачастую с этим на помощь хронологическим определениям эпохи плейстоцена приходят данные палеомагнетизма, ориентированные на изменения во времени магнитного поля Земли, а также палеоклиматологии, во многом опирающуюся на теорию М. Миланковича, объясняющую характер и ритм инсоляционных циклов ледниковой поры (Вагнер, 2006. С. 75–97, 388–418, 427–438).

В 30–50-е годы наибольшую активность была связана с исследованиями по историко-металлургической проблематике. И это имело свое давнее основание: ведь именно на металле и металлургической технологии прежде всего и во многом базировалась археологическая периодизация эпохи голоцена в постпалеолитическое время. В тематике доминировали эффективные методы количественного спектрального анализа установления химического состава древнего металла (в основном меди и бронзы), а также металлографии для реконструкции способов металлообработки. В последнее время на смену спектральному анализу пришел рентгено-флуоресцентный метод, позволяющий гораздо бережнее относиться к форме и облику древних и особенно уникальных металлических артефактов.

Первые широкие опыты по применению спектрального анализа к археологическим древностям уже в начале 30-х годов провели германские ученые. Почти всегда основной целью подобного рода химико-металлургических изысканий объявлялась возможность установления связи изученного металла с исходными рудными источниками. К этому и стремились тогда исследователи, имея в виду медные и полиметаллические месторождения Германии, впрочем без особого успеха. Позднее сходные по методам и целям исследований были продолжены также германскими учеными уже после Второй Мировой войны, и в 1960 г. в Берлине вышла в свет уже книга так называемой Штутгартской группы исследователей – З. Юнгханса, Э. Зангмайстера и М. Шредера (Junghans et al., 1960). В СССР в 50-е годы первоначально в Ленинградском отделении Института истории материальной культуры, а с 1960 г. уже в Московском отделении ИИМК наметилась активная работа по спектральному анализу древнейшего металла с территории СССР. Первой крупной работой в этом направлении явилась книга «Древнейшая металлургия Восточной Европы» (Черных, 1966), в которой было опубликовано до двух тысяч системно обработанных количественных спектральных анализов с пространств Восточной Европы и Кавказа. В рамках московской группы исследований особое внимание уделялось обоснованию специфической методики и приемов статистической обработки полученных аналитических данных с обязательной опорой на морфологические характеристики металла различных археологических культур и общностей.

Особое внимание с начала 70-х годов в разных странах было обращено на изыскания в области древнего горного дела, связанного по преимуществу с добычей медных или полиметаллических руд. Весьма примечательные успехи ожидали ученых при открытии и обследовании датированных V–II тыс. до н.э. рудников на Балканах или Южном Урале (Черных, 2007; 2013. С. 135–139, 229–235). Были открыты также и золотые рудники на Южном Кавказе (Stöllner, Gambashidze, 2011). Сопоставления аналитических результатов древней меди с химическими характеристиками медных руд позволило прояснять пути распространения металла порой на многие тысячи километров, скажем, от богатых горнорудных регионов выплавки меди вплоть до распространения ее у населения безрудных ареалов, подобных Восточной Европе или Западной Сибири (Черных, 2013. С. 131, 196; Черных, Орловская, 2015. С. 12–15).

Об истинных революционных сдвигах в повседневной практике археологических изысканий можно было говорить не только после формирования крупных химико-металлургических или же радиоуглеродных серий анализов, но – и это приобретало особую важность – тесно взаимосвязанных с конкретикой археологических реалий, т.е. с археологическими культурами, общностями и их блоками. Подобный вариант исследовательских процессов можно определять как *эффект культурного ландшафта*, поскольку практически никогда археологическая культура или же родственные блоки культур не существовали и не развивались вне определенной *геоэкологической зоны*, подобной, к примеру, пространствам Степного Пояса Евразии. Этот вариант сопряженности можно было расширить до понятия так называемого *культурно-технологического ландшафта*. Тогда многочисленные серии радиоуглеродных датировок или же химико-металлургические группы сопрягались уже с более сложными и крупными системами типа *металлургических провинций* (Черных, 2013), охватывавших по несколько миллионов кв. км и функционировавших до тысячи и более лет.

В тесном контакте с исследованиями абсолютной хронологии, а также культурного ландшафта и геоэкологических зон в практике археологических групп развивались биологические направления – палинологии (анализ ископаемой пыльцы растений), археоботаники и археозоологии, успехи которых отразились на множестве публикаций, а также материалов различных конференций и симпозиумов (Мегаструктура, 2012; Естественнонаучные методы, 2015). Выработывались методические приемы реконструкции экономики так называемого *производящего типа* (земледелие плюс скотоводство) или *комплексной производящей экономики*, когда к земледелию и скотоводству подключалось сопряженное с металлом производство. Именно с этими этапами был связан принципиально выраженный социально-экономический прогресс в сообществах голоцена последних 12 тыс лет.

С началом XXI столетия для археологии особое значение приобрели изыскания в области палеоантропологии вкупе с генетикой древних популяций на базе материалов древних некрополей и отдельных находок костных остатков человека даже ранних фаз плейстоцена. Результаты этих принципиально новых исследований явились, к примеру, базой для ряда чрезвычайно значимых выводов о путях миграций древних популяций – даже со времени раннего палеолита, около 1,5–2 млн лет назад, из африканской колыбели человечества и заселения всех гигантских ареалов Евразийского континента (Деревянко, 2015).

Краткое заключение о хронологическом-методологическом диссонансе археологии и истории

Так в почти тезисном изложении предстает методологическое развитие археологии; причем особое внимание мы должны сконцентрировать на взрывном характере этих перемен в последние пять-шесть десятилетий. Добавим к тому же, что эти процессы сопровождались фактически обязательными разработками специальных компьютерных программ, без которых эффект этих исследований был бы по существу нереальным. Бесспорным следствием этих процессов следует считать еще большее методологическое отчуждение родственных дисциплин – археологической и исторической. Причем шаг за шагом этот феноменальный диссонанс приобретал все более значимый характер. Ведь древнейшие стадии письменной (или же «исторической») эпохи в те самые последние пять-шесть десятилетий фактически не обогащаются сколько-нибудь заметными открытиями новых документов, способными хоть как-то ощутимо изменить наши устоявшиеся представления, например, о социальных организмах Планеты, датированных в хронологических рамках хотя бы периода «*до новой эры*». Практически все они описаны, прокомментированы, неоднократно истолкованы в неисчислимом множестве публикаций. С другой стороны, все накопления невообразимой массы письменной документации нынешнего времени для исторической дисциплины связаны уже с позднейшими этапами человеческой истории, отчего она приобретает все более определенный облик и характер *политологии*.

Весьма любопытно также, что параллельно усилению диссонанса археология стремительно и с повышенной энергией вторгается в традиционно считавшейся сферу исторической дисциплины. Она активно сближается с последней, извлекая из вновь полученных материалов ответы на те вопросы, что оказываются не под силу истории. Ныне без археологических методов и аналитической практики почти нереально понимать и корректно расшифровывать характер едва ли не всего раннего и в особенности восточноевропейского Средневековья. Возможны ли будут, к примеру, те построения и суждения о гигантском Скифском мире лишь на базе повествований геродотовой «Мельпомены»? Ведь те повествования великого древнегреческого историка и до сих пор воспринимаются многими едва ли не до наших дней в качестве исчерпывающих, без всего проделанного в последние годы сложного комплекса археологических исследований на неохватных просторах от Дуная до Ордоса и почти до границ Маньчжурии. Не покажутся ли избыточно минимальными и предельно сжатыми наши знания о культурах III тыс. до н.э. Эпохи Раннего Металла на Ближнем Востоке и в Анатолии лишь на основании прежних, скупых и многократно перетолкованных в литературе письменных источников?... Разумеется, перечислять многочисленные факты подобных археологических «вторжений» в подвластные исторической науке области возможно и далее, но особого смысла в этом нет – они напрашиваются как бы сами собой и без особого приглашения.

И наконец, все более и более курьезным может звучать продолжение устоявшегося в предшествующие десятилетия мнения о прикладном характере археоло-

логии в изучении общеисторического развития человечества. Остановим внимание лишь на одном, но, пожалуй, чрезвычайно ярком свидетельстве «придатка» – на той доле, которую Генеральная редакция уже упоминавшейся десятитомной «Всемирной истории» отводила археологическим культурам и периодам. Суммарное число страниц в этом громадном труде приближается к **десяти тысячам**. Из них лишь 72 (!) страницы оказались посвящены палеолиту и около 150 – всем дописьменным культурам (все эти разделы сосредоточены в I томе). Указанные цифры приобретают особое звучание в сопоставлении с другими, помещенными также в начале статьи расчетами пропорций между всей в 2,6 млн. лет **ВМИ** человечества и перекрывавшей неисчислимые массы дописьменных культур «тончайшей пленкой» культур письменных, подвластных уже собственно исторической дисциплине... Одно лишь ясно: феномен *хронологико-методологического диссонанса* между этими науками претерпел в последние годы перемены чрезвычайные, что делает продолжение дискуссий по этой острой проблеме весьма необходимым.

ЛИТЕРАТУРА

- Археология и естественные науки, 1965. / Под ред. Б.А. Колчина. М.: Наука. 373 с.
- Гесиод*, 1927. Работы и дни / Пер. В. Вересаева. М.: Недра. 88 с.
- Городцов В.А.*, 1910. Бытовая археология. Курс лекций, читанных в Московском археологическом институте. М.: Московский археологический институт. 475 с.
- Деревянко А.П.*, 2015. Три глобальных миграции человеческих миграции в Евразии. Ч 1. Новосибирск: ИАЭТ СО РАН. 612 с.
- Естественнонаучные методы исследований и парадигма современной археологии, 2015. Мат-лы Всерос. научн. конф. Москва, ИА РАН, 8–11 декабря 2015 г., редакторы и составители М.В. Добровольская и Е.Н Черных. М.: Языки славянской культуры, 2015. 159 с.
- Лукреций Тит Кар*, 1904. О природе вещей / Пер. И. Рачинского. М.: Скорпион. 231 с.
- Мегаструктура Евразийского мира: основные этапы формирования, 2012. Мат-лы Всерос. научн. конф. Москва, ИА РАН, 4–6 декабря 2012 г. / Ред. и сост. Е.Н. Черных М.: Таус. 136 с.
- Чайлд Г.*, 1952. У истоков европейской цивилизации / Пер. М.Б. Свиридовой-Граковой и Н.В. Ширяевой; под ред. Т.С. Пассек; предисл. А.Л. Монгайта. М.: Изд-во иностранной литературы. 468 с.
- Чайлд Г.*, 2009. Арийцы. Основатели европейской цивилизации / Пер. И.А. Емец. М.: Центр-полиграф. 270 с.
- Черных Е.Н.*, 2007. Каргалы. Том V. Каргалы: феномен и парадоксы развития. М.: Языки славянской культуры, 2007. 200 с.
- Черных Е.Н.*, 2013. Культуры кочевников в мегаструктуре Евразийского мира. Том 1. М.: Языки славянской культуры, 2013. 368 с.
- Черных Е.Н., Орловская Л.Б.*, 2015. Радиоуглеродная хронология культур Западной Евразии в Эпоху раннего металла // Естественнонаучные методы исследований и парадигма современной археологии. Мат-лы Всерос. научн. конф. Москва, ИА РАН, 8–11 декабря 2015 г. М.: Языки славянской культуры, 2015. С. 8–18.
- Arnold J.R., Libby W.F.*, 1949. Age determinations by radiocarbon content: checks with samples of known age // *Science*. December 23. Vol. 110. P. 227–228.
- Berthelot M.*, 1889. Introduction à l'étude de la chimie des anciens et du moyen age. Section VIII. Paris. [Electronic resource]. Mode of excess: http://herve.delboy.perso.sfr.fr/chimie_anciens.html

- De emendatione temporum Iosephi Scaligeri, 1583. Iulii Caesaris f. opus novum absolutum perfectum octo libris distinctum. Cum privilegio CAESAREAE MAJEST. Francofurti, Apud Ioannem Wechelium, Sumtibus Nicolai Bassaei Typographi. MDXCII.
- Douglass A.E.*, 1929. The secret of the Southwest solved by talkative tree rings // National Geographic Magazine. 56 (6). P. 736–770.
- Hermansen V.*, 1932–1944. Thomsen Christian Jurgensen (1788–1865) // Dansk Biografisk Lexicon. Grundlagt af C.F. Bricka. Bd. 23. Kjøbenhavn. S. 550–556.
- Libby W.F.*, 1952. Radiocarbon dating. Chicago: Univ. of Chicago Press. 132 p.
- List of Laboratories, 2013 // Radiocarbon. Vol. 55, no. 4. P. 2073–2096.
- Nyerup R.*, 1800. Kjøbenhavns Beskrivelse. Kjøbenhavn. [Electronic resource]. Mode of excess: Wikipedia.
- Montelius O.*, 1900. Die Chronologie der ältesten Bronzezeit in Nord-Deutschland und Skandinavien. Braunschweig: F. Vieweg and Son. 240 p.
- Nash S.*, 1999. Time, Trees, and Prehistory: Tree-Ring Dating and the Development of North American Archaeology, 1914–1950. Salt Lake City: Univ. of Utah Press. 302 p.
- Smith G.E.*, 1911. The Ancient Egyptians and the origin of Civilization. L.; N. Y.: Harper and Brother. 240 p.

II. АРХЕОХРОНОЛОГИЯ

**РАДИОУГЛЕРОДНАЯ ХРОНОЛОГИЯ
В СВЕТЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА
КРУПНЫХ СЕРИЙ ДАТИРОВОК
(итоги ожидаемые и итоги парадоксальные)**

Е.Н. Черных

Введение

Первые опыты датировки археологических материалов с известным по письменным и иным источникам возрастом Уиллард Ф. Либби провел в 1947 г. Через два года их результаты были опубликованы в журнале *Science* (Arnold, Libby, 1949). И всего через 11 лет после журнальной информации – в 1960 г. – Либби стал лауреатом наиболее значимой в научном мире Нобелевской премии. Стремительный темп мирового признания был обусловлен прежде всего чрезвычайно высокими оценками многих видных ученых естественных дисциплин открытия эффекта и возможностей использования радиоактивного изотопа ^{14}C .

Далеко не столь похожей оказалась реакция на это достижение в археологической среде, хотя, казалось, что открытие метода определения абсолютного возраста содержащих углерод образцов принадлежит разряду наиболее значимых и революционных в развитии археологии. Почти сразу, уже в 50-е годы прошлого столетия, когда радиоуглеродные определения возраста только-только начали входить в повседневную практику археологических изысканий, их первые результаты были встречены рядом археологов огнем жестокой критики. Одним из наиболее яростных противников этого метода объявил себя Владимир Милойчич – серб по происхождению, но большую часть своей научной жизни проведший в университетах Германии. В 1959 г. в Гронингене состоялся симпозиум, посвященный методам радиоуглеродной хронологии, где и прозвучала бурная дискуссия, порой выходившая за рамки научной этики. Поэтому при оценке результатов жарких диспутов один из видных европейских родоначальников применения в археологии ^{14}C -метода голландец Харм Ватерболк заметил, что в подобного рода спорах совершенно не пристало оперировать аргументами типа: «Милойчич – болван» или же, наоборот – «я не верю радиоуглеродным датировкам» (Waterbolk, 1960. P. 15).

Основной аргумент противников инноваций – расхождение первых результатов изотопных датировок с устоявшимися традиционными взглядами археологов на возраст переднеазиатских древностей, базировавшихся на письменных источниках, а также на соотношении их с датами более северных археологических материалов, прежде всего с территории Балкан, Карпат, Подунавья. Сторонники теории «Свет с Востока» никак не могли согласиться с заключениями о большей

древности многих археологических культур этих регионов в сравнении, скажем, с Месопотамией (см. статью автора во Введении данного сборника). Впрочем довольно горячие дискуссии на международных конференциях продолжались вплоть до 70-х годов.

Спустя десятилетия после этих споров многое, конечно, изменилось, и сегодня очень трудно указать идейных и бескомпромиссных противников метода ^{14}C с похожими на В. Милойчича взглядами. Однако даже в настоящее время не столь уже редко можно встретить специалиста, предпочитающего как бы не замечать ^{14}C -датировок, отстраняться от них, особенно если те противоречат устоявшемуся у археолога мнению о календарном возрасте какой-либо культуры или памятника («эти даты мне не подходят»).

Нетрудно заметить также, что далеко не все и по нынешнее время достаточно отчетливо понимают суть и основы метода ^{14}C , а также разные вариации его применения. По этой причине в статью включены разделы с достаточно популярным изложением его основ.

Углерод и его изотопы (по Г. Вагнеру¹)

«Углерод является основой всех живых организмов. Современный природный углерод представлен тремя изотопами. Два из них – стабильны ^{12}C (98,89%) и ^{13}C (1,11%), а радиоактивный ^{14}C , который присутствует в ничтожных количествах как примесь (около 10^{-12}), подвержен β -распаду со временем 5730 лет. Этот изотоп образуется в основном в стратосфере на высотах в 12–15 км как результат столкновения вторичных нейтронов от космических лучей с ядрами азота <...>. Он постоянно возобновляется под действием космических лучей в атмосфере и, таким образом, его содержание поддерживается на некоем равновесном уровне. Из атмосферы ^{14}C посредством обмена переходит в биосферу и гидросферу. Если обмен прерывается, содержание радиоуглерода в системе начинает постепенно убывать, что и позволяет датировать различные останки органического происхождения, такие, например, как дерево и кости в диапазоне от 300 лет до 40–50 тыс. лет². Анализируя хронологическую информацию, которую позво-

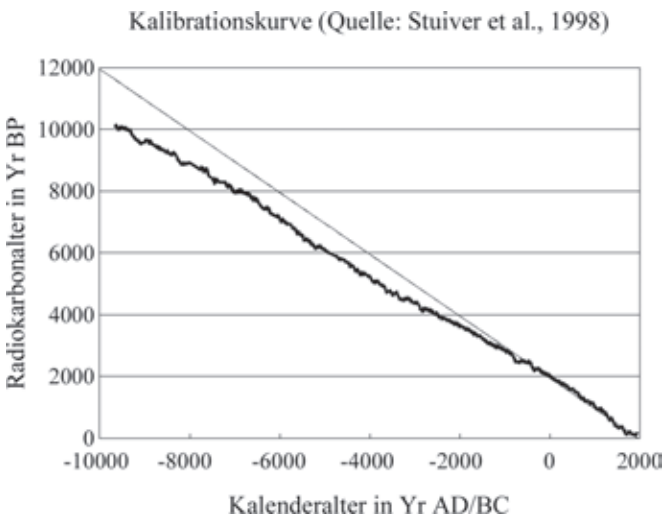
¹ Приступая к разделу об основах метода, автор предпочел предоставить слово профессионалу высокого класса, автору книги «Научные методы датирования в геологии, археологии и истории», профессору Гейдельбергского университета Гюнтеру А. Вагнеру, нежели пытаться своими словами пересказывать эти положения (Вагнер, 2006. С. 157–180). Правда, некоторые особо пространные описания аналитических процедур в книге Г. Вагнера автор статьи сократил в надежде сделать для гуманитариев более понятным изложение основ метода. Также порой автор решался на перегруппировку некоторых из его пояснений, стараясь избежать сколько-нибудь заметных изменений общего смысла изложения. Перевод текста книги с английского М.Л. Городецкого (общая редакция), С.Ф. Карпенко и В.А. Левченко.

² Отметим, что обмен атмосферным и земным ^{14}C , о чем пишет Г. Вагнер, прерывается в случае смерти всякого живого существа; у дендробъектов же такой обмен ведется только с внешним годичным кольцом, и как только – через год – внешнее кольцо переходит в разряд внутренних, концентрация радиоактивного изотопа в нем сразу же начинает убывать.

ляет получить радиоуглерод, следует учесть, что между датированным моментом образования органического материала и его использованием человеком (или же захоронением в осадках) может пройти значительный промежуток времени. Следовательно, радиоуглеродная дата часто представляет некий *terminus post quem* («предел после чего»), т.е. верхний предел для интересующего события.

Содержание ^{14}C определяют с помощью счетчиков радиоактивной масс-спектрометрии. Специализированная аппаратура позволяет при использовании счетчиков, в зависимости от размеров образца и уровня загрязнения молодым радиоуглеродом, датировать образцы, имеющие возраст до приблизительно 40 тыс. лет. Радиоактивность более древних образцов слишком мала и неотличима от фоновой радиации. С освоением УМС (ускорительной масс-спектрометрии) появились надежды, что предел датирования с помощью ^{14}C будет вскоре доведен до 75 тыс. лет <...>. Важным преимуществом УМС-метода является малое время измерения, а также значительно меньшие размеры необходимого для анализа образца, допускающие, например, работу с отдельными зернами злаков <...>.

С улучшением в 1950-х годах точности измерений и накоплением массива данных стало очевидным, что ^{14}C -возрасты обычно оказывались меньше независимо определенных возрастов, в частности, для исторически датированных объектов египетского Древнего Царства. Поскольку возможность несовершенства египетской хронологии полностью отменить нельзя, была начата обширная программа измерений содержания ^{14}C в дендрохронологически датированных кольцах древних остистых сосен, растущих в Белых Горах в Калифорнии. Результаты этих исследований подтвердили расхождение датировок. Нерегулярный характер расхождений, обнаруженный Зюссом (*Suess, 1965*), привел к введению процедуры *калибровки* радиоуглеродных дат. К настоящему времени калибровочные кривые, основанные на годичных кольцах деревьев, простираются в прошлое на 12 тыс. лет (рис. 1; по: *Stuiver, Reimer, Bard et al., 1998; Stuiver, Reimer, Braziunas, 1998*).



Графики радиоуглеродного возраста в зависимости от календарных лет демонстрируют нерегулярные вариации продолжительностью в 100–200 лет и амплитудой до 2%. Эти вариации ^{14}C средней продолжительности (*осцилляции или колебания Зюсса*) антикоррелируют с изменениями солнечной активности, поскольку солнечные магнитные поля модулируют поток космических лучей. Когда солнечная активность высока, поток космических лучей и, следовательно, скорость образования ^{14}C уменьшаются (*эффект де-Фриза [de Vries]*) <...>. Кроме этих вариаций существует также и 11-летний цикл образования радиоуглерода. Амплитуда этой короткопериодической вариации, связанной с 11-летним периодом солнечных пятен, составляет около 1,4%.

Одним из последствий индустриализации, начавшейся в середине XIX в., был выброс в атмосферу большого количества «мертвого», т.е. не содержащего ^{14}C , углекислого газа CO_2 от сжигания ископаемого топлива – угля и нефти. Это разбавление концентрации атмосферного ^{14}C на ~0,03% в год известно как *эффект Зюсса*. С 1850-х по 1950-е годы концентрация ^{14}C в атмосфере снизилась на 3%, и это означало, что радиоуглеродный возраст кольца дерева из 1950 г. будет превосходить его истинный возраст на 240 лет (если основываться на начальном содержании ^{14}C в доиндустриальный период). По этой причине данный эффект не позволяет датировать образцы моложе 1850 г. Ядерные испытания в атмосфере в период 1950–1964 гг. временно привели почти к удвоению содержания ^{14}C в атмосфере (так называемый *бомб-эффект*); однако оно все еще на ~20% выше нормы и в наши дни.

Резервуарный эффект относится к вариациям изотопного состава углерода внутри резервуара, из которого организм черпает свой углерод. К пространственным вариациям могут приводить разные причины. Если углерод находится в пределах одного и того же резервуара достаточно долго и быстрое перемешивание или обмен с другими резервуарами отсутствует, то концентрация ^{14}C будет снижаться («старение» углерода). Примесь «старого» углерода также снижает концентрацию ^{14}C . Резервуарные эффекты приводят к увеличению возраста, их оценка вызывает определенные трудности.

Поверхность океана постоянно обменивается углекислым газом с атмосферой. Напротив, глубинная циркуляция океана протекает медленно – порядка 2 тыс. лет. Глубинные воды не обмениваются с атмосферой, и, следовательно, содержание ^{14}C в них постоянно уменьшается. Радиоуглеродный возраст глубинных океанических вод достигает 1,7 тыс. лет (*морской резервуарный эффект*). Когда эти «старые» воды выходят на поверхность, они смешиваются с «молодым» поверхностным слоем. Поэтому воды в зонах апвеллинга (перемешивания холодных глубинных вод с теплыми поверхностными) имеют кажущийся ^{14}C -возраст порядка 400 лет. Поскольку перемешивание определяется местными условиями, такими как форма побережья, течение и ветер, кажущийся ^{14}C -возраст морской воды меняется от места к месту и во времени (*Stuiver, Braziunas, 1993*).

Как следствие этого морские раковины и кораллы могут иметь ^{14}C -возраст, превышающий истинный. Одна из возможностей для учета этого эффекта заключается в измерении содержания ^{14}C у современных организмов (однако старше 1950 г. во избежание бомб-эффекта) из того же исследуемого района.

Эффект жесткой воды наблюдается в богатых карбонатами почвах и грунтовых водах. При перемещении по карбонатным почвам и водоносным горизонтам грунтовые воды растворяют геологический «древний» углерод, который разбавляет имеющийся в них «современный» органический углерод. Такое смешивание обеих углеродных фракций приводит к увеличению ^{14}C -возраста грунтовых вод. Попадая в реки и озера, эта обедненная ^{14}C вода смешивается в разных отношениях с «молодыми» поверхностными водами. Таким образом, организмы, например пресноводные моллюски и растения, живущие в этой среде, могут демонстрировать увеличение ^{14}C -возраста вплоть до нескольких сотен лет <...>. Коррекция на эффект жесткой воды весьма затруднена из-за его большой региональной и временной изменчивости. «Мертвый» углерод также может высвобождаться при разложении известняков гуминовыми кислотами, что приводит к снижению доли ^{14}C в почвенном CO_2 и в известковых образованиях.

Конвенционный ^{14}C -возраст. Этот «договорной» ^{14}C -возраст определяют по следующим правилам.

Даты отсчитывают от 1950 г. н.э., что выражается отметкой *BP* (before present – до настоящего времени) после указанного числа лет. Именно эта запись и указывает на то, что речь идет о конвенционном ^{14}C -возрасте. Например, конвенционный ^{14}C -возраст 1820 BP означает, что возраст образца – 1820 радиоуглеродных лет, отсчитанных назад от 1950 г. Часто наблюдается непонимание того факта, что договорная «современность» вовсе не означает, что дата отсчитывается именно от сегодняшнего дня. Поэтому настоятельно рекомендуется использовать отметку BP только в договорном смысле.

При расчете конвенционального возраста используется «период полураспада Либби», равный 5568 годам³, хотя известно, что он примерно на 3% ниже реального. Эта величина была выбрана, чтобы сохранить возможность прямого сравнения последующих измерений со сделанными ранее определениями ^{14}C -возраста <...>.

Калиброванный ^{14}C -возраст. Процедура калибровки осуществляется преобразованием конвенционного ^{14}C -возраста в календарные даты. Для этой процедуры используются принятые научным сообществом кривые и программы, основанные на высокоточных радиоуглеродных измерениях дендрохронологически датированных последовательностей годовых колец деревьев. Калибровочные кривые постоянно уточняются и пополняются⁴.

³ Любопытно, однако, что полураспад ^{14}C в 5568 лет, повсеместно именуемый «периодом полураспада Либби», хотя ученый даже в своей первой статье, где проводил анализ возраста археологических материалов и дендрообразцов, использовал показатель полураспада в 5720 ± 47 лет (см. *Arnold, Libby*, 1949. Fig. 1), т.е. очень близкий к принятому ныне в 5730 ± 40 лет.

⁴ Чаще всего археологические исследовательские группы разных стран используют программу калибровки, разработанную и предложенную Оксфордской лабораторией: Oxford University, Research Laboratory for Archaeology and the History of Art; руководитель программ профессор Christopher Bronk Ramsey; наиболее популярные программы калибровки – OxCal vers. 3.10 and vers. 4.2). Кроме всего следует иметь в виду, что предлагаемая каждой лабораторией датировка проанализированного образца представляет лишь *вероятность* определения его возраста в некотором диапазоне значений.

Обработка данных по календарному возрасту образцов: единичные анализы

В начале статьи упоминалось о первом представительном международном симпозиуме по радиоуглеродной хронологии в Гронингене. Харм Ватерболк (род. в 1924 г.), археолог и биолог – организатор и один из наиболее активных участников этого симпозиума – опубликовал информацию о жарких дискуссиях на этой встрече специалистов различных направлений. Может быть, наиболее запоминающимися стали его слова из заключительного раздела статьи: «Лучший путь преодоления трудностей – эмпирический, или же иначе: *одна дата для памятника или же культуры – это не дата; имеет смысл только серия датировок, которая и может быть использована для целей хронологии*» (Waterbolk, 1960. Р. 18).

Прошло более 50 лет со времени этих споров, но проблема оценки возраста археологической культуры либо отдельного памятника по единичным радиоуглеродным датировкам и донныне остается на повестке дня. Вне всякого сомнения, Х. Ватерболк был абсолютно прав уже в те далекие годы, но ведь любая серия возрастных определений непременно начинается с единичных датировок, и единичные конвенционные даты в согласии с требованиями метода должны быть откалиброваны. Однако результаты калибровки могут вызвать у пользователя ряд вопросов и недоумений.

Базой калибровки служит генеральная кривая общей протяженностью более 12 тыс. лет (рис. 1), причем ее отдельные участки могут значительно отличаться друг от друга. Различия – и порой существенные – обусловлены размахом в пульсациях космического излучения или же показателями осцилляции (по Зюссу). Последнее во многом зависит от колебаний солнечной активности, что и отражается на характере калибровочной кривой (так называемый эффект де-Фриза – см. выше). Результаты калибровочной процедуры всегда предлагают пользователю некую вероятность определения календарного возраста, выраженную, как правило, в двух диапазонах – одной сигмы (68,2%) и двух сигм (95,4%).

Поясним это некоторыми примерами на двух парах конвенционных дат с разными девиациями в значениях возраста: 4450 ± 100 и 4450 ± 30 , а также 5800 ± 100 и 5800 ± 30 (рис. 2). Проведенная калибровка в первой паре сразу же может удивить существенным различием между калиброванными датировками с девиацией в 100 и 30 лет. Казалось бы, что отклонение в 100 лет в сравнении с 30-летним должно приводить к более заметной «расплывчатости» финальных значений возраста. Однако картина выглядит иной: фигура распределения и рассеивания значений на графике с 30-летним отклонением выглядит на фоне соседней несравненно более неустойчивой. У пользователя может, пожалуй, при взгляде на эти вероятностные фигуры возникнуть соблазн предпочтения результата с большей девиацией.

Иным предстает эффект калибровки более древнего образца с конвенционным возрастом в 5800 лет и с аналогичными девиациями в 100 и 30 лет. Здесь фигуры распределения вероятностей выглядят уравновешенными и сходными по контурам, а результат обработки предстает вполне ожидаемым: конвенционная дата с малым отклонением при калибровке характеризуется более узким вероятностным диапазоном возраста.

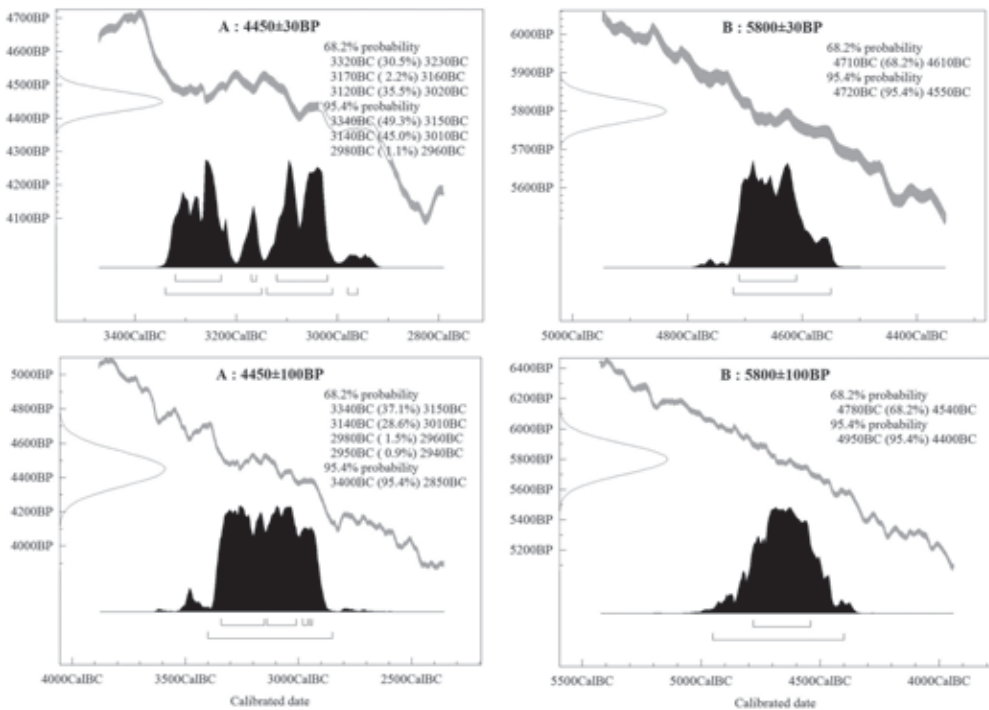


Рис. 2. Примеры зависимости определений возраста проанализированных образцов от их сопряженности с разными участками калибровочной кривой и девиацией конвенционных значений

Кривая с конвенционной датой более раннего образца в 5800 лет оказалась сопряженной с тем отрезком генеральной линии, где осцилляция выражена весьма слабо и где генеральная кривая калибровки предстает значительно выровненной и даже приближающейся к виду относительно прямой линии. На фоне этого отрезка выглядит весьма контрастной картина на более позднем участке кривой, где доминируют выразительные зигзаги резких взлетов и глубоких падений. Именно это и отразилось на результатах определения вероятного возраста с конвенционной датой в 4450 лет.

Многочисленные серии датировок и синдром культурной непрерывности

«Культурная непрерывность» или же «культурный континуум» проявляется прежде всего на материалах тех археологических культур или общностей, для которых исследователям очень трудно, а порой даже невозможно выявить и определить надежные – как вертикальные или хронологические, так и горизонтальные или пространственные – грани этих образований. Иначе говоря, невозможно точно понять – где же следует провести хронологический рубеж между «прародителями» культуры, или же как надежно прочертить границы между

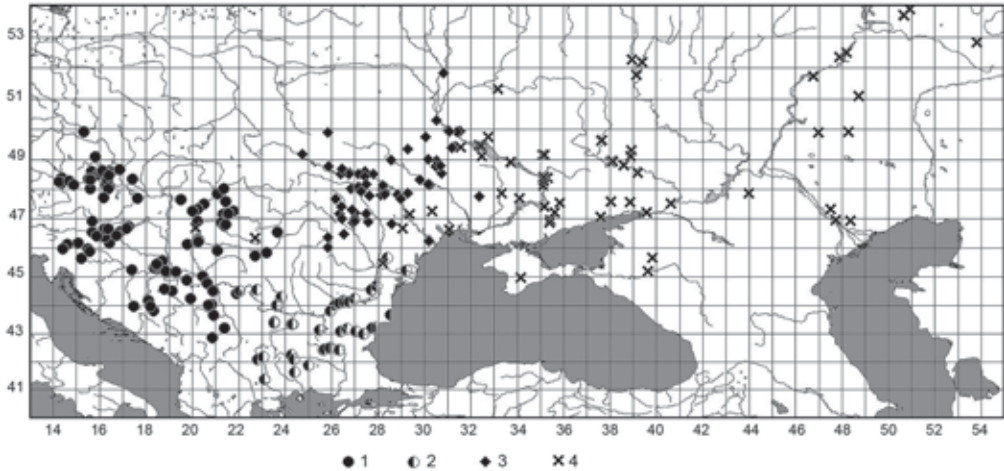


Рис. 3. Карта распространения радиоуглеродных датировок в рамках Балкано-Карпатской металлургической провинции. Условные обозначения: 1 – центральный блок, среднедунайский ареал; 2 – центральный блок, нижнедунайско-фракийский ареал; 3 – блок трипольских культур; 4 – блок степных скотоводческих общностей (см. также на вклейке рис. III)

искомой культурой и окружающими ее. Четкость подобного рода граней почти всегда невелика, и выглядят они ненадежными, как бы «размытыми». Чаще всего это присуще культурам и общностям, в которых комплекс их наиболее значимых черт представляется чрезвычайно ограниченным и мало определенным, либо комбинации фундаментальных признаков культуры кажутся неустойчивыми и зыбкими. Весьма нередко данный синдром контрастно проявляет себя на материалах кочевых и полукочевых культур и общностей Степного Пояса Евразии (Черных, 2013. Т. 1. С. 29–38). Продемонстрировать его будет нетрудно на богатых материалах Балкано-Карпатской металлургической провинции, в которую были включены мобильные скотоводы западного фланга этого Пояса. Проявления признаков синдрома культурного континуума предстанут в более выразительном свете при системной математической обработке крупных серий радиоуглеродных датировок этих общностей.

Балкано-Карпатская металлургическая провинция (БКМП). Перед обращением к характеристикам синдрома культурного континуума в ее материалах полезно вкратце обрисовать важнейшие составляющие структуру БКМП, иначе ответы на многие вопросы могут показаться не вполне ясными. Прежде всего отметим, что эту провинцию выделяет неожиданная вспышка и бурное развитие в V тыс. до н.э. древнейшего в Евразии мощного горно-металлургического производства (Черных и др., 2000; Черных, 2013. Т. 1. С. 126–148). Структура сложившейся БКМП выглядит весьма четкой при выделении в ней трех крупных блоков: 1) центрального балкано-карпатского; 2) периферийного, но родственного центральному – трипольского (или же кукутень-трипольского); 3) степного и весьма контрастного на фоне первых двух (см. цветную вклейку, рис. III). Характер центрального и трипольского объединений определяли яркие

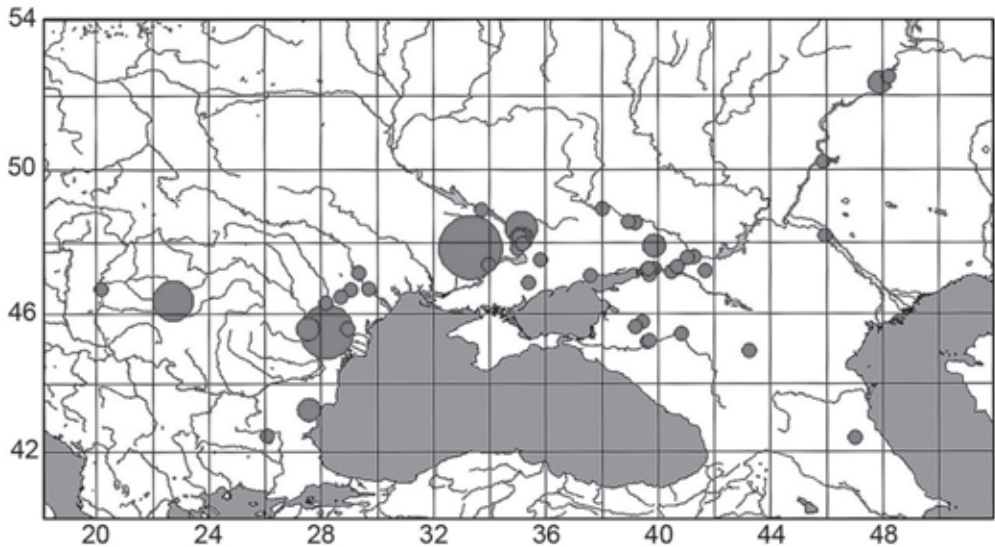


Рис. 4. Карта распространения балкано-карпатской меди в памятниках степного блока БКМП

оседло-земледельческие культуры; в третьем, степном блоке господствовали скотоводческие полукочевые или же кочевые образования. Центральный блок столь же четко подразделяется на два родственных и взаимосвязанных ареала: а) среднедунайский и б) нижнедунайский с включениями в последний регионов Северной Фракии. Раздел между этими ареалами был обусловлен причудливо изогнутой и напоминающей перевернутую букву S линией складчатого пояса Карпат, который в створе знаменитых Железных ворот Дуная переходил к Балканским горам или к Старой Планине в Болгарии (см. цветную вклейку, рис. IV). Южнее этого горного массива и параллельно ему протянулись невысокие Родопы, в которые и упирался южный край провинции, являвшийся по сути его пограничным фракийским участком.

Центральный блок (оба его ареала) – безусловно, узловой в БКМП, поскольку именно с его культурами были связаны важнейшие производственные горно-металлургические центры провинции. Металлообработка локализованных в безрудных областях культур и общностей второго и третьего блоков целиком зависела от импортов меди из очагов центра. Заметим, что включение кочевых и полукочевых скотоводов в структуру БКМП было обусловлено именно этими западными импортами. Удалось зафиксировать примерно 5,5 тыс. (!) медных украшений, правда, в подавляющем большинстве бусин и подвесок, сосредоточенных в захоронениях степняков, рассеянных по широким пространствам от Трансильвании и Нижнего Подунавья вплоть до бассейнов Нижней Волги (рис. 4).

Генеральная площадь БКМП равнялась примерно 1,64–1,67 млн км². Среднедунайский ареал БКМП центрального блока провинции занимал около 530 тыс. км², а нижнедунайский – примерно 210 тыс. км². Трипольский блок охватывал около

150 тыс. км². Домен степных скотоводов приближался к 750–780 тыс. км², и это без учета проникновений кочевых групп не только в Нижнее, но и Среднее Подунавье.

Центральный блок представлен в нашей сводке 13 культурами – 9 из которых были сосредоточены в среднедунайском ареале, а 4 – в более южном, нижнедунайско-фракийском. В этом блоке учтено и обработано 863 радиоуглеродных датировок, связанных с комплексами 156 памятников. Из них к среднедунайскому ареалу относится 620 датировок из 108 памятников; в нижнедунайско-фракийской группе систематизированы 236 даты из 45 памятников.

Гораздо слабее выглядит насыщенность датировками в кукутень-трипольском блоке. В его трех культурах – триполье А, В и С1 – учтено 195 датировок из 68 памятников, а доля возрастных определений в трипольском блоке оказалась примерно в два раза ниже, нежели в блоке центральном. На этом фоне примечательно, что в степном блоке доля радиоуглеродных определений была заметно выше трипольского: 246 датировок из 73 памятников. Однако все эти изотопные определения возраста степных комплексов оказались рассеянными по огромным пространствам, в отличие от пятикратно меньшего по охвату трипольского блока.

* * *

Теперь перейдем к самому главному вопросу данного раздела статьи – к **синдрому культурной непрерывности**, и рассмотрим его на материалах степного блока. Данный блок охватывал западный фланг гигантского Степного Пояса Евразии, протянувшегося на 8 тыс. км от Северного Причерноморья и самых низовьев Дуная вплоть до Маньчжурии (Черных, 2013. Т. 1. С. 29–57). При изучении культур Степного Пояса наибольшая трудность возникала при попытках корректного выделения в степном блоке различных археологических культур. В первую очередь это относилось к комплексам Северного Причерноморья и в меньшей степени – к более восточным, локализованным в бассейнах Волги и Урала. Попытки расчленить на культуры этот степной скотоводческий мир, нередко именовавшийся в литературе «нео-энеолитическим», предпринимались еще в далекие 50-е годы (Археология..., 1971. С. 85–96, 104–129). Такие культуры специалистами этой эпохи выделялись и обозначались разными, порой чрезвычайно усложненными и трудно запоминаемыми названиями, как, например, Мариуполь-Новоданиловка-Петровистуново-Чапли, Ракушечный Яр, азово-днепровская, днепро-донецкая, среднестоговская, хвалынская. В этом ряду, пожалуй, отчасти лишь среднестоговская в бассейне Дона–Донца (Археология..., 1971. С. 221–231), да возможно, и хвалынская культура в бассейнах Нижней, Средней Волги и Урала (Хвалынские..., 2010) не подверглись категорической ревизии и ожесточенным спорам в публикациях некоторых исследователей. Попытки распознать в рамках «нео-энеолитической» общности во всех этих намечаемых культурах их вертикальные, равно как и горизонтальные грани и выявить надежные разграничительные признаки каждой из культур, на взгляд автора, к заметным успехам не приводили. Все эти проблемы выглядели тем более контрастно на фоне предельно четких и не вызывающих никаких

сомнений в отличиях степных скотоводов от соседних культур обоих блоков оседло-земледельческих культур и прежде всего трипольского блока. Это относилось не только к триполью, но также и к культурам центрального блока. Ведь скотоводы поднимались вверх по Дунаю вплоть до Трансильвании, а их могильники (к примеру, Касимча или Деча Мурешулуй) по ряду отчетливых признаков археологии легко отличали от коренных оседло-земледельческих культур обоих ареалов БКМП (*Ecsedi*, 1979; *Jovanović*, 1979; *Lichardus, Lichardus-Itten*, 1985. P. 355–366; *Chernykh*, 1992. P. 42–49).

Все это и стало причиной группировки в данной статье всех памятников степного блока не по намеченным разными исследователями культурных групп, но по географическому принципу, когда за основу выделения групп конкретных памятников принимается их локализация в бассейнах важнейших речных систем Восточной Европы. Из числа систематизированных по определению изотопного возраста самой многочисленной группой оказалась западная, рассеянная от бассейна Днестра вплоть до Днестра: 142 датировки из 37 памятников. Центральная группа локализовалась в бассейне Дона и Северского Донца: 67 радиоуглеродных датировок из 22 памятников. Наконец, разбросанная по обширным пространствам бассейнов Волги и Урала восточная группа, ее нередко именуют хвалынской культурой, оказалась наименее представительной: всего 37 дат из 14 могильников.

* * *

Здесь вновь обратимся к общей картине, выявленной в результате системной обработки всей обширной коллекции изотопных датировок БКМП. Предварим этот анализ некоторыми замечаниями методического характера. Возрастные диапазоны каждой из культур, а для степного блока – географических групп, определяются методом вычисления сумм вероятностей, выраженных в калиброванных датировках⁵. Результаты вероятностных расчетов представлены в двух – 1 и 2σ – диапазонах. Важным представляется и количественная характеристика обработанной коллекции каждой культуры или группы. Так, картина возрастных диапазонов, где обработано от 25 определений и выше, при увеличении их числа, как правило, не меняют или же почти не меняют общей картины и ее коррекция признается незначительной. Для культур, где проведено менее 25 изотопных определений, стабильность картины возрастного диапазона не всегда представляется удовлетворительной.

Вся многочисленная коллекция БКМП из 1291 возрастной оценки была распределена по определенным культурам или же, как в случае степного блока – по территориальным группам. Хронологические диапазоны для каждой из намеченных культур или групп определялись путем расчета сумм вероятностей систематизированных датировок с обязательным определением диапазонов в границах одной и двух сигм. При этом в качестве основного критерия при перекрестном

⁵ В данном случае вычисление сумм вероятностей возраста проводилось по рекомендованному Оксфордской лабораторией методу OxCal vers. 3.10 или 4.2; при этом заметим, что различия в результатах по обеим версиям метода минимальны.

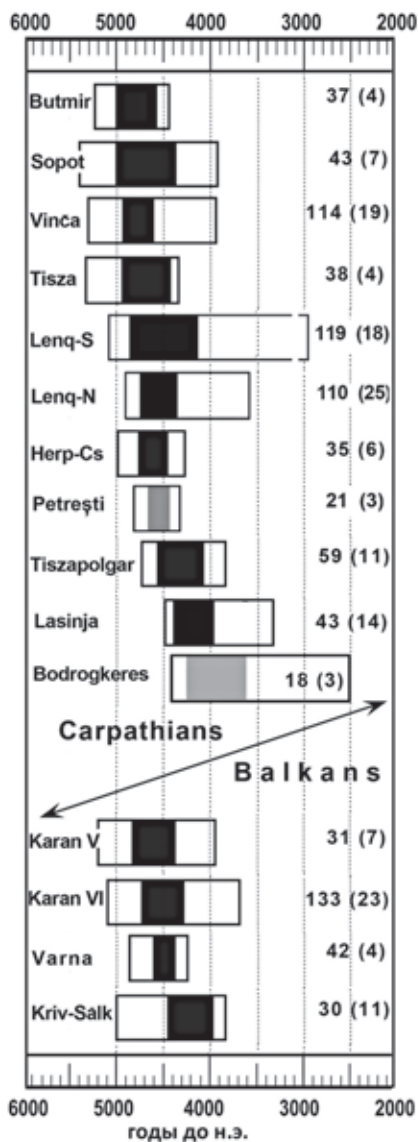


Рис. 5. Хронологические диапазоны основных культур Центральной группы Балкано-Карпатской провинции.

Условные обозначения: контурный прямоугольник – хронологический диапазон в две сигмы; черный прямоугольник – диапазон в одну сигму. Цифры после обозначения культур и территориальных групп обозначают число зафиксированных и системно обработанных ¹⁴C; в скобках – число памятников.

Культуры: But – Butmir, Sop – Sopot, Vin – Vinča, Tis – Tisza, Kar V – Караново V-Боян, Lengyel, HCs – Herpaly-Csözshalom, Gum – Караново VI-Gumelnița, Varna, Tiszap – Tiszapolgar, KrS – Krivodol-Sălcuta, Lasin – Lasinja, Bodrog – Bodrogkeresztur

сопоставлении выявленных хронологических диапазонов представленного здесь ряда признавались границы сумм вероятностей в одну сигму (68,2%).

Различия в результатах анализа для культур или групп каждого блока Балкано-Карпатской металлургической провинции выглядят весьма впечатляющими, и это не может сразу же не броситься в глаза даже при самом общем взгляде на сравнительный график (рис. 5). Хронологические диапазоны 12 культур центрального блока (из общего числа в 13) практически синхронны и не выходят за грани V тыс. до н.э., которое и было временем знаковой активности горно-металлургического производства БКМП. Лишь возрастные рамки единственной в этом ряду – не только самой поздней, но также и самой малопредставительной – культуры среднедунайского ареала Бодрогерестур частично переходят и в раннюю половину IV тыс. до н.э. В роли

весьма важного признака выступает то, что для каждой из основных 12 культур этого блока присущ очень узкий хронологический диапазон в одну сигму, почти никогда не превышающий *пяти столетий*.

Совершенно иной (едва ли во всех отношениях) выглядит хронологическая ситуация у культур трипольского блока. Согласно возрастным диапазонам все три культуры выстраиваются в достаточно четкий последовательный ряд. Однако анализ материалов триполья-А свидетельствует о двух хронологических вариантах этой культуры, разрыв между которыми определяет ясно выраженный «про-

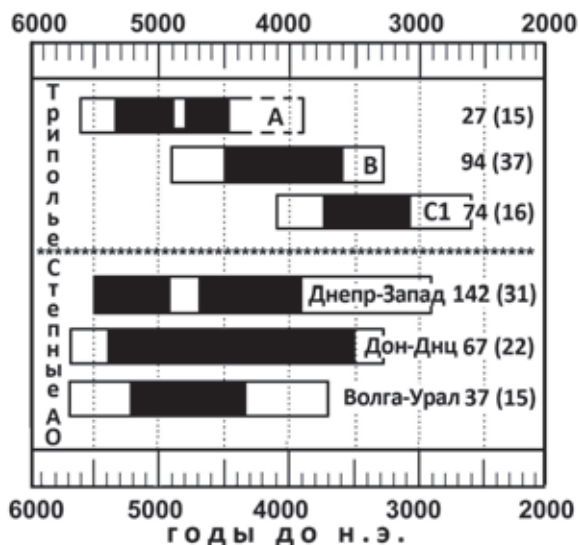


Рис. 6. Балкано-Карпатская металлургическая провинция: хронологические диапазоны основных культур трипольской и территориальных групп степной нео-энеолитической общностей. Условные обозначения см. на рис. 5

Позднейшая в трипольском ряду культура *C1* датируется в пределах 3700–3100 гг. до н.э. и тем самым совершенно не соответствует периоду активности горно-металлургических центров БКМП.

Наконец, хронологическая картина территориальных групп в степном блоке скотоводческих общностей, столь примечательных своими яркими признаками проявления синдрома культурной непрерывности, совершенно не сходна с важнейшими возрастными признаками культур центрального и трипольского блоков. Синдром культурного континуума нашел свое отражение также и на материалах радиоуглеродных датировок. Хронологические диапазоны в пределах одной сигмы фактически каждой из систематизированных групп кажутся безмерно растянутыми, и это особенно ярко выражено на материалах комплексов Доно-Донецкого бассейна: там диапазон очень близок к двум тысячам лет (54–35 вв. до н.э.). Более узкими выглядят временные рамки в западной группе, однако и здесь картина осложняется провалом-хиатусом между 49 и 47 столетиями в диапазоне этой группы. На фоне западной и центральной групп более компактной выглядит хронологическая картина памятников восточной или волго-уральской группы (рис. 6), но она по сравнению с соседними пока что мало представительна.

* * *

Синдром культурной непрерывности проявляется не только на материалах кочевых и полукочевых культур степной зоны Евразии. В не меньшей, а мо-

вал» в диапазоне одной сигмы (рис. 6). Временные грани раннего варианта культуры фактически выводят ее за ранние пределы активности Балкано-Карпатской провинции – еще в дометаллическую (неолитическую) эпоху. В то же время поздний вариант триполья-*A* соответствует хронологическим рамкам БКМП. Возрастной диапазон следующей за культурой *A* триполья-*B* выглядит монолитным, однако его позднейшая часть выходит за знаковый для БКМП рубеж V тыс. до н.э. и кажется одновременной упомянутой выше культуре Бодрогерестур. Кроме того, хронологический диапазон триполья-*B* (в одну сигму) равен девяти столетиям, и это существенно отличает ее от культур центрального блока.

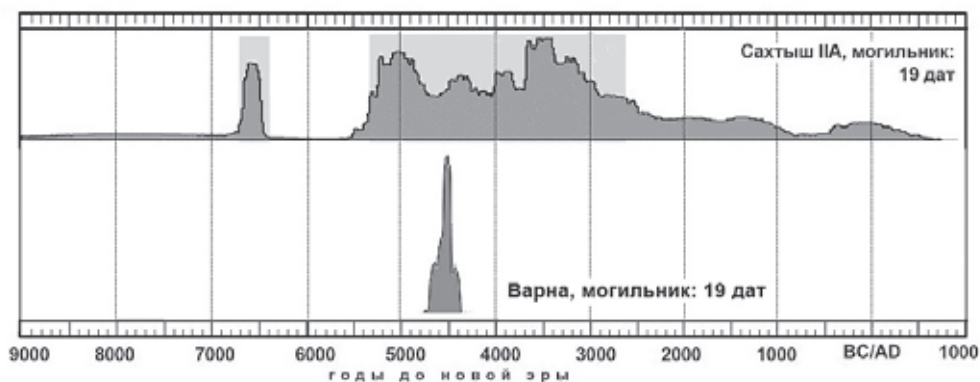


Рис. 7. Сопоставление хронологических диапазонов в рамках двух сигм могильников Варненского некрополя и Сахтыш IА

жет быть, даже в большей мере он присущ древностям общностей охотников и рыболовов лесной зоны континента. Это очевидно при сопоставлении радиоуглеродной хронологии двух, разделенных огромной дистанцией могильников – Варненского в Северной Фракии из южного ареала центрального блока БКМП и Сахтыш II, локализованного в бассейне Верхней Волги и связанного преимущественно с культурой волосовского типа. Примечательно, что сравниваемые коллекции изотопных определений возраста оказались равными: в обоих случаях зафиксировано по 19 датировок, хотя число захоронений в «золотом» некрополе из Варны во много раз большее. Различия в хронологических диапазонах сопоставляемых памятников кажутся поистине фантастическими (рис. 7). Датировки Сахтыша определяют эти диапазоны в пределах двух сигм примерно в 9000 лет (!) между 8500 г. до н.э. и 500 г. н.э., а одной сигмы – в пределах 6700–6400 и 5300–2600 гг. до н.э. В то же время аналогичные по числу 19 датировок захоронений в Варне характеризуются предельно сжатыми диапазонами 4710–4360 (2 σ) и 4620–4440 (1 σ) гг. до н.э.

Поражающее воображение отличие между Варной и Сахтышем побуждают обратиться к иным материалам с целью некоторых проверочных сопоставлений. Для этого привлекались суммарные материалы из поселений в достаточной степени сходных между собой археологических культур лесного мира в бассейнах Камы и Вятки – новоильинской, гаринско-борской и юртикской (27 дат), также зауральских – аятской и липчинской (18 дат). Картина широко «размытых» диапазонов выявилась вполне отчетливо и в этих случаях, хотя пример Сахтыша остался непревзойденным (рис. 8). Камско-вятские культуры бытовали в пределах 4400–1000 гг. до н.э. (2 σ) или же 4000–1100 (1 σ), а зауральские в рамках 4300–2000 (2 σ) и 3700–2000 (1 σ). На этом фоне выразительным контрастом предстает малочисленная коллекция из локализованного близ устья Камы, на южной границе лесного мира могильника Мурзиха 2, связываемого во многом с материалами Хвалынского могильника на Нижней Волге. Датировок здесь пока что очень мало – всего девять, но определяемые ими диапазоны резко отличны от соседних камских культур: 4700–3600 (2 σ) и 4550–4250 (1 σ) гг. до н.э. Эти данные говорят

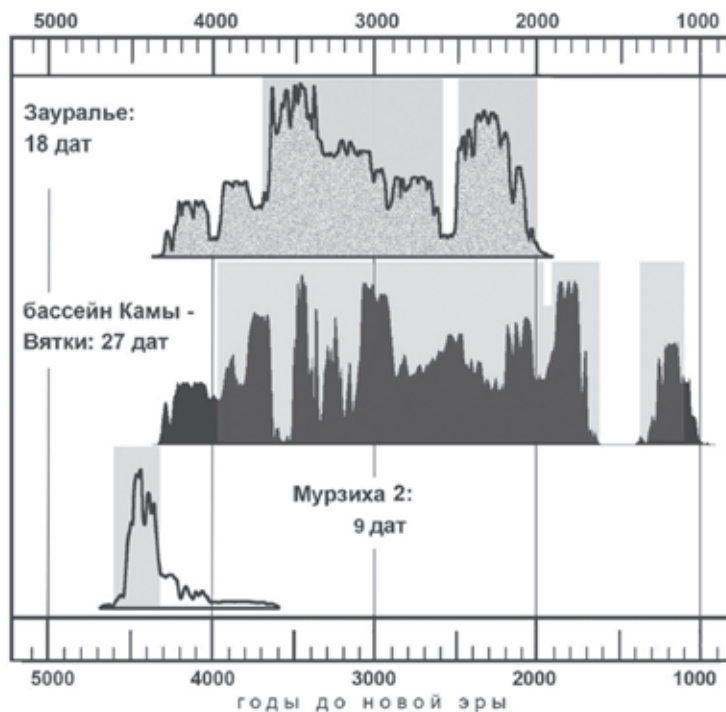


Рис. 8. Хронологические диапазоны некоторых лесных культур Приуралья, Зауралья, а также могильника Мурзиха. Условное обозначение: для каждой сопоставляемой группы прямоугольниками с серым фоном обозначены возрастные диапазоны в *одну сигму*

о синхронности Мурзихи апогею активности центров далекой Балкано-Карпатской металлургической провинции (*Черных и др.*, 2011. С. 30–35).

Радиоуглеродная хронология и принцип развития «от простого к сложному»

В реальной практике российской, а точнее и советской археологии едва ли не повсеместно доминировал принцип развития *«от простого к сложному»*, что и определяло во многом характер всей науки о дописьменном этапе развития человечества. Родоначальником этой теории в археологии (см. об этом в статье автора во Введении данного сборника) был Оскар Монтелиус, и ее внешне четкая концепция редко вызывала у археологов сомнения. В упрощенном истолковании морфолого-типологический метод по шведскому ученому мог выглядеть следующим образом. Сначала археологу необходимо было сформировать базу данных для некоторой, впрочем, достаточно многочисленной категории однородных по функции древних и желательных металлических предметов – к примеру, кельтов, кинжалов, мечей и т.д. Затем исследователь, ориентируясь на наиболее выразительные формальные признаки, выстраивает эти изделия в некий протяженный

типологический ряд, либо намечает линию морфологического развития. Исходными в подобном ряду должны быть простейшие по виду артефакты. Замыкают же данный типологический ряд наиболее сложные по форме и конструктивным особенностям группы изделий. Тем самым предложенная специалистом линия развития некоторой категории изделий приобретает к тому же явный хронологический смысл: простейшие по форме предметы *должно* было считать древнейшими и наоборот – позднейшими из них самые совершенные.

Правда, по ходу изысканий выяснилось, что парадигма Монтелиуса вовсе не может считаться универсальной и что в ней немало слабостей. Скажем, можно признавать справедливым генеральный тренд в общеисторическом развитии всех мировых технологий «от простого к сложному». Однако в конкретных случаях, которые никак исключениями не являются, в качестве исходных могли служить отнюдь не простейшие, но достаточно сложные формы творений человеческих рук. При этом прогресс мог выражаться как бы в обратном характере, т.е. в замещении сложных изделий более простыми, и в производстве подобного рода путь мог именоваться, как развитие *от иррационального к рациональному*. И, тем не менее, теория Монтелиуса служила да и служит, пожалуй, фундаментом для многих археологических построений.

В значительной мере сквозь призму этой парадигмы объяснялось и развитие степных скотоводческих культур, о которых шла речь выше при анализе синдрома культурной непрерывности. Более 100 лет назад, еще на заре прошлого века, классик российской археологии В.А. Городцов предложил свою знаменитую триаду последовательной смены культур в степных и лесостепных областях Восточной Европы: *ямная, катакомбная, срубная*. Основанием данного ранжированного ряда стали наблюдения знаменитого российского археолога за стратиграфией подкурганых захоронений. Долгое время – вплоть до начала массового использования радиоуглеродных датировок – абсолютная хронология степных культур опиралась на аксиому «Свет с Востока», служившую обоснованием более позднего возраста северных культур на фоне переднеазиатских или просто более южных. Напомним кстати, что В.А. Городцов сам был горячим сторонником упомянутой теории (об этом также говорилось в статье автора во Введении данного сборника).

Однако и в этой сфере систематизированный анализ многочисленных серий радиоуглеродных датировок нанес весьма чувствительные удары по построениям прошлых десятилетий. Особый интерес здесь привлекает соотношение многочисленных серий радиоуглеродных датировок комплексов ямной и катакомбной археологических общностей. Эти общности занимали коронные позиции в северном – степном – блоке культур Циркумпонтийской металлургической провинции бронзового века, сменившей Балкано-Карпатскую провинцию медного века, о которой шла речь выше. Общий охват распространения памятников ямного типа был близок приблизительно 0,9-1 млн км² (рис. 9), а катакомбных – равнялся 0,7-0,72 млн км² (рис. 10).

Интерес к намеченным сравнениям в немалой степени подогревается также тем, что охваченные этими общностями территории полностью совпадают на очень широких пространствах. Так, не менее 0,6 млн км² являются как бы общими, и стало быть, не менее 60% огромного ареала ямной общности оказывается перекрытыми и катакомбными могильниками. Исключение составляют оба ямных

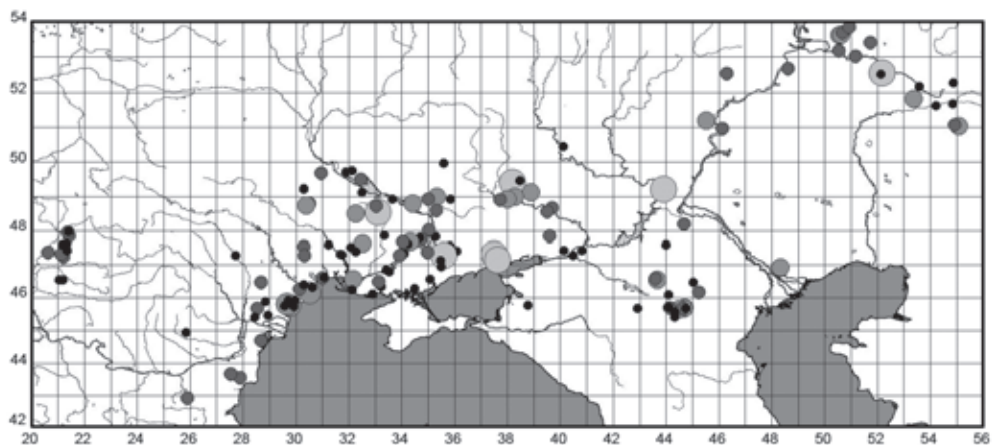


Рис. 9. Карта распространения радиоуглеродных датировок в памятниках ямной археологической общности

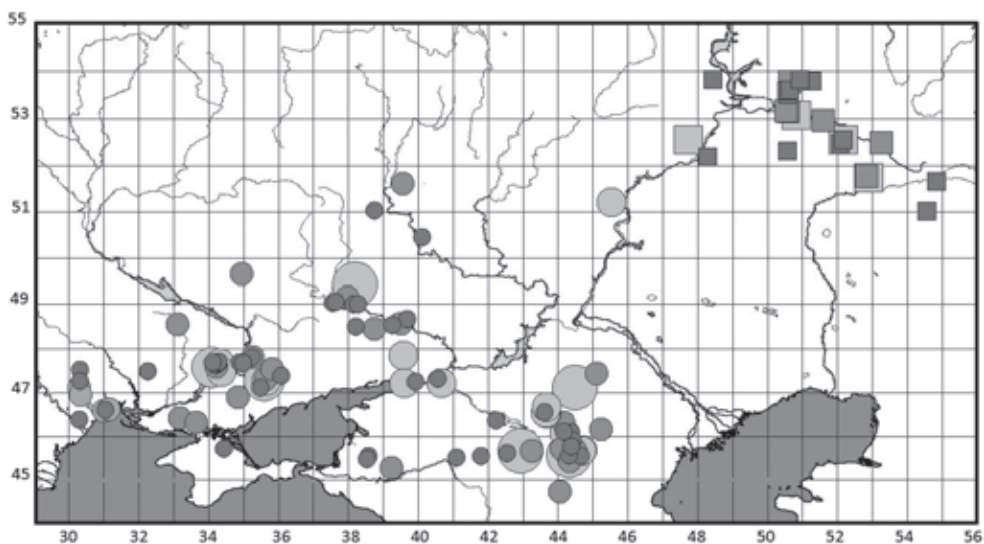


Рис. 10. Карта распространения радиоуглеродных датировок в памятниках катакомбной археологической общности (кружки) и полтавкинской культуры (квадраты)

фланга – восточный и западный. При этом добавим, что восточный фланг оказывается занятым некрополями полтавкинской археологической культуры (рис. 9), несущей во многих своих проявлениях черты родственной ей ямной общности.

К настоящему времени число радиоуглеродных датировок для комплексов всего ямного ареала оказалось равным 462. Они связаны с материалами 147 памятников, из которых лишь 12 поселения, а все прочие – погребальные комплексы. Сумма датировок катакомбной общности меньшая, однако, пропор-

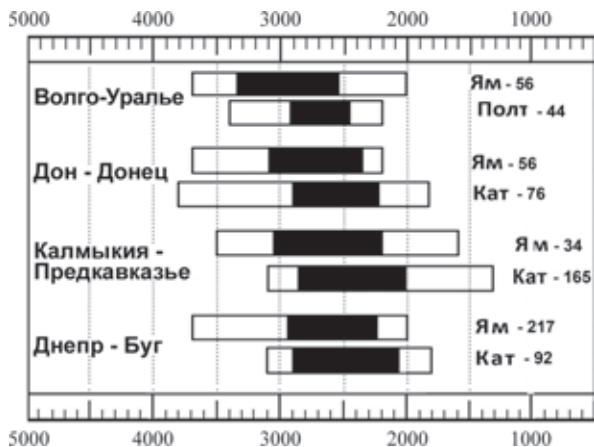


Рис. 11. Сопоставление возрастных диапазонов между ямной и катакомбной общностями, а также полтавкинской культуры по регионам. Условные обозначения: числа при каждой территориальной группе памятников обозначают сумму обработанных календарных дат

ставления: 1) восточный – в бассейне Дона и Северского Донца; 2) юго-восточный – в ареале Маныча, Калмыкии и Предкавказья; 3) западный – в бассейнах Днепра, Южного Буга и Днестра. В этот список можно включить также и крайний восточный – волго-уральский, но там ямные памятники сосуществуют уже с полтавкинскими.

Мы употребляем слово «сосуществуют» совсем не случайно: радиоуглеродная хронология заставляет не только предполагать, но и утверждать длительное сосуществование скотоводов ямной и катакомбной общностей, а также ямной и полтавкинской культур на всех ареалах этой гигантской зоны скотоводческих объединений (рис. 11). Если при расчете суммы вероятностей ^{14}C в одну сигму ранние грани возрастных диапазонов ямной общности в бассейне Дона–Донца и в Калмыкии опережают катакомбные всего на два столетия, то в западной, днепро-буго-днепровской группе обе общности по этому показателю практически неотличимы. Сосуществование же этих культурных образований длится не менее 600-650 лет, а финал катакомбной общности запаздывает в сравнении с ямной лишь на 150-200 лет. Полтавкинская культура также совпадает по времени с ямной приблизительно в течение 500 лет, а конечные показатели их возраста почти неразличимы.

Теперь подведем некоторые итоги сопоставлений. Очевидно, что радиоуглеродная хронология наносит еще один удар по признанию принципа развития «от простого к сложному» в качестве универсального и способного объяснить очень многое в практике археологических изысканий. С морфологической позиции практически все материалы катакомбной общности выглядят, безусловно, более развитыми в сравнении с ямными, начиная с усложненной конструкции могил, а также существенно большим разнообразием форм различных металлических изделий и в особенности бронзовых украшений и керамической посуды.

ционально территориальному охвату она принципиально не уступает ямной. В ней учтено 373 определения возраста, сопряженные с 89 памятниками, из которых лишь 4 селища.

Сравнения календарного возраста между различными группами обеих общностей проведем, как и в предшествующем случае, ориентируясь на преимущественную связь памятников с речными бассейнами – ведь синдром культурной непрерывности столь же значим для более поздних степных объединений бронзового века, а не только для более ранних. Можно наметить следующие ареалы для сопоставления:

Однако в результате проведенного сравнения в гораздо большей степени может, пожалуй, удивить даже другое явление. Привлекает внимание поразительная взаимная толерантность носителей как ямной, так и катакомбной общностей в идеологической сфере – захоронения своих соплеменников они чаще всего совершают под одними и теми же курганными насыпями.

Радиоуглеродный возраст и долговременные хронологические «провалы»

Вслед за примером сосуществования на огромных территориях четко различающихся между собой культур обратимся к феномену совершенно противоположного характера. Системный анализ многочисленных серий радиоуглеродных датировок преподносит новый сюрприз: выявляются поразительно долговременные – вплоть до тысячелетия – хронологические «провалы», отличавшиеся едва ли не полным отсутствием радиоуглеродных датировок, причем также на весьма обширных пространствах. Хронологический хиатус подобного рода не может не бросаться в глаза на фоне многочисленных серий изотопных дат археологических общностей рассматриваемого в статье региона.

В качестве хронологического репера вновь избираем курганный ямную общность, знаменующую начало раннебронзового века в степной полосе Восточной Европы. Однако сопоставим ее с предшествующей ей докурганной «нео-энеолитической» общностью медного века, являвшейся степной «периферийно-маргинальной» частью Балкано-Карпатской провинции. Сопоставление это особенно интересно, поскольку территории обеих общностей практически сходны – даже до деталей (ср. рис. 4 и 8). Правда, ямная общность отличается большей насыщенностью радиоуглеродными датировками (462 из 147 памятников), но и в «нео-энеолитической» их также немало (246 дат из 73 памятников). В целом же для формирования предлагаемой здесь общей картины (см. цветную вклейку, рис. V) были привлечены системно обработанные многочисленные серии из 1506 дат. Укажем, что мы, как и в предыдущих случаях, ориентировались на сумму вероятностей определений возраста в границах одной сигмы, а также сравнивали возрастные диапазоны различных общностей по территориальным ареалам.

Выявленные разрывы возрастных диапазонов общности «нео-энеолитической», с одной стороны, а с другой – общности ямной не могут не поражать. И это особенно удивляет на фоне только что продемонстрированной более чем 500-летней синхронности ямной и катакомбной общностей. Но в этом случае фиксируем протяженные хронологические «провалы» во всех основных географических регионах: 1) Днестр–Буг–Днепр – *1000 лет*; 2) Дон–Донец – *около 950 лет*; 3) Волга–Урал (хвалынская культура) – *1100 лет* (рис. 12).

В представляемой здесь общей графической картине отметим, что к скотоводческим общностям мы особо добавили материалы оседло-земледельческих объединений нижнедунайского (северофракийского) ареала Балкано-Карпатской провинции медного века (об этом шла речь в предыдущих разделах статьи). В данном ареале мы сопоставили хронологию двух блоков последовательных и родственных культур Караново V и Караново VI–Гумельница, с одной стороны, а с другой – с культурой раннебронзового века Караново VII–Эзеро. Разни-

ца возрастных диапазонов превосходила здесь даже степные общности – она достигала *1200 лет* (см. цветную вклейку, рис. V).

Примечательно также, что в соседнем среднедунайском ареале БКМП между сосредоточенными там оседло-земледельческими культурами сходных примеров хронологического разрыва установить не удалось. По всей видимости, культуры нижнедунайского ареала находились под сильным воздействием тех трудно познаваемых процессов, что испытывал мир степных мобильных скотоводов в период смены сложных и неравнозначных систем металлургических провинций – Балкано-Карпатской и Циркумпонтийской – в столетия перехода от медного века к бронзовому, т.е. в IV тыс. до н.э.

Общий ареал хронологических «провалов» чрезвычайно широк и может достигать 1 млн км². Он совпадает в основном с западным флангом Степного Пояса Евразии, но заходит и далее на запад вплоть до северо-востока Балкан. Более поздние столетия III и II тыс. до н.э. на этой территории уже не повторяют впечатляющих картин хронологического хиатуса IV тыс. до н.э. (см. цветную вклейку, рис. V). Также в ином свете предстает достаточно четко выраженная последовательность возрастных культурных групп в южной зоне Циркумпонтийской металлургической провинции.

Объяснить сущность выявленного феномена весьма непросто, да это и не входит в задачи данной статьи. Некоторые, правда, весьма осторожно сформулированные гипотезы по этому поводу автор высказывал ранее (Черных, 2013. Т. 1. С. 203–205; Т. 2. С. 189–192). Так, почти невероятным выглядит предположение, что степняки-скотоводы могли покинуть эти пространства, скажем, по причинам палеоэкологического характера. В IV тыс. до н.э. степи как бы «опустынились», но через тысячу лет пастухи со своими стадами вернулись в родные края. Однако с тех пор хоронить своих соплеменников-скотоводов они начали уже под курганными насыпями.

По всей вероятности, феномен этот отразил некие глубинные сдвиги в господствующих идеологических канонах у кочевых и полукочевых народов западной зоны Степного Пояса. Речь может идти, к примеру, о так называемом *монгольском синдроме*, когда из письменных источников определенно известно о появлении на какой-то территории некоего народа, хотя никаких явных археологических признаков этого отыскать не удастся. О культуре пастушеских мобильных народов археологи судят едва ли не на 99% по тем погребальным памятникам, что они оставляют потомству. Но как быть, если согласно господствующим там идеологическим нормам скотоводы их не оставляют?..

Вместо заключения

В названии статьи был включен, возможно, не вполне понятный подзаголовок: *«итоги ожидаемые и итоги парадоксальные»*. Автор полагает, что *итоги ожидаемые* могут пониматься достаточно просто: исследователь желает получить путем анализа изотопа ¹⁴C сведения о календарном возрасте либо единичного образца, либо их серии. Чаще всего именно в такой форме выглядят публикации изотопных дат в большом числе статей и книг – тех, что для автора и его коллег в лаборатории естественнонаучных методов Института археологии РАН

служили источником формирования многотысячной базы данных о радиоуглеродных датировках самых разнообразных культур Западной Евразии. Внешне процесс установления ожидаемых итогов по возрасту может выглядеть очень несложным, но на практике это далеко не так. Именно это и старался показать автор на примерах системной обработки многочисленных серий датировок, демонстрируя вместо итогов ожидаемых *итоги парадоксальные*. Впрочем, даже единичные анализы могут преподносить досадные сюрпризы, если не учитывать характер разных участков калибровочной кривой, а также показатели девиации в конвенционном определении возраста образца.

Крупные же серии обработанных в соответствующей манере определений возраста способны наносить весьма чувствительные удары по прежним, вполне устоявшимся и ставшим традиционными взглядам на историю развития археологических культур. В относительно кратком изложении автор постарался привлечь внимание лишь к трем связанным с радиоуглеродной тематикой сюжетам: к синдрому культурной непрерывности, к теории развития от простого к сложному и, пожалуй, к наиболее сложной и пока что трудно объяснимой проблеме многовековых хронологических «провалов». Однако полагать, что этими тремя проблемами и ограничиваются парадоксальные итоги системного анализа крупных серий радиоуглеродных датировок, разумеется, неверно. С таковой ситуацией мы неожиданно столкнулись, например, при распределении крупных серий радиоуглеродных датировок по стратиграфическому положению материалов в мощных многометровых культурных напластованиях малоазийских и балканских теллей, а также в более северных европейских памятниках: стратиграфическая определенность в позиции образцов не отвечала ожидаемому порядку их хронологической последовательности (Черных, 2007, 2011).

Вряд ли стоит сомневаться, что и грядущие изыскания выявят новые проблемные сюжеты с совершенно неожиданными парадоксальными итогами.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Обязательные требования при публикации датировок

(в скобках примеры)

1. Код и шифр лаборатории (*WWW-12345*)
2. Памятник происхождения образца (*Машкино, Васькино...*)
3. Археологическая культура, общность...
4. Географические координаты: долгота, широта (*32,67; 47,85*)
5. Категория памятника (*поселение, могильник, геологический разрез...*)
6. Положение образца в памятнике (*квадрат, жилище №..., слой... погребение №...*)
7. Характер образца (*кость животного; человека; уголь; зерно...*)
8. Конвенционная дата с девиацией (*4450±30; 5800±100....*)

Желательное, но не обязательное

9. Калиброванное значение возраста в диапазонах одной/двух сигм (*с указанием использованного метода калибровки*)

ЛИТЕРАТУРА

- Археологія Української РСР, 1971. Т. 1: Первісна археологія. Київ: Наук. думка. 452 с.
- Вагнер Г.А., 2006. Научные методы датирования в геологии, археологии и истории. М.: Техносфера. 534 с.
- Хвалынские энеолитические могильники и хвалынская энеолитическая культура. Исследования материалов / Сост. и ред. С.А. Агапов, 2010. Самара: СРОО ИЭКА. 584 с.
- Черных Е.Н., 2007. Многослойные поселения и специфика их радиоуглеродных датировок. Радиоуглерод в археологических и палеоэкологических исследованиях // Мат-лы конф., посв. 50-летию радиоуглеродной лаборатории ИИМК РАН. СПб.: Теза. С. 199–209.
- Черных Е.Н., 2011. Радиоуглеродная хронология древних поселений: специфика подхода и оценок // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 2 / Отв. ред. Е.Н. Черных, В.И. Завьялов. М.: ИА РАН. С. 8–23.
- Черных Е.Н., 2013. Культуры кочевников в мегаструктуре Евразийского мира. М.: Языки славянской культуры. Т. 1 – 368 с.; Т. 2 – 428 с.
- Черных Е.Н., Авилова Л.И., Орловская Л.Б., 2000. Металлургические провинции и радиоуглеродная хронология. М.: ИА РАН. 95 с.
- Черных Е.Н., Кузьминых С.В., Орловская Л.Б., 2011. Металлоносные культуры лесной зоны вне системы Циркумпонтийской провинции: проблемы радиоуглеродной хронологии IV–III тыс. до н.э. // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 2 / Отв. ред. Е.Н. Черных, В.И. Завьялов. М.: ИА РАН. С. 24–62.
- Arnold J.R., Libby W.F., 1949. Age determinations by radiocarbon content: checks with samples of known age // Science, December 23. Vol. 110. P. 227–228.
- Černych E.N., 1976. Metallurgische Bereiche des 4–2 Jahr. v. Chr. in der UdSSR. UISPP – IX Congrès. Colloque XXIII. Les débuts de la métallurgie. Prétirage. Nice. S. 177–208.
- Chernykh E.N., 1992. Ancient metallurgy in the USSR. The Early Metal Age. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 335 p.
- Ecsedi I., 1979. The People of the Pit Grave Cultures in Eastern Hungary. Budapest: Academiai kiado. Fontes Archaeologica Hungaricae. 220 p.
- Jovanović B., 1979. Stepska kultura u eneolitskom period Jugoslavije // Praistorija Jugoslavenskih zemalja. Eneolit. Akademija nauka i umetnosti Bosne i Hercegovine. Sarajevo. S. 381–396.
- Lichardus J., Lichardus-Itten M., 1985. La protohistoire de l'Europe. Le Néolithique et le Chalcolithique. Paris: Presses Universitaires de France. 640 p.
- List of laboratories // Radiocarbon. Vol. 55, No 4 (2013). P. 2073–2096.
- Suess H.E., 1965. Secular variations in the cosmic-ray produced carbon-14 in the atmosphere and their interpretation // J. of Geophysical Research. 70. P. 5937–5952.
- Stuiver M., Braziunas T.F., 1993. Modelling atmospheric ^{14}C influences and ^{14}C ages of marine samples to 10 000 BC // Radiocarbon. 35. P. 137–189.
- Stuiver M., Reimer P., Bard E., Warren Beck J., Burr G.S., Hughen K.A., Kromer B., McCormac G., Van der Plicht J., Spurk M., 1998. Intcal98 Radiocarbon Age Calibration, 24,000–0 cal BP // Radiocarbon. 40. P. 1041–1083.
- Stuiver M., Reimer P.J., Braziunas T.F., 1998. High-Precision Radiocarbon Age Calibration for Terrestrial and Marine Samples // Radiocarbon. 40. P. 1127–1151.
- Waterbolk H.T., 1960. The 1959 Carbon-14 Symposium at Groningen // Antiquity. XXXIV. P. 14–18.

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯ В АРХЕОЛОГИИ: МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

А.А. Карпухин

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ,
проект № 13-06-12033 офи_м.

Дендрохронология как междисциплинарный естественно-научный метод

При обращении к специальной отечественной литературе по вопросам дендрохронологии можно найти два отличных друг от друга мнения на тему о том, что же это за дисциплина. В работах археологической направленности 60–80-х годов XX в., посвященных ее основам, дендрохронология трактуется как метод датировки исторических событий (*Вихров, Колчин, 1962; Колчин, 1962; Колчин, Черных, 1977*). Подобная точка зрения доминирует и в изданиях справочного характера (*Кузнецов, 2000; Прохоров, 2000*). В то же время в трудах, посвященных проблемам климатологии, дендрохронология рассматривается в качестве дисциплины климатологического или экологического профиля (*Шиятов и др., 2000. С. 15*).

Использование данных годичных колец деревьев для решения разнообразных исследовательских задач вызвало появление большого количества узких терминов, призванных уточнить цели конкретных направлений. Среди них наиболее часто употребляемы:

ДЕНДРОАРХЕОЛОГИЯ – датирование деревянных предметов, конструкций, предметов искусства из дерева;

ДЕНДРОКЛИМАТОЛОГИЯ – изучение и реконструкция климата;

ДЕНДРОЭКОЛОГИЯ – изучение факторов, влияющих на экосистемы Земли;

ДЕНДРОГЕОМОРФОЛОГИЯ – изучение образования и изменений ландшафтов;

ДЕНДРОГЛЯЦИОЛОГИЯ – изучение образования и изменений ледников;

ДЕНДРОГИДРОЛОГИЯ – изучение изменений речных и поверхностных стоков, колебаний уровня озер.

Приведенный перечень далеко не полон, однако, по мнению ряда специалистов, «подобное деление искусственно, так как любое исследование включает в себя хронологический раздел» и все эти направления относятся к сфере дендрохронологии (*Шиятов и др., 2000. С. 15*).

В широком смысле дендрохронология занимается датировкой годичных колец древесины и анализом содержащейся в них информации. При этом объект исследований – различные показатели годичного прироста в стволах, ветвях

и корнях древесных растений, а также физико-механические свойства, анатомическая структура и химический состав древесины.

Древесное кольцо – это слой клеток, образующийся по внешней стороне древесного ствола, как правило, на протяжении одного года благодаря активности камбия в вегетационный период. В начале вегетационного периода, происходящего на весну – начало лета, формируются крупные тонкостенные клетки у хвойных и крупные сосуды у лиственных деревьев, а в конце – мелкие толстостенные клетки у хвойных и мелкие сосуды у лиственных деревьев (см. цв. вклейку, рис. VI). В результате этого в годичном кольце образуются различающиеся по размерам и форме клеток, по цвету и плотности, слои ранней и поздней древесины. Переход между клетками ранней и поздней древесины одного вегетационного периода обычно постепенный, в то время как между клетками поздней древесины предыдущего кольца и ранней древесины последующего кольца – резкий.

Параметры годичного кольца, которые могут быть так или иначе измерены, довольно разнообразны:

- 1) ширина годичного кольца;
- 2) ширина зон ранней и поздней древесины;
- 3) размеры клеток;
- 4) размеры клеточных стенок;
- 5) площадь поперечного сечения годичного кольца;
- 6) плотность древесины в разных частях годичного кольца;
- 7) элементный (химический) состав годичного кольца;
- 8) изотопный состав клеточных стенок.

Измерение некоторых из них требует специального оборудования и методов обработки. Например, так называемый денситометрический анализ, позволяющий определять плотностные и размерные характеристики радиального прироста, осуществляется не только с использованием рентгеновского излучения, но и требует применения специфических программных пакетов для обработки полученных снимков (рис. 1). В последние годы появляется и другое оборудование для исследования древесины, использующее принципы импульсной томографии и др.

Из множества характеристик годичного кольца наиболее часто продолжают использовать результаты измерений ширины годичного кольца, несколько реже подразделяемые на значения ширины ранней и поздней древесины. Для этого в настоящее время используется относительно простое и распространенное оборудование, называемое «полуавтоматической станцией измерения годичных колец» (рис. 2).

Биоэкологические основы дендрохронологии

Основные факторы, влияющие на изменения характеристик годичных колец, делятся на внутренние (биологические) и внешние (климатические и экологические). К биологическим факторам относятся возраст растения, периодичность и сила плодоношения, интенсивность ассимиляции. Климатические и экологические факторы отличаются большим многообразием, однако доми-



Рис. 1. Схема подготовки и облучения древесных образцов мягким рентгеновским излучением для проведения денситометрического анализа (по: Schweingruber, 1988; Шиятов и др., 2000. С. 57)

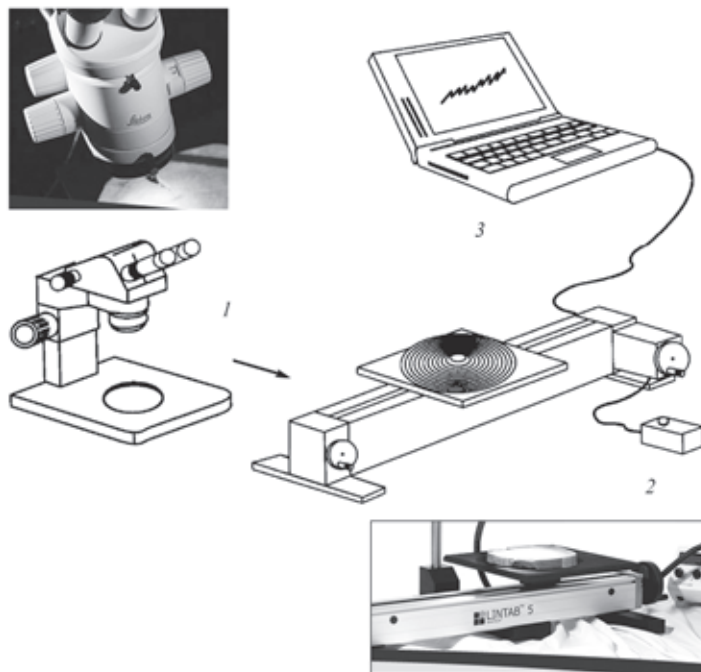


Рис. 2. Полуавтоматическая станция (1–3) для измерения годовых колец (по: Шиятов и др., 2000. С. 55)

нируют среди них метеорологические условия: осадки и температура, а также локальные условия местопроизрастания. Все эти факторы воздействуют на деревья комплексно и по отдельности. Именно они часто определяют благоприятные и неблагоприятные условия роста. При благоприятных условиях образуются, как правило, широкие годовые кольца, а при неблагоприятных – узкие.

Климатические особенности того или иного года обычно распространяются на значительных территориях. В связи с этим схожие метеорологические условия складываются на больших пространствах, воздействуя на значительные массивы лесов, и «фиксируются» древесными кольцами. Сопоставляя ширину годового кольца конкретного дерева с предыдущими и последующими слоями этого же дерева, можно судить о благоприятных или неблагоприятных условиях его роста в тот или иной год. Соответственно у разных деревьев, произрастающих в одно и то же время, интенсивность колебаний годовых колец будет в общих чертах совпадать. Таким образом, одна из задач дендрохронологии – обнаружение этой общей интенсивности колебаний ширины годовых колец у отдельных древесных стволов. В результате конкретные годовые кольца разных деревьев могут быть соотнесены между собой и впоследствии относительно, а затем и абсолютно датированы.

Большинство направлений дендрохронологии имеет дело с воздействием внешних факторов. Этим во многом объясняется применение тех или иных методов обработки данных, поскольку становится очевидной необходимость исключения при их анализе воздействия факторов внутренних. Наиболее ярко выражен так называемый фактор возраста. Известно, что в сердцевине древесного ствола годовые кольца намного шире, чем в его внешнем слое. Это объясняется высокой интенсивностью роста растения в первые годы его жизни. Для решения большинства задач дендрохронологии при сопоставлении годовых колец возникает необходимость избавиться от влияния этого фактора.

Дендрохронологические шкалы или древесно-кольцевые хронологии

На исключение *фактора возраста* и были направлены самые первые и наиболее известные археологам методики дендроанализа. В работах Б.А. Колчина и Н.Б. Черных (*Колчин, 1962; Колчин, Черных, 1977; Черных, 1996*) использованы так называемые методы скелетных и полулогарифмических графиков (рис. 3). Смысл преобразований, проводимых при использовании этих методов, сводится к тому, чтобы перейти от абсолютных значений характеристики годового кольца, выраженных, к примеру, в миллиметрах, к сопоставлению соотношений предыдущего кольца к последующему и таким образом исключить влияние фактора возраста.

За последние 20–30 лет в дендрохронологии и используемых ею методах произошли существенные изменения, остающиеся часто вне поля зрения археологов. Широкое применение компьютерной техники, невозможное ранее, сейчас позволяет использовать достаточно мощный и разнообразный математический аппарат. В настоящее время датировка осуществляется пу-

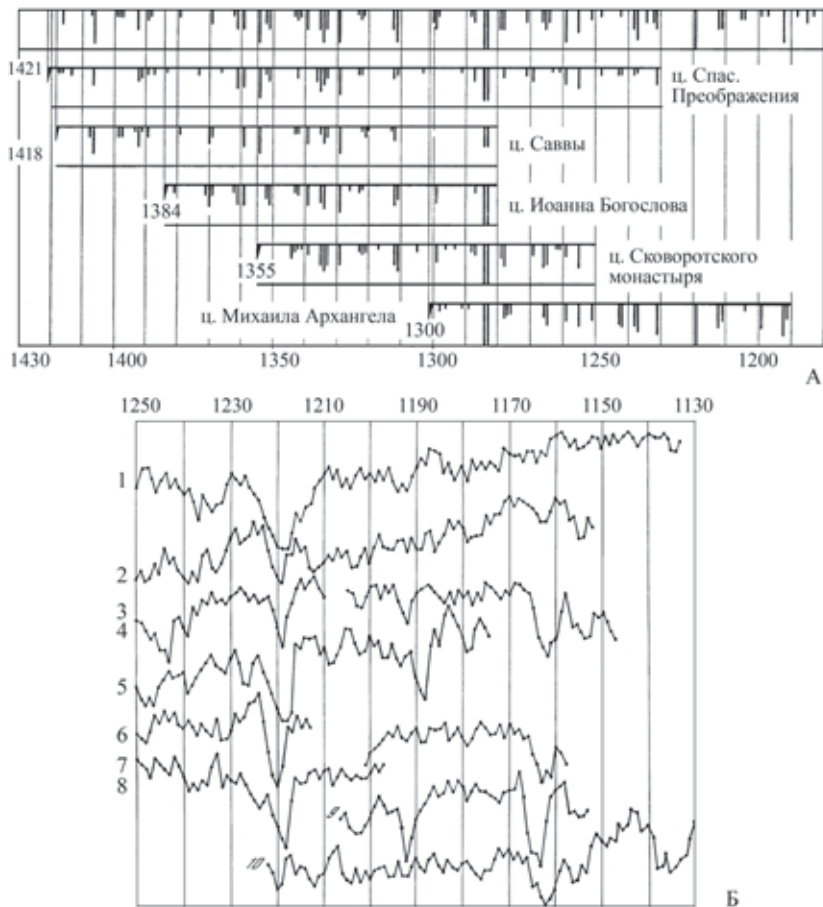


Рис. 3. Методы «скелетных» (А) и полулогарифмических (Б) кривых (по: Колчин, Черных, 1977)

тем математического анализа и сопоставления временных рядов (Methods..., 1990). При этом измерения тех или иных характеристик годичных колец рассматривается как дискретный временной ряд, отражающий их изменчивость. По сути, он представляет собой упорядоченный набор измерений ширины (или других параметров) древесных колец, выстроенных в строгую погодичную последовательность.

Серия рядов погодичного прироста, полученных по нескольким деревьям и синхронизированных при помощи тех или иных методов между собой, т.е. совмещенных в правильном хронологическом порядке, в отечественной археологической литературе, как правило, именуется «дендрохронологической шкалой». В литературе, связанной с климатологической проблематикой, чаще используется термин «древесно-кольцевая хронология» (ДКХ), по-видимому, калька с англ. *tree-ring chronology*.

Создание дендрошквал возможно по деревьям одной породы, что обусловлено специфической реакцией отдельных видов на одни и те же внешние факторы. Кроме того, они должны происходить из климатически однородного района и иметь близкие условия местообитания. При работе с живыми деревьями два последних условия достаточно легко выполнимы, поскольку при отборе образцов они могут соблюдены. Сложнее обстоит дело с «ископаемой» и археологической древесиной, местонахождение которой далеко не всегда является местом ее произрастания. Как правило, предполагается, что древесина археологических или архитектурных памятников поступала из ближайшей округи. Для первоначальных этапов существования поселений данное предположение, по-видимому, можно считать верным. Но с их развитием территория, поставляющая строительный лес, должна была расширяться. Кроме того, в частности для средневековья, стоит иметь в виду уже сложившиеся земельно-собственнические отношения и как следствие – формирование сложных торгово-рыночных связей, влияющих на поступление строительного леса, а также наличие нескольких источников лесозаготовок, география которых могла меняться со временем. В отдельных случаях массовый отбор образцов может позволить выявить несколько групп строительной древесины, обладающих внутри себя большой степенью сходства погодичного прироста. Таким образом можно получить несколько локальных дендрохронологических шкал для одного археологического памятника, отличия которых между собой будут обусловлены разными источниками строительной древесины.

Относительные дендрохронологические шкалы. Первый этап работы по созданию дендрошкалы на базе археологической древесины – составление относительной (или «плавающей») древесно-кольцевой хронологии, т.е. группы из синхронизированных рядов измерений древесных колец нескольких образцов, не имеющей пока абсолютной календарной привязки.

Как правило, сначала проводится сопоставление между собой образцов одного сооружения, поскольку заготовка использованных при его постройке древесных стволов, вероятно, происходила в одно и то же или близкое время. Соответственно сравниваемые ряды погодичного прироста с большей степенью вероятности должны оказаться синхронными. В результате создается относительная древесно-кольцевая хронология сооружения, которая включает в себя ряды измерений прироста нескольких древесных стволов данной постройки. На практике довольно часто оказывается, что последние (внешние) годичные кольца отдельных образцов имеют хронологический разброс от одного-двух до нескольких десятков лет. Причинами этого могут быть как подтес бревен (снятие нескольких внешних годичных колец) при их обработке, так и использование в строительстве старого, уже бывшего в употреблении дерева или последующие ремонты построек.

В дальнейшем сравниваются древесно-кольцевые хронологии нескольких сооружений, при этом также выстраивается относительная хронология, но уже отдельных бревен разных построек между собой. Очень большое значение имеет археологический контекст изучаемых образцов, поскольку на основании стратиграфических данных и археологических датировок, представляемых автором раскопок, выстраивается весь алгоритм сопоставления этих сооружений. Отсутствие археологической информации, позволяющей определить коррект-

ный порядок такого сопоставления, может привести не только к лишним затратам, но и в некоторых случаях к ошибочным датировкам.

Например, ясно, что сопоставление двух относительных древесно-кольцевых хронологий построек протяженностью порядка 100 календарных лет каждая (т.е. использованная древесина имеет биологический возраст в 100 лет), но относящихся, скажем, к XV и XVIII вв., не имеет под собой никаких логических оснований для их относительной датировки, поскольку эти две группы деревьев просто никогда не произрастали одновременно. Отсутствие сопровождающей коллекцию археологической информации в этом случае на практике приведет к попытке сравнения между собой динамики погодичного прироста древесины за, условно, 1390 (дата начала роста дерева) – 1490 (последнее годичное кольцо образца) и 1690–1790 гг. Подобное сопоставление разновременных материалов возможно, если задача исследования – например, выявление сходства или различия в общих тенденциях динамики древесного прироста в XV и XVIII вв., когда уже получены абсолютные календарные датировки годичных колец. Однако для процедуры относительной датировки исследуемых материалов такое сопоставление не корректно. Таким образом, подробность и точность сопровождающей коллекцию описи отобранных для исследования образцов во многом предопределяет как общую логику выполняемых дендрохронологических сопоставлений, так и правильность полученных результатов.

Абсолютные дендрохронологические шкалы. Следующий важный этап – абсолютное датирование полученной относительной дендрошкалы, или ее календарная привязка. При работе с археологической древесиной наиболее логична «классическая модель», при которой относительная древесно-кольцевая хронология, построенная по археологическим материалам, поэтапно сопоставляется с многовековыми последовательностями годичных колец архитектурных памятников, которые в свою очередь соотносятся с динамикой погодичного прироста многолетних живых деревьев (рис. 4). Такой подход наиболее надежный, но на практике не всегда выполнимый.

Основные ограничения его применения – это биологический возраст деревьев и хронологическая протяженность временной лагуны между сопоставляемыми материалами. Несмотря на то что известны отдельные экземпляры деревьев, например в Северной Америке, биологический возраст которых достигает нескольких тысяч лет, на территории европейской части России возраст древесных стволов разных пород редко превышает 300–400 лет. Статистически значимое для абсолютной датировки взаимное перекрытие сравниваемых древесно-кольцевых хронологий в идеале должно составлять порядка 100 лет. Соответственно к живым деревьям могут быть привязаны только материалы 200-300-летней давности. Использование образцов архитектурных памятников, ограниченных теми же биологическими возрастными характеристиками, может позволить отодвинуть этот порог еще на 2-3 столетия.

Таким образом, проблемным рубежом для датирования по данной схеме оказываются XIV–XV вв. Датировка более ранних археологических материалов, как правило, осуществляется уже с опорой на археологические образцы, которые удалось привязать по указанной схеме. Отдельной проблемой при попытке использования такой «классической модели», кроме поиска многолетних

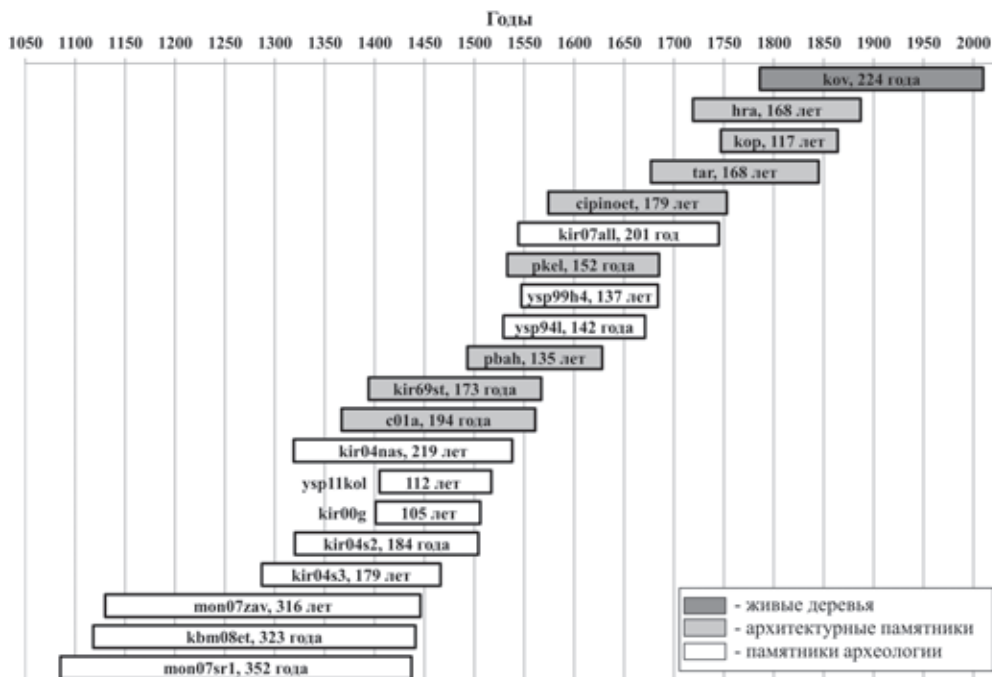


Рис. 4. Общая схема построения абсолютных дендрохронологических шкал («классическая модель»)

живущих деревьев, является получение образцов архитектурных памятников, поскольку их количество невелико. Также необходимо напомнить, что большинство сохранившихся памятников русского деревянного зодчества, как правило, относится к XVIII–XIX вв., а ранее XVII в. они вообще единичны.

Указанные сложности «классической модели» могут быть преодолены путем ее частичного применения. Такой подход использован при создании дендрохронологической шкалы Великого Новгорода, когда исследователями в качестве абсолютно датированных дендрозаталонов были взяты образцы древесины свай и лежней фундаментов каменных новгородских церквей, имеющих летописные даты строительства. При этом за дату последних годичных колец образцов древесины из фундаментов был принят год, предшествующий времени начала строительства храмов. По ним составлены абсолютно датированные последовательности годичных колец, к которым в свою очередь привязаны образцы деревянных мостовых из археологических раскопов. Это позволило избежать трудоемких этапов поиска и обработки многолетней современной древесины и промежуточных архитектурных памятников, а также их взаимной календарной привязки. Данный подход до сих пор вызывает споры среди специалистов. Тем не менее, его правомочность подтверждается рядом недавних исследований (Тарабардина, 2011), которые путем сопоставления новгородской дендрошкалы со скандинавскими материалами (о так называемом перекрестном датировании см. ниже) выявили отличие полученных тогда датировок от истинных на один год (поправка минус 1).

Еще один способ получения абсолютных календарных датировок относительной дендрохронологической шкалы, построенной по археологическим материалам, – применение метода «перекрестного датирования». В дендрохронологии этот термин часто подразумевает любое сопоставление динамики погодичного прироста у разных деревьев и выбор места, где найдено соответствие в характере изменчивости показателей радиального прироста между рассматриваемыми образцами. В данном случае под перекрестной датировкой понимается использование в качестве эталонов уже абсолютно датированных дендрохронологических шкал из, по возможности, максимально близких к исследуемому географическому региону. В качестве таковых могут выступать как многолетние шкалы по живым деревьям, так и хронологии архитектурных или археологических памятников, имеющие абсолютные календарные привязки. Основанием для такого подхода служит идея о схожести метеорологических условий на больших территориях.

Здесь хотелось бы еще раз напомнить о важности археологического контекста исследуемых образцов. Сеть дендрохронологических шкал, имеющих в настоящее время, в количественном и географическом плане довольно обширна (см., например: электронные ресурсы Российского и Международного банков данных годичных колец). Однако при выборе абсолютно датированного эталона необходимо учитывать предварительные археологические датировки исследуемого материала. Так, хронологическая протяженность эталонной дендрошкалы из географически близкого региона, построенной, например, по современной древесине, может оказаться недостаточной для датировки. В этом случае необходимо осуществить подбор эталонной древесно-кольцевой хронологии из более удаленного региона, которая будет перекрывать нужный временной интервал.

Из изложенного выше следует, что для получения календарных датировок археологической древесины методами дендрохронологии необходимо использование или поэтапное создание абсолютно датированных эталонов – дендрохронологических шкал. На практике это оказывается не всегда возможным. Подобная ситуация характерна для археологических материалов более ранних эпох, когда протяженность имеющихся абсолютных шкал недостаточна, а применение «классической модели» осложнено возрастным лимитом древесных стволов.

В последнее время получил распространение метод привязки «плавающих» дендрохронологических шкал при помощи ^{14}C (радиоуглеродного метода датирования), когда датируются те образцы дерева, по которым создавалась относительная древесно-кольцевая хронология. Для анализа может быть отобрана серия последовательных проб из одного спила дерева, каждая из которых включает 10–20 годичных колец. В результате получается некоторое количество радиоуглеродных дат от одного дендрообразца, их относительная последовательность жестко задана изначально, что позволяет более точно и с высокой степенью достоверности осуществлять привязку всей серии к стандартной калибровочной кривой в ходе так называемой процедуры *wiggle-matching*. Получаемые таким образом датировки позволяют существенно сузить временные интервалы радиоуглеродных дат и в то же время осуществить календарную привязку древесно-кольцевой хронологии. В России такой подход был апробирован на материалах археологических памятников скифской эпохи Алтая (Слюсаренко и др., 2002)

Дендрохронология в археологии: отбор образцов

Переходя непосредственно к практическим аспектам применения дендрохронологического метода в области археологии, важно уделить особое внимание вопросам, которые часто вызывают недопонимание между археологами, передающими материалы для анализа, и сотрудниками лабораторий.

Первая и главная проблема – это отбор образцов. Во многих методических пособиях приводятся следующие варианты их отбора:

- круговые поперечные спилы с бревен;
- бруски древесины по радиусу и диаметру (или сколы);
- клиновидные выпилов (сегменты спилов);
- буровые керны.

Наиболее удачный вариант образцов – поперечные спилы с бревен. Аккуратный отбор любых выпилов, брусков или сколов часто возможен только в лабораторных условиях и требует некоторых практических навыков (см. цветную вклейку, рис. VII). Крайне важно при этой операции сохранение как внешнего кольца древесного ствола, дату которого собственно и получает археолог, так и всей серии колец до сердцевины, поскольку чем протяженнее ряд измерений, тем достовернее статистические результаты последующих сопоставлений рядов погодичного прироста между собой. Потеря 1-2 годичных колец из сердцевины в данном случае не принципиальна, но 10 или более уже значительна, а при условии тонких годичных колец определить их количество визуально без применения оптических приборов часто бывает затруднительно. Во многих лабораториях для дополнительного контроля измерение проводится по двум радиусам древесного ствола, и соответственно размеры бруска или скола должны позволить выполнить такую операцию.

Отбор буровых кернов также требует определенных навыков и дополнительного оборудования. При использовании стандартных биологических ручных буров, так называемых буров Пресслера, широко применяемых в дендрохронологии при работе с живыми деревьями, необходимо четкое позиционирование сверла по радиусу древесного ствола с таким расчетом, чтобы осуществить отбор из сердцевины спила. Небольшой диаметр стандартного бура (5 мм) удобен при работе с твердой, в меру влажной живой древесиной. «Археологическая» древесина более мягкая, подгнившая и насыщенная влагой – в результате внешние кольца могут быть смяты буром. Малый диаметр получаемого керна также не способствует его дальнейшей сохранности и транспортировке, так как отобранная колонка легко расслаивается по годичным кольцам и образец распадается на части. Последнее замечание касается отбора образцов памятников деревянного зодчества. Здесь к деформации внешних колец может привести излишняя сухость материала. В данном случае использование буров большего диаметра приемлемо, однако кроме правильного позиционирования бура требуется и применение электроинструмента (см. цветную вклейку, рис. VIII). Получаемые при бурении колонки нуждаются в специальной, жестко фиксирующей образец упаковке для дальнейшей транспортировки и последующей обработки (см. цветную вклейку, рис. IX).

Таким образом, если есть необходимость в максимальном сохранении исследуемого объекта и крайне желателен отбор образцов указанных типов,

наиболее правильным будет обращение к специалистам, имеющим необходимые навыки и оборудование.

При отборе образцов – спилов – необходимо выполнение следующих требований.

1. Отбор спила проводится в максимально сохранившейся части древесного ствола, поскольку на поврежденном (стесанном или сгнившем) участке будут отсутствовать внешние годовичные кольца, что приведет к удревнению полученной датировки.

2. По возможности взять дублирующий образец (второй спил с того же древесного ствола). На практике часто оказывается, что выявить тот участок бревна, на котором сохранилось максимальное количество годовичных колец, можно только после их подсчета в лабораторных условиях.

3. Оптимальная толщина отбираемого спила – 6–12 см. Тонкий спил при плохой сохранности археологической древесины может разрушиться в ходе транспортировки. Излишняя толщина образца создает проблемы для его измерений в лабораторных условиях, поскольку даже при применении специальных микроскопных штативов с большим запасом вертикального хода фокусное расстояние оптических приборов накладывает определенные ограничения.

4. Наиболее экономичный материал для упаковки – полиэтиленовая пленка (пищевая пленка или пакеты). Поскольку извлекаемая из культурного слоя древесина, как правило, сильно переувлажнена, главная задача – не допустить ее быстрого высыхания, при котором образец может развалиться на части. При длительном хранении в полиэтилене на спилах могут появляться плесень или грибы-паразиты, однако, это не помеха, по крайней мере, для измерения ширины годовичных колец. Данный способ упаковки позволяет сохранять древесину до 2-3 лет. Крайне нежелательна бумажная упаковка (или контакт бумажных этикеток с образцом), поскольку бумага не мешает быстрому высыханию и сгнивает.

5. Этикетаж образца должен быть максимально подробным. Нужно помнить, что лаборатории обрабатывают значительное количество коллекций и надписи на этикетках должны позволить идентифицировать каждый конкретный образец с определенной партией образцов и его местом в ней. Этикетка может быть вложена в отдельный «зип-пакет» и помещена внутрь упаковки образца, а по возможности и продублирована на внешней стороне упаковки.

6. Количество отбираемых образцов должно быть максимальным. Нельзя ограничиваться взятием одного спила с каждой постройки, поскольку до начала лабораторных камеральных работ часто невозможно судить о биологическом возрасте конкретного древесного ствола и соответственно о возможности его дальнейшего датирования.

Крайне важно и составление подробной описи передаваемых образцов. Она должна позволить судить о принадлежности каждого из них к конкретному сооружению с указанием определенного элемента конструкции, что в дальнейшем может способствовать правильной интерпретации полученных датировок (см. ниже). Как было показано в части, посвященной принципам создания относительных дендрохронологических шкал, археологический контекст образцов крайне важен уже при выстраивании общего алгоритма сопоставления образцов между собой. Описание коллекции должно способствовать формированию по-

рядка сопоставлений не только образцов в рамках конкретного сооружения, но и самих отдельных построек между собой, т.е. содержать информацию о принадлежности их к конкретным стратиграфическим, строительным горизонтам и др., выявляемым авторами раскопок.

Интерпретация дендрохронологических датировок

Существенный аспект, который, к сожалению, не затрагивает большинство методических пособий по дендрохронологии, это интерпретации полученных дендрохронологических датировок. Многие дендрохронологические лаборатории оставляют решение данной проблемы археологам. Тем не менее, исходя из опыта работ в Лаборатории естественнонаучных методов ИА РАН, можно предложить некоторые практические замечания.

Как правило, получаемые даты отдельных бревен служат для определения времени возведения конкретных археологических построек. Единичные даты представляются менее надежными с точки зрения общей логики построения относительной хронологии, чем серии датировок, и позволяют определить только время, после которого могло быть возведено сооружение. Причиной этого может быть отсутствие внешних годичных колец на образце, которое трудно установить и в условиях дендрохронологической лаборатории. Следует отметить, что даже такая обтекаемая формулировка может оказаться ошибочной, если дата получена, например, с древесного ствола, попавшего в постройку в ходе последующего ремонта.

Обоснованные выводы о времени строительства всего сооружения возможны только при наличии для него серии дат с учетом места каждого датированного элемента в конструкции и специфики конкретной постройки. Важную роль играют результаты количественного и хронологического распределения всей совокупности датировок конкретного сооружения. В археологической литературе можно встретить примеры определения времени возведения постройки по самой поздней из серии полученных для нее дат. Однако такой подход нельзя признать в полной мере верным. Приведем несколько конкретных примеров и обобщающих схем из нашей практики.

Количественное и хронологическое распределение дендрохронологических датировок частокола, выявленного при археологических раскопках в Торжке, демонстрирует наличие двух хронологических групп (рис. 5). При этом очевидно, что наибольшее количество дат относится к более ранней группе. Анализ местоположения конкретных датированных столбов в линии частокола показывает, что элементы, отнесенные к количественно преобладающей хронологической серии, располагаются вплотную друг к другу небольшими группами, разделенными между собой единичными более поздними вставками (рис. 6).

Таким образом, при определении времени строительства конкретной частокольной конструкций наиболее правильной представляется интерпретация количественно преобладающей, хотя и более ранней, группы дат как маркера даты возведения сооружения, а более поздних элементов как замененных в процессе ремонта отдельных столбов. Возведение данной конструкций в другое, определяемое по наиболее поздним датам, время с использованием большого количества

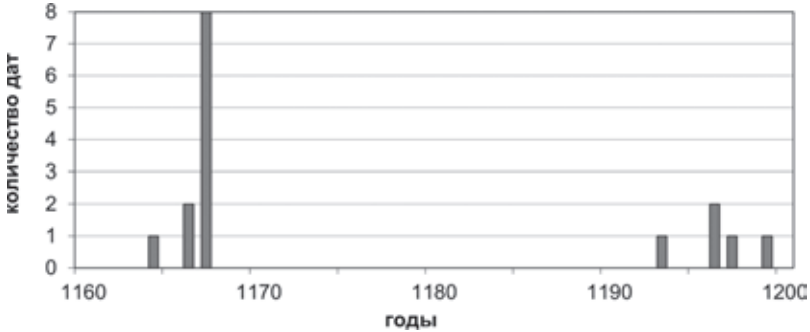


Рис. 5. Количественное и хронологическое распределение дендродат частокола (раскопки П.Д. Малыгина в Торжке, 1999 г., раскоп Воздвиженский 1А, южный часток, 16 дендродат)

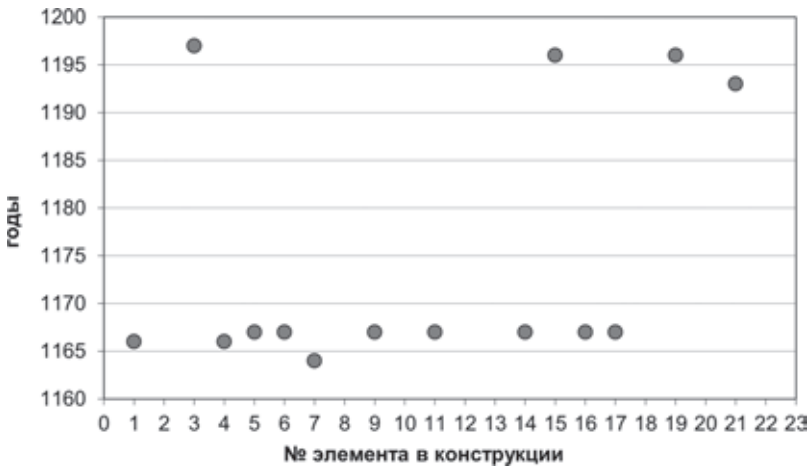


Рис. 6. Распределение датированных колец частокола в плане (раскопки П.Д. Малыгина в Торжке, 1999 г., раскоп Воздвиженский 1А, южный часток, 14 дендродат)

старого дерева, по-видимому, нельзя исключить полностью, но стоит признать менее вероятным. На практике встречаются и более сложные для интерпретации картины распределения датированных бревен по элементам конструкции (рис. 7, 8). Однако и в этом случае количественно преобладающая хронологическая узкая группа дат, по-видимому, заслуживает пристального внимания.

Другой распространенный тип деревянных конструкций – настилы и мостовые. При анализе серий дендродат часто удается выделить количественно доминирующую компактную хронологическую группу. В большинстве случаев элементы, по которым были получены эти датировки, относятся непосредственно к поверхности (плоскости) настилов. Несущие элементы сооружений этого типа – так называемые лаги и подкладки на практике или входят в данную группу, или оказываются более (до 20-30 лет) ранними (рис. 9). Единичные более поздние даты, встречающиеся в основном в поверхностях настилов, по-види-

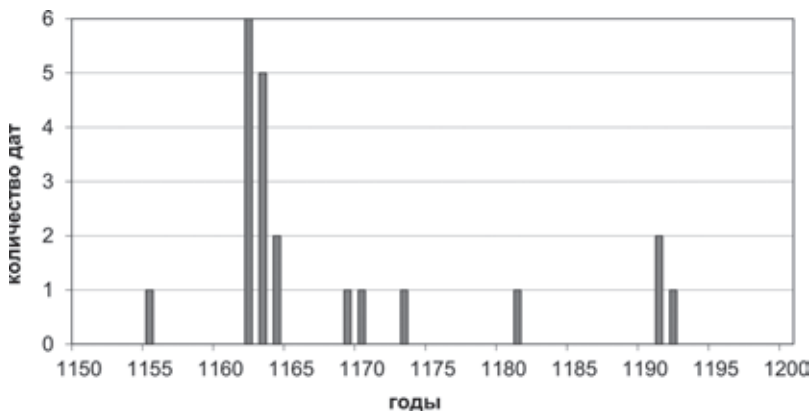


Рис. 7. Количественное и хронологическое распределение дендродат частотокола (раскопки П.Д. Малыгина в Торжке, 1999 г., раскоп Воздвиженский 1А, северный частокол, 21 дендродата)

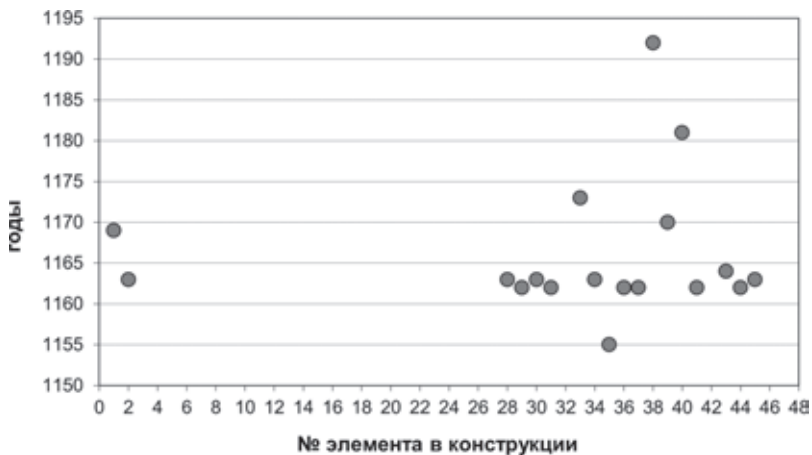


Рис. 8. Распределение датированных колец частотокола в плане (раскопки П.Д. Малыгина в Торжке, 1999 г., раскоп Воздвиженский 1А, северный частокол, 18 дендродат)

тому, также маркируют время проведения небольших локальных ремонтов. На практике все же бывают и исключения, не вписывающиеся в указанную схему (рис. 10, 11).

Наиболее сложными для определения времени строительства с помощью анализа серий дендрохронологических датировок оказываются срубные постройки. Часто для конструкций данного типа трудно выделить какие-либо четкие количественно доминирующие компактные хронологические группы дат. Попытка разделения датированных элементов сооружений на три «конструктивные» группы – несущие элементы (нижние венцы и подкладки под них); стены (лежащие выше *in situ* венцы или завалы бревен, интерпретируемые авторами раскопок как обвалившиеся в ходе разрушения стены); детали из заполнения сооружения (конструкции опечков, настилов пола, отдельные деревянные фраг-

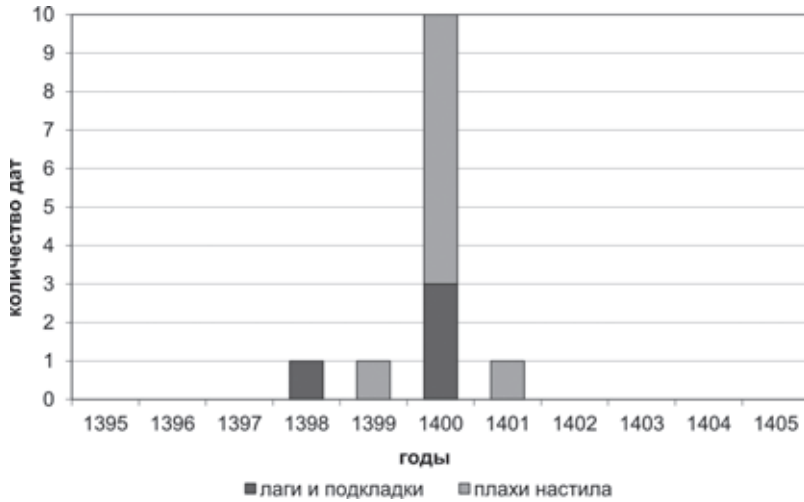


Рис. 9. Количественное и хронологическое распределение дендродат мостовой (Великий Новгород, 1959 г., раскоп Неревский XXIX, мостовая Козьмодемьянской ул., ярус 4, 13 дендродат)

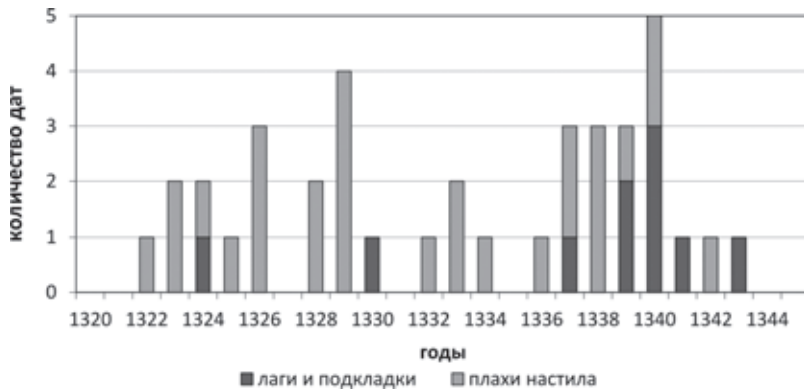


Рис. 10. Количественное и хронологическое распределение дендродат мостовой (Великий Новгород, 1959 г., раскоп Неревский XXIX, мостовая Козьмодемьянской ул., ярус 8, 37 дендродат)

менты из заполнения) – далеко не всегда приводит к однозначным выводам. Сопоставление датировок этих групп между собой позволяет констатировать встречаемость любой из теоретически возможных комбинаций (рис. 12, 13), т.е. каждая из этих трех «конструктивных» групп может оказаться как наиболее ранней, так и наиболее поздней. Особенно любопытными представляются случаи, когда несущие элементы сруба оказываются более поздними, чем бревна стен и деревянные детали из заполнения постройки. С некоторой долей осторожности в этой ситуации можно предположить их замену при каком-то серьезном ремонте, однако однозначная интерпретация здесь вряд ли осуществима. По-видимому, объяснением этого может служить и предположение о том, что использован-

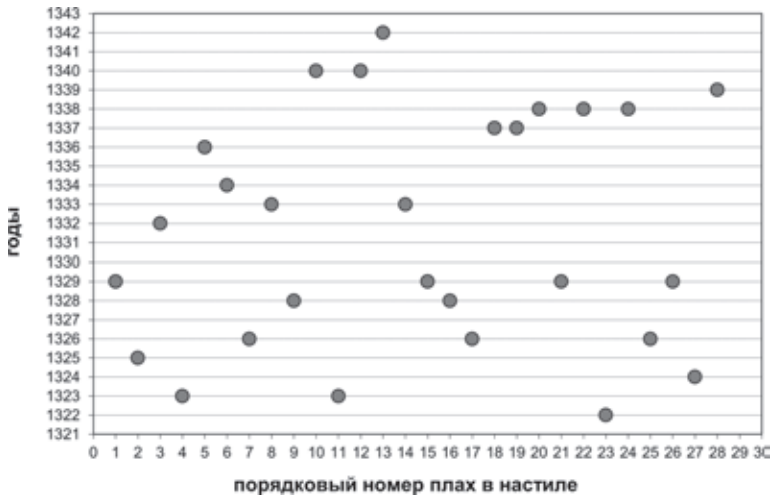


Рис. 11. Распределение датированных плах настила мостовой в плане (Великий Новгород, 1959 г., раскоп Неревский XXIX, мостовая Козьмодемьянской ул., ярус 8, 28 дендродат)

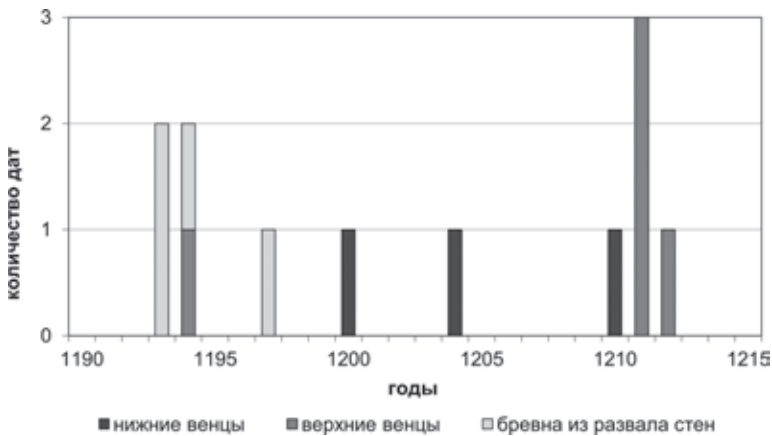


Рис. 12. Количественное и хронологическое распределение дендродат срубной конструкции (раскопки А.В. Энговатовой, Ярославль, 2008 г., раскоп Рубленый город II, сооружение 69, 12 дендродат)

ная для возведения этих построек древесина не заготавливалась единовременно, а происходит из каких-то разновременных запасов или нескольких других разобранных построек.

Таким образом, при интерпретации даже значительных серий дендродат отдельных сооружений необходимо учитывать возможность вторичного использования строительной древесины. Также отметим, что на уровне определения времени строительства отдельных построек использование серий дендродат часто позволяет получить гораздо более сложную и не всегда однозначную картину, чем при попытках выявления строительных дат по единичным датировкам.

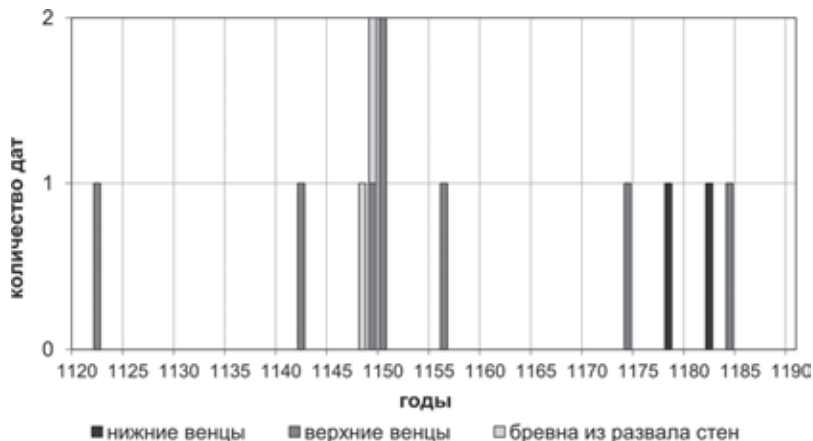


Рис. 13. Количественное и хронологическое распределение дендродат срубной конструкции (раскопки А.В. Энговатовой, Ярославль, 2010 г., раскоп Волжская наб., 1, сооружение 268, 12 дендродат)

ЛИТЕРАТУРА

- Вихров В.Е., Колчин Б.А.*, 1962. Основы и метод дендрохронологии // СА. № 1. С. 95–112.
- Колчин Б.А.*, 1962. Дендрохронология Новгорода // СА. № 1. С. 113–139.
- Колчин Б.А., Черных Н.Б.*, 1977. Дендрохронология Восточной Европы. М.: Наука. 128 с.
- Кузнецов С.А.*, 2000. Большой толковый словарь русского языка. СПб.: Норинт. 1536 с.
- Прохоров А.М.*, 2000. Большой энциклопедический словарь. М.: Большая Рос. энцикл. 1456 с.
- Слюсаренко И.Ю., Кузьмин Я.В., Кристен Дж.А., Орлова Л.А., Бурр Дж.С.*, 2002. Анализ результатов радиоуглеродной «привязки» древесно-пыльцевой хронологии курганов пазырькской культуры Алтая // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск: ИАЭТ СО РАН. Т. VIII. С. 436–440.
- Тарабардина О.А.*, 2011. О соотношении летописных и дендрохронологических датировок некоторых памятников Новгородской земли (к проблеме верификации дендрохронологической шкалы Новгорода) // Археология и история Пскова и Псковской земли. Вып. 56. М.; Псков. С. 113–118.
- Черных Н.Б.*, 1996. Дендрохронология и археология. М.: Нох. 216 с.
- Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепя В.С., Нурзбаев М.М., Хантемиров Р.М.*, 2000. Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-метод. пособие. Красноярск: КрасГУ. 80 с.
- Methods of Dendrochronology. Applications in the environmental sciences, 1990 / Eds. E.R. Cook, L.A. Kairiukstis. Dordrecht, Boston, L.: Kluwer Academic publishers. 394 p.
- Schweingruber F.H.*, 1988. Tree rings: basics and applications of dendrochronology. Dordrecht: Reidel Publ. 276 p.
- <http://lib.itae.uran.ru/dchrone/vved.html> – Российский банк данных древесных колец.
- <http://web.utk.edu/~grissino/> – сайт The Science of Tree Rings (@ H.D. Grissino-Mayer, The University of Tennessee).
- <http://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data/datasets/tree-ring> – Международный банк данных годовичных колец.

III. ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ И МОДЕЛИ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

А.С. Алешинская, Е.А. Спиридонова, М.Д. Кочанова

Спорово-пыльцевой или палинологический анализ – один из старейших палеоботанических методов. Возможность изучать пыльцу растений появилась в 1675 г., когда Антони Левенгук изобрел микроскоп. Первые работы по изучению пыльцы были посвящены ее морфологии и не выходили за рамки чисто ботанических исследований. Первые упоминания о нахождении пыльцы в ископаемом состоянии относятся к 1854 г. и принадлежат немецкому ученому К. Эренбергу. Методика спорово-пыльцевого анализа была разработана в Швеции Г. Лагерхеймом (1902 г.) и его последователем Л. Фон Постом (1928 г.), который значительно ее усовершенствовал и показал, что она может быть использована для решения различных вопросов четвертичной геологии и палеогеографии.

Основоположником спорово-пыльцевого анализа в России был академик В.Н. Сукачев. Большой вклад в развитие метода внесли В.С. Доктуровский, К.К. Марков, С.А. Яковлев. М.И. Нейштадтом были построены региональные спорово-пыльцевые диаграммы, отражающие закономерности развития растительности в России в голоцене (*Нейштадт, 1957*). Новый этап в развитии анализа был связан с появлением метода «обогащения» исходных образцов пыльцой и спорами, который был разработан В.П. Гричуком в 1937 г. и до сих пор применяется в лабораториях как в нашей стране, так и за рубежом. В 1950 г. под редакцией И.М. Покровской вышла книга «Пыльцевой анализ», которая и по сей день является настольной книгой палинологов.

За долгие годы существования метода его рамки существенно расширились, и в настоящее время он применяется во многих отраслях науки: геологии, палеогеографии, биологии, медицине, криминалистике, фармакологии, археологии. В последнее время палинологический анализ приобрел особую актуальность в свете решения комплексных проблем палеоэкологии.

В археологии палинологический метод стал активно применяться в середине прошлого века. Одним из первых «опытов» применения палинологии для изучения изменения климата и реконструкции направления распространения сельскохозяйственных культур в Северной Америке можно считать работу Пола Сирса (*Sears, 1932*). Значительный вклад в изучение хозяйственного использования окружающей среды внесли скандинавские, и особенно финские исследователи, при проведении палинологических работ на торфяниках разного типа (*Tolonen, 1971; Tolonen et al., 1976*). Классическим руководством по использованию спорово-пыльцевого метода в археологии стала книга Г. Димблеби (*Dimbleby, 1985*).

В нашей стране спорово-пыльцевой метод также успешно применяется для стратиграфии археологических памятников, реконструкции окружающей среды прошлого, определения уровня антропогенной нагрузки и отслеживания изменения системы землепользования. Одними из первых проводились палинологические исследования на верхнепалеолитическом памятнике Костенки (Воронежская область). Они были начаты еще в 1955 г. М.П. Гричук, В.П. Гричуком и Р.Ф. Федоровой (Гричук, 1969, 1985, 1989; Федорова, 1965, 1976; Природа и древний человек, 1981). Начиная с этого времени многие палинологи работали в области археопалинологии. Можно вспомнить работы Л.А. Крупениной (1973), С.А. Сафаровой (1973), М.А. Гуман (1978), М.В. Кабайлене (1969). В наше время археопалинология получила широкое распространение, исследование археологических памятников стало проводиться комплексно, с использованием различных естественно-научных методов. Это работы Н.С. Болиховской (Болиховская, 1995; Деревянко, Болиховская, Маркин, 1999; Болиховская, Шуньков, 2005), Г.М. Левковской (1987); Е.М. Малаевой (1995, 1998), Н.Е. Рябогиной (Рябогина и др., 2001; Рябогина, 2004, 2006; Якимов, Рябогина, Иванов и др., 2007), Е.А. Спиридоновой, А.С. Алешинской и М.Д. Кочановой (2008а, б, 2009; Спиридонова, Алешинская, Кочанова и др., 2011).

Объектом исследования палинологического (спорово-пыльцевого) анализа являются пыльца и споры растений, а точнее их наружные оболочки, выделенные из соответствующей фракции породы.

Высшие растения производят огромное количество пыльцевых зерен, которые представляют собой мужские клетки растений, участвующие в оплодотворении. Попадая на поверхность суши или воды, они становятся компонентом отложений и постепенно переходят в ископаемое состояние. Если эту ископаемую пыльцу отделить от вмещающей их породы, посмотреть под микроскопом и определить, то получим разнообразный по составу спорово-пыльцевой спектр.

Спорово-пыльцевой спектр представляет собой набор пыльцы и спор различных видов растений, произрастающих в пределах того региона, где произошло их захоронение. Таким образом, проанализировав спорово-пыльцевой спектр, мы можем сказать, какие растения росли на изучаемой территории в момент формирования данных отложений.

Почему возможен такой анализ?

Пыльца и споры различных растений имеют характерные морфологические особенности, позволяющие распознавать и определять пыльцевые зерна и споры до семейства, рода, иногда вида. К таким особенностям относятся форма, размер, внешний вид оболочки, наличие пор, щелей, борозд, их размер и форма (см. цв. вклейку, рис. X).

Наружные оболочки пыльцы и спор большинства высших растений состоят из трудно разрушаемого пробкоподобного вещества (полленин, пропетин). Они стойки к химическим воздействиям, почти не разрушаются, слабо минерализуются и поэтому исключительно долго сохраняются в ископаемом состоянии.

Замечательно и то, что пыльца и споры содержатся практически во всех четвертичных отложениях: в почвах, торфяниках, отложениях мелких и крупных озер, рек, морей, поэтому палинологический анализ может применяться

даже в тех случаях, когда другие палеоботанические методы не могут дать никаких результатов.

Обилие пыльцы и спор в исследуемых пробах позволяет статистически обработать данные палинологического анализа и получить не только качественные, но и количественные характеристики.

По наряду с достоинствами, как, впрочем, и любой другой метод, палинологический анализ имеет и ряд сложностей для исследователя:

- пыльца различных семейств может быть похожа;
- и, наоборот, пыльца внутри одного семейства может сильно отличаться;
- не всю пыльцу можно диагностировать до рода, тем более вида;
- хотя наружные оболочки пыльцы состоят из трудно разрушаемого вещества, все же они по-разному сохраняются. Пыльца некоторых растений, например тополя, осины, лиственницы, клена, очень быстро разрушается и встречается в образцах крайне редко.

Это недостатки, с которыми приходится только смириться. А есть особенности, которые можно учитывать и вносить соответствующие поправки при интерпретации данных анализа.

К таким особенностям относится в первую очередь сильная летучесть пыльцы некоторых растений. Основная масса пыльцы и спор при рассеивании попадает на поверхность суши вблизи растений, их производящих, и подвергается фоссилизации (захоронению, переходу в ископаемое состояние). Однако некоторое количество пыльцы переносится ветром на значительные расстояния.

Как правило, заносная пыльца и споры не составляют большого процента, так как местная пыльца абсолютно преобладает. Однако на открытых пространствах (в тундре, степи, пустыне) пыльца и споры переносятся на большие расстояния, чем в лесу.

Сопоставляя пыльцу и споры поверхностного горизонта почв с современными ареалами растений, можно установить дальность воздушной транспортировки.

Так, за пределы своего ареала в большом количестве выносятся пыльца сосны; в сравнительно небольшом – пыльца ели, березы, ольхи; в ничтожных количествах – пыльца дуба, липы, вяза, граба. К малолетучим зернам помимо пыльцы широколиственных пород относят пыльцу большинства видов травянистых растений, а также многие споры.

Чаще пыльца основных древесных пород характеризует более обширные территории, а пыльца травянистых, кустарничковых растений и споры, распространяющиеся на меньшие расстояния, помимо зональных особенностей в большей степени отражают локальные условия. Зная степень «летучести» пыльцевых и споровых зерен, можно вносить соответствующие поправки при интерпретации результатов.

При проведении палинологического анализа необходимо учитывать разную продуктивность растений и сохранность пыльцы и спор. Так, сосна продуцирует очень большое количество пыльцы, а вот широколиственные деревья – наоборот, поэтому максимумы пыльцы древесных пород на диаграммах и этих же растений в составе леса могут не совпадать, что необходимо учитывать при восстановлении облика растительного покрова.

Естественно встает вопрос – насколько состав спорово-пыльцевого спектра соответствует характеру растительности, произрастающей в изучаемый период. Для проверки достоверности полученных данных проводились специальные исследования по изучению пыльцы из современных поверхностных проб и их сравнение с ареалами растений. Данные исследования показали, что с учетом всех упомянутых выше поправок спорово-пыльцевые спектры в целом отражают растительность того региона, где были отобраны образцы.

Исследование методом палинологического анализа можно разделить на несколько этапов.

1. Отбор образцов.
2. Химическая обработка.
3. Микроскопическое исследование.
4. Статистическая обработка данных (составление ведомостей и диаграмм).
5. Интерпретация результатов анализа.

Отбор образцов

Этот этап – основа всей последующей работы палинолога. От того, насколько аккуратно и полно отобраны образцы, зависит достоверность и детальность полученных конечных результатов.

Отбору образцов предшествует описание разреза. К сожалению, часто археологи очень формально подходят к этому вопросу. На самом деле, это очень важный момент, так как по литологии пород, характеру включений, слоистости и контакта толщ можно судить об условиях захоронения пыльцы и спор, что немаловажно при интерпретации спорово-пыльцевых спектров.

Информация, которая должна присутствовать в описании разреза: 1) номер слоя; 2) название отложений, их вещественный состав, цвет, структура, плотность; 3) текстура; 4) неорганические включения; 5) органические включения; 6) культурные находки; 7) характер перехода в подстилающие или перекрывающие слои; 8) мощность и глубина залегания.

Хотелось бы обратить внимание на описание текстурных признаков, к которым относятся разные типы слоистости, ориентировка частиц, разные типы трещиноватости и т.д. Они имеют важное значение для определения генезиса отложений, особенностей их аккумуляции и восстановления палеогеографических условий. При описании органических включений важно отмечать условия их залегания (послойно, линзообразно, единично, массово), степень сохранности и соотношение с подстилающими, вмещающими и перекрывающими отложениями, поскольку все эти факторы позволяют решить вопрос о первичном или вторичном залегании изучаемых объектов. Необходимо также отмечать характер перехода в подстилающие или перекрывающие слои (постепенный, резкий). Особо следует обратить внимание на наличие или отсутствие перерывов в осадконакоплении или размывов.

Схема разреза существенно дополняет словесные характеристики отложений (рис. 1). На нее обязательно наносятся места отбора образцов. Необязательно давать зарисовку всего раскопа, если с этим связаны технические трудности. Достаточно зарисовать в масштабе непосредственно место отбора образцов. При



Рис. 1. Пример оформления разреза при отборе образцов на спорово-пыльцевой анализ

отсчете глубин за «0» лучше всего принимать дневную поверхность. Также за «0» можно принять реперную отметку и на образцах указывать глубину от «0». Помимо зарисовки разреза желательно иметь его фотографии: до отбора и с местами отбора образцов, а также общий вид раскопа и окружающий его ландшафт.

Для отбора образцов очень удобны полиэтиленовые зип-пакеты. Если они с окошком для подписи, то можно обойтись без этикеток, но это в том случае, когда есть уверенность, что подпись не сотрется. В идеале нужно иметь и этикетку, и надпись на пакете. Основное правило: этикетка не должна соприкасаться с породой, так как если образец сырой, то этикетка может согнуться, поэтому ее нужно положить в отдельный пакетик или образец класть еще в один пакет, а этикетку помещать между пакетами. Если используются простые пакеты, то этикетку можно вложить в узел (рис. 2).

На этикетке указывать:

- название памятника;
- номер раскопа (разреза);
- номер образца;
- глубина отбора образца.

Отбор образцов проводится в следующем порядке.

1. Зачистить внешнюю поверхность разреза лопатой или ножом сбоку, но не сверху вниз, так как при этом смазываются границы слоев.

2. Начинать отбор образцов с подошвы (снизу вверх), чтобы фрагменты вышележащей породы не попали в нижние образцы.

3. Тщательно очищать инструмент перед отбором каждого нового образца.

4. Вес каждого образца примерно 250 г.



Рис. 2. Пример упаковки образцов на спорово-пыльцевой анализ

Основная ошибка! Отбирается большой по мощности образец. Каждый сантиметр и даже миллиметр разреза соответствует определенному временному интервалу. Чем больше по мощности отобран образец, тем больший временной интервал он захватывает. Следовательно, по этому образцу будет получена очень усредненная информация. Чем тоньше отобран образец, тем лучше. Максимальная мощность отбора – 2 см. Отбирать образец необходимо тонким слоем по простиранию слоя (см. цв. вклейку, рис. XI).

6. Использовать чистый упаковочный материал; если образец сырой, желательно добавить в него несколько капель спирта (для угнетения роста плесневых грибов).

7. Правильно подписать каждый образец. На этикетке указывают: название памятника, номер разреза, номер образца, глубину отбора (глубина замеряется от верхней поверхности современной почвы). Этикетка не должна соприкасаться с породой (см. выше). Все эти же данные по образцу указываются и на упаковке.

8. Избегайте отбирать образцы из очагов, содержащих золу и уголь, так как пыльца там уже сгорела.

Лабораторная химическая обработка образцов

Цель лабораторной обработки – выделение как можно большего количества пыльцы и спор и отделение их от вмещающей породы. В общих чертах она сводится к следующему (Пыльцевой анализ, 1950).

Образцы обрабатываются соляной кислотой (холодным или горячим способом), затем промываются дистиллированной водой до нейтрального состояния, после чего кипятятся в щелочи. Эти процедуры позволяют избавиться от карбонатности, а также разрушить породу и выделить из нее пыльцу.

Затем проводится сепарация пыльцы от породы. Для этого обработанная кислотой и щелочью порода центрифугируется в тяжелой жидкости такого удельного веса, который больше удельного веса пыльцы и меньше удельного веса наиболее легкого минерального компонента. Для этих целей чаще всего применяется раствор йодистого кадмия и йодистого калия с удельным весом 2,2. В такой жидкости порода разделяется: органические остатки (пыльца, споры

5. Частота отбора образцов зависит от многих причин. Обычно образцы отбирают через 5-10 см, стараясь, чтобы обязательно были отобраны образцы вблизи контактов слоев. Не смешивать в одном образце породы из разных слоев! В отдельных случаях интервал отбора проб необходимо уменьшить или даже отбирать образцы непрерывно. Такой отбор проводят при небольшой мощности слоя, а также для слоев, представляющих особый интерес для археолога.

и прочие мелкие органические остатки) всплывают наверх, а все минеральные частицы тонут. Верхнюю фракцию собирают в химический стакан, разбавляют дистиллированной водой, чтобы пыльца в ней могла тонуть, и снова центрифугируют для осаждения пыльцы и других органических остатков. Полученный осадок разбавляется глицерином и используется в дальнейшем для исследования под микроскопом.

Микроскопическое исследование образцов

Цель этого этапа – определение и подсчет количества пыльцевых зерен и спор. Суспензия, полученная в результате лабораторной обработки, подвергается детальному анализу под микроскопом при 400-кратном увеличении. При необходимости для более детального изучения строения пыльцевых зерен используется 1000-кратное увеличение. В препарате определяются и подсчитываются все зафиксированные пыльцевые зерна и споры. Подсчет ведется по трем группам: древесные и кустарниковые породы; травянистые и кустарниковые растения; споры. Зерна подсчитываются до тех пор, пока количество пыльцы в одной из групп не достигнет 150–200 зерен. Количество препаратов одного образца может быть различно, что зависит от насыщенности полученной взвеси пыльцой и спорами.

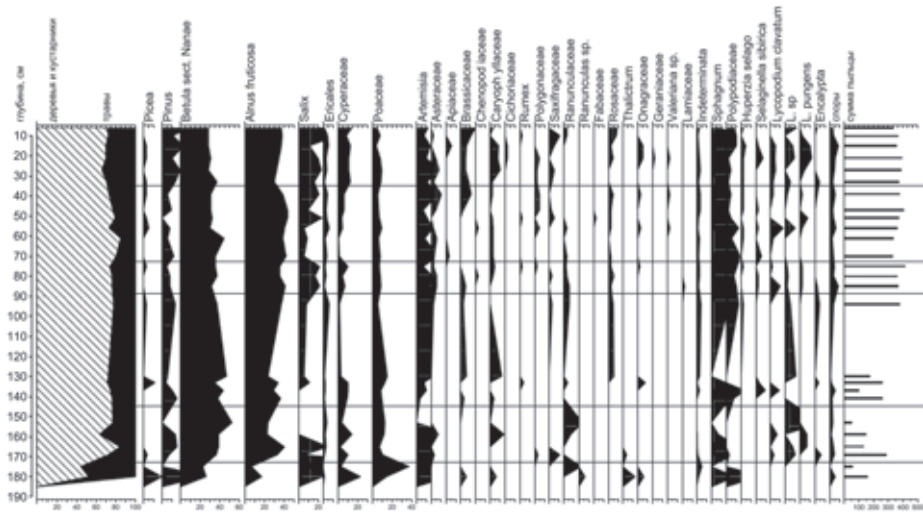
Статистическая обработка данных

Далее осуществляется статистическая обработка полученных данных, составление списка всех выявленных форм и построение диаграмм. Раньше все подсчеты и построения проводились вручную. В настоящее время появился ряд компьютерных программ, позволяющих обрабатывать данные палинологического анализа и строить диаграммы.

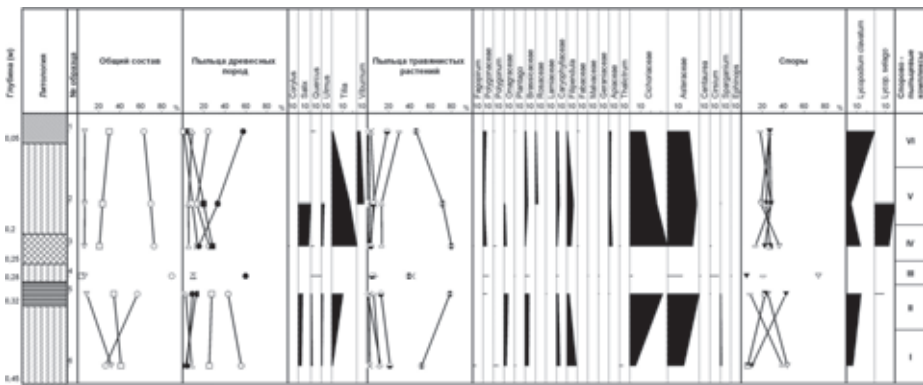
Наиболее часто применяются два способа обработки данных анализа. Один (чаще используется за рубежом) состоит в том, что процент содержания каждого таксона рассчитывается от общей суммы зафиксированных форм пыльцы и спор. При другом способе, которым пользуемся мы, сначала вычисляются процентные соотношения между группами (древесные породы; травянистые растения; споры), а потом внутри каждой из них. Все данные заносятся в таблицу, затем строится спорово-пыльцевая диаграмма.

Существует несколько способов построения спорово-пыльцевых диаграмм, наиболее распространенными из которых являются метод заливки (рис. 3, *а*) и отдельного изображения процентного соотношения отдельных компонентов (значковый) (рис. 3, *б*). Мы применяем значковый способ с заливкой отдельных таксонов как более наглядный и удобный при интерпретации данных.

В левой части диаграммы в определенном масштабе составляется колонка разреза (см. рис. 3, *б*). На оси ординат сверху вниз отмечаются глубины отбора проб, а по оси абсцисс слева направо – процентное содержание отдельных компонентов. Сначала откладываются процентные соотношения общего состава (пыльца древесных пород, пыльца травянистых растений и споры), а затем в том же порядке – состав каждой группы.



а



б

Рис. 3. Способы построения спорово-пыльцевых диаграмм

а – метод заливки; б – значковый метод.

Условные обозначения к диаграммам.

- Общий состав: \square – сумма пыльцы древесных пород; \bigcirc – сумма пыльцы травянистых растений; \triangle – сумма спор высших споровых растений. Древесные породы: \blacktriangle – ель (*Picea*); \bullet – сосна (*Pinus*); \bigcirc – береза (*Betula*); \square – ольха (*Alnus*); \oplus – ива (*Salix*); \blacksquare – сумма пыльцы широколиственных пород. Травянистые растения: \bullet – злаки (Poaceae); \bigcirc – осоковые (Cyperaceae); \times – маревые (Chenopodiaceae); $+$ – полыни (*Artemisia*); \odot – сумма пыльцы разнотравья. Споры: \blacktriangle – зеленые мхи (*Bryales*); \blacktriangle – сфагновые мхи (*Sphagnum*); \cup – папоротники семейства многожковые (Polypodiaceae); \blacksquare – плауны (*Lycopodiaceae*)

Проанализировав диаграмму, можно выделить, как правило, несколько спорово-пыльцевых комплексов. В спорово-пыльцевой комплекс объединяются спектры образцов, которые имеют одинаковый качественный и количественный состав доминирующих форм.

В отдельных случаях для более детальной характеристики спорово-пыльцевых спектров используются гистограммы. Как правило, гистограммы строятся, когда образцы отобраны не по разрезу, а из ям, погребений и т.д.

В результате всей изложенной выше работы археолог получает ведомость, диаграмму и заключение, где дано подробное палинологическое описание всех выделенных комплексов и в зависимости от поставленных задач их интерпретация. Кроме этого при необходимости делаются микрофотографии пыльцы, отмеченной в изученных образцах.

При исследовании нескольких разрезов на памятнике составляется корреляционная таблица, на которую наносятся и сопоставляются данные по всем разрезам, туда же при наличии добавляются данные по абсолютному возрасту (табл. 1).

Корреляционные таблицы могут быть построены и для нескольких памятников, расположенных в одном регионе. Такой подход позволяет не только сопоставить изученные памятники, но и получить более полную картину изменений растительности региона.

Интерпретации результатов анализа

На первых этапах применения палинологического анализа в археологии он использовался для установления характера растительного покрова вокруг археологического объекта. Проводилась фиксация изменений ландшафтной обстановки за все время формирования культурного слоя. При установлении смен растительного покрова определялась направленность климатических изменений. С момента установления временных рамок различных подразделений плейстоцена и голоцена метод используется в археологии для уточнения возраста культурных слоев. Помимо этого стало возможным проводить сопоставление культурных слоев как внутри одного памятника, так и между различными памятниками, расположенными на значительном расстоянии друг от друга.

Для более поздних культур важный момент – определение роли земледелия в хозяйственном укладе человека и установление изменений в использовании территории.

Первоначально изучались археологические памятники, приуроченные к органогенным отложениям, и лишь позже исследования начали проводиться на памятниках, расположенных на терригенных образованиях.

Однако с тех пор возможности метода существенно расширились, также как и возрастные рамки изучаемых объектов. В настоящее время в лаборатории Института археологии РАН изучаются археологические памятники с палеолита до средневековья. Естественно, что при изучении разновозрастных памятников ставятся разные задачи, а их решение соответственно требует различного подхода.

Таблица 1. Корреляция разрезов раннего голоцена на стоянках группы Озерки по данным палинологического анализа (по: Жилин и др., 1998)

Периоды Блигта-Сернан- дера	Абсолютный возраст по ¹⁴ C	Палинологические зоны	Озерки 5	Озерки 16	Озерки 17, разрезы		
					1	2	3
ATL	7310±120	Береза с участием сосны, незначительным участием широколиственных пород	VI*	V			
	7410±90	Сосна с незначительным участием березы, ели, широколиственных пород и ольхи, с преобладанием споровых	VI*				
B	8	Береза с участием сосны и незначительным участием широколиственных пород					IV
	7	Береза с участием сосны, незначительным участием ели и широколиственных пород		III*	II	III*	III
	6	Сосна с участием березы, с преобладанием споровых					
	5	Береза с участием сосны и высоким содержанием споровых		IV			
	4	Береза с участием сосны и незначительным участием ели		III			II
PB	3	Сосна с участием березы и ели, с преобладанием споровых		II		II	
	2	Ель, сосна с незначительным участием березы и ольхи		I			
	1	Береза с участием сосны и ели, с преобладанием споровых растений		I		I	I

Примечания: * – спорово-пыльцевые комплексы, для которых получены радиоуглеродные датировки;  – уровень залегания культурного слоя.

Палинологический анализ позволяет:

- восстанавливать палеоландшафты;
- определять степень влияния человека на природную среду;
- для более поздних культур определять роль земледелия в хозяйственном укладе древнего человека;
- устанавливать изменения в хозяйственном использовании территории;
- проводить фиксацию культурного слоя;
- обосновывать возраст археологических памятников и проводить корреляцию культурных слоев как внутри одного памятника, так и между различными памятниками.

Восстановление палеоландшафтов. Восстановление условий внешней среды на территории стоянок древнего человека имеет свои особенности. Это связано с тем, что формирование спорово-пыльцевых спектров на археологических памятниках и в естественных разрезах имеет существенные различия. Спорово-пыльцевые комплексы естественных разрезов отражают в большей степени зональный тип растительности, характерный в целом для крупных регионов (географических зон). При формировании спорово-пыльцевых спектров на стоянках большое влияние оказывает не только зональная, но и локальная (местная) растительность, связанная главным образом с деятельностью человека. Иногда эти локальные черты могут затушевывать зональные особенности спектров. Наиболее значительные отклонения от зонального типа палинологических спектров прослеживаются по спектрам, полученным на долговременных поселениях, где отмечается появление сорной растительности и разные нарушения почвы в результате жизнедеятельности человека. В этом случае для более объективного восстановления палеоландшафтов необходимо постоянное сопоставление палеоботанических материалов, полученных по археологическим памятникам, с результатами исследований по естественным разрезам, отражающими зональный тип растительности.

Основа для реконструкции природных условий – палинологический спектр, полученный для каждого образца. Как уже отмечалось выше, *спорово-пыльцевой спектр представляет собой набор пыльцы и спор различных видов растений, произрастающих в пределах того региона, где произошло их захоронение.* Таким образом, проанализировав спорово-пыльцевой спектр, можно сказать, какие растения росли на изучаемой территории в момент формирования данных отложений. Близкие по качественному и количественному составу спектры объединяются в спорово-пыльцевой комплекс, который характеризует растительный покров определенного временного отрезка, когда формировался этот слой.

При анализе спорово-пыльцевого спектра различают межрегиональные, региональные, локальные и узколокальные особенности растительности.

Межрегиональные особенности отражают изменения растительности, которые происходят на больших территориях. Примером таких изменений могут служить последовательные смены спектров с господством пыльцы хвойных пород и спектров с преобладанием пыльцы травянистых растений, таких как полыни, маревые или осоки и злаки в эпохи валдайского оледенения (палеолит).

Для голоцена в целом характерна вполне определенная последовательность перехода от прохладных условий внешней среды (мезолит) к теплым (неолит) и снова к более прохладным (эпоха бронзы). Выраженность этой закономерности в составе спорово-пыльцевых спектров для каждого региона своя.

Региональные особенности определяют основные закономерности в эволюции растительного покрова крупных районов, обусловленные общим ходом развития природной среды на данной территории.

Региональными чертами спорово-пыльцевых диаграмм для палеолита следует считать большее или меньшее участие ели, сосны, широколиственных пород или полыней, маревых, злаков и мезофильного разнотравья.

При анализе диаграмм голоцена выявилось, что в качестве их региональных особенностей следует рассматривать увеличение роли древесных пород в бореальном и суббореальном периодах и возрастание роли пыльцы травянистых растений в атлантическом и субатлантическом периодах. По-сути, региональные особенности отражают зональную растительность, характерную для определенной природной/географической зоны.

Локальные особенности связаны со спецификой развития растительности в зависимости от местных почвенных и геоморфологических условий. Примером локальных сообществ могут быть болота, пойменные луга, пашни. Многие эти черты прослеживаются практически по всем спорово-пыльцевым спектрам.

Проявления локальности имеет большее значение в палинологии не только потому, что мы можем более детально расшифровывать палеогеографические условия прошлого, но и проводить более тонкую корреляцию на различных памятниках.

Узколокальные особенности спорово-пыльцевых спектров отражают специфику растительности, произраставшей непосредственно в пункте отбора образцов. Значение этих особенностей спектров возрастает при изучении природных условий времени обитания человека, определении продолжительности существования поселений, особенностей хозяйственной деятельности человека, выявлении культурных ландшафтов.

В районе поселений к таким особенностям в первую очередь можно отнести присутствие различных сорных растений: крапивы, подорожника, маревых и т.д., а также наличие пыльцы культурных злаков и пашенных сорняков.

Довольно часто на одном из уровней культурного горизонта выделяются прослойки, где среди пыльцы травянистых растений господствует пыльца иванчая. Часто к этому же прослою приурочены следы сожжения. Эти факты указывают на то, что в какой-то период на изученной территории был пожар. Как правило, это подтверждается наличием сторевшей органики, а также присутствием почти черной обугленной пыльцы. После сильного пожара зональный тип растительности восстанавливается не сразу. Все эти особенности отчетливо прослеживаются на спорово-пыльцевых диаграммах.

Независимо от того, где происходило захоронение пыльцы и спор – в мелких и крупных озерах, торфяниках, почве, спорово-пыльцевые спектры дают представление в первую очередь о составе растительности, характерном для региона в целом, отражая зональный тип растительности (региональные особенности). Однако отдельные черты спектров зависят от специфики условий фоссилизации.

ции пыльцы, что находит отражение в спектрах культурного слоя на стоянках. Наиболее общее представление о характере растительного покрова всей территории дают палинологические спектры отложений крупных озер и верховых торфяников. Локальность местообитания здесь бывает отражена очень слабо. Значение диаграмм этого типа осадков особенно велико, поскольку по ним наиболее четко устанавливаются рубежи в развитии растительности региона, обусловленные изменениями климата. Спорово-пыльцевые диаграммы, полученные по древним стоянкам разного возраста, расположенным по берегам крупных озер и торфяников, прекрасно отражают изменения климата и растительности, фиксируя временные рубежи смен палеоландшафтов.

В отличие от последних спектры осадков мелких озер, небольших торфяников и погребенных почв характеризуют в большей степени состав растительности ограниченной территории. На диаграммах этого типа отложений заметно возрастает роль сообществ локальных местообитаний: прибрежно-водных, луговых, пахотных, рудеральных и т.д. Значение этого типа диаграмм также существенно как для изучения климатических трендов более мелкого ранга (повышение-понижение уровня водоема и грунтовых вод, проявление аридизации и т.д.), так и для отражения хозяйственной деятельности человека.

Для исследования изменений состава эдификаторов¹ основных типов растительного покрова голоцена обширных территорий может быть использована информация, получаемая при обработке данных по ареалам растений. Сущность данного методического приема, разработанного В.П. Гричуком (1961) сводится к следующему. Если в составе какой-либо ископаемой флоры определено некоторое количество видов, то, совместив их ареалы, можно установить район, где все эти виды совместно обитают в настоящее время. Нахождение район-аналогов позволяет получить наиболее полную и объективную информацию о характере растительного покрова определенного отрезка голоцена или даже межледниковой эпохи.

Анализ современного распространения многих видов растений, сравнение видового состава растительных остатков голоцена с современными видами, а также данные спорово-пыльцевого анализа убедительно показывают, что флора голоцена в значительной степени является основой современной флоры Русской равнины.

Реконструкция растительного покрова территории в течение голоцена и плейстоцена может быть проведена только на основе анализа состава всего спорово-пыльцевого спектра, знания поправочных коэффициентов доминантных видов, а также степени сохранности пыльцы и спор отдельных видов растений в различных типах осадков.

Для таежной зоны на протяжении большей части голоцена основными лесообразующими породами были ель и сосна. Восстановление характера еловых лесов по данным палинологического анализа не вызывает особых трудностей в связи с тем, что пыльца этой породы малолетуча и уже на расстоянии 200 км от границы ареала в спектрах практически отсутствует.

¹ Эдификаторы – виды растений, определяющие структуру и специфические условия жизни в растительном сообществе.

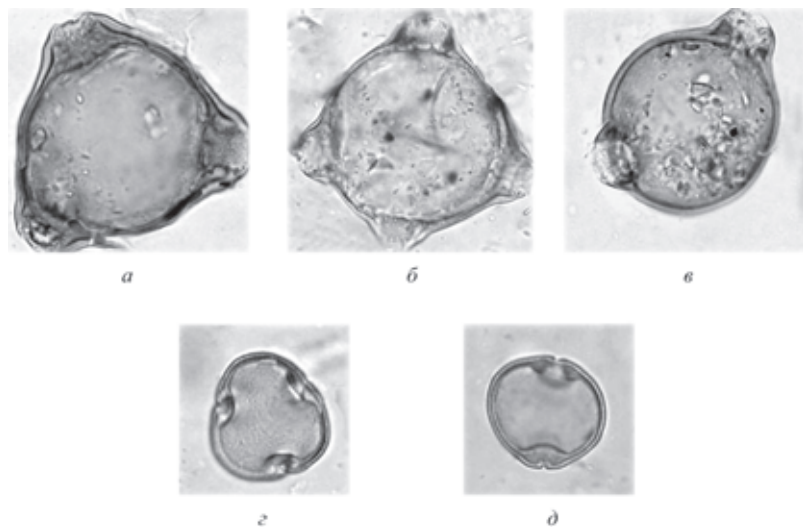


Рис. 4. Морфологические отклонения у пыльцы кипрея и липы
 а – нормальная; б, в – редуцированная пыльца кипрея (сем. *Onagraceae*);
 г – нормальная; д – редуцированная пыльца липы (*Tilia*)

Значительно сложнее дело обстоит с восстановлением палеоландшафтов, когда в спектрах доминирует пыльца сосны. На большей части европейской России основным эдификатором хвойных лесов является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), которая имеет очень широкий ареал. Однако по данным палинологического анализа предел распространения сосны определить сложно. Пыльцевое зерно этой породы обладает по сравнению с елью меньшими размерами и огромной летучестью (переносится на тысячи километров). Пыльца этой породы часто присутствует в спектрах даже в пределах безлесных зон. Все это приводит к необходимости более глубокого исследования морфологии и степени сохранности пыльцы.

Изучение поверхностных проб из различных ландшафтных зон, а также ископаемых спектров показало, что в неблагоприятных условиях произрастания и на границах ареала часто отмечается недоразвитость пыльцы и различные морфологические отклонения (рис. 4).

Детальное изучение морфологических отклонений у пыльцы сосны было проведено при палинологических исследованиях голоцена торфяников лесной зоны (Спиридонова, 1979). Это связано с тем, что по окрайкам низинных болот, а чаще на верховых торфяниках встречаются чахлые формы данной породы с жизненностью иногда ниже, чем на границах ареалов при переходе к тундре или степи (рис. 5). Подобные исследования могут значительно облегчить задачу при фиксации границы лесной зоны в отдельные периоды голоцена или при определении величины торфяной залежи в периоды обитания человека на изучаемой территории.

Совершенно особо стоит вопрос о роли пыльцы семейства маревых в формировании спорово-пыльцевых спектров. Она господствует во многих спект-

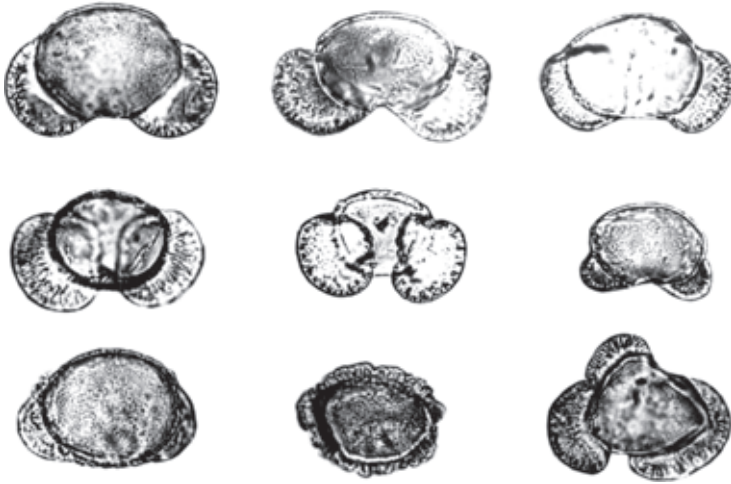


Рис. 5. Морфологическая изменчивость пыльцы сосны (по: Спиридонова, 1979)

рах поверхностных проб почв. Вместе с тем доминирование маревых в растительном покрове характерно для южных степей, а их высокий процент участия в спектрах лесостепи не отражает естественного характера растительности.

В результате анализа данных по улавливанию пыльцы из воздуха (Спиридонова, 1991) выяснилось, что массовость пыльцы маревых в спектрах осуществляется за счет сорняков и в первую очередь таких видов, как марь белая (*Chenopodium album*) и марь амброзиевидная (*Chenopodium ambrosioides*), которые в некоторых спектрах составляют до 90% от суммы пыльцы травянистых растений.

Таким образом, отклонение состава рецентных² спектров от зонального типа есть не что иное, как проявление антропогенного воздействия на естественную растительность.

Максимальное количество маревых отмечается в спектрах поймы, несколько ниже этот процент в пределах II надпойменной террасы и минимальное количество маревых прослеживается на водораздельном плато.

Следовательно, спектры пойм и I надпойменной террасы менее всего отражают зональный тип растительности. Здесь сильнее всего сказывается влияние антропогенного фактора, тогда как на водораздельном плато спектры ближе всего к зональному типу.

Установление всех особенностей спектров, выявленных в пределах различных геоморфологических уровней, помогает более обоснованно проводить корреляцию отдельных горизонтов по различным археологическим памятникам, а также восстанавливать полную картину изменения палеогеографических условий, учитывая, что при реконструкции ландшафтов прошлого для степи и лесостепи принцип актуализма может быть применен лишь ограниченно.

² Рецентный – современный или характерный для недавнего прошлого.

Определение степени антропогенного влияния на окружающую среду.

Проведение палинологических исследований на археологических объектах разного возраста имеет свои особенности. Главным образом это касается изучения памятников железного века и средневековья. Именно в это время антропогенная деятельность становится фактором, формирующим ландшафт, что находит свое отражение в спорово-пыльцевых спектрах.

Изменения природной среды, связанные с хозяйственной деятельностью человека, происходят значительно быстрее, чем естественные. Это, с одной стороны, позволяет фиксировать антропогенные факторы в изменении ландшафтов, с другой – не дает в должной мере проследить влияние климата на эти изменения. Таким образом, в палинологических спектрах средневековья необходимо распознавать не только основные закономерности формирования растительного покрова окружающей территории, но и определять степень антропогенного влияния на среду. Это влияние проявлялось в первую очередь в характере землепользования: вырубке леса, земледелии, выпасе скота, создании искусственных водоемов, осушении заболоченных лугов.

В процессе освоения территории человеком флористически богатый естественный растительный покров, часто многоярусный, упрощался, а иногда замещался на единственную монокультуру. В результате нарушений естественного зонального типа растительности в средневековье вместо коренных широколиственно-хвойных или хвойно-широколиственных лесов появлялись вторичные, чаще березовые леса с разнообразным подлеском или даже открытые ландшафты (Владимирское ополье) (Алешинская и др., 2008). Палинологические данные, полученные для различных регионов, свидетельствуют о том, что в средневековье граница зоны леса неоднократно смещалась к северу или к югу. При этом менялась и степень антропогенного преобразования ландшафтов. Исходя из уровня палинологической изученности, в настоящее время в пределах даже одного столетия выделяется не менее пяти фаз развития растительности, что указывает на высокую динамику доминирующих формаций в растительном покрове, но везде эти изменения внешней среды протекали однонаправленно.

Определение роли земледелия в хозяйственном укладе. Важным моментом является изучение зарождения земледелия и развития этой отрасли на протяжении раннего железного века и средневековья в различных регионах. При изучении степени освоения и хозяйственного использования территорий наиболее трудна проблема определения видового разнообразия пыльцы культурных злаков.

Пыльца злаков очень однообразна по морфологическому строению, что затрудняет ее видовое определение, а размеры пыльцевых зерен довольно сильно варьируют от 16 до 60 мк (рис. 6). Чаще всего многие авторы подразделяли пыльцу злаков на три группы (Куприянова, 1945; Федорова, 1959; Гуман, 1978).

Пыльцу злаков подразделяют на группы. В первую группу входит в основном пыльца культурных злаков, средняя величина пыльцевых зерен которых превышает 40 мк. Вторая группа включает главным образом пыльцу культурных злаков, частично сопровождающих их сорных злаков и пыльцу дикорастущих злаков. Средняя величина зерна пыльцы этой группы – 35–40 мк. Третья группа состоит преимущественно из пыльцы дикорастущих злаков, включая только пыльцу пшеницы однозернянки (*Triticum monococcum*), проса и некоторых ви-

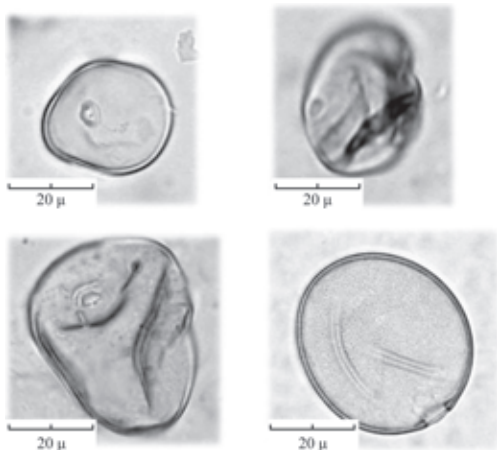


Рис. 6. Микрофотографии пыльцы культурных злаков

хи и льна, но она встречается существенно реже, чем пыльца злаков (см. цв. вклейку, рис. XIII). Самое большое количество пыльцы гречихи было отмечено в образцах из раскопок в Московском кремле и в Переяславль Рязанском кремле (*Алешинская и др.*, 2013).

Присутствие пыльцы гречихи интересно не только с хозяйственной точки зрения. Будучи культурой, весьма требовательной к теплу и влаге, она может служить индикатором теплых и влажных условий.

При температуре ниже 12-13° С гречиха растет плохо, но в то же время для нее неблагоприятна и высокая температура (выше 30° С), особенно в период цветения, так как ухудшается опыление и отмирают завязи. Оптимальная температура в период цветения – плодообразования 17–25° С, а относительная влажность воздуха должна быть не менее 50%.

Оценивая соотношение культурных злаков и сопутствующих посевам сорняков, можно судить о состоянии пахотных угодий, проследить этапы их увеличения, сокращения или заустения в разные периоды существования поселения. Наиболее часто в посевах встречаются гречиха татарская, горец птичий, горец почечуйный, горец вьюнковый, щавелек, щавель кислый, марь белая, василек синий, а также различные представители се-

дов ячменя. Средняя величина зерна на пыльцы – 32–35 μ.

Таким образом, только очень крупную пыльцу можно более или менее уверенно отнести к культурным злакам. Поэтому, чтобы судить о наличии культурных злаков, помимо морфологии пыльцы приходится опираться и на некоторые косвенные признаки. Одним из них является тот факт, что пыльца культурных злаков почти всегда помимо одиночных зерен присутствует в больших скоплениях (рис. 7). Второй признак – наличие пашенных сорняков (см. цв. вклейку, рис. XII).

Существенно лучше обстоит дело с диагностикой пыльцы гречихи

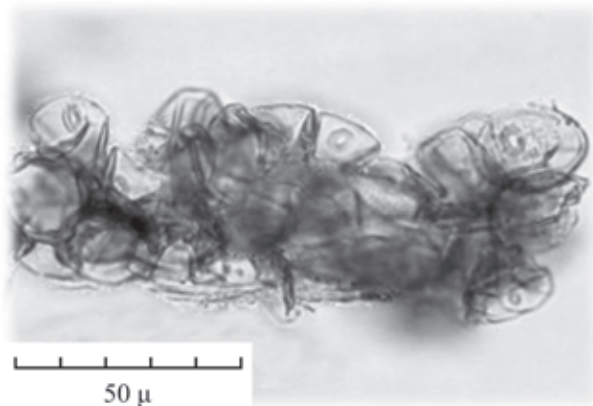


Рис. 7. Микрофотография скопления пыльцы злаков

мейства крестоцветных (см. цв. вклейку, рис. XI). Перечисленные виды помимо непосредственного участия в самих посевах или по окрайкам полей часто образовывали своеобразные группировки на парах и залежах. Кроме этого здесь появляется, а иногда и господствует пыльца подмаренника, разных представителей подсемейства циклориевых. В этом случае роль пыльцы культурных злаков будет минимальна.

Выявление изменений в хозяйственном использовании территории. Анализ состава культурных злаков, процентного участия в спектрах пашенных сорняков, сорных растений паров, залежей, выпасов, а затем и нарушенных естественных угодий позволяет выявить динамику биогеосистем, связанную с хозяйственной деятельностью человека. В лесной зоне при установлении антропогенных изменений важную роль играет также выявление факта сведения коренных зональных лесов и замещения их вторичными березовыми, осиновыми или ольховыми сообществами. Вырубка лесов неминуемо приводила к заболачиванию окружающей территории и ухудшению пахотного клина. Все эти особенности хозяйственной деятельности человека отчетливо прослеживаются на спорово-пыльцевых диаграммах. Таким образом, мы подходим к установлению циклов развития системы землепользования и определения черт хозяйственного уклада человека на поселениях. Таких циклов на средневековых селищах чаще всего прослеживается несколько, для этого можно обратиться к материалам по поселению Нефедьево Вологодской области и Радонежу под Москвой (Макаров, Спиридонова, 1993; Бызова и др., 1993). В периоды разрухи (XVI – начало XVII в.) или рационального природопользования (начало XIV в.) ископаемые палинологические спектры приближались к зональным типам и, наоборот, при интенсивном, иррациональном хозяйствовании наблюдались резкие отклонения состава спектров от естественных зональных типов, что неминуемо приводило к упадку хозяйственной деятельности или перестройке в системе землепользования (рис. 8).

Возможности фиксации культурного слоя по данным палинологического анализа. Принимая во внимание перечисленные выше особенности информа-

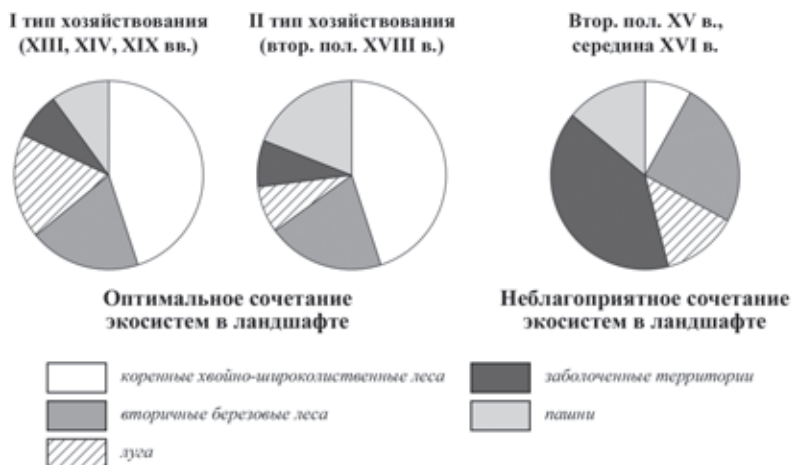


Рис. 8. Цикличность землепользования в Радонеже в средневековье

ции, которая заложена в палинологических спектрах, стала возможна работа не только по определению палеогеографических условий формирования отдельных слоев на различных памятниках, где они хорошо прослеживаются по площади, но и на стоянках, где отсутствуют стерильные прослой и разные культурные горизонты плохо фиксируются в разрезе.

Для более углубленного исследования особенностей формирования культурного слоя на памятниках средневековья и более ранних эпох образцы отбираются не только по разрезу, но и по вскрытой горизонтальной поверхности слоя в пределах всего раскопа. Полученные материалы также дают возможность судить об изменении природных условий во время формирования культурного слоя. Такая работа была проведена по стоянке Минино I Вологодской области в раскопе 4, 1999 г., близко к вертикальному разрезу 7. Это было необходимо из-за малой мощности самого слоя и для фиксации одновозрастных уровней на поселении (*Спиридонова и др., 2008а*).

Результаты анализа показали, что некоторые отклонения от средних значений отчетливо проявляются в составе травянистых растений, а среди пыльцы древесных пород они не такие существенные. При сравнении данных по горизонтальным пробам и диаграммы по вертикальному разрезу видно, что на поверхности раскопа в кв. АА-27-Б (образец 2) оказались более древние слои, которые могут быть сопоставлены только с образцом 2 вертикального разреза.

На стоянке Каменная Балка палинологический анализ образцов, отобранных по поверхности раскопа, показал, что они связаны с различными этапами формирования культурного слоя. Это подтвердили и данные абсолютного датирования, полученные по образцам, отобранным по слою из этих же мест (*Леонова и др., 2007*).

Анализ полученных спорово-пыльцевых спектров свидетельствует о том, что кажущаяся одномоментность формирования поверхности культурного слоя, вскрытого раскопом, не всегда является таковой. Часто изученные палинологические пробы имеют разный состав. Определение таких различий позволяет выявить климатические ритмы и изменения природной среды для очень коротких отрезков времени.

Применение палинологического анализа для обоснования возраста археологических памятников и их корреляции. Дробное деление голоцена началось, как известно, с членения его на климатические периоды, проведенного в 1876 г. А. Блиттом на основании изучения стратиграфии торфяников Норвегии. Впоследствии в 1908 г. Р. Сернандер, исследовав строение торфяников Швеции, получил данные, которые подтвердили в общем положение А. Блитта и дали возможность несколько уточнить схему последнего. Применительно к нашей стране, учитывая ее огромное протяжение и разнообразие физико-географических условий, было разработано несколько шкал (*Сукачев, 1914; Доктуровский, 1922; Марков, 1934*), но наиболее обоснованное деление голоцена было предложено М.И. Нейштадтом (1957). Более детальное членение отдельных периодов голоцена для Северной Европы было предпринято Н.А. Хотинским (1977). При этом использовался не только традиционный палинологический метод, но и широкий спектр фито- и зооиндикационных, изотопно-кислородных, палеонтологических, археологических и других данных. Вместе с тем величина современного

палеогеографического «шага» пока столь велика, что позволяет улавливать лишь значительно бóльшие, чем сверхвековые ландшафтно-климатические изменения в голоцене. Для целей археологии такая величина шага мало приемлема, так как при данном подходе восстановленная природная среда будет охватывать большой промежуток времени, в течение которого могли произойти различные экологические события и смениться несколько материальных культур.

Чтобы детально реконструировать окружающую среду, в которой жили люди во время исследуемых эпох, выявить сложную динамику изменения природной обстановки и коррелировать ее основные моменты со сменой материальных культур, необходим был совершенно новый подход к изучению как естественных разрезов, так и археологических памятников.

В основе этой методики лежат палинологические исследования, которые проводятся по серии детально отобранных по разрезам образцов. Кроме того, для более точной стратиграфической привязки культурного слоя на одном и том же памятнике изучается, как правило, несколько разрезов. Для каждого разреза строятся диаграммы, на которых выделяются спорово-пыльцевые комплексы, характеризующие спектры одного качественного и количественного состава доминирующих форм. Затем по результатам исследования всех разрезов по одной стоянке составляется сводная корреляционная таблица, где выделяются общие для всех разрезов палинологические зоны, указываются все имеющиеся даты абсолютного возраста и положение культурных слоев (табл. 2). Для большей убедительности выделения синхронных уровней по всему раскопу на памятнике, особенно если трудно расчленить отдельные слои по литологии, в раскопе по всем вскрытым квадратам отбираются дополнительные пробы по поверхности самого раскопа. Таким образом, одновозрастность археологического слоя фиксируется не только вертикальными разрезами, но и по горизонтали.

Следующий шаг – построение биостратиграфической схемы. Такая схема была построена для мезолита Волго-Окского междуречья. Для этого периода выделено 15 палинологических зон (рис. 9) (Спиридонова, Алешинская, 1999; Алешинская, 2001). Палинологическая зона дает характеристику зонального типа растительности и является самой дробной стратиграфической единицей, положение которой определяется также и данными абсолютного датирования. Естественно, чтобы получить такие результаты, необходимо изучить не один памятник, а на памятниках не по одному разрезу, причем очень детально отобранных. Такая шкала позволяет не только проследить изменения растительного покрова и климата, но и облегчает корреляцию культурных слоев как внутри одного памятника, так и между различными памятниками.

Еще один аспект использования спорово-пыльцевого анализа – восстановление по палинологическим данным различных климатических показателей, таких как среднегодовая и сезонная температуры, количество осадков, влажность и др. Такие работы уже проводились, в частности, В.А. Климановым (Климанов и др., 1995), но были доступны только для специалистов.

В настоящее время появился ряд общедоступных компьютерных программ, например программа *Paleoanalog*, позволяющая при наличии соответствующей базы палинологических и климатических данных рассчитывать температуру, влажность и другие климатические показатели.

Таблица 2. Корреляция разрезов на стоянках Гверского Поволжья по палинологическим данным (по: Спиридонова, Алешина, 1999)

Периоды Витта-Сернадера	Абсолютный возраст	Палинологические зоны	Черная Грязь I	Дмитровское I	Иенево 2, разрезы			Алтыново	Авсертгово 2	Питово I	Дальжино 3
					1	3	3				
В	14	Сосна с участием березы, ольхи и незначительным участием ели и широколиственных пород		IX							
	8200	Сосна и береза с участием ели, ольхи и незначительным участием широколиственных пород		VIII VII	V	VII VI					
	8400	Сосна с участием ели, широколиственных пород и незначительным участием березы и ольхи		VI	IV	V					
	8600	Сосна и береза с участием широколиственных пород и незначительным участием ели и ольхи	VIII VII		III II	IV			III		
	8800	Сосна с участием березы и незначительным участием ольхи, ели и широколиственных пород		V				IV	V	II	
	8900	Сосна с участием ели, ольхи, березы и незначительным участием широколиственных пород; с высоким участием спорных		VI	IV			III			
	8	Сосна, береза, ель с незначительным участием широколиственных пород	V IV								IV
	9300	Сосна с участием березы и незначительным участием ольхи и ели	III II								III
	9500	Сосна с участием ели и березы и незначительным участием ольхи и широколиственных пород	I	III							

Таблица 2. Окончание

Периоды Витта-Сернандера	Абсолютный возраст	Палинологические зоны	Черная Грязь I	Дмитровское I	Иенево 2, разрезы			Алтыново	Авсретьово 2	Титово I	Лядыжино 3
					1	3	3				
PВ		5 Сосна с участием березы и незначительным участием ели и ольхи		II							II
DR3		3 Береза, сосна, ольха с незначительным участием ели и широколиственных пород		I			I II	II-IV			
		2 Береза с участием перигляциальных элементов флоры					III II	I			
AL		1 Сосна, береза с участием перигляциальных элементов флоры				I	I				

Примечания: I-IX – спорово-пыльцевые комплексы;  – уровень залегания культурного слоя.

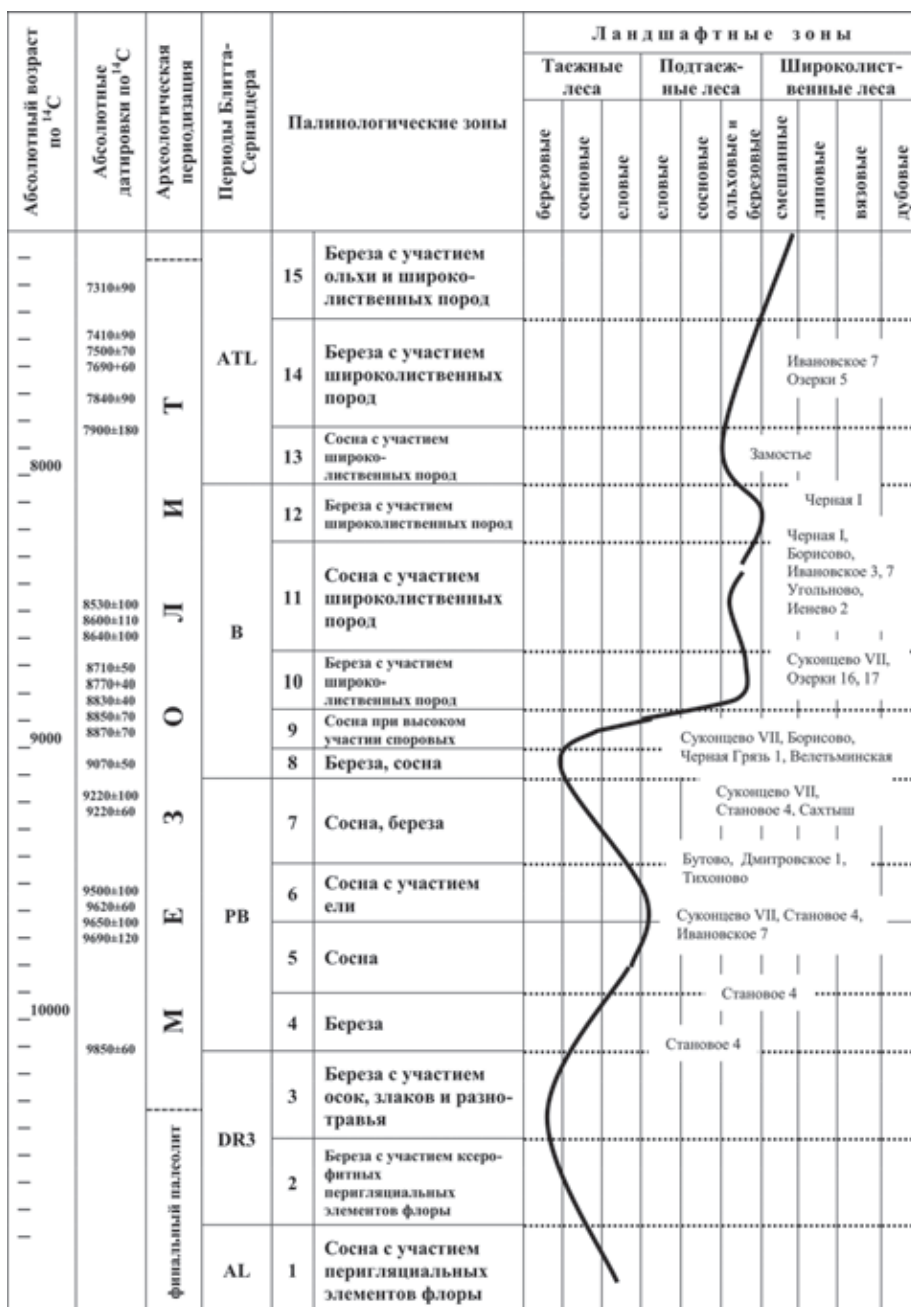


Рис. 9. Биостратиграфическая схема мезолита Волго-Окского междуречья (по: Спиридонова, Алешина, 1999; Алешина, 2001).

ЛИТЕРАТУРА

- Алешинская А.С., 2001. Палеогеографические условия обитания древнего человека в мезолите в Волго-Окском междуречье (по палинологическим данным): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. 24 с.
- Алешинская А.С., Качанова М.Д., Макаров Н.А., Спиридонова Е.А., Карпунин А.А., 2008. Ландшафты Суздальского Ополя и влияние на них человека в средневековье (по данным археологических и палеоботанических исследований) // Сельская Русь в IX–XIV вв. М.: Наука. С. 127–157.
- Алешинская А.С., Качанова М.Д., Спиридонова Е.А., 2013. Результаты палинологико-генетических исследований культурного слоя из раскопа Житный (2010) // Материалы по археологии Переяславля Рязанского. Вып. 2. Рязань: Изд-во РИАМЗ. С. 70–87.
- Болиховская Н.С., 1995. Эволюция лёссово-почвенной формации Северной Евразии. М.: Изд-во МГУ. 270 с.
- Болиховская Н.С., Шуньков М.В., 2005. Климатостратиграфическое расчленение древнейших отложений раннепалеолитической стоянки Карамы // Археология, этнография и антропология Евразии. № 3 (23). С. 52–69.
- Бызова Е.Г., Кренке Н.А., Спиридонова Е.А., Чернов С.В., 1993. Средневековый Радонеж: археологический, палинологический и геоботанический подходы к изучению ландшафтов // Экологические проблемы в исследованиях средневекового населения Восточной Европы. М.: ИА РАН. С. 167–190.
- Гричук В.П., 1961. Ископаемые флоры как палеонтологическая основа стратиграфии четвертичных отложений // Рельеф и стратиграфия четвертичных отложений Северо-Запада Русской равнины. М.: Изд-во АН СССР. С. 25–71.
- Гричук В.П., 1969. Опыт реконструкции некоторых элементов климатов северного полушария в атлантический период голоцена // Голоцен. М.: Наука. С. 41–57.
- Гричук В.П., 1985. Реконструкция скалярных климатических показателей по флористическим материалам и оценка ее точности // Методы реконструкции палеоклиматов. М.: Наука. С. 20–28.
- Гричук В.П., 1989. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. М.: Наука. 183 с.
- Гуман М.А., 1978. Антропогенные изменения растительности юга Псковской области в голоцене (по палинологическим данным) // Ботанический журнал. Т. 63, № 10. С. 34–46.
- Деревянко А.П., Болиховская Н.С., Маркин С.В., 1999. Палеогеографические обстановки финала верхнего плейстоцена Северо-западного Алтая (по материалам разрезов пещеры Каминная) // Геохимия ландшафтов, палеоэкология человека и этногенез. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. С. 24–26.
- Доктуровский В.С., 1922. Болота и торфяники, развитие и строение их. М.: 7-я тип. «Мосполиграф». 226 с.
- Жилин М.Г., Спиридонова Е.А., Алешинская А.С., 1998. История развития природной среды и заселения стоянок Озерки 5, 16, 17 в Конаковском районе Тверской области // Тверской археологический сборник. Вып. 3. Тверь. С. 209–218.
- Кабайлене М.В., 1969. Формирование пыльцевых спектров и методы восстановления палеорастительности // Тр. института геологии (Вильнюс). Вып. 11. Вильнюс. С. 70–147.
- Климанов В.А., Хотинский Н.А., Благовещенская Н.В., 1995. Колебания климата за исторический период в центре Русской равнины // Изв. РАН. Сер. географ. № 1. С. 89–96.
- Крупенина Л.А., 1973. Признаки антропогенного влияния на растительный покров Среднерусской возвышенности в голоцене // Палинология голоцена и маринопалинология. М.: Наука. С. 91–97.
- Куприянова Л.А., 1945. О пыльце однодольных растений // Сов. ботаника. Т.13, № 3. С. 38–46.
- Левковская Г.М., 1987. Природа и человек в среднем голоцене Лубанской низины. Рига: Зинатне. 93 с.

- Леонова Н.Б., Несмеянов С.А., Виноградова Е.А., Воейкова О.А., Гвоздовер М.Д., Миньков Е.В., Спиридонова Е.А., Сычева С.А., 2007. Палеоэкология равнинного палеолита. М.: Научный мир. 242 с.
- Макаров Н.А., Спиридонова Е.А., 1993. К истории формирования культурного ландшафта на Русском Севере // Экологические проблемы в исследованиях средневекового населения Восточной Европы. М.: ИА РАН. С. 145–166.
- Малаева Е.М., 1995. Об изменчивости климатического режима Горного Алтая в позднем плейстоцене и палеогляциологических реконструкциях // Геоморфология. № 1. С. 51–60.
- Малаева Е.М., 1998. Палинология отложений разреза палеолитической стоянки Усть-Каракол-1 // Палеоэкология плейстоцена и культуры каменного века Северной Азии и сопредельных территорий. Т. 1. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН. С. 221–230.
- Марков К.К., 1934. Поздне- и послеледниковая история окрестностей Ленинграда на фоне поздне- и послеледниковой истории Балтики // Тр. комиссии по изучению четвертичного периода АН СССР. Т. 4, вып. 1. С. 5–70.
- Нейштадт М.И., 1957. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М.: Изд-во АН СССР. 404 с.
- Природа и древний человек, 1981 / Под ред. Г.И. Лазукова и др. М.: Мысль. 224 с.
- Пыльцевой анализ, 1950 / Под ред. И.М. Покровской. М.: Гостеоллиздат. 540 с.
- Рябогина Н.Е., 2004. Стратиграфия голоцена Южного Зауралья, изменения ландшафтно-климатических условий обитания древнего человека: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Тюмень: ИПОС СО РАН. 17 с.
- Рябогина Н.Е., 2006. Очаги культивирования злаков в древности на территории Западной Сибири по палеоботаническим данным // Вестник ВОГИС. Т. 10, № 3. С. 572–579.
- Рябогина Н.Е., Семочкина Т.Г., Иванов С.Н., 2001. Реконструкция условий обитания населения Нижнего Приисетья в позднем бронзовом и раннем железном веках // Проблемы взаимодействия человека и природной среды. Вып. 2. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН. С. 33–39.
- Сафарова С.А., 1973. Восстановление ландшафтных условий обитания древнего человека // Палинология голоцена и маринопалинология. М.: Наука. С. 100–105.
- Спиридонова Е.А., 1979. Морфологическая изменчивость пыльцы сосны – важный критерий для восстановления ландшафтов прошлого // Проблемы охраны окружающей среды. Л.: Изд-во ЛГУ. С. 156–163.
- Спиридонова Е.А., 1991. Эволюция растительного покрова бассейна Дона в верхнем плейстоцене – голоцене. М.: Наука. 221 с.
- Спиридонова Е.А., Алешинская А.С., 1999. Опыт применения палинологического анализа для периодизации мезолита Волго-Окского междуречья // Забелинские научные чтения – 1995–1996 гг. М.: ГИМ. С. 127–141. (Тр. ГИМ, вып.103).
- Спиридонова Е.А., Алешинская А.С., Кочанова М.Д., 2008а. Естественные и антропогенные изменения природного комплекса лесной зоны Русской равнины в средневековье. М.: Воентехиниздат. 244 с.
- Спиридонова Е.А., Алешинская А.С., Кочанова М.Д., 2008б. Формирование культурного ландшафта на территории Царицынского парка (по палинологическим данным) // Археология парка Царицыно / Авт.-сост. Н.А. Кренке; отв. ред. Л.А. Беляев. М.: ИА РАН. С. 19–27.
- Спиридонова Е.А., Алешинская А.С., Кочанова М.Д., 2009. Изменения природной среды с эпохи энеолита по средневековью на полуострове Абрау (по данным палинологического анализа) // ABRAU ANTIQUA. Результаты комплексных исследований древностей полуострова Абрау / Отв. ред. А.А. Малышев. М.: Гриф и К. С. 19–50.
- Спиридонова Е.А., Алешинская А.С., Кочанова М.Д., Кирьянова Н.А., Кренке Н.А., 2011. Палеоботанические данные // Кренке Н.А. Дьяково городище: культура населения бассейна Москвы-реки в I тыс. до н.э. – I тыс. н.э. М.: ИА РАН. С. 171–193.
- Сукачев В.Н., 1914. О пограничном горизонте торфяников в связи с вопросом о колебании климата в послеледниковое время // Почвоведение. № 1-2. СПб. С. 47–76.

- Федорова Р.В.*, 1959. Некоторые особенности морфологии пыльцы культурных злаков // Тр. института географии АН СССР. Вып. 77: Мат-лы по геоморфологии и палеогеографии. Работы по спорово-пыльцевому анализу. М.: Изд-во АН СССР. С. 166–186.
- Федорова Р.В.*, 1965. Применение спорово-пыльцевого анализа в изучении археологических объектов лесостепной и степной зон // СА. № 2. С. 121–131.
- Федорова Р.В.*, 1976. Природные ландшафты голоцена и их изменение под влиянием деятельности человека (по палинологическим данным археологических памятников с. Костенок Воронежской области) // История биогеоценозов СССР в голоцене. М.: Наука. С. 132–149.
- Хотинский Н.А.*, 1977. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука. 199 с.
- Якимов А.С., Рябогина Н.Е., Иванов С.Н., Демкина Т.С., Зимина О.Ю., Цембалюк С.И.*, 2007. Природные условия Туро-Пышминского междуречья в X–IV вв. до н.э. // Вестник археологии, антропологии и этнографии. № 8. С. 206–225.
- Dimbleby G.W.*, 1985. The Palynology of Archaeological Sites. L.: Academic Press. 176 с.
- Sears P.B.*, 1932. The archaeology of Environmental in Eastern North America // American Anthropologist. Vol. 34, № 4. P. 610–622.
- Tolonen K.*, 1971. On the regeneration of northeuropean bogs. I: Klaukkalan Isosuo in S. Finland // Acta Agralia Fennica. 123. P. 143–166.
- Tolonen K., Siiriainen A., Hirviluoto A.-L.*, 1976. Iron age cultivation in SW Finland. Helsinki: Finska fornminnesföreningen. 66 p.

СОВРЕМЕННАЯ АРХЕОЗООЛОГИЯ: ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Е.Е. Антипина

Масштабы современных археозоологических исследований

Остатки костей животных – один из массовых археологических материалов, поэтому исследователи древних памятников, поселенческих и погребальных, не могут обойтись без сбора и анализа остеологических коллекций. Публикации зоологов и археологов по результатам изучения археологических костей выходят десятками каждый год во многих преимущественно зарубежных изданиях (см. *Anthropozoologica*, *Archaeofauna*, *Archaeozoologia*, *Current Anthropology*, *Circaea* (1983–1996 гг.), *Environmental Archaeology* (с 1997 г.), *International Journal of Osteoarchaeology*, *Journal of Archaeological Science*, *The Archaeological Journal* и др.). Если учесть повышенный интерес к изучению остеологических материалов, который наблюдается в археологии как минимум последние 30 лет, то легко подсчитать, что научная литература включает уже тысячи подобных статей.

Разумеется, что прочесть этот гигантский объем и понять специфику задач и методов изучения археологических костей, нереально. Наиболее действенным выходом из сложившейся ситуации представляется обращение к обзорным публикациям ведущих специалистов в этой области, которая сегодня имеет два названия: «зооархеология» и «археозоология». Несмотря на внешнее сходство, содержание этих направлений не вполне идентично. Первое название чаще используется при выполнении зоологами на остеологических материалах из археологических памятников собственных исследовательских программ. Они традиционно связаны с изучением древней фауны и реконструкцией природного окружения человеческих сообществ. Второе – отражает стремление археологов в сотрудничестве с зоологами ответить на вопросы, касающиеся хозяйственного устройства жизни населения. Когда указанные научные интересы зоологов и археологов объединяются в одном исследовании, то для него могут быть приняты оба названия как синонимы.

Зарубежные специалисты периодически выпускают коллективные монографии, включающие наиболее яркие результаты разных направлений изучения костей животных. В них можно найти не только описание новых методов, но и теоретические обоснования задач и формата таких исследований, а также обширную библиографию. Последнее позволяет в данной статье ограничить список рекомендуемой литературы, необходимой для знакомства с мировой археозоологией, ссылками на такие тематические издания, выпущенные за последние 15 лет.

Наиболее интенсивно разработки специальных методик и совершенствование существовавших методов проводились и публиковались американски-

ICAZ General Members					
ICAZ members number more than 550 individuals (see pg. 2-8) from 51 countries around the world. Representation of the current ICAZ membership by country stands at:					
United States	154	Japan	7	Sweden	3
United Kingdom	67	Netherlands	7	Turkey	3
Argentina	55	Bolivia	5	Czech Republic	2
France	34	Colombia	5	Egypt	2
Canada	29	Israel	5	Panama	2
Australia	21	Poland	5	Armenia	1
Germany	20	Belgium	4	Austria	1
Spain	16	Hungary	4	Botswana	1
Chile	10	Republic of Korea	4	Bulgaria	1
Italy	10	Peru	4	Cyprus	1
Mexico	9	Russian Federation	4	Estonia	1
South Africa	9	Serbia	4	Finland	1
China	8	Brazil	3	Greece	1
India	8	Iran	3	Lebanon	1
New Zealand	8	Ireland	3	Norway	1
Switzerland	8	Portugal	3	Puerto Rico	1
Denmark	7	Romania	3	Sri Lanka	1

Рис. 1. Распределение археозоологов, зарегистрированных в Международном Совете по Археозоологии (ICAZ) на начало 2014 г., по странам

ми и европейскими археозоологами и зооархеологами в 80–90-х годах прошлого века. Результаты их гигантской работы обсуждались на съездах и конференциях Международного совета по археозоологии, International Council for Archaeozoology (ICAZ). Эта авторитетная научная организация объединяет археозоологов разных стран. Число официально зарегистрированных в ней исследователей достигло в 2014 г. около 550 человек из 51 страны (рис. 1, по: <http://www.alexandriaarchive.org/icaz/>).

В итоге сегодня в археозоологии имеется богатый арсенал принятых всем археозоологическим сообществом методов фиксации и описания биологической информации. В наиболее полном виде он представлен в специальных монографиях и статьях таких ведущих специалистов, как D. Grayson (1984); A. Gautier (1984, 1987); R. Klein, K. Cruz-Urbe (1984); B. Hesse, P. Wapnish (1985); S. Davis (1987); J. Schelvis (1992); S. Hillson (1992, 2005); J. Fisher (1995); Terry O'Connor (2000); E. Reitz, E. Wing (2008); T. Steele (2015) и др. Особо следует подчеркнуть исключительную роль в современных археозоологических исследованиях, которую сыграли комплексные методики определения индивидуального возраста домашних парнокопытных по состоянию зубной системы и степени стертости зубов (Payne, 1984, 1987; Deniz, Payne, 1982; Grant, 1982). А также отметить атлас по стандартизации промеров целых костей и их фрагментов (von den Driesch, 1976).

Аналогичных теоретических и методических трудов на русском языке крайне мало. В наиболее развернутой форме свое видение задач и методик изучения

археологических костей животных оставил В.И. Цалкин в серии монографий (1956, 1958, 1960, 1962, 1966, 1970). Когда мне впервые удалось познакомиться с его работами, я испытала эмоциональный шок. Казалось, что в этой области уже все сделано, настолько фундаментальным для того времени было описание морфологических характеристик диких и домашних животных, а также особенностей скотоводства и охоты у народов европейской части России по историческим эпохам от бронзового века до средневековья. В отечественной археологии именно исследования В.И. Цалкина дали старт целенаправленному сотрудничеству зоологов и археологов.

Между тем задачи зоологического формата по изучению археологических костей животных были сформулированы и разрабатывались советскими учеными еще в первой половине прошлого века. Это прежде всего реконструкция биологических аспектов одомашнивания животных и соответствующих морфологических изменений их скелетов, а также анализ динамики фаунистических комплексов через изучение охотничьей добычи древнего человека. В этом направлении тогда успешно трудились известные зоологи – палеонтологи, морфологи и фаунисты – А.А. Браунер, В.И. Бибикова, С.Н. Боголюбовский, Н.К. Верещагин, В.О. Витт, В.И. Громова, К.Л. Паавер, И.Г. Пидопличко, В.О. Топачевский и др. Некоторые из полученных ими результатов до сих пор сохранили свое научное значение, и ссылки на них нередко встречаются в археозоологических публикациях.

Археозоология в России XXI века

Общее представление о направлениях и уровне исследований современной отечественной археозоологии можно составить по двум научным изданиям, которые вышли за последние 15 лет. Это – сборник, посвященный 100-летию со дня рождения В.И. Цалкина («Новейшие археозоологические исследования в России», 2004) и отдельный номер «Зоологического журнала» (2013. Т. 92, № 9, 2013), который редакция выпустила также в память о В.И. Цалкине. В них представлены не только результаты археозоологических работ, но и применяемые теоретические постулаты и методы. Авторы этих публикаций – сотрудники как биологических, так и археологических учреждений Москвы, Санкт-Петербурга, Казани, Екатеринбурга, Новосибирска, Иркутска и т.д. Изучая археологические кости животных, все они в той или иной степени затрагивают вопросы структуры хозяйства отдельных древних поселений или даже крупных региональных объединений. Но нередко их научные интересы обращаются на такие задачи, для выполнения которых наравне с археологическими костями используются и другие археобиологические материалы. В этом плане отличия по исследуемым направлениям наиболее явно проявляются в работах специалистов трех лабораторий:

Лаборатория палеоэкологии Института экологии животных и растений Уральского отделения РАН (Екатеринбург). Основное исследовательское направление этого подразделения – изучение истории формирования региональных фаун на протяжении последних тысячелетий, а также динамики их состава и структуры (см. *Смирнов и др.*, 2014). Параллельно проводится морфологи-

ческий и морфометрический анализ современных, ископаемых и археологических скелетных остатков разных видов. Особое внимание уделяется копытным, в частности лошадям (см. *Косинцев, Самашев, 2014; Косинцев, Пластеева, 2011* и др.).

Лаборатория биоэкологии и исторической экологии им. В.Н. Сукачевы Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (Москва). Группа исторической экологии ставит и решает амбициозные задачи по реконструкции динамики экосистем и их отдельных структурных компонентов в эталонных регионах Евразии с оценкой влияния на них климатического и антропогенного факторов (см. *Динесман и др., 2005; Савинецкий и др., 2006; Горлова, 2013*). Активно привлекаются новые методы для исследования археологических костей, в частности изотопный анализ (*Горлова и др., 2015*).

Лаборатория естественнонаучных методов в археологии Института археологии РАН (Москва). Сотрудники лаборатории сконцентрировали усилия на изучении взаимодействия и роли в древней экономике таких отраслей производящего хозяйства, как земледелие и скотоводство (*Антипина, Лебедева, 2005, 2007*). При этом разрабатываются методологические подходы к палеоэкономическому моделированию (*Антипина, Лебедева, 2012, 2015; Лебедева, Антипина, 2009*).

Впрочем, специалистов, изучающих археологические кости животных, в основном зоологов по образованию, в нашей стране чрезвычайно мало: не более 30 человек. Тогда как остеологические коллекции, которые к ним поступают, насчитывают десятки тысяч костных фрагментов из сотен раскапываемых ежегодно археологических памятников. В европейских странах – наоборот: зооархеологов и археозоологов на порядок больше, а археологических проектов – в несколько раз меньше. Такая картина отчасти объясняет, почему в зарубежных работах больше внимания уделяется теории и интерпретации полученной информации, а результаты наших археозоологов по конкретным памятникам имеют нередко прикладной характер и включаются археологами в свои публикации только как отражение применения естественно-научных методов к собранным материалам.

Итак, задачи, которые сегодня могут быть решены на основе исследования археологических костей животных, чрезвычайно разнообразны. Традиционно изучаются динамика фаунистического окружения древнего человека и вклад охотничьего промысла в экономику. Фиксируются морфологические особенности домашних и диких животных. С новых позиций рассчитываются и регистрируются объемы белковой (мясной) диеты жителей разных поселений и ее связь с природными и культурно-этническими факторами. Разрабатываются также методологические аспекты моделирования палеоэкономики – очерчиваются исторические закономерности развития животноводства и появления разных форм эксплуатации домашних копытных. Анализируются соотношения между отдельными отраслями сельского хозяйства и масштабы обменно-торговых связей древних племен. Реконструируются ритуальное использование животных и уровень развития косторезного ремесла в древности. А полученная информация экстраполируется на социальные аспекты жизни самого человека и т.п.

Эффективная реализация таких проектов зависит не только от специалистов зоологов, но и от того, насколько сами археологи будут иметь представление о принципах, методах и структуре археозоологического исследования, а также ориентироваться в проблемах, возникающих при изучении остеологических материалов. Поэтому далее постараемся обсудить наиболее важные и взаимосвязанные между собой вопросы методического и методологического плана:

1) Какие параметры, оценки и характеристики остеологических материалов могут и должны быть зафиксированы для решения указанных выше задач, и какие методики при этом используются;

2) Какова степень достоверности получаемых фактических данных, и насколько однозначными могут быть результаты их анализа и интерпретации.

Археозоологическая информация и принципы ее анализа

Биологические характеристики и параметры остеологических материалов

Одной из первых операций изучения археологических костей является описание биологических характеристик скелетных остатков, которые обнаружены при раскопках. Обычно оно проводится как минимум для шести традиционных параметров, которые обязательно присутствуют в любой публикации результатов археозоологического исследования:

1. Видовая принадлежность костей;
2. Анатомический набор костных остатков по элементам скелета для каждого вида;
3. Индивидуальный возраст конкретных особей на момент смерти;
4. Половая принадлежность скелетных остатков;
5. Промеры целых элементов скелета по видам;
6. Описание костных патологий.

Для регистрации этих параметров используются фундаментальные сведения такой зоологической дисциплины, как остеология, которые остаются без изменений и только обогащаются на протяжении последних 100 лет. Учебники по ветеринарии, а также атласы и определители по таксономии, публикуемые с начала прошлого века, содержат детальные изображения и описания скелетов и их отдельных элементов как всех известных видов домашних, так и значительного числа диких животных. Они включают в себя также описания особенностей скелетных элементов для всех этих видов в рамках их изменчивости, связанной с конкретным геномом и возрастом животного, его половой принадлежностью, физической нагрузкой, питанием и т.д. Но все такие учебные пособия создавались для анализа целых скелетных элементов, поэтому зоологи непременно адаптируют их к диагностике археологических костей, которые, как правило, бывают раздробленными и фрагментарными. Для этого одновременно проводятся достаточно трудоемкие исследования на реальных сравнительно-анатомических коллекциях, включающих скелеты современных животных.

Использование этой колоссальной методической базы обеспечивает высокую степень достоверности и сравнимости оценок указанных выше биологических параметров остеологических материалов.

Однако даже в этих рамках остаются проблемы, которые не имеют пока однозначного решения. Одна из них касается верификации домашней или дикой формы по скелетным остаткам для таких видов, как лошадь, свинья и собака.

Морфологические признаки всех костей скелета диких и аборигенных домашних лошадей чрезвычайно близки друг к другу, а их количественные оценки в значительной мере перекрываются. Для археологов важно понимать, что по археологическим разрозненным скелетным остаткам достоверно установить их принадлежность дикой или домашней лошади просто невозможно. С обзором этой проблемы и библиографией можно познакомиться по коллективным монографиям *Equids in the Ancient World* (1986), *Prehistoric Steppe Adaptation and the Horse* (2003), а также в работах М. Levine (1999, 2012), П. Косинцева (2010) и др. Лишь в редких исключительных ситуациях удастся диагностировать останки домашних лошадей на археологическом памятнике благодаря обнаружению специфических патологий, аналогичных возникающим на скелетах верховых, гужевых и тягловых животных (Levine, 1998; Антипина, 2013).

Традиционная методика идентификация лошади, как уже одомашненной, на археологических памятниках Северной Евразии (начиная с рубежа IV–III тыс. до н.э.) выглядит парадоксальной. Она основывается исключительно на фактах доминирования костей домашних парнокопытных в остеологических коллекциях, а также на археологических данных о находках, главным образом в погребальных комплексах, деталей узды и другой конской амуниции.

Костные останки домашних аборигенных свиней и собак отличаются от скелетов их диких предков прежде всего размерами. Морфологические различия между домашней и дикой формами этих видов незначительны и мало достоверны. Дикие представители в среднем оказываются крупнее. Поэтому самые крупные костные останки исследователи всегда относят к диким, а наиболее мелкие кости – к домашним формам. Разделение на домашних и диких по костям от средних по размерам животных указанных видов может быть ошибочным.

Общепринятая форма публикаций результатов современных археозоологических исследований предполагает, что они будут содержать не только указанные выше данные о скелетных остатках, но и их анализ. Это выражается в проекции полученных фактов на биологические характеристики тех особей, которым принадлежали кости, и на некоторые особенности хозяйственного использования этих животных (табл. 1). Для этого, вводятся количественные параметры: оценивается доля всех костей каждого вида в коллекции (остеологический спектр); подсчитывается число костей от разных частей скелета каждого из установленных видов (анатомические спектры); вычисляется соотношение костей животных, имеющих разный возраст (возрастной спектр) и т.п. Остеологический спектр может рассчитываться как для всех видов, обнаруженных в коллекции, так и для выделенных специали-

Таблица 1. Общепринятые в современной археозоологии варианты проекции биологических данных о скелетных остатках на информацию о животных

Биологические параметры и характеристики костных остатков	Биологическая информация о животных
1. Видовая принадлежность костей	Видовой состав обнаруженных животных с подсчетом разнообразных остеологических спектров
2. Анатомический набор костных остатков по элементам скелета для каждого вида	Особенности разделки туш животных. Вероятность забоя домашних копытных на поселении
3. Индивидуальный возраст конкретных особей на момент смерти по костям	Возрастная схема забоя домашних животных. Предпочтение тех или иных возрастных групп в охотничьей добыче
4. Половая принадлежность скелетных остатков	Соотношение костей самцов и самок в помертных остеологических спектрах по видам
5. Промеры целых элементов скелета по видам	Реконструкция размеров некоторых особей (высота в холке) и особенностей их конституции
6. Описание костных патологий	Заключение о характере причин, вызывавших обнаруженные патологии

том отдельных групп, например – соотношение диких и домашних животных. Рассчитанная в процентах пропорция костных остатков исключительно для видов домашних копытных будет уже специальным остеологическим спектром, который используется для оценки структуры потребления мяса этих животных. Аналогичной процедурой можно получить остеологический спектр для диких животных и выявить по нему долю костей, например от пушной (или мясной) дичи.

Еще недавно эта форма представления фактических данных дополнялась в работах отечественных исследователей прямой проекцией видового набора диких животных и их остеологического спектра на охотничью деятельность жителей и фаунистическое окружение поселения, а остеологический спектр по домашним копытным переносился непосредственно на состав разводимого в пределах поселения стада. Сегодня выясняется, что такая процедура некорректна, а интерпретация остеологических спектров оказывается достаточно сложной и неоднозначной, более подробно об этом будет сказано ниже. Здесь же остановимся на вопросах, связанных с количественными оценками остеологических коллекций и анализом их достоверности.

Количественные показатели биологических параметров и характеристик

Перед обсуждением применяемых в археозоологии количественных оценок для статистической оценки биологических параметров костных остатков, будет любопытно рассмотреть парадоксальную ситуацию с трансформации-

ей изначального количественного объема остеологической коллекции при ее обработке.

Видовая идентификация любого костного фрагмента возможна только после установления его анатомической принадлежности, т.е. определения того элемента скелета, к которому он относится. И только затем проводят его таксономическую идентификацию по сравнительно-анатомической коллекции или по специальным таксономическим атласам и определителям. Однако не все анатомически диагностированные фрагменты удается определить до видового уровня. Получается, что в любой остеологической коллекции количество фрагментов определяемых анатомически будет больше, чем число фрагментов с точным видовым статусом. Так что после установления анатомической и видовой принадлежности остатков коллекция оказывается разделенной на три разных по объему выборки: а) фрагменты, определяемые до вида; б) фрагменты, анатомически диагностированные, но без видового статуса; в) фрагменты без анатомического и видового определения.

После такого разделения остальные биологические параметры и характеристики фиксируются уже только для выборки костных фрагментов, определяемых до видового уровня, и это делается отдельно для каждого вида. Понятно, что выборки по видам будут еще меньше в количественном отношении. Более того скелетные элементы, по которым можно установить возраст животного на момент смерти, или определить половую принадлежность, или сделать промеры, часто не совпадают. Например, возраст животных, как правило, фиксируется по зубам, а для определения пола наиболее информативными оказываются тазовые кости. При этом в коллекции может не обнаружиться целых трубчатых костей конкретного вида, и тогда исследователь остается в неведении относительно размеров животных.

Таким образом, количественные объемы тех финальных выборок, по которым специалист получает разнообразную и детальную биологическую информацию (возраст, пол, размеры, костные патологии), составляют всего лишь 10–20% от исходного количественного объема всей коллекции. Нередко они оказываются просто катастрофически малыми – не более десятка единиц. Естественно возникает вопрос о достоверности результатов, полученных по таким выборкам.

Археозологи единодушны в оценке огромного влияния случайных факторов на формирование облика малых выборок, состоящих из десятков костей. Считается, что если сами факты (пол, возраст, промеры), полученные для конкретных особей, достоверны, то их проекция на биологические особенности всех животных, кости которых составляют коллекцию, неправомерна.

Но такое единодушие не решает важного вопроса о минимальном объеме остеологической выборки, при обработке которого были бы получены все или хотя бы часть биологических данных, достоверно отражающих параметры всей «генеральной совокупности» костных материалов на памятнике. Зарубежные исследователи используют в своих работах так называемое правило Дэвиса (*Davis*, 1987), из которого следует, что увеличение числа костей из раскопок в 10 раз дает уже принципиально новую информацию. Согласно ему для выборки уже в 500 *определимых* до вида костей можно говорить об обнаружении достаточно

полного видового состава крупных животных и близкого к реальному соотношения тех видов, которые активно использовались в хозяйстве.

В работах наших специалистов предлагаются разные границы для минимального объема таких выборок: например, 200–300 (*Косинцев и др.*, 1989) или 400 *определимых* фрагментов (*Антипина*, 2004). Подчеркнем, что предлагаемые минимальные количественные объемы относятся лишь к определяемым до вида костным остаткам, а не ко всей остеологической коллекции. И такие выборки позволяют с большой степенью достоверности зафиксировать только главную биологическую характеристику остеологической коллекции – это полный видовой состав *хозяйственно значимых* домашних и диких животных. Все остальные биологические параметры такой выборки могут оказаться малопригодными для интерпретации.

Как подчеркивалось выше, видовой состав животных может быть представлен разнообразными спектрами. Для их расчетов, начиная с 50-х годов прошлого века, использовались два количественных показателя: абсолютное число определяемых до вида костей; минимальное число особей каждого вида. Несомненно, для реконструкции особенностей хозяйственного использования домашних животных второй показатель был бы более «осязаемым».

Однако уже в то время было продемонстрировано, что оба показателя отражают количественное соотношение видов в материале лишь приблизительно (*Цалкин*, 1956; *Паавер*, 1958; *Gautier*, 1984; *Grayson*, 1984; *Hesse*, *Warnish*, 1985; *Davis*, 1987). При этом подчеркивалось, что «минимальное число особей» является производной величиной от абсолютного числа определяемых костей и потому она «автоматически» включает в себя все недостатки исходного количественного параметра, обусловленные многими факторами, в том числе тафономическими и археологическими. Сегодня исследователи, последовательно анализирующие проблемы «остеологической статистики», приходят к выводу, который был сделан К.Л. Паавером еще в 1958 г., – выбор того или иного количественного показателя зависит от специфики самого остеологического материала (в частности, его категорий) и задач обработки. Для изучения категории кухонных остатков наиболее адекватно использование абсолютного числа костей конкретных видов. Для ритуальных, погребальных или иных комплексов, включающих целые скелеты, их части или так называемые связки целых костей, несомненно, более информативным оказывается число особей, а иногда даже восстановленное по костям число отдельных частей туши (*Gautier*, 1984; *Grayson*, 1984; *Klein*, *Cruz-Uribe*, 1984; *Davis*, 1987; *Антипина*, 2001, 2004).

В итоге, учитывая неизбежную трансформацию изначального количественного объема коллекции, становится очевидным, что биологическая информация о животных – их облике и особенностях эксплуатации – будет достоверной только по коллекциям в десятки тысяч костей. Безусловно, получение коллекции таких объемов на конкретном памятнике зависит от тафономических условий и насыщенности слоя костными остатками. Но в любом случае необходимо стремиться к максимально полному сбору остеологического материала. Наиболее эффективным в этом отношении оказывается метод просеивания или промывки всего культурного слоя. Он дает возможность собрать

все остатки костей не только от крупных и средних животных, но и от совсем небольших по размерам млекопитающих, птиц, пресмыкающихся, земноводных, рыб. Между тем реальные раскопки зачастую сопровождается только ручная переборка культурного слоя. Насколько она будет успешной, зависит от руководителя раскопок.

Представим теперь, что тщательно собранная при раскопках поселенческого памятника и значительная по количеству костных остатков коллекция была обработана специалистами и в результате получена вполне достоверная биологическая информация. Увы, вся эта колоссальная работа археологов и археозоологов может потерять свою ценность, если остеологическая коллекция не имела так называемого археологического паспорта или для нее не были зафиксированы археологические характеристики.

«Археологический паспорт» и археологические характеристики остеологических материалов

Непременное условие выполнения современного археозоологического исследования – оформление для любой остеологической коллекции археологического паспорта, который включает все данные о самом памятнике (начиная с его названия и местоположения и вплоть до указания площади раскопок и мощности культурных напластований) и археологический контекст непосредственно для объектов и участков сбора материала. В него также входят хронологические рамки для слоев накопления костных остатков. Чем детальнее будет информация паспорта, тем больше возможностей для объяснения и интерпретации биологических и археологических характеристик исследуемого материала – костей животных.

Археологические характеристики остеологических материалов регистрируются как минимум по следующим показателям:

1. Общий исходный количественный объем коллекции, а также каждой выборки ее составляющих;
2. Естественная сохранность (или тафономическое состояние) костных фрагментов;
3. Степень их искусственной раздробленности;
4. Варианты следов искусственного воздействия на костных остатках.

Все эти показатели никак не связаны с установлением видовой принадлежности костных остатков и при определенном навыке могут быть оценены самими археологами. Они фиксируются по отдельным выборкам, формируемым в процессе сбора материалов, и в конечном итоге без ошибок могут быть суммированы для всей коллекции.

Эти характеристики названы археологическими, так как по существу они отражают метаморфозы скелетных остатков уже после смерти животных, первоначально в процессе неких манипуляций с ними на поселении, а затем при их «археологизации» в культурных напластованиях памятника. Они имеют огромное значение для подтверждения достоверности биологической информации и дальнейшей ее корректной интерпретации. Вместе с тем они могут выступать как источник независимых данных о занятиях жителей, а также о самом культурном слое памятника и соответственно об интенсивности жизнедеятельности населения. Методы их регистрации достаточно просты.

Таблица 2. Пятибалльная шкала для оценки естественной сохранности археологических костей

Описание изменений в составе костной ткани	Оценка (баллы)
Прочные целые кости или их обломки с целостным поверхностным слоем компакты	5
Достаточно прочные целые кости или их обломки. Поверхностный слой компакты в основном целый. Его нарушения незначительны	4
Относительно прочные целые кости или их обломки. Поверхностный слой компакты частично нарушен	3
Хрупкие, но сохраняющие свою форму обломки костей. Поверхностный слой компакты значительно нарушен	2
Хрупкие и при манипуляциях распадающиеся на части обломки костей. Поверхностный слой компакты разрушен полностью	1

1. Общее число костей обычно подсчитывается для фрагментов, размеры которых больше 1 см. Остальные меньшие обломки костей крупных и средних животных, а также целые кости мелких животных (например, грызунов, лягушек, ящериц, птиц и рыб) не входят в подсчеты, а объединяются в отдельную фракцию данной выборки. Эта фракция вместе с основной выборкой под единым паспортом направляется к специалисту.

Чтобы оценить естественную сохранность костей и степень их искусственной раздробленности, важно научиться различать эти параметры. Искусственная раздробленность костей отражает некие события или манипуляции с костями до их попадания в культурный слой, в результате которых кости были разделены (или они распались) на отдельные части. Как правило, такими факторами являются кухонная разделка туш, приготовление пищи, ритуальные события, косторезное ремесло и т.п. Естественная сохранность характеризует состояние костной ткани в процессе и после археологизации костных остатков. Ее анализ нередко позволяет обнаружить специфику тафономических условий конкретных напластований культурного слоя, что может стать ключом к разграничению разновозрастных отложений.

2. Существующие методики регистрации естественной сохранности достаточно сходны между собой. Все они фиксируют изменения в состоянии костной ткани по соответствующей описательной шкале, отличаясь только по количеству выделяемых градаций, т.е. по длине шкалы. В лаборатории естественнонаучных методов ИА РАН используется пятибалльная шкала: хрупкие и распадающиеся на части обломки костей «получают» один балл, а фрагменты с прочной компактой и целостным поверхностным ее слоем оцениваются пятью баллами (табл. 2).

Естественная сохранность костей влияет на весь ход археозоологического исследования. Важно подчеркнуть, что при плохой сохранности остеологического материала (самые низкие баллы 1-2) происходит объективное занижение



Рис. 2. Обломки костей, естественная сохранность которых оценивается в 1-2 балла

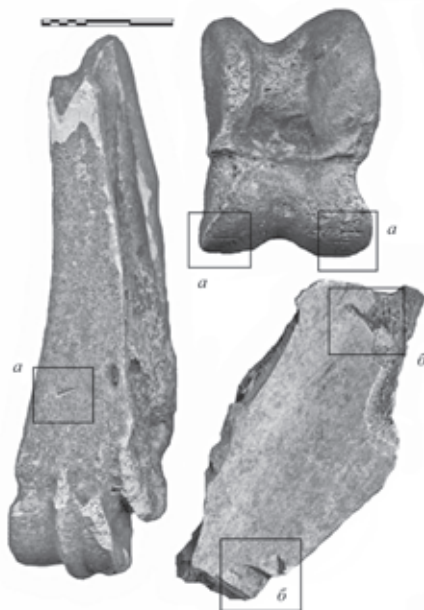


Рис. 3. Обломки костей, естественная сохранность которых оценивается в 3-5 баллов

а – следы порезов лезвием ножа; *б* – следы разрубов

доли определимых до вида костей. Хотя иногда и по таким фрагментам удается определить и анатомическую, и даже видовую их принадлежность. Оценка искусственной раздробленности для таких остатков, также как и обнаружение на них следов искусственного воздействия, невозможны (рис. 2). При удовлетворительной и хорошей естественной сохранности костей (с трех баллов и выше) достоверно фиксируются и их искусственная раздробленность, и разнообразные следы (рис. 3).

3. Для описания искусственной раздробленности остатков в работах европейских специалистов наиболее часто можно встретить методики, в основе которых лежит взвешивание костей с последующим вычислением среднего веса одного фрагмента для каждого вида (Morales, 1987, 1988). Но эти методики редко дают сравнимые результаты, так как вес фрагмента зависит не только от его размеров, но и от тафономических условий залегания костей. Несомненно, что фрагмент сухой выветренной трубчатой кости крупного животного будет легче, чем аналогичный обломок из памятника с гумусными влажными напластованиями. Методика, применяемая в лаборатории ИА РАН, состоит в оценке индекса раздробленности (ИР), который рассчитывается как число костных обломков в единице стандартного объема – 1 дм³ (Антипина, 2004). Но для этого не нужно

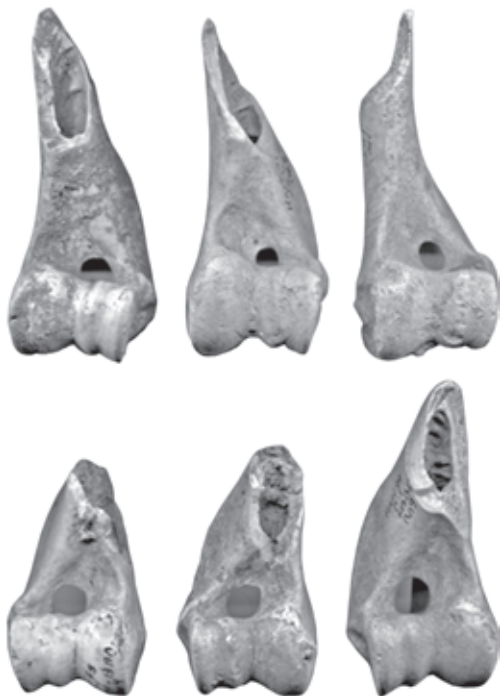


Рис. 4. Диагональные сколы, появление которых обусловлено кухонной разделкой туш



Рис. 5. Клиновидный дефект естественно происхождения на резце крупного рогатого скота

a – внутренняя сторона; *б* – внешняя сторона зуба

помещать кости в 1 дм³, надо просто наполнить ими коробку с известным объемом, например посылочную. Далее подсчитанное число костей в этой коробке делим на ее объем и получаем ИР.

4. Среди следов искусственного воздействия на костных остатках, самыми легко «читающимися», несомненно, будут результаты изготовления костяных изделий. Далее следуют зарубы и следы от лезвия ножа, которые, как правило, возникают при кухонной разделке туш животных. Не остается без внимания также обожженность костей. Фиксация цвета таких фрагментов дает возможность оценить температуру огня, и связать ее с возможными событиями – обычными или чрезвычайными, происшедшими на поселении. Менее известны так называемые кухонные диагональные разломы, которые возникают на длинных трубчатых костях, когда разделяют и рубят на части целую тушу животного (рис. 4).

Вместе с тем даже специалистам не все следы искусственного воздействия удается заметить или отличить их от тафономических или иных естественных изменений в структуре костной ткани. Приведу один из ярких примеров с так называемым клиновидным дефектом резцов крупных копытных. Нередко клиновидное углубление на шейке резца имеет естественную природу, но оказывается поразительно похожим на искусственный пропил на зубе для использования его в качестве подвески (рис. 5). Резцы крупного рогатого скота с подобными дефек-

тами, а также подвески из резцов известны из разных поселений эпохи бронзы, что ставит вопрос о критериях их различения (Антипина, 2011). Совсем недавно проведенное трасологическое изучение микроскопических следов на таких образцах, а также на достоверных археологических и экспериментальных подвесках из зубов показало реальную возможность такой диагностики (Панковский и др., 2015).

Возвращаясь к археологическим характеристикам, подчеркну еще раз, что они фиксируются для всех костей в коллекции, как определимых, так и неопределимых. Дальнейший их анализ по видам добавляет уже новые аспекты к археологической информации.

Рассмотренные два блока данных – биологических и археологических оценок остеологических материалов (рис. 6) – составляют тот минимум первичной археозоологической информации, которая необходима для любых палеоэкономических построений.

Интерпретация археозоологической информации и археологическая аксиоматика

Данная статья началась с утверждения, что «остатки костей животных – один из массовых археологических материалов». Ключевое слово в этом утверждении – прилагательное «археологический». Поэтому интерпретация получаемой информации об остеологическом материале должна проводиться в рамках археологической аксиоматики.

Аксиома 1: любые костные останки животных, обнаруженные при раскопках археологического памятника, являются результатом (прямым или опосредованным) разнообразной деятельности человека и связанных с ней событий.

Обычно с человеческой деятельностью без сомнений связывают обнаруженные при раскопках так называемые кухонные остатки костей, а также костяные изделия, ритуальные комплексы с останками животных и их жертвоприношения. Однако следует учитывать, что накопление в культурных слоях поселений скелетных останков таких мелких комменсалов – «сотрапезников», как грызуны, зерноядные воробьиные птицы и т.п., вызвано тем, что эти животные находили там прежде всего кормовую базу – отходы от человеческой пищи. В свою очередь они становились добычей для небольших хищников, которые «шли» вслед за ними.

Неизбежное наличие на человеческих поселениях пищи и укрытий для мелких диких животных дает начало формированию антропоценозов с широким спектром видового фаунистического и флористического разнообразия. Эти животные приходят или рождаются прямо на поселении, живут и погибают там именно благодаря человеку. Видовой набор таких животных – комменсалов и синантропов зависит от санитарного состояния и архитектурных особенностей самого поселения.

Таким образом, *следствие первой археологической аксиомы* – утверждение, что разнообразие, особенности и специфика человеческой деятельности и сопровождающие ее условия приводят к накоплению в культурных слоях памятника отличающихся между собой категорий остеологических материалов.



Рис. 6. Минимальный набор биологических и археологических оценок и параметров, необходимый для палеоэкономических реконструкций

Это очень важное утверждение, так как оно позволяет почти однозначно связать каждую из категорий остеологических материалов с конкретным «событийным явлением» из всего многообразного ассортимента человеческой деятельности. Так, потребление мясной пищи приводит к возникновению категории «пищевых или кухонных» костных остатков. При использовании животных в ритуальной практике появляются «ритуальные комплексы». «Ремесленные» комплексы костей (изделия, заготовки, отходы, сырьевые запасы) накапливаются в процессе косторезной деятельности. Военные действия на поселении, природные катастрофы или эпидемии приводят к формированию «комплексов костей одномоментных событий». И, наконец, гибель комменсалов и синантропов ведет к отложению их костей в культурном слое.

Более того это утверждение приводит к одному из главных правил археозоологического исследования: корректная интерпретация полученных при изучении остеологических материалов данных может быть проведена только в рамках каждой из этих категорий.

Как же удастся выделить эти категории в остеологической коллекции? Для этого используют всю исходную информацию о костях: биологические и археологические



Рис. 7. Археологические и биологические оценки и параметры, которые используются для выделения конкретных категорий остеологического материала

логические характеристики и археологический контекст. Любопытно, что для выделения ряда наиболее многочисленных в коллекциях категорий (например, «кухонных» или «ремесленных») наиболее эффективным будет анализ таких археологических характеристик, как искусственная раздробленность и следы искусственного воздействия на остатках (рис. 7).

Парадокс: кости могут принадлежать одновременно к разным категориям или «менять» категорию, в зависимости от задачи исследования. Например, костяные орудия, они же – кости от убитых и/или съеденных животных.

Аксиома 2: в процессе функционирования поселения и его последующей археологизации кости животных, оказавшиеся на его территории, разрушаются, и их количество заметно уменьшается.

Обозначенная в аксиоме неполнота остеологических материалов из археологических памятников обусловлена как человеческой деятельностью, так и неизменным присутствием на поселениях потребителей органических и минеральных компонентов костной ткани, начиная от собак и грызунов и заканчивая разнообразными микроорганизмами. Они разрушают и полностью уничтожают некоторую часть археологических костей. Количественные объемы сохранившихся костных фрагментов различаются по памятникам. Подсчитано, что потери могут составлять от 20 до 80% от исходного числа скелетных остатков,



Рис. 8. Схема неоднозначных связей между факторами появления животных на поселениях и событиями, благодаря которым кости животных попадают в культурный слой

оказавшихся на поселении (Савинецкий, 1995). К сожалению, такой подсчет возможен только для специфических остеологических коллекций из крупных практически полностью «закрытых» археологических комплексов.

Следствие второй аксиомы – относительность всех рассчитываемых при интерпретации оценок и параметров.

Приходится признать, что в итоговых палеоэкономических моделях не может быть получено точное количество съеденного мяса в килограммах или тоннах, также как и число добытых охотничьих животных или количество особей разводимых домашних копытных.

Палеоэкономические параметры и оценки могут быть представлены лишь в виде аппроксимации (приближения) к реально существовавшим объектам и явлениям. Пошаговая методическая схема такой аппроксимации разработана сегодня для реконструкции структуры мясного потребления (Антипина, 2005) и иерархии домашних копытных в составе стада (Антипина, 2008).

Аксиома 3: причины (факторы) появления животных на человеческих поселениях чрезвычайно многообразны.

Необходимо подчеркнуть, что первые две археологические аксиомы описывают специфику непосредственных объектов археозоологического исследования – остеологических материалов. А последняя аксиома касается уже самих животных, которым принадлежали костные остатки. Она фиксирует не только многообразие факторов человеческой деятельности, т.е. причин появления животных на территории поселения, но и отсутствие их однозначной связи с событиями, которые привели к попаданию костных остатков в культурный слой (рис. 8).

Цепочки этих связей оказываются чрезвычайно сложными. Так, «кухонные остатки» не всегда состоят из костей от скелетов животных из собственного стада или добытых местными охотниками. Среди них могут оказаться останки животных из стада соседей, полученных путем обмена или торговли или просто украденных, а также от животных, присланных в качестве подарков или захваченных при набегах и т.п. Формирование остальных остеологических категорий подобным же образом может быть обусловлено многими факторами.

Исследование археозоологических аспектов палеоэкономики, т.е. специфической человеческой деятельности, ее структуры и связей, напоминает детектив. Оно начинается с последнего звена – оставленных материальных следов потребления ее результатов. Загадки возникают при интерпретации, казалось бы, очевидных фактов. Например, на фалангах и пястных костях современного тяглового крупного рогатого скота (как быков, так и коров) обнаружены специфические патологические изменения в виде костных разрастаний – остеофитов (*Bartosiewicz et al.*, 1997). Регистрация таких патологий на археологических костях позволяет утверждать, что на поселении присутствовали тягловые быки или коровы. Но что тянули эти животные – кибитки, как у скотоводческих племен эпохи бронзы, или плуг, как у земледельцев античной эпохи? В рамках анализа только археозоологических данных этот вопрос не может быть решен однозначно.

В итоге непереносимое *следствие третьей аксиомы* – неоднозначность интерпретации получаемых археозоологических данных и многообразие реконструируемых на их основе моделей скотоводства и охотничьей отрасли.

Выбор какой-либо единственной вероятностной модели использования животных в конкретном хозяйстве возможен только на фоне результатов, полученных по другим археобиологическим и археологическим материалам. Так, археоботаническая информация позволяет оценить земледельческий сектор в хозяйстве, а археологическая информация (планиграфия, архитектура поселения, специфика орудий труда и других технических средств) может указать еще и на иные хозяйственные занятия населения. Вне такого контекста традиционная в отечественных публикациях интерпретация остеологических материалов в качестве прямого отражения скотоводческой или охотничьей деятельности может привести к существенным промахам.

* * *

Продемонстрированная сложность принципов археозоологического исследования и неоднозначность интерпретации получаемой информации, конечно же,

непривычны по сравнению с теми краткими и простыми итогами определения остеологических коллекций, которые обычно приводятся в виде приложений в археологических работах. Однако за этой сложностью стоит совершенно новый уровень решения научных задач. Современное археозоологическое исследование уже не ограничивается только рамками преподнесения биологических данных о животных, а включает в анализ всю археологическую информацию о памятнике, равно как и результаты изучения его материалов другими естественно-научными дисциплинами.

Рекомендованная литература

Тематические сборники, выпущенные за последнее 15 лет: *People as an agent of environmental change*, 2000; *Consuming passions and patterns of consumption*, 2002; *Behaviour behind bones: The zooarchaeology of ritual, religion, status and identity*, 2004; *Colonisation, migration and marginal areas: A zooarchaeological approach*, 2004; *The future from the past: Archaeozoology in wild life conservation and heritage management*, 2004; *Diet and health in past animal populations: Current research and future directions*, 2005; *Exploitation and cultural importance of sea mammals*, 2005; *The archaeology of fats, oils, milk and dairying: An introduction and overview*, 2005; *Documenting domestication: New genetics and archaeological paradigms*, 2006; *Case studies in environmental archaeology*, 2007; *Isoscapes: Understanding Movement, Pattern, and Process on Earth Through Isotope Mapping*, 2010; *Ethnozooarchaeology. The present and past of human-animal relationships*, 2011; *Written in Bones. Studies on technological and social contexts of past faunal skeletal remains*, 2011; *The Sound of Bones*, 2013; *Scoping the Future of Archaeological Science: Papers in Honour of Richard Klein*, 2015.

ЛИТЕРАТУРА

- Антипина Е.Е.*, 2001. Археозоологические материалы из раскопок памятников скифского времени на Среднем Дону // *Археология Среднего Дона в скифскую эпоху* (Тр. Потуданской археологической экспедиции ИА РАН, 1993–2000 гг.). М.: ИА РАН. С. 171–187.
- Антипина Е.Е.*, 2004. Археозоологические материалы (глава 7) // *Каргалы. Т. III* / Ред. и сост. Е.Н. Черных. М.: Языки славянской культуры С. 182–239.
- Антипина Е.Е.*, 2005. Мясные продукты в средневековом городе – производство или потребление? // *Археология и естественнонаучные методы* / Ред. и сост. Е.Н. Черных, В.И. Завьялов. М.: Языки славянской культуры. С.181–190.
- Антипина Е.Е.*, 2008. Состав древнего стада домашних животных: логические аппроксимации // *Orus: междисциплинарные исследования в археологии. Вып. 6* / Ред. А.П. Бужилова. М.: Изд-во «Параллели». С. 67–85.
- Антипина Е.Е.*, 2011. Археозоологические коллекции из поселений эпохи поздней бронзы на территории Тульской области // *Гак Е.И. Поселения эпохи бронзы на северной окраине донской лесостепи. М.: ГИМ. С. 166–201.*
- Антипина Е.Е.*, 2013. Домашние животные в жизнеобеспечении городища Настасьино (ранний железный век) // *Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 3. М.: ИА РАН. С. 142–158.*
- Антипина Е.Е., Лебедева Е.Ю.*, 2005. Опыт комплексных археобиологических исследований земледелия и скотоводства: модели взаимодействия // *РА. № 4. С. 70–78.*
- Антипина Е.Е., Лебедева Е.Ю.*, 2007. Структура сельского хозяйства у населения Острой Луки Дона в середине I тыс. н.э. (археобиологическая реконструкция) // *Верхнедонской археологический сб. Вып. 3. Липецк; СПб. С. 313–329.*

- Антипина Е.Е., Лебедева Е.Ю., 2012. Основные этапы развития комплексной производящей экономики в западной половине Евразии (от эпохи раннего металла до железного века) // Мегаструктура Евразийского мира: основные этапы формирования. Мат-лы Всерос. конф. М.: ИА РАН. С. 72–76.
- Антипина Е.Е., Лебедева Е.Ю., 2015. Палеоэкономические реконструкции в археологии: теория и практика археобиологических исследований // Естественнонаучные методы исследований и парадигма современной археологии. Мат-лы Всерос. научн. конф. М.: Языки славянской культуры. С. 98–105.
- Горлова Е.Н., 2013. Влияют ли многолетние климатические осцилляции на арктические экосистемы? Пример реконструкции динамики трофической структуры в позднем голоцене // Динамика современных экосистем в голоцене. Мат-лы Всерос. конф. Казань: Отечество. С. 6–29.
- Горлова Е.Н., Крылович О.А., Тиунов А.В., Хасанов Б.Ф., Васюков Д.Д., Савинецкий А.Б., 2015. Изотопный анализ как метод таксономической идентификации археозоологического материала // Археология, этнография и антропология Евразии. № 1 (61). С. 110–121.
- Динесман Л.Г., Киселева Н.К., Савинецкий А.Б., 2005. История пастбищных экосистем Монголии в последние тысячелетия // Экосистемы Монголии и приграничных территорий соседних стран: приграничные ресурсы, биоразнообразие и экологические перспективы. Улан-Батор: М-во образования, культуры и науки Монголии. С. 358–360.
- Косинцев П.А. 2010. «Колесничные» лошади // Кони, колесницы и колесничие степей Евразии. Екатеринбург; Самара; Донецк: Рифей. С. 21–54.
- Косинцев П.А., Пластеева Н.А., 2011. Лошадь (*Equus (Equus) sp.*) и человек в позднем неоплейстоцене Урала // Вестник археологии, антропологии и этнографии. № 2 (15). С. 236–245.
- Косинцев П.А., Самашев З., 2014. Берелские лошади. Морфологическое исследование. Астана: филиал Ин-та археологии в г. Астана. 368 с.
- Косинцев П.А., Стефанов В.И., Труфанов А.Я., 1989. Репрезентативный объем остеологической выборки и устойчивость характеристик типа хозяйства и состава стада // Актуальные проблемы методики Западносибирской археологии. Новосибирск: СО АН СССР. С. 138–141.
- Лебедева Е.Ю., Антипина Е.Е., 2009. Городище Россошки I – «постоянный адрес или временная прописка?» // Археология Среднего Дона в скифскую эпоху: Тр. Донской археологической экспедиции ИА РАН, 2004–2008 гг. М.: ИА РАН. С. 198–220.
- Новейшие археозоологические исследования в России, 2004. К столетию со дня рождения В.И. Далкина / Ред. Е.Н. Черных, Е.Е. Антипина. М.: Языки славянской культуры. 223 с.
- Паавер К.Л., 1958. К методике определения относительного значения видов и групп млекопитающих в остеологическом материале из раскопок археологических памятников // Изв. АН СССР. Т. 7, № 4. С. 32–46.
- Панковский В.Б., Гиля Е.Ю., Саблин М.В., 2015. Трасологические критерии отличия предметов первобытного искусства и остатков фауны с естественными видоизменениями // *Stratum plus*. № 1: Археология и культурная антропология. Время первых художников. С. 169–184.
- Савинецкий А.Б., 1995. Кости птиц из древнего эскимосского поселения Дежнево (Чукотка) // Бюлл. МОИП. Отд. биол. Т. 100, вып. 2. М.: Изд-во Моск. ун-та. С. 33–39.
- Савинецкий А.Б., Киселева Н.К., Хасанов Б.Ф., 2006. Вековая динамика экосистем Палеарктики // Современные глобальные изменения природной среды / Ред. Н.С. Касимов, Р.К. Клиге. М.: Научная мысль. С. 412–422.
- Смирнов Н.Г., Косинцев П.А., Кузьмина Е.А., Изварин Е.П., Кропачева Ю.Э., 2014. Экология четвертичных млекопитающих на Урале // Экология. № 6. С. 403–409.
- Далкин В.И., 1956. Материалы для истории скотоводства и охоты в Древней Руси. М.: Изд-во АН СССР. 185 с. (МИА, № 51).
- Далкин В.И., 1958. Фауна из раскопок археологических памятников Среднего Поволжья // Тр. Куйбышевской археологической экспедиции. Т. II. М.: Изд-во АН СССР. С. 221–281. (МИА, № 61).

- Цалкин В.И.*, 1960. Домашние и дикие животные Северного Причерноморья в эпоху раннего железа // История скотоводства в Северном Причерноморье. М.: Изд-во АН СССР. С. 7–109. (МИА, № 53).
- Цалкин В.И.*, 1962. Животноводство и охота в лесной полосе Восточной Европы в раннем железном веке // Цалкин В.И. К истории животноводства и охоты в Восточной Европе. М.: Изд-во АН СССР. С. 5–96. (МИА, № 107).
- Цалкин В.И.*, 1966. Животноводство и охота племен восточноевропейской лесостепи в раннем железном веке // Цалкин В.И. Древнее животноводство племен Восточной Европы и Средней Азии. М.: Изд-во АН СССР. С. 3–107. (МИА, № 135).
- Цалкин В.И.*, 1970. Древнейшие домашние животные Восточной Европы. М.: Наука. 280 с.
- Bartosiewicz L., Van Neer W., Lentacker A.*, 1997. Draught cattle: their osteological identification and history. Tervuren, Belgium. 147 p. (Koninklijk Museum Voor Midden-Afrika. Annalen. Zoologische Wetenschappen, vol. 281).
- Davis S.J.*, 1987. The Archaeology of Animals. L.: Batsford. 224 p.
- Deniz E., Payne S.*, 1982. Eruption and Wear in the Mandibular Dentition as a Guide to Ageing Turkish Angora Goats // Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites / Eds. B. Wilson, C. Grigson, S. Payne. Oxford: British Archaeological Reports. P. 155–206. (BAR British Ser., 109).
- Equids in the Ancient World, 1986 / Eds. R.H. Meadow, H.-P. Uerpmann. Weisbaden: Dr. Ludwig Reichert Verlag. 420 p.
- Fisher J.W.*, 1995. Bone surface modifications in zooarchaeology // J. of Archaeological method and theory. No. 2. P. 7–68.
- Grant A.*, 1982. The use of Tooth Wear as a Guide to the Age of Domestic Ungulates // Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites / Eds. B. Wilson, C. Grigson, S. Payne. Oxford: British Archaeological Reports. P. 91–108. (BAR British Ser., 109).
- Gautier A.*, 1984. How do I count you? Let me count the ways. Problems in Archaeozoological quantification // Animals and Archaeology. Vol. 4: Husbandry in Europe / Eds. C. Grigson, J. Clutton-Brock. Oxford: British Archaeological Reports. P. 237–251. (BAR Intern. Ser., 227).
- Gautier A.*, 1987. Taphonomic groups: How and Why? // Archaeozoologia I (2). Prehistoric Archaeology and Ecology Series. Chicago: Univ. of Chicago Press. P. 47–51.
- Grayson D.K.*, 1984. Quantitative Zooarchaeology. N. Y.: Academic Press. 202 p.
- Hesse B., Wapnish P.*, 1985. Animal Bone Archaeology. Washington, D.C.: Taraxacum. 132 p.
- Hillson S.*, 1992. Mammal Bones and Teeth. L.: Institute of Archaeology. 132 p.
- Hillson S.*, 2005. Teeth (second edition). Cambridge: Cambridge Univ. Press. 388 p.
- Klein R.G., Cruz-Uribe K.*, 1984. The Analysis of Animal Bones from Archaeological Sites. Chicago: Univ. of Chicago Press. 273 p. (Prehistoric Archaeology and Ecology Ser.).
- Levine M.*, 1998. A preliminary examination of early Iron Age horse palaeopathology at Ak-Alakha 5, Kurgan 3 // The Phenomenon of the Altai Mummies / Eds. V.I. Molodin, N.V. Polos'mak. Novosibirsk: IAIE SO RAN. P. 243–249.
- Levine M.A.*, 1999. Botai and the Origins of Horse Domestication // J. of Anthropological Archaeology. Vol. 18, № 1. P. 29–78.
- Levine M.A.*, 2012. Domestication of the Horse // The Oxford Companion to Archaeology, second edition / Ed. N.A. Silberman. Oxford, USA: Oxford Univ. Press. P. 15–19.
- Morales A.*, 1987. Problemas de interpretacion de los datos faunisticos procedentes de los yacimientos // II Congreso Arqueologia Medieval Espanola. Madrid. P. 34–45.
- Morales A.*, 1988. On the Use of Butchering as a Paleocultural Index: Proposal of a New Methodology for Study of Bone Fracture from Archaeological Sites // Archaeozoologia. Vol. II/1, 2. P. 111–150.
- O'Connor T.*, 2000. The Archaeology of Animal Bones. Texas. 216 p. (Texas A&M Univ. Anthropology Ser.).
- Payne S.*, 1987. Reference Codes for the Wear States in the Mandibular Cheek Teeth of Sheep and Goats // J. of Archaeological Science. 14. P. 609–614.

- Payne S.*, 1984. The Use of Early 19th Century Data in Ageing Cattle Mandibles from Archaeological Sites and the Relationship between the Eruption of M3 and P4 // *Circaea*. 2. P. 77–82.
- Prehistoric Steppe Adaptation and the Horse, 2003 / Eds. M. Levine, C. Renfrew, K. Boyle. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research. 428 p.
- Reitz E.J., Wing E.S.*, 2008. Zooarchaeology (second ed.). Cambridge: Cambridge Univ. Press. 560 p.
- Schelvis J.*, 1992. Mites and Archaeozoology. General Methods: Application to Dutch Sites: Ph.D. Thesis. Groningen: Univ. of Groningen. 116 p.
- Steele T.E.*, 2015. The contributions of animal bones from archaeological sites: the past and future of zooarchaeology // *J. of Archaeological Sciences*. 56. P. 165–176.
- Von den Driesch A.E.*, 1976. A Guide to the Measurement of Animal Bones from Archaeological Sites. Cambridge, USA: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology; Harvard Univ. 148 p. (Peabody Museum Bull., 1).

АРХЕОБОТАНИКА: МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Е.Ю. Лебедева

І. Введение

Археоботаника – многоотраслевое научное направление в археологии, связанное с изучением растений, найденных в археологических памятниках. Растения могут быть представлены как микро-, так и макроостатками, граница между которыми в соответствии с размером определяется в 0,1 мм (или 100 мкм). Микроостатки – это пыльца и споры растений, фитоциты, крахмальные зерна и др. Макроостатки – это плоды и семена древних растений, древесина, стебли, клубни, листья, почки и т.п. В данной статье термин «археоботаника» (синоним – «палеоэтноботаника») используется применительно к изучению растительных макроостатков.

Истоки археоботаники возводят обычно к первым определениям древних растений, найденных в XIX в. в египетских гробницах К. Кунтом (С. Kunth) и неолитических свайных поселениях Швейцарии О. Хеером (O. Heer). Не останавливаясь подробно на истории науки¹, отметим лишь основные вехи в ее развитии. Фактически до середины XX столетия исследования носили в большинстве своем случайный характер: в поисках специалиста, готового взяться за определение найденных при раскопках зерен и семян, археологи обращались к ботаникам, палеонтологам, агрономам (многие из которых были очень известными специалистами в своей области). Лишь постепенно вовлеченные в этот процесс заинтересованные ученые полностью переключаются на археологию, и археоботаника профессионализируется, выделяется в самостоятельное археологическое направление. Началом нового этапа можно считать создание в 1968 г. IWGP (International Work Group for Palaeoethnobotany) – международного органа, объединяющего ныне археоботаников многих стран². Это событие совпало с переломным для нашей науки явлением: в полевой археологической практике с целью извлечения растительных макроостатков стала применяться флотация культурного слоя. Революционный характер нововведения заключался в том, что полностью исчезла зависимость археоло-

¹ Более детальную информацию об истории развития археоботаники можно почерпнуть в книгах и статьях: *Pearsall*, 2000; *Jacomot*, 2012; *Fuller*, 2002, 2007; *Сергушева*, 2013.

² Под эгидой IWGP проводятся регулярные (раз в три года) международные археоботанические конференции, а с 1992 г. издается специальный журнал *Vegetation history and archaeobotany*, ставший для археоботаников еще одной собственной площадкой для обмена информацией.

гов и археоботаников от случайности и редкости визуальных находок плодов и семян при раскопках.

Введение в широкую практику флотационной методики и многократно увеличившееся в связи с этим количество материалов для исследования повлекло за собой значительный рост и числа специалистов в этой области. Характерная черта нынешней фазы развития науки – осознание того, что археоботаник непременно должен быть археологом; на это должна быть направлена и система обучения (Fuller, 2007, 2009). Сейчас едва ли не в каждом крупном европейском университете или научном археологическом центре работает группа специалистов-археобиологов, представляющих разные дисциплины биологического цикла. При достаточно сходном с Европой и Америкой старте исследований, динамики в развитии археоботаники ни в СССР, ни в современной России практически не наблюдается. И это не удивительно, поскольку количество одновременно работающих в стране археоботаников никогда не превышало трех–пяти человек в любой хронологический период. В настоящее время, учитывая размах археологических изысканий, их число остается практически неизменным и, к сожалению, предельно малым.

Грани между этапами развития науки не всегда можно четко определить, но совершенно очевидно, что развитие археоботаники протекает вместе с развитием археологии. Чем более оснащенной (не только в материальном и техническом планах), более наукоемкой становится археология, вовлекая в свою орбиту специалистов из разных областей науки, тем сложнее и многообразнее становится и археоботаника.

Современная археоботаника участвует в решении широкого круга археологических проблем, через призму изучения растений выходя на социально-экономические и этнокультурные вопросы. Роль растений в питании древних популяций и структура диеты; переход от использования растений к их выращиванию, т.е. возникновение земледелия и его распространение по пространствам ойкумены; методы ведения и организации земледельческого хозяйства, а также его роль в структуре сельского хозяйства в целом; организация хранения и распределения (или перераспределения) земледельческой продукции; использование растений в культовой практике, в том числе и в погребальном обряде; торговля растительной продукцией – вот далеко неполный перечень тем, в которых археоботаники вместе с археологами реконструируют прошлое.

При этом в качестве инструментов применяются как чисто ботанические методы и приемы, так и этнографические наблюдения, анализ письменных источников, данные радиоуглеродного и изотопного анализов, генетики и др. Более полное представление о тематике современных археоботанических изысканий можно получить, ознакомившись с программой, тезисами докладов и презентациями последней 16-й конференции IWGP, проходившей в 2013 г. в Греции (<http://iwgp-2013.web.auth.gr>), а также статьями, регулярно публикуемыми в *Vegetation history and archaeobotany* и ряде других археологических журналов: *Journal of Archaeological Science*, *World Archaeology*, *Environmental Archaeology*, *Journal of Field Archaeology*, *Archaeological and Anthropological Sciences*, *Current Anthropology*.

Флотация резко изменила характер получения археоботанических материалов, и это потребовало выработки специальных методик по сбору и изучению

образцов, а также новых методологических подходов к интерпретации полученных данных. В этой статье археоботанические исследования представлены в двух плоскостях – практической и методологической.

II. Археоботанические макроостатки: характеристика, поиск и анализ

II.1. Характеристика археоботанических материалов

Зерна, семена, плоды и другие части растений в зависимости от условий их сохранения в культурном слое археологических памятников (или же тафономии) предстают перед нами в разном физическом состоянии. Можно обсуждать две такие группы: 1) остатки растений, сохранившие свой неизменный внешний вид и хотя бы частично структуру и 2) полностью изменившие свое физическое состояние при сохранении ряда морфологических признаков.

К первой группе относятся растительные материалы из археологических памятников, культурный слой которых формируется в специфических условиях:

1) Сильная *переувлажненность* почвы создает анаэробную среду, препятствующую разложению и позволяющую хорошо сохраняться как растениям (*waterlogged plants*), так и другим археологическим материалам органического происхождения. Самый известный пример в России – культурный слой древнего Новгорода, в Европе – озерные поселения со свайными постройками в альпийской зоне. Присутствуют «мокрые» слои и во многих других европейских и древнерусских средневековых городах, а также в поселениях на торфяниках и вообще там, где близко подходит уровень грунтовых вод. Подобная среда может возникнуть и на ряде специфических объектов (колодцы, уборные и т.п.) в поселениях с обычным сухим слоем.

2) Жаркий климат и чрезмерно сухие, *аридные условия* позволяют растениям сохраняться в культурном слое поселений в высушенном виде (*dessicated plants*). Примером могут служить находки на памятниках в Египте и Ливии. В умеренной зоне считается возможным обнаружить такого рода остатки в средневековых зданиях (каверны полов, подмазки глиной, шпатлевка стен и т.п.). Нельзя исключать, что в средневековых поселениях высушенные макроостатки могут быть связаны с использованием сырца в домостроительстве, а также и с навозом, который в сухом слое не сохраняется так отчетливо, как в переувлажненном и четкая его фиксация весьма затруднительна. Высохшие растения встречаются и в других исключительных условиях, где создается анаэробная среда, препятствующая их разложению: в герметично закрытых сосудах или объектах (пирамиды, склепы и т.п.).

3) И, наконец, *мерзлота* также создает благоприятную среду для сохранения растений в своем первозданном виде. Наиболее известные примеры связаны с находками в скифских курганах на Алтае, а также рядом с тирольской мумией медного века, обнаруженной в Альпах на границе Италии и Швейцарии (*Ötzi* или же *Tyrolean Iceman*).

Формирование находок второй группы, напротив, происходит не под влиянием экологических факторов, а всецело зависит от различной человеческой деятельности. По этой причине такие материалы могут быть обнаружены на всех типах

памятников, но на объектах с обычным сухим слоем встречаются почти исключительно карбонизированные и минерализованные остатки растений:

4) **Карбонизированные** или обугленные растительные макроостатки – самый распространенный и массовый тип археоботанических находок. Карбонизация семян может возникнуть в результате случайного возгорания, пожаров – как локальных, так и охватывающих широкие площади, намеренного сжигания в качестве мусора или при ритуальных действиях и т.п. Сам процесс характеризуется превращением углеродосодержащих объектов в чистый углерод, не поддающийся разложению.

5) **Минерализация** семян происходит в результате замещения их органической составляющей на неорганическую при определенных тафономических условиях. Приводились примеры минерализации археологических семян гидроксидом калия, карбонатом или сульфатом кальция (Korber-Grohne, 1991), а в последние годы чаще всего обсуждается фосфатизация семян, т.е. замещение фосфатом кальция (Green, 1979; McCobb et al., 2001). Сохранение семян фосфатизацией зависит от типа почвы, типа органических отходов и соответствующей циркуляции грунтовых вод. Процессы минерализации изучались преимущественно на материалах из «мокрого слоя» и средневековых уборных, поэтому считается, что этот способ сохранения семян присущ преимущественно такого рода местонахождениям. В отношении поселений с сухим слоем подобные исследования не проводились, а между тем минерализованные находки растений встречаются и здесь.

Как показывает многолетний опыт, лишь незначительное число семян подвергается минерализации на большинстве поселений с сухим слоем. Такие материалы, как правило, не доминируют в коллекциях. Из культурных растений в практике автора статьи довольно часто встречались только просо и конопля, существенно реже – лен, гречиха и семена плодовых и ягодных культур (яблоня/груша, земляника, инжир); семена сорных и дикорастущих трав обильнее представлены в минерализованном состоянии. И, напротив, на поселениях с переувлажненным слоем или в случаях, когда археоботанику «посчастливилось» работать с материалами из уборных или выгребных ям, соотношение минерализованных и карбонизированных материалов обратно пропорционально: первые доминируют (Green, 1979).

Различные тафономические условия формирования культурного слоя определяют, насколько полно могут быть представлены в археоботанической коллекции растительные сообщества, окружавшие человека, выращенные или использовавшиеся им. Естественно ожидать, что в образцах первой группы будет обнаружен более разнообразный видовой ассортимент растений, а также гораздо больше различных диаспор и других органов растений, чем во второй группе. Это объясняется тем, что, во-первых, не все части растений могут пережить «испытание огнем» – некоторые из них просто превратятся в золу (стебли, листья и т.п.). Во-вторых, не у всех растений одинаковые шансы войти в соприкосновение с огнем в результате их обработки и использования в пищу, если только не случился мощный пожар на поселении или же катастрофа, подобная произошедшей в Помпеях в 79 г. н.э. Поэтому в карбонизированном состоянии находят преимущественно зерна/семена культурных и сорных растений, а также

фрагменты колоса злаков – результат разных стадий очистки урожая, его хранения и приготовления пищи; обугленные семена плодовых растений (диких и культурных) резко уступают им по частоте встречаемости и количественной представительности в культурном слое.

В качестве еще одного способа сохранения иногда выделяют такой вид археоботанических источников, как *отпечатки растений* на керамике или обмазке (Pearsall, 2000). В большинстве случаев растительная масса, в том числе и отходы обмолота злаковых культур, использовалась как примесь при изготовлении керамики, сырцовых кирпичей и глиняного раствора для обмазки стен; известен и специальный прием подсыпки/подстилки зерна, мякины, листьев под днища сосудов при их обжиге. Помимо технической функции растительные компоненты могли оказаться в керамическом тесте и с ритуальной целью. Этот аспект использования растений еще слабо изучен, но может оказаться весьма перспективным при исследовании земледельческих культов. И, напротив, использовать данные по отпечаткам в палеоэкономических реконструкциях следует с очень большой осторожностью, главным образом по причине намеренного привнесения растений в глиняное тесто с разными целями. Отпечатки фиксируют лишь редуцированный видовой состав зерновых культур, которые, возможно, возделывались жителями данного поселения. С появлением в археологическом арсенале специальных методов получения макроостатков древних растений из культурного слоя (флотация и просеивание), изучение отпечатков исключительно в этих целях практически себя исчерпало.

II.2. Поиск и сбор археоботанических материалов

По способу обнаружения в культурном слое археологических памятников можно выделить два основных класса археоботанических материалов:

1) Визуально обнаруженные растительные макроостатки. Это могут быть и немногочисленные единичные экземпляры плодов и семян, замеченные в процессе разборки слоя; а также разные по объему скопления зерен/семян или отходов их обмолота. Объемы скоплений могут сильно варьировать: от небольшой концентрации семян в сосуде до мощных слоев обугленного зерна в сгоревших хранилищах.

2) Растительные макроостатки, добытые с применением специальных методик: флотации, сухого и мокрого просеивания. Мокрое просеивание (*wet-sieving*) с определенными модификациями (*wash-over*) применяется для извлечения растительных остатков из «мокрого» слоя. Подробные инструкции по применению этой техники можно найти на сайте группы археоботаники Базельского университета в Швейцарии (см. Приложение 1), которая многие годы под руководством С. Жакоме (S. Jacomet) занимается исследованием находок из таких памятников и разрабатывает специальные методики и рекомендации по извлечению и сохранению растительных макроостатков³. Сухое просеивание, как правило,

³ Этой же лабораторией предлагаются рекомендации по использованию сходной методики и для извлечения макроостатков на памятниках с сухим слоем, однако, в сравнении с «классической» флотацией она требует большего времени и специального оборудования.

применяют в аридных регионах, часто наряду с флотацией (*van der Veen, 1996; Hageman, Goldstein, 2009*).

Для большинства поселений с обычным сухим слоем наиболее действенным инструментом получения археоботанических макроостатков является флотация. Она проводится как с применением флотационных машин разных модификаций, так и ручным способом. Ниже, в Приложении 2 приводится обновленная версия (*Лебедева, 2009*) «Рекомендаций по сбору образцов...», что избавляет от необходимости подробного описания технической стороны вопроса. Поэтому остановимся здесь лишь на двух узловых понятиях: стратегия археоботанических сборов и стандартизация пробоотбора.

Стратегия сбора археоботанических образцов предполагает согласованный археологом, ведущим раскопки, и археоботаником выбор оптимальных параметров пробоотбора. Это ключевой момент полевой работы и от того, насколько продуманным и тщательным будет сбор образцов и их последующая флотация, зависит результат дальнейшего археоботанического исследования. Наиболее предпочтительный вариант такой стратегии – сбор почвенных образцов из всех раскапываемых сооружений и объектов, а также культурного слоя вокруг них. Тем самым сохраняется бесследно исчезающая в процессе раскопок информация о древних растениях.

Многие археоботаники согласны с тем, что одинаковый объем почвенных образцов, отобранных для флотации, облегчает последующую интерпретацию полученных данных и возможности сравнительного анализа (*Jones, 1991; Miller, 2012; Antolin et al., 2015*). Однако ни в одной инструкции по флотации нет жестких требований по стандартизации пробоотбора, чаще это высказывается на уровне пожеланий, в редких случаях принимается как стратегия сборов на одном памятнике. Такая ситуация вызвана тем, что до сих пор флотация рассматривается специалистами лишь как способ максимально полного извлечения растительных макроостатков из культурного слоя. Но поскольку в дальнейшем почти все исследователи проводят различного уровня статистическую обработку и анализ данных, то разные по объему пробы могут внести в них существенные ошибки, так как достаточно сложно определить природу таких образцов. Не выглядит спасительным в этой ситуации и вычисление концентрации макроостатков на 1 л грунта, которое чаще всего фиксируется при публикации археоботанических коллекций, но редко «работает» как инструмент для оценки всей совокупности материалов с памятника. Усугубляет ситуацию и необходимость подразделения больших флотационных образцов на субпробы для того, чтобы лабораторный анализ не затянулся на длительный период.

В лаборатории естественнонаучных методов ИА РАН стандартизация пробоотбора применяется с 1988 г. Она является инструментом для создания репрезентативной археоботанической коллекции образцов и своеобразным «ключом», открывающим путь для корректного сопоставления на качественном и количественном уровнях данных о находках растений на разных памятниках (*Лебедева, 2008*). Единый 10-литровый стандарт почвенных образцов для флотации лежит в основе разработанных количественных параметров не только для оценки полученной археоботанической коллекции, но и, что особенно важно, культурного слоя древних поселений (см. ниже).

П.3. Лабораторное исследование: идентификация археоботанических макроостатков

Изучение поступивших в лабораторию образцов происходит в несколько этапов. Сначала пробы просеиваются через набор почвенных сит с разным диаметром ячеек: такое фракционное деление заметно облегчает разборку образцов под микроскопом. В процессе разборки из флотационной пробы выбираются остатки растений – целые и фрагментированные зерна, семена, плоды, остатки колоса злаков и другие макроостатки. После этого они сортируются по категориям, и проводится их таксономическое определение.

Учитывая, что карбонизация иногда очень сильно деформирует семена, в зависимости от сохранности находок таксономическое определение может оказаться разноуровневым: иногда оно останавливается на уровне семейства/подсемейства (например, для фрагментов культурных злаков), чаще всего проводится до уровня рода и/или вида, а в редких случаях и до подвида растений. При таксономическом анализе археоботаники используют различные морфологические критерии – форма, размеры, структура поверхности и т.п., привлекая для этого имеющиеся в наличии сравнительные коллекции семян, разного рода атласы-определители, включая электронные ресурсы, региональные описания флоры. Большую роль играют также и публикации с хорошими рисунками и фотографиями археоботанических находок, а также их описанием. Случается, что и при относительно хорошей сохранности материалов не всегда удается с уверенностью определить видовую принадлежность зерновки или семени, тогда перед латинским названием растения в публикации ставится обозначение «cf.» (от лат. *confer, conferatur* – сравни, надо сравнить), указывающее на предположительность данного определения.

Все идентифицированные растительные макроостатки подсчитываются и заносятся в базу данных. Но таксономическое определение – только первый этап в постижении того, с какими растениями имели дело люди на изучаемом археологическом памятнике, как они их использовали.

III. Анализ и интерпретация археоботанических данных

III.1. Анализ археоботанических данных

Первое и самое важное для исследователя на следующем этапе – понять и оценить, с каким материалом он имеет дело. Необходимо распутать цепочку событий: как растения попали на поселение – по каким причинам оказались сгоревшими – как проходил процесс их археологизации в культурном слое (первичный это депозит или перемещенный и рассеянный). Другими словами, следует оценить природу каждого исследуемого образца еще до того, как результаты статистической обработки коллекции станут основой последующей интерпретации (*Van der Veen, 2007*).

При анализе полученных археоботанических данных, как и в отношении большинства других массовых археологических материалов, применяются различные методы математической статистики – от элементарных до сложных. Выбор тех или иных из них диктуется в первую очередь самим материалом, его количественными и качественными характеристиками, определяющими потен-

циал информативных возможностей, а также поставленными целями и предпочтениями исследователя.

Наряду со статистикой широко используется и планиграфический анализ археоботанических материалов. При работе с зерновыми скоплениями, обнаруженными в местах их хранения, расположение разных видов зерна на плане, с учетом стратиграфии и других археологических артефактов (например, развалов сосудов), помогает понять, как осуществлялось хранение, а может быть, и вычислить возможные объемы тех или иных хранившихся здесь растений (*Jones et al.*, 1986; *Ruas et al.*, 2005; *Hald, Charles*, 2008). Планиграфический анализ находок из флотационных проб при удачном стечении обстоятельств может «рассказать», где осуществлялся прием пищи, где она готовилась, куда выбрасывался мусор (*Van der Veen*, 2007). Поэтому так важно, чтобы поступающие в лабораторию образцы были надежно документированы и сопровождались чертежами планов или разрезов с мест пробоотбора.

Для общей оценки коллекции археоботанических образцов с древних поселений Р. Хаббард и А. Клафэм в 1992 г. предложили классификацию, которая в целом была воспринята археоботаниками, но часто каждый исследователь вносил какие-то свои небольшие модификации и уточнения (*Hubbard, Clapham*, 1992; *Jacomel*, 2007; *Wilkinson, Stevens*, 2003; *Fuller*, 2007. Tab. 2; *Fuller et al.*, 2014). Резюмируя разные варианты, эти классы можно представить следующим образом.

Класс А. Остатки растений, сгоревшие там же, где были найдены, т.е. фиксируется прямая связь с археологическим контекстом, соответствующим месту хранения зерна (или его обработки).

Класс В. Остатки растений, представляющие единственный эпизод сгорания (как и в группе А), но перемещенные из места сгорания; археологический контекст четко определяется, но не имеет прямой связи с формированием растительного сообщества; возможны незначительные примеси инородного материала. Д. Фуллер (*Fuller*, 2007) характеризует такие пробы как «первичный мусор».

Класс С. Материалы смешанного происхождения (разные эпизоды и места сгорания), неоднократно переотложенные, рассеянные по культурному слою и аккумулировавшиеся в нем протяженный период времени. Это так называемый «фоновый шум» поселения (*Bakels*, 1991), результат постоянной человеческой активности.

Археоботанические находки первых двух классов чаще всего можно обнаружить в культурном слое визуально, в русскоязычной литературе они традиционно именуется «зерновыми скоплениями». Такие образцы характеризуют организацию системы хранения зерновых запасов, через дешифровку которой иногда удается выйти на социальные вопросы (*Hald, Charles*, 2008). В результате их анализа фиксируются также стадии очистки зерна от примеси сорняков и мякины и опосредованно через это предлагается реконструкция уровня агротехники. Параллельно могут решаться и сугубо ботанические вопросы, к примеру, связанные с идентификацией различных таксонов, поскольку такие находки отличаются, как правило, хорошей сохранностью.

Классу С соответствуют обычные флотационные пробы, полученные из различных археологических контекстов в пределах поселения. По своей сути – это рассеянный по поселению мусор, неоднородный по своему происхожде-



Рис. 1. Основные категории археоботанических материалов, факторы их попадания в культурные слои поселений и варианты интерпретации

нию, что усложняет реконструкцию путей попадания в слой разных элементов археоботанической выборки (рис. 1). В отличие от Р. Хаббарда и А. Клафэма (*Hubbard, Clapham, 1992*), считавших такие образцы малоинформативными и практически непригодными для статистического анализа, автор статьи (как и многие другие исследователи) полагает, что именно они должны быть основой археоботанической реконструкции некоторых сторон древней земледельческой практики – ведь в них отражается результат повседневной человеческой деятельности, связанной с растениями (*Stevens, 2003; Fuller, Weber, 2005; Fuller et al., 2014*).

Стандартные флотационные образцы из функционально различных археологических объектов, а также не связанных с ними культурных напластований памятника – единственный источник, обеспечивающий случайный характер археоботанической выборки именно из-за смешения в культурном слое материалов различных видов деятельности и разных по времени эпизодов сгорания растений. Поэтому очень важно, чтобы в исследуемой выборке не оказалось образцов класса **A** и особенно класса **B**. Последняя группа – промежуточная и наиболее проблемная при интерпретации, так как довольно часто при раскопках такие переотложенные материалы оказываются незамеченными визуально (особенно, если они не были обильными), попадая в общую флотационную выборку. Задача археоботаника – определить инородный характер таких образцов в полученной

коллекции, поскольку включение этих материалов в статистическую обработку заметно меняет картину получаемых финальных результатов⁴. И здесь большое значение приобретает стандартизация пробоотбора, так как при статистическом анализе одинаковых по объему образцов процесс вычленения «нетипичных» проб оказывается гораздо более легким.

Таким образом, выяснение природы полученных образцов, распределение их на категории (или классы) и независимое исследование именно в этих рамках – один из важнейших элементов в процессе анализа археоботанических данных, который обеспечивает наиболее адекватную их последующую интерпретацию. Совершенно очевидно, что параллельно и независимо должны анализироваться также и материалы разных групп сохранения растений – карбонизированных, переувлажненных, высушенных и т.п., поскольку пути их археологизации были различны (*Van der Veen, 2007*).

III.2. Интерпретация археоботанических данных

Археоботаническая интерпретация может быть разно- или многоуровневой: от истолкования небольшого скопления зерна или содержимого крупного зернохранилища до реконструкции хозяйственной практики на одном или нескольких поселениях и т.д. «Паутина» взаимозависимых связей между различными категориями археоботанических макроостатков и возможными вариантами их интерпретации, изображенная на рис. 1, показывает всю сложность и, главное, неоднозначность любой реконструкции.

Помимо отмечавшегося выше факта, что не у всех растений, использовавшихся людьми, были одинаковые шансы оказаться в огне и благодаря этому сохраниться в культурном слое, следует указать еще на одну специфическую черту археоботанических материалов, особенно – культурных растений. В отличие от археозоологических материалов, которые в основной своей массе представляют собой кухонные остатки костей животных, съеденных на поселении, и уже поэтому напрямую отражают диету его жителей, природа археоботанических материалов заметно сложнее (рис. 1).

Во-первых, большинство зерен и семян культурных растений – это продукты, которые по разным причинам не стали пищей людей, сгорев в огне. Следовательно, прямой перенос археоботанических спектров на диету не вполне корректен.

Во-вторых, ситуация осложняется еще и тем, что хранившееся на поселениях зерно предназначалось не только для людей, но и для животных в качестве фуража. Достоверно различить в обнаруженных остатках обе функции невозможно, особенно в массовых материалах из флотационных проб. Хорошо очищенное от посторонних примесей зерно из скоплений, найденных в местах хранения, – уже повод говорить о том, что предназначалось оно в пищу людей. Равно как и находки остатков крупы или уже готовых блюд типа каши, лепешек. Крайне редко встречаются материалы, для которых возможна интерпретация в качестве фуража (*Derreumaux, 2005*).

⁴ В этом отношении позиция автора статьи заметно отличается от общепринятой (см. ниже).

И, наконец, в-третьих, для поселений, расположенных в аридных регионах, к «несъеденным» пищевым и фуражным продуктам добавляются также остатки «бывшего» фуража – зерна и семена, которые прошли через пищеварительный тракт жвачных животных и сохранились после сжигания навоза в качестве топлива (Miller, 1984; Miller, Smart, 1984). В меньшей степени это касается памятников умеренной, лесной зоны, где случайное сгорание навоза также было возможным в результате пожаров на поселении.

Учитывая все сказанное выше, археоботанические материалы из флотационных образцов правильнее использовать не в реконструкции структуры диеты населения, а для характеристики аграрного сектора экономики и, в частности, структуры урожая, тем более что карбонизированные остатки растений представляют в основной своей массе сельскохозяйственную продукцию и отходы ее обработки. Разумеется, все это касается поселений, для которых собственная земледельческая практика не вызывает сомнений. Для городских центров, специализированных ремесленных или скотоводческих поселков, сакральных памятников можно обсуждать только потребление земледельческой продукции или использование ее в ритуальных целях. Под потреблением в таком случае подразумевается совокупный спектр продуктов, предназначавшийся для использования людьми и животными.

III.3. Методологические подходы к анализу и интерпретации археоботанических данных, разработанные и применяемые в лаборатории естественнонаучных методов ИА РАН

В лаборатории в рамках изучения истории производящей экономики для оценки роли земледельческой отрасли и отдельных сторон сельскохозяйственной активности на древних поселениях были выработаны специальные археоботанические критерии и параметры (Лебедева, 2005, 2007, 2008). Они же используются как основные маркеры при комплексных археобиологических исследованиях земледелия и скотоводства (Антипина, Лебедева, 2005, 2007, 2008; Лебедева, Антипина, 2009). Поскольку эти параметры уже многократно опубликованы, остановимся только на их краткой характеристике, специфике в сравнении с традиционно используемыми в археоботанических исследованиях показателями и проиллюстрируем новыми примерами.

1. **Результативность флотации.** Этот показатель обозначает долю (в %) результативных проб по отношению к общему числу флотационных образцов в серии с одного поселения; может быть также использован применительно к нескольким памятникам одной культуры, общности и т.п. Результативными в данном случае признаются все образцы, содержавшие какие-либо макроостатки культурных растений.

2. Тесно связан с первым и второй показатель, фиксирующий *насыщенность культурного слоя* макроостатками культурных растений. **Индекс насыщенности** при стандартизированном пробоотборе (каждая проба равняется 10 л) рассчитывается делением общего числа макроостатков этой категории на количество всех подвергнутых флотации образцов, включая и «пустые». Для оценки характера распространения культурных растений в слоях древних поселений используется так называемая шкала насыщенности, на которой вся иссле-

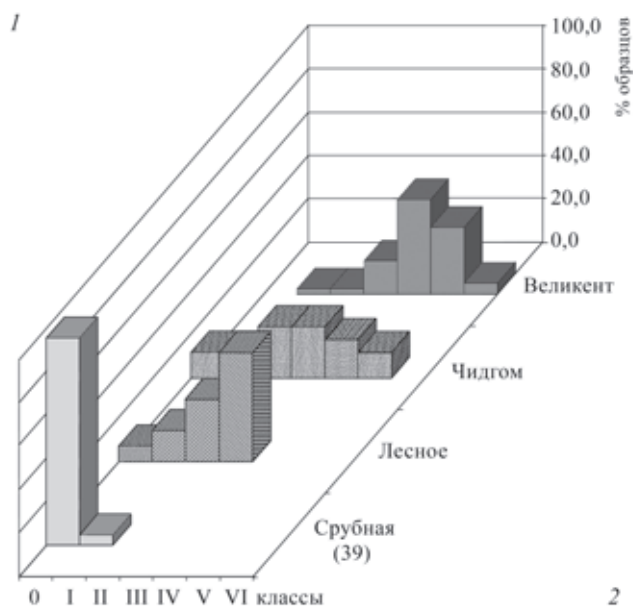
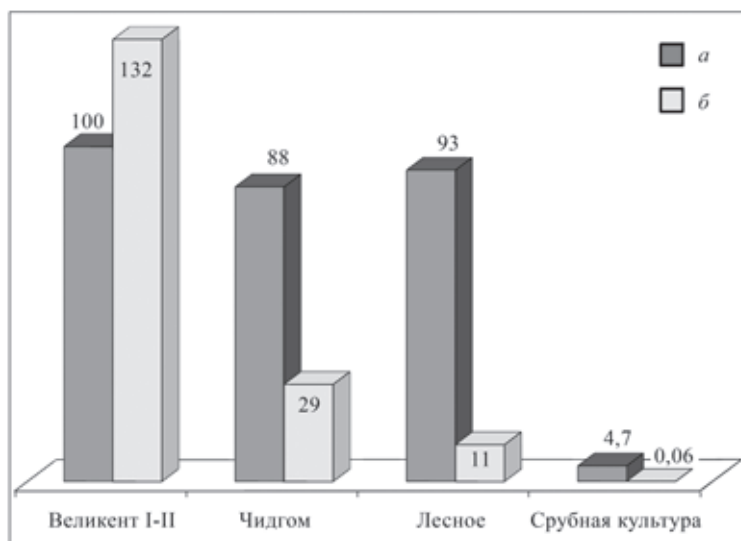


Рис. 2. Базовые археоботанические характеристики поселений и культур эпохи бронзы

1 – результативность флотации (а) и индекс насыщенности (б) макроостатками культурных растений; 2 – распределение археоботанических образцов по шкале насыщенности. Количество макроостатков культурных растений в классах: 0 – 0; I – 1–3; II – 4–10; III – 11–30; IV – 31–100; V – 101–300; VI – более 300

дованная серия образцов распределяется по семи классам (с 0 по VI), согласно концентрации в каждой пробе макроостатков этой категории (см. примечание к рис. 2, 2).

Учет образцов, не содержавших археоботанических находок, принципиально отличает наши расчеты от традиционно используемых в археоботанике приемов статистической обработки данных; о «пустых» образцах в публикациях, как правило, даже не упоминается. Лишь редкие исследователи, предлагая отбирать пробы из максимально различных контекстов на памятнике, говорят о том, что «стерильные» образцы будут служить в качестве контрольных для тех, что богаты растительными остатками (Miller, 1997, 2012). Основное внимание археоботаников привлекают, как правило, именно «богатые», насыщенные пробы (Agcabay et al., 2003), а те, что производят малое число макроостатков, иногда даже не подвергаются дальнейшей флотации после их тестовой проверки (Charles, Bogaard, 2010). При нашем подходе «индекс насыщенности» не соответствует часто применяемому в зарубежной археоботанике показателю «density»⁵, поскольку характеризует насыщенность ботаническими находками культурного слоя памятника, а не их обилие в каждом конкретном образце.

Таким образом, первые два параметра – по сути археоботанические характеристики культурного слоя археологических памятников, показывающие, сколь равномерно и обильно представлены в нем остатки древних растений. Благодаря этому появляется возможность на количественном уровне оценивать интенсивность сельскохозяйственной практики и судить об относительных объемах зерновой продукции на поселениях. Особую значимость приобретают эти два показателя для характеристики поселений, где земледелие не было частью системы жизнеобеспечения или его роль была незначительной.

Уже неоднократно приводились в пример исследования лаборатории на поселениях эпохи бронзы в степной и лесостепной зонах Восточной Европы (Лебедева, 2005, 2007, 2008). Сейчас появилась возможность для сравнительного анализа археоботанических данных с этих памятников с поселениями бронзового века разных регионов Кавказа – как типично земледельческими, так и теми, где роль этой отрасли остается не вполне определенной. На двух полюсах обеих гистограмм (рис. 2) находятся памятники куро-аракской культуры (Великент I и II, Дагестан)⁶ и срубной общности, демонстрируя принципиальные отличия в результативности флотации и насыщенности слоев культурными растениями, что заставляет обсуждать и различные стратегии жизнеобеспечения. Если для Великентского комплекса высокая роль земледелия в хозяйстве не вызывает сомнений, то для срубной культуры нет оснований обсуждать даже наличие этой отрасли.

⁵ Для каждого образца проводится пересчет числа макроостатков на 1 л почвы; при этом полный объем флотированной пробы может варьировать от 2-3 до 40 и более литров.

⁶ Сбор образцов проводился российско-американской экспедицией (Gadzhiev et al., 2000), а их исследование – автором данной статьи. Подготовленные к печати результаты ждут своей публикации, а к настоящему времени имеется лишь предварительная информация (Kohl, Magomedov, 2014).

Напомним, что к настоящему времени археоботанические исследования проведены уже для 39 срубных поселений, подвергнуто флотации 234 почвенные пробы⁷. В 11 образцах из 8 памятников обнаружены единичные зерна (или их фрагменты) культурных злаков. Однако общее число этих макроостатков, достигшее ныне 15 единиц, столь ничтожно, что не может поколебать представлений о срубной археологической общности как культуре подвижных скотоводов, но никак не земледельцев (*Антипина, Моралес, 2005; Лебедева, 2005*). Более того, все эти зерновые находки требуют подтверждения их датировки радиоуглеродным анализом.

Промежуточное положение на диаграммах (рис. 2) двух других поселений – Чидгом и Лесное – позволяет рассматривать иные варианты роли земледелия в их экономике. В отношении Чидгома (поселение эпохи бронзы в горной Осетии) ряд археоботанических признаков указывает на то, что земледелие было составляющей частью хозяйства жителей этого небольшого высокогорного поселка (1700 м над уровнем моря). Довольно высокая результативность флотации (в первую очередь); индекс насыщенности слоя культурными растениями, относящийся к категории средних; равномерное распределение образцов на шкале насыщенности – все это признаки того, что культурные растения присутствовали на поселении постоянно, хотя, скорее всего, и не в очень значительном объеме. Местное земледелие подтверждается также находками отходов обмолота голозерных злаков (*Лебедева, 2015а*).

Что же касается поселения Лесное (Адыгея), то здесь низкий показатель насыщенности слоя макроостатками культурных растений на фоне высокой результативности флотации не позволяет с уверенностью судить о роли земледельческого сектора в экономике. Учитывая также многослойность памятника (верхние, сильно нарушенные пахотой слои соотносятся с ранним железным веком и средневековьем) и вследствие этого возможную перемешанность археоботанических материалов, требуется подтверждение принадлежности последних к эпохе бронзы с помощью радиоуглеродного датирования, а также проведение более широких и системных археоботанических сборов (*Лебедева, 2011*).

Три следующих археоботанических параметра имеют уже непосредственное отношение к характеристике самой коллекции растительных макроостатков.

3. Общий объем и структура коллекции археоботанических макроостатков. Принимаются во внимание как количество образцов в исследованной выборке, так и число обнаруженных в ней макроостатков. Очевидно, что чем больше объем коллекции, тем достовернее статистические выкладки разного ранга и основанная на них реконструкция.

Определение структуры или же основных компонентов археоботанической коллекции – первый этап ее статистической обработки после завершения таксономического определения всех макроостатков. Она представляется в следующем виде.

⁷ Включая пробы из Красной Самарки, где археоботанические сборы и исследования проводились российско-американской экспедицией (*Anthony et al., 2005*): 274 образца по 2 л в пересчете на 10-литровый стандарт учтены в нашей археоботанической базе данных как 55 образцов.

1) Культурные растения: а) определимые зерна и семена; б) их неопределимые даже до родового уровня фрагменты (*Cerealia*); в) колосовые фрагменты – мякина злаковых культур (сегменты колосового стержня, основания колосков и колосковых чешуй и др.);

2) зерна и семена сорных и дикорастущих трав;

3) остатки семян и плодов дикорастущих съедобных растений и садово-огородных культурных растений;

4) прочие макроостатки.

Последняя категория включает все неопределимые карбонизированные объекты, в том числе, возможно, и зерна/семена, деформированные в результате карбонизации настолько, что их соотнесение с какой-либо из перечисленных выше групп проблематично, а также другие части растений (почки, плодо- или цветоножки и др.), достоверная верификация которых затруднительна. Сюда же относятся аморфные кусочки органического происхождения, иногда сильно пористые, которые могут быть остатками сгоревшего хлеба, каши, какой-либо другой пищи.

Разные комбинации учитываемых элементов в археоботанической коллекции, их процентное соотношение иногда оказываются очень показательными и значимыми для палеоэкономической реконструкции (подробнее о значении и роли каждого из них см. *Лебедева, 2008*). Наиболее часто археоботаники фиксируют соотношение между такими важнейшими элементами в исследованной коллекции, как «зерно–мякина–сорные». Эти соотношения вычисляются либо попарно (*ratio*), либо все три категории представляются в виде диаграмм-треугольников, и на основе их анализа реконструируются различные этапы обработки и использования сельскохозяйственной продукции.

Примечательна в этом отношении дискуссия, развернувшаяся вокруг интерпретации археоботанических материалов с поселений раннего железного века в Южной Англии. На основе анализа соотношения в коллекциях указанных выше трех групп макроостатков разными авторами предлагались интерпретации поселений в качестве производителей или потребителей зерновой продукции. Мнения исследователей, работавших практически на одних и тех же материалах, расходились кардинально: одни полагали, что преобладание зерна над сорняками и мякиной свидетельствует о принадлежности поселений к сельскохозяйственным производителям, другие оценивали эту ситуацию прямо противоположно. Подводя итог этой дискуссии, М. Ван дер Вин (*M. Van der Veen*) и Г. Джонс (*G. Jones*) справедливо утверждали, что обилие зерна на поселении – это вопрос объемов хранившейся здесь продукции, а не статуса поселений в качестве его производителей или потребителей. Они перевели решение проблемы из экономической плоскости в область социальных отношений и предположили, что на городищах, где зерновая составляющая была доминирующей, намеренно скапливались излишки продукции (возможно, с разных поселений) для последующего использования в коллективных пиршествах (*van der Veen, Jones, 2006, 2007*).

4. **Археоботанический спектр (АБС)** представляет собой процентное соотношение зерен и семян культурных растений в исследованной коллекции. Основное назначение АБС – выявление структуры урожая на древних земледельческих поселениях. Для неземледельческих поселений – городских цент-

ров, специализированных ремесленных поселков и т.п. – спектр характеризует структуру потребления в широком смысле, подразумевая диету людей и фураж для животных.

Обсуждаемая здесь концепция спектра культурных растений заметно отличается от той, что была предложена Г.А. Пашкевич, которая ввела в научный оборот термин «палеоэтноботанический спектр» (*Кравченко, Пашкевич, 1985; Пашкевич, 1992*). Изменилось не только название, но и подход к его формированию. В отличие от Г.А. Пашкевич, включавшей в спектр все находки культурных растений на памятнике – будь то карбонизированные зерна и семена или же их отпечатки на керамике и обмазке, автор статьи полагает, что в АБС могут быть представлены только материалы одной группы – зерна и семена культурных растений, найденные в результате систематической флотации культурного слоя археологического памятника.

Такой подход максимально обеспечивает случайный характер выборки, необходимый для палеоэкономической реконструкции, поскольку представленные здесь материалы – результат длительного накопления в слое поселений сгоревших зерен и семян. Ни случайные находки, ни тем более зерновые скопления не могут характеризовать структуру урожая на том или ином поселении, так как являются результатом одноактного сгорания продуктов урожая одного года. Относительно отпечатков на керамике представляется, что при исследовании значительных и объемных серий результаты определений могут быть продемонстрированы в виде АБС, но экономическое значение такого спектра будет невелико. Он будет означать не более чем видовой состав обнаруженных отпечатков, поскольку соотношение культурных растений в нем может оказаться сильно искаженным или редуцированным ввиду намеренного включения тех или иных злаковых культур в керамическое тесто.

Большое значение придается также уровню репрезентативности исследованной выборки и полученному на ее основе АБС. Эта проблема, к сожалению, не всегда может быть надежно и однозначно решена на уровне минимально достаточного числа образцов в коллекции или зерен, учтенных в спектре. Критерием, определяющим репрезентативность, стало выявление стабильности или же устойчивости археоботанического спектра (*Лебедева, 2004, 2008*).

5. Стабильность археоботанического спектра означает, что любые пробы в имеющейся коллекции, а также вновь получаемые с этого же памятника, не меняют иерархического порядка представленных в АБС сельскохозяйственных культур и не оказывают статистически значимого влияния на их долевые показатели. Только в этом случае можно предполагать, что соотношение видов культурных растений в исследованной коллекции теоретически соответствует устойчивой структуре зерновых в урожае. Для городских центров, специализированных ремесленных или скотоводческих поселений, являвшихся только потребителями зерновой продукции, стабильность спектра фиксирует структуру потребления сельскохозяйственной продукции и только в широком смысле – совокупно пищу людей и животных.

Нестабильность АБС может быть вызвана разными причинами: малым объемом выборки, внедрением в нее «чужеродных» элементов другого хроно-

логического горизонта или остатков зерновых скоплений. Если речь идет об одном-двух образцах, заметно влияющих на финальные показатели спектра, и их детальный анализ позволяет предположить в них остатки разрушенных или переотложенных зерновых скоплений (классы *A* и *B* по Р. Хаббарду и А. Клафэму, см. выше), то они должны быть удалены из выборки. Если подобных оснований нет, то, наиболее вероятно, сказывается малочисленность выборки. В случае, когда из-за таких проб заметно меняются только долевые показатели основных земледельческих культур при сохранении их иерархии в спектре, то этот АБС может быть признан условно стабильным; такой же будет и реконструкция структуры урожая.

Показатель стабильности крайне важен для многослойных поселений, когда археоботанические спектры устанавливаются для различных этапов его существования. Только имея устойчивые АБС для каждого периода, можно корректно связывать зафиксированные в них изменения с переменами в составе и структуре земледельческой продукции на памятнике.

IV. Заключение

Предложенный методологический подход к изучению археоботанических коллекций не догматичен. Разумеется, каждый из используемых параметров в отдельности не может служить индикатором в реконструкции земледельческой практики, важно найти объяснение комплексу всех археоботанических характеристик, полученных для археологического памятника. Более того, даже относительно сходные характеристики, полученные по материалам отдельных поселений, могут трактоваться по-разному, а порой и неоднозначно (*Лебедева, Антипина, 2009, 2015*).

Следует подчеркнуть особо, что только археоботанической, либо археозоологической реконструкции недостаточно для целостного понимания системы жизнеобеспечения. Палеоэкономическое моделирование на основе археобиологических источников требует комплексного анализа данных обеих дисциплин. Такая необходимость диктуется тесной зависимостью друг от друга двух сельскохозяйственных отраслей – земледелия и скотоводства. К примеру, обоснование тезиса о срубной общности как культуре подвижных скотоводов во многом базировалось на данных об отсутствии у них земледельческой практики, поскольку для поддержания в зимний период крупного рогатого скота при стабильной оседлости (и, следовательно, стойловом содержании скота) необходима дополнительная кормовая база – зерно, мякина, солома, т.е. продукты земледелия (*Антипина, Моралес, 2005*).

Важнейшим элементом при любой интерпретации является археологический контекст: как в узком смысле – информация о местонахождении конкретного образца, так и в широком – функциональный статус поселения в целом. Например, при создании палеоэкономической модели для Телль Хазны I (Сирия, III тыс. до н.э.) археобиологические данные позволяли обсуждать собственное земледельческо-скотоводческое хозяйство. Однако ряд отличающих этот памятник от других синхронных поселений Джезиры деталей мог быть объяснен только спецификой данного храмово-административного комплекса. По этой причи-

не и была предложена модель храмового хозяйства с содержанием небольшого стада крупного рогатого скота и возможным выращиванием зерновых и бобовых растений на храмовых землях. Но одновременно с этим на Телль Хазну поступали и хранились для дальнейшего перераспределения большие объемы зерна (Антипина, Лебедева, 2008).

В других случаях археобиологические данные помогали понять и конкретизировать археологический контекст. Так, для скифского поселения Россочки на Среднем Дону сочетание информации по двум блокам археобиологических данных с археологическими реалиями позволило обосновать модель использования городища в качестве временного убежища, но не постоянного поселения (Лебедева, Антипина, 2009).

В любом случае палеоэкономическое моделирование представляется крайне необходимым и весьма перспективным направлением, хотя, безусловно, и требует дальнейшего усовершенствования методологических обоснований.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА И ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕСУРСЫ

Общие вопросы археоботаники

- Pearsall D.M.*, 2000. *Palaeoethnobotany: A Handbook of Procedures*. 2nd edition. San Diego: Academic Press. 512 p.
- Cappers R.T., Neef R.*, 2012. *Handbook of Plant Palaeoecology*. Groningen: Barkhuis. 475 p. (Groningen Archaeological Studies, vol. 19).
- Jacomet S.*, 2012. Ausführlich illustriertes Skript zur Vorlesung «Einführung in die Archäobotanik» [Electronic resource]. URL: https://ipna.unidas.ch/archbot/Einfuehruehr_Archaeobot_Skript_Alles_HS2012.pdf.
- Jacomet S., Hüster-Plogmann H., Schibler J., Akeret Ö., Deschler-Erb S.*, 2009. Archäobiologischer Feldkurs [Electronic resource]. URL: https://ipna.unidas.ch/archbiol?ArchBiol_Feldkurs_2009_Skript_mBeil.pdf
- Jacomet S.*, 2007. Use in Environmental Archaeology // *Encyclopedia of Quaternary Science* / Ed. in Chief S. Elias. Vol. 3. Oxford: Elsevier. P. 2384–2412.
- Сергушева Е.А.*, 2013. Археоботаника: теория и практика. Владивосток: Дальнаука. 84 с.

Методика и техника флотации и просеивания

- The Art of Flotation: Archaeobotany in the field. A photo gallery of flotation from Dorian Fuller and friends [Electronic resource]. URL: <https://sites.google.com/site/archaeobotany>.
- Online Archaeobotany Tutorial [Electronic resource]. URL: http://archaeobotany.dept.shef.ac.uk/wiki/index.php/Main_Page.
- Jacomet S.*, 2012. Sampling and Recovery Techniques of Botanical Macroremains from Waterlogged Archaeological Sediments // EAA Helsinki, August 2012, Session A4: Living and Being in Wetlands and Lakes [Electronic resource]. URL: https://ipna.unibas.ch/archbot/pdf/Jacomet_EAA2012_Swsson%20A4_SamplingRwcoveryTechniques.pdf.
- Jacomet S.*, 2009. Entnahme und Aufbereitung archäobiologischer Proben aus Feuchtbodenablagerungen: chaîne opératoire [Electronic resource]. URL: https://ipva.unibas.ch/archbot/ChaîneOperatoire_Feuchtboden.pdf.

- Jacomet S.*, 2010. Schonende Aufbereitung von Proben aus einer Mineralbodenfundstelle, im Hinblick auf fragile organische Reste (z. Bsp. verkohlte botanische Makroreste) / Recovery of botanical macroremains from a site on dry mineral soil [Electronic resource]. URL: https://ipna.unidas.ch/archbot/ChaineOperatore_Mineralboden.pdf.
- Miller N.F.*, 2012 (revisted). Recovering Macroremains by Manual Flotation and Sieving [Electronic resource]. URL: <http://www.sas.upenn.edu/~nmiller0/papers/Flot.instructions2012.pdf>.
- Shelton C.P.*, 2010. The Hand-Pump Flotation System: A New Method for Archaeobotanical Recovery // *J. of Field Archaeology*. Vol. 35, № 3. P. 316–326.
- Wright P.J.*, 2005. Flotation samples and some paleoethnobotanical implications // *J. of Archaeological Science*. Vol. 32. P. 19–26.
- van der Veen M.*, 1996. The plant remains from Mons Claudianus, a Roman quarry settlement in the Eastern Desert of Egypt – an interim report // *Vegetation History and Archaeobotany*. Vol. 5. P. 137–141.
- Hageman J.B., Goldstein D.J.*, 2009. An integrated assessment of archaeobotanical recovery methods in the Neotropical rainforest of northern Belize: flotation and dry screening // *J. of Archaeological Science*. Vol. 36. P. 2841–2852.

Растения в погребальных комплексах

(некоторые примеры сбора образцов)

- Cooremans B.*, 2008. The Roman cemeteries of Tienen and Tongeren: results from the archaeobotanical analysis of the cremation graves // *Vegetation History and Archaeobotany*. Vol. 17. P. 3–13.
- Matterne V., Derreumaux M.A.*, 2008. Franco-Italian investigation of funerary rituals in the Roman world, «les rites et la mort a' Pompe' i», the plant part: a preliminary report // *Vegetation History and Archaeobotany*. Vol. 17. P. 105–112.
- Preiss S., Matterne V., Latron F.*, 2005. An approach to funerary rituals in the Roman provinces: plant remains from a Gallo-Roman cemetery at Faulquemont (Moselle, France) // *Vegetation History and Archaeobotany*. Vol. 14. P. 362–372.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СБОРУ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ АРХЕОБОТАНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

(обновленная версия)

I. Методика проведения обычной ручной флотации культурного слоя поселений

Применяемый в археологии метод флотации основан на разнице удельного веса воды и погруженных в нее органических и неорганических материалов. Более легкие органические остатки (в частности, уголь, зерна и семена, составляющие так называемую легкую фракцию) при контакте почвы с водой всплывают на поверхность, а более тяжелые – преимущественно неорганические компоненты – осаждаются на дно. Промывка осадка (водная сепарация), именуемого «тяжелой фракцией», также часто практикуется: археологами для извлечения из слоя невидимых глазу археологических артефактов, археозоологами для извлечения мелких костей животных и рыб, а археоботаниками для обеспечения полноты выборки.

Предлагаемые ниже рекомендации касаются методики обычной ручной флотации (без использования флотационных машин) для извлечения из грунта растительных макроостатков, сохраняющихся преимущественно в карбонизированном состоянии на памятниках с обычным сухим слоем. В лаборатории ИА РАН проводятся исследования материалов преимущественно из легкой фракции. Полное изучение тяжелой фракции в условиях лаборатории не проводится; при возможности ее промывку (мокрое просеивание) и разборку можно провести самостоятельно в полевых условиях, а в лабораторию доставить обнаруженные остатки растений (см. ниже).

Для проведения работ по флотации понадобятся 1-2 ведра (объемом 10–12 л), 4 пластиковых таза (12–14 л), 4-5 сит с диаметром ячеек не более 0,5 мм, а также упаковочные материалы (бумажные полотенца, зип-пакеты, коробки). Для этих целей помимо обычных почвенных сит пригодны стандартные хозяйственные мелкочаеистые сита (металлические или пластиковые), предпочтительнее с высокими бортами.

1.1. Выбор места для сбора образцов определяется археологом, проводящим раскопки, после консультаций с археоботаником для выработки стратегии пробоотбора. Серия образцов должна отражать различные этапы и фазы обитания на данном поселении. В идеальном варианте сбор материалов следует осуществлять из всех сооружений, обнаруженных в ходе раскопок и культурного слоя за их пределами:

➤ *Постройки.* Образцы отбираются со дна сооружения (несколько проб, равномерно распределенных по площади; если несколько уровней полов, то с каждого из них), а также из вышележащих слоев заполнения сооружения (для сравнения).

➤ *Ямы.* Как и в постройках, пробы следует отбирать не только из придонной части, но и послойно из всего заполнения ямы.

➤ *Печи и очаги, пространство вокруг них, подпечные ямы.* Это очень важный археологический контекст для реконструкции способов обработки урожая и приготовления пищи. Обязательно старайтесь включать его в пробоотбор; причем образцы из каждого перечисленного места следует брать порознь: отдельно из самого очага и отдельно из ближайшего к нему пространства.

➤ *Участки культурного слоя* вне сооружений и комплексов. Пробы можно брать по мере прохождения культурных слоев в ходе раскопок (горизонтальные сборы), а также из вертикальных разрезов (профильных стенок, бровок) после завершения работ.

➤ *В разведках* местом пробоотбора может быть шурф или любое обнажение слоя. Пробы отбираются послойно: по две-три с каждого пласта (в зависимости от размеров шурфа), но не из одного места, а максимально отдаленно друг от друга.

➤ *Фиксация мест пробоотбора* на планах и разрезах **обязательна** (рис. 3, 1). Точное местоположение образца должно быть отмечено на плане с указанием глубины. Это требование обусловлено тем, что в процессе раскопок не всегда очевидна принадлежность раскапываемого слоя или сооружения определенному этапу (фазе, периоду, строительному горизонту); поэтому точная фиксация образцов поможет вам позднее определиться с их культурно-хронологической



Рис. 3. Основные этапы (1–10) проведения обычной ручной флотации культурного слоя поселений. Рисунок А.Ю. Сергеева

атрибуцией, а также снять многие вопросы, которые возникнут у археоботаника при их исследовании.

Не рекомендуется осуществлять пробоотбор на участках (и в сооружениях), где культурный слой заведомо перемешан и не может быть датирован или надежно соотнесен с определенным стратиграфическим или хронологическим горизонтом; особенно это касается многослойных памятников.

1.2. Стандартный объем пробы – 10 л (1 ведро) почвы (культурного слоя).

Стандартизированный пробоотбор – одно из важнейших требований, которое необходимо соблюдать при археоботанических сборах, поскольку именно этот принцип лежит в основе всех разработанных в лаборатории методологических подходов к интерпретации полученных данных. Если же по каким-то археологическим причинам не удалось набрать объем грунта, соответствующий стандартному, следует обязательно указать реально собранный объем. При необходимости или желании получить из одного археологического контекста (ямы, сооружения, участка слоя и т.п.) максимум археоботанической информации рекомендуется не увеличивать объем одной пробы (свыше 10 л), а собрать несколько стандартных образцов, равномерно распределив места пробоотбора по интересующей площади.

1.3. Количество образцов. Необходимое число образцов для корректных выводов о таксономическом составе зерен и семян диктуется, как правило, насыщенностью культурного слоя поселения древними археоботаническими макроостатками. При проведении небольших бюджетных раскопок для первичных сборов минимальное число образцов, как показывает опыт, должно быть не менее 20 с одного памятника, равномерно распределенных по раскапываемой площади, включая разные объекты; а для многослойных поселений – с каждого хронологического горизонта. После их лабораторного изучения (или тестового просмотра) проходит корректировка задач с авторами раскопок по сбору новой серии проб. Чем больше будет собрано образцов из разнообразных мест и объектов в пределах поселения, тем больше возможностей у археоботаника по формированию надежной выборки для исследования. Не обязательно при этом, что все пробы будут изучены сразу, но очень важно иметь их в наличии.

1.4. Процедура флотации (рис. 3). Флотация может проводиться вблизи любого источника чистой воды, будь то водоем (море, река, озеро), колодец и т.п. При отсутствии в непосредственной близости от раскапываемого памятника водных источников, для осуществления флотации регулярно в ходе раскопок почвенную пробу следует пересыпать из ведра в большие пластиковые пакеты (лучше в два – для прочности). В них нужно вложить этикетку, изготовленную на плотной бумаге (идеально подходит тонкий глянцевый или вошенный картон) с номером образца, нанесенным несмываемым маркером. Можно использовать маленькие зип-пакеты с вложенным внутрь номером пробы, тщательно их закрывая⁸. После накопления достаточного числа образцов мешки отвозят на машине к выбранному месту для проведения флотации. Саму процедуру не сле-

⁸ Такая этикетка будет сопровождать образец и в процессе флотации и может быть использована при сушке и упаковке пробы для передачи в лабораторию (рис. 3, 10).

дует проводить в одиночку; как минимум, нужны два участника. Наша полевая практика показывает, что 4 человека за рабочий день при хорошей погоде могут промыть до 15–20 образцов.

➤ Рассыпать содержимое ведра в четыре тазика⁹ (старайтесь не потерять при этом этикетку с номером пробы), удалить видимые камни, крупные кости, фрагменты керамики и т.п. (рис. 3, 3).

➤ Залить землю в тазах водой (рис. 3, 4).

➤ Тщательно размешать: очень аккуратно, слегка касаясь, размять руками в воде крупные комки земли, освобождая таким образом растительные остатки для всплытия на поверхность (рис. 3, 5).

➤ Сразу после размешивания, не давая осесть всплывшей на поверхность органике (современные корни, угольки и карбонизированные семена и зерна), аккуратно слить ее вместе с водой в сито, избегая попадания осадка.

В последней процедуре задействованы два человека: у одного в руках таз, из которого следует медленно сливать воду в сито; другой держит сито в левой руке вплотную к тазу, а правой рукой совершает круговые движения по поверхности воды в тазу, чтобы всплывшая органика не прилипла к его стенкам (рис. 3, 6).

➤ Из всех тазиков с одной пробой размешанное содержимое сливать в одно сито (рис. 3, 6).

➤ Повторить всю операцию по крайней мере еще один раз, а при необходимости (если в земле остались карбонизированные фрагменты) – трижды, после чего землю можно выбросить. Если есть возможность протестировать этот осадок (тяжелую фракцию) на наличие растительных макроостатков, можно промыть и его (см. ниже).

➤ Содержимое сита с легкой фракцией после окончания флотации необходимо промыть, чтобы ликвидировать скопившуюся пену и очистить карбонизированные макроостатки от глинистого осадка. Делается это следующим образом: нужно налить в таз (или ведро) чистой воды и опускать туда сито так, чтобы вода не переливалась через его край и содержимое не выплескивалась в воду – для этого необходимо помешивать, совершая поочередно круговые и вертикальные движения ситом (рис. 3, 7). Повторить процедуру, сменив воду в тазу 2-3 раза. При наличии водоема эту заключительную операцию лучше провести непосредственно в нем.

➤ Вложить в сито этикетку с номером образца (рис. 3, 8).

➤ Если вы решились промыть и исследовать *тяжелую фракцию* (осадок от флотации), то следует запастись ситами большего размера и с большим размером ячеек (1-2 мм). При отсутствии необходимого оборудования можно изготовить для этой цели рамку, натянув на нее москитную или металлическую сетку. Процедура промывки уже иная: небольшими порциями земля выкладывается на сито/сетку и аккуратно медленно проливается водой сверху (если доступен

⁹ При флотации на памятнике Телль Хазна I в Сирии вместо тазов использовалась тачка, в которую высыпалась половина образца. Вода из скважины подавалась через шланг, обеспечивая максимально полное освобождение карбонизированных ботанических макроостатков от грунта (Лебедева, 2009. Рис. 3).

водопровод, хорошо использовать душевую насадку). Оставшееся содержимое выкладывается из сита и просушивается. Вы можете обнаружить здесь не только плоды и семена (преимущественно более тяжелые объекты – косточки и семена плодовых растений, скорлупу орехов, которые могут быть как обугленными, так и минерализованными), но также чешую и кости рыб, мелкие кости грызунов, а также редкие археологические артефакты.

1.5. Просушка и упаковка образцов.

➤ Полученные археоботанические макроостатки (не вынимая из сита) просушить на свежем воздухе или в помещении (рис. 3, 9). При этом желательно избегать попадания прямых солнечных лучей, особенно в очень жаркую погоду; при сильном ветре сита стоит прикрыть (или обвязать сверху) марлей. В помещении не следует ставить сита на батарею и другие отопительные приборы. Этикетку с номером образца лучше не вынимать из сита во избежание путаницы с другими пробами.

➤ Полностью высушенный образец аккуратно с помощью щеточки или кисточки пересыпать в мягкую бумагу (например, бумажные полотенца или салфетки), завернуть и поместить в индивидуальный пластиковый пакет (рис. 3, 10). Большие по объему образцы можно завернуть в несколько салфеток, но обязательно сложить в один пакет с единой этикеткой. Упакованные в пакеты образцы помещаются в плотный контейнер (коробку), где и хранятся до передачи в лабораторию. Не жалейте мягкой упаковочной бумаги, она создает «воздушную подушку» и придает упругость образцам в коробке, предохраняя находки. Нельзя складывать в пластиковый пакет влажные, не полностью просохшие образцы (во избежание появления плесени), а также заворачивать их в жесткую бумагу, так как обугленные зерна и семена очень хрупкие, а увеличение числа фрагментов не способствует достоверности таксономических определений.

➤ Если вы промывали тяжелую фракцию, то все обнаруженные в ней ботанические материалы упаковываются отдельно и с пометкой «тяжелая фракция» вкладываются в тот же пакет, что и легкая фракция, с единым номером образца на этикетке.

1.6. Маркировка.

➤ На упаковке каждого образца проставить номер или вложить в пакетик этикетку с номером.

➤ Серию образцов обязательно должен сопровождать *пронумерованный список всех проб*, включающий место пробоотбора (№ квадратов, № ям, построек и других комплексов; с обязательным указанием глубины от дневной поверхности¹⁰; а для ям указать еще общую глубину ямы и последовательность взятия образцов из нее) и примерную датировку, а для многослойных памятников – слой, фазу, строительный период и т.п.

➤ Кроме того, следует предоставить справку, содержащую *информацию о памятнике*: название, точный административный адрес и месторасположение (если возможно, и географические координаты), год раскопок, общая да-

¹⁰ Глубина от репера – величина совершенно абстрактная для археоботаника, поэтому, пожалуйста, займитесь пересчетом сами и укажите реальную глубину от дневной поверхности. Иногда это важный фактор для оценки материала, его сохранности.

тировка, культурная принадлежность. Необходимо предоставить также и *план раскопа (и/или разрезов)* с указанием мест пробоотбора. Если автором раскопок уже опубликована какая-либо информация по памятнику, то к коллекции образцов можно приложить и копии публикаций. Вся информация о пробоотборе предоставляется в печатном и электронном виде.

II. Зерновые скопления и случайные находки растений на поселениях

➤ При обнаружении в процессе раскопок крупных скоплений зерна, заметных невооруженным глазом, следует отобрать образец объемом не менее 200 мл зерна, а в случае сильной перемешанности с землей – не менее 500 мл. Если площадь скопления достаточно велика (более 50 x 50 см), необходимо взять несколько таких проб, равномерно распределив места пробоотбора по всей площади. Фиксация на плане раскопа зерновых скоплений также обязательна, равно как и фотофиксация. Замерьте мощность зернового слоя и общую площадь его распространения. При отборе образца для анализа постарайтесь взять его на полную глубину залегания скопления, потому что мелкие семена и колосовые фрагменты, как правило, концентрируются в нижней части скопления, а крупные зерна – сверху. Если мощность слоя сгоревшего зерна больше 10 см, возьмите две фракции – из верхней и нижней части (по 200 мл) с обязательной пометкой: «образец № 1 – верх» и «образец № 1 – низ». При большой площади и мощности скопления по две таких фракции следует отобрать для каждого образца.

➤ *Зерновые скопления не рекомендуется подвергать флотации.* В лабораторию они должны поступать с пометкой – «скопление».

➤ *Флотацию можно провести* только в случае очень сильной перемешанности зерна с землей: когда не отдельные комки земли присутствуют в сгоревшем зерне, а, наоборот – в земле заметны вкрапления зерна. При этом такая проба должна маркироваться как «скопление-флотация»; если вы сомневаетесь, скопление перед вами или нет, то перед словом «скопление» поставьте знак вопроса. Объем почвы для флотации таких образцов должен также равняться 10 л; в этом случае археоботанику будет проще решить проблему с принадлежностью образца какой-либо категории.

➤ Если единичные зерна, семена или плоды были выявлены случайно при ручной разборке и просмотре культурного слоя, упакуйте их отдельно с пометкой «визуальная выборка».

➤ Образцы этих двух категорий точно так же, как и флотационные пробы, должны сопровождаться полной информацией о памятнике и месте пробоотбора (или в качестве дополнения включаться в список с флотационными пробами, продолжая общую нумерацию).

III. Находки и поиск растений в погребальных комплексах

➤ Наиболее вероятно обнаружить обугленные остатки растений в *погребениях по обряду кремации*. После того, как все костные останки будут отоб-

раны в соответствии с предлагаемыми антропологами методиками (см. статью М.В. Добровольской в этом сборнике), оставшуюся золу можно просеять или промыть, используя сито для флотации (напомним, размер ячеек не должен превышать 0,5 мм). Подвергнуть флотации можно и грунт вокруг погребальной урны или сожженных на месте останков, особенно, если визуально заметны какие-либо золисто-углистые пятна. Рекомендуем ознакомиться перед началом работ с литературой по этому вопросу, приведенной в Приложении 1 под соответствующей рубрикой.

➤ При исследовании погребальных комплексов *по обряду ингумации* можно собрать пробы из мест тризны, особенно если фиксируются следы использования огня. При визуальном обнаружении нескольких зерен и семян в самом погребении, рекомендуется взять образцы грунта для флотации или промыть все содержимое вокруг костяка. Вы можете даже не заметить самих зерен или семян, но вкрапление в слой заполнения древесных углей – хороший повод проверить его на наличие других растительных макроостатков с помощью флотации. Здесь уже не требуется стандартизация пробоотбора, но объем подвергшейся флотации почвы указывать необходимо. Равным образом необходимо зафиксировать на планах и профилях места пробоотбора. Обратите внимание, что растительные остатки могут быть обнаружены не только в непосредственной близости от скелета, но и в заполнении погребальной ямы сверху донизу (Лебедева, 2015б).

Поскольку нет специальных методик археоботанического исследования погребальных комплексов и сооружений, рекомендуется руководствоваться следующими соображениями: 1) при обнаружении больших концентраций зерен, семян и плодов – подход такой же, как к отбору проб из скоплений; 2) в остальных случаях – как при флотации культурного слоя поселений.

* * *

В основе представленного здесь археоботанического подхода к поиску древних растений лежит убеждение, что их остатки – такой же археологический источник, как и вполне традиционные: керамика, кость, камень, металл и т.п. Именно этим вызваны достаточно жесткие требования информационного характера, обеспечивающие специалисту археоботанику хотя бы самое общее представление об археологическом контексте полученных им материалов. В этой связи хотелось бы напомнить археологам о необходимости сообщать в лабораторию обо всех изменениях, затрагивающих предоставленную ими первичную информацию об образцах. В частности, это касается корректировок в датировках или культурной принадлежности тех или иных археологических объектов, где отбирались пробы, изменения их нумерации или атрибуции. Это поможет избежать введения в научный оборот (в результате публикации) недостоверных данных.

От того, как тщательно проводятся раскопки, как собраны образцы и как представлена археоботанику их коллекция, напрямую зависит результат его работы – интерпретация полученных аналитических данных. Здесь можно только присоединиться к справедливому замечанию американского археоботаника

Наоми Миллер, которым она сопроводила свои рекомендации по проведению флотации: «Палеозтботанический анализ не может достичь уровня более тонкого, чем сами раскопки» (Miller, 2012).

ЛИТЕРАТУРА

- Антипина Е.Е., Лебедева Е.Ю., 2005. Опыт комплексных археобиологических исследований земледелия и скотоводства: модели взаимодействия // РА. № 4. С. 70–78
- Антипина Е.Е., Лебедева Е.Ю., 2007. Структура сельского хозяйства у населения Острой Луки Дона в середине I тыс. н.э. (археобиологическая реконструкция) // Верхнедонской археологический сб. Вып. 3. Липецк; СПб. С. 313–329.
- Антипина Е.Е., Лебедева Е.Ю., 2008. Продукция земледелия и скотоводства на Телль Хазне I (археобиологическая реконструкция) // Археология Кавказа и Ближнего Востока: сб. к 80-летию чл.-корр. РАН, проф. Р.М. Мунчаева / Отв. ред. Н.Я. Мерперт, С.Н. Корневский. М.: Таус. С. 375–389.
- Антипина Е.Е., Моралес А., 2005. «Ковбои» восточноевропейской степи в позднем бронзовом веке // OPUS: междисциплинарные исследования в археологии. Вып. 4 / Ред. М.В. Добровольская. М.: ИА РАН. С. 29–49.
- Кравченко Н. М., Пашкевич Г. А., 1985. Некоторые проблемы палеоботанических исследований (по материалам Обуховской территориальной группы памятников I тыс. н. э.) // Археология и методы исторических конструкций / Отв. ред. В.Ф. Генинг. Киев: Наукова думка. С. 177–190.
- Лебедева Е.Ю., 2004. Археоботанические исследования на поселении Замятино-7 // Острая Лука Дона в древности. Замятинский археологический комплекс гуннского времени / Сост. А.М. Обломский. М. ИА РАН. С. 121–128. (Раннеславянский мир, вып. 6).
- Лебедева Е.Ю., 2005. Археоботаника и изучение земледелия эпохи бронзы в Восточной Европе // OPUS: междисциплинарные исследования в археологии. Вып. 4 / Ред. М.В. Добровольская. М.: ИА РАН. С. 50–68.
- Лебедева Е.Ю., 2007. Методические аспекты археоботанических исследований // Матеріали та дослідження з археології Східної України. Вип. 7. Луганськ: Вид-во СЧУ ім. В. Даля. С. 289–296.
- Лебедева Е.Ю., 2008. Археоботаническая реконструкция древнего земледелия (методические критерии) // OPUS: междисциплинарные исследования в археологии. Вып. 6 / Ред. А.П. Бужилова. М.: Изд-во «Параллели». С. 86–109.
- Лебедева Е.Ю., 2009. Рекомендации по сбору образцов для археоботанического анализа // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 1 / Ред. Е.Н. Черных. М.: ИА РАН. С. 258–266.
- Лебедева Е.Ю., 2011. Первые результаты археоботанических исследований на археологических памятниках Адыгее // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 2 / Ред. Е.Н. Черных, В.И. Завьялов. М.: ИА РАН, 2011. С. 244–257.
- Лебедева Е.Ю., 2015а. О горном земледелии в Осетии в эпоху бронзы (археоботанические исследования на поселении Чидгом) // Материалы охранных археологических исследований: города, поселения, могильники. Т. 17 / Ред. З.Х. Албегова, А.В. Энговатова. Чебоксары: Перфектум. С. 67–76.
- Лебедева Е.Ю., 2015б. Погребальные дары или бытовой мусор? (к интерпретации археоботанических находок из Ксизово-19) // Острая Лука Дона в древности. Археологический комплекс памятников гуннского времени у с. Ксизово (конец IV – V в.) / Отв. ред. А.М. Обломский. М.: ИА РАН. С. 365–372, 627. (Раннеславянский мир, вып. 16).
- Лебедева Е.Ю., Антипина Е.Е., 2009. Городище Россошки I – «постоянный адрес или временная прописка?» // Археология Среднего Дона в скифскую эпоху: Тр. Донской археологической экспедиции ИА РАН, 2004–2008 гг. / Ред. В.И. Гуляев. М.: ИА РАН. С. 198–220.
- Лебедева Е.Ю., Антипина Е.Е., 2015. Неоднозначность интерпретации археобиологической информации (по материалам городищ железного века) // Мультидисциплинарные методы

- в археологии: новейшие итоги и перспективы. (Международный симпозиум. Новосибирск, 22–26 июня 2015 г.). Тез. докл. Новосибирск: ИАЭТ СО РАН. С. 84–85.
- Пашкевич Г.А., 1992. Культурные растения Украины от неолита до средневековья (по палеоэтноботаническим материалам): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Киев.
- Сергушева Е.А., 2013. Археоботаника: теория и практика. Владивосток: Дальнаука. 84 с.
- Agcabay M., Bogaard A., Charles M., Jones G., Stone N., 2003. Macro Botanical Remains // Çatalhöyük 2003 Archive Report [Electronic resource]. URL: http://www.catalhoyuk.com/archive_reports/2003/ar03_14.html.
- Anthony D.W., Brown D., Brown E., Goodman A., Kokhlov A., Kosintsev P., Kuznetsov P., Mochalov O., Murphy E., Peterson D., Pike-Tay A., Popova L., Rosen A., Russell N., Weisskopf A., 2005. The Samara Valley Project. Late Bronze Age Economy and Ritual in the Russian Steppes // *Eurasia Antiqua*. Zeitschrift für Archäologie Eurasiens. Bd. 11. S. 395–417.
- Antolin F., Steiner B., Vach W., Jacomet S., 2015. What is a litre of sediment? Testing volume measurement techniques for wet sediment and their implications in archaeobotanical analyses at the Late Neolithic lake-dwelling site of Parkhaus Opéra (Zürich, Switzerland) // *J. of Archaeological Science*. Vol. 61. P. 36–44.
- Bakels C.C., 1991. Tracing crop processing in the Bandkeramik culture // *New light on early farming: Recent development in palaeoethnobotany* / Ed. J.M. Renfrew. Edinburgh: Univ. Press. P. 281–288.
- Charles M., Bogaard A., 2010. Charred Plant Macro-Remains from Jeitun: Implications for Early Cultivation and Herding Practices in Western Central Asia // Harris D.R. *Origins of Agriculture in Western Central Asia: an Environmental-Archaeological Study*. Philadelphia: Univ. of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology. P. 150–165.
- Derreumaux M., 2005. How to detect fodder and litter? A case study from the Roman site «Le Marais de Dourges», France // *Vegetation History and Archaeobotany*. Vol. 14. P. 373–385.
- Fuller D.Q., 2002. Fifty Years of Archaeobotanical Studies in India: Laying a Solid Foundation // *Indian Archaeology in Retrospect*. Vol. III: Archaeology and Interactive Disciplines / Eds. S. Settar, R. Korisettar. New Delhi: Manohar. P. 247–363. (Publications of the Indian Council for Historical Research).
- Fuller D.Q., 2007. Archaeological Science in Field Training // *From Concepts of the Past to Practical Strategies: The Teaching of Archaeological Field Techniques* / P. Ucko, L. Qin, J. Hubert. L.: Saffron Press. P. 183–205.
- Fuller D.Q., 2009. Advances in archaeobotanical method and theory: charting trajectories to domestication, lost crops, and the organization of agricultural labor // *New Approaches to Prehistoric Agriculture* / Ed. Sung-Mo Ahn, June-Jeong Lee. Seoul: Saho Pyoungnon. P. 14–59.
- Fuller D., Stevens C., McClatchie M., 2014. Routine activities, tertiary refuse, and Labor organization. Social inferences from everyday archaeobotany // *Ancient Plants and People. Contemporary Trends in Archaeobotany* / Eds. M. Madella, C. Lancelotti, M. Savard. Tucson: Univ. of Arizona Press. P. 174–217.
- Fuller D.Q., Weber S., 2005. Formation Processes and Paleoethnobotanical Interpretation in South Asia // *J. of Interdisciplinary Studies in History and Archaeology*. Vol. 2 (1). P. 91–114.
- Gadzhiev M.G., Kohl P.L., Magomedov R.G., Stronach D., Gadzhiev Sh.L., Lopez P., Lopez B., Moreno M., Morales A., Moreno J., Lopez-Saez A., Martin M., 2000. Daghestan-American Archaeological Investigations in Daghestan, Russia, 1997–1999 // *Eurasia Antiqua*. Zeitschrift für Archäologie Eurasiens. Bd. 6. S. 47–124.
- Green F.J., 1979. Phosphatic mineralization of seeds from archaeological sites // *J. of Archaeological Science*. Vol. 6. P. 279–284.
- Hageman J.B., Goldstein D.J., 2009. An integrated assessment of archaeobotanical recovery methods in the Neotropical rainforest of northern Belize: flotation and dry screening // *J. of Archaeological Science*. Vol. 36. P. 2841–2852.

- Hald M.M., Charles M.*, 2008. Storage of crops during the fourth and third millennia B.C. at the settlement mound of Tell Brak, northeast Syria // *Vegetation History and Archaeobotany*. Vol. 17 (Suppl. 1). P. 35–41.
- Hubbard R.N., Clapham A.*, 1992. Quantifying macroscopic plant remains // *Review Palaeobotany and Palynology*. Vol. 73: Festschrift for Professor van Zeist / J.P. Pals, J. Buurman, M. van der Veen. P. 117–132.
- Jacomet S.*, 2007. Use in Environmental Archaeology // *Encyclopedia of Quaternary Science* / Ed. in Chief S. Elias. Vol. 3. Oxford: Elsevier. P. 2384–2412.
- Jacomet S.*, 2012. Ausführlich illustriertes Skript zur Vorlesung «Einführung in die Archäobotanik» [Electronic resource]. URL: https://ipna.unibas.ch/archbot/Einfuehr_Archaeobot_Skript_Alles_HS2012.pdf.
- Jones G.E., Wardle K., Halstead P., Wardle D.*, 1986. Crop storage at Assiros // *Scientific American*. Vol. 254, № 3. P. 96–103.
- Jones M.K.*, 1991. Sampling in palaeoethnobotany // *Progress in Old World Palaeoethnobotany. A retrospective view on the occasion of 20 years of the International Work Group for Palaeoethnobotany*. Rotterdam: A.A. Balkema. P. 53–62.
- Kohl P.L., Magomedov R.G.*, 2014. Early Bronze developments on the West Caspian Coastal Plain // *Paléorient*. Vol. 40, № 2. P. 93–114.
- Körber-Grohne U.*, 1991. Identification methods // *Progress in Old World Palaeoethnobotany. A retrospective view on the occasion of 20 years of the International Work Group for Palaeoethnobotany*. Rotterdam: A.A. Balkema. P. 3–24.
- McCobb L.M., Briggs D.E., Evershed R.P., Hall A.R., Hall R.A.*, 2001. Preservation of fossil seeds from a tenth century AD cess pit at Coppergate, York // *J. of Archaeological Science* Vol. 28. P. 929–940.
- Miller N.F.*, 1984. The Use of Dung as Fuel : an Ethnographic Example and an Archaeological Application // *Paléorient*. 1984. Vol. 10, № 2. P. 71–79.
- Miller N.F.*, 1997. The Analysis of Archaeological Plant Remains // *Research Frontiers in Anthropology*. Vol. 2: Archaeology / Eds. C.R. Ember, M. Ember, P.N. Peregrine. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall. P. 229–244.
- Miller N.F.*, 2012 (revised). Recovering Macroremains by Manual Flotation and Sieving [Electronic resource]. URL: <http://www.sas.upenn.edu/~nmiller0/papers/Flot.instructions2012.pdf>.
- Miller N.F., Smart T.L.*, 1984. Intentional Burning of Dung as Fuel: A Mechanism for the Incorporation of Charred Seeds into the Archaeological Record // *J. of Ethnobiology*. Vol. 4. P. 15–28.
- Pearsall D.M.*, 2000. *Paleoethnobotany: A Handbook of Procedures*. 2nd ed. San Diego: Academic Press. 512 p.
- Ruas M.-P., Bouby L., Py V., Cazes J.-P.*, 2005. An 11th century A.D. burnt granary at La Gravette, south-western France: preliminary archaeobotanical results // *Vegetation History and Archaeobotany*. Vol. 14. P. 416–426.
- Stevens C.J.*, 2003. An investigation of agricultural consumption and production models for prehistoric and Roman Britain // *Environmental Archaeology*. Vol. 8 (1). P. 61–76.
- Van der Veen M.*, 1996. The plant remains from Mons Claudianus, a Roman quarry settlement in the Eastern Desert of Egypt – an interim report // *Vegetation History and Archaeobotany*. Vol. 5. P. 137–141.
- Van der Veen M.*, 2007. Formation processes of desiccated and carbonized plant remains – the identification of routine practice // *J. of Archaeological Science*. Vol. 34. P. 968–990.
- Van der Veen M., Jones G.*, 2006. A re-analysis of agricultural production and consumption: implications for understanding the British Iron Age // *Vegetation History and Archaeobotany*. Vol. 15. P. 217–228.
- Van der Veen M., Jones G.*, 2007. The production and consumption of cereals: a question of scale // *The Later Iron Age of Britain and Beyond* / C. Haselgrove, T. Moore. Oxford: Oxbow. P. 419–429.
- Wilkinson K., Stevens C.*, 2003. *Environmental Archaeology. Approaches, techniques and applications*. Stroud: Tempus. 320 p.

АНАЛИЗ ОСТАТКОВ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ИЗ РАКОВИННЫХ КУЧ

Ж.А. Антипушина, Е.Н. Горлова

Работа выполнена в рамках Программ Президиума РАН и ОБН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития», «Происхождение биосферы и эволюция геобиологических систем», «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий», «Традиции и инновации в истории и культуре», проектов РФФИ №12-06-00202а и №15-04-04721а, гранта National Science Foundation, Office of Polar Programs, Social Sciences Division (OPP-0353065).

Введение

Использование человеком морских ресурсов, особенно морских беспозвоночных, прослеживается с древнейших времен по всему миру. Остатки промысла и другие бытовые отходы накапливались рядом с жилищами и формировали культурный слой. Археозоологические отложения, содержащие разнообразные культурные остатки, получили название «*kjökkenmøddinger*» – кухонные кучи. Термин введен датской школой археологов в середине XIX в. (Ceci, 1984). За археозоологическими отложениями с обилием раковин промысловых моллюсков закрепилось название «раковинные кучи» (*shell midden*).

Раковинные кучи обнаружены по всему миру, за исключением Антарктиды. Моллюски, ракообразные и морские ежи являются важным источником белка. Например, по содержанию белка мидии (8,9–17,2) и гребешки (17,5) не уступают свинине (16,4) или баранине (16,3), а морские ежи (19,2–20,3) превосходят многие группы промысловых позвоночных (табл. 1). В качестве примера сравним калорийность мяса беспозвоночных и позвоночных. Калорийность мяса мидий составляет 87 ккал/100 г. От одной средней мидии, весом 3 г, в пищу используется примерно 28% (Waselkov, 1987). Гонады морских ежей («икра морских ежей») в среднем весят 25 г; их энергетическая ценность составляет 16 ккал (Yesner, 1977). Энергетическая ценность мяса утки составляет примерно 339 ккал/100 г. От одной утки, средний вес которой 800 г, в пищу пойдет 40%, т.е. 320 г или 1085 ккал (Waselkov, 1987). Иными словами, одна утка по калорийности равна 1486 мидиям или 68 морским ежам. Калорийность съедобной части трески составляет 760 ккал/кг. Одна средняя треска – 420 ккал (Крупник, 1989), т.е. чтобы получить столько же калорий, сколько даст одна треска, надо собрать 575 мидий или 26 морских ежей. Данные по другим группам вы можете найти у Ш. Клаасен (Claassen, 1998).

Дж. Эрландсон (Erlandson, 1988) рассмотрел роль морских беспозвоночных в доисторической экономике. Он привел расчеты, показывающие, что

Таблица 1. Питательная ценность некоторых групп животных
(по: Yesner, 1977; Waselkov, 1987; Крупник, 1989; Claassen, 1998)

Виды	Содержание мяса, г	Употребимое в пищу, %	Ккал/100 г	Белки/100 г	Жиры/ 100 г	Углеводы/ 100 г
Беспозвоночные						
Хитон	–	40	-	47,7	6,2	-
Морское ушко <i>Heliotis sp.</i>	750	50	98	18,7	0,5	3,2
Литорина <i>Littorina littorea</i>	1	22	74	15,3–18,0	1,4	-
Букцидум <i>Buccinum undatum</i>	-	42	91	18,5–68	1,4–1,9	-
Блюдечки	7	40	70	13	-	-
Сердцевидка <i>Clinocardium nuttallii</i>	30	15	79	13,5	0,7	4,7
Сердцевидка <i>Cardium edule</i>	3	13	48	11–13,2	0,3	3,4
Донакс <i>Donax variabilis</i>	0,3	20	54	-	-	-
Клэм <i>Mercenaria mercenaria</i>	-	-	54–94	9,7–16,8	0,8–1,9	1,9–3,3
Мидия обыкновенная <i>Mytilus edulis</i>	3	20–28	87	8,9–17,2	1,7–2	2,9
Устрица обыкновенная <i>Ostrea edulis</i>	5	12	59	8,6–13,1	0,9–1,9	5,9
Устрица гигантская <i>Crassostrea virginica</i>	5	15	66	8,4–12	1,8–2,5	3,4–6,5
Гребешок <i>Pecten maxlmus</i>	10	18	105	17,5	0,1	-
Камчатский краб	-	-	69	16	0,5	-
Кальмар	-	-	78	16,4	0,9	-
Креветка	-	-	84,7	14,9	0,8	2,2
Морской еж	25	100	64	19,2– 20,3	34,9	-
Позвоночные						
Морской угорь	400	67	201	20,6	13,2	-
Палтус	-	-	103	18,9	3	-
Треска	-	-	76	17,5	0,6	0
Сельдь	-	-	134	15,5	7,6	-
Окунь морской	-	-	117	17,6	5,2	-
Утка	800	40	339	19,6	29,0	-
Курица	-	-	125	20	4,5	-
Тюлень	48000	-	143	26	-	-
Сивуч	500 000	-	-	-	-	-
Баранина	-	-	203	16,3	15,3	-
Свинина	-	-	316	16,4	27,8	-
Телятина	-	-	130	20,5	6,8	0,4
Говядина	-	-	136	19,9	7,8	0,4
Кролик	800	62	179	27,3	7,7	0

более низкий уровень калорийности моллюсков (по сравнению с позвоночными) компенсируется их количеством. Сбор беспозвоночных не занимает много времени и не требует существенных энергетических затрат. Некоторые группы беспозвоночных образуют массовые скопления (мидиевые банки, устричники, друзы усоногих раков, многие улитки). Это значительно облегчает их добычу.

Сложно определить начало систематического использования моллюсков и других беспозвоночных древними людьми. В качестве самой древней находки ракушек на поселении приводят место Терра Амата, Terra Amata (Франция), возраст которой составляет 300 тыс. лет назад (Lumley, 1972). Но по этой единичной находке нельзя судить о существовании систематического промысла.

Одни из самых древних раковинных куч обнаружены в Южной Африке (ЮАР) и относятся к эпохе среднего палеолита. Они свидетельствуют о существовании систематического промысла морских моллюсков как минимум 60–70 тыс. л.н. (Volman, 1978). Однако известны еще более древние примеры использования раковин в качестве украшений.

При раскопках в пещере Бломбос, Blombos Cave (ЮАР) были найдены украшения из ракушек, возраст которых составляет 77 тыс. лет. Такие же просверленные раковины *Nassarius gibbosulus* обнаружены в Марокко (Голубиный грот, Grotte des Pigeons) в слоях, сформированных около 82 тыс. л.н. (Bouzouggar et al., 2007), в Алжире (Уед Джеббана, Oued Djebbana, 60–90 тыс. лет) и Израиле (Схул, Skhul, 100–135 тыс. лет) (Vanhaeren et al., 2006).

Широко известно, что раковины каури (морского брюхоногого моллюска *Cypraea* sp.) использовали в качестве денег (Nuytten, 1993). Изображение этого моллюска до сих пор украшает монеты некоторых стран, например Ганы. Раковины каури найдены при раскопках на удаленных от моря поселениях, например Полоцкого городища (Белоруссия, Краеведческий музей в Полоцке) и в погребениях Плотниковского могильника (Пермское Предуралье) (Вострокнутов, Крыласова, 2012).

Из раковин моллюсков изготавливали различные инструменты: ложки (Bernaldez S.E., Bernaldez S.M., 2005), топоры, скребки, чаши, наконечники (Keegan, 1994), крючки для рыбной ловли (Heizer, 1949). Их использовали в качестве емкостей для красок и других веществ (Bar-Yosef Mayer, 2005). Во многих культурах известны музыкальные инструменты, сделанные из раковин (см., например: Буруковский, Подольская, 2013). Моллюсков *Murex* sp. вылавливали в течение столетий в огромных количествах для производства красителя – пурпура.

Раковины получили широкое распространение как символ женского начала, плодородия, здоровья и благополучия, скорее всего, из-за сходства с половыми органами. У народов Центральной Америки, напротив, раковины ассоциировались со смертью (Claassen, 1998). Пилигримам раковины гребешка служили тарелками для еды и сбора милостыни, а узор на раковине в виде сходящихся в одной точке ребрышек ассоциировался с дорогами, по которым разные люди приходят к вере. Поэтому в христианской символике раковины – это символ чистоты, веры и нового рождения (Холл, 1996). И это далеко не полный перечень.

Таким образом, изучение остатков беспозвоночных из археологических памятников может оказаться полезным для понимания культурных традиций, жизнеобеспечения и экономических связей древних обществ. Кроме того, анализ остатков беспозвоночных может быть инструментом для реконструкции среды обитания человека в прошлом.

Особенности отбора археозоологического материала

Для того чтобы археозоологический материал был пригоден для реконструкций экологических условий прошлого, особое внимание следует уделить методике его отбора. Культурный слой следует отбирать горизонтами не более 10 см толщиной в соответствии со стратиграфией отложения (*Динесман и др.*, 1996; *Claassen*, 1998) и просеивать. Категорически не следует объединять в общую выборку материал из разных культурных слоев или проводить частичный сбор.

Первичный отбор материала – это важнейший этап, от которого зависят все последующие интерпретации. Из-за погрешностей в сборе фаунистических остатков может произойти серьезное искажение результатов, как, например, это было показано нами для археологического памятника Фанагория (Таманский п-ов). Традиционно, из-за больших площадей раскопок в процессе археологических работ в Фанагории используется ручная переборка грунта, что недопустимо для археозоологических исследований. Поэтому мы решили оценить долю пропускаемых остатков при таком методе отбора и посмотреть, как изменятся результаты, если использовать из культурного слоя археозоологический материал полностью. Для этого мы выбрали небольшой участок 5×5 м, глубиной в один горизонт мощностью 0,2 м, на котором после ручной переборки грунта археологами на месте мы просеяли грунт через почвенное сито с диаметром ячеек 2 мм. Сравнение двух методов отбора археозоологического материала показало, что при ручной переборке грунта пропускается свыше 90% (!) фаунистических остатков и сильно искажаются выводы о вкладе разных систематических групп в жизнеобеспечение населения (табл. 2). До просеивания в отложении доминировали кости млекопитающих (крупного и мелкого рогатого скота, свиньи и лошади), их доля составила 92,5% (270 костей). Доли костей рыб и птиц составили 6,5% (19 костей) и 1% (3 кости), соответственно. После просеивания количество таксонов увеличилось с 8 до 29, и при этом доля рыб резко увеличилась до 57,4% (2313 костей). Доли костей млекопитающих и птиц уменьшились до 20,79% (834 костей) и 0,3% (13 костей) соответственно. А на втором месте по обилию остатков в отложении оказались моллюски – 21,6% (870 раковин) (рис. 1).

Определение видовой принадлежности остатков беспозвоночных

В культурных слоях сохраняются только раковины и другие обызвестленные части внешнего скелета беспозвоночных, реже хитиновые покровы. Прижизненная окраска остатков сохраняется редко, поэтому этот признак следует использовать с осторожностью.

Таблица 2. Доля пропускаемых фрагментов при ручном способе отбора археозоологического материала, использовавшемся при раскопках древнего города Фанагория

Таксоны	Фрагменты, отобранные в результате ручной переборки грунта (%)	Пропущенные фрагменты (%)	Общее количество (%)
Всего	292	3739	4031
Млекопитающие	270 (92,5)	564 (15,1)	834 (20,7)
Неопределимые фрагменты	93 (31,8)	503 (13,5)	596 (14,8)
Крупный рогатый скот	46 (15,8)	4 (0,1)	50 (1,2)
Мелкий рогатый скот	7 (2,4)	58 (1,6)	65 (1,6)
Свинья	42 (14,4)	11 (0,3)	53 (1,3)
Лошадь	21 (7,2)	-	21 (0,5)
Собака	10 (3,4)	1 (<0,1)	11 (0,3)
Кошка	-	3 (0,1)	3 (0,1)
Обыкновенная лисица	-	1 (<0,1)	1 (<0,1)
Заяц-русак	-	11 (0,3)	11 (0,3)
Домовая мышь	-	8 (0,2)	8 (0,2)
Мышь-малютка	-	5 (0,1)	5 (0,1)
Малый суслик	-	1 (<0,1)	1 (<0,1)
Обыкновенная полевка	-	1 (<0,1)	1 (<0,1)
Черная крыса	-	6 (0,2)	6 (0,1)
Землеройка, далее неопределимо	-	2 (0,1)	2 (<0,1)
Птицы	3 (1)	10 (0,3)	13 (0,3)
Неопределимые фрагменты	-	2 (0,1)	2 (<0,1)
Серая утка	-	3 (0,1)	3 (0,1)
Серая куропатка	-	3 (0,1)	3 (0,1)
Курица	-	2 (0,1)	2 (<0,1)
Сизая чайка	1 (0,3)	-	1 (<0,1)
Тетерев	2 (0,7)	-	2 (<0,1)
Амфибии	-	1 (<0,1)	1 (<0,1)
Зеленая жаба	-	1 (<0,1)	1 (<0,1)
Рыбы	19 (6,5)	2294 (61,4)	2313 (57,4)
Моллюски	-	870 (23,3)	870 (21,6)
Неопределимые фрагменты	-	1 (<0,1)	1 (<0,1)
Мидия <i>Mytilus edulis</i>	-	770 (20,6)	770 (19,1)
Устрица <i>Ostrea</i> sp.	-	22 (0,6)	22 (0,5)
Гребешок <i>Flexorpecten ponticus</i>	-	2 (0,1)	2 (<0,1)
Сердцевидка <i>Crastoderma glaucum</i>	-	44 (1,2)	44 (1,1)
Нютонок <i>Tellina donacina</i>	-	21 (0,6)	21 (0,5)
Завиток <i>Nassarius reticulatus</i>	-	5 (0,1)	5 (0,1)
Улитка <i>Bittium reticulatum</i>	-	3 (0,1)	3 (0,1)
Виноградная улитка <i>Helix pomatia</i>	-	2 (0,1)	2 (<0,1)

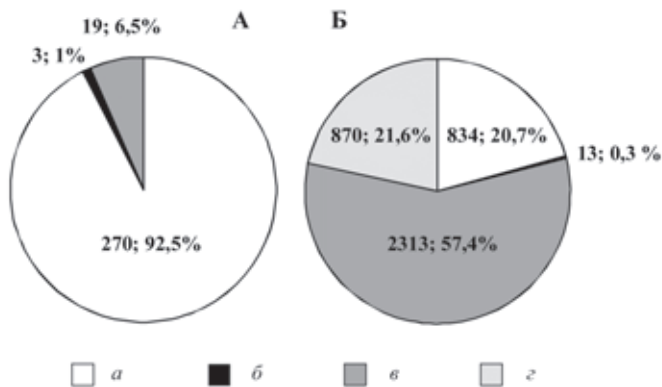


Рис. 1. Доли остатков промысловых групп животных (результаты, полученные с применением различных методик сбора археозоологического материала)

А – ручная переборка грунта; Б – просеивание грунта. Условные обозначения: а – млекопитающие; б – птицы; в – рыбы; з – моллюски

Моллюски. В раковинных кучах чаще встречаются остатки промысловых двустворчатых и брюхоногих моллюсков (ракушки и улитки). Раковина *двустворчатых моллюсков*, как понятно из названия, состоит из двух створок – левой и правой. Для ориентировки раковины ее располагают макушкой вверх и передним краем от себя (макушка обычно бывает ближе и наклонена к переднему концу раковины, хотя бывают и исключения). В этом случае справа от плоскости смыкания будет находиться *правая створка*, а слева – *левая* (у *левой створки изгиб совпадает с левой кистью, а у правой створки – с правой*). Если на внутренней поверхности створки хорошо виден мантийный синус (рис. 2А), то его тоже можно использовать для определения (мантийный синус – это отпечаток задней части мантийной линии у форм, обладающих большими сифонами; маркирует задний край раковины). При определении двустворок обращают внимание на положение макушки (срединное положение, смещение к переднему или заднему краю раковины), форму и наружную скульптуру раковины, и на более консервативные признаки – отпечатки аддукторов (мускулов-замыкателей) на внутренней поверхности раковины и строение замка. Замок образован особыми выступами – зубами, форма и строение которых являются важнейшими признаками для определения двустворок. Эти моллюски живут в морских и пресных водах.

Форма раковины *брюхоногих моллюсков* многообразна. У «классической» спирально закрученной раковины («улитки», *snails*) выделяют спиралевидную башенку и устье, образованное внешней и внутренней губами. У «блюдечек» (*limpets*) раковина в форме колпачка. Форма раковины и устья, наружная скульптура раковины – основные признаки, используемые для определения (рис. 2Б). Могут быть наземными, морскими и пресноводными.

От *головonoгих моллюсков* (осьминогов, кальмаров) в исключительных случаях могут сохраняться хитиновые клыки.

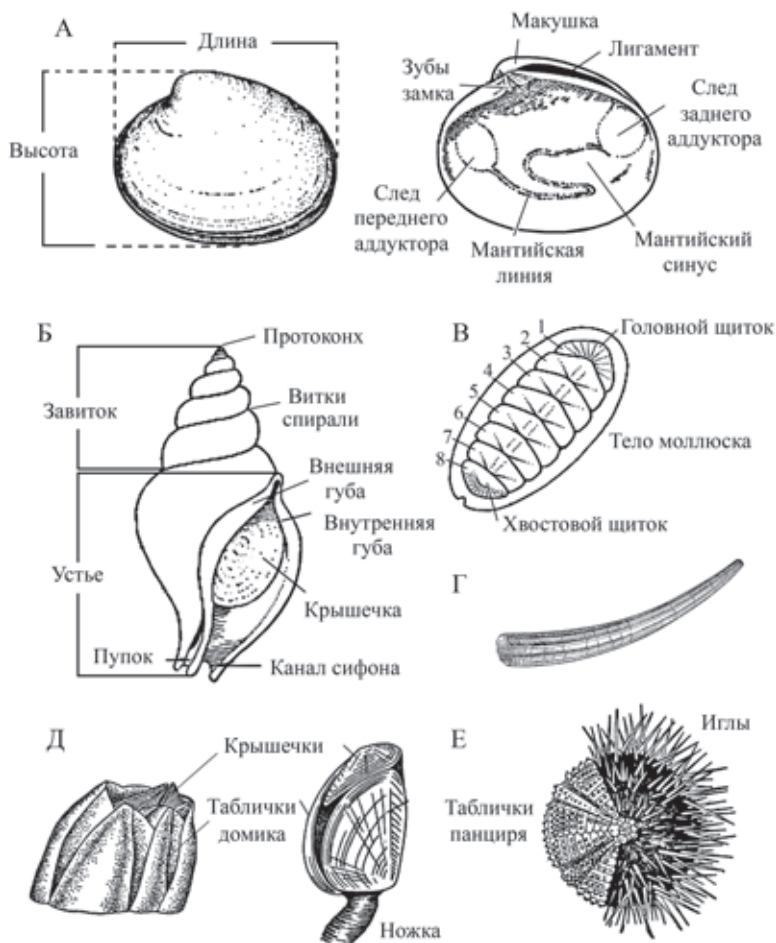


Рис. 2. Группы беспозвоночных, сохраняющиеся в археологических памятниках

А – двустворчатые моллюски; Б – брюхоногие моллюски; В – хитоны; Г – лопатоногие моллюски; Д – усоногие раки; Е – морские ежи

От морских панцирных моллюсков – *хитонов* сохраняются отдельные щитки, составляющие панцирь (рис. 2В). Из восьми щитков панциря морфологически особенно отличаются головной и хвостовой щитки. Некоторые виды хитонов достаточно крупны для употребления в пищу; данные об использовании их раковин в качестве украшений не найдены.

Так же, как головоногие моллюски и хитоны, *лопатоногие моллюски* обитают только в морях (рис. 2Г). Их не использовали в пищу, но напоминающие клык раковины широко применяли для изготовления украшений и отделки одежды, особенно у людей с высоким статусом. Например, украшения из раковин *Dentalium* sp. найдены в семи погребениях грунтового могильника Тузов-

кие бугры I, расположенного в 30 км к югу от Барнаула, на правом берегу Оби (Кирюшин и др., 2011).

Ракообразные. В приморских археологических памятниках можно обнаружить фрагменты клешней и панциря *крабов*. Однако такие находки очень редки. Лучше сохраняются известковые таблички домика *усоногих раков* – морских желудей и морских уточек (рис. 2Д). Усоногие раки обрастают раковины моллюсков и талломы водорослей, поселяются на коже китов, а некоторые виды использовали в пищу.

Морские ежи. В раковинных кучах в большом количестве можно обнаружить таблички панциря, иглы и элементы ротового аппарата (Аристотелева фонаря) (рис. 2Е). Обитают только в морях с нормальной соленостью (в Черном море отсутствуют).

Что еще можно обнаружить. Даже редкие, мелкие и не имеющие на первый взгляд ценности раковины могут внести вклад в восстановление экологических событий прошлого. На раковинах из археологических памятников можно обнаружить остатки различных обрастателей (мшанки, трубки полихет) или следы сверления (некоторые губки). В озерных отложениях сохраняются остатки мелких рачков, личинок насекомых, домики раковинных амёб. Информацию об особенностях использования этих групп для реконструкции экологических условий прошлого можно найти, например, в монографии Н.Н. Смирнова (2010).

Количественный учет остатков беспозвоночных

Количественный учет остатков животных в археологических памятниках необходим для оценки динамики относительной численности их популяций в прошлом. Изменение этого показателя во времени можно использовать для реконструкции вековой динамики экосистем. Однако оценить степень соответствия археозоологического материала истинному количеству животных бывает довольно сложно. Раковины и другие части известкового скелета беспозвоночных в отложениях фрагментируются, что сильно затрудняет количественный учет остатков и оценку их обилия. Проблема осложняется тем, что разработанные методы для оценки обилия костей позвоночных животных не всегда полностью применимы для количественного учета остатков различных групп беспозвоночных. Единой точки зрения на то, как именно следует проводить количественный учет различных групп беспозвоночных, пока не существует.

Наиболее широко используются следующие методы количественного учета: весовой анализ, определение минимального числа особей и подсчет общего количества остатков (Claassen, 1998).

Весовые показатели характеризуют приблизительное удельное значение промысловых видов в питании древнего населения по количеству продукта, полученного от использованных особей. В качестве пояснения вспомним приведенный выше пример с мидиями. От одной мидии в пищу пойдет 28% (Waselkov, 1987). Допустим, мы взвесили раковины мидий из отложения, сформированного за непродолжительный период населением одной пе-

щеры. Это вес пустых раковин, то, что не пошло в пищу, т.е. 72%. А затем составим пропорцию «вес раковины/вес мяса» и узнаем примерный вес мяса мидий, съеденных древними людьми. Калифорнийская школа анализа раковинных куч (*California school of midden analysis*) отдает предпочтение именно этому методу, несмотря на ряд недостатков (*Mason et al.*, 1998, 2000; *Claassen*, 2000; *Glassow*, 2000). Например, вес раковин меняется из-за физических и химических процессов, которые происходят со временем. Иными словами, вес раковин мидии, собранной прижизненно, будет отличаться от веса древних раковин из отложения. Весовые показатели не позволяют оценить динамику относительной численности. Для этого необходимо использование методов учета минимального числа особей и общего количества остатков.

Минимальное число особей (МЧО/MNI) вычисляют по количеству «неповторимых элементов» – уникальных структур скелета. Например, при работе с остеологическим материалом ведут учет правых и левых элементов наиболее часто встречаемой в отложении парной кости (лопаток, плечевых и т.д.). По аналогии с этим можно проводить учет двустворчатых моллюсков, считая количество левых и правых раковин, а потом выбирая большее число. При учете возрастных и индивидуальных различий в расчет МЧО вводят также количество соответствующих друг другу парных элементов (совпавших пар). Тогда формула для расчета МЧО принимает вид: МЧО = количество пар + количество элементов «без пары» (*Paaver*, 1979; *Grayson*, 1984). Благодаря этому результаты подсчета в большей степени соответствуют действительному количеству особей. Однако в большой выборке велик процент случайных совпадений.

При учете групп беспозвоночных, остатки которых представлены лишь одним элементом (например, брюхоногие и лопатоногие моллюски), за одну особь принимается раковина, целостность которой превышает 50% (*Bird et al.*, 2002).

При количественном учете важно обращать внимание на характер отложения. Существует принципиальная разница между накоплением остатков в культурном слое и единомоментных отложениях. В последних вероятность нахождения остатков от одной особи значительно возрастает. Напротив, при длительном времени формирования отложения вероятность обнаружения остатков одной особи слишком мала. Если проводить их учет методом МЧО, то получим заниженные данные. Оценка приблизительной доли утерянных остатков помогает при выборе наиболее адекватного метода количественного учета. Например, по нашим данным МЧО морских ежей равно 213 экз. От такого количества особей должно было остаться 9585 элементов, а обнаружено только 3884. Доля утерянных элементов составила 60%! При такой величине потери вероятность обнаружения остатков одной особи слишком мала и целесообразнее использовать другой количественный показатель – **общее количество остатков (ОКО/NISP)**. При этом способе учета каждый определяемый элемент принимается за отдельную особь.

Важными показателями при археозоологическом анализе являются *скорость накопления остатков* и *концентрация остатков* в слоях отложения. Дан-

ные показатели применяют для определения численности промысловых палеопопуляций животных. Скорость накопления остатков ($СНО = N/tS$; шт/год \times м²) отражает величину добычи, а изменение концентрации остатков в культурном слое ($КО = N/V$; шт/м³) – изменение относительной численности промысловых животных (подробнее см. *Динесман, Савинецкий, 2003*).

Таким образом, использование методов МЧО и ОКО для количественного учета остатков беспозвоночных из археологических памятников позволяет оценить количество экземпляров в отложении, а также обеспечивает возможность перехода от полученных данных к динамике величины добычи и к динамике относительной численности. Использование метода МЧО больше подходит для учета остатков беспозвоночных из быстро сформированных памятников, а для отложений, формирующихся длительное время, предпочтительнее использовать ОКО.

Основные направления в изучении остатков беспозвоночных из раковинных куч

В настоящее время в мире проводится немало работ по реконструкции экологических условий прошлого. Их количество не позволяет представить здесь полный обзор. Тем не менее, опираясь на ряд литературных и собственных данных, мы постараемся дать представление об основных направлениях в изучении остатков беспозвоночных из раковинных куч.

Экологический метод. И в отечественных (*Козловская, 1979*), и в зарубежных работах (*Claassen, 1998*) базовым методом, широко применяемым для палеоэкологических реконструкций, является экологический метод. Моллюски и другие группы бентосных беспозвоночных имеют определенные экологические предпочтения, поэтому изменение фауны в процессе формирования культурного слоя можно использовать в качестве инструмента палеоэкологических реконструкций.

По отношению к субстрату моллюсков можно разделить на обрастателей твердого субстрата (эпифаунные виды) и зарывающихся в рыхлый грунт (инфаунные виды). По динамике соотношения обрастателей и «зарывашек» в культурном слое можно установить вековые изменения относительного уровня моря и характера субстрата исследуемого района.

В качестве примера приведем динамику численности моллюсков в северной части Берингова моря, рассчитанную на основе материала из отложения на северо-востоке Чукотки (*Динесман и др., 1996*). На рубеже I тыс. до н.э. – I тыс. н.э. отмечается падение численности мидии, гренландской сердцевидки и песчаной ракушки, причем, наиболее сильно уменьшается численность двух последних видов, поселяющихся на рыхлых грунтах (рис. 3). Вероятнее всего изменение численности связано с подъемом относительного уровня моря в этот период, который вызвал перестройку подводного берегового склона, береговой линии и рельефа берегов северо-востока Чукотки. При этом наиболее затронутыми оказались местообитания видов-«зарывашек». При стабильном уровне моря на протяжении I тыс. н.э. численность моллюсков росла. Новый подъем уров-

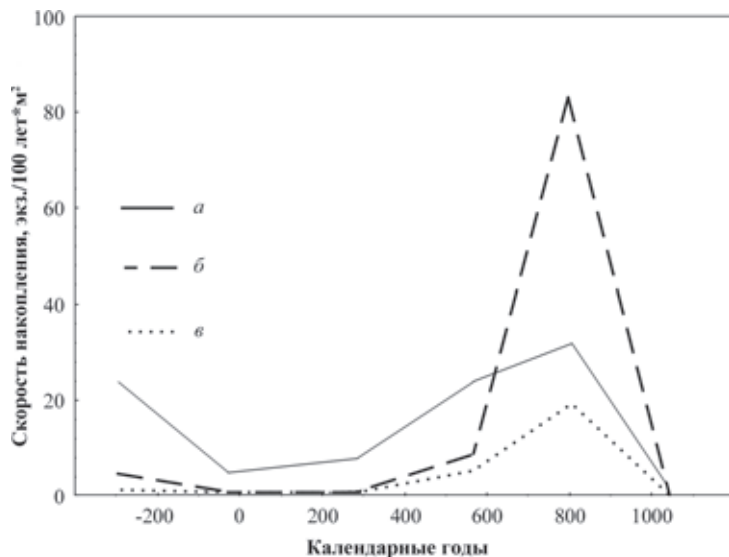


Рис. 3. Динамика скорости накопления раковин моллюсков в культурном слое пос. Дежнево (по: Динесман и др., 1996, с изменениями). Условные обозначения: *а* – мидия *Mytilus trossulus*; *б* – гренландская сердцевидка *Serripes groenlandicus*; *в* – песчаная ракушка *Mya truncate*

ня моря на рубеже I–II тыс. вызвал еще один цикл перестройки морского дна, и численность всех трех видов снова упала.

Для сравнения мы оценили динамику соотношения разных групп беспозвоночных в примерно это же время в южной части Берингова моря на основе материала из отложения в центральной части Алеутской гряды (Антипушина и др., 2009). Было установлено, что доля обрастателей на рубеже I–II тыс. составляла порядка 90%, и это значение практически не изменялось в последующие столетия, т.е. перестройки дна в этот период на юге не происходили, а изменения уровня моря носили локальный характер.

Форма раковин моллюсков также зависит от характера местообитания. Например, у литорин, обитающих в условиях сильного прибойного режима, развивается более широкое устье (Janson, Sundberg, 1983), у мидий изменяется форма раковины (Akester, Martel, 2000), а колпачковидные раковины брюхоногих моллюсков Patellogastropoda становятся более уплощенными. Х.П. Кабрал и А.К. да Сильва (Cabral, da Silva, 2003) провели морфометрический анализ раковин трех видов блюдечек рода *Patella* из раковинной кучи, обнаруженной на месте древнего поселения на северо-западе Португалии. Формирование отложения произошло в период I в. до н.э. – I в. н.э. Сравнение морфометрических показателей блюдечек из отложения и собранных на современной литорали выявило достоверные отличия между ними, в частности, блюдечки из отложения были более выпуклыми. Авторы объясняют это существованием более спокойного прибойного режима, связанного с более низким уровнем

моря на Атлантическом побережье Европы 2 тыс. л.н. При этом они не исключают полностью вероятность сбора моллюсков в защищенных от сильного прибоя местах.

Мы применили морфометрический анализ раковин блюдечек *Lottia pelta* и литорин *Littorina sitkana* при изучении остатков беспозвоночных из отложения позднего голоцена (о. Адак, Алеутские о-ва) (*Antipushina*, 2014). Отсутствие значительных изменений в морфометрических параметрах раковин свидетельствует о существовании относительно стабильного приборного режима с VI до XVII в. в исследованном районе. Таким образом, морфометрический анализ раковин моллюсков позволяет получить информацию об условиях окружающей среды прошлого.

Зоогеографический метод. Не менее интересные результаты можно получить, опираясь не только на экологические, но и зоогеографические характеристики моллюсков. Например, в нижних слоях отложений Бойсмана 1, 2, сформированных 5–6 тыс. л.н., были обнаружены исчезнувшие к настоящему времени в заливе Петра Великого (Приморье) или оставшиеся в виде реликтов тропическо-субтропические и субтропические моллюски. В верхнем слое отмечается появление холодолюбивых видов моллюсков. Это свидетельствует о существовании в этот период более теплых климатических условий, во время которых происходило проникновение теплолюбивой фауны на север. Также в нижних и средних слоях отложений обнаружены раковины *Corbicula japonica*, характерного для эстуариев и морских лагун с низкой соленостью воды, и массовые остатки устрицы, которая образует промысловые скопления только в хорошо прогреваемых и опресненных морских водоемах (лагунах, закрытых от штормов бухтах). Лагунный комплекс моллюсков свидетельствует о существовании мелководной, хорошо прогреваемой лагуны, которая несколько опреснялась в районе поселений за счет впадения р. Рязановка. Последующая регрессия привела к деградации лагуны и приближению устья реки к поселениям Бойсмана 1, 2. Затем произошла регрессия, которая привела к деградации лагуны и продвижению дельты реки ближе к поселениям Бойсмана 1, 2 (*Раков, Вострецов*, 1998).

Динамика различных зоогеографических групп беспозвоночных в слоях отложения позднего голоцена (о. Адак, Алеутские острова), скорее всего, также была результатом смены температурного режима с VI до XVII в. н.э. (рис. 4А). Мы выделили три группы моллюсков, имеющих преимущественно бореально-арктическое, высоко-бореальное и низко-бореальное распространение. Уменьшение доли арктическо-бореальных и высоко-бореальных (холодолюбивых) видов наблюдается в IV и I слоях отложения. В них же обнаружены остатки низко-бореального (теплолюбивого) вида *Nucella heyseana*, не характерного для данного региона. Северная граница ареала этого вида в наши дни проходит по южным Курильским островам. Напротив, в III и II слоях доля арктическо-бореальных и высоко-бореальных видов увеличивается. Э и изменения, вероятно, могли быть результатом смены температурного режима. Период с VI до середины VIII в. был несколько более прохладным, чем последующий. Более теплый температурный режим с середины VIII до середины X в. способствовал проникновению низко-бореального вида *Nucella heyseana* в более высокие широты,

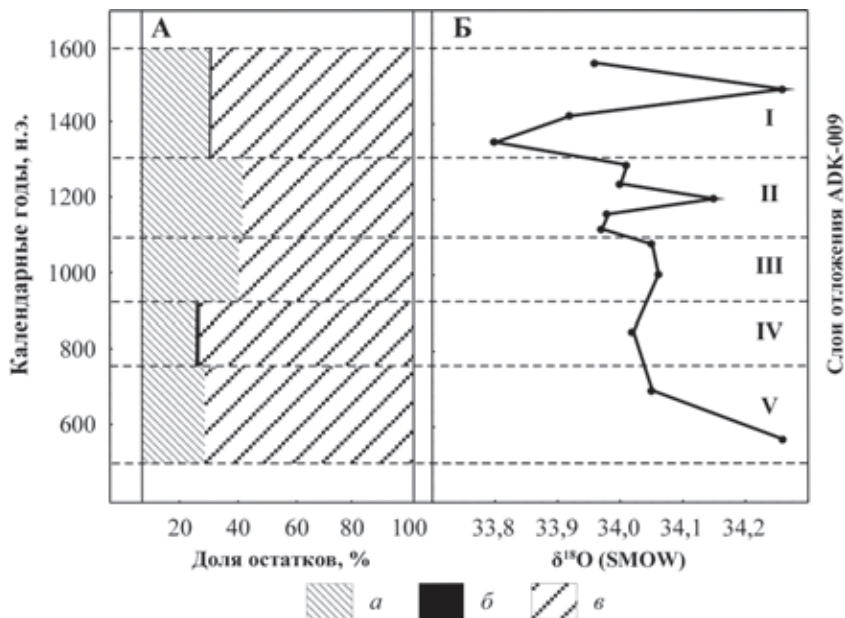


Рис. 4. Зоогеографический и изотопный анализ остатков беспозвоночных из древнеалеутского памятника позднего голоцена

А – динамика зоогеографических групп моллюсков в слоях отложения; Б – динамика $\delta^{18}\text{O}$ в кальците усоногих раков. Условные обозначения: *a* – арктическо-бореальные и высоко-бореальные виды (холодолобивые виды); *b* – низко-бореальные виды (теплолюбивые виды); *c* – бореальные виды

а также отразился на уменьшении доли холодолобивых видов. Увеличение доли остатков арктическо-бореальных и высоко-бореальных видов с середины X до XIV в. свидетельствует о становлении более холодного температурного режима (Антипушина, 2010; Antipushina, 2014).

Биохимические методы. Чувствительность морских моллюсков к условиям окружающей среды проявляется в изменении не только формы раковины, но и ее химического состава. Например, динамика содержания стабильных изотопов кислорода $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ в карбонате раковин отражает изменение температуры воды; чем температура ниже, тем больше будет содержание «тяжелого» изотопа ^{18}O . В качестве примера приведем динамику $\delta^{18}\text{O}$ в кальците усоногих раков из древнеалеутского памятника позднего голоцена (рис. 4Б). Изменение $\delta^{18}\text{O}$ позволило установить, что относительно холодный температурный режим существовал в середине VI, XIII и XVI вв., а относительно теплый – в середине IX, середине XIV и в XVII в. (Антипушина, 2010; Antipushina, 2014).

В последнее время проводятся работы по изучению изотопного состава органического вещества раковин. Согласно исследованиям, существует закономерность между изотопным составом растительности, условиями увлажнения и содержанием $\delta^{13}\text{C}$ в раковинах наземных улиток. Ткани растений, имеющих C_4

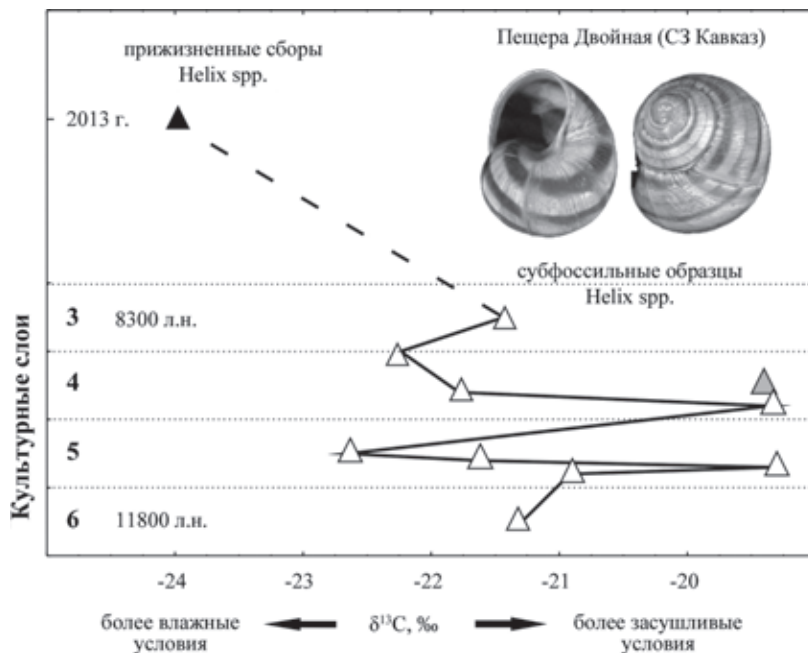


Рис. 5. Динамика содержания $\delta^{13}\text{C}$ в органическом матрикесе раковин современных и субфоссильных виноградных улиток из мезолитических слоев пещеры Двойная, Северо-Западный Кавказ (по: Антитушина и др., 2014, с изменениями)

и САМ пути фотосинтеза, обогащены тяжелым изотопом углерода ^{13}C относительно C_3 -растений (O'Leary, 1988). Такие растения произрастают преимущественно в засушливых (аридных) местообитаниях. Следовательно, C_4 -растения преобладают в рационе улиток в более засушливых условиях, в результате чего происходит обогащение их раковин $\delta^{13}\text{C}$. А в более влажных условиях, наоборот, обеднение. Например, по динамике значения $\delta^{13}\text{C}$ в органическом матрикесе раковин наземных брюхоногих моллюсков была реконструирована динамика режима увлажненности юга Техаса в позднем голоцене. Низкое содержание $\delta^{13}\text{C}$ свидетельствует о существовании относительно более влажных условий около 4600 л.н. Затем они сменяются засушливым режимом, пик которого приходится на 3500 л.н. После этого условия вновь становятся более влажными (Goodfriend, Ellis, 2000). Такая же закономерность установлена между количеством осадков и содержанием $\delta^{15}\text{N}$ в тканях растений – в более засушливых условиях содержание $\delta^{15}\text{N}$ увеличивается, а более влажных уменьшается (Swap et al., 2004; Hartman, Danin, 2010).

Анализ стабильных изотопов углерода и азота в раковинах виноградных улиток *Helix* sp. из мезолитических слоев пещеры Двойная позволил наметить несколько осцилляций режима увлажненности в раннем голоцене в предгорьях Северо-Западного Кавказа на протяжении примерно 3 тыс. лет (в период 11800–8300 л.н.) (рис. 5). Для сравнения в непосредственной близости от памятника были собраны раковины современных виноградных улиток в ав-

густе 2012 и 2013 г. Согласно результатам изотопного анализа, все древние образцы обогащены тяжелым изотопом углерода ^{13}C по сравнению с раковинами современных улиток. На основе этого можно предположить, что формирование изученных на данный момент слоев происходило в более засушливых условиях (относительно современных). При этом формирование 4 и 5 слоев происходило при несколько большем количестве осадков, а наиболее засушливые условия фиксируется на уровне контакта четвертого и пятого слоев, а также пятого и шестого слоев (*Антипушина и др.*, 2014).

Таким образом, остатки беспозвоночных из археологических памятников являются важным материалом, изучение которого может помочь не только в понимании культурных традиций, жизнеобеспечения и экономических связей древних обществ, но и в реконструкции среды обитания человека в прошлом. Чем больше методов будет задействовано при анализе (радиоуглеродный, остеологический, спорово-пыльцевой и другие методы), тем более полной и достоверной будет реконструкция.

ЛИТЕРАТУРА

- Антипушина Ж.А.*, 2010. Применение морских беспозвоночных из археологических памятников для палеоэкологических реконструкций // Динамика экосистем в голоцене. Мат-лы конф. Екатеринбург; Челябинск: Рифей. С. 15–19.
- Антипушина Ж.А., Киселева Н.К., Хасанов Б.Ф., Пахневич А.В., Крылович О.А., Сиренко Б.И., Савинецкий А.Б.*, 2009. Динамика фауны беспозвоночных литорали о. Адак (Алеутские острова) в позднем голоцене по археозоологическим данным // Экология. Т. 40. С. 140–148.
- Антипушина Ж.А., Леонова Е.В., Тиунов А.В.*, 2014. Анализ стабильных изотопов углерода и азота в раковинах наземных брюхоногих моллюсков из мезолитических слоев пещеры Двойная на Северо-Западном Кавказе // КСИА. Вып. 234. С. 287–298.
- Буруковский Р.Н., Подольская М.А.*, 2013. О чем поют ракушки. Казань: Изд-во Kazan-Kazan. 304 с.
- Вострокнутов А.В., Крыласова Н.Б.*, 2012. Украшения XII–XIV вв. из легкоплавких металлов на территории Пермского Предуралья // Вестник Пермского ун-та. Серия История. Вып. 1 (18). С. 105–113.
- Динесман Л.Г., Киселева Н.К., Савинецкий А.Б., Хасанов Б.Ф.*, 1996. Вековая динамика прибрежных экосистем северо-востока Чукотки. М.: Аргус. 189 с.
- Динесман Л.Г., Савинецкий А.Б.*, 2003. Количественный учет костей в культурных слоях древних поселений людей // Новейшие археозоологические исследования в России: к столетию со дня рожд. В.И. Цалкина. М.: Языки славянской культуры. С. 34–57.
- Кирюшин Ю.Ф., Кирюшин К.Ю., Шмидт А.В., Кузменкин Д.В., Абдулганеев М.Т.*, 2011. Раковины моллюсков *Dentalium* и *Corbicula* в погребениях могильника Тузовские Бугры 1 // Изв. Алтайского гос. ун-та. № 4-1. С. 105–114.
- Козловская Л.С.*, 1979. К методике изучения субфоссильных моллюсков пресноводных озер в голоцене // Частные методы изучения истории современных экосистем. М.: Наука. С. 122–127.
- Крупник И.И.*, 1989. Арктическая этнография. М.: Наука. 272 с.
- Паавер К.Л.*, 1979. Методы оценки обилия субфоссильных костей // Частные методы изучения истории современных экосистем. М.: Наука. С. 212–222.
- Раков В.А., Вострецов Ю.Е.*, 1998. Морское собирательство // Первые рыболовы в заливе Петра Великого. Владивосток: ДВО РАН. С. 241–276.
- Смирнов Н.Н.*, 2010. Историческая экология пресноводных зооценозов. М.: Товарищество научных изданий КМК. 232 с.

- Холл Дж., 1996. Словарь сюжетов и символов в искусстве. М.: Крон-пресс. 656 с.
- Akester R.J., Martel A.L., 2000. Shell shape, dysodont tooth morphology, and hinge-ligament thickness in the bay mussel *Mytilus trossulus* correlate with wave exposure // Canadian J. of Zoology. Vol. 78. P. 240–253.
- Antipushina Zh., 2014. Dynamics of palaeoenvironmental conditions over the last millennia by archaeomalacological data (on example of ADK-009 shell midden, Adak Island, Aleutian Islands) // Archaeomalacology: shells in the archaeological record. Oxford: Archeopress. P. 217–224. (BAR Intern. Ser., 2666).
- Bar-Yosef Mayer D.E., 2008. Invertebrate analysis // Encyclopedia of archaeology. N. Y.: Academic press. P. 1560–1565.
- Bernaldez S.E., Bernaldez S.M., 2005. Clambakes en la Antigua villa romana de La Almagra (Huelva). Tafonomia de basureros islamicos // Boletin del Instituto Andaluz de Patrimonio Historico. Vol. 53. P. 35–43.
- Bird D.W., Richardson J.L., Veth P.M., Barham A.J., 2002. Explaining shellfish variability in middens on the meriam Islands, Torres Strait, Australia // J. of Archaeological Science. Vol. 29. P. 457–469.
- Bouzouggar A., Barton N., Vanhaeren M., d'Errico F., Collcutt S., Higham T., Hodge E., Parfitt S., Rhodes E., Schwenninger J.L., Stringer C., Turner E., Ward S., Moutmir A., Stambouli A., 2007. 82000-year-old shell beads from North Africa and implications for the origins of modern human behavior // Proceed. of the National Academy of Sciences of the United States of America. Vol. 104. P. 9964–9969.
- Cabral J.P., da Silva A.C., 2003. Morphometric analysis of limpets from an Iron-Age shell midden found in northwest Portugal // J. of Archaeological Science. Vol. 30. P. 817–829.
- Ceci L., 1984. Shell midden deposits as coastal resources // World Archaeology. Vol. 16. P. 62–74.
- Claassen C., 1998. Shells. Cambridge manuals in archaeology. N. Y.: Cambridge Univ. Press. 266 p.
- Claassen C., 2000. Quantifying shell: comments on Mason, Peterson and Tiffany // American Antiquity. Vol. 65. P. 415–418.
- Erlandson J.M., 1988. The role of prehistoric economies: a protein perspective // American Antiquity. Vol. 53. P. 102–109.
- Glassow M.A., 2000. Weightind vs. counting shellfish remains: a comment on Mason, Peterson and Tiffany // American Antiquity. Vol. 65. P. 407–414.
- Goodfriend G.A., Ellis G.L., 2000. Stable carbon isotope record of middle to late Holocene climate changes from land snail shells at Hinds Cave, Texas // Quaternary International. Vol. 67. P. 47–60.
- Grayson D., 1984. Quantitative zooarchaeology. Topics in the analysis of archaeological faunas. Orlando: Academic press. 202 p.
- Hartman G., Danin A., 2010. Isotopic values of plants in relation to water availability in the Eastern Mediterranean region // Oecologia. Vol. 162. P. 837–852.
- Heizer R., 1949. Curved single-piece fishhooks of shell and bone in California // American Antiquity. Vol. 15. P. 89–97.
- Janson K., Sundberg P., 1983. Multivariate morphometric analysis of two varieties of *Littorina saxatilis* from the Swedish west coast // Marine Biology. Vol. 74. P. 49–53.
- Keegan W., 1994. West Indian archaeology. Overview and foragers // J. of Archaeological Research. Vol. 2. P. 255–284.
- Lumley H., 1972. A Paleolithic camp at Nice, in Lamberg-Karlovsky // Old World Archaeology. San Francisco. P. 33–41.
- Mason R.D., Peterson M.L., Tiffany J.A., 1998. Weighting vs. counting: measurement reliability and the California school of midden analysis // American Antiquity. Vol. 63. P. 303–324.
- Mason R.D., Peterson M.L., Tiffany J.A., 2000. Weighting and counting shell: a response to Glassow and Claassen // American Antiquity. Vol. 65. P. 757–761.
- Nuytten P., 1993. Money from the sea // National Geographic. Vol. 183. P. 109–117.

- O'Leary M.H.*, 1988. Carbon isotopes in photosynthesis. Fractionation techniques may reveal new aspects of carbon dynamics in plants // *BioScience*. Vol. 38. P. 328–336.
- Swap R.J., Aranibar J.N., Dowty P.R., Gilhooly W.P., Macko S.A.*, 2004. Natural abundance of ^{13}C and ^{15}N in C3 and C4 vegetation of southern Africa: patterns and implications // *Global Change Biology*. Vol. 10. P. 350–358.
- Vanhaeren M., d'Errico, F., Stringer C., James S., Todd J., Mienis H.*, 2006. Middle Paleolithic. Shell Beads in Israel and Algeria // *Science*. Vol. 312. P. 1785–1788.
- Volman T.R.*, 1978. Early archaeological evidence for shellfishing collecting // *Science*. Vol. 201. P. 911–913.
- Yesner D.R.*, 1977. Prehistoric subsistence and settlement in the Aleutian Islands. The University of Connecticut. 387 p.
- Waselkov G.*, 1987. Shellfish Gathering and Shell Midden Archaeology // *Advances in Archaeological Method and Theory*. Vol. 10. P. 93–210.

АРХЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ

А.В. Борисов

К настоящему времени в практике археологических изысканий задействован весьма широкий спектр методов почвоведения, поэтому рассмотрение в рамках статьи каждого отдельного метода, его возможностей, истории применения и наиболее ярких результатов едва ли целесообразно. Ниже будут кратко охарактеризованы лишь наиболее известные и перспективные методы почвоведения, получившие заслуженное признание среди археологов; в целом представляется более целесообразным рассмотреть общую картину интеграции почвоведения и археологии в рамках нового междисциплинарного научного направления, известного как *археологическое почвоведение*.

В качестве предпосылок возникновения археологического почвоведения можно назвать глубокое проникновение естественно-научных методов и подходов в решение этно-археологических проблем. Следует отметить, что почвоведение – отнюдь не единственная естественно-научная дисциплина, нашедшая применение в практике изучения археологических памятников. Нельзя не упомянуть и геoarхеологию, и инженерную геологию, и петроархеологию, и зооархеологию, археофитоиндикацию и ряд других научных направлений, позволяющих реконструировать природное окружение древних обществ, их хозяйственный уклад, расселение, особенности архитектуры, производств, ритуально-мифологической сферы жизни. Но из всех перечисленных дисциплин лишь почвоведение проникло максимально глубоко в комплекс археологических изысканий, став неотъемлемой частью изучения археологических объектов как памятников природы. Это связано со спецификой основной массы археологических памятников, которые со временем все больше приобретают свойства природного тела, функционируя в режиме соответствующих почвенных горизонтов. Именно этим объясняется общая для археологов и почвоведов *среда изучения* – почва, подстилающие и перекрывающие ее отложения.

Результатом такого рода интеграции в изучении археологических памятников стало новое научное направление, которое было предложено называть «археологическим почвоведением» (Демкин, 1993, 1997; Дергачева, 1997). На сегодняшний день концепция данного направления представляется следующим образом.

Археологическое почвоведение – это междисциплинарное научное направление, объектами изучения которого являются ритуальные, селитебные, фортификационные, сельскохозяйственные, индустриальные, мелиоративные, и другие памятники древней и средневековой истории, а также погребенные почвы и отложения за пределами археологических памятников. При этом с помощью методов почвоведения и смежных естественно-научных дисциплин исследуются погребенные почвы, культурные слои и закрытые комплексы, вновь сформирован-



Рис. 1. Объекты, методы и круг решаемых вопросов археологического почвоведения

ные поверхностные почвы, а также разного рода естественные и искусственные органические и минеральные объекты, связанные с жизнедеятельностью древнего и средневекового населения. Предмет исследований – развитие почв и ландшафтов и динамика палеоэкологических условий; взаимосвязи в системе «общество – природная среда»; отдельные элементы бытовой, производственной и ритуальной жизни древнего населения. Результаты почвенно-археологических исследований вносят вклад в расширение научной базы как почвоведения, так и смежных естественно-научных дисциплин, выступая при этом в качестве источника для археологических реконструкций (Борисов, 2014).

Схематично предмет, объекты и методы археологического почвоведения можно представить в следующем виде (рис. 1). История становления археологического почвоведения уходит корнями в начало XX в., в период становления почвоведения как самостоятельной науки. Но еще до этого, в 1840-х годах немецкий колонист И. Корнис раскопал два кургана в Мелитопольском уезде и отметил, что мощность чернозема под курганом на 10–30 см меньше, чем у почв в открытой степи. Позже Ф.И. Рупрехт в книге «Геоботанические исследования о черноземе» (1866) на основании изучения гумусового слоя на стене Староладожской крепости впервые сделал вывод о прямой пропорциональности мощности почвенного слоя и времени почвообразования. По подсчетам Рупрехта, для формирования перегнойного слоя требуется 2400–4000 лет. В.В. Докучаев (1883) по этому поводу заметил, что прирост мощности гумусового го-

ризонта не продолжается бесконечно и прекращается, достигнув определенной величины, характерной для почвы (цит. по: *Иванов*, 2014).

В начале XX в. В.А. Городцов активно использовал методический потенциал почвоведения в изучении степных курганов. Им впервые были рассчитаны скорости роста почвенного слоя за последние 5000 лет, на основании чего были предприняты попытки датирования курганов.

В дальнейшем исследователи неоднократно прибегали к изучению погребенных почв археологических памятников, но эти исследования были преимущественно ориентированы на разработку концепций эволюции почв и вековой динамики почвенных свойств и в значительно меньшей степени вносили вклад в развитие археологии. И только в 70–80-х годах в археологическом почвоведении начался процесс глубокого и взаимного проникновения почвоведения в проблемы археологии. И сразу же эти работы показали высокую перспективность почвенно-археологического подхода в изучении археологических памятников (*Иванов*, 1978; *Иванов и др.*, 1978; *Демкин и др.*, 1988; *Демкин*, 1993, 1997; *Дергачева*, 1997).

Такому успеху во многом способствовал тот факт, что каждый археолог в своей практической деятельности неизбежно сталкивается с рядом почвенно-грунтовых объектов, информационный потенциал которых по объективным причинам для него недоступен. В результате огромный массив информации, которую можно было извлечь при исследовании погребенных почв, культурных слоев, ландшафтов, окружающих памятники, разного рода органических и минеральных атрибутов всех областей жизни древнего человека, оставался неиспользованным.

Ситуация изменилась с возникновением археологического почвоведения, методическая база которого располагает морфологическими, химико-аналитическими, микробиологическими, минералогическими методами, а также арсеналом возможностей геоморфологии, геохимии, геологии, географии, геоботаники и других отраслей знания. Следует подчеркнуть, что в последние годы именно с привлечением новых методов связан наибольший рост публикаций в области археологического почвоведения, и число используемых методов растет с каждым годом. При этом продолжают совершенствоваться и адаптироваться классические физико-химические аналитические методы, с помощью которых были заложены основы археологического почвоведения.

Очевидна тенденция разделения методов на высокотехнологические, наукоемкие, демонстрирующие возможности методической базы естественных наук и имеющие на данный момент единичное или весьма ограниченное применение, и широко используемые рутинные методы, составляющие основу экспериментальной базы археологического почвоведения. При этом особенно следует отметить быстрый переход только что предложенных принципиально новых методов и технологий в рутинные, что является показателем внутреннего роста археологического почвоведения как научного направления. Примером тому могут служить методы почвенной микробиологии, геохимии, микробиоморфного анализа и др.

Специфика методической базы и объектов изучения определяет и круг решаемых вопросов, который для археологического почвоведения необычно широк и продолжает расти. В этом заключается уникальность археологического почво-

ведения как научного направления: результаты исследований имеют мультидисциплинарную направленность и в равной мере способствуют прогрессу не только в области почвоведения, палеоэкологии и палеогеографии, но и оказываются широко востребованными специалистами в области археологии, этнологии и других гуманитарных дисциплин. При этом базовой научной дисциплиной, вовлеченной в исследования со всем своим методическим потенциалом и соответственно получающей максимальный объем нового знания, является почвоведение.

Значительные успехи достигнуты в изучении генетико-эволюционных проблем, решаемых на основе исследования погребенных почв разновозрастных археологических памятников. Следует отметить, что явления изменчивости почв во времени были обнаружены еще на заре генетического почвоведения (Докучаев, 1949). Однако, несмотря на длительное изучение эволюции почв, существенные результаты по данной проблеме были получены только в последние десятилетия. При этом выделяется комплекс вопросов пространственно-временной изменчивости почвенных свойств и процессов и эволюции почв в целом. В качестве методического подхода используются методы современного почвоведения, включающие морфолого-генетический анализ почвенного профиля с одновременным привлечением инструментальных возможностей изучения химических, физических, микробиологических, микроморфологических, минералогических свойств почвы.

В итоге достаточно глубоко изучены общие тренды и этапы эволюции почв разных природных регионов в разные исторические периоды, определены направленность, скорость, причины и продолжительность трансформации гумусового, карбонатного, солевого профилей, динамика процессов осолонцевания, гумусообразования, текстурной дифференциации профиля и др. Дневные почвы, сформированные на поверхности археологических памятников, позволили получить принципиально новую информацию о скорости развития почв с известным временем начала почвообразовательного процесса. Получены основные представления по вопросам географии палеопочв в исторические эпохи, установлены закономерности смещения границ природных зон и подзон. Разрабатываются картосхемы почвенного покрова в голоцене, характеризующиеся разной природной обстановкой. Столь глубокий ретроспективный анализ развития почв и природной среды в условиях многократных изменений климата в прошлом служит базовой моделью прогноза состояния почв и других компонентов экосистем в условиях возможных сценариев изменения климата в будущем.

Рассмотрим исследования, ориентированные на решение вопросов археологии и этнологии, которым в рамках археологического почвоведения уделяется столь же пристальное внимание, как и вопросам почвоведения.

Для археологов наиболее актуальными оказались первые результаты почвенно-археологических исследований, направленных на реконструкцию природной среды в древности и средневековье. Связующим звеном между данными почвоведения и археологической проблематикой стали вопросы палеоэкологии. Это, прежде всего, реконструкция атмосферной увлажненности в ту или иную историческую эпоху, гидрографической сети, глубины залегания и химизма грунтовых вод, растительного покрова, наличия или отсутствия водной и ветровой эрозии и др.

Основными объектами археологического почвоведения, на основании изучения которых делаются все палеоэкологические реконструкции, являются погребенные почвы археологических памятников, прежде всего курганов. В качестве носителей информации о природных условиях прошлых эпох при этом выступает организация почвенного профиля, набор и мощность генетических горизонтов, содержание гумуса, солей, карбонатов, гипса и глубины их аккумуляций, наличие новообразований и включений и др.

Весьма представительна география палеоэкологических исследований: это и Центральное Черноземье (*Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б., 1993; Чендев, 2001; Александровский, Александровская, 2005*); Причерноморье (*Лисецкий и др., 2013*); Предкавказье (*Александровский, 1997, 2002; Хохлова и др., 2006*); Нижнее Поволжье (*Демкин, 1997; Борисов и др., 2006; Якимов и др., 2007*); Предуралье (*Иванов, 1992; Демкин и др., 1995; Рысков, Демкин, 1997, Хохлова, 2007*); степное Зауралье (*Плеханова, Демкин, 2008*), Западная Сибирь (*Дергачева, 1997; Валдайских, 2007; Махонина, Валдайских, 2008; Якимов и др., 2012*). Результаты палеоэкологических исследований погребенных почв археологических памятников позволили внести существенный вклад в накопление информации о динамике климата в голоцене. Исследования в этом направлении дают представление не только об экологическом фоне историко-социальных явлений и процессов – расселении, миграциях, исчезновении древних и средневековых социумов, но и позволяют выходить на уровень палеоэкономических реконструкций, раскрывая природные предпосылки того или иного типа хозяйствования, его адаптаций и изменений в условиях меняющейся окружающей среды.

При традиционном почвенном исследовании эти аспекты логически завершают весь комплекс реконструируемых параметров, объединяя вопросы изучения почвенных процессов, почвенных тел и почвенного покрова и выходя на геоботанический и ландшафтный уровни. Но здесь-то и раскрывается уникальность археологического почвоведения именно как междисциплинарного научного направления – взять информацию этого финального этапа почвенных изысканий и довести ее до уровня источника, отправной точки для изысканий археологических. В итоге возникли детальные сопоставления, в которых, с одной стороны, рассматривается развитие почв и климатической ситуации, а с другой – формирование древних социумов, их развитие и угасание (*Ахтырцев, Пряхин, 1988, Иванов, Васильев, 1995; Гоняный и др., 2007; Демкин и др., 2010; Борисов и др., 2011*).

В последние годы в палеоэкологических реконструкциях кроме традиционных методов классического почвоведения, основанных на изучении морфолого-генетических характеристик почвенного профиля и его физико-химических свойств, все шире применяются методы разных направлений почвенной науки. Так, в частности, магнитные свойства погребенных степных почв, а также геохимические коэффициенты, получаемые по соотношению таких микроэлементов, как Rb/Sr , $Al_2O_3/(CaO+MgO+K_2O+Na_2O)$, весьма успешно используются для реконструкции среднегодовой нормы осадков, позволяя получить количественные климатические реконструкции для разных археологических эпох (*Maher et al., 2003; Калинин и др., 2009; Алексеев, Алексеева, 2012, Алексеев и др., 2014*). Методы органической химии важны для реконструкции молекулярных следов наземной растительности (*Ковалева, Ковалев, 2009*).

Активно развиваются и совершенствуются детальные палеоэкологические реконструкции на основе изучения наиболее мобильных и сенсорных почвенных характеристик – микробоценозов почв, позволяющие выявлять кратковременные тренды изменения природных условий (Демкина и др., 2010; Хомутова и др., 2011). Весьма репрезентативные данные по реконструкции ритмичности почвообразования получаются с использованием геохимии стабильных изотопов (Ковалева и др., 2014), анализа пулов азота в погребенных и современных почвах (Кузнецова и др., 2014).

Однако археологическая тематика отнюдь не ограничивается палеоэкологией, хотя эта проблема традиционно занимает одно из ведущих мест в почвенно-археологических исследованиях. Кроме палеопочвенных реконструкций климатических условий прошлого в рамках археологического почвоведения успешно решаются вопросы, связанные с изучением не только погребенных почв, но и широкого ряда других археологических контекстов: культурных слоев, материковых объектов, насыпей, ровиков, могильных ям, отдельных элементов бытовой, производственной сферы и погребального обряда. И здесь также в полной мере раскрывается весь информационный потенциал методической базы археологического почвоведения.

Особую роль среди инструментальных методов археологического почвоведения занимает анализ содержания фосфатов, наиболее важного индикатора антропогенного влияния на почву. Остановимся подробнее на этом «патриархе» инструментальных методов. Первое применение фосфатного метода на памятниках археологии было осуществлено О. Аррениусом в Швеции в 1931 г. и В. Лорхом в Германии в 1940 г., когда было показано увеличение содержания фосфора в почвах на местах древних поселений на северо-западе Европы (Arrhenius, 1931; Lorch, 1940). Присутствие человека приводит к увеличению содержания многих элементов в почве, но ни один элемент не является более чувствительным, устойчивым и надежным индикатором антропогенной активности, чем фосфор. Можно выделить две причины увеличения содержания фосфора в почве: первая связана с поступлением отходов жизнедеятельности человека и животных, остатков пищи, растительного материала, экскрементов и т.д. (биологических фосфор); вторая – с поступлением минерального фосфора с золой и костями.

К настоящему моменту накоплен огромный массив литературных данных по этому вопросу, обобщенный в ряде работ (Eidt, 1977; Holliday, Gartner, 2007). Традиционно фосфатный метод используется археологами для решения вопросов установления границ археологических памятников, выявления их инфраструктурных признаков и реконструкции интенсивности использования территории (Веллесте, 1952; Микляев, Герасимова, 1968; Eidt, 1977; Демкин, Дьяченко, 1994; Barda, 1994; Детюк, Тараненко, 1997; Гак и др., 2014). Благодаря относительно невысокой стоимости определения содержания фосфатов этот анализ можно проводить на большой выборке образцов, что позволяет осуществлять так называемые площадные определения, когда анализируется образцы из каждого квадратного метра площади культурного слоя или из каждого сантиметра профиля.

Следующий по популярности и широте применения в археологической практике – микроэлементный анализ почв и культурных слоев. Его методы активно при-

меняются при изучении культурного слоя древних городов (*Кайданова*, 1987; *Сычева*, 1994, 2006; *Долгих*, 2010, 2011; *Кураков*, *Ладонин*, 2014), погребенных почв курганов (*Иорисов*, 2014, *Калинин и др.*, 2009, *Пампура и др.*, 2013). Получаемые результаты дают возможность реконструировать производств венную деятельность на памятнике, связанную с использованием разных видов минерального сырья.

И если изучение минеральных или минерализованных археологических материалов с помощью методов почвоведения ведется довольно давно, то исследования, направленные на реконструкцию органических субстратов, только начинаются. Это связано с активным внедрением методов почвенной микробиологии в практику археологических изысканий. Так, результаты изучения почвенных грибов в древних почвах, преобразованных деятельностью человека, и культурных слоях поселений позволили реконструировать особенности хозяйственной деятельности на разных участках памятника (*Марфенина и др.*, 2001, 2008; *Иванова и др.*, 2006; *Marfenina et al.*, 2008). С помощью анализа плотности кератинолитических грибов, ответственных за разложение кератина, входящего в состав шерсти и кожи, а также активности фермента уреазы, осуществляющей гидролиз мочевины, удастся выявлять места содержания скота и реконструировать внесение удобрений на древние земледельческие угодья. В плане реконструкции внесения навоза на древние поля перспективным представляется изучение численности термофильных бактерий, которые в естественных условиях в почве практически отсутствуют и развиваются только при компостировании навоза, когда температура достигает 60–70°С (*Борисов и др.*, 2013; *Чернышева и др.*, 2014).

Из арсенала методов почвенной геофизики в археологическом почвоведении наиболее популярна магнитная восприимчивость. Этот показатель используется в палеоэкологических реконструкциях, так как величина магнитной восприимчивости почв аридной и семиаридной зоны возрастает по мере оптимизации условий для почвенных бактерий железоредукторов, что наблюдается при увеличении влагообеспеченности (*Kukla et al.*, 1988; *Maher et al.*, 2002; *Алексеев и др.*, 2003; *Заварзина и др.*, 2003). С помощью магнитной восприимчивости удастся диагностировать как сам факт воздействия огня на почву, так и поступление в нее материалов пирогенной природы (*Fassbinder*, *Stanjek*, 1993; *Oldfield*, *Crowther*, 2007).

Комплексные исследования с привлечением методов археологического почвоведения позволяют решать вопросы, связанные с реконструкцией специфики хозяйственной деятельности на территории памятника и за его пределами (*Бронникова и др.*, 2014). Здесь следует выделить весьма перспективное направление, связанное с изучением древнего и средневекового земледелия (*Александровский*, *Кренке*, 1995; *Скрипникова*, 2004; *Алешинская и др.*, 2008; *Лицецкий*, 2008; *Коробов*, *Борисов*, 2012; *Борисов*, *Коробов*, 2013; *Гольева*, *Свирида*, 2014), в котором используются методы почвоведения, микробиоморфного анализа, почвенной микробиологии, геоинформационных систем и др. Разработаны новые перспективные методы реконструкции внесения удобрений в почвы древних полей (*Чернышева и др.*, 2014; *Чернышева*, *Коробов*, *Борисов*, 2014; *Chernysheva et al.*, 2015).

Изучение ландшафтно-экологических аспектов локализации и существования археологических памятников с помощью методов археологического почвоведения позволяет выявлять потенциальные места расположения древних по-

селений и сохранности культурного слоя (Борисов и др., 2014). Привлечение методов геохимии стабильных изотопов позволяет решать вопросы миграции древнего населения на основании изменений изотопного состава костей при изменении ресурсной базы (Шишлина, 2014). С помощью методов археологического почвоведения решаются вопросы изучения технологии создания и архитектуры археологических памятников (Кривошеев и др., 2014).

Нельзя не упомянуть и о вопросах относительной хронологии и топографии памятников, позволяющих установить на уровне почвенных свойств и процессов некие хронологические и стратиграфические реперы, которые не могут быть выделены никакими другими методами (Хохлова, 2006).

Отдельно следует остановиться на вопросах использования методов почвенной микроморфологии в археологическом исследовании. Изучение тонких срезов почвы дает возможность установить особенности формирования почвенной массы и представить основные закономерности формирования ландшафта (*van der Meer, Warren, 1997*), выявить на микроуровне следы антропогенного перемешивания почвенной массы и на этой основе реконструировать наличие земледельческой активности (*Davidson, 2002*), а также характера обработки почвы (*Lewis, 2012*). Предпринимаются весьма эффективные попытки изучения первых периодов оккупации территории человеком и интерпретации природы органических прослоек на неолитических памятниках (*Kooistra M., Kooistra L., 2003*).

Археологическое почвоведение вносит немаловажный вклад в более глубокое и понимание погребального обряда, так как позволяет на уровне геохимических, микробиологических, биохимических, биоморфных, петрографических и других свойств разных составляющих ритуальной церемонии расширять наши представления о духовной сфере жизни древнего населения; раскрывать особенности сооружения, функционирования, разрушения и археологизации памятника. В этом направлении ведутся работы по изучению химического состава охр (*Александровская и др., 2000; Усачева, 2012*), меловых посыпок и других природно-антропогенных элементов погребального отряда (*Демкин, 1997; Demkin et al., 2014*).

Отдельной темой, неизменно вызывающей интерес исследователей на протяжении десятилетий, является реконструкция ритуальной пищи в сосудах из захоронений. Исследования в этом направлении начались с использования методов классического почвоведения (*Демкин и др., 1988; Демкин, 1999*); в дальнейшем стали привлекать микроэлементный (*Александровский, Александровская, 1999; Гайдученко, 2000*), биоморфный (*Гольева, 1999*), спорово-пыльцевой анализы (*Шишлина, Пахомов, 2002*), микробиологические методы (*Демкин и др., 2014*).

Особенно важно, что эти, казалось бы, сугубо гуманитарные вопросы в немалой степени способствуют расширению естественно-научной базы исследований и в первую очередь – почвоведения. Так, в частности, датированный и локализованный в пространстве факт антропогенного воздействия на почвы дает уникальную возможность оценить глубину трансформации исходных почвенных свойств, скорость и степень восстановления первоначального состояния почв после снятия антропогенного стресса. Чрезвычайно информативны наблюдения за палеоантропогенной трансформацией ландшафтов, динамикой эрозионной активности, вызванной разными формами хозяйственной деятельности в древности и средневековье.

* * *

В заключение следует сказать несколько слов о перспективах археологического почвоведения. На сегодняшний день становится очевидным, что дальнейший прогресс в палеоэкологических реконструкциях на основе почвенных данных напрямую зависит от точности датировки памятников. Почвоведение готово к более детальным реконструкциям, так как зачастую внутри какого-либо одного хроноинтервала свойства погребенных почв заметно варьируют, что, безусловно, связано с динамикой палеоэкологических условий. Но если с археологических позиций нет оснований для более дробной датировки памятников, эта вариабельность свойств не может быть корректно интерпретирована. Поэтому в последние годы отмечается некоторое снижение количества работ, посвященных палеопочвенным реконструкциям природной среды. В то же время в связи с открытием новых культур и культурных общностей, изменением хронологической позиции уже известных, общим переходом на калиброванные радиоуглеродные данные наметилась тенденция отставания палеопочвенных исследований от новых археологических реалий. В этой связи в археологическом почвоведении назрела необходимость глубокого пересмотра и систематизации накопленной палеоэкологической базы данных.

Что касается сугубо почвенных исследований, то наибольшие перспективы открываются в области изучения структуры палеопочвенного покрова, особенностей эрозионно-аккумулятивных процессов в разные исторические эпохи.

Относительно исследования курганных насыпей следует признать, что наиболее интересные результаты ожидаются от их палеопочвенного изучения, установления особенностей создания кургана, курганной архитектуры, организации ритуального пространства, погребальном убранстве и т.д. Эти вопросы к настоящему времени проработаны в минимальной степени.

Чрезвычайно широкие возможности открываются в области изучения культурного слоя. Долгое время этот аспект был на втором плане в археологическом почвоведении, уступая первенство вопросам изучения погребенных почв и реконструкции климата. Но по мере накопления палеоэкологической информации и приближении ее к пределу точности в связи с отмеченными выше особенностями датировки памятников, все больше исследователей занимаются изучением культурного слоя. На первых порах основные результаты этих работ были ориентированы на решение археологических вопросов, связанных с реконструкцией особенностей хозяйственной деятельности на памятнике. В дальнейшем оказалось, что информационный потенциал этого направления отнюдь не ограничивается археологическими реконструкциями и имеет весьма широкие перспективы в плане получения новых сведений фундаментального характера.

И последнее, пожалуй, наиболее перспективное направление археологического почвоведения связано с развитием ландшафтной археологии. Не вызывает сомнений востребованность методической базы археологического почвоведения при изучении древнего земледелия, животноводства, иных форм взаимодействия человека и окружающей среды. Чрезвычайно актуальным представляется использование методов археологического почвоведения

в вопросах изучения зоны обитания на поселении (*site*) и хозяйственной периферии памятника (*offsite*), а также в развитии микротопографии памятников и выделении зон разного характера использования внутри отдельных построек.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Методика отбора образцов

Следует подчеркнуть, что палеопочвенные исследования археологических памятников могут выполняться лишь специалистом почвоведом, имеющим опыт работы на такого рода объектах. Попытки археологов каким-то образом самостоятельно решать эти вопросы, отбирать образцы почв и т.д., как правило, не приводят к успеху, так как теряется огромный пласт информации, связанный в первую очередь с морфологическими характеристиками почв. Безусловно, оптимальный вариант – предварительная договоренность между археологом и почвоведом о совместном изучении памятника. Только в этом случае удастся получить абсолютно корректные и надежные результаты.

Однако бывают ситуации, когда нет возможности пригласить почвоведов, при этом исследуемый памятник уникален для той или иной исторической эпохи или природной зоны и его исследование с помощью методов почвоведения могло бы пролить свет на многие неизвестные ранее аспекты. В этом случае можно порекомендовать следующий алгоритм действий.

Подготовка профиля к фотофиксации. Погребенную почву или культурный слой в наиболее информативном месте следует тщательно зачистить, не оставляя следов от лопаты. От уровня верхней границы погребенной почвы или современной поверхности закрепить масштабную сантиметровую ленту. С одной стороны от ленты поверхность оставляется ровно зачищенной, с другой – почвенный профиль необходимо препарировать. Это делается следующим образом. В почву втыкается нож на глубину 1-2 см, после чего, отводя рукоятку в сторону, из почвы выламывается кусочек размером в несколько сантиметров. В следующий раз нож втыкается рядом с образовавшейся на стенке ямкой на расстоянии в несколько сантиметров, и операция повторяется. В итоге формируется неровная поверхность, отражающая структуру почвы в естественном, не заглаженном состоянии. Таким образом, двигаясь по направлению сверху вниз по стенке разреза необходимо создать вертикальную полосу шириной около 30 см почвы естественного сложения.

Фотофиксация. Фотографировать профиль необходимо при рассеянном солнечном свете. Снимки ярко освещенного или искусственно затененного профиля недопустимы. Следует следить за тем, чтобы при фотофиксации были видны и заглаженная поверхность, и поверхность в естественном состоянии, а также сантиметровая лента (см. цв. вклейку, рис. XIV). Сами снимки должны быть разного масштаба: панорамные, профильные, а также послойные достаточно высокого разрешения. После этого составляется описание профиля. По возможности фиксируются следующие показатели: цвет, плотность, влажность, наличие и глубина появления включений.

Отбор образцов. После фотосъемки и описания можно перейти к *профильному отбору образцов*. В случае с монотонным профилем без явной стратиграфии на ровной стенке размечаются ножом горизонтальные линии через 5 см от современной поверхности до материка. Если в профиле видны слои и прослойки, то стенка расчерчивается по границам слоев. При этом если мощность слоя больше 5 см, то внутри его также выделяются слои. Делается еще фото с расчерченной стенкой.

Пред отбором образцов следует протереть руки и инструмент спиртом или водкой. После этого образцы отбирают из центральной части каждого выделенного слоя из 10–20 точек, выбирая наиболее характерные для данного слоя участки. Вес образца должен составлять около 200 г. Следует особенно внимательно выбирать участки для отбора образцов, избегая нор землероев и посторонних включений естественной или антропогенной природы. Образцы отбираются в полиэтиленовые пакеты, в которые вкладываются маленькие ZIP-пакеты с биркой, на которой указано: название памятника, дата, номер раскопа или сектора, глубина отбора образца.

В этот же день в камеральных условиях образцы грунта необходимо высушить до воздушно-сухого состояния. Для этого образцы высыплются на крафтовую бумагу слоем не более 1–2 см в затененном хорошо проветриваемом месте. При этом пакет с биркой находится в грунте. После высыхания образцы хранят в прохладном месте до отправки в лабораторию.

В случае с культурным слоем поселений образцы отбираются из каждого слоя или прослойки на участке с наиболее хорошо выраженной стратиграфией напластований. При этом по той же схеме проводятся фотофиксация, описание, отбор образцов и подготовка их к транспортировке; на бирке указываются номера раскопа и квадрата, глубина отбора образца. Образцы сопровождаются схемой отбора, на которой приводится фото профиля с кратким описанием слоев и указанием глубин залегания каждого слоя, из которого отбирался образец для почвенных анализов (см. цв. вклейку, рис. XV).

Свойства почв археологического памятника необходимо сравнивать с современными фоновыми почвами за его пределами. Для этого выбирается участок, соответствующий месту расположения памятника по геоморфологическим, литологическим и почвенным условиям. Безусловно, предпочтительно выбирать целинный участок. Но если таковые располагаются далеко либо в иных ландшафтных условиях, то можно в качестве фона выбирать пахотный участок. На выбранном месте закладывается почвенный разрез глубиной до слоя почвообразующей породы. После этого проводятся фотофиксация, описание и отбор образцов. С образцами, отобранными по такой методике, можно работать и решать многие задачи, связанные с реконструкцией как палеоэкологических условий, так и особенностей антропогенной деятельности на памятнике.

Менее строгие требования к *площадному отбору образцов* культурного слоя, и здесь вполне можно обойтись без почвоведов. Сразу оговоримся, что площадной отбор образцов культурного слоя имеет смысл проводить лишь на поселениях эпохи бронзы и аграрных селищах раннего железного века и средневековья, т.е. на объектах, где культурный слой морфологически не обособляется от почвен-

ной массы. Что касается памятников городского типа, то в силу чрезвычайно высокой интенсивности и разнообразия антропогенного воздействия на почву площадные анализы едва ли будут корректными.

При площадном исследовании культурного слоя отбор образцов проводится по следующей схеме. На том уровне раскопа культурного слоя, который соответствует периоду расцвета поселения, после горизонтальной зачистки вся площадь раскопа расчерчивается на квадратные метры и каждому квадратному метру присваивается номер в определенной последовательности. Составляется схема нумерации квадратов. Отбор образцов проводится из пяти точек в каждом квадратном метре – в центре и по углам квадрата (см. цв. вклейку, рис. XVI). При этом следует во всех случаях отбирать морфологически близкий грунтовый материал, избегать участков, где явно заметны хозяйственные и столбовые ямы, остатки сооружений, камни, глина и прочие неоднородности. Отбирается заведомо большой объем грунта, 200–300 г, который перемешивается и усредняется. После этого из усредненного образца отсыпается около 50 г для анализов. Образцы лучше отбирать в крафтовые конверты, на которых подписывается номер квадрата.

Сразу после отбора необходимо обеспечить условия для максимально быстрого высушивания конвертов. Образцы должны быть высушены в течение нескольких часов, так как в противном случае конверты могут разваливаться. Грунт после высыхания пересыпают в полиэтиленовые ZIP-пакеты, куда помещают бирку с номером квадрата, как было описано выше. Отбор грунта можно проводить сразу в полиэтиленовые пакеты, но в этом случае затрудняется процесс высушивания, особенно при большом количестве образцов.

Отбор образцов грунта из ритуальных сосудов в погребениях осуществляется следующим образом. В качестве контроля отбирается грунт на уровне венчика горшка. Этот грунт попал в горшок на самом последнем этапе его заполнения, поэтому ритуальная пища, которая исходно присутствовала в горшке, не могла изменить его химические и микробиологические свойства. Вес образца должен составлять 50–70 г. После отбора контрольного образца отбирается грунт из нижнего сантиметрового слоя заполнения сосуда. На этом этапе требуется особая аккуратность, так как необходимо удалить все содержимое горшка, оставив лишь сантиметровый слой грунта на дне сосуда. Эту операцию удобно проводить специально заточенной ложкой, срезая тонкими слоями грунт внутри горшка и сразу же удаляя его. После того, как на дне в горшке останется не более 1 см, можно отбирать образец на анализы. Процедура сушки и хранения образцов аналогична описанной выше. Сам сосуд после отбора образцов необходимо сфотографировать.

ЛИТЕРАТУРА

- Александровская Е.И., Александровский А.Л., Шишлина Н.И.*, 2000. Охры из погребений Калмыкии и Северного Кавказа // Сезонный экономический цикл населения Северо-Западного Прикаспия в бронзовом веке. М.: ГИМ. С. 28–31. (Тр. ГИМ, вып. 120).
- Александровский А.Л.*, 1997. Степи Северного Кавказа в голоцене по данным палеопочвенных исследований // Степь и Кавказ. М.: ГИМ. С. 22–29. (Тр. ГИМ, вып. 97).

- Александровский А.Л.*, 2002. Изменения почв и природной среды на юге России в голоцене // *Opus: Междисциплинарные исследования в археологии*. № 1–2. С. 109–119.
- Александровский А.Л., Александровская Е.И.*, 1999. Определение содержимого сосудов из погребений эпохи бронзы – раннего железного века могильника Манджикины-1 // *Могильник Манджикины-1: памятник эпохи бронзы – раннего железного века Калмыкии*. М.; Элиста. С. 48–51.
- Александровский А.Л., Александровская Е.И.*, 2005. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука. 223 с.
- Александровский А.Л., Кренке Н.А.*, 1995. Изучение средневековых пахотных горизонтов в Москве и Подмосковье // *КСИА*. Вып. 208. С. 20–31.
- Алексеев А.О., Алексеева Т.В.*, 2012. Оксидогенез железа в почвах степной зоны. М.: ГЕОС. 208 с.
- Алексеев А.О., Алексеева Т.В., Калинин П.И.*, 2014. Качественные и количественные индикаторы изменения состояния природной среды, сохраняющиеся в почвах археологических памятников // *Мат-лы междунар. конф. по археологическому почвоведению, посв. памяти В.А. Демкина*. Пушкино: Фотон-век. С. 79–81.
- Алексеев А.О., Алексеева Т.В., Махер Б.А.*, 2003. Магнитные свойства и минералогия соединений железа степных почв // *Почвоведение*. № 1. С. 62–74.
- Алешинская А.С., Кочанова М.Д., Макаров Н.А., Спиридонова Е.А.*, 2008. Становление аграрного ландшафта Суздальского Ополья в средневековье (по данным археологических и палеоботанических исследований) // *РА*. № 1. С. 35–47.
- Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б.*, 1993. Почвенный покров среднерусского Черноземья. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. 216 с.
- Ахтырцев Б.П., Пряхин А.Д.*, 1988. Палеопочвы под курганами эпохи бронзы в Среднерусской лесостепи // *Биологические науки*. № 12. С. 99–103.
- Борисов А.В.*, 2014. Концепция археологического почвоведения В.А. Демкина // *Мат-лы междунар. конф. по археологическому почвоведению, посв. памяти В.А. Демкина*. Пушкино: Фотон-век. С. 5–8.
- Борисов А.В., Демкина Т.С., Демкин В.А.*, 2006. Палеопочвы и климат Ергеней в эпоху бронзы, IV–II тыс. до н.э. М.: Наука. 210 с.
- Борисов А.В., Коробов Д.С.*, 2013. Древнее и средневековое земледелие в Кисловодской котловине: итоги почвенно-археологических исследований. М.: Таус. 272 с.
- Борисов А.В., Мимоход Р.А., Демкин В.А.*, 2011. Палеопочвы и природные условия южнорусских степей в посткатакомбное время // *КСИА*. Вып. 225. С. 144–154.
- Борисов А.В., Петерс С., Чернышева Е.В., Коробов Д.С., Рейнхольд С.*, 2013. Химические и микробиологические свойства культурных слоев поселений кобанской культуры (XIII–IX вв. до н.э.) в окрестностях г. Кисловодска // *Вестник археологии, антропологии, этнографии*. № 4. С. 142–162.
- Борисов А.В., Шишлина Н.И., Клещенко А.А., Идрисов И.А.*, 2014. Сезонные стоянки эпохи бронзы в пустынных степях Северного Прикаспия: Проблемы поиска и интерпретации материала // *Мат-лы междунар. конф. по археологическому почвоведению, посв. памяти В.А. Демкина*. Пушкино: Фотон-век. С. 86–90.
- Бронникова М.А., Иванова А.Е., Кочкина А.Ф., Сташенков Д.А.*, 2014. Опыт комплексной диагностики характера антропогенных воздействий на территории раннесредневекового города // *Мат-лы междунар. конф. по археологическому почвоведению, посв. памяти В.А. Демкина*. Пушкино: Фотон-век. С. 194–186.
- Валдайских В.В.*, 2007. Экологические особенности формирования почв на местах древних антропогенных нарушений (на примере лесостепной зоны Западной Сибири): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург. 24 с.
- Веллесте П.*, 1952. Анализ фосфатных соединений почвы для установления мест древних поселений // *КСИИМК*. Вып. 42. С. 135–140.

- Гайдученко Л.Л., 2000. Композитная пища и освоение пищевых ресурсов населением Урало-казахстанских степей в эпоху энеолита-бронзы // Археологический источник и моделирование древних технологий. С. 150–169. (Тр. музея-заповедника Аркаим, вып. 5).
- Гак Е.И., Чернышева Е.В., Ходжаева А.К., Борисов А.В., 2014. Опыт выявления и систематизации инфраструктурных признаков поселения Рыкань-3 в лесостепном Подонье // РА. № 4. С. 19–28.
- Гольева А.А., 1999. Биоморфный анализ образцов из курганных погребений могильника Манджикины-1 // Могильник Манджикины-1: памятник эпохи бронзы – раннего железного века Калмыкии. Москва; Элиста. С. 62–89.
- Гольева А.А., Свирида Н.М., 2014. Определение древних пахотных земель Московской области // Мат-лы междунар. конф. по археологическому почвоведению, посв. памяти В.А. Демкина. Пушкино: Фотон-век. С. 200–203.
- Гоняный М.И., Александровский А.Л., Гласко М.П., 2007. Северная лесостепь бассейна Верхнего Дона времени Куликовской битвы. М. 208 с.
- Демкин В.А., 1993. Почвы сухих и пустынных степей Восточной Европы в древности и средневековье: Дис. ... д-ра биол. наук. М. 48 с.
- Демкин В.А., 1997. Палеопочвоведение и археология. Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН. 213 с.
- Демкин В.А., 1999. Реконструкция содержимого глиняных сосудов из курганных захоронений // Вопросы археологии Поволжья. Вып. 1. Самара. С. 243–248.
- Демкин В.А., Борисов А.В., Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Золотарева Б.Н., Каширская Н.Н., Удальцов С.Н., Ельцов М.В., 2010. Волго-Донские степи в древности и средневековье (по материалам почвенно-археологических исследований). Пушкино: Synchrobook. 120 с.
- Демкин В.А., Демкина Т.С., Удальцов С.Н., 2014. Реконструкция погребальной пищи в глиняных сосудах из курганных захоронений // Вестник археологии, антропологии, и этнографии. № 2 (25). С. 148–159.
- Демкин В.А., Дьяченко А.Н., 1994. Итоги палеопочвенного изучения поселения Ерзовка-1 в Волгоградской области // РА. № 3. С. 216–222.
- Демкин В.А., Лукашов А.В., Ковалевская И.С., Скрипниченко И.И., 1988. О возможности историко-социологических реконструкций при почвенно-археологических исследованиях. Пушкино: ОНТИ. С. 15–16.
- Демкин В.А., Рысков Я.Г., Русанов А.М., 1995. Изменение почв и природной среды степного Предуралья во второй половине голоцена // Почвоведение. № 12. С. 1445–1452.
- Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н., Стретович И.В., Демкин В.А., 2010. Микробиологические исследования палеопочв археологических памятников степной зоны // Почвоведение. № 2. С. 213–220.
- Дергачева М.И., 1997. Археологическое почвоведение. Новосибирск: СО РАН. 228 с.
- Детюк А.Н., Тараненко Н.П., 1997. Анализ почв на содержание фосфатов как метод определения мест расположения древних поселений // Естественно-научные методы в полевой археологии. Вып. 1. М.: ИА РАН. С. 43–58.
- Докучаев В.В., 1883. Русский чернозем: Отчет Вол. экон. об-ву. СПб.: Изд. Вол. экон. об-ва. 376 с. (переизд.: Докучаев В.В. Сочинения. Т. 3. М.: Изд-во АН СССР, 1949. 622 с.).
- Долгих А.В., 2010. Формирование педолитоседиментов и почвенно-геохимической среды древних городов Европейской России: Дис. ... канд. геогр. наук. М. 153 с.
- Долгих А.В., 2011. Антропогенное накопление химических элементов в педолитоседиментах древних городов европейской России // Научные ведомости БелГУ. № 15 (110), вып. 16. С. 135–144.
- Заварзина Д.Г., Алексеев А.О., Алексеева Т.В., 2003. Роль железоредуцирующих бактерий в формировании магнитных свойств степных почв // Почвоведение. № 10. С. 1218–1227.
- Иванов И.В., 1978. Почвоведение и археология // Почвоведение. № 10. С. 17–28.
- Иванов И.В. Эволюция почв степной зоны в голоцене. М.: Наука, 1992. 144 с.

- Иванов И.В.*, 2014. Исследование почв археологических памятников: развитие исследований, научные идеи и некоторые результаты // Мат-лы междунар. конф. по археологическому почвоведению, посв. памяти В.А. Демкина. Пушино: Фотон-век. С. 17–27.
- Иванов И.В., Демкин В.А., Губин С.В.*, 1978. Вопросы истории развития степных почв в голоцене. Препринт. Пушино. 24 с.
- Иванов И.В., Васильев И.Б.*, 1995. Человек, природа и почвы в Рын-песках Волго-Уральского междуречья в голоцене. М.: Интеллект. 258 с.
- Иванова А.Е., Марфенина О.Е., Кислова Е.Е., Зазовская Э.П.*, 2006. Микологические характеристики культурного слоя средневекового поселения на дерново-карбонатных почвах // Почвоведение. № 1. С. 62–71.
- Идрисов И.А.*, 2014. Геохимические особенности курганов и подкурганных почв курганной группы № 4 южного участка Паласа-сыртского курганного могильника (Дагестан) // Мат-лы междунар. конф. по археологическому почвоведению, посв. памяти В.А. Демкина. Пушино: Фотон-век. С. 217–219.
- Кайданова О.В.*, 1987. Накопление тяжелых металлов в почвах городов Курской области на разных исторических этапах // Антропогенная эволюция геосистем и их компонентов. М.: ИГ РАН. С. 127–142.
- Калинин П.И., Алексеев А.О., Савко А.Д.*, 2009. Лёссы, палеопочвы и палеогеография квартера юго-востока Русской равнины. Воронеж: Воронеж. гос. ун-т. 140 с. (Тр. НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та, вып. 58).
- Ковалева Н.О., Ковалев И.В.*, 2009. Биотрансформация лигнина в дневных и погребенных почвах разных экосистем // Почвоведение. № 11. С. 84–96.
- Ковалева Н.О., Ковалев И.В., Тютерева О.И.*, 2014. Роль изотопной подписи в уточнении археологических рубежей (на примере культурных слоев городищ Пощенья) // Мат-лы междунар. конф. по археологическому почвоведению, посв. памяти В.А. Демкина. Пушино: Фотон-век. С. 123–126.
- Коробов Д.С., Борисов А.В.*, 2012. О земледелии алан Кисловодской котловины в I тыс. н.э. // РА. № 2. С. 39–51.
- Кривошеев М.В., Ельцов М.В., Мимоход Р.А., Борисов А.В.*, 2014. Грунтовые блоки как строительные элементы в курганной архитектуре сарматских памятников Волго-Донского междуречья // Мат-лы междунар. конф. по археологическому почвоведению, посв. памяти В.А. Демкина. Пушино: Фотон-век. С. 226–229.
- Кузнецова Т.В., Ходжаева А.К., Удальцов С.Н.*, 2014. Пулы азота в современных и разновозрастных погребенных почвах сухих степей Нижнего Поволжья // Мат-лы междунар. конф. по археологическому почвоведению, посв. памяти В.А. Демкина. Пушино: Фотон-век. С. 129–133.
- Кураков А.В., Ладонин Д.В.*, 2014. Тяжелые металлы, мышьяк и селен в ранних культурных слоях раскопа древнегреческого города Фанагория // Мат-лы междунар. конф. по археологическому почвоведению, посв. памяти В.А. Демкина. Пушино: Фотон-век. С. 230–233.
- Лисецкий Ф.Н.*, 2008. Агрогенная трансформация почв сухостепной зоны под влиянием античного и современного этапов землепользования // Почвоведение. № 8. С. 913–927.
- Лисецкий Ф.Н., Голусов П.В., Чепелев О.А.*, 2013. Развитие черноземов Днестровско-Прутского междуречья в голоцене // Почвоведение. № 5. С. 540–555.
- Марфенина О.Е., Горбатовская Е.В., Горленко М.В.*, 2001. Микологические характеристики культурных слоев почв древнерусских поселений // Микробиология. Т. 70, № 6. С. 855–859.
- Марфенина О.Е., Иванова А.Е., Кислова Е.Е., Зазовская Э.П., Чернов И.Ю.*, 2008. Грибные сообщества почв раннесредневековых поселений таежно-лесной зоны // Почвоведение. № 7. С. 850–860.
- Махонина Г.И., Валдайских В.В.*, 2008. Заключение по почвенным исследованиям археологических памятников (Прил. 1) // Коловское городище. Новосибирск: Наука. С. 201–207. (Древности Ингальской долины: археолого-палеоэкологические исследования, вып. № 2).

- Микляев А.М., Герасимова Н.Г., 1968. Опыт применения фосфатного анализа при разведке древних поселений на территории Псковской области // СА. № 3. С. 251–255.
- Пампура Т.В., Пробст А., Ладонин Д.В., Демкин В.А., 2013. Содержание и изотопный состав свинца в подкурганных и современных каштановых почвах Приволжской возвышенности // Почвоведение. № 11. С. 1325–1343.
- Плеханова Л.Н., Демкин В.А., 2008. Палеопочвы курганов раннего железного века степного Зауралья // Почвоведение. № 1. С. 5–16.
- Рысков Я.Г., Демкин В.А., 1997. Развитие почв и природной среды степей Южного Урала в голоцене (опыт реконструкции с использованием методов геохимии стабильных изотопов). Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН. 168 с.
- Скрипникова М.И., 2004. Изучение древнего земледелия в горах Кавказа // Древний Кавказ: ретроспекция культур. Междунар. конф., посв. 100-летию со дня рожд. Е.И. Крупнова (XXIV «Крупновские чтения» по археологии Северного Кавказа). М.: ИА РАН. С. 181–184.
- Сычева С.А., 1994. Почвенно-геоморфологические аспекты формирования культурного слоя древних поселений // Почвоведение. № 3. С. 28–33.
- Сычева С.А. Культурные слои древних поселений как объект междисциплинарных исследований // Культурные слои археологических памятников. Теория, методы и практика исследований. Мат-лы конф. М.: ИГ РАН, ИА РАН, НИА-Природа, 2006. С. 45–54.
- Усачева И.В., 2012. Охрана и эксперименты по ее изготовлению // Человек и Север: Антропология, археология, экология. Мат-лы конф. Тюмень. С. 50–54.
- Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н., Демкин В.А., 2011. Оценка живой и суммарной биомассы микробных сообществ современной каштановой почвы и подкурганных палеопочв // Почвоведение. № 12. С. 1496–1503.
- Хохлова О.С., 2006. Внутривековая (декадная) эволюция почв и скорости изменчивости свойств в степных почвах на разных породах // Экология и почвы. Лекции и доклады XIII Всерос. школы. Т. V. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН. С. 278–286.
- Хохлова О.С., 2007. Палеоклиматические реконструкции для III тыс. до н.э. по данным палеопочвенного изучения курганов ямной культуры в Оренбургском Предуралье // Вестник Оренбургского гос. ун-та. № 10. С. 110–117.
- Хохлова О.С., Хохлов А.А., Олейник С.А., 2006. Особенности палеопочвенных исследований памятников ранних алан у с. Брут, республика Северная Осетия-Алания // Культурные слои археологических памятников. Теория, методы и практика. Мат-лы конф. М.: ИГ РАН, ИА РАН, НИА-Природа. С. 254–263.
- Чендев Ю.Г., 2001. Позднеголоценовая эволюция чернозёмов юга центральной лесостепи. // Почвоведение. № 3. С. 266–277.
- Чернышева Е.В., Каширская Н.Н., Коробов Д.С., Борисов А.В., 2014. Биологическая активность дерново-карбонатных почв и культурных слоев аланских поселений Кисловодской котловины // Почвоведение. № 9. С. 1068–1076.
- Чернышева Е.В., Коробов Д.С., Борисов А.В., 2014. Уреазная активность как новый диагностический признак культурного слоя // Мат-лы междунар. конф. по археологическому почвоведению, посв. памяти В.А. Демкина. Пушино: Фотон-век. С. 251–254.
- Шишлина Н.И., 2014. Изотопный состав азота и углерода коллагена костей археологических животных как показатель климатических изменений (на примере материалов лолинской культуры эпохи бронзового века // Мат-лы междунар. конф. по археологическому почвоведению, посв. памяти В.А. Демкина. Пушино: Фотон-век. С. 180–183.
- Шишлина Н.И., Пахомов М.М., 2002. Спорово-пыльцевые исследования почвенных образцов из могильника Островной в Калмыкии // Могильник Островной. Итоги комплексного исследования памятников археологии Северо-западного Прикаспия. Москва; Элиста. С. 52–59.
- Якимов А.С., Демкин В.А., Алексеев А.О., 2007. Природные условия степей Нижнего Поволжья в эпоху средневековья (VIII–XIV вв. н.э.). М.: НИА-Природа. 228 с.

- Якимов А.С., Кайдалов А.С., Сечко Е.А., Пустовойтов К.Е., Кузяков Я.В., 2012. Почвы раннесредневекового (IV–VI вв. н.э.) городища Среднего Притоболья и их палеогеографическое значение // Археология, этнография и антропология Евразии. № 4 (52). С. 134–143.
- Arrhenius O., 1931. Die Bodenanalyse im Dienst der Archäologie // Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, und Bodenkunde. Tiel B. Bd. 10. S. 427–439.
- Barda L., 1994. The old as source of new archaeological information // 15th World Congress of Soil Science. Vol. 6. P. 345.
- Chernysheva E.V., Korobov D.S., Khomutova T.E., Borisov A.V., 2015. Urease activity in cultural layers at archaeological sites // J. of Archaeological Science. 57. P. 24–31.
- Davidson D., 2002. Bioturbation in Old Arable Soils: Quantitative Evidence from Soil Micromorphology // J. of Archaeological Science. 29. P. 1247–1253.
- Demkin V.A., Klepikov V.M., Udaltsov S.N., Demkina T.S., Eltsov M.V., Khomutova T.E., 2014. New aspects of natural science studies of archaeological burial monuments (kurgans) in the southern Russian steppes // J. of Archaeological Science. 42. P. 241–249.
- Eidt R.C., 1977. Detection and examination of anthrosols by phosphate analysis // Science. 197. P. 1327–1333.
- Fassbinder J., Stanjek H., 1993. Occurrence of biogenic magnetite in soils from archaeological sites // Archaeologia Polona. Vol. 31. P. 117–128.
- Holliday V.T., Gartner W.G., 2007. Methods of soil P analysis in archaeology // J. of Archaeological Science. Vol. 34. P. 301–333.
- Kooistra M., Kooistra L., 2003. Integrated research in archaeology using soil micromorphology and palynology // Catena. 54. P. 603–617.
- Kukla G.J., Heller F., Liu S.M., Xu T.C., Liu T.S., An Z.S., 1988. Pleistocene climates dated by magnetic susceptibility // Geology. 16. P. 811–814.
- Lewis H., 2012. Investigating ancient Tillage. An experimental and micromorphological study. Oxford: Oxford Univ. Press. P. 44–55. (BAR Intern. Ser., 2388).
- Lorch W., 1940. Die siedlungsgeographische phosphatmethode // Die Naturwissenschaften. Bd. 28. S. 633–640.
- Maher B.A., Alekseev A., Alekseeva T., 2003. Magnetic mineralogy of soils across the Russian steppe: climatic dependence of pedogenic magnetite formation // Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. Vol. 201, no. 3–4. P. 321–341.
- Marfenina O.E., Ivanova A.E., Kislova E.E., Zazovskaya E.P., Chernov I.Y., 2008. Fungal Communities in the Soils of Early Medieval Settlements in the Taiga Zone // Eurasian Soil Science. Vol. 41. P. 749–759.
- Oldfield F., Crowther J., 2007. Establishing fire incidence in temperate soils using magnetic measurements // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Vol. 249. P. 362–369.
- Van der Meer J.J., Warren W.P., 1997. Sedimentology of late glacial clays in lacustrine basins, Central Ireland // Quaternary Science Reviews. Vol. 16. P. 779–791.

IV. ПАЛЕОАНТРОПОЛОГИЯ И СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ

БИОАРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В ИЗУЧЕНИИ МАТЕРИАЛОВ КРЕМАЦИИ

М.В. Добровольская

Общие положения

Использование антропологического источника при описании погребальных археологических памятников давно стало обычной методической нормой. Однако это относится лишь к погребениям по обряду ингумации. Исследования антропологических материалов в виде останков человека после обряда кремации (трупосожжения) представлены в отечественной археологической литературе гораздо более скромно. Это связано с известной ограниченностью возможностей изучать морфологические особенности скелета, чему в значительной мере посвящены классические антропологические работы.

Современные подходы исторической экологии человека, широко использующие данные палеодемографии, палеопатологии, возможности изучения состава костной ткани дают новые основания обратиться к кремированным скелетным материалам с целью получения информации важной в археологических исследованиях (*Алексеева, 1975; Holck, 1996; Козловская, 1998*). Следует отметить, что изучение кремированного антропологического материала входит в программу палеоантропологических исследований, принятую в мировой археологической практике (*Ubelaker, 2008; Добровольская, 2010*).

Обряд трупосожжения, или в более общем виде – кремация останков умерших, как известно, получает чрезвычайно широкое распространение в эпохи раннего железного века и раннего средневековья в Европе в целом¹. Истоки этой обрядности уходят в глубокое прошлое каменного века. Исключать из анализа этот сложный источник представляется неверным. Кроме того, нельзя забывать, что те или иные формы погребальной кремации практиковались в эпохи мезолита, неолита и бронзы, а динамика их распространения была и остается важной научной проблемой, затрагивающей вопросы формирования новых форм верований.

¹ В археологической литературе часто встречается термин «кальцинированные кости», который не соответствует реальному состоянию останков после кремации, так как никакого обогащения кальцием в процессе обжига, прокаливания, обугливания не происходит. Частичные потери органической составляющей и воды, которые происходят при кремации, приводят к равному увеличению доли основных минеральных соединений, входящих в костную ткань.



Рис. 1. Типы скоплений кремированных материалов

О методике сбора материалов кремации в полевых условиях

В ходе изучения погребальных памятников, святилищ и других культовых комплексов, а также слоев поселенческих памятников приходится сталкиваться с костными материалами, прошедшими ту или иную термическую обработку огнем. Диапазон характера этих материалов велик: от обугленных фрагментарных кухонных остатков до скоплений кремаций из погребений. Обожженная кость или объект, включающий костные структуры (тело, изделия с костяными вставками и пр.), – материал, требующий отдельных методов анализа. Такая необходимость вызвана тем, что термически обработанная кость сохраняет информацию как о биологических особенностях скелета, так и о самой процедуре термической обработки. Объединение такой информации позволяет получить собственно биоархеологический источник.

Методика полевого сбора материала направлена на получение подробной информации о локализации кости (костей), а также сохранение самих костных материалов.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся варианты материалов кремации. Это прежде всего скопление костных останков в погребальных памятниках. На рис. 1 представлены три основных варианта депонирования кремированных останков, определяющие методику сбора материала.

Погребения в урнах. Наиболее правильным следует считать получение и сохранение урны с кремацией. Наилучший вариант предполагает разборку кремации, находящейся в урне, силами специалиста биоархеолога. Как показали исследования урновых погребений, в ряде случаев можно выявить определенный порядок заполнения урны. При ее разборке важно фиксировать локализацию той или иной части скопления кремированных костей. Делать это возможно с различной степенью подробности, что, как правило, диктует сам материал. Можно просто формально разделить всю толщу залегания фрагментов на три части (верхняя треть, середина, придонная треть), мож-

но провести разметку урны по сантиметрам (например, шаг в 5 см), можно ориентироваться на крупные объекты, которые могут находиться внутри урны (возможно, оружие). Смысл фиксации состоит в том, что в том случае, если был некоторый порядок помещения фрагментов (например, кости конечностей – внизу, кости черепа – наверху), это сразу позволит выявить существующую тенденцию. Очевидно, что в большинстве случаев приходится иметь дело с поврежденными урнами, поврежденными погребениями. В этой ситуации важно полностью упаковать *все* содержимое урны в полиэтиленовый пакет, который в нескольких местах перфорирован для возможности постепенного высыхания заполнения урны. Если часть скопления кремированных останков находилась вне урны, важно собрать это скопление и запаковать отдельно с соответствующей маркировкой. Это в полной мере относится к скоплениям кремированных костей, которые могут быть обнаружены над урной, под урной, в стороне от урны. Промывать или просеивать материал не рекомендуется, так как это ведет к добавочной фрагментации материалов кремации. Мыть кости также не рекомендуется по этой же причине.

Тяжелый глинистый грунт заполнения зачастую разрушает фрагменты кремированных костей. В случае сбора материала в погребениях с глинистым грунтом, лучше его размочить, кости осторожно промыть, высушить и запаковать с указанием того, что была проведена промывка.

Погребения с локальным депонированием кремированных останков.

Следует собирать все скопление *целиком* с указанием координат залегания. В том случае, если объем скопления значителен (ориентировочно более 500 см³), необходимо указать минимальные – максимальные координаты по всем трем осям. Важно не забыть перфорировать полиэтиленовый упаковочный материал.

Рассеянные в поверхностных слоях кремированные материалы представляют собой наиболее сложный вариант для полевого сбора. Основная сложность состоит в необходимости фиксировать пространства или поверхности распространения кремированных фрагментов. Удачной формой фиксации следует считать введение новых квадратов, например со стороной 25 см. Также следует фиксировать глубину залегания фрагментов с шагом в 5 см. В результате можно получить картину трехмерного расположения фрагментов.

Обработка полученного материала

Методы изучения кремированных останков из археологических памятников базируются на практике судебно-медицинских и криминалистических изысканий, которые имеют обширную историю и требуют специального историографического освещения. Поэтому в данной публикации отметим лишь, что в работе с материалами мы руководствуемся рядом наиболее принятых методов (*Van Vark, 1974; Steward, 1979; Holck, 1996; Звягин, 2000*). Важно подчеркнуть, что методические особенности обработки кремированных материалов не могут быть стандартизованы в такой же степени, как и, например, морфометрические и морфоскопические исследования скелетных останков. Дело в том, что обряд кремации чрезвычайно вариативен, и от того, каким образом проводилось сжи-

гание², в значительной мере зависит, какие из методических приемов будут применимы к этому материалу.

Тем не менее, ориентируясь на, вероятно, наиболее полные методы описания кремаций криминалистами, приведем позиции стандартного бланка, принятого в судебно-медицинской практике (Fairvrieve, 2008. Р. 93).

1. Шифр.
2. Контекст.
3. Элементы скелета.
4. Масса (в граммах).
5. Цвет.
6. Характеристика трещин и разломов.
7. Прижизненные травмы и нарушения.
8. Место хранения.
9. Дата заполнения бланка.

Важнейшая информация, которая может быть получена при изучении кремированных останков, – половозрастная характеристика. Определение пола происходит на основании выявления фрагментов с анатомически выраженными особенностями, используемыми в обычной антропологической практике определения пола. Вероятность того, что определения пола и возраста будут достоверны, зависит от степени термической обработки скелета. При длительном и высокотемпературном горении эта вероятность зачастую снижается до 10–15%, как показывает опыт. Чаще прочих сохраняются фрагменты лобной кости в надглазничной области (рис. 2, 1), другие части свода черепа, фаланги кистей рук, фрагменты стенок диафизов крупных трубчатых костей. По ним и проводятся определения пола.

Отнести индивид к той или иной возрастной градации несколько легче, так как для выявления крупных возрастных периодов (детство, возмужалый возраст, зрелый возраст, старческий возраст) можно использовать не только общие морфологические особенности, но и состояние черепных швов (рис. 2, 2), суставных поверхностей, наличие не приросших эпифизов, степень возрастных изменений костной ткани, которые проявляются в увеличении площади Гаверсовых каналов (одно из проявлений остеопороза), степень сформированности внутреннего губчатого слоя костной ткани свода черепа. Зачастую сохраняются коронки зубов, которые находились в толще челюсти и не вышли на поверхность. По набору и степени сформированности коронок можно установить возраст этих детей и подростков.

На фрагментах кремированных костей и зубов могут быть встречены травмы, маркеры физиологического стресса, следы длительных заболеваний. Их выявление и фиксация проводится в основном согласно общим правилам (Историческая..., 1998). Следует лишь не забывать значительные изменения размерности при термической обработке.

² Вероятно более корректным следует считать термин «термическая обработка», так как в ряде памятников встречаются, например, обугленные или прокаленные фрагменты костей.

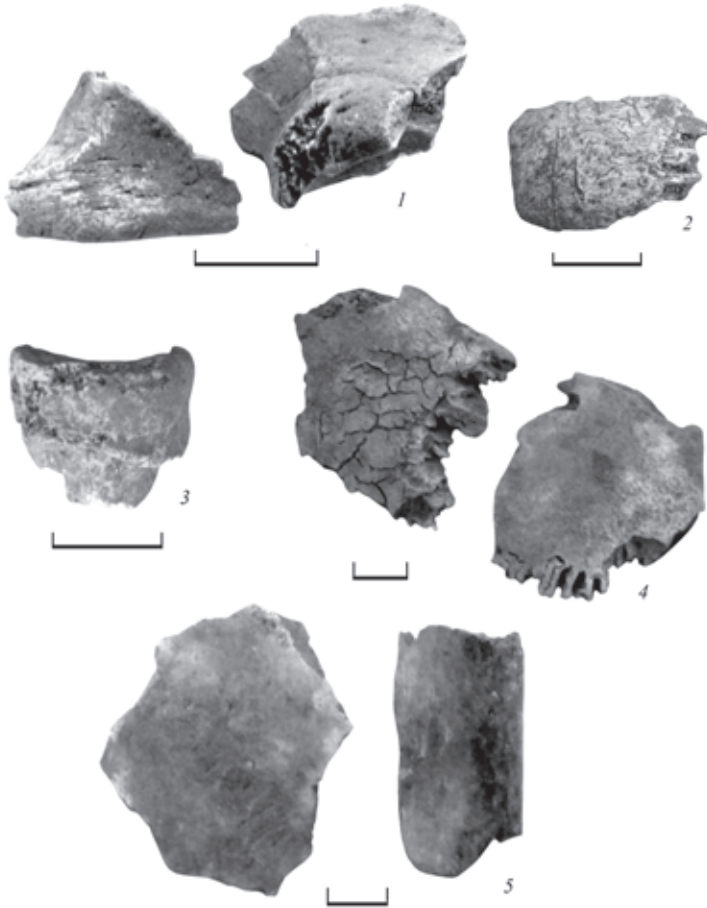


Рис. 2. Фрагменты кремированных останков

1 – два фрагмента правых надглазничных участков лобной кости взрослых мужчины и женщины; 2 – открытый шов предположительно теменной кости; 3 – постдефенитивное возрастное изменение на проксимальном эпифизе фрагмента лучевой кости; 4 – кремированные фрагменты свода черепа со специфическими деформационными трещинами, указывающими на сжигание останков (тела) вскоре после смерти; 5 – фрагмент свода черепа и диафиза бедренной кости с участками темной окраски (обугливание) и отсутствием деформационных трещин. Картина типична для «отложенной кремации»

Ряд методических приемов, примененных в исследовании, направлены на реконструкцию условий проведения самого погребального обряда. Они основаны на обширном опыте судебно-медицинских исследований (например: *Bohnert et al.*, 1998; *Звягин*, 2000). Так, реконструкция условий и продолжительности сжигания тела возможна по визуальным характеристикам фрагментов скелета (цвет, размерность, характер трещин и деформаций). Размеры, цвет, сте-

пень деформации фрагментов кремированных останков в ряде случаев могут указывать на позу тела при сжигании, на локализацию областей с более высокой и более низкой температурой горения. Определение температуры проводилось по шкале цветности костной ткани, разработанной экспериментальным путем при сжигании опытных образцов на поверхности грунта (*Walker, Miller, 2005*).

Информация о массе кремированных останков также важна, так как может использоваться для реконструкции погребальной традиции. При стабильно малых или стабильно высоких массах кремированных останков можно судить о том, захоранивались ли они в полном объеме в одном месте или в некрополе оставлена лишь небольшая часть кремированных фрагментов. Если в первом случае очевидно полное депонирование останков в одном месте, то во втором есть основания предполагать, что практиковалось частичное погребение, или разделение кремированных останков на несколько частей с последующим их раздельным депонированием или рассеянием.

Кроме того, показатели массы могут помочь выявить локальные особенности погребальной обрядности. Так, на основании статистически достоверных групповых данных удалось доказать, что массы кремированных останков из погребений эпохи Меровингов и времени викингов с территории Дании и Норвегии достоверно различны (*Holck, 1996*).

Форма и наличие деформационных трещин используются для определения состояния костной ткани при сжигании (*Steward, 1979*). Образование значительных дугообразных трещин и «смятие» костных структур происходит в случае резкой потери влаги, жировой составляющей и других органических составляющих костной ткани, т.е. в скором времени после смерти. Усилению этих проявлений способствует наличие значительного объема мягких тканей, особенно жировых отложений. В случае сжигания скелетированных или мумифицированных останков такие деформации, а также изменение цвета кости на серо-белый и белый, появление ярко синих и фиолетовых пятен не наблюдаются.

Для понимания того, как работает методика описания кремированных останков в условиях реального исследования, предлагаем вниманию читателя два таких опыта, относящихся к материалам различных периодов средневековья.

Так, общий осмотр *материалов из урновых и безурновых захоронений V–VI вв. с территории Самбийского полуострова (Митино)* показал, что цветность фрагментов стабильна. Бело-серый цвет фрагментов, а также их размерность (от 0,5 см в диаметре до 5–6 в максимальном диаметре) дают основание предполагать примерно равные температурные и временные условия кремации. Температура, вероятно, не менее 800–900° C (*Walker, Miller, 2005*). Время сжигания – не менее одного часа. Таким образом, значительные вариации в процессе кремации, которые могли быть связаны с его продолжительностью или количеством горючих материалов, не наблюдаются.

В скоплениях почти не присутствовали другие материалы. Лишь в нескольких погребениях были обнаружены мельчайшие кусочки угля (менее 0,5 см в большем диаметре) и (возможно!) мелкие крошки мела. Количество золы в скоплениях также минимально. Из этих замечаний можно заключить, что скопления костей, перемещенные в погребения с площадок сжигания, тщательно очищались, но, вероятнее всего, не промывались. На основании этих

особенностей проведения погребального обряда на данном памятнике основное внимание при описании материала уделялось вариациям следующих формальных признаков.

1. Размер фрагментов кремации.
2. Масса скоплений кремированных фрагментов.
3. Наличие термических деформаций.
4. Наличие растрескиваний.
5. Форма краев кремированных фрагментов.

Кроме того, для получения собственно биологической информации проводилась идентификация анатомически определяемых фрагментов, на их основании определялись пол и возраст погребенных.

Для определения пола по кремированным материалам использовался ряд признаков: степень развития рельефа лобной и затылочной костей черепа; форма подбородочного выступа; форма угла нижней челюсти; форма верхнего внешнего края глазницы; массивность теменной кости; размеры эпифизов трубчатых костей.

Признаки, по которым может быть вынесено предположительное суждение о половой принадлежности индивида, встречались далеко не в каждом погребении. Гораздо более широк набор признаков, позволяющих определять возраст.

При возрастной дефиниции оценивалась общая массивность разных отделов скелета, наличие следов незаконченного срастания эпифизов и диафизов длинных трубчатых костей, состояние суставных поверхностей костей конечностей, нижней и верхней поверхности тел позвонков, швов черепа; наличие закладок зубных коронок, степень закрытия корней зубов, а также износа коронки зуба.

В качестве примеров того, в каком виде указанные особенности встречаются в материалах, приведем две фотографии. На рис. 2, 3 представлен проксимальный эпифиз лучевой кости взрослого человека. Хорошо видны краевые разрастания на верхнем эпифизе, которые принято связывать с постдефинитивными возрастными изменениями, развивающимися у человека после 35-40 лет. На рис. 2, 1 хорошо виден участок полностью открытого шва черепа, что соответствует молодому возрасту индивида.

Систематический сбор и изучение антропологических материалов плохой сохранности и с нарушенной морфологией далеко не всегда могут быть организованы при многолетних исследованиях памятника. Это обусловлено рядом обстоятельств, связанных с недостатком специалистов, пространства для коллекционного хранения, сложностями транспортировки и сбора материала.

При изучении нами *средневекового некрополя Кедровая Роща (Северо-Западный Кавказ)* были описаны свидетельства бытования полиморфного погребального обряда с использованием кремации. Датировка погребений лежит в пределах конца XII – первой половины XIII в. (*Успенский и др.*, 2013).

Для антропологического анализа исследована серия кремированных останков из 17 погребений – скопления разной массы от совсем небольших (менее 100 г), до 1100 г. Практически во всех присутствуют фрагменты черепа и всех отделов посткраниального скелета, выявлены определяемые образцы, необходи-

мые для половозрастных дефиниций. Важная особенность – присутствие в одной урне костей, принадлежащих двум разным индивидам, также среди всей массы скоплений удалось выделить кости животных.

Размерность костных остатков разная: часть из них не превышают 1-2 см в максимальном продольном размере, но есть и крупные, с максимальным продольным размером более 5-6 см.

Цветность фрагментов варьирует от светло-серого до черного и бурого, присутствуют кости с обугленным слоем внутри компакты. Среди исследованных кремированных останков выделяются фрагменты с ярко выраженными деформационными трещинами и «смятием» костной структуры (рис. 2, 4), а также фрагменты без подобных нарушений. На некоторых зафиксировано черное лаковое покрытие.

Следует отметить и выявленные патологии. У индивида № 1 из погребения 1 кургана 5 зафиксирована *cribra orbitalia* (костные дефекты в области внутреннего угла глазницы). У индивида № 2 – поротическое расширение губчатого вещества, следы длительного воспалительного процесса, затронувшие верхние конечности, лопатку, ребра, что свидетельствует о возможном системном заболевании, этиология которого может быть связана как с инфекцией, развившейся на основе травмы, так и самостоятельным инфекционным заболеванием.

Проведенное исследование кремированных останков из погребений могильника Кедровая роща позволяет дополнить данные о погребальном обряде племен Северо-Западного Кавказа – носителей обряда трупосожжения. Цветность и форма фрагментов кремации дают основание заключить, что во всех случаях сожжение покойного проходило при высокой температуре (около 800° С), в течение не продолжительного времени (в большинстве случаев не более 30 мин.). Выявлено две категории костных останков:

– со следами деформационных трещин, которые возникают в случае резкой потери влаги, жировой составляющей и других органических частей костной ткани, что свидетельствует о сжигании умершего в скором времени после смерти (рис. 2, 4);

– так называемые сухие кости, без деформаций, бурого и черного цвета, в этом случае сжигались уже скелетированные останки, лишенные влаги (рис. 2, 5).

Таким образом, выявлен факт сжигания скелетных останков, проводимого через некоторое время после кончины человека. Это, безусловно, является отличительной чертой погребального обряда этого некрополя. Сложность реконструкции усугубляется тем, что не все покойные сжигались спустя значительное время после смерти. Во многих случаях характер деформаций и цветность указывают на то, что кремация проводилась вскоре после смерти. В некоторых погребениях совмещены останки сожженных вскоре после кончины и фрагменты отложенной кремации.

Итак, приведенные примеры продемонстрировали, что применение стандартных методов обработки материалов кремации способствует получению новой информации, полезной как для реконструкции погребальной обрядности, так и образа жизни населения, оставившего могильник.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеева Т.И.*, 1975. Антропологический анализ костных остатков из могильников с трупосожжениями Черняховской культуры // СА. № 1. С. 264–270.
- Добровольская М.В.*, 2010. К методике изучения материалов кремации // КСИА. Вып. 224. С. 85–97.
- Звягин В.Н.*, 2000. Диагностические исследования в судебно-медицинской экспертизе идентификации личности // Медико-криминалистическая идентификация / Под ред. В.В. Томилина М.: Норма Инфра. С. 227–350.
- Историческая экология человека: Методика биологических исследований, 1998 / Ред. А.П. Бужилова, М.В. Козловская, М.Б. Медникова. М.: ИА РАН. 260 с.
- Козловская М.В.*, 1998. К вопросу о возможностях исследования кремированных костей // Историческая экология человека: Методика биологических исследований / Ред. А.П. Бужилова, М.В. Козловская, М.Б. Медникова. М.: ИА РАН. С. 174–181.
- Успенский П.С., Добровольская М.В., Клещенко Е.А., Шишлов А.В., Федоренко Н.В.*, 2013. Погребения по обряду трупосожжения биритуального могильника Кедровая роща // КСИА Вып. 231. С. 141–153.
- Bohnert M., Rost T., Pollak S.*, 1998. The degree of destruction of human bodies in relation to the duration of the fire // Forensic Science International. Vol. 95. P. 11–21.
- Fairgrieve S.I.*, 2008. Forensic cremation. Recovery and analysis. N. Y.: CRC Press. 206 p.
- Holck P.*, 1996. Cremated bones. Oslo: Anatomical Institute, Univ. of Oslo. 160 p.
- Steward T.D.*, 1979. Essentials of forensic anthropology. Springfield: C.C. Thomas Publisher. 300 p.
- Ubelaker D.H.*, 2008. The forensic evaluation of burned skeletal remains: A synthesis // Forensic Science International. Vol. 183, Issues 1–3. P. 1–5.
- Van Vark G.N.*, 1974. The Investigation of Human Cremated Skeletal Material by Multivariate // Ossa. No. 1. P. 63–95.
- Walker P.L., Miller K.P.*, 2005. Time, temperature and oxygen availability: an experimental study of the effect of environmental condition on color and organic content of cremated bone // American J. of Physical Anthropology. 40. P. 222.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДИКА ИЗОТОПНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПАЛЕОДИЕТОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЯХ

М.В. Добровольская

Теоретические основы метода

Традиционно все исследования останков людей, обнаруженные в культурных слоях археологических памятников, археологи относят к сфере палеоантропологии. Между тем такое обобщение требует известных разъяснений. В отечественной практике наиболее хорошо известны и широко применяются классические палеоантропологические методики и методологические подходы, которые связаны с описанием, измерением и соответствующей статистической обработкой данных о морфологии черепа и посткраниального скелета. В основе методологических подходов этой классической школы лежат представления о групповом анализе, внутригрупповой и межгрупповой изменчивости, морфологической вариативности как основной характеристики, позволяющей строить классификационные системы сходств физического облика тех или иных представителей прошлого. Основной «химерой» этого классического подхода становится индивидуальная типологизация, подменяющая понятие изменчивости. К примеру, в группе из трех черепов наблюдаются морфологические признаки, типичные для определенного, выделенного на основании статистического анализа варианта, имеющего под собой историко-территориальные основания (например, кавкасионский тип). Ложный, вернее, не обоснованный вывод: группа может быть отнесена к кавкасионскому типу. Вывод некорректен (не путать с «неверен»).

Информация о каждом конкретном человеке, который жил в прошлом, чрезвычайно важна как с общегуманитарных позиций, так и для археологического исследования. Привычными из этой информативной сферы данных об индивидах стали половозрастные определения, которые запрашивают археологи у антропологов. Эти первичные определения пола и возраста. Как правило, они приводятся в полевых отчетах и публикациях. Грамотное применение этих определений в археологическом контексте зачастую может дать важнейшую дополнительную информацию о погребальном обряде, культовых традициях и пр.

Формирование подхода в исследовании палеоантропологических материалов, в центре которого находится *индивид*, останки которого сохранились в том или ином виде и доступны для дальнейших исследований, обозначило новый подход, получивший в отечественной традиции название «*биоархеологический*». Более адекватным представляется термин «*human archaeology*». Однако

словосочетание «археология людей» или «человеческая археология» в русском языке звучит совершенно неуместно и поэтому не укоренилось.

В предлагаемом вниманию читателя издании ряд глав посвящен различным методам и подходам биоархеологии. Настоящая статья включает в себя обсуждение современных аналитических возможностей для получения знаний о питании людей прошлого. Очевидно, что сведения о составе индивидуальных рационов – тема, целиком и полностью соответствующая области биоархеологических исследований (Добровольская, 2005).

Отметим, что реконструкция типа питания древнего и средневекового населения – актуальное и наряду с палеогенетическими исследованиями самое динамично развивающееся направление в области применения естественно-научных методов. Эти реконструкции могут проводиться на основании описания особенностей строения и износа зубной системы с учетом маркеров состояния здоровья человека. Другой подход – изучение органической составляющей скелета, которая сформировалась из веществ, полученных человеком с пищей.

Исследования изотопного состава костной ткани с целью палеодиетологических реконструкций стали появляться в археологической печати еще в конце 70 – начале 80-х годов прошлого века. Этот тип реконструкций основан на изучении фундаментальных закономерностей распределения изотопов в биосфере. Общеизвестно, что химические элементы присутствуют в виде ряда стабильных и радиоактивных изотопов. Доля присутствия редких изотопов ничтожна, поэтому при обсуждении обычного элементного состава вариации изотопного состава не обсуждаются. Однако закономерности распространения изотопов являются объектом исследования в геохимии и экологии.

Фундаментальные изучения изотопного состава наиболее распространенных элементов биосферы (кислорода, углерода, азота) были использованы для применения в археологии уже во второй половине XX в. Напомним, что ведущий метод абсолютного датирования – радиоуглеродный – основан на знании фундаментальных закономерностей появления, аккумуляции и распада радиоактивного изотопа ^{14}C .

В палеоклиматологических реконструкциях часто используются данные о соотношении изотопов кислорода. Самый распространенный – ^{16}O (99,759%), затем – ^{18}O (0,204%) и, наконец, ^{17}O (0,037%). В палеоклиматологических реконструкциях используют соотношение концентраций изотопов кислорода $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$. Принцип реконструкции таков: различие между массами изотопов данного элемента определяет разную подвижность и отдельных атомов, и молекул, состоящих из различных изотопов. Более легкие молекулы обладают большей энергией и подвижностью (см. цветную вклейку, рис. XVII). Поэтому при испарении воды с открытой поверхности легкие молекулы улетучиваются в первую очередь, т.е. пар обогащается изотопом ^{16}O по сравнению с жидкой водой. В целом при плавлении и испарении лед оказывается обогащенным тяжелыми изотопами по сравнению с водой, а вода обогащена ими по сравнению с паром. При этом соотношение изотопов в различных состояниях воды зависит от температуры, при которой протекали процессы испарения /конденсации или плавления/замерзания. Именно поэтому изотопный состав атмосферных осадков и может служить индикатором как сезонных, так и длительных коле-

баний температуры приповерхностного слоя атмосферы (*Stuiver et al.*, 1995. Р. 341; *Николаев и др.*, 2002. С. 16).

История применения метода

Сведения о стабильном изотопе ^{13}C также востребованы в современной археологии. Несколько слов о фундаментальных закономерностях, открытие которых позволило расширить возможности реконструктивной археологии.

Исследования изотопного состава воздуха и органического вещества растений показало, что в процессе фотосинтеза происходит фракционирование изотопного состава углерода. Показано, что C_3 -растения ассимилируют CO_2 на полном солнечном свете со скоростью 1–50 мг/дм²ч, а C_4 -растения – со скоростью 40–80 мг/дм² ч. Кукуруза, сорго, просо, сахарный тростник являются одними из наиболее продуктивных культур. Так, интенсивность фотосинтеза у кукурузы 85 мг CO_2 /дм² ч, сорго – 55 мг CO_2 /дм² ч, тогда как у пшеницы всего 31 мг CO_2 /дм² ч (*Тыкот*, 2004). Высокая потенциальная продуктивность C_4 -растений наиболее полно реализуется при полном солнечном освещении и высокой температуре. Важной физиологической особенностью C_4 -растений является их высокая засухо- и термоустойчивость. Вероятно, возникновению C_4 -пути фотосинтеза способствовали засушливые условия окружающей среды.

В результате исследования растений двух типов фотосинтеза (C_3 и C_4), опубликованных в 1970 г., было установлено наличие существенных различий в соотношении $^{13}\text{C} / ^{12}\text{C}$ в органических соединениях этих растений. Уже тогда для оценки этого отношения стал использоваться показатель дельта.

$$\delta^{13}\text{C}_{(\text{PDB})} = \left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{образца}}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{(\text{PDB})}} - 1 \right) \times 1000\%$$

В качестве стандарта для $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ используется Pee Dee Belemnite (PDB) – морские отложения *Belemnitella Americana* из Пиди формации (Южная Каролина, США). Величина дельта для растений C_3 фотосинтеза (травянистые и древесные растения умеренного пояса) составляет около -26,5‰. Значения дельта для растений C_4 фотосинтеза (многие виды растений сухих степей, полупустынь и пустынь) составили -12,5‰ (*Тыкот*, 2004). Таким образом, первые гораздо более обогащены легким углеродом, чем вторые. Полученные закономерности были использованы для реконструкции типа питания человека прошлого (*DeNiro, Epstein*, 1978; *DeNiro, Shoeninger*, 1983; *Ambrose, DeNiro*, 1986; *DeNiro*, 1987; *Ambrose*, 1993). Уже в 70-е годы прошлого века появляются первые работы, посвященные реконструкциям типа питания людей по данным изотопного анализа коллагена костной ткани. Как правило, эти исследования были обращены к выявлению индивидов со специфической структурой питания. Например, Н. ван дер Мерве и Дж. Вогель и 1977 г. опубликовали исследование, посвященное выявлению ранних этапов перехода на питание маисом (*Vogel, van der Merwe*, 1977). В этот же период была опубликована реконструкция по образцам костной ткани из скелета человека захоронения Кхои эпохи железного века из Трансвааля (Южная Африка) (*Тыкот*, 2006). Дельта для углерода из коллагена костной ткани индивида оставила -10,4‰. Это позволило исследователям предположить, что основу рациона питания человека составляло сорго. В дальнейшем исследо-

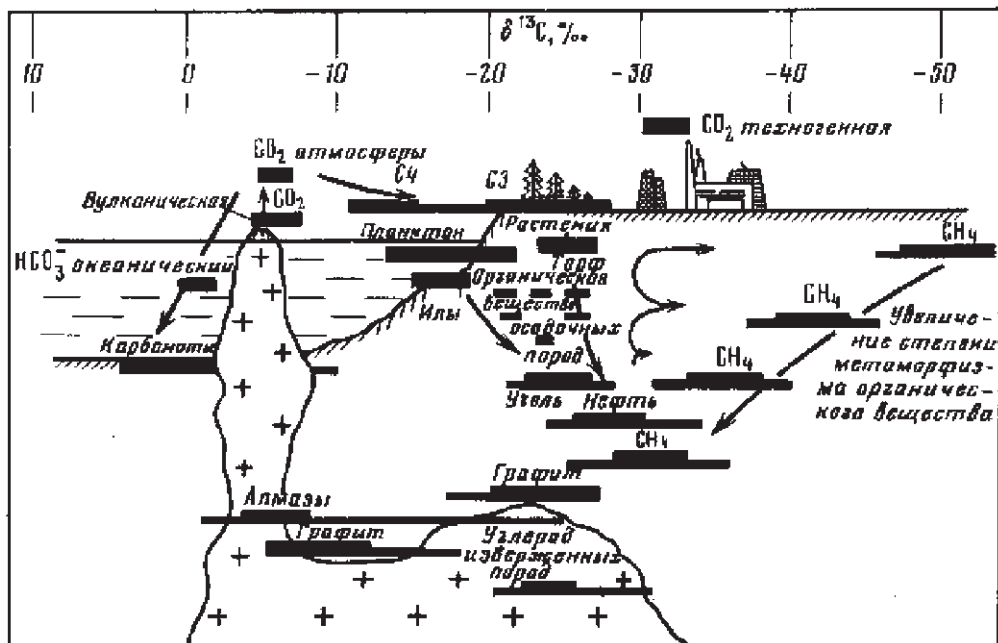


Рис. 1. Диапазоны вариаций изотопного состава углерода $\delta^{13}\text{C}$ некоторых природных веществ (по: Галимов, 1981)

вания изотопного состава скелетов индивидов из погребений различной древности стали основой для выявления групп населения, переходящих с традиций питания охотников-собирателей на традиции древнейших земледельцев, культивировавших кукурузу (растение C_4).

Важно отметить, что отечественные исследования по геохимии стабильных изотопов углерода, среди которых лидирующее место занимают работы академика Э.М. Галимова (см. 1970, 1981, 2001), выявили фундаментальные экологические закономерности, регулирующие изотопный состав растений, а также ряда геологических образований и средовых локусов (рис. 1). Согласно обобщению многочисленных данных, ведущий фактор, влияющий на изотопный состав углеродный состав, – содержание углекислого газа в среде фотосинтезирующих растений. «Понижение концентрации CO_2 приводит к уменьшению фактора фракционирования – относительному обеднению органического вещества легким изотопом. Поэтому растения пустынь изотопно-тяжелее тропических растений, а планктон теплых акваторий океана, в воде которого растворено меньше CO_2 изотопно-тяжелее планктона, обитающего в холодных водах, и т.д.» (Галимов, 1970. С. 18). К сожалению, отсутствие масштабных междисциплинарных исследований в советской археологии в те годы привело к тому, что археологические работы, в которых были представлены палеоэкологические исследования, основанные на сведениях об изотопном составе, появились в отечественных публикациях уже в XXI в.

Включение атомов азота в органические соединения тканей растений происходит по двум основным каналам: через поглощение доступных форм

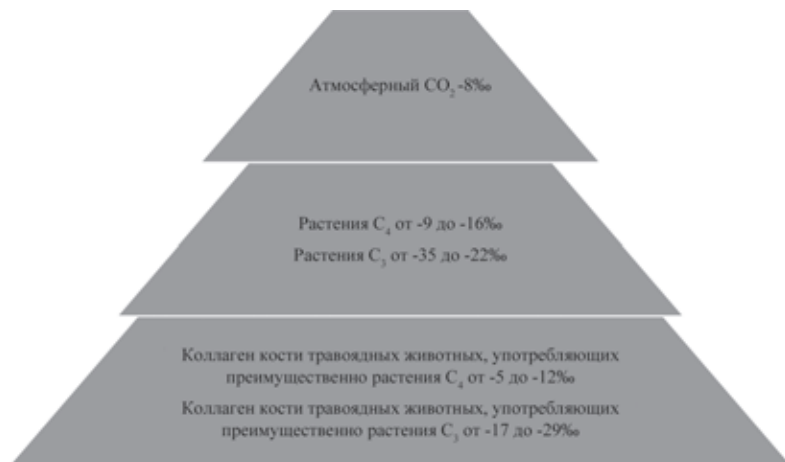


Рис. 2. Биологическое фракционирование углерода в природных системах

с почвенными растворами и через фиксацию атмосферного азота бактериями (такой механизм существует у бобовых растений). Присутствие тяжелого изотопа азота в атмосферном воздухе составляет около 0,36‰ (Shoeninger, Moore, 1992) от обычного ^{14}N . Таким образом, наиболее значимые объемы азота растения получают из почвы, они вариативны и зависят от почвенных характеристик. Содержание тяжелого азота в воздухе постоянно, поэтому величина сигмы для ^{15}N рассчитывается относительно атмосферного азота по следующей формуле:

$$\delta^{15}\text{N}_{(\text{AIR})} = \left(\frac{^{14}\text{N}}{^{15}\text{N}_{\text{образца}}} / \frac{^{14}\text{N}}{^{15}\text{N}_{(\text{AIR})}} - 1 \right) \times 1000\text{‰}$$

Сведения об аккумуляции ^{15}N также активно используются в палеодиетологических реконструкциях. «Обычный» азот преимущественно используется в большинстве биохимических циклов бактерий, обеспечивающих круговорот азота в биосфере, поэтому «тяжелый» азот частично элиминируется из этого круговорота и аккумулируется благодаря речным сносам в океане. В итоге организмы (растения и животные), относящиеся к океаническим экосистемам, характеризуются более высокими показателями сигмы по ^{15}N . Кроме того, тяжелый азот аккумулируется в тканях животных, занимающих высокие трофические уровни в экосистемах (рис. 2, 3). Относительно величины обогащения $\delta^{15}\text{N}$ при переходе с одного уровня на другой единого мнения нет. В ранних работах можно найти упоминания о величине в 3‰ (Shoeninger, DeNiro, 1984; Shoeninger, 1985). Однако в более поздних работах (Bocherens, Drucker, 2003) обосновано, что величина обогащения при переходе с одного уровня на другой будет зависеть от специфики экосистемы и поэтому требует более детального рассмотрения. В любом случае два основных фактора могут приводить к обогащению тканей животных, находящихся на верхних позициях трофических пирамид: принадлежность океанической или морской экосистеме и высокие исходные содержания тяжелого азота в почвах. Наиболее ранние работы,

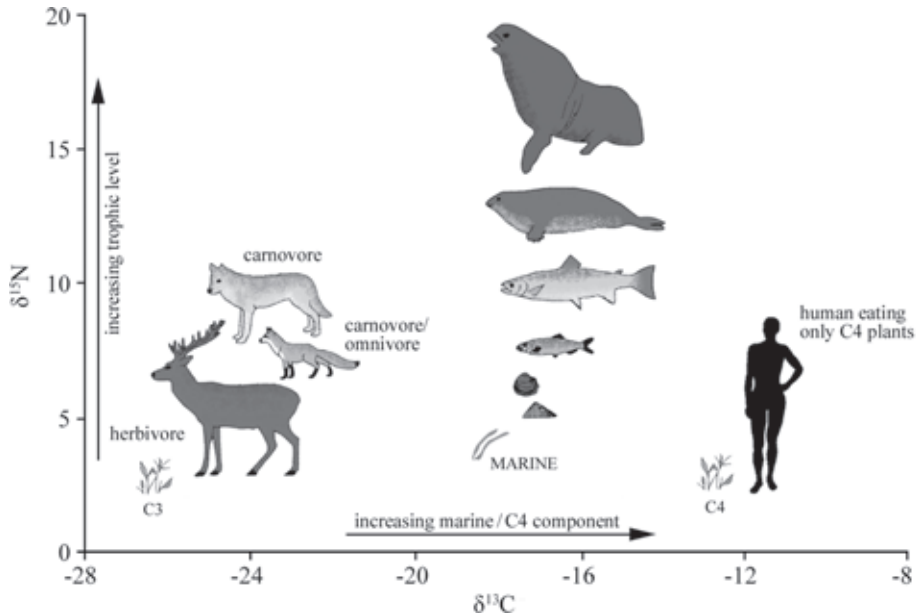


Рис. 3. Стабильные изотопы азота $\delta^{15}\text{N}$ и углерода $\delta^{13}\text{C}$ в организмах различных экосистем (по: <http://chrono.gub.ac.uk>)

представляющие палеодиетологические реконструкции, основанные на данных о $\delta^{15}\text{N}$, опубликованы в начале 80-х годов прошлого века (DeNiro, Epstein, 1978; Schoeninger, DeNiro, 1984).

Некоторые направления применения метода

Базовые палеодиетологические реконструкции, т.е. выявление главных источников питания, входящих в каждодневный рацион человека, основаны на экологических закономерностях различий в изотопном составе тканей растений и животных при смене трофического уровня. В качестве основного показателя используются средние квадратичные отклонения для $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$. Метод чаще используется применительно к задачам изучения доисторических эпох (Bocherens et al., 1991. P. 481; 2005. P. 71; Cook et al., 2001. P. 453; Richards et al., 2005. P. 390). В частности, недавно было проведено изотопное исследование материалов из Окладниковой пещеры Алтая, которая широко известна своими сенсационными материалами **среднего палеолита** (Деревянко и др., 2013. С. 89). Изотопные исследования скелетных остатков неандертальцев из пещеры Окладникова позволили провести палеодиетологическую реконструкцию (Добровольская, Тиунов, 2013. С. 78). Полученные данные подтверждают охотничью специализацию этой группы. На основании полученных результатов можно заключить, что образ жизни неандертальцев Северо-Западного Алтая и поздних европейских был сходен. И те, и другие специализировались в охоте на крупных травоядных животных (рис. 4). Новые данные позволяют судить и об экологи-

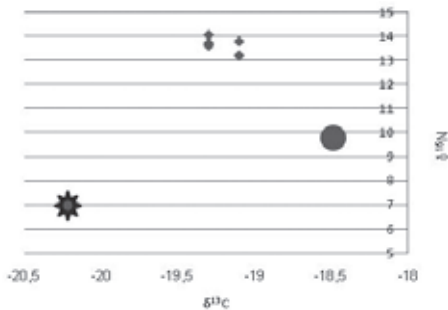


Рис. 4. Показатели изотопного состава углерода $\delta^{13}C$ и азота $\delta^{15}N$ в коллагене костной ткани человека и животных из пещер Окладникова и Чагырская

ческой специфике существования обитателей пещеры Окладникова. Та добыча, которая обеспечивала их выживание, представляла преимущественно фауну открытых пространств, отличавшихся большей аридностью, чем ландшафты, освоенные европейскими неандертальцами. К настоящему времени нет фактов, подтверждающих, что основную ее часть составляли наиболее крупные травоядные животные, как это доказано для неандертальских групп Европы. Ряд биологических признаков, типичных для неандертальцев, указывает на исключительную зависимость последних от эффективной охоты, что ставит их в уязвимое положение при конкурировании за территорию с другими представителями *Homo*. Возможно, этим объясняется преимущественное расселение охотников-неандертальцев в Европе, не населенной людьми, и, очевидно, гораздо менее успешная история освоения ими обширных пространств Азии, где сохранились свидетельства более ранних миграций людей.

Средневековые материалы также являются объектом проведения изотопных исследований. Среди последних важно упомянуть анализ изотопного состава костной ткани людей и животных из коллективных санитарных погребений средневекового Ярославля (*Эноговатова и др.*, 2013. С. 96). На основании этих исследований получен важный результат, демонстрирующий высокую долю белковых продуктов в рационе населения средневекового Ярославля (рис. 5), отсутствие свидетельств недостаточности важнейших питательных веществ. Остеологические материалы, полученные при раскопках захоронений в центре средневекового Ярославля, позволили реконструировать основные характеристики обыденного рациона жителей города. Важно отметить, что анализ коллагена костной ткани дает возможность судить об усредненных параметрах состава пищевого рациона за последние примерно 10 лет жизни индивида. Таким образом, реконструированный рацион был характерен для горожан, живших в один из самых неблагоприятных периодов средневековой истории.

Результаты проведенных исследований дали во многом неожиданный результат: в составе рациона среднего ярославца преобладали продукты животного происхождения. Причем рыба как один из наиболее доступных и дешевых ресурсов для жителей речных побережий, судя по данным изотопного анализа, в среднем, не слишком активно использовалась в обыденных трапезах.

Исходя из общих соображений, предполагалось увидеть совершенно иную структуру питания – с преобладанием углеводного растительного компонента. Были предприняты попытки более внимательного анализа индивидуальной изменчивости с целью выявления группировок внутри всего массива данных.

Следует отметить, что индивидуальная изменчивость показателей по тяжелому изотопу азота больше, чем по изотопу углерода (от 9 до 14,4‰) и превышает

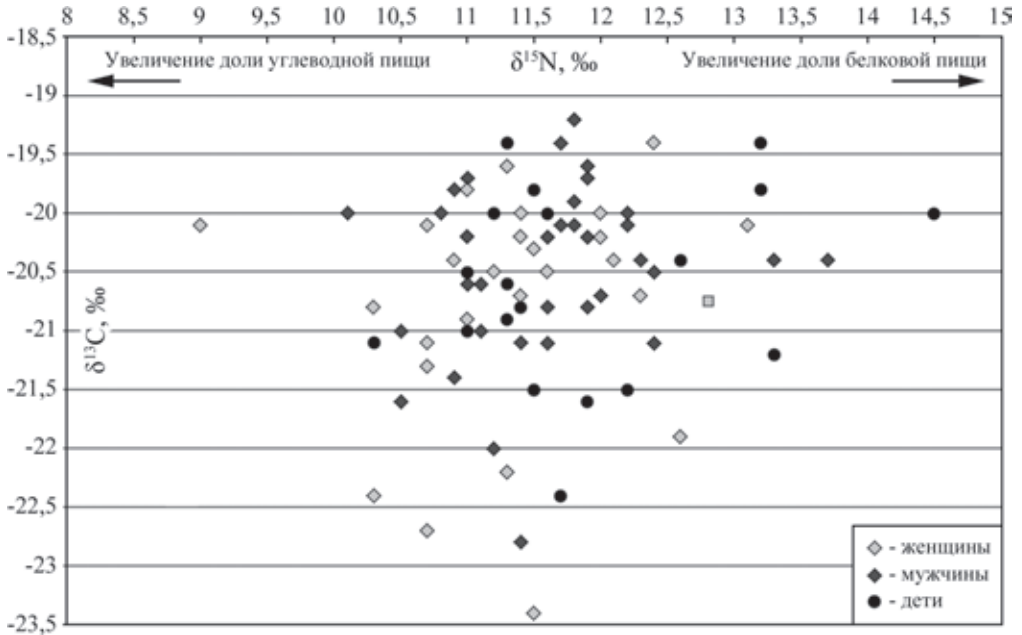


Рис. 5. Показатели изотопного состава углерода $\delta^{13}\text{C}$ и азота $\delta^{15}\text{N}$ в коллагене костной ткани жителей средневекового Ярославля (по: *Энговатова и др.*, 2013)

5‰. Вероятно, данная тенденция связана с большими различиями индивидуальных рационов именно по белковому компоненту. На основании этого можно сделать вывод о том, что рационы городских жителей хоть и были основаны на местных пищевых ресурсах, но различались количеством и происхождением белковых продуктов. Средняя величина $\delta^{15}\text{N}$ составляет примерно 11,5‰, что указывает на основу белкового питания – мясо наземных млекопитающих. Редкие индивиды со значениями $\delta^{15}\text{N}$, превышающими 12-13‰, имеющие при этом низкие показатели по тяжелому углероду порядка -23...-22‰, вероятно, регулярно употребляли в пищу речную рыбу. Немногочисленную группу представляют люди, для которых характерно сочетание низких показателей по углероду с умеренными и низкими по азоту. Вероятно, это сочетание можно трактовать как снижение доли белкового компонента.

Результаты изотопного анализа дали возможность оценить различия в структуре питания мужчин и женщин. Как выяснилось, средний рацион обоих полов сходен, что свидетельствует об отсутствии существенных гендерных различий в традициях питания ярославцев. Отметим, однако, что сочетание наиболее низких показателей как по одному, так и по другому стабильным изотопам встречаются чаще среди женщин. Итак, в настоящее время четкие группировки внутри массива горожан не выявлены, не просматриваются следы социальной стратификации, отраженные в особенностях пищевых рационов.

Также было проведено пилотное исследование изотопного состава коллагена костной ткани индивидов из катакомбных и ямных погребений салтово-

маяцкой культуры на территории Доно-Донецкого междуречья (Добровольская, Решетова, 2014). Оно позволило судить об особенностях типа питания этой группы носителей салтово-маяцкой культуры. Полученные на сегодняшний день независимые изотопные данные к реконструкции питания групп населения, оставивших катакомбные и ямные некрополи VIII–X вв. в Доно-Донецком междуречье позволяют судить о четко выраженной традиции питания в среде населения, оставившего катакомбные некрополи лесостепной зоны этой территории. Отличительными чертами этой традиции можно считать значительную долю растительных продуктов при ведущей роле растений C_4 (вероятно, просо) и умеренное употребление мясомолочных продуктов. Наиболее значимой особенностью среднего пищевого рациона аланского населения, вероятно, следует считать значительную долю C_4 растений. Из широко возделываемых видов в южной части Восточной Европы растений это прежде всего просо обыкновенное (*Panicum miliaceum*).

В среде населения, практиковавшего ямный обряд погребения в степной зоне Доно-Донецкого междуречья, выявить единые традиции питания ни для всего массива в целом, ни для отдельных некрополей не удалось. Выявление важной роли C_4 -растений (предположительно, просо), которое стало возможным благодаря изотопному анализу, представляется важным и перспективным.

Важно отметить, что отдельный корпус вопросов связан с особой ролью изотопного анализа при верификации результатов радиоуглеродного датирования. В некоторых экосистемах (например, океанических, озерных) круговорот углерода замедлен, что является причиной смещения результатов радиоуглеродного датирования, почтенного при изучении органических объектов этих экосистем. Этот феномен получил название «резервуарного эффекта». Кроме собственно резервуарного эффекта есть еще ряд других обстоятельств, которые деформируют результаты радиоуглеродного датирования. Изотопный анализ служит своего рода «проверочным исследованием» для выверки радиоуглеродных данных.

Методика пробоподготовки и проведение спектрометрических определений

Выделение коллагена следует проводить согласно принятым методикам (см., например: *DeNirot, Epstein*, 1981. Р. 341; *Ambrose*, 1990. Р. 432; *Jørkov et al.*, 2007. Р. 1824). Фрагмент костной ткани помещают в 1М раствор соляной кислоты при $+3^\circ C$ до полной деминерализации. Затем образец промывают дистиллированной водой центрифугированием до получения нейтральных значений pH. Органический остаток переводится в растворимую форму при pH 2,5 и $70^\circ C$ на протяжении 24 ч. Раствор высушивается в термостате при температуре $40^\circ C$ до формирования абсолютно сухой хрупкой массы.

Затем коллаген, измельченный кончиком скальпеля, из стеклянной пробирки переносится в пластмассовый контейнер. Образцы массой 400–500 мкг помещаются в алюминиевый контейнер (Thermo 8N/159622) и плотно скручиваются с использованием двух пинцетов так, чтобы внутри капсулы не было воздуха. Такой образец готов для проведения спектрометрического определения и передается в лабораторию масс-спектрометрии.

Для получения уверенных результатов следует готовить дублирующие капсулы для всех образцов. Воспроизводимость результатов не должна превышать величину 0,1-0,2%. Соотношение атомных весов должно находиться в границах 2,9–3,6, что соответствует хорошей степени сохранности коллагена. Образцы с иными соотношениями не принимаются во внимание. Сухие образцы коллагена, хранящиеся в эппендорфах (маленькая пластиковая пробирка) в холодильнике могут быть использованы для последующего приготовления микропроб для масс-спектрометра.

Описанная процедура выделения коллагена костной ткани применима к объектам хорошей сохранности. Для получения образцов белков костной ткани из материалов плохой сохранности или сильно загрязненных необходимо применять более сложную процедуру микрофльтрации. В группе физической антропологии ИА РАН эта методика пока не применялась. Как правило, используется масс-спектрометр Thermo-Finnigan Delta V Plus IRMS с элементным анализатором (Термо Flash 1112).

Общие замечания по выбору и отбору проб

Фрагмент любой части костной ткани скелета массой 2-3 г может быть использован для получения образца коллагена. Наиболее пагубными воздействиями для древнего коллагена оказываются высокая температура (жаркий климат) и длительное пребывание в воде с высокими значениями кислотности. При сохранности относительной массы коллагена менее 1% от общей массы образца вряд ли стоит надеяться на достоверный результат.

Важно отметить, что пропитка кости с целью сохранения формы объекта любыми органическими веществами грозит искажениями в исследовании этих образцов. В XIX в. большинство костей (археологических, палеонтологических) пропитывали желатином для лучшей сохранности. В настоящее время исследование этих объектов затруднено, так как представляется сложным отделить компоненты пропитки от частичек костной ткани.

Эмаль зубов не является объектом для исследования изотопного состава азота и углерода, следует использовать лишь кость и дентин.

Сложности метода и наиболее очевидные ошибки

Как любой метод, основанный на сложных природных закономерностях, изотопный анализ используется в археологии как «прикладной инструмент», эффективно работающий в системе «вопрос – ответ». Попробуем в наиболее общей, но грамотной форме сформулировать эти вопросы и ответы.

Вопрос № 1. Из чего состояла обычная пища этого определенного индивида из археологического памятника?

Вопрос № 2. С каких территорий происходят продукты питания, регулярно употребляемые этим конкретным индивидом?

Ответ № 1. На основании данных об изотопном составе тканей местных травоядных и хищных животных наземных и водных экосистем можно предположить, что данный конкретный индивид употреблял в пищу определенное

количество белков, полученных от наземных/водных животных травоядных/хищных.

Комментарий к ответу № 1. Доказательный вывод строится на знании местных трофических систем (пищевых связей). В том случае, если нет конкретных данных о значениях дельта у представителей различных трофических уровней, повышается ошибка в интерпретации.

Ответ № 2. Если реконструируемые пищевые источники не вписываются в природные местные трофические сети, можно предполагать существование постоянного пищевого «импорта», использование продуктов антропогенного (сельскохозяйственного) происхождения.

Комментарий к ответу № 2. Если полученные результаты (значения дельта по углероду и азоту) не могут быть включены в координаты местных трофических сетей, необходимо обращаться к добавочным анализам (например, определение соотношения $^{86/87}\text{Sr}$), дающим информацию о том, жил ли этот индивид все время формирования исследованного коллагена в местных условиях или был мигрантом последних лет. Если доказано «местное происхождение» коллагена, можно с уверенностью судить об импорте или специфической сельскохозяйственной продукции.

Таким образом, знакомство с азами метода позволяет, конечно же, не получить исчерпывающие знания о его возможностях, но сформировать базовые представления, которые помогут решить, следует ли вводить этот инструмент в арсенал конкретных междисциплинарных исследований или нет.

ЛИТЕРАТУРА

- Галимов Э.М., 1970. Геохимия стабильных изотопов углерода: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. М.: ГЕОХИ АН СССР. 51 с.
- Галимов Э.М., 1981. Природа геохимического фракционирования изотопов. М.: Наука. 247 с.
- Галимов Э.М., 2001. Феномен жизни. Между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции. М.: УРСС. 254 с.
- Деревянко А.П., Маркин С.В., Шуньков М.В., 2013. Сибирячихинский вариант среднего палеолита Алтая // Археология, этнография и антропология Евразии. № 1 (53). С. 89–103.
- Добровольская М.В., 2005. Человек и его пища. М.: Научный мир. 368 с.
- Добровольская М.В., Решетова И.К., 2014. Питание носителей традиций салтово-маяцкой культуры в Доно-Донецком междуречье по данным изотопного анализа // РА. № 2. С. 39–47.
- Добровольская М.В., Тиунов А.В., 2013. Неандертальцы пещеры Окладникова: среда обитания и особенности питания по данным изотопного анализа // Археология, этнография и антропология Евразии. № 1 (53). С. 78–88.
- Николаев В.В., Якумин П., Александровский А.Л., Белинский А.Б., Демкин В.А., Женони Л., Грачева З.Г., Лонжинелли А., Малышев А.А., Раминьи М., Рысаков Я.Г., Сорокин А.Н., Стрижов В.П., Яблонский Л.Т., 2002. Среда обитания человека в голоцене по данным изотопно-геохимических и почвенно-археологических исследований (европейская часть России). М.: Ин-т географии РАН. 190 с.
- Энгватова А.В., Добровольская М.В., Антипина Е.Е., Зайцева Г.И., 2013. Коллективные захоронения в Ярославле. Реконструкция системы питания на основе результатов изотопного анализа. // КСИА. Вып. 228. С. 96–114.
- Ambrose S.H., 1990. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis // J. of Archaeological Science. 17. P. 431–451.

- Ambrose S.H., 1993. Isotopic analysis of paleodiets: Methodological and interpretive considerations // Investigations of ancient human tissue: Chemical analysis in anthropology / Ed. M.K. Sandford. P. 117–189.
- Ambrose S.H., DeNiro M.J., 1986. Reconstruction of African Human Diet using Bone Collage Carbon and Nitrogen Isotope Ratios // Nature. 319. P. 321–324.
- Bocherens H., Drucker D., 2003. Trophic level isotopic enrichment of carbon and nitrogen in bone collagen: case studies from recent and ancient terrestrial ecosystems // Intern. J. of Osteoarchaeology. 13. P. 46–53.
- Bocherens H., Drucker G.D., Billiou D., Patou-Mathis M., Vandermeersch B., 2005. Isotopic evidence for diet and subsistence pattern of the Saint-Cesare I Neanderthal: review and use of multi-source mixing model // J. of Human Evolution. 49. P. 71–87.
- Bocherens H., Fizet M., Mariotti A., Lange-Barde B., Vandermeersch B., Borel P., Bellon G., 1991. Isotopic biogeochemistry (^{15}N , ^{13}C) of fossil vertebrate collagen: application to the study of past food web including Neanderthal man // J. of Human Evolution. 20. P. 481–492.
- Cook G.T., Bonsall C., Hedges R.E., McSweeney K., Boroneant V., Pettitt P.B., 2001. A freshwater diet-derived ^{14}C reservoir effect at the Stone Age sites in the Iron Gates gorge // Radiocarbon. 43. P. 453–460.
- DeNiro M.J., 1987. Stable isotopes and archaeology // American Scientist. 75. P.182–191.
- DeNiro M.J., Epstein S., 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals // Geochimica et Cosmochimica Acta. 42. P. 495–506.
- DeNiro M.J., Epstein S., 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals // Geochimica et Cosmochimica Acta. 45. P. 341–351.
- DeNiro M.J., Schoeninger M.J., 1983. Stable carbon and nitrogen isotope ratios of bone collagen: Variations within individuals, between sexes, and within populations raised on monotonous diets // J. of Archaeological Science. 10. P. 199–203.
- Jørkov M.L., Heinemeier J., Lynnerup N., 2007. Evaluating bone collagen extraction methods for stable isotope analysis in dietary studies // J. of Archaeological Sciences. 34. P. 1824–1829.
- Richards M., Jacobi R., Cook G.T., Pettitt P., Stringer C., 2005. Isotope evidence for the intensive use of marine foods by Late Upper Palaeolithic humans // J. of Human Evolution. 49 (3). P. 390–400.
- Shoeninger M.J., 1985. Trophic level effect on $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios in bone collagen and strontium levels in bone mineral // J. of Human Evolution. 14, vol. 5. P. 515–525.
- Shoeninger M.J., DeNiro M.J., 1984. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals // Geochimica et Cosmochimica Acta. 48. P. 625–639.
- Schoeninger M.J., Moore K., 1992. Bone stable isotope studies in Archaeology // J. of World Prehistory. 6. P. 247–296.
- Stuiver M., Grootes P.M., Braziunas T.F., 1995. The GISP2 ^{18}O climate record of the past 16,500 years and the role of the sun, ocean and volcanoes // Quaternary Research. 44. P. 341–354.
- Tiunov A.V., Dobrovolskaya M.V., 2011. Stable isotope ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) evidence for Mid-Upper Paleolithic Hominines' palaeodiets in Gorny Altai // Abstracts of Meeting of European Society of the Study of Human Evolution. 23–24 September. Leipzig. P. 37.
- Tykot R.H., 2004. Stable isotopes and diet: You are what you eat // Proceed. of the Intern. School of Physics “Enrico Fermi” Course / Eds. M. Martini, M. Milazzo, Piacentini M. Amsterdam: IOS Press. P. 433–444.
- Tykot R.H., 2006. Isotope Analyses and the Histories of Maize // Histories of Maize: Multidisciplinary Approaches to the Prehistory, Linguistics, Biogeography, Domestication, and Evolution of Maize // Eds. J.E. Staller, R.H. Tykot, B.F. Benz. Burlington, Mass.: Academic Press (Elsevier). P. 131–142.
- Vogel J.C., van der Merwe N.J., 1977. Isotopic evidence for early maize cultivation in New York State // American Antiquity. 42. P. 238–242.

РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В БИОАРХЕОЛОГИИ

М.Б. Медникова

Радиология или, как привычнее звучало в ранних работах, рентгенография – неdestructивный метод изучения внутренней структуры объектов, который может быть чрезвычайно информативным инструментом комплексного междисциплинарного исследования в археологии. В основе метода лежит использование так называемых рентгеновских лучей, которые проецируют изображение объекта на специальную бумагу или пленку. Эти лучи открыты немецким физиком Вильгельмом Рентгеном в 1895 г. и были им названы икс-лучами (X rays). В. Рентген разработал специальную катодную трубку – источник излучения (рис. 1). Рентгеновское излучение проникало сквозь многие непрозрачные материалы; при этом оно не отражалось и не преломлялось и, главное, засвечивало фотопластинки. До открытия рентгеновских лучей изучение внутренней структуры любого объекта без его разрушения было невозможно. Естественно, что с самого начала этот метод нашел наиболее активное применение в клинике (рис. 2–4).

За 130 лет достигнут колоссальный технический прогресс не только в изучении внутренней структуры объектов, но и в области радиологической визуализации. Сегодня цифровые радиологические методы позволяют получать цифровые и реальные копии объектов, без разрушения исследовать их внутреннюю структуру, в том числе на микроскопическом уровне. На смену пленочной рентгенографии пришли компьютерная (КТ) и микротомография, КТ двойной энергии, микрофокусная рентгенография, радиологическая микроскопия.

Перечисленные методы в полной мере могут быть использованы в изучении археологических и палеоантропологических материалов. Систематическая совместная работа археологов и антропологов способствовала появлению в научной практике такого жанра, как «биоархеологические реконструкции». Этот термин обозначает



Рис. 1. Немецкий физик В. Рентген в 1895 г.

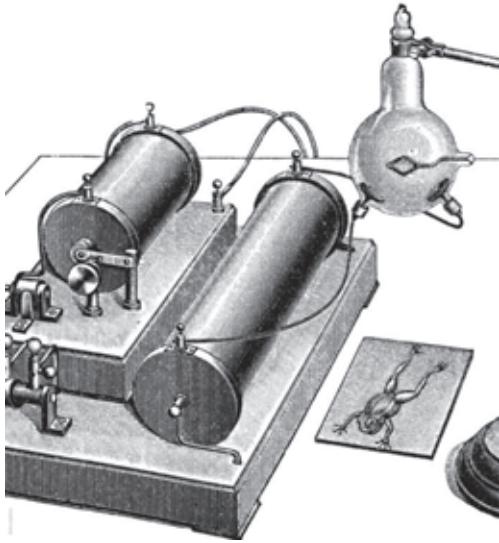


Рис. 2. Машина, сконструированная В. Рентгеном в 1895 г. (по: THERE, 2014)

комплексное исследование антропологических материалов конкретного археологического памятника с воссозданием индивидуальных особенностей образа жизни, состояния здоровья, конституциональных особенностей тех людей, останки которых были обнаружены при раскопках памятника. Биоархеология позволяет обращаться одновременно к сугубо биологическим проблемам и конкретным историческим задачам, и радиология выступает важным инструментом комплексного междисциплинарного исследования.

Эволюция понятия «биоархеология»

Согласно определению в словаре Вебстера (Webster's New World™ Medical Dictionary, 3rd Ed.), биоархеология – это «использование набора биологических методов применительно к археологическому материалу для того, чтобы больше узнать о древних популяциях» (MedicineNet.com; Bioarchaeology..., 2006. P. xviii).

Считается, что термин «биоархеология» возник независимо в Англии и США в 70-е годы XX в. В Англии название «биоархеология» появляется в работе Дж.Г. Кларка (Clark, 1972). Под биоархеологией он понимал изучение фаунистических комплексов, происходивших из археологических раскопок. Сегодня это слово включает дополнительные значения, подразумевая все биологические материалы, получаемые в результате археологических исследований. Окончательное значение термина устанавливается на наших глазах. Так, в научной школе Кембриджского университета биоархеология декларируется интегративной дисциплиной, объединяющей палеозоологию и палеоботанику. В Брэдфордском университете биоархеология соотносится с «реконструкцией человеческой активности, здоровья и болезней» на основе изучения человеческих останков. Соответственно на базе этого университета преподается курс остеoarхеологии человека.

В США термин «биоархеология» впервые прозвучал на 11-й ежегодной конференции Южного антропологического общества в 1976 г. Годом позже американский антрополог Дж. Байкстра (Buikstra, 1977) опубликовала работу, посвященную биокультурным аспектам археологического исследования. Программа биоархеологических исследований изначально была заявлена как междисциплинарная и включала рассмотрение таких тем, как: 1) погребальный обряд и изучение социальной организации общества; 2) воссоздание ежедневной активности древних людей; 3) палеодемография, включая оценку размеров и плотности населения; 4) миграции и генетические взаимосвязи; 5) питание и болезни.

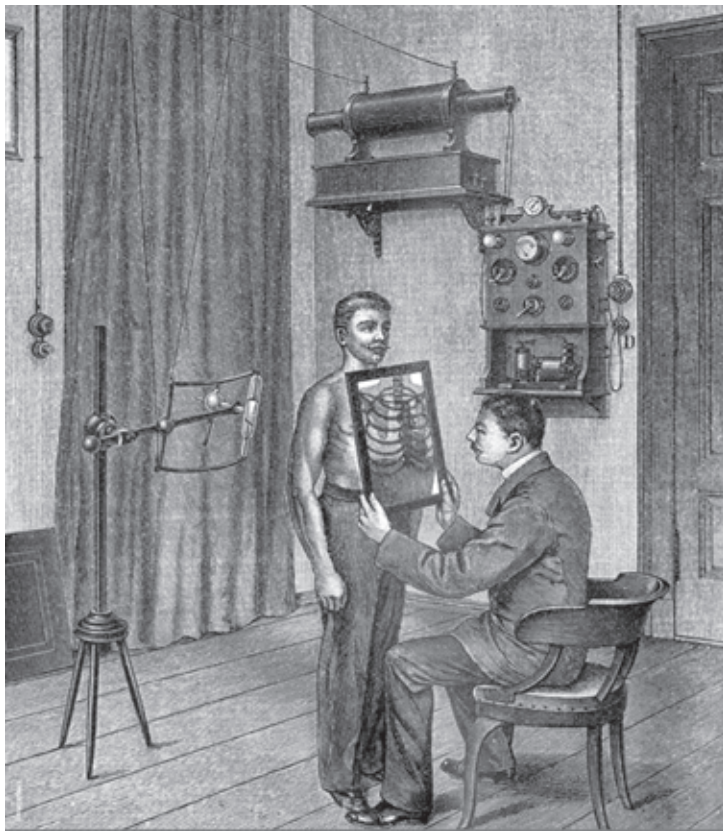


Рис. 3. 1897 г. Врач анализирует рентгеновский снимок (по: THERE, 2014)

В отечественной науке «биоархеологические» подходы существовали изначально. Но они терминологически не выделялись из совокупности собственно археологических, палеоантропологических, палеоботанических и палеозоологических работ. Попытка обозначить новую сферу интересов и представить новые методические возможности антропологических исследований была представлена с публикацией книги «Историческая экология человека. Методика палеоантропологических исследований» (1998). Костная система человека обладает свойствами пластичности и консервативности, запечатлевая в своей структуре последствия наиболее характерных прижизненных воздействий. Именно этот факт лежит в основе методологии палеоэкологических и биоархеологических реконструкций разных аспектов жизнедеятельности палеопопуляций.

В чем же принципиальное отличие «биоархеологии» от традиционной палеоантропологии?

Говоря словами профессора Мичиганского университета Л. Годстейн, «в физической антропологии существует подход, который фокусирует внимание на костях, игнорируя контекст обнаружения, историю и людей как таковых»

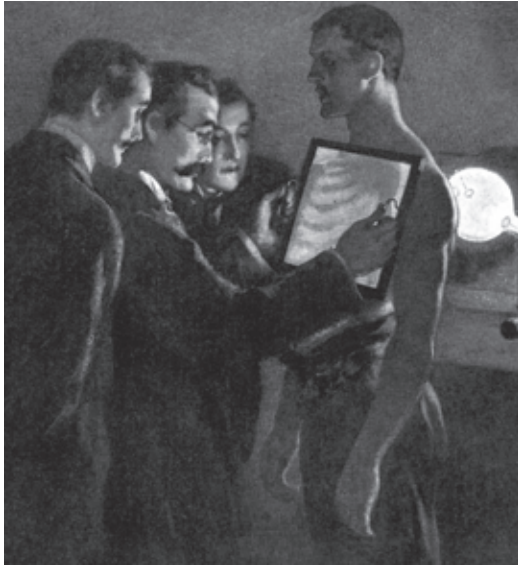


Рис. 4. Консилиум в Лондонском госпитале 1900 г. Поиск маузерной пули у раненного на англо-бурской войне

(Goldstein, 2006. P. 386). Противоположный подход к анализу скелетных останков человека, и шире — любых биологических остатков, происходящих из раскопок, может быть назван сегодня «биоархеологией». Именно возможность не только оперировать абстрактными цифрами и понятиями, но интерес к конкретному историческому контексту скелетных находок и даже к конкретным людям привлекают в эту область все большее число исследователей.

Любой элемент костной или зубной системы может стать объектом радиологического изучения. Техническое развитие аналитических методов в последние годы делает необходимым максимально полный сбор человеческих останков в процессе археологических раскопок.

Радиологическое изучение также применимо к образцам стекла, керамики, изделиям из кожи и, в исключительных случаях, при наличии высокотехнологичного мощного оборудования — к металлическим изделиям.

Пленочная рентгенография

До недавнего времени это был единственно доступный в применении и благодаря медицинским неинвазивным исследованиям массовый метод, использовавший суммарные проекционные изображения анатомических структур организма после прохождения через них рентгеновских лучей.

Первое исследование скелетных останков человека из археологических раскопок рентгеновским способом состоялось вскоре после открытия излучения Рентгеном в 1895 г. (*Brothwell et al.*, 1968. P. 150). С. Калин (Culin) из Пенсильванского университета еще в 1897 г. начал серию экспериментов, сразу после приобретения университетом соответствующего оборудования. В мае этого же года он совместно с Ч.Л. Леонардом рентгенографировали перуанскую мумию из Пакамака. Первая наиболее представительная серия рентгеновских изображений была получена на материале перуанских мумий и хранится ныне в университете Калифорнии в Беркли (Kroeber Archive). Сэр Флиндерс Петри также быстро оценил возможности использования рентгеновского метода в археологии, прежде всего, применительно к египетским мумиям (*Flinders Petrie, Griffith*, 1898). В своем обширном исследовании Э. Смит (*Smith*, 1912) описал мумии египетских царей. В 1903 г. египетским радиологом доктором Хаятом была рентгенографирована мумия восьмого фараона XVIII династии Тутмоса IV (*Smith*, 1912. P. 44).

Рентгенологические исследования человека в отечественной науке составили отдельные направления в рамках медицины и физической антропологии современного населения. На основании прижизненных изображений кисти изучались феномен биологического возраста, закономерности роста детей и, напротив, постдефинитивных процессов старения; минерализация скелета; действие физических нагрузок в разных профессиональных группах и у спортсменов. В процессе этих исследований были обнаружены адаптивные изменения скелета у обитателей экстремальных экологических ниш. Например, для аборигенов арктической зоны и высокогорья характерно увеличение пространства костного мозга, связанное с адаптацией к кислородному голоданию – гипоксии (Алексеева, Коваленко, 1980).

Замечательный пример применения классического рентгеновского метода к антропологическим материалам, происходящим из археологических раскопок, можно видеть в трудах крупнейшего отечественного клинициста и палеопатолога Дмитрия Герасимовича Рохлина. Опытный рентгенолог, Д.Г. Рохлин широко использовал метод (1965).

Резкость и контрастность рентгеновского изображения – главные свойства, определяющие его качество. Возникавшая на пленке теневая картина была тем резче, чем ближе объект исследования располагался к пленке и чем дальше от нее находился фокус рентгеновской трубки. Даже при применении острофокусных трубок это расстояние должно не менее чем в 5 раз превышать толщину исследуемого объекта, так как иначе будет наблюдаться неправильная передача соотношения между отдельными деталями его строения. С увеличением расстояния «фокус-пленка» увеличивалась и экспозиция. Существенным фактором, влиявшим на качество пленки, была правильная проявка, которая была весьма трудоемким занятием. Поэтому произошедший в последние годы переход на цифровые технологии, отказ от стадии проявки пленок – чрезвычайно важное достижение.

Традиционная (пленочная) рентгенография позволяла исследовать морфологические особенности скелета (например, внутреннюю массивность трубчатых костей), наличие индикаторов физиологического стресса (линий Гарриса); проводить дифференциальную диагностику палеопатологий (Медникова, 1998).

Например, так называемые линии Гарриса – поперечные линии повышенной плотности костного вещества, наблюдаемые на рентгенограммах трубчатых костей, регулярно используются как индикаторы эпизодического неспецифического стресса при описании качества жизни древнего населения (рис. 5). Механизмы формирования признака окончательно не выяснены, но считается, что линии Гарриса запечатлевают периоды прерывания ростовых процессов под воздействием неблагоприятных факторов, когда под влиянием генерализованного стресса происходит временное ингибирование функции соматотропного гормона – гормона роста.

Хотя костная ткань способна к перестройке, часть линий, сформированных в детстве и юношеском возрасте, сохраняется у взрослых.

Острое голодание, протеиновая недостаточность, дефицит в пище витаминов, пневмония, лихорадочные состояния и физическая нагрузка (механический стресс) связываются с возникновением поперечных линий. Вот почему большинство исследователей классифицируют данный признак как индикатор неспецифического стресса.



Рис. 5. Множественные линии Гарриса на рентгенограмме большеберцовой кости взрослого индивидуума из раскопок средневекового Ярославля. Линии Гарриса – индикатор неоднократного прерывания процесса роста под воздействием физиологических стрессов

Исследуя частоту встречаемости линий Гарриса в археологическом контексте, антропологам следует особое внимание обращать на связь признака с социальной и половой принадлежностью, длиной тела взрослого населения, продолжительностью жизни и распространением других индикаторов стресса, таких как эмалевая гипоплазия, а также учитывать культурные особенности.

Соответственно перспективность использования этого маркера при анализе археологических материалов заключается в возможностях оценки различий уровня стресса между женским и мужским населением, в оценке межгрупповых различий, в периодизации стрессовых воздействий на примере носителей конкретных археологических культур, а также в изучении эпохальной изменчивости.

Компьютерная томография

Томография – метод лучевой диагностики, связанный с послойным получением рентгеновских снимков интересующей области исследования. Важные достижения в области диагностической визуализации связаны с разработками в 50–70-х годах XX в. В 1979 г. Г. Хаунсфилду и А. Кормаку за изобретение компьютерной томографии (КТ) была присуждена Нобелевская премия.

Первый опыт применения КТ в палеоантропологии в нашей стране был произведен в 2006 г., когда в Центральном институте травматологии и ортопедии (ЦИТО) на компьютерном томографе СТ Aura Philips нами была обследована правая плечевая кость кузнеца из Пепкинского кургана абашевской археологической культуры эпохи средней бронзы.

В 1960 г. Марийской археологической экспедицией под руководством А.Х. Халикова был исследован курган у деревни Пепкино Горно-Марийского района, содержащий одномоментное коллективное захоронение не менее 27 человек. В ассоциации с останками индивидуума под № 8 был найден набор предметов бронзолитейщика: песчаниковая растиральная плита, массивный молот с перехватом для дробления руды, два тигля на ножках, глиняная форма для отливки вислообушного топора, костяные поделки, точило-шлифовальщик из камня, наковаленка из лосиного рога, сланцевая плитка, обломок стенки сосуда, три медвежьих астрагала.

Томография позволила получить аксиальные срезы плечевой кости бронзолитейщика толщиной от 1 мм и их реконструкции толщиной до 0,2 мм. Определение расстояний между анатомическими точками проводилось в программе Centricity DICOM Viewer (version 2,2, 2004).

Результаты этого исследования, опубликованные подробно много позже (Добровольская, Медникова, 2011), свидетельствуют о влиянии тяжелого физического труда на гипертрофию скелетной системы. На поперечном срезе костного диафиза наблюдается заметное утолщение стенок, достигающее чрезвычайных величин в латеральном квадранте, что можно ассоциировать с костным разрастанием в месте прикрепления дельтовидной бугристости (рис. 6). Параллельно нами выполнялось стандартная пленочная рентгенография трубчатых костей у погребенных в кургане. Установлено, что количество линий Гарриса (напомним, индикаторов эпизодического стресса) у кузнеца многократно превышало максимальное число неблагоприятных эпизодов у его соплеменников и родственников (рис. 7). Это говорит о том, что ранняя профессиональная специализация и тяжелый физический труд оказывали неблагоприятное влияние на здоровье.

Сегодня КТ и ее разновидность микро-томография – компьютерная томография небольших объектов с высоким разрешением – стали рутинной процедурой в антропологических исследованиях в нашей стране и за рубежом. Компьютерная томография и микро-томография позволяют сегодня антропологам и археологам

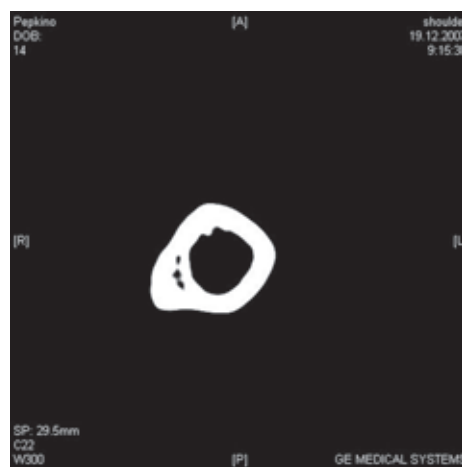


Рис. 6. Опыт применения компьютерной томографии. Виртуальный срез через середину диафиза правой плечевой кости кузнеца-бронзолитейщика эпохи средней бронзы. Видна отчетливая гипертрофия стенки в области дельтовидной бугристости, вызванная постоянными физическими нагрузками

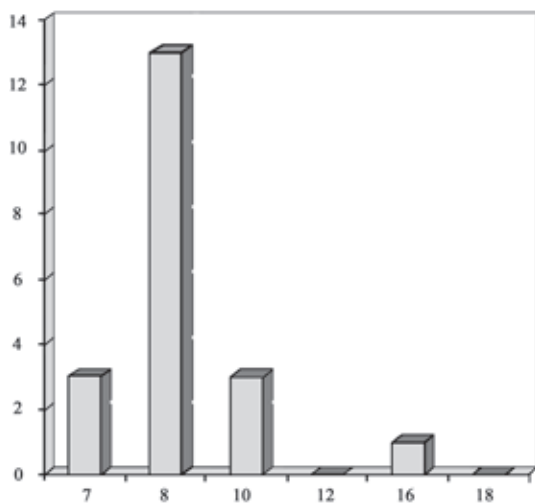


Рис. 7. Присутствие линий Гарриса на рентгенограммах нижней части диафиза большеберцовых костей у погребенных в Пепкинском кургане. На оси абсцисс – порядковые номера погребенных, на оси ординат – число линий Гарриса. Наибольшее количество стрессорирующих эпизодов в подростковом возрасте отмечено у кузнеца

структуру изучаемых объектов. Анализ основывается только на показателях рентгеновской плотности, оцениваемой в единицах Хаунсфилда. Двухэнергетическая КТ повышает возможности качественного и количественного рассмотрения изучаемых структур. Одновременное получение объемов данных с высокой и низкой энергией на трубке позволяет при постобработке разделить сигналы от ряда материалов (например, кальция, мочевой кислоты, йода, воды, металла и др.), что помогает изучать структуру объектов и органов более полно, вплоть до генерализованного определения их химического состава. В современной клинике два рентгеновских спектра при КТ применяются, например, при диагностике коронарных заболеваний или начальных стадий острой подагры; при определении причин мочекаменной болезни. Но метод мог быть использован и для косвенной денситометрической¹ оценки, поскольку он позволяет количественно и без разрушения объекта определить минеральный состав скелета.

В 2011 г. метод впервые в практике палеоантропологических исследований применялся для анализа разрозненных и фрагментарных костей неандертальцев из пещеры Окладникова (*Синицын и др.*, 2011).

¹ Денситометрия – неразрушающий метод определения минеральной плотности костной ткани. Активно применяется в медицине, в основном для измерения содержания кальция в кости, являющегося ее основным структурным элементом. Позволяет оценивать состояние костной ткани с точки зрения развития остеопороза.

получать цифровые 3D-копии уникальных объектов; неdestructивным способом изучать внутреннюю структуру; создавать базы данных послойных изображений.

Новые возможности появляются благодаря изобретению технологий трехмерной печати. После компьютерной томографии археологических артефактов можно получить их точную или масштабную копию, напечатанную на 3D-принтере.

Компьютерная томография двойной энергии

Метод двухэнергетической компьютерной томографии, позволяющий определить химический состав объектов, создан в последние годы. Недостаток обычной КТ – ограниченная возможность охарактеризовать

Пещера Сибирячиха, переименованная в честь выдающегося исследователя палеолитических древностей Азии академика А.П. Окладникова, представляет собой уникальный археологический памятник мустьерского времени. Одновременно в трех зарубежных лабораториях (Киля, Оксфорда и Флориды) выполнялось прямое радиоуглеродное датирование найденных в пещере костных фрагментов. Его результаты существенно разошлись, что, как отмечают авторы исследования, может быть следствием методических расхождений. К тому же кости столь глубокой древности содержат слишком малое количество древнего радиоуглерода и поэтому существует опасность загрязнения образцов современным углеродом. В сложившейся ситуации особенно важно учитывать археологический контекст скелетных останков. По мнению А.П. Деревянко (2009. С. 33), все культуросодержащие слои Окладниковской пещеры относятся к достаточно узкому хронологическому интервалу 45–40 тыс. лет назад (л.н.). Для аргументации этого вывода приведен ряд обоснований: 1) накопление рыхлых отложений в пещере происходило в небольшом хронологическом диапазоне; археологический материал абсолютно гомогенный. Нижняя основа даты соответствует горизонту 7 галереи 1, т.е. 45–44 тыс. л.н. Самый верхний горизонт пещеры Окладникова, по А.П. Деревянко, не может быть моложе 40–37 тыс. л.н.

Применение метода компьютерной томографии двойной энергии предоставило новые аргументы в поддержку концепции археологов.

Сканированию подверглись фрагментарные детские и взрослые останки. Предварительно по совокупности генетических и морфологических особенностей была доказана принадлежность костей неандертальцам (Медникова, 2011). Фрагменты происходили из разных геологических слоев, хотя данные антропологии указывали на принадлежность останков ограниченному числу особей.

Был использован объемный томограф Discovery HD 750. Первичная толщина среза составляла 0,625 мм (64 среза за 1 оборот трубки томографа). Обработка массивов данных выполнялась на рабочей станции Windows Advantage 4.5 с помощью программы GSI Viewer.

После сканирования образцов на изображениях определялось содержание минеральных веществ в толще компактного слоя трубчатых костей. Были выбраны участки, далекие от разломов и не подвергшиеся разрушению. Показатели для трех трубчатых костей дали сходные величины. Это не противоречит результатам морфологического исследования, согласно которому эти фрагменты, найденные в разных частях пещеры, могли принадлежать одному ребенку. Так, совпадение показателей минеральной насыщенности, выявленное путем сравнения уровней концентрации солей кальция и мочевой кислоты, подтвердило принадлежность нескольких фрагментов одному человеку (рис. 8).

Цифровая микрофокусная рентгенография

Особенно пристальное внимание привлекает специальная методика рентгеновского исследования – микрофокусная рентгенография (МР) с прямым многократным увеличением рентгеновского изображения. В 2007 г. она впервые была использована при изучении палеоантропологических материалов для детального описания палеопатологий и дифференциальной диагностики заболеваний (Бужжи-

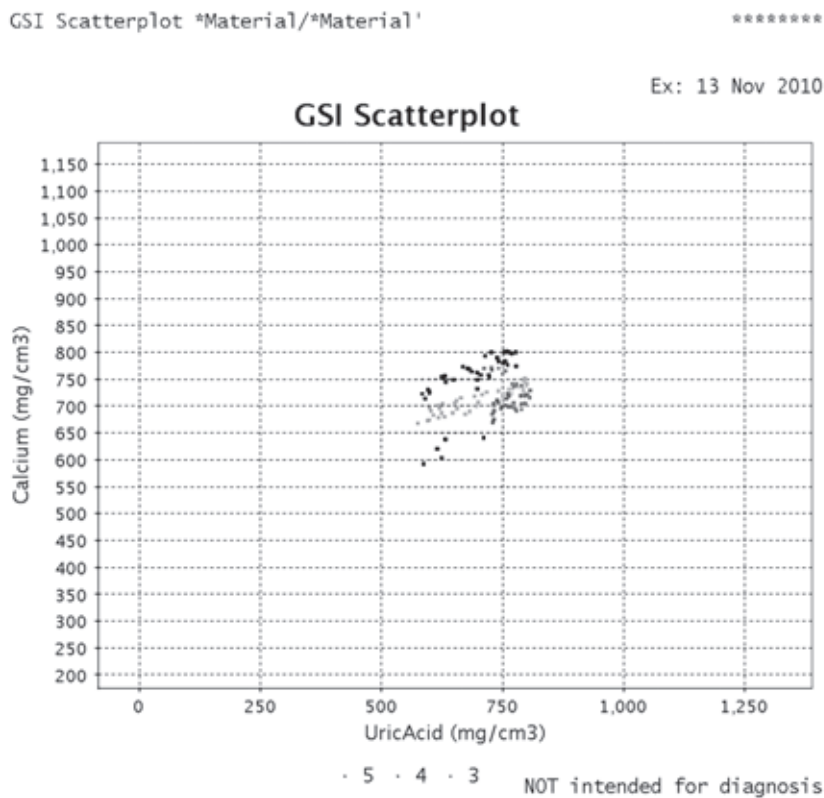


Рис. 8. Компьютерная томография двойной энергии позволяет количественно и без разрушения объекта определить минеральный состав скелета. Метод применен для соотнесения изолированных человеческих останков, обнаруженных в разных слоях пещеры Окладникова

лова и др., 2008), затем показала свою эффективность в разграничении «анатомически современных» и «архаических» ископаемых людей (Медникова и др., 2013).

МР предполагает получение рентгеновских изображений различных объектов с помощью источников излучения, размер фокусного пятна которых не превышает 0,1 мм. Отличительная особенность таких рентгеновских аппаратов – повышенная разрешающая способность и получение прямого рентгеновского увеличения объектов до 10–15 раз при сохранении резкости изображения. Этот метод создает уникальные возможности для детального рассмотрения мелких артефактов, часто встречаемых в археологических раскопках. Он значительно превосходит по качеству стандартные рентгенологические исследования. В настоящий момент серийные исследования методом МР на базе ИА РАН проводятся с использованием многоцелевой стационарной рентгеновской установки ПРДУ-02 (производство компании ЭЛТЕХ-Мед, Санкт-Петербург) и сканера для оптического считывания рентгеновской информации с электронной матрицы HD-CR-35 NTD/CR 35 NDT (Германия).

Рассмотрим пример применения микрофокусной рентгенографии для изучения крайне фрагментарных останков человека. Поступивший на экспертизу скелетный материал был представлен единственным, незначительным по площади фрагментом свода черепа, хотя и происходит из очень значимого захоронения.

В 2005 г. в Бобровском районе Воронежской области на левобережье р. Битюг (приток Дона) местными археологами был раскопан курган, с насыпью размерами 80 x 32 м (Матвеев и др., 2005). Установлено, что это грандиозное сооружение насыпалось в несколько приемов, значительно разделенных по времени. Вначале на возвышенности возвели круглый курган диаметром около 28 м. Найденное под ним захоронение человека, получившее в археологической документации номер 2, представляет особый интерес благодаря набору погребального инвентаря, позволяющего установить социальный статус покойного. Несмотря на то что захоронение подверглось ограблению еще в древности, по-видимому, современниками умершего, в юго-западном углу и в центре его могилы остались щитковые орнаментированные псалии, лепной горшок и костяная пряжка. Благодаря этим предметам стало возможно установить хронологию захоронения (поздний этап доно-волжской абашевской культуры) и атрибутировать его как социально престижное погребение воина-колесничного.

К сожалению, хотя в археологической документации указана практически полная сохранность скелета этого человека, останки, поступившие в лабораторию группы физической антропологии ИА РАН, представлены единственным фрагментом свода черепа, размерами 93 x 62 мм, что, безусловно, не облегчало проведение скелетной экспертизы и половозрастной идентификации погребенного. Сохранилась лишь центрально-верхняя часть левой теменной кости. Толщина свода не выходит за рамки средних значений, составляя порядка 6 мм.

При поверхностном осмотре обнаружены небольшие дефекты, которые производят впечатление как от обстрела разнокалиберной «дробью» или могут быть восприняты как посмертные разрушения. Однако отсутствие следов характерных посттравматических разломов, диаметры входного и выходного отверстия, равно как и расширяющиеся в толщу губчатой ткани стенки повреждений, заставляют сразу же отвергнуть эти предположения. Со стороны эндокрана заметен сосудистый рисунок на костной поверхности, окаймляющий наиболее крупное отверстие. Таким образом, становится очевиден прижизненный характер процесса, нарушившего анатомическую целостность мозгового черепа, и, кроме того, гематогенный путь распространения этого заболевания.

Изображение, полученное при помощи микрофокусной рентгенографии, позволяет видеть изменения внутренней структуры костного фрагмента (рис. 9). Количество очагов деструкции увеличивается до 50, причем большинство из них выявляется только при микрофокусном увеличении. Все лизисы округлой формы диаметром от 0,1 мм, что позволяет реконструировать интенсивность патологического процесса. Такая картина типична для онкологических заболеваний, например для метастатической карциномы, эозинофильной гранулемы или ангиосарком. Применение метода микрофокусной рентгенографии позволило выявить случай ракового заболевания у колесничного II тыс. до н.э. Таким образом, онкология, считающаяся «болезнью цивилизации» и ставшая

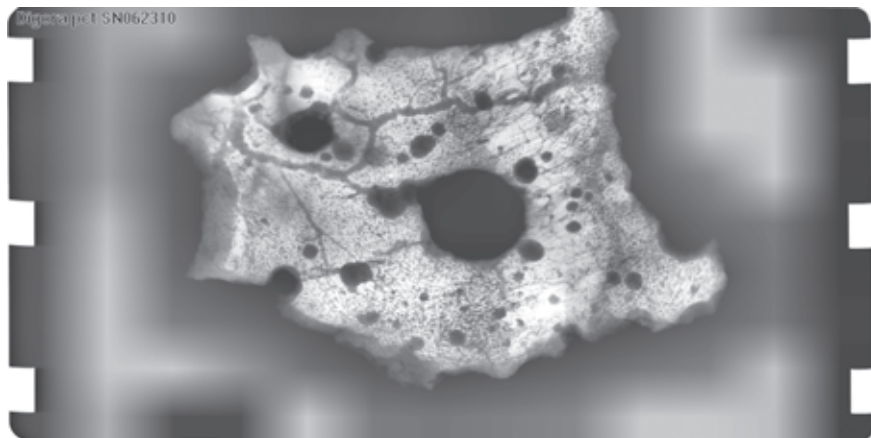


Рис. 9. Радиологические методы в палеопатологии. Микрофокусная рентгенография оказалась незаменимым инструментом при постановке диагноза колесничному – представителю абашевской археологической культуры эпохи средней бронзы

характерной чертой XX–XXI вв., была печальной спутницей представителей привилегированного слоя тысячелетия назад.

Другой пример применения микрофокусной рентгенографии помогает воссоздать детали ритуальной жизни далекого прошлого. Антропологические материалы из грота Мурзак-Коба в Крыму, полученные в результате раскопок С.Н. Бибикова и Е.Н. Жирова, находились в фокусе внимания ведущих отечественных специалистов, в том числе крупнейшего советского рентгенолога Д.Г. Рохлина (1965). В слое, содержащем орудия, характерные для тарденуазской археологической культуры, под грудой камней лежали два скелета, левые верхние конечности которых были одинаково согнуты. В двойном погребении были найдены останки мужчины 30-40 лет и женщины 24-25 лет, по-видимому, связанных семейными узами.

Д.Г. Рохлин описал необычные изменения на женском скелете: «Этот скелет заслуживает не только специального рентгеноанатомического и рентгеноантропологического исследования, но и своеобразной судебной-медицинской экспертизы..., поскольку оба мизинца были отрублены в симметричных местах...» (1965. С. 237). «Особого внимания заслуживают «головки» (блок) основных фаланг обоих V пальцев со следами усечения... Усечение было произведено у данной женщины непосредственно под суставным хрящом, несколько наискось, со столь небольшим повреждением кости, что длина ее практически не уменьшилась. Область усечения и поверхностно расположенные спонгиозные пространства покрыты замыкающей пластинкой, что свидетельствует о том, что... наступило заживление без следов осложнения. Симметричность усечения на обеих руках говорит об определенном ритуальном вмешательстве, а не о случайной травме» (Рохлин, 1965. С. 239).

Мы вновь обследовали скелетные останки женщины из грота Мурзак-Коба, в том числе применив микрофокусный рентген (Медникова и др., 2015).

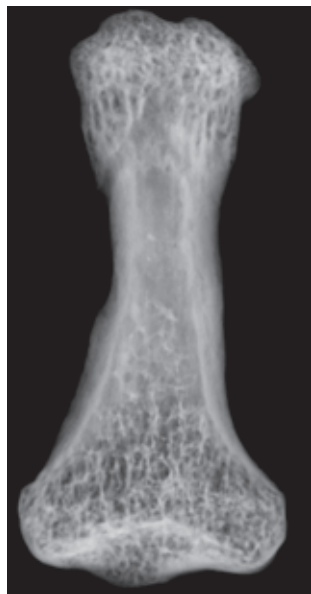


Рис. 10. Медиальная фаланга кисти у женщины эпохи мезолита с признаками ампутации и атрофии широтных размеров диафиза. Микрофокусная рентгенограмма

Возможность исследовать качественное контрастное изображение с увеличением, которой, к сожалению, не располагал Д.Г. Рохлин, позволяет скорректировать его выводы. Микрофокусная рентгенография по качеству заметно превышает пленочную рентгенографию. Повторное исследование фаланг кисти у женщины эпохи мезолита позволило уточнить особенности сложной ритуальной жизни населения той эпохи.

Д.Г. Рохлин считал, что операция не повлияла на диафизарные размеры. Но просмотр микрофокусных снимков и сравнительные измерения показали, что ампутация фаланг сопровождалась иммобилизацией, достаточной для того, чтобы стала заметной широтная атрофия диафиза, особенно выраженная справа в дистальной части (рис. 10). Это значит, что прошел достаточный срок с момента операции. Операция могла сопровождаться локальными осложнениями. Следы таких осложнений видны в верхней части культы. По сравнению с проксимальной частью фаланги трабекулярная сеть, примыкающая к зоне ампутации, нерегулярна, что может указывать на локальный некроз. По-видимому, воспаление сильнее развилось на правом мизинце. Это неудивительно, потому что рука была рабочей, что, очевидно, препятствовало полноценному заживлению. Применение микрофокусной рентгенографии позволило, таким образом, установить, что мизинцы были ампутированы задолго до смерти, в юношеском возрасте, скорее всего, при прохождении обряда инициации.

Радиологическая микроскопия

Наиболее совершенным методом, сочетающим преимущества микротомографии и неинвазивную микроскопию, начиная с 2012 г. стала радиологическая микроскопия, позволяющая изучать структурные особенности объектов с увеличением до микронов в двухмерной и трехмерной плоскости (рис. 11). В пилотном исследовании она была применена по отношению к уникальному объекту – фаланге кисти ископаемой девочки из раскопок в Денисовой пещере на Алтае, причем томограмма реконструировалась по 4321 проекциям, а размер вокселя составил 9,2814 мкм (Mednikova et al., 2013).

Ранее принадлежность косточки индивидууму женского пола была доказана в процессе молекулярно-генетического исследования (Krause et al., 2010). Тогда же был определен реликтовый тип митохондриальной ДНК гоминина, который имел общего предка с современными людьми и неандертальцами, жившего около 1 млн л.н. (779 300–1 313 500 л.н.). Описана новая группа ископаемых людей – денисовцев, внесших свой вклад в формирование современного человечества.

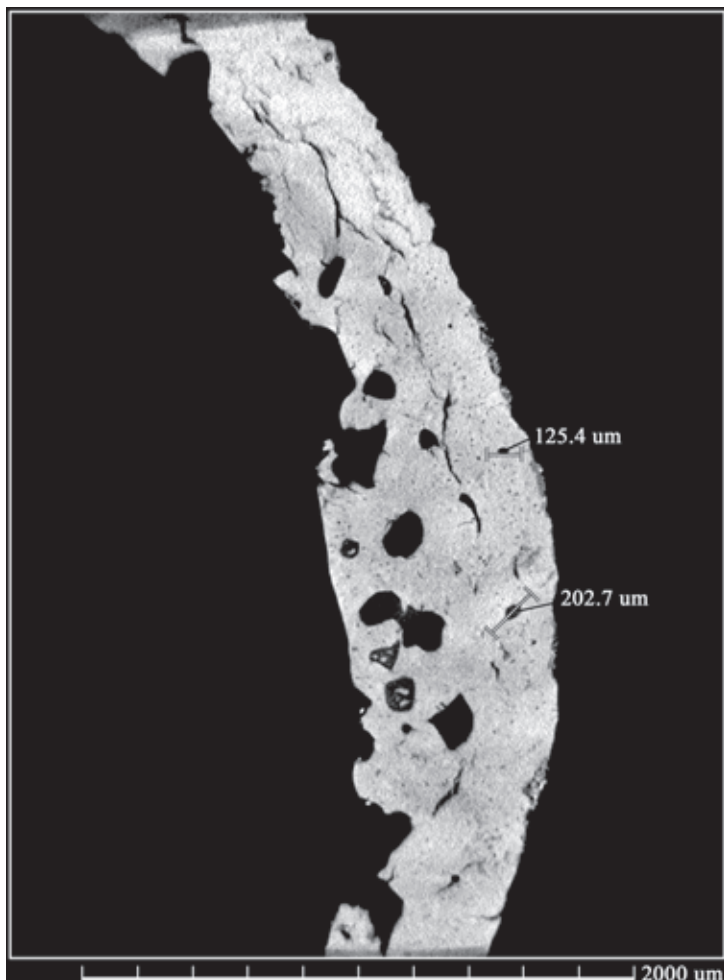


Рис. 11. Виртуальный срез в области диафиза фаланги «денисовской девочки» с определением величины остеонов, полученный неструктурным методом, с помощью радиологической микроскопии

Радиологическим методом обследованы два фрагмента, сохранившиеся после взятия образцов для выделения ДНК. Наибольшая высота фрагментов достигала 3,4 мм. На базе программного обеспечения рентгеновского микротомографа строились трехмерные модели и виртуальные срезы в заданных плоскостях. При рассмотрении поперечных виртуальных сечений фаланги были определены величины остеонов – структурных единиц костной ткани человека. Картина их развития важна для определения биологического, т.е. фактического возраста. Ранее подобного рода микроскопические исследования были возможны только при деструкции объекта, когда по трудоемкой методике изготавливался шлиф (рис. 11).

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеева Т.И., Коваленко В.Ю., 1980. Морфофункциональная характеристика посткраниального скелета азиатских эскимосов // Палеоантропология Сибири / Ред. А.П. Окладников, В.П. Алексеев. М.: Наука. С. 131–153.
- Бужилова А.П., Добровольская М.В., Медникова М.Б., Потрахов Н.Н., Потрахов Е.Н., Грязнов А.Ю., 2008. Применение микрофокусной рентгенографии при диагностике заболеваний древнего человека // Петербургский журнал электроники. № 2-3. С. 152–162.
- Деревянко А.П., 2009. Переход от среднего к верхнему палеолиту и проблема формирования *Homo sapiens* в Восточной, Центральной и Северной Азии. Новосибирск: ИАЭТ СО РАН. 327 с.
- Добровольская М.В., Медникова М.Б., 2011. «Медные люди» эпохи бронзы: реконструкция состояния здоровья и социального статуса // Археология, этнография и антропология Евразии. № 2 (46). С. 143–156.
- Историческая экология человека. Методика биологических исследований, 1998. М.: Изд-во «Старый Сад». 368 с.
- Матвеев Ю.П., Сафонов И.Е., Добрынин А.В., 2005. Исследование кургана эпохи бронзы в могильнике Красный 1 // Пастушеские скотоводы восточноевропейской степи и лесостепи эпохи бронзы (историография, публикации). Воронеж: ВГУ. С. 139–147.
- Медникова М.Б., 1998. Рентгенография костей человека в биоархеологических реконструкциях // Историческая экология человека. Методика биологических исследований. М.: Изд-во «Старый Сад». С. 182–202.
- Медникова М.Б., 2011. Посткраниальная морфология и таксономия представителей рода *Homo* из пещеры Окладникова на Алтае. Новосибирск: ИАЭТ СО РАН. 127 с.
- Медникова М.Б., Моисеев В.Г., Хартанович В.И., 2015. Обряды перехода в каменном веке по данным физической антропологии // КСИА. Вып. 237. С. 50–63.
- Медникова М.Б., Потрахов Н.Н., Бессонов В.Б., 2013. Применение микрофокусной рентгенографии в разграничении ископаемых представителей рода *Homo* с архаической и современной морфологией // Биотехносфера. № 4 (28). С. 51–55.
- Рохлин Д.Г., 1965. Болезни древних людей (кости людей различных эпох – нормальные и патологически измененные). М.; Л.: Наука. 303 с.
- Синицын В.Е., Медникова М.Б., Мершина Е.А., Васильева Е.С., 2011. Опыт применения компьютерной томографии двойной энергии для изучения костных остатков неандертальцев из пещеры Окладникова на Алтае (Приложение 2) // Медникова М.Б. Посткраниальная морфология и таксономия представителей рода *Homo* из пещеры Окладникова на Алтае. Новосибирск: ИАЭТ СО РАН. С. 115–125.
- Bioarchaeology: the contextual analysis of human remains, 2006 / Eds. J.E. Buikstra, L.A. Beck. Amsterdam: Elsevier. 606 p.
- Brothwell D.R., Molleson T., Metreveli C., 1968. Radiological aspects of normal variation in earlier skeletons: an exploratory study // The Skeletal Biology of Earlier Human Populations. Symposia of the Society for the Study of Human Biology. Vol. 8 / Ed. D.R. Brothwell. Oxford: Pergamon Press. P. 149–172.
- Buikstra J., 1977. Biocultural dimensions of archeological study: A Regional Perspective // Biocultural Adaptation. Proceed. of the Southern Anthropological Society / Ed. R.L. Blakely. Athens, GA: Univ. of Georgia Press. P. 67–84.
- Clark J.G., 1972. Starr Carr: A Case Study in Bioarchaeology. L.: Addison-Wesley. 42 p. (Addison-Wesley modular publications, 10).
- Flinders Petrie W.M., Griffith F.L., 1898. Deashasheh, 1897: Fifteenth Memoir of the Egyptian Exploration Fund. L.: Egypt. Explor. Fund. 305 p.
- Goldstein L., 2006. Mortuary analysis and bioarchaeology // Bioarchaeology: the contextual analysis of human remains, 2006 / Eds. J.E. Buikstra, L.A. Beck. Amsterdam: Elsevier. P. 375–387.

- Krause J., Fu Q., Good J.M., Viola B., Shunkov M.V., Derevianko A.P., Paabo S.*, 2010. The complete mitochondrial DNA genome of an unknown hominin from southern Siberia // *Nature*. Vol. 464. P. 894–897.
- Mednikova M.B., Dobrovolskaya M.V., Viola B., Lavrenyuk A.V., Kazansky P.R., Shklover V.Y., Shunkov M.V., Derevianko A.P.*, 2013. A micro computerized tomography (X-ray microscopy) of the hand of the Denisova girl // *Archaeology, Ethnography and Anthropology of Eurasia*. No. 3. P. 120–125.
- Smith G.Elliot*, 1912. *Catalogue Général Antiquités Égyptiennes du Musée du Caire: The Royal Mummies*, 1912. Le Caire: Imprimerie de L'institut Français D'archéologie Orientale. 200 p.
- THERE: AGFA Healthcare, November 2014. Ed. 17. Belgium: Mantsel. 35 p. [Special electronic resource].

АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК И ИЗОТОПНАЯ ГЕОХИМИЯ

Н.И. Шишлина

Геохимические исследования выполнены
при финансовой поддержке РФФИ, проект № 13-06-12003.

Введение

Современное комплексное изучение традиционного археологического источника предполагает применение методов изотопной геохимии. Результаты такого исследования позволяют получить новые данные, проверить старые гипотезы, сформулировать новые подходы. Археологический источник – предметы материальной культуры, останки человека, животных, растений и т.д., происходящие из разной геохимической среды, сохраняют уникальную «изотопную подпись», расшифровка которой позволяет получить достоверную информацию о климате, окружающем ландшафте, системе питания, миграции древнего населения. Для каждого исследуемого объекта (например, человека или животного) возможно установление уникальных геохимических характеристик, связанных с вероятным местом рождения человека или животного, местообитанием на протяжении жизни, а также с наличием или отсутствием стрессовых ситуаций, связанных с природными и социальными катаклизмами. Выявление различий в «изотопной подписи» для образцов разного происхождения предоставляет возможность культурной и географической атрибуции фрагментов материальной культуры, останков человека или животного, исторический контекст которых не сохранился или потерян.

Внедрение в мировую практику археологических исследований методов изотопной геохимии началось в конце прошлого века (*Ambrose, 1993*). Эти исследования столкнулись с большим количеством методологических и методических проблем (*Brown et al., 1988; Bronk Ramsey et al., 2004*), в первую очередь связанных с разработкой методов выделения препаратов для изотопных исследований и интерпретацией полученных данных. Сегодня развитие измерительной техники, накопление фактического материала позволило широко использовать данные масс-спектрометрических исследований для реконструкции системы питания древнего населения (*Ambrose, Norr, 1993; Lillie, Richards, 2000; O'Connell et al., 2003; Iacumin et al., 2004; Jim et al., 2006*), выявления путей миграции (*Price et al., 2012*). В последние годы были проведены масс-спектрометрические исследования ряда ключевых памятников первобытности в Европе (*Evans et al., 2006*), Латинской Америке (*Conlee et al., 2009*). Методы изотопной геохимии постепенно становятся частью археологических исследо-

ваний и в России (*Jacumin et al.*, 2000; *Hollund et al.*, 2010; *Trifonov et al.*, 2012; *Энговатова и др.*, 2013; *Svyatko et al.*, 2013).

Теоретической основой изотопной геохимии является тот факт, что изотопы – это носители памяти о рождении и преобразовании молекул, а фракционирование изотопов – это химическая история вещества. Изотопы участвуют в создании памяти, а через изотопные эффекты – в актах рождения и преобразования и, таким образом, в ее сохранении, выступая как маркеры и свидетели химических событий, которые происходили много тысяч лет назад (*Бучаченко*, 2007). Формирование органо-минеральных компонентов тела человека и животного происходит на протяжении всей жизни и находится в тесной зависимости от внешних геохимических характеристик местности. При этом клетки, отвечающие за образование минеральной фазы, откликаются на многочисленные биохимические факторы окружающей среды, связанные с поступлением питательных веществ, выработкой гормонов роста, механическими нагрузками. Рождаясь и проживая в определенной природной и геохимической среде, человек, таким образом, с рождения сохраняет в своем организме (костной ткани, волосах) точную геохимическую информацию того места, где он родился, и тех экологических ниш, которые он мог осваивать в течение всей своей жизни.

Кроме того, человек, используя природные ресурсы конкретной ландшафтно-экологической ниши, создавал предметы материальной культуры, которые, в последствии, могли оказаться в другой местности – с иными природными и геохимическими характеристиками. Такого рода предметы материальной деятельности также сохраняют геохимическую информацию о локализации сырья, которое было использовано для их изготовления. Поэтому при оценке изотопных данных таких объектов необходимо учитывать вероятность их разного геохимического происхождения. Например, предметы, сделанные из растительных материалов, древесины, металла разных рудных источников, семена и плоды, могли попадать в закрытый археологический комплекс (погребение или культурный слой стоянки или городища) благодаря деятельности человека, и происходить с территорий, имеющих отличные геохимические характеристики.

В данном разделе освещаются два основных геохимических метода и приводятся примеры интерпретации традиционного контекста и воссоздания новой истории археологического предмета на примере материалов Исторического музея, в том числе Степной археологической экспедиции.

Методы и подходы

Стабильные изотопы ^{13}C и ^{15}N . Животные и человек получают углерод, потребляя разнообразные компоненты системы питания, каждый из которых имеет свой изотопный состав. К таким компонентам относятся растения с C_3 (это большинство растений умеренных и холодных зон, например, пшеница, ячмень, большинство пастбищных растений) и C_4 типами фотосинтеза (это кукуруза, просо, сорго, пастбищные растения жарких климатических зон, например, галофиты, амарант) и, таким образом, с разным изотопным составом углерода); мясо, молоко и кровь травоядных животных; речные и морепродукты. Благодаря шагу фракционирования можно определить, какие компоненты являлись осно-

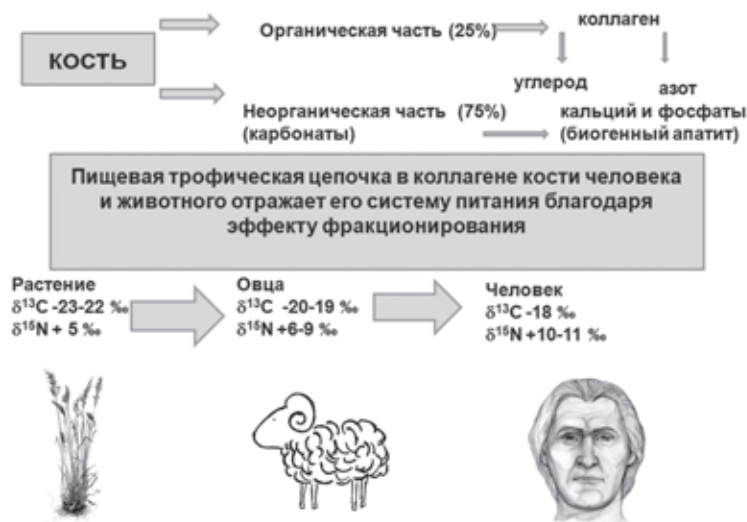


Рис. 1. Трофическая пищевая цепочка в коллагене кости человека и животного

вой системой питания (рис. 1). Тяжелый изотоп углерода ^{13}C является основным источником энергии, указывает на «растительное основание» пищевой цепи, значения $\delta^{13}\text{C}$ в коллагене костей человека обычно на 2-3‰ меньше, чем в компонентах системы питания. Тяжелый изотоп азота ^{15}N фракционируется в тканях животного, указывая на положение животного в трофической цепи, шаг трофического обогащения составляет 4-5‰.

Растения находятся в начале пищевой цепи и в зависимости от типа фотосинтеза имеют разный изотопный состав углерода. Среднее значение $\delta^{13}\text{C}$ для C_3 растений -21...-35‰, для C_4 растений $\delta^{13}\text{C} = -12...-15\text{‰}$ (Roy et al., 2005). Существенные различия в изотопном составе углерода и азота в коллагене костей отмечаются для групп населения, употребляющих преимущественно «материковую» и «морскую» пищу. Травоядные, плотоядные и всеядные животные обычно различаются по значению $\delta^{15}\text{N}$ в костях. У человека этот показатель важен при идентификации кормления ребенка грудью. Водные компоненты системы питания, происходящие из моря (морепродукты) или из речных водоемов, также различаются по изотопному сигналу. Таким образом, масс-спектрометрическое исследование изотопов $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ в таких образцах дает возможность определить основные компоненты системы питания носителей разных культур (Lanting, van der Plicht, 1998), позволяя уточнять ареалы освоенных природных ресурсов (табл. 1).

Данные стабильных изотопов в коллагене кости человека отражают систему его питания в последние 10-15 лет его жизни (Ambrose, Norr, 1993). Однако в волосах изотопный сигнал меняется намного быстрее. Волосы на 95% состоят из кератина – сложного протеинового биополимера сетчатой структуры. Они растут в среднем 1 см в месяц и отражают изотопный сигнал системы питания

Таблица 1. Средние значения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$, ожидаемые в коллагене костей человека и животных, при теоретическом 100%-ом пищевом рационе (по: *Lanting, van der Plicht*, 1995–1996).

Система питания	$\delta^{13}\text{C}$, ‰	$\delta^{15}\text{N}$, ‰
Растения группы C_3	-21	+5
Мясо травоядных животных (растения C_3)	-18	+8
Растения группы C_4	-7	+5
Морепродукты	-13	+18
Речная рыба	-24	+16
Озерная рыба	-20	+16

в достаточно четко определимый и короткий промежуток времени (химический состав первого сантиметра скальпа соотносится с системой питания человека в последний месяц перед смертью). Измерение изотопного сигнала по длине волоса позволяет выявить систему питания индивида на протяжении нескольких месяцев – ее вероятную смену, сезонные вариации, вызванные разными причинами (голодом, религиозными запретами, например, во время поста, миграциями индивида в среду с иными компонентами системы питания и другим изотопным сигналом). Таким образом, по изотопному составу углерода и азота в волосах индивида и в его костях можно судить об источниках протеина в продуктах питания по двум разным временным шкалам. Отметим, что значения ^{13}C коллагена костей обычно выше, чем значение ^{13}C в кератине волос примерно на 2‰ (*O'Connell et al.*, 2003).

Таким образом, масс-спектрометрическое исследование изотопов $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ в образцах костей и волос человека и животного дает возможность предложить более точные характеристики общей системы питания носителей разных культур, животных, обитающих в разных климатических зонах, позволяя уточнять ареалы их распространения; определить вероятные места выпаса домашних животных; обозначить освоенные человеком природные ресурсы.

Метод определения вариаций изотопного состава стронция $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в эмали и дентине зубов погребенного человека. Зубная эмаль человека представляет собой кристаллический массив, сложенный несколькими видами апатита и загрязненный протеиновыми компонентами, присутствующими в небольших количествах в зрелой, неживой структуре. Кристаллы в эмали имеют микроскопический размер и не могут быть восстановлены, кроме как путем внешнего привнесения требуемых ионов в ротовую полость и строгого соблюдения физико-химических условий равновесия продуктов в растворе. Дентин – живая ткань, реагирующая на эти факторы и изменяющаяся, чтобы соответствовать своим функциональным особенностям. Только минеральный состав эмали количественно и структурно фиксирован после ее формирования. Это является основой метода установления места рождения и первых лет жизни человека по изотопному составу стронция, зафиксированному в его зубной эмали. Отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в горной породе или минерале, содержащем Rb (рубий), за-

висит от возраста и отношения Rb/Sr в источнике или в материнской породе и представлено значительными вариациями. В пищевую трофическую цепочку стронций попадает преимущественно из растений, которые, в свою очередь, поглощают его из почвы и поверхностных и подземных вод. Таким образом, геолого-геохимическая обстановка, характерная для того или иного региона, определяет изотопный состав стронция, который входит в растения и живые организмы, обитающие на изучаемой территории. Человек и животные получают стронций с водой и пищей. Накопление стронция в зубной эмали человека происходит с момента его рождения и в детские годы; его изотопный состав отражает систему питания, компоненты которой происходят из определенного геолого-геохимического региона или нескольких регионов. Значение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в зубной эмали не меняется со временем. Таким образом, определив изотопный состав стронция в образцах зубной эмали и зная региональные геологические и изотопно-геохимические характеристики предполагаемых районов проживания древнего населения, мы можем определить, где человек родился и жил (Шишлина, Ларионова, 2013).

Полученные результаты и интерпретация

Система питания древнего человека Евразийских степей эпохи бронзы (на основании данных стабильных изотопов азота и углерода в коллагене костей погребенного человека). Адаптация носителей нескольких культур эпохи бронзы к степным экологическим зонам сопровождалась сложением и развитием особых форм системы питания, нашедших отражение в изотопном составе коллагена костей погребенного человека и животных. Изучая содержимое сосудов, а также грунты из особого археологического контекста – из района желудка и межзубного пространства погребенных в степных курганах людей, мы определили, что жители Прикаспийских и Донских степей эпохи бронзы собирали и ели степные растения. Из диких злаков грубого помола варили кашу. Ни в одном из многочисленных исследованных образцов грунта не обнаружены следы культурных злаков. В погребениях найдено большое количество костей домашних и диких животных. Это подтверждается и исследованиями археоботаников (Лебедева, 2008). Изучение стабильных изотопов азота и углерода в археологических растениях, коллагене костей погребенного человека и животных позволило получить новые данные об основных компонентах системы питания местного населения.

Данные, полученные по более чем 200 индивидам, проживавших в Прикаспии и Нижнем Подонье в бронзовом веке, позволили предложить пять моделей их системы питания (табл. 2).

Масс-спектрометрические данные показывают, что изотопный сигнал в костях степняков бронзового века существенно варьировал. Это неудивительно, поскольку все индивиды проживали в регионе в разное время. Для примера рассмотрим данные стабильных изотопов азота и углерода, полученные по остаткам растений, коллагену костей погребенного человека и животных из трех курганов: кургана 3 и 4 могильника Улан IV и кургана 1 могильника Сухая Термиста, раскопанных Степной археологической экспедицией в 2008–2010 гг. (табл. 3; рис. 2).

Таблица 2. Изотопный состав углерода $\delta^{13}\text{C}$ и азота $\delta^{15}\text{N}$ в коллагене костей людей эпохи бронзы с разной системой питания, проживавших в Прикаспии и Нижнем Подонье.

Модель	$\delta^{13}\text{C}$, ‰	$\delta^{15}\text{N}$, ‰
Модель 1: мясо/молоко травоядных животных, дикие растения C_3	от -21 до -19	от +9 до +11
Модель 2: мясо/молоко травоядных животных, речная и озерная рыба, водоросли, моллюски, дикие растения C_3	от -21 до -17	от +11 до +15
Модель 3: мясо/молоко травоядных животных, речная и озерная рыба, водоросли, моллюски, дикие растения C_4	от -16 до -13	от +10 до +18
Модель 4: морепродукты являются основным пищевым компонентом	от -17 до -15	от +15 до +18
Модель 5: грудное вскармливание	от -16 до -15	от +14 до +17

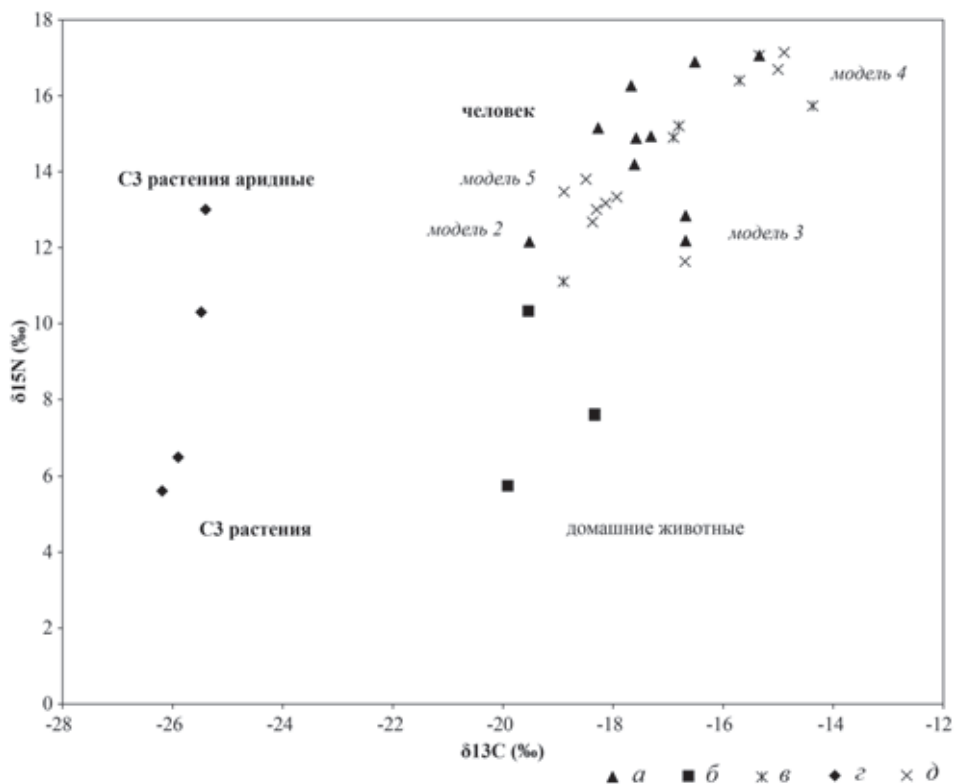


Рис. 2. Граф изотопного состава углерода $\delta^{13}\text{C}$ и азота $\delta^{15}\text{N}$ в растениях, коллагене костей человека и животных из могильников Улан IV и Сухая Термиста. Условные обозначения: а – Улан IV, к. 3, люди; б – Улан IV, к. 3, 4, Сухая Термиста, овцы, копытные; в – Сухая Термиста, к. 1; г – Улан IV, к. 3, 4, растения; д – Улан IV, к. 4, люди

Таблица 3. Изотопный состав углерода $\delta^{13}\text{C}$ и азота $\delta^{15}\text{N}$ в растениях, коллагене костей человека и животных из могильников Улан IV и Сухая Термиста.

Образец/пол/возраст/культурная принадлежность	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}^{\text{‰}}$	$\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}^{\text{‰}}$	Модель системы питания (номер)
Улан IV, к. 3			
П. 5, мужчина, 40–50 лет, западноманычское катакомбное	-16,51	+16,89	2 или 3
П. 6, ребенок 2,5 лет, раннее катакомбное	-17,61	+14,19	5
П. 7, мужчина, 40–50 лет, майкопское	-17,67	+16,26	2
П. 9, взрослый, катакомбное?	-16,43	+12,18	4?
П. 12, мужчина, 45–50 лет, майкопское	-16,68	+12,84	2
П. 13, мужчина 30–35 лет, раннее катакомбное	-19,52	+12,15	2
П. 14, женщина, 25–30 лет, раннее катакомбное	-17,31	+14,93	2
П.14, подстилка, рогоз?	-25,9	+6,5	–
П. 15, женщина, 30–40 лет, ямное	-17,58	+14,88	2
П. 15, подстилка, рогоз?	-25,4	+13,0	–
П. 15, подстилка, рогоз?	-25,48	+10,3	–
П. 16, новорожденный, западноманычское катакомбное	-15,34	+17,06	5
П. 19, мужчина, 50–60 лет, раннее катакомбное	-18,31	-	–
П. 20, взрослый (?), ранний этап средней бронзы? Ямное?	-18,27	+15,15	2
П. 23, мужчина, 35–45 лет, катакомбное?	-16,87	+12,84	2
П. 5, овца, западноманычское катакомбное	-19,54	+10,33	–
Улан IV, к. 4			
П. 8, мужчина, 24–35 лет, ямная	-18,3	+13,0	2
П. 8, женщина, 30–40 лет, ямная	-18,37	+12,67	2
П. 5, рогоз (?), средневековье	-26,19	+5,61	–
П. 7, мужчина, 30–35 лет, срубная	-17,93	+13,33	2
П. 10, мужчина, 35–40 лет, западноманычское катакомбное	-18,13	+13,17	2
П. 11, ребенок, западноманычское катакомбное	-16,69	+11,63	2 или 5
П. 14, женщина, 40–50 лет, западноманычское катакомбное	-18,49	+13,80	2
П. 14, ребенок старше 2 лет, западноманычское катакомбное	-15,00	+16,69	5
П. 14, ребенок 1,5 года, западноманычское катакомбное	-14,89	+17,14	5
П. 14, овца	-18,33	+7,61	–
П. 6, новорожденный	-15,34	+17,06	5
П. 19, ребенок, западноманычское катакомбное	-18,89	+13,47	2
Сухая Термиста, к. 1			
П. 2, взрослый, бронзовый век	-18,9	+11,1	2
П. 4, подросток, 14–16 лет, срубная	-16,9	+14,9	2
П. 10, женщина, 35–45 лет, энеолит	-14,37	+15,37	3 или 4
П. 11, женщина, 25–30 лет, ямная	-15,7	+16,4	3 или 4
П. 11, фрагмент роговой булавки, копытное	-19,91	+5,75	–
П. 13, мужчина, около 50 лет, ямная	-16,8	+15,2	2

Большинство взрослых – мужчины, женщины, подростки – прожили всю жизнь в пределах данной степной экологической ниши. Детей из погребений 6 и 16 кургана 3 могильника Улан IV, погребения 6 и 14 кургана 4, согласно изотопному сигналу, еще кормили грудью. Выделяется группа женщин (Сухая Термиста, погребения 10 и 11), изотопный состав костной ткани которых предполагает, что последние годы своей жизни в их системе питания преобладали продукты не степного происхождения. Их изотопные сигналы соответствуют модели, основными компонентами которой были морепродукты. Второе объяснение иного изотопного сигнала – проживание в аридных условиях, для растений которых характерны высокие значения стабильных изотопов азота и углерода (*Szwarcz et al.*, 1999). На роли таких данных при интерпретации изотопных значений, остановимся ниже.

Система питания древних кочевников раннего железного века по материалам могильника Оглахты (на основании данных стабильных изотопов азота и углерода в кератине волос). В Историческом музее хранится коллекция из раскопок А.В. Адрианова 1903 г. могильника Оглахты в Хакасии. Этот памятник относится к раннему этапу таштыкской археологической культуры. Благодаря последующим исследованиям был уточнен погребальный обряд местного населения, его культурная принадлежность и хронология памятника (*Кызласов, Панкова*, 2004). Его уникальность – в сохранности органических материалов, в том числе тканей, деревянных изделий, а также волос человека.

Из могилы 1, раскопки 1903 г., происходит две косы. Отсутствие детального описания комплекса не позволяет воспроизвести их точный индивидуальный контекст. Поэтому было решено получить дополнительные данные, проведя масс-спектрометрическое исследование волос двух комплексов.

Коса 1 представляет собой фрагмент прически длиной 14,5 см в виде жгута, заплетенного вокруг кожаного аксессуара/шнура и сложенного вдвое, так что получившаяся «коса» выглядит толстой, сложенной в виде тугого удлиненного пучка. Возможно, это накладная коса (рис. 3, 1). Отобрать один волос не удалось, поскольку волосы очень ломкие. Коса была разделена на восемь сегментов, и образцы отбирались из каждого сегмента против часовой стрелки. Длина сегментов достигала 2-3 см, поскольку при тестовом измерении образца в 1,5 см, не удалось померить ^{15}N .

Коса 2 состоит из трех прядей длиной 20,5 см, верхняя часть которой утолщена и заплетена очень слабо; в средней части плетение более тугое, внизу – ослабленное (рис. 3, 2). Коса производит впечатление натуральной прически. Волосы ломкие, однако, из-за того, что плетение не такое тугое, удалось отобрать по всей длине девять сегментов длиной 2-3 см от трех волос.

Полученные данные по стабильным изотопам азота и углерода $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ по волосам могильника Оглахты представлены в табл. 4.

Коса 1. Значения стабильных изотопов азота и углерода в этой косе характеризуются значительными вариациями в отобранных сегментах, отражая систему питания человека на протяжении примерно 14 месяцев. В отдельных сегментах разница в значении величины ^{13}C достигает 2,3‰, а ^{15}N – 1,98‰. Сегмент 1-1 из «верха» косы имеет самый высокий $\delta^{13}\text{C} = -16,57\text{‰}$, сегмент 1-3 – самый высокий $\delta^{15}\text{N} = +12,15$.



Рис. 3. Могильник Оглахты, могила 1. Раскопки А.В. Адрианова.

1 – коса 1; 2 – коса 2

волос людей свидетельствует, что компоненты системы питания индивидов не были постоянными. Такая ситуация отражает изменения в потреблении основных продуктов в течение года – в употреблении мяса (^{15}N) и растений с C_3 и C_4 типом фотосинтеза и мяса травоядных животных (^{13}C) и рыбы. Вероятно такие изменения можно считать сезонными (Roy et al., 2005). Средние значения стабильных изотопов азота и углерода свидетельствуют, что, скорее всего, эти люди употребляли мясо и молоко домашних животных, рыбу, растения группы C_3 . В некоторые месяцы среди продуктов питания могла преобладать речная рыба (сегмент 2-4), в другие, скорее всего, отсутствовать (сегмент 2-8); в определенные периоды люди включали в свое ежедневное меню растения группы C_4 , либо

Коса 2 (могила 1). По длине волоса в разных сегментах, отражающих систему питания человека каждые 2,5 месяца примерно на протяжении двух лет получены как близкие значения стабильных изотопов, так и выделяющиеся из общего среднего значения. В отдельных сегментах разница в значении величины ^{13}C достигает 1,44‰, а азота ^{15}N 3,04‰. Можно выделить сегмент 2-7 с самым высоким значением $\delta^{13}\text{C} = -16,38\text{‰}$ и вторым по высокому значению $\delta^{15}\text{N} = +12,19\text{‰}$; и сегмент 2-8 – с самым низким значением $\delta^{15}\text{N} = +9,29\text{‰}$ при углероде $\delta^{13}\text{C} = -17,63\text{‰}$.

Полученные значения указывают, что косы из могилы 1 принадлежали двум индивидам, система питания которых немного различалась и которые в разные месяцы могли питаться по-разному. Изотопный профиль

Таблица 4. Вариации значения стабильных изотопов $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ в волосах из могильника Оглахты, могила 1, раскопки А.В. Адрианова 1903 г. (коллекция ГИМ)

Предмет	Образец (номер сегмента)	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	$\delta^{15}\text{N}$ ‰
Коса 1	1-1	-16,57	+10,71
	1-2	-18,42	+10,27
	1-3	-17,48	+12,15
	1-4	-18,33	+10,84
	1-5	-17,98	+11,25
	1-6	-18,16	+10,95
	1-7	-18,90	+11,01
	1-8	-17,65	+10,90
Коса 2	2-1	-17,46	+11,52
	2-2	-17,84	+11,04
	2-3	-17,70	+11,35
	2-4	-17,76	+12,33
	2-5	-17,79	+11,20
	2-6	-17,84	+11,88
	2-7	-16,38	+12,19
	2-8	-17,63	+9,29
	2-9	-17,78	+10,87

мясо травоядных животных, которые выпасались на пастбищах с растениями группы C_4 (сегмент 1-1; 2-7).

Таким образом, изотопный сигнал, сохранившийся в старых музейных экспонатах, подтвердил как уже высказанные ранее предположения об основных занятиях местного населения этого времени, в том числе о земледелии. Просо, ячмень и пшеница выращиваются уже в бронзовом веке (*Spengler et al.*, 2013), оставаясь основными земледельческими культурами и в последующие эпохи (*Вадецкая*, 1986; *Членова*, 1992). Для таштыкских памятников Минусинской котловины изотопный анализ делается впервые, поэтому для сопоставления мы используем результаты исследований материалов предшествующей, тагарской культуры и уюкской культуры Тувы. Новейшие данные по стабильным изотопам для материалов этих культур раннежелезного века указывают, что их экономика представляла собой высокоразвитое пастушеское хозяйство с достаточно высокой ролью земледелия (*Murphy et al.*, 2013). К примеру, изотопные исследования и анализ зубной палеопатологии, полученные по материалам могильников Ай-Дай (тагарская культура) и Аймырлыг (уюкская культура), указывают, что компонентами системы питания людей были растения группы C_4 и рыба из речных водоемов. Отмеченные вариации в изотопном составе $\delta^{13}C$ для разных индивидов, похороненных в курганах 4 и 8 могильника Ай-Дай, вероятно, отражают вариации в употреблении растений группы C_4 внутри сообщества (*Murphy et al.*, 2013).

Предположительно, население Южной Сибири раннего железного века употребляло просо, что и вызвало довольно высокие значения $\delta^{13}C$ у носителей тагарской и уюкской культур, а также у двух индивидов из могильника Оглахты, которым принадлежали косы, в определенные короткие (2-3 месяца) временные отрезки. Изотопный состав волос индивидов из могильника Оглахты убедительно показал, что рыбный компонент также занимал значительное место в системе питания индивидов, хотя, возможно, в некоторые месяцы рыба была недоступна.

Образцы волос индивидов из погребения 1 могильника Оглахты в Южной Сибири сохранили изотопный сигнал, соответствующий индивидуальной системе их питания в течение нескольких месяцев перед смертью и в более продолжительное время. Данных мало, но они отличаются вариациями. Их предварительный анализ позволяет выдвинуть несколько рабочих гипотез.

Гипотеза 1: для людей из могильника Оглахты были характерны сезонные вариации в системе питания отдельных индивидов.

Гипотеза 2: изотопный сигнал подтверждает ранее высказанное предположение об употреблении проса как растительного компонента в системе питания местного населения. Вероятно, в Южной Сибири в это время продолжало развиваться земледелие с основной культурой – просо. Однако, в некоторые месяцы (времена года?) проса не было, и люди употребляли растения группы C_3 и мясо/молоко домашних животных, пасшихся на пастбищах с растениями этой же группы.

Гипотеза 3: речная и озерная рыба занимала значительное место в системе питания индивидов, похороненных в могильнике Оглахты, хотя, как показывает сегмент 2-8, могли быть периоды (скорее всего, зимние, согласно этнографическим данным), когда рыбу не употребляли.

Рацион животных и проблема использования пастбищной системы (на примере археологических растений и животных юга степей Восточной Европы и Северного Кавказа). Предыдущие примеры показали, как важно знать изотопный сигнал основных компонентов системы питания человека. Уже отмечалось, что в начале пищевых цепей лежат растения C_3 и C_4 с разным изотопным составом углерода. Они являются основными компонентами рациона травоядных животных – следующего участника в системе трофических связей. Однако некоторые климатические и природные факторы воздействуют на изотопный состав углерода растений. Например, при очень густом и закрытом пологом леса может произойти обеднение, а при ухудшении влагообеспеченности – увеличение значения изотопа $\delta^{13}C$ в анализируемом образце (*Iacumin et al.*, 2000). Такой эффект называется «эффектом полога». На значения $\delta^{15}N$ в растениях влияют высота над уровнем моря, климатические и почвенные характеристики, особенно годовой уровень осадков и засоленность почв. Они могут быть определены и экологическими стрессовыми ситуациями, например, аридизацией климата, которая выражается в уменьшении уровня годовых осадков, в смене растительного покрова, вызывает изменение процессов сохранения воды. Значения $\delta^{15}N$ в растениях и в коллагене травоядных животных из аридных районов выше, чем из районов с более гумидными климатическими условиями (*Schwarz et al.*, 1999).

Исследования последних лет показали, что даже удобрение полей, пожары, или стойловое или пастбищное содержание животных может оказывать влияние на изотопный состав растений на выпасах. Пастбищные, или водозависимые, животные, таким образом, могут достаточно быстро реагировать на изменение изотопного состава пастбищных угодий. Водонезависимые виды животных, питающиеся листьями и молодыми побегами, демонстрируют иной изотопный сигнал (*Ambrose, DeNiro*, 1986).

Таким образом, значения азота и углерода в коллагене травоядных животных могут колебаться в зависимости от климата и освоенных пищевых ресурсов (пастбищных, лесных и иных угодий).

Со своей стороны, изотопный сигнал, сохранившийся в коллагене костей археологических животных, также несет определенную информацию. Если данные $\delta^{13}C$ указывают, какие растения – группы C_3 или C_4 – лежали в основании пищевой цепи (например, в коллагене травоядных животных, в рационе которых растения C_3 составляют 100%, значение $\delta^{13}C$ составляет примерно 21,5‰ (*Ambrose, DeNiro*, 1986) и позволяют реконструировать растительный покров пастбищ, соотнеся растения групп C_3 и C_4 ; то $\delta^{15}N$ характеризует экологические стрессовые ситуации и влияние антропогенного фактора.

Рассмотрим несколько примеров.

Благодаря аридности почв, в курганных погребениях Прикаспия и Подонья сохраняются растительные остатки. Для анализа были взяты и некоторые образцы из коллекции Исторического музея. Результаты изотопного анализа представлены в табл. 5.

Как видно из таблицы, практически все растения (большинство – пастбищные, а также рогоз – основной зимний корм в степной зоне) относятся к растениям группы C_3 по фотосинтезу. К растениям группы C_4 относятся только плоды каркаса из Кисловодска.

Таблица 5. Результаты масс-спектрометрического (данные стабильных изотопов азота, ^{15}N , и углерода, ^{13}C) изучения археологических растений из погребений эпохи бронзы Калмыкии, Ставрополя, Нижнего Подонья и Кавказа

Памятник	Курган (к.)/погребение (п.)	Образец	$\delta^{13}\text{C}$, ‰	$\delta^{15}\text{N}$, ‰
Южнорусские степи				
<i>Ямная культура: 3000–2500 до н.э.</i>				
Восточный Маныч, Левый берег, III	К. 29, п. 8	Растительная подстилка, рогоз?	-24,3	+15,6
Му-Шарет 1	К. 5, п. 3	Семена амаранта	-26,52	+6,44
<i>Катакомбная культура: 2600–2200 до н.э.</i>				
Манджикины 1	К. 14, п. 6	Семеноворобейника (<i>Lithospermum officinale</i>)	-26,6	+13,0
Манджикины 1	К. 14, п. 6	Растительная подстилка, злаковые	-24,6	+13,9
Улан IV	К. 3, п. 5	Семеноворобейника (<i>Lithospermum officinale</i>)	-21,67	+8,79
Улан IV	К. 3, п. 15	Растительная подстилка, рогоз	-25,4	+13,0
Улан IV	К. 3, п. 15	Растительная подстилка, рогоз	-25,4	+10,3
Улан IV	К. 4, п. 5	Растительная подстилка, рогоз?	-26,19	+5,61
Манджикины 1	К. 14, п. 1	Рогоз	-23,9	+17,4
Манджикины 1	К. 14, п. 1	Растительная подстилка, стебли рогоза	-25,7	+21,1
Ергени	К. 10, п. 2	Рогоз	-25,4	+19,1
Шарахалсун 6	К. 3, п. 4	Растительная подстилка, стебли рогоза	-28,0	+11,9
Темрта I	К. 1, п. 2,	Недифференцированное растение (фрагменты подстилки у входа в камеру, определены фитолиты, возможно, тростника?)	-25,24	+1,95
<i>Лолинская культура: 2200–2000 до н.э.</i>				
Островной	К. 3, п. 39	Семена сурепки	-22,6	+10,7
<i>Калмыкия, ранний железный век</i>				
Гашун-Сала	Шурф в пойме	Семена амаранта, ранний железный век	-25,53	+8,43
Северный Кавказ				
<i>Северокавказская культура: 2700–2400 до н.э.</i>				
Кисловодск	Ящик 3	Плоды каркаса <i>Celtis caucasica</i>	-13,93	+1,5
Кисловодск	Ящик 3	Плоды каркаса <i>Celtis caucasica</i>	-14,32	–
Долина Западного Маныча, Подонье				
<i>Западноманычская катакомбная культура: 2600–2200 до н.э.</i>				
Шахаевский	К. 4, п. 35,	Злаковые, мезофильные растения (фрагменты растительной массы из заполнения глиняной миски)	-27,20	+5,66
Шахаевский	К. 4, п. 32	Семена воробейника	-22,62	+9,68

Таблица 6. Данные стабильных изотопов азота (^{15}N) и углерода (^{13}C) в современных растениях степной зоны юга России

Образец	$\delta^{13}\text{C}$, ‰	$\delta^{15}\text{N}$, ‰
<i>Прикаспийская низменность (оз. Деед Хулсун)</i>		
Рогоз у озера, стебли, лето 2008	-24,01	+8,60
Рогоз у озера, листья, лето 2008	-24,43	+10,26
<i>Сальско-Маньчские степи, Ростовская область</i>		
с. Ремонтное, <i>Salvia</i> , лето 2008	-28,66	+9,14
Малая Элиста, <i>Buglossoides arvensis</i> , весна 2009	-27,72	+9,14
с. Ремонтное, <i>Ranunculaceae</i> , весна 2008	-25,22	+12,5
с. Ремонтное, <i>Apiaceae, Umbelliferaen</i> , весна 2009	-25,71	+12,71
с. Ремонтное, злаковые, весна 2009	-24,3	+11,28
Рогоз, листья, осень 2008	-29,51	+9,61
<i>Астраханское Поволжье</i>		
р. Карагаш, рогоз, 2013	-27,83	+11,83
<i>Тамань (побережье)</i>		
Полынь, август 2013	-30,73	+13,32
Полынь, август 2013	-29,12	+4,64
<i>Limonium</i> , август 2013	-26,18	+0,55

Однако очень многие растения, произраставшие в степной зоне, характеризуются исключительно высокими значениями $\delta^{15}\text{N}$, которые могут достигать +17–19‰. Сравнение с выборкой степных трав из нескольких экологических зон Прикаспия и Подонья (табл. 6) показывает, что и в современных пастбищных системах растения отличаются значительными изотопными вариациями – чем ариднее климатические условия, тем выше значения $\delta^{15}\text{N}$, и, в некоторых случаях, и $\delta^{13}\text{C}$. Особенно высокие значения изотопа азота характерны для некоторых образцов растений, происходящих из Черных земель, астраханского Заволжья, Сальско-Маньчской гряды и даже сухих степей Таманского полуострова. Для всех этих регионов характерны аридные условия.

Рассмотрим на нескольких примерах, как могли влиять вариации изотопного состава растений разных пастбищных угодий на изотопный состав пастбищных и водозависимых животных. Образцы костей происходят из раскопок Степной археологической экспедиции и из коллекции отдела археологических памятников Исторического музея. Результаты изотопного исследования образцов из погребений блока катакомбных и синхронных им культур (2600–2300 гг. до н.э.) представлены в табл. 7.

Для этого периода проанализированы домашние и дикие животные из памятников Сальско-Маньчской гряды, Кумо-Маньчской впадины, Южных Ергеней, степного Ставрополя и горных и предгорных районов Северного Кавказа (рис. 4).

Таблица 7. Изотопные данные по костям животных степных и северокавказских экологических зон

Название памятника/период	Образец	Вид	$\delta^{13}\text{C}$, ‰	$\delta^{15}\text{N}$, ‰
Сальско-Манычская гряда, Ростовская область				
<i>Ранняя катакомбная культура</i> – среднее -19,4 +7,0				
Песчаный V	К. 1, жертвенник 1	Лошадь (<i>Equus caballus</i>)	-21,1	+4,6
	К. 5, п. 3	Сайгак (<i>Saiga tatarica</i>)	19,3	+8,5
	К. 5, п. 3	Овца (<i>Ovis aries</i>)	-18,5	+9,5
	К. 5, п. 3	Овца (<i>Ovis aries</i>)	-19,3	+8,5
Темрта III	К. 1, жертвенник 7	Овца (<i>Ovis aries</i>)	-19,4	+9,5
	К. 1, жертвенник 1	Лошадь (<i>Equus caballus</i>)	-19,9	+5,9
Темрта V	К. 1, п. 2	Копытное	-18,28	+8,75
	К. 1, п. 3	Овца (<i>Ovis aries</i>)	-18,60	+8,24
	К. 1, п. 7	Копытное	-21,0	+5,3
Темрта I	К. 1, п. 3	Овца (<i>Ovis aries</i>)	-21,5	+12,4
	К. 1, п. 3	Овца (<i>Ovis aries</i>)	-18,25	+11,29
Калмыкия, Кумо-Манычская впадина – среднее -19,8 +7,6				
Бага-Бурул	К. 5, п. 19	Овца (<i>Ovis aries</i>)	-18,5	+9,9
Зунда-Толга 5	К. 1, п. 4	Овца (<i>Ovis aries</i>)	-17,9	+12,6
	К. 1, п. 7	Копытное	-21,01	+5,36
ВМЛБ II, 66	К. 80, п. 3	Овца (<i>Ovis aries</i>)	-17,9	+9,0
ВМЛБ II, 66	К. 9, п. 2	Овца (<i>Ovis aries</i>)	-18,6	+6,8
Калмыкия, Южные Ергени				
Манджикины 2	К. 54, жертвенник	Овца (<i>Ovis aries</i>)	-18,6	+7,4
	К. 54, п. 6	Копытное	-18,77	-
Манджикины 1	К. 19, п. 2	Копытное	-20,19	-
<i>Степная северокавказская культура</i>				
Калмыкия, Кумо-Манычская впадина				
Зунда-Толга 1	К. 1, п. 11	Овца (<i>Ovis</i>)	-18,19	+8,25
Му-Шарет 1				
	К. 6, п. 4	Овца (<i>Ovis</i>)	-16,52	+11,38
	К. 6, п. 4	Овца (<i>Ovis</i>)	-20,2	+13,0
Северный Кавказ среднее -21,0 +6,3				
Чеченская Республика, Ачхой-Мартановский район, с. Бамут				
с. Бамут	К. 8, п. 3	Копытное?	-20,30	+7,06
	К. 3, п. 6	Овца (<i>Ovis</i>) астрагал	-22,64	+9,98
	Ящик 4	Зуб коровы?	-19,53	+10,17
	К. 5, п. 1	Астрагал овцы (834)	-20,96	+5,71

Таблица 7. Окончание

Старопольский край, Кисловодск				
Терская губ., Грозненский округ				
Константиновское плато	Фрагмент костяного топора	Копытное?	-23,48	+6,65
	К. 1	Астрагал овцы	-19,92	+4,91
Старопольский край, Терско-Кумская низменность				
Терская, Ачикулак	Изделие из кости	Копытное (овца?)	-20,80	+7,20

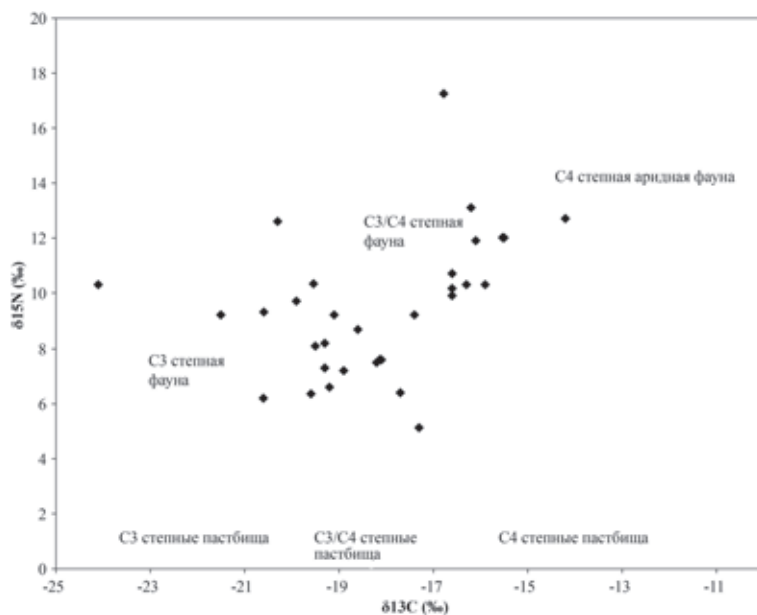


Рис. 4. Граф изотопного состава углерода $\delta^{13}\text{C}$ и азота $\delta^{15}\text{N}$ в коллагене костей животных степного и северокавказского региона блока катакомбных культур. Условное обозначение: ромб – восточноманычская и западно-манычская катакомбная культуры; овалы – овцы, лошади

Большинство овец и сайга Сальско-Манычской гряды выпасались на пастбищах с преобладанием растений группы C_3 . Такая же ситуация получилась и для овец и копытных южной Калмыкии – все, кроме одной овцы, выпасались, скорее всего, на местных пастбищах.

Однако для овец из могильников Темрта I, Зунда-Толга 5 и Му-Шарет 1 характерно высокое значение $\delta^{15}\text{N}$ (среднее значение $\delta^{15}\text{N} = +12,1\text{‰}$) – они выпасались на других угодьях, в более аридных условиях. Для более гумидных условий степных и предгорных районов Северного Кавказа среднее значение $\delta^{13}\text{C} = 21,0\text{‰}$ и $\delta^{15}\text{N} = +6,3\text{‰}$.

В качестве второго примера рассмотрим изотопный состав азота и углерода костей домашних животных в погребениях долинской культуры Северо-

Таблица 8. Данные стабильных изотопов в коллагене костей животных
лолинской и синхронной ей культур

Могильник	Курган (к.)/ погребение (п.)	Образец	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}^{\text{‰}}$	$\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}^{\text{‰}}$
Кумо-Манычская впадина, Республика Калмыкия				
Островной	К. 3, п. 39	Лопатка овцы (<i>Ovis aries</i>)	-16,37	+12,3
	К. 6, п. 9	Овца (<i>Ovis aries</i>)	-15,80	+4,60
Сальско-Манычская гряда, Ростовская область				
Темрта I	К. 2, п. 8	Зуб коровы (<i>Bos</i>)	-18,47	+9,72
		Зуб коровы (<i>Bos</i>)	-18,6	+9,7
Песчаный V	К. 14, п. 3	Астрагал овцы	-19,64	+18,83
		Корова	-18,75	+9,15
	К. 14, жертвенник 1	Овца, особь 1	-18,57	+10,59
		Овца, особь 2	-22,64	+10,68
		Фрагмент трубчатой кости лошади	-22,06	+14,15
		Овца, особь 3	-15,97	+11,68
		Овца, особь 2	-12,80	+17,54
		Овца	-12,68	+14,84
		Овца, в возрасте моложе 15 месяцев, фрагмент трубчатой кости	-15,10	+10,04
Овца, особь 2, 4–6 лет	-15,83	+9,83		
		МРС принадлежат фрагменты правой и левой нижних челюстей от особи 6–8 лет (особь 1).	-13,15	+5,91
Украина, Донецкая область				
Хомуш-Оба	К. 2, п. 8	Овца	-19,85	+6,17
Северный Кавказ. Краснодарский край, могильник Кирпили				
	К. 3, п. 19	Зубы коровы	-19,70	+7,94
Лесостепь. Липецкая область				
Липецкий курган	П. 3, кость из сосуда 1	Овца (<i>Ovis aries</i>)	-20,73	+17,18

Западного Прикаспия. Существование лоллинской культуры падает на пик аридизации (*Борисов, Мимоход, 2011*) не только в степной зоне, но и на Северном Кавказе и в лесостепи. Анализ изотопного состава коллагена костей домашних животных из изученной выборки показывает, что овцы выпасались на пастбищах трех типов. Это были обычные степные угодья с преобладанием растений группы C_3 , пастбища с преобладанием растений группы C_4 и смешанные пастбища с угнетенной растительностью, вероятно, отсутствием достаточного водного режима. Это и нашло отражение в очень высоком значении азота ^{15}N , достигающего в некоторых образцах феноменально высоких значений, равных -17,54...-18,83‰ (табл. 8; рис. 5).

Таблица 9. Данные стабильных изотопов азота (^{15}N) и углерода (^{13}C) в коллагене костей домашних животных из степной коллекции

Домашние животные/пастбища	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}, \text{‰}$	$\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}, \text{‰}$
Группа 1: преобладание растений C_3	от -24,0 до -17,3‰ (-19,6‰)	от +4,0 до +10,0‰ (+8,0‰)
Группа 2: смешанные пастбища с C_3 и C_4 растениями	от -21,5 до -14,2‰ (-16,7‰)	от +9,9 до +14,9‰ (+11,3‰)

в 800 км к северу от могильника Песчаный V, также найдена овца, в коллагене кости которой зафиксировано экстремально высокое значение $\delta^{15}\text{N} = +17,54 \text{‰}$.

Данные по двум овцам из долиньских погребений могильника Островной, расположенных примерно в 250 км восточнее могильника Песчаный V, свидетельствуют, что эти домашние животные выпасались на смешанных пастбищах с включением растений с иным изотопным сигналом (как растений C_4 , так и растений, произрастающих в условиях дефицита водных источников). Для того чтобы локализовать такие пастбища как в Кумо-Маньчской впадине, так и южнее или восточнее, следует получить представительную выборку изотопного сигнала синхронных домашних и диких животных и провести сравнительный анализ вариаций изотопного сигнала, археоботанических и палеопочвенных данных.

Имеющиеся изотопные данные по 130 образцам животных позволяют предложить две модели рациона для пастбищных и водозависимых животных степной зоны Восточной Европы эпохи бронзы (табл. 9).

Таким образом, анализ изотопного сигнала в коллагене костей археологических животных нескольких археологических культур позволяет высказать две рабочие гипотезы:

– смена изотопного сигнала в костях домашних животных может быть вызвана резкими колебаниями климата: растительный покров на местных пастбищных угодьях меняется, изменяется изотопный состав произрастающих там растений и, соответственно, изотопный состав пастбищных и водозависимых животных;

– радиус сезонных перекочевок пастушеских групп в эпоху посткатакомбных культур значительно увеличивается, осваиваются новые ресурсные территории.

Проблема миграции древнего населения Кавказа и Евразийской степи

Для определения уровня мобильности древнего населения важное значение сегодня приобретают данные изотопной геохимии. Для проверки гипотезы о подвижном образе жизни степных жителей эпохи бронзы было проведено изучение 25 зубов, принадлежавших 17 индивидам – мужчинам и женщинам разного возраста, похороненным в Донских и Прикаспийских степях (*Shishlina, Larionova*, in press). Вариации изотопного состава стронция $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в эмали и дентине их зубов представлены в табл. 10.

Следует, однако, принять во внимание, что высокая концентрация стронция в части образцов ($\text{ppm} \square 350$), указывает, что после захоронения могла произойти

Таблица 10. Варианты изотопов стронция $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в зубах человека (кроме образца 1)

№	Курган (к.), погребение (п.)/образец	Зуб	Sr, ppm	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}, \text{‰}$	$\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}, \text{‰}$
Улан IV, к. 4						
1	П. 17, зуб овцы	M ₁ , эмаль	649	0,70920	-18,33	+7,61
2	П. 8, зуб женщины 40–45	M ₁ , эмаль	150	0,70901	-18,37	+12,67
3	П. 8, зуб мужчины 35	M ₁ , эмаль	532	0,70936	-18,03	+13,0
4	П. 10, зуб мужчины 40–45	M ₁ , эмаль	275	0,70903	-18,13	+13,17
6	П. 14, зуб женщины 40–50	M ₁ , эмаль	284	0,70888	-18,49	+13,80
Улан IV, к. 3						
7	П. 15, зуб женщины 30–40	M ₁ , эмаль	180	0,70917	-17,58	+15,88
8	П. 15, зуб женщины 30–40	M ₂ , эмаль	144	0,70910	-17,58	+15,88
9	П. 5, зуб мужчины 40–50	M ₁ , эмаль	263	0,70921	-16,89	+16,89
10	П. 14, зуб женщины 25–30	M ₁ , эмаль	375	0,70915	-17,31	+14,93
Сухая Термиста, к. 1						
11	П. 1, зуб женщины 20–25	M ₂ , эмаль	156	0,70918	-15,70	+16,40
12	П. 13, зуб мужчины 55	M ₁ , эмаль	165	0,70908	-16,80	+15,20
13	П. 10, зуб женщины 35–45	M ₁ , эмаль	193	0,70904	-14,37	+15,37
14	П. 14, зуб женщины 18–25	M ₁ , эмаль	271	0,70914	-	-
15	П. 9, взрослый	M ₁ , эмаль	150	0,70901	-	-
Манджикины 1, к. 14						
16	П. 13, зуб мужчины 50	M ₁ , дентин	967	0,70908	-18,80	+11,64
17	П. 10, зуб мужчины 20–25	M ₂ , эмаль	317	0,70900	-18,80	+11,64
18	П. 12, зуб мужчины 17–25	M ₁ , эмаль	297	0,70906	-18,60	+14,10
19	П. 12, зуб мужчины 17–25	M ₁ , дентин	-	0,70909	-18,02	+14,31
20	П. 12, зуб мужчины 17–25	M ₂ , эмаль	302	0,70908	-18,02	+14,31
21	П. 12, зуб мужчины 17–25	M ₃ , дентин	850	0,70908	-18,02	+14,31
22	П. 1, зуб мужчины 40	M ₁ эмаль	232	0,70924	-16,50	+17,60
23	П. 1, зуб мужчины 40	M ₁ , дентин	834	0,70915	-16,50	+17,60
24	П. 6, зуб мужчины 55–60	M ₂ , эмаль	230	0,70899	-17,50	+15,40
25	П. 6, зуб мужчины 55–60	M ₂ , дентин	912	0,70915	-17,50	+15,40

посмертная контаминация образца (овца, образец 1; человек, образец 3). Вариации изотопов стронция $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в дентине зуба человека должны быть рассмотрены как результат посмертной контаминации образца и оценены как местный сигнал стронция (образцы 16, 19, 21, 23 и 25). Этот факт следует учитывать при интерпретации общего исторического контекста.

Вариации изотопов стронция в зубной эмали проанализированного человека варьируют от 0,7088 до 0,7093. Эти данные сравнивались с результатами,

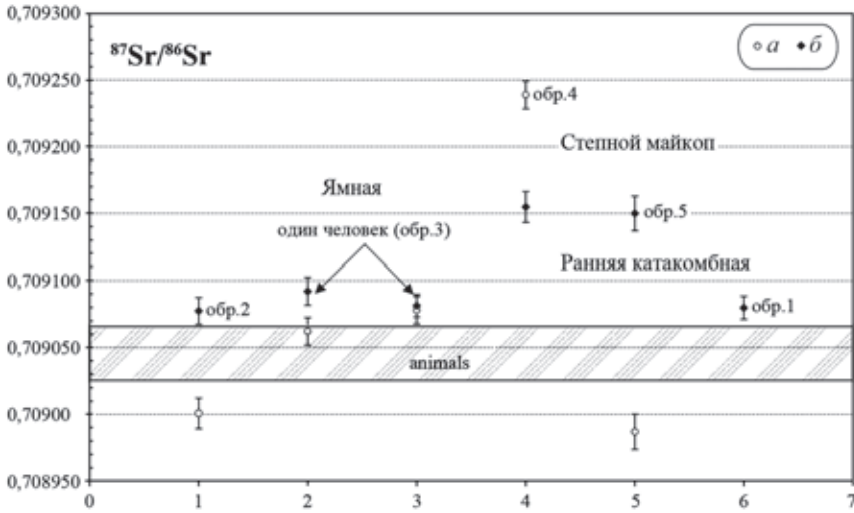


Рис. 6. Вариации изотопов стронция $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$ в зубной эмали (а) и дентине (б) археологических образцов (могильник Манджикины 1, к. 14)

1 – погр. 6, ранняя катакомбная культура; 2 – погр. 10, ямная культура; 3 – погр. 12, ямная культура; 4 – погр. 1, восточноманьчжская катакомбная культура; 5 – погр. 13, майкопская культура

полученными по современным природным образцам (Шшилина, Ларионова, 2013). Некоторые результаты представлены на рис. 6.

Полученные масс-спектрометрические данные (табл. 10) позволяют оценить уровень мобильности отдельных индивидов, похороненных в изученных могильниках. По системе питания они относятся к двум моделям: степной и морской. Получается, что из 17 проанализированных людей как минимум 9 должны были проводить достаточно долгое время в районах, близких к морскому побережью, употреблять значительную долю местных морепродуктов, чтобы изотопный сигнал в коллагене их костей был отличный от изотопного сигнала в коллагене костей людей, чья жизнь, предположительно, была ограничена преимущественно степными экологическими нишами.

Согласно значению $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в эмали зуба женщины из Улана IV, курган 4, погребение 14 (образец 6), она родилась в этой же местности, на берегах Джуррак-Сала. Здесь же она провела всю жизнь, потребляя только местные продукты. Она умерла в родных степях и была похоронена вместе с тремя детьми.

Подобная история может относиться и к старому, и к молодому мужчинам, похороненным в могильнике Манджикины, курган 14, погребения 6 и 12 (образцы 18–21, 24, 25). Эти люди родились, выросли и умерли в степях. Изотопный сигнал $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в эмали их зубов – от 0,70899 до 0,70915.

Пять индивидов из могильника Улан IV, курганы 3 и 4, Сухая Термиста и Манджикины, согласно их изотопному сигналу – 0,70901/0,70908 (образцы 2, 4, 12, 13 и 15), родились в степи, однако, некоторые люди так и продолжали жить на одном месте, эксплуатируя локальные пищевые ресурсы степной ниши.

Однако старая женщина из Сухой Термисты, курган 1, погребение 10, родилась поблизости, но последние 10–20 лет своей жизни провела в районах с другой геохимической историей, возможно, это было морское побережье, поскольку она употребляла морепродукты.

В погребении 8 кургана 4 могильника Улан IV были захоронены мужчина и женщина. Одинаковый сигнал стабильных изотопов азота и углерода в коллагене их костей позволяет предположить, что это могла быть супружеская пара, которая питалась «из одного горшка». Однако вариации изотопов стронция – 0,70901 и 0,70936 – в зубной эмали этих индивидов (образцы 2 и 3) различны. Сравнение этих данных с изотопными данными по вытяжке из грунта со дна могилы (образец взят под челюстью) позволяет предположить, что зубы мужчины были загрязнены после погребения скелета. Контаминация образцов затрудняет корректную интерпретацию этого сюжета.

Вариации изотопов стронция $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ двух зубов (M_1 and M_2) женщины из могильника Улан IV, курган 3, погребение 15 (образцы 7, 8) позволяют предположить, что она родилась где-то в степи ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,70917$) и в течение детства ($M_1=1-4$ года, $M_2=5-8$ лет) практически никуда от места рождения не отлучалась. Однако умерла она в возрасте 30–40 лет, причем, последние 10–15 лет употребляла морепродукты. Ее «изотопные сигналы» и сравнительный анализ с природными данными позволяют высказать предположение, что женщина могла родиться и провести большую часть своей жизни в Приазовье или Нижнем Подонье (по крайней мере, на эти регионы указывают вариации изотопов стронция в природных объектах). Должны были быть какие-то особые причины, побудившие ее покинуть родные места – она умерла и была похоронена среди людей с иной (степной) системой питания.

Мужчина 55 лет (образец 12) и женщина 20–25 лет (образец 11) употребляли морепродукты и, предположительно, последние годы своей жизни могли провести у побережья Черного или Азовского моря или в низовьях Дона. Однако родились они в разных местах (вариации стронция $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0,70918 и 0,70908), возможно, вдали от места, где они потом были похоронены в одном кургане.

Изотопные данные по зубам M_1 (=1–4 года) and M_3 (=9–12 лет) молодого человека, похороненного в могильнике Манджикины 1, курган 14, погребение 12, позволяют предположить, что он родился и вырос в одном и том же месте и не путешествовал (образцы 18–21, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,70908$).

Чужаки были похоронены в могильниках Улан IV, курган 3, погребение 5 (образец 9), Сухой Термисте, курган 1, погребения 2 и 14 (образцы 11 и 14) и в Манджикины 1, курган 14, погребение 1 (образцы 22, 23) – двое мужчин и две женщины. Они родились в районе, с геохимическим сигналом $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7092$. Согласно картам вариаций стронция в природных объектах (Шишлина, Ларионова, 2013), это могли быть прибрежные районы Азовского моря или северокавказское побережье Черного моря. О морской системе питания свидетельствуют и данные стабильных изотопов азота и углерода. Две молодые женщины 20–25 и 18–25 лет, возможно, вышли замуж за степняков, переместились в степи и вскоре умерли, окруженные людьми с другой системой питания. Изотопный сигнал в коллагене их костей не изменился.

Мужчина из могильника Улан IV, курган 3, погребение 5, родился в другом месте и провел практически всю жизнь также далеко от места, где он был похоронен, причем, его захоронение сопровождалось экстраординарным инвентарем – речным жемчугом. В степь он переехал незадолго до смерти – в коллагене его костей сохранился изотопный сигнал, соответствующий морской системе питания.

* * *

Таким образом, данные изотопных сигналов, сохранившиеся в археологическом источнике, позволяют получить дополнительные данные о вероятном месте рождения человека, районах его временного или постоянного проживания.

Важным составляющим такого направления исследования является полевой отбор образцов во время археологических экспедиций, сборы фоновых образцов, результаты сопоставительного анализа, позволяющего верифицировать данные изотопной геохимии (разных химических элементов – стронция, серы, азота, углерода, кислорода). Дополнительной проверкой изотопной информации становятся и данные других естественнонаучных дисциплин (этноботаники, палеозоологии, радиоуглеродного датирования, палеопочвоведения).

Приношу благодарность участникам проекта Ю.О. Ларионовой, В.С. Севастьянову, О.В. Кузнецовой.

ЛИТЕРАТУРА

- Борисов А.В., Мимоход Р.А.*, 2011. Роль природной среды в сложении лолинской культуры // Тр. III (XIX) Всерос. археологического съезда. Т. II / Отв. ред. Н.А. Макаров, Е.Н. Носов. СПб.; М.: Великий Новгород. С. 370–371.
- Бучаченко А.Л.*, 2007. Новая изотопия в химии и биохимии. М.: Наука. 189 с.
- Вадецкая Э.Б.*, 1986. Археологические памятники в степях Среднего Енисея. Л.: Наука. 178 с.
- Кызласов Л.Р., Панкова С.В.*, 2004. Татуировки древней мумии из Хакасии (рубеж нашей эры) // Сообщения Гос. Эрмитажа. Вып. LXII. С. 61–67.
- Лебедева Е.Ю.*, 2008. Археоботаническая реконструкция древнего земледелия (методические критерии) // Orus: междисциплинарные исследования в археологии. Вып. 6. М.: Изд-во «Параллели». С. 86–109.
- Членова Н.Л.*, 1992. Тагарская культура // Степная полоса Азиатской части СССР в скифо-сарматское время. М.: Наука. 493 с. (Археология).
- Шшилина Н.И., Ларионова Ю.О.*, 2013. Вариации изотопного состава стронция в образцах современных улиток юга России: первые результаты // Мат-лы по изучению историко-культурного наследия Северного Кавказа. Вып. XI: Археология, краеведение, музееведение. Ставрополь: Наследие. 2013. С. 159–168.
- Энговатова А.В., Добровольская М.В., Антипина Е.Е., Зайцева Г.И.*, 2013. Коллективные захоронения в Ярославле. Реконструкция системы питания на основе результатов изотопного анализа // КСИА. Вып. 228. С. 96–114.
- Ambrose S.*, 1993. Isotopic analysis of paleodiets: methodologica and interpretive considerations // Investigations of Ancient Tissue / Ed. M.K. Sandford. New York: Gordon and Breach Science Publishers. P. 59–130. (Food and Nutrition in History and Anthropology, 10).

- Ambrose S.H., DeNiro M.J., 1986. The isotopic ecology of East Africa mammals // *Oecologia*. 69. P. 395–406.
- Ambrose S.H., Norr L., 1993. Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios of whole diet and dietary protein to those of bone collagen and carbonate // *Prehistoric Human Bone: Archaeology at the Molecular Level* / Eds. J.B. Lambert, G. Grupe. N. Y.: Springer-Verlag. P. 1–37.
- Bronk Ramsey C., Higham T.F., Bowles A., Hedges R.E., 2004. Improvements to the pretreatment of bone at Oxford // *Radiocarbon*. 46. P. 155–163.
- Brown T.A., Nelson J.R., Southon J.R., 1988. Improved collagen extraction by modified Longin method // *Radiocarbon*. 30 (2). P. 171–177.
- Conlee C.A., Buzon M.R., Gutierrez A.N., Simonetti A., Creaser R.A., 2009. Identifying foreigners versus locals in a burial population from Nasca, Peru: an investigation using strontium isotope analysis // *J. of Archaeological Science*. 36. P. 2755–2764.
- Evans J., Stoodley N., Chenery C., 2006. A strontium and oxygen isotope assessment of a possible fourth century immigrant population in a Hampshire cemetery, southern England // *J. of Archaeological Science*. 33. P. 265–272.
- Hollund H.I., Higham T., Belinskij A., Korenevskij S., 2010. Investigation of paleodiet in the North Caucasus (South Russia) Bronze Age using stable isotope analysis and AMS dating of human and animal bones // *J. of Archeological Science*. 37. P. 2071–2083.
- Iacumin P., Nikolaev V., Genoni L., Ramigni M., Ryskov Y.G., Longinelly A., 2004. Stable isotope analyses of mammal skeletal remains of Holocene age from European Russia: a way to trace dietary and environmental changes // *Geobis*. No. 37 (1). P. 37–47.
- Iacumin P., Nikolayev V., Ramigni M., 2000. Paleoenvironmental reconstruction by means of isotopic studies of the Late Pleistocene megafauna in Northern Eurasia // *J. of Geocryology*. 2. P. 153–170.
- Jim S., Jones V., Ambrose S.H., Evershed R.P., 2006. Quantifying dietary macronutrient sources of carbon for bone collagen biosynthesis using natural abundance stable carbon isotope analyses // *Nutrition*. 95. P. 1055–1062.
- Lanting J.N., van der Plicht J., 1995–1996. Wat hebben Floris V, skelet Swifterbant en visotters gemeen? // *Palaeohistoria*. No. 37–38. P. 491–519.
- Lanting J.N., van der Plicht J., 1998. Reservoir effects and apparent ^{14}C ages // *J. of Irish Archaeology*. No. 9. P. 151–165.
- Lillie M.C., Richards M., 2000. Stable isotope analysis and dental evidence of diet at the Mesolithic-Neolithic transition in Ukraine // *J. of Archeological Science*. 27. P. 965–972.
- Murphy E.M., Schilting R., Beer N., Chistov Y., Kasparov A., Pshenitsina M., 2013. Iron Age pastoral nomadism and agriculture in the Eastern Eurasian Steppe: implications from dental paleopathology and stable carbon and nitrogen isotopes // *J. of Archaeological Science*. 40. P. 2547–2560.
- O'Connell T.C., Levin M.A., Hedges R.E., 2003. The importance of fish in the diet of central Eurasian peoples from the Mesolithic to the Early Iron Age // *Prehistoric Steppe Adaptation and the Horse* / Eds. V. Levine, C. Renfrew, K. Boyle. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research. P. 253–268.
- Price T.D., Frei K.M., Tiesler V., Gestsdottir H., 2012. Isotopes and mobility: Case studies with large samples // *Population Dynamics in Prehistory and Early History. New Approaches Using Stable Isotopes and Genetics* / Eds. E. Kaiser, J. Burger, W. Schier. Berlin: De Gruyter. P. 311–321.
- Roy D.M., Hall R., Mix A.C., Bonnicksen R., 2005. Using stable isotope analyses to obtain dietary profiles from old hair: a case study from plains Indians // *American J. of Physical Anthropology*. 128. P. 444–452.
- Schwarcz H.P., Dupras T.L., Fairgrieve S.I., 1999. ^{15}N Enrichment in the Sahara: in search of a global relationship // *J. of Archaeological Science*. 26. P. 629–636.
- Shishlina N.I., Larionova Yu.O., in press. Pastoral exploitation of the Caspian and Don steppes and the North Caucasus during the Bronze Age: Seasonality and Isotopes.

- Spengler R., Frachetti M., Doumani P., Rouse L., Serasetti B., Bullion E., Mar'yashev A.*, 2013. Early agriculture and crop transmission among Bronze Age mobile pastoralists of Central Eurasia. *Proceed. of the Royal Society // Biological Sciences*. Vol. 281, no. 1783. (Article 3382).
- Svyatko S.V., Schulting R.J., Mallory J., Murphy E.M., Reimer P.J., Khartanovich V.I., Chistov Y.K., Sablin M.V.*, 2013. Stable isotope dietary analysis of prehistoric populations from the Minusinsk Basin, southern Siberia, Russia: a new chronological framework for the introduction of millet to the eastern Eurasian steppe // *J. of Archaeological Science*. 40 (11). P. 3936–3945.
- Trifonov V.A., Zaitseva G.I., van der Plicht J., Burova N.D., Bogomolov E.S., Sementsov A.A., Lokhova O.V.*, 2012. The Dolmen Kolkho, Western Caucasus: Isotopic investigation of funeral practice and human mobility // *Radiocarbon*. 54, no. 3-4. P. 761–769.

V. АРХЕОМЕТАЛЛУРГИЯ

РЕНТГЕНО-ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДРЕВНИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ¹

Е.Н. Черных, В.Ю. Луньков

В конце 1960 г. в кабинете спектрального анализа тогдашней лаборатории камеральной обработки Института археологии АН СССР были проведены первые количественные спектральные анализы древних медных и бронзовых изделий. Активные сборы проб цветных металлов продолжались два десятилетия, и за это время база данных «Лаборатории естественнонаучных методов» (так она стала именоваться с 1967 г.) стала крупнейшей на фоне иных не только советских, но и зарубежных лабораторий. Было собрано около 40 тыс. проб разновременных изделий из цветных металлов – в огромном большинстве медных, а также из разнообразных сплавов на медной основе. Впечатлял не только хронологический размах собранных материалов (от V тыс. до н.э. вплоть до средневековья), но также охват пространственный (от Балкан до советского Дальнего Востока и от Афганистана и Южного Кавказа до северных областей лесного пояса Евразии). Подавляющее большинство проб было проанализировано, а многие системно обработанные анализы удалось опубликовать.

Однако охвативший СССР тяжелый экономико-политический кризис отразился также на лаборатории: к середине 1989 г. спектроаналитические изыскания в ее стенах были полностью остановлены, поскольку исчезли практически все необходимые для аналитических работ материалы и детали приборов. С 2007 г. после восьмилетнего перерыва исследования химического состава древних металлов удалось восстановить. Однако отошедший в прошлое спектральный анализ химического состава металла заменили на рентгено-флуоресцентный.

В практику новых аналитических исследований лаборатории вошел портативный анализатор элементарного состава X-MET3000TXR. Специфика прибора позволяет использовать его как в настольном положении с подключением к персональному компьютеру, так и в полевом варианте с выводом данных на ноутбук (рис. 1). В основе работы анализатора лежит энергодисперсионный метод рентгеновской флуоресценции с использованием портативной рентгеновской трубки в качестве источника возбуждения. Прибор изготавливается в двух стандартных комплектах: с мишенью из серебра (Ag); из родия (Rh). Для исследования древнего и средневекового металла предпочтительней, естественно, оказался вариант с родием, позволяющий анализировать образцы, содержащие серебро.

¹ Эта статья в ряде разделов повторяет более ранние публикации (Черных, 2009; Черных, Луньков, 2009). За основу принят метод, используемый в лаборатории ИА РАН.

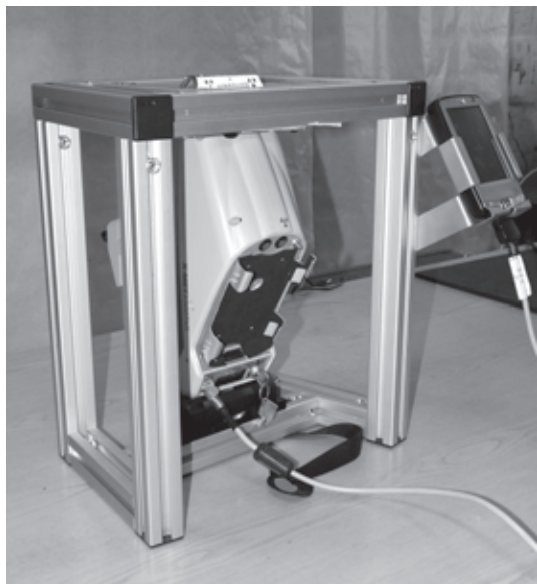


Рис. 1. Внешний вид анализатора элементарного состава X-MET3000TXR

да возникает улавливаемое анализатором рентгеновское излучение. Эти лучи имеют точно определенные энергии, уникальные для каждого из возбуждаемых элементов. Энергия испускаемых рентгеновских лучей всегда будет меньше, чем энергия первичного рентгеновского излучения. В дополнение к рентгеновским излучениям элементов присутствует обратное рассеяние первичного излучения. Построенные по энергиям с учетом сказанного выше спектры отражают химический состав образца.

Получаемые спектры автоматически сравниваются со спектрами стандартных образцов или же эталонов, внесенных в память прибора при его калибровке, проведенной до начала работ (так называемая эмпирическая калибровка). Данная калибровка требует использования набора стандартных образцов (эталонных), имеющих расчетные величины (концентрации) для элементов, которые будут анализироваться в неизвестных образцах. Стандартные образцы должны иметь концентрации, покрывающие диапазон, предполагаемый в неизвестных образцах. Анализ образцов, выходящих за пределы калибровочного диапазона, может приводить к ошибочным результатам.

Сравнение спектра каждого образца проводится со спектрами 41 стандартного эталона разного химического состава с определенными расчетными величинами для 12 элементов: Cu, Sn, Pb, Zn, Bi, Ag, Sb, As, Fe, Ni, Co, Au. Концентрации элементов в эталонах приведены в книге Е.Н. Черных (1966. С. 30).

Существенная трудность в определении химического состава ряда образцов связана с отсутствием пока в нашем распоряжении эталонов с высокими концентрациями таких элементов, как Pb, Ag, Au. В тех случаях, когда приходилось анали-

В рентгено-флуоресцентной спектроскопии (XRF) образец освещается первичными рентгеновскими лучами, получаемыми от радиоактивного рентгеновского источника или, как в рассматриваемом случае, от рентгеновской трубки. Первичное рентгеновское излучение заставляет образец испускать рентгеновские лучи, характерные для каждого элемента, присутствующего в образце. Эти лучи возникают в тот момент, когда электрон с внутренней оболочки атома выталкивается первичным рентгеновским излучением. Электрон с внешней оболочки переходит на ставшее свободным место (на внутренние оболочки атома, обозначаемые как K, L и M в зависимости от энергии первичного излучения) и в точке пере-

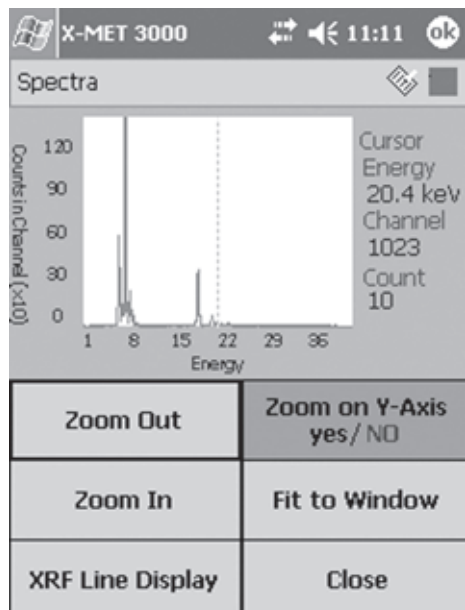


Рис. 2. Результаты спектрального анализа, представленные в виде спектра (фото из инструкции к портативному рентгено-флуоресцентному анализатору серии X-MET3000)

и средние значения концентраций составляющих его элементов. Каждый раз перед началом серии анализов проводится проверка прибора на воспроизводимость результатов по контрольному образцу. Результаты каждой такой проверки заносятся в специальную базу данных под соответствующим календарным числом. В тех довольно редких случаях, когда получаемые результаты выходят за границы допустимого, прибор перезагружается и проводится повторный анализ контрольного образца. Только после получения удовлетворительных результатов анализируются сами образцы.

Для каждой пробы выполняется минимум три измерения продолжительностью каждого по 180 с. Вывод результатов возможен как на стационарный компьютер, так и на КПК, входящий в комплект поставки вместе со специализированным программным обеспечением. Результаты могут быть представлены в виде спектров и в табличном варианте в процентах или ppm, т.е. частей на миллион (рис. 2, 3).

Возможности прилагаемой к прибору программы позволяют сравнивать между собой два и более спектра, а также просматривать α и β линии для K и L серий рентгеновских линий произвольно выбранных элементов. Необходимость в последней операции возникает в ряде случаев при интерпретации пиков элементов с соседними или близкими значениями энергий. В табличном варианте помимо процентных значений концентраций, определяемых до сотых

зировать сплавы с высоким содержанием этих элементов использовалась программа, входившая в стандартный комплект поставки. Она опирается на фундаментальные (теоретические) основы физики взаимодействия рентгеновского излучения с веществом, функцию отклика детектора и базовые спектры некоторых стандартных образцов. Эта программа использует один или два полностью проанализированных стандартных образца для формирования калибровки. В связи с необходимостью экстраполяции во время анализа точность результатов оказывается меньшей, чем полученная при условии использования результатов эмпирической калибровки, основанной на значительно большем количестве стандартных образцов. Достоверно удастся определить основу сплава и наличие или отсутствие других входящих в него химических элементов.

Для проверки стабильности работы прибора используется контрольный образец, по 10 измерениям состава которого получены минимальные, максимальные

X-MET 3000				
Analysis [LOW CHEM]				
Name:	[LOW CHEM]			
Date:	3/2/02 1:44:44 PM			
Analyte	Conc.	STD		
Cr	4.230%	0.084		
Ni	0.094%	0.000031		
Mo	0.505%	0.016		
Cu	0.051%	0.000018		
Mn	0.645%	0.11		
Fe	92.775%	0.24		
Grade:	5Cr0.5Mo			

Рис. 3. Результаты спектрального анализа, представленные в табличном варианте (фото из инструкции к портативному рентгено-флуоресцентному анализатору серии X-MET3000)

анализа оказывает также патиновый слой образца или наличие в нем примесей окислов исходного металла.

Для преодоления или ослабления воздействий этих негативных факторов, получения сопоставимых между собой результатов, а также с целью долговременного хранения был изготовлен специальный шаблон и разработана методика подготовки стандартизированных проб. Отбор стружки проводится бурами как на стационарном станке (рис. 4), так и с помощью переносной бормашины (рис. 5). Для изделий со сложной морфологией, таких как кинжалы с прилитой рукоятью, металлические тигли с остатками металла внутри и др., отбираются две и более пробы. Образцы упаковываются в герметичные «контейнеры» из материала, не влияющего на результаты анализа (рис. 6). Путем экспериментального подбора в качестве такого материала выбран один из типов нетканого пластыря. Достоинство применяемого метода и прибора состоит в том, что в процессе исследования не происходит, как при спектроаналитических данных, «испарение» металлической стружки, а один и тот же образец может с целью дополнительной проверки результатов анализироваться многократно.

Одно из ошибочных представлений относительно возможностей рентгено-флуоресцентного метода – это игнорирование воздействий на результат окисленного слоя пробы или же артефакта. В этом нашла отражение практи-

долей, для каждого элемента приводится величина стандартного отклонения. Естественно, что получаемые значения концентраций для любого элемента по результатам трех измерений варьируются, но получаемый разброс не должен превышать трех стандартных отклонений. В противном случае количество измерений увеличивается, а результаты неудачных отбраковываются. В итоговую таблицу включаются средние значения по трем измерениям, отвечающим этому условию.

На точность анализа влияют следующие факторы: «чистота» образца; достаточность навески; степень перекрытия образцом – целым или стружкой – окна прибора (размеры окна 1,6 x 1,2 см) и плотность его прилегания к поверхности окна (при анализе целых предметов); стабильность работы самого прибора, зависящая от ряда внутренних и внешних причин (например, влажность воздуха, нагревание прибора при работе и др.). Очень серьезное воздействие на результат



Рис. 4. Стационарный станок для отбора проб

изделия – 8,89% (Черных, Луньков, 2009. С. 82). Более чем четырехкратное (!) различие между результатами первого и последнего определений не может не впечатлять² (табл. 1).

Кроме того, аналитический результат может зависеть от массы анализируемого металла, и его малый объем (его навески) способен очень сильно исказить финальную картину. К этому заключению привели дополнительные анализы еще одного участка медно-мышьякового тесла из Першина, которое послужило своеобразным полигоном при отработке разных приемов анализа. Весьма незначительная навеска была взята испанскими коллегами для рентгено-флуоресцентного анализа и привела к ошибочному заключению, что изделие чисто-медное и его металл мышьяка не содержал (Ровира, 2005). Все эти наблюдения привели к тому, что для отображения степени достоверности полученных данных

ка прошлых приемов спектрального анализа, когда присутствие окислов в пробе вело к более или менее выраженному понижению концентраций того или иного элемента. В случае рентгено-флуоресцентного анализа картина могла быть резко противоположной – концентрации элементов могли представлять в сильно или хотя бы заметно повышенных долях. Пример этому – анализы трех различных участков плоского медного (медно-мышьякового) тесла из могильника Першино (Каргалинский горно-металлургический центр) по определению примеси мышьяка (рис. 7). Результат анализа опилок металла без примесей окислов – 2,19%; опилок с примесью окислов – 2,55%; зачищенного участка изделия с включениями окислов – 3,62%; и, наконец, не зачищенного от окислов участок

² Пожалуй, еще более разительные отличия один из авторов статьи наблюдал, когда с группой китайских коллег совершал объезд музеев Северного Синьцзяна (Джунгарии). В командировке китайские исследователи для своих исследований использовали также портативный и сходный с упомянутым в настоящей статье рентгено-флуоресцентный анализатором. Результаты анализа выводились даже без легкой зачистки от окислов поверхности изучаемых древних изделий. В ряде случаев определяемые прибором концентрации мышьяка могли звучать даже фантастично – до 60–65%! Все это особенно ярко продемонстрировало невозможность использования метода без специальной подготовки пробы, что для археологических объектов имеет особое значение.



Рис. 5. Отбор пробы с помощью переносной бормашины

в итоговую таблицу включили графу «Варианты». Была принята следующая градация: 1 – проба содержит только металл; 2 – количество металла в пробе недостаточно, т.е. она не полностью перекрывает окно прибора; 3 – проба содержит металл и незначительное количество окислов; 4 – проба содержит металл и значительное количество окислов; 5 – проба содержит только окислы; 6 – предмет анализировался целиком, перекрывает окно прибора полностью; 7 – предмет анализировался целиком, перекрывает окно прибора частично. При вариантах 1, 3–6 образец полностью перекрывает окно прибора, при вариантах 2 и 7 – частично. Как правило, при вариантах 6 и 7 поверхность предмета покрыта окислом или патиной. Отдельные артефакты поступают к нам после очистки и консервации. В таких случаях состав консервирующего покрытия также может влиять на конечные результаты. Наиболее достоверные данные получаются при вариантах 1, 3, наименее – при варианте 7.

Как уже говорилось выше, специфика используемого прибора позволяет проводить анализ как специально подготовленных навесок, так и применять неразрушающую методику исследования целых



Рис. 6. Подготовленный образец у измерительного окна прибора

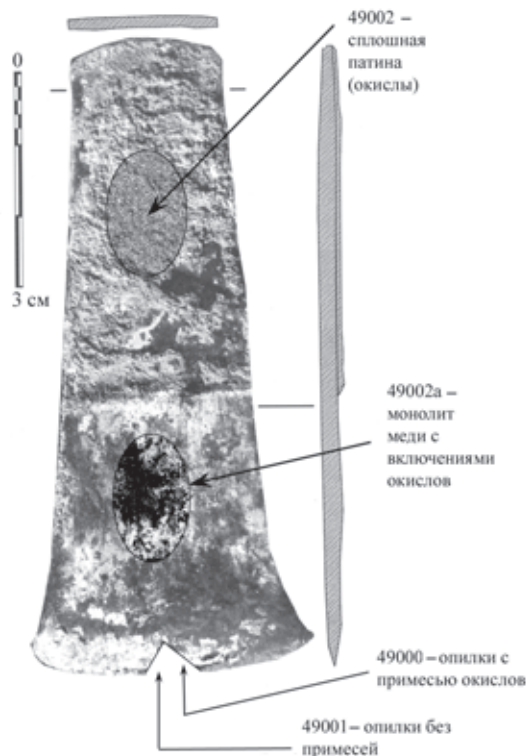


Рис. 7. Тесло из Першинского кургана 1

Проведенные исследования показали, что практически всегда в окисленной зоне изделия происходит увеличение содержания олова (Sn), сурьмы (Sb), мышьяка (As), железа (Fe) и, в меньшей степени цинка (Zn). Содержание свинца (Pb) изменяется слабо, а серебро (Ag) проявляет себя неустойчиво. О поведении висмута (Bi), никеля (Ni) и кобальта (Co) судить трудно. Эти элементы редко фиксировались в материалах новейшей серии анализов. Предположительно содержание висмута уменьшается, а никеля и кобальта – увеличивается.

Необходимо подчеркнуть, что приводимые соотношения не абсолютны, а отражают общие тенденции изменения концентраций элементов при окисле-

изделий. В первом случае вес пробы достигает до 0,5 г. Естественно, что с целого ряда мелких и уникальных предметов невозможно получить такое количество металлической стружки, не повлияв существенно на форму предмета и его экспозиционные свойства. Во втором случае результаты получаются несколько искаженными в связи с тем, что большинство древних изделий покрыты патиной или их поверхность в большей или меньшей степени окислена. В связи с этим при непосредственном поступлении изделий в лабораторию, по возможности, проводится два типа анализа: по пробе (варианты 1–5) и по целому предмету (варианты 6, 7). На основании сравнения полученных данных можно определить, в какой степени образцы, содержащие окислы, отражают истинный состав металла и интерполировать результаты анализов по целым окисленным предметам в тех случаях, когда невозможно взять полноценную пробу металла.

Таблица 1. Результаты анализа различных проб металла тесла из Першинского некрополя (%%; во всех анализах основа сплава – Cu)

Анализ №	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni	Co	Au
49000	–	0,09	–	0,07	0,08	0,45	2,55	0,66	0,02	–	–
49001	–	0,05	0,09	?	0,06	0,44	2,19	0,69	0,08	–	–
49002a	–	0,01	1,02	–	0,09	1,14	3,62	0,94	0,25	0,04	–
49002	–	0,05	0,45	–	0,05	1,36	8,89	1,12	0,09	–	–

нии предметов. Например, при общей тенденции увеличения содержания олова в 2–4 раза в ряде случаев происходит, наоборот, его уменьшение. Безусловно, что на результаты оказывает влияние ряд факторов. Среди них – почвенные условия (разный состав грунтов, вмещающих артефакты); климатические факторы; толщина слоя окисления; соприкосновение с металлическими изделиями другого химического состава; реставрация и др. Таким образом, наиболее достоверными будут результаты интерполяции для предметов, происходящих с одного памятника, в особенности из закрытых комплексов.

После получения средних значений концентраций химических элементов в образце результаты вносятся в итоговую таблицу – составную часть базы данных анализируемых образцов. В базу данных также включаются полные сведения о местонахождении памятника с указанием географических координат, данные о комплексе, из которого происходит анализируемый образец, название и класс изделия по принятой в лаборатории номенклатуре, автор и год исследований, место хранения и шифр, культурная принадлежность и датировка, описание морфологии изделия с его рисунком и/или фотографией, наличие публикаций.

Всего на сегодняшний день в лаборатории проведено около 1300 анализов, из которых 1080 опубликовано (Луньков и др. 2009, 2011, 2013). Проанализированные артефакты происходят из памятников, датированных от эпохи бронзы до позднего средневековья и рассеянных от Западной Сибири до Причерноморья и от лесной зоны Западной Евразии до Сирии.

ЛИТЕРАТУРА

- Луньков В.Ю., Кузьминых С.В., Орловская Л.Б., 2011. Рентгено-флуоресцентный анализ меди бронз: серия 2009–2010 гг. // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 2 / Отв. ред. и сост. Е.Н. Черных, В.И. Завьялов. М.: ИА РАН. С. 116–136.
- Луньков В.Ю., Кузьминых С.В., Орловская Л.Б., 2013. Рентгено-флуоресцентный анализ меди бронз: серия 2011–2013 гг. // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 3 / Отв. ред. и сост. Е.Н. Черных, В.И. Завьялов. М.: ИА РАН. С. 56–88.
- Луньков В.Ю., Орловская Л.Б., Кузьминых С.В., 2009. Рентгено-флуоресцентный анализ: начало исследований химического состава древнего металла // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 1 / Отв. ред. и сост. Е.Н. Черных. М.: ИА РАН. С. 84–111.
- Ровира С., 2005. Металлографический анализ медного тесла из кургана № 1 Першинского некрополя (Приложение 3) // Каргалы. Т. IV: Некрополи на Каргалах. Население Каргалов: палеоантропологические исследования / Сост. и ред. Е.Н. Черных. М.: Языки славянской культуры. С. 217–218.
- Черных Е.Н., 1966. История древнейшей металлургии Восточной Европы. М.: Наука. 144 с. (МИА, № 132).
- Черных Е.Н., 2009. Лаборатории естественнонаучных методов 50 лет // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 1 / Отв. ред. и сост. Е.Н. Черных, В.И. Завьялов. М.: ИА РАН. С. 6–24.
- Черных Е.Н., Луньков В.Ю., 2009. Методика рентгено-флуоресцентного анализа меди и бронз в лаборатории Института археологии // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 1 / Отв. ред. и сост. Е.Н. Черных, В.И. Завьялов. М.: ИА РАН. С. 78–83.

АРХЕОМЕТАЛЛОГРАФИЯ

В.И. Завьялов

В изучении проблем, связанных с историей древних производств, можно выделить два основных подхода: изучение химического состава артефакта и исследование его структуры. Разумеется, наибольшего продвижения можно достичь только при сочетании обоих этих подходов. Но на практике это зачастую трудновыполнимо в связи со сложностью, трудоемкостью аналитических методов и необходимостью комплексного обобщения полученных результатов, что требует от специалистов высочайшей квалификации и обширных знаний в различных отраслях науки и техники. Поэтому имеет смысл рассмотреть только второй аспект проблемы – изучение структуры древних артефактов из металла. Полученные в результате аналитического исследования данные позволяют подойти к решению вопросов технологии изготовления металлических предметов, используемого сырья, качества выполнения отдельных операций, навыков и квалификации мастеров и т.п.

Один из основных методов в изучении истории кузнечного ремесла древних обществ – метод археометаллографии (археологической металлографии)¹. Этот термин введен в науку в последние годы группой металлографии лаборатории естественнонаучных методов Института археологии РАН. Необходимо подчеркнуть отличие данного термина от термина «археометаллургия» (archeometallurgy), применяемого в зарубежной литературе. Последний непосредственно связан с изучением истории металлургии, в то время как археометаллография имеет дело с историей металлообрабатывающего (кузнечного) производства. Суть метода археометаллографии состоит в проведении металлографического исследования древних кузнечных поволоков и использовании полученных данных для реконструкции технико-технологических процессов в кузнечестве той или иной культурно-исторической общности. Основа анализа заключается в изучении образца, выпиленного из рабочей части орудия. Образец шлифуется и полируется до зеркальной поверхности, а затем травится специальными реактивами. Полученный шлиф изучается в отраженном свете на металломикроскопе, измеряется микротвердость структурных составляющих. В результате удается реконструировать технологию изготовления орудия, основной состав и характер материала, рабочие качества артефакта.

Необходимо отметить принципиальную разницу между технической и археологической металлографией, которая заключается в том, что в первом случае конечная цель состоит в определении соответствия физико-химических свойств

¹ Металлография – наука о строении и свойствах металлов и сплавов. Соответственно археометаллография изучает структуру древних металлических артефактов и способы их изготовления.

продукта заданным параметрам его производства. Во втором – задача прямо противоположная: определение исходных параметров изготовления артефакта на основании технических характеристик готового изделия.

Метод металлографии относится к разрушающим методам исследования артефактов. В последнее время в археологических и исторических исследованиях все большее распространение получают неразрушающие методы анализа металла (рентгеновский, рентгено-флуоресцентный и т.п.). Однако они не могут предоставить полноценную информацию о характере структурных составляющих, сварных швах, микротвердости, шлаковых включениях. На основании же металлографического изучения археологических предметов становится возможным реконструировать последовательность кузнечных операций, оценить качество их исполнения, дать характеристику сырьевым материалам.

Внедрение в археологию методов металлографического исследования позволяет решать не только проблемы, связанные с историей техники, но и чисто исторические задачи. При этом речь должна идти не о единичных анализах, а о широких аналитических исследованиях большой серии предметов в пределах конкретной историко-культурной общности, что предоставляет возможность говорить, в частности, о традициях и инновациях в производстве древних народов.

Следует подчеркнуть, что для археологии данные о составе и структуре древних артефактов представляют собой принципиально новый исторический источник, который открывает неизвестную и недоступную без применения специальных методов сторону жизни. Объективно эти данные ценны сами по себе, даже если они не помогают археологам решать на современном этапе культурные и хронологические задачи.

Изучение структуры различных предметов, следов их деформации и в итоге реконструкция производственных приемов позволяют в значительной степени расширить историческую картину. Всем археологам известно, что форма артефакта легко копируется, что существовали определенные эпохальные моды на типы и формы орудий, оружия и украшений. Но не всегда учитывается то, что, не входя в определенное сообщество, нельзя было полностью воспроизвести состав вещества и технологию его изготовления (*Конькова*, 2001. С. 44).

Металлография как самостоятельная наука начала развиваться около 300 лет тому назад. Первые опыты в новом научно-исследовательском направлении предпринял Р.А. Реомюр (1683–1757 гг.). Путем травления различными кислотами он стремился распознать разные сорта стали. Определение макроструктур исследователь осуществлял визуально по окраске образца без применения оптических вспомогательных средств.

В России первые металлографические исследования железа и его сплавов были проведены П.П. Аносовым (1796–1851 гг.). Работая на Златоустовском металлургическом заводе (1830–1835 гг.), П.П. Аносов применил микроскоп для изучения структуры стали и ее изменений послековки и термообработки и установил существование связи между строением и свойствами стали. Именно эти годы можно считать началом зарождения металлографии в России. В 60-х годах XIX в. в Европе А. Видманштеттен (1753–1849) и Г.К. Сорби (1826–1908) применили микроскоп для исследования строения железных метеоритов.

Основы научного металловедения, в рамках которого существует металлография, были заложены русским металлургом Д.К. Черновым (1839–1921), который открыл зависимость свойств стали от температуры нагрева и охлаждения, выявил взаимосвязь структуры и свойств металла.

Первые попытки применения металлографии к археологическим предметам относятся к началу XX в. Многие из них носили курьезный характер. Но уже в 1911 г. итальянский металлург Ф. Джиолитти опубликовал результаты микроструктурного анализа нескольких бронзовых топоров и тем самым показал возможность приложения металлографии к археологическому цветному металлу. В 1913 г. английский металлург Х. Гарланд обратился к анализу древнеегипетских медных и бронзовых орудий в связи с изучением физических изменений, которые происходят в металлах и сплавах при атмосферных условиях. Он пришел к важному для изучения археологических артефактов выводу, что длительное пребывание изделий в окислительной среде культурного слоя существенно не влияет на их структуру. Это заключение открыло широкие перспективы для использования металлографии при изучении археологических предметов из металла.

В 1932 г. в советской археологической литературе появилась первая статья об использовании металлографии в археологии. Металлург П.Я. Сальдау и археолог А.Ф. Гущина опубликовали результаты микроструктурного изучения бронзовой фигурной кавказской булавки II тыс. до н.э. и на его основе описали технологию ее изготовления (*Сальдау, Гущина, 1932*). Чуть позже Б.Е. Деген-Ковалевский привлек металлографический анализ четырех железных предметов для интерпретации их изготовления (*Иессен, Деген-Ковалевский, 1935*). В начале 30-х годов металлографический анализ при изучении средневекового оружия использовал В.В. Арендт (1936).

Необходимость широкого применения специального естественно-научного метода при изучении древнего ремесла была обоснована Б.А. Рыбаковым (1948. С. 237). В развитие этих идей Б.А. Колчин в конце 40 – начале 50-х годов сформулировал основные принципы применения металлографического метода к археологическому материалу. Ученым были очерчены возможности метода и круг вопросов, которые можно решать с его помощью. Именно Б.А. Колчин стал основателем нового направления в исследовании истории кузнечного ремесла – археологической металлографии (археометаллографии) и сформулировал основные принципы археометаллографического анализа (1953). Борис Александрович подчеркивал, что для исторических исследований важен *массовый* (выделено автором. – В.З.) металлографический анализ большого количества орудий труда, оружия, ремесленного инструмента, утвари и т.д. Такой подход позволяет делать обобщение отдельных технологических характеристик, на основе которых возможно построение уже более широких историко-технических и исторических выводов (*Колчин, 1953. С. 11, 12*). Существенно то, что с самого начала применения археометаллографии ученый рассматривал этот метод как инструмент именно исторического исследования. Этим во многом объясняется тот факт, что в российской науке историей кузнечного ремесла занимаются не инженеры и металлурги (как имеет место во многих зарубежных странах), а специалисты с археологическим образованием.

В 60–90-е годы метод археометаллографии совершенствовался учениками и продолжателями Б.А. Колчина. Заметный вклад в развитие этой дисциплины внесли Г.А. Вознесенская, Н.В. Рындина, Н.Н. Терехова, Л.С. Розанова, Б.А. Шрамко, М.Ф. Гурин и др.

Практически одновременно с Б.А. Колчиным систематическое изучение древнего металла с помощью металлографии начинает английский ученый Р. Тилекот, которого в западной литературе принято считать основателем нового метода. В ряду ученых, которые стоят у истоков археометаллографии, – проф. Р. Плейнер. В двух монографиях, посвященных истории черной металлургии (*Pleiner, 2000*) и кузнечному ремеслу (*Pleiner, 2006*), он обобщил накопленные на сегодняшний день данные.

Список отечественных публикаций по железообрабатывающему ремеслу в настоящее время насчитывает более 600 наименований. Резкое возрастание интереса археологического сообщества к естественно-научным методам и к металлографии в частности наблюдается в СССР с начала 60-х годов. В немалой степени этому способствовало создание по инициативе Б.А. Колчина в Институте археологии лаборатории естественнонаучных методов и лаборатории структурного анализа на кафедре археологии исторического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова², приоритетным направлением исследований которой стало изучение изделий из цветного металла (*Рындина, 2006. С. 5*), а также проведение ряда совещаний и конференций по применению новых методов в археологии. В 70–90-х годах наряду со столичными исследователями активизируется работа специалистов и в других научных центрах (Киев, Минск, Рига, Вильнюс, Владивосток, Кемерово, Екатеринбург, Ульяновск, Псков).

Из всей массы статей и монографий большая часть (около 40% всех работ) посвящена славянскому и древнерусскому кузнечеству. Среди них можно выделить такие труды, как «Черная металлургия и металлообработка Древней Руси» Б.А. Колчина (1953), «Кузнечное ремесло Полоцкой земли» М.Ф. Гурина (1987), коллективная монография украинских археологов о металлургии и металлообработке ранних славян и Киевской Руси (*Вознесенська и др., 1996*), работа, посвященная традициям и инновациям в производственной культуре Северной Руси (*Завьялов и др., 2012*).

Большое внимание в отечественной археометаллографии традиционно уделяется углубленному изучению кузнечного ремесла в отдельных городах и регионах Древней Руси. Прежде всего следует отметить труд Б.А. Колчина «Железообрабатывающее ремесло Новгорода Великого» (1959), ставшего эталонной работой не только для историков древнего ремесла, но и для широкого круга медиевистов. Подтверждение и дополнение выдвинутых в этой работе положений по железообработке Новгорода нашли отражение в исследованиях Л.С. Розановой и автора (*Завьялов, Розанова, 1990, 1992, 2004*). Заметный вклад в историю древнерусского кузнечного ремесла внесли исследования материалов Киева (Новое в археологии Киева, 1981; *Паньков, 2012*), Пскова (*Вознесенская, 1996; Закурина, 1996, 1997, 1998, 2000*), Суздаля (*Rozanova, Sedova, 1984; Завья-*

² С момента образования лаборатории и до настоящего времени ее возглавляет Н.В. Рындина – ученица Б.А. Колчина.

лов и др., 2012. С. 199–206), Рязани (Толмачева, 1983; Завьялов, 2004; Zavyalov, 2005; Завьялов, Терехова, 2013), Полоцка (Гурин, 1987), Серенска (Хомутова, 1973), Ярополча Залесского (Хомутова, 1978б).

Значительная часть опубликованных работ имеет отношение к другой важной проблеме истории кузнечества – зарождению черной металлургии и металлообработки в Восточной Европе. Уже в монографии «Черная металлургия и металлообработка в Древней Руси» (1953) Б.А. Колчин наметил необходимость исследования кузнечных артефактов раннего железного века. В рамках этой проблемы изучались поковки из кавказских, северо-причерноморских и финно-угорских памятников (Вознесенская, 1975; Терехова, 1983, 1986, 1989; Терехова, Эрлих, 2000; Шрамко, 1969; Шрамко и др., 1965, 1977, 1986; Розанова, Терехова, 2000; 2002а, б; 2003а, б; Хомутова, 1978а, 1982).

Во многом вопросы зарождения черной металлургии остаются до сих пор дискуссионными. Тем не менее, благодаря исследованиям Н.Н. Тереховой, Г.А. Вознесенской, Л.С. Розановой, Б.А. Шрамко можно констатировать, что Восточная Европа была вторичной по отношению к Малой Азии и Кавказу зоной освоения железа. Хотя единичные железные орудия появляются у восточно-европейских племен во второй четверти II тыс. до н.э. (Шрамко и др., 1965; Терехова и др., 1997. С. 35–39), но подлинное наступление железного века в степной и лесостепной зоне происходит лишь в VIII в. до н.э., когда железные орудия вытесняют бронзовые. Позднее – во второй половине I тыс. до н.э. – железный век приходит в лесную зону Восточной Европы.

В раннем железном веке на территории Восточной Европы выделяются три региона, наиболее рано освоившие железную индустрию: Северный Кавказ, Северное Причерноморье и Среднее Поволжье.

На основании технико-технологических характеристик железных изделий этого времени можно сделать вывод о существовании двух традиций в освоении черного металла в указанных регионах: восточноевропейской и закавказской. Восточноевропейская традиция берет свое начало в Северном Причерноморье с рубежа I–II тыс. до н.э. (белозерская культура). Она основана на использовании простых операций изготовления изделий целиком из железа. Применение таких приемов улучшения рабочих качеств орудий, как цементация (искусственное получение стали) и термическая обработка не фиксируется вплоть до скифского времени (Шрамко, 1969; Шрамко и др., 1977).

Закавказская традиция характеризуется применением высоких (для раннего железного века) технологий: цементации и термообработки. Эта традиция восходит к достижениям развитых ближневосточных цивилизаций (Терехова, Эрлих, 2000. С. 135–137).

При изучении проблемы зарождения металлургии железа уместен вопрос о значении использования человеком метеоритного железа. Известно, что применение метеоритного железа фиксируется уже в бронзовом веке. Например, метеоритное происхождение имеет изделие из Эль Герзех, датируемое 3500 г. до н.э. (Yalcin, 1999. Р. 184). Из метеоритного железа были откованы и два предмета XVIII в. до н.э. из могильника Болдырево I: долотовидное орудие и железное лезвие биметаллического орудия типа тесла (Терехова и др., 1997. С. 33). Однако, по справедливому замечанию Н.Н. Тереховой, «опыты по обработке же-

лезных метеоритов никак не были увязаны с возможностью получения железа металлургическим путем» (Терехова и др., 1997. С. 39).

В процессе археометаллографических исследований развивались и представления о древнем металле и способах его обработки. Так, еще Б.А. Колчин обратил внимание на повышенную по сравнению с современным железом микротвердость феррита ряда древних поковок. Он видел объяснение этому факту в развивающемся с течением времени процессе старения железа (Колчин, 1953. С. 48). Однако уже в конце 50-х годов польский ученый Е. Пясковский обосновал зависимость микротвердости феррита от содержания фосфора в металле (Piaskowski, 1963, 1984). В настоящее время влияние фосфора на микротвердость феррита подтверждена многочисленными металлографическими исследованиями древнего металла.

В отечественной литературе на железо с высоким содержанием фосфора обратил внимание М.Ф. Гурин при изучении серии анализов химического состава железных предметов (1982. С. 64). Позднее в работах Л.С. Розановой и М.М. Толмачевой были сформулированы основные черты фосфористого железа, позволяющие определять эту микропримесь металлографическим способом без проведения химического анализа. К таким чертам относятся высокая микротвердость феррита³ и его крупнозернистость, своеобразная структура фосфорной ликвиции, особый серебристый блеск железа после полировки, слабая протравливаемость металла металлографическими реактивами (Кулаков, Толмачева, 1987; Носов, Розанова, 1989).

Существенные изменения за последние десятилетия произошли в оценке технико-технологического строя древнерусского железообрабатывающего ремесла. В результате первых исследований древнерусской кузнечной продукции Б.А. Колчин пришел к выводу, что на юге и на севере Руси встречаются одни и те же технические приемы и одна и та же закономерность их применения (Колчин, 1953. С. 184). Однако в дальнейшем при накоплении аналитического материала этот вывод подвергся корректировке. В 80-е годы Г.А. Вознесенская и Л.С. Розанова приходят к заключению о различии технологических традиций в кузнечном производстве северных и южных земель Древней Руси (Вознесенская, Коваленко, 1985. С. 107; Кочуркина, Розанова, 1987. С. 92; Вознесенская, 1990. С. 83; Пушкина, Розанова, 1992. С. 218). Кузнечное ремесло Южной Руси основывалось на производственных традициях предшествующего времени. Основу этих традиций составляют преимущественное использование цельнометаллических конструкций, цементация и термическая обработка. Для кузнечного ремесла Северной Руси характерно преобладание в производстве кузнечных изделий сварных технологий, основанных на сочетании стального лезвия и железной основы. Это наблюдение, сделанное на основании многочисленных металлографических анализов продукции древнерусских кузнецов (прежде всего ножей), оказалось весьма продуктивным. Исследования последних лет подтвердили производственные различия между Севером и Югом Древней Руси и в других отраслях ремесла.

³ Микротвердость фосфорного железа составляет от 236 кг/мм² до 350 кг/мм², в то время как у «обычного» железа она не превышает 206–221 кг/мм².

Важной вехой в изучении древнего кузнечества стала коллективная монография «Очерки по истории древней железообработки в Восточной Европе» (Терехова и др., 1997). В ней подводятся итоги многолетних металлографических исследований восточноевропейских материалов. Одним из основных итогов работы стало выявление основных рубежей в истории кузнечного производства. Намечены этапы развития техники обработки черного металла со времени первого знакомства населения с метеоритным железом, освоения сыродутного способа получения железа до развитого средневековья. В монографии дан сравнительный анализ техники железообработки в хронологическом и культурно-этническом аспектах, прослежены закономерности развития кузнечества в разных регионах. Достоверность выводов базируется на экспериментальных данных, позволяющих получить эталонные образцы для каждой стадии металлургического и технологического процессов.

Были задействованы также материалы по кузнечеству предскифской и скифской эпох, рассмотрены особенности железообработки в античных центрах, дана характеристика железных изделий из памятников лесной и лесостепной зон, введены в научный оборот данные, характеризующие железообработку племен салтово-маяцкой культуры в бассейне Нижнего Дона и народов Прикамья, рассмотрены вопросы формирования традиций в кузнечном ремесле Древней Руси. Намечены рубежи, маркирующие динамику развития железообработки на территории Восточной Европы.

В этом плане одна из центральных – проблема начальных этапов освоения черного металла. Как установлено, появление первых железных изделий на территории Восточной Европы в начале I тыс. до н.э. было обусловлено контактами местных народов с развитыми центрами железообработки в Передней Азии и Закавказье.

Во второй половине I тыс. до н.э. – начале I тыс. н.э. происходит распространение черного металла и способов его обработки на всей территории Восточной Европы. Появляется множество локальных центров железообработки, особенности которых определяются характером используемых сырьевых ресурсов и профессиональными навыками мастеров.

Новый этап в развитии техники железообработки фиксируется в последней четверти I тыс. н.э. Он связан с возникновением раннегосударственных образований. Технология кузнечного ремесла характеризуется внедрением сложных технологических схем. В городских центрах идет процесс выделения узкоспециализированных мастеров.

Как было показано в работе, развитие восточноевропейского кузнечества было составной частью общеевропейского процесса становления ремесла. На отдельных этапах оно испытывало определенное влияние извне. Взаимодействие внешних импульсов и местных традиций обусловило специфические черты железообрабатывающего ремесла Восточной Европы (Терехова и др., 1997. С. 299).

Многолетние исследования древнего металла с применением металлографического метода предоставили в распоряжении археологов апробированный инструмент для изучения одного из важнейших ремесел – кузнечного. Развитие отечественной археометаллографии подтвердило правильность намечен-

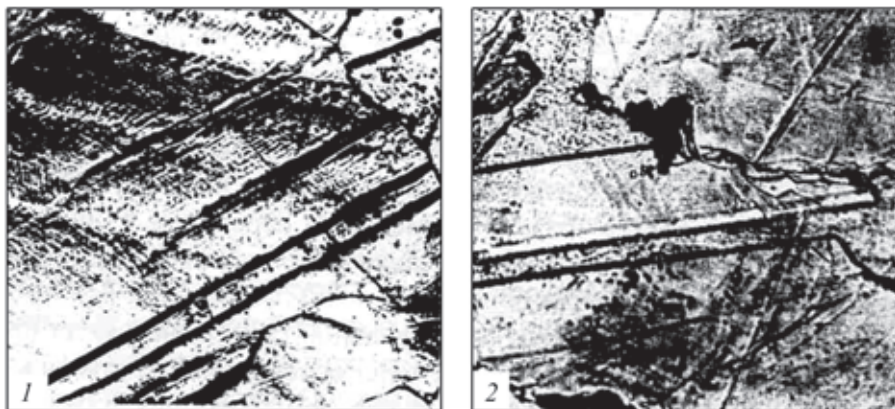


Рис. 1. Структура медных самородков (по: Рындина, 2005)

ного Б.А. Колчиным направления развития новой дисциплины. В настоящее время без привлечения аналитических данных становится невозможным не только изучение истории кузнечного ремесла, но и полноценное исследование археологической культуры и даже отдельного памятника.

Благодаря разработанному Б.А. Колчиным методу археологические изделия из металла превратились в полноценный исторический источник. Внедрение нового естественно-научного метода в изучение древних ремесел позволило ответить на вопрос не только о том, что производилось, но и как производилось.

Наследие Б.А. Колчина получило развитие в трудах его учеников и последователей. В Институте археологии РАН в составе лаборатории естественнонаучных методов продолжает активно работать группа металлографии. На сегодняшний день накоплен обширный банк археометаллографических данных по разным эпохам и территориям, включающий около 13000 анализов.

В настоящее время основные археометаллографические исследования изделий из черного металла в России проводятся в лаборатории Института археологии РАН (В.И. Завьялов, Н.Н. Терехова), изделий из цветного металла – на кафедре археологии исторического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (Н.В. Рындина, Н.В. Ениосова).

Основы археометаллографического анализа

Как уже отмечалось, археометаллографическое исследование начинается с изучения микроструктуры изделия.

Основные структуры цветного металла

Структура медных самородков. При микроскопическом анализе медных самородков на шлифе наблюдаются зерна неправильных очертаний, представляющие собой как бы искаженные границы многогранников или полиэдров. Таковую структуру называют «зернистой» или «полиэдрической» (рис. 1).

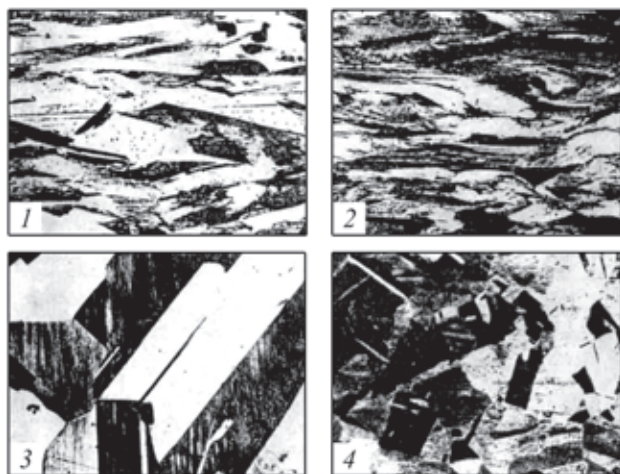


Рис. 2. Микроструктуры деформированной меди
1, 2 – холодная деформация при разных степенях обжа-
тия; 3, 4 – горячая деформация (по: *Рындина*, 1971)

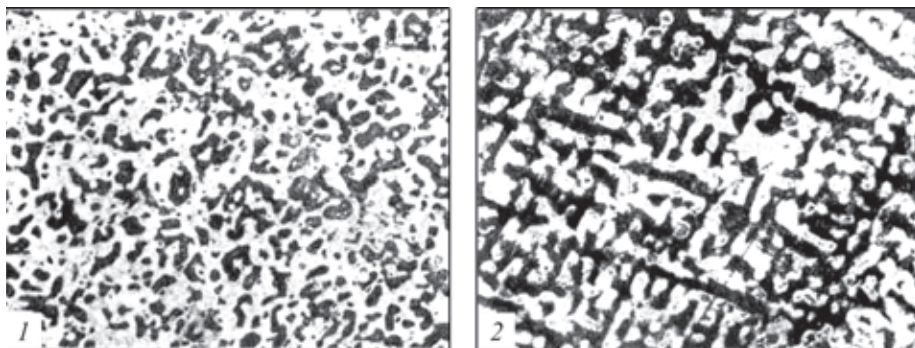


Рис. 3. Микроструктура мышьяковистой бронзы (по: *Рындина*, 1971)

При *холодном деформировании меди* наблюдается раздробление и удлинение отдельных ее зерен, создается их ориентация в направлении главной деформации (рис. 2, 1, 2).

Структура меди, деформированной всгорячую, имеет рекристаллизованный характер. Принципиально она ничем не отличается от той структуры, которая возникает после отжига⁴ наклепанного⁵ металла (рис. 2, 3, 4).

Структуры литых бронз отличаются дендритной структурой (рис. 3).

⁴ Отжиг – вид термической обработки металлов и сплавов, заключающийся в нагреве до определенной температуры, выдержке и последующем, обычно медленном, охлаждении.

⁵ Наклеп – упрочнение металлов и сплавов вследствие изменения их структуры и фазового состава в процессе пластической деформации без дополнительного нагрева.

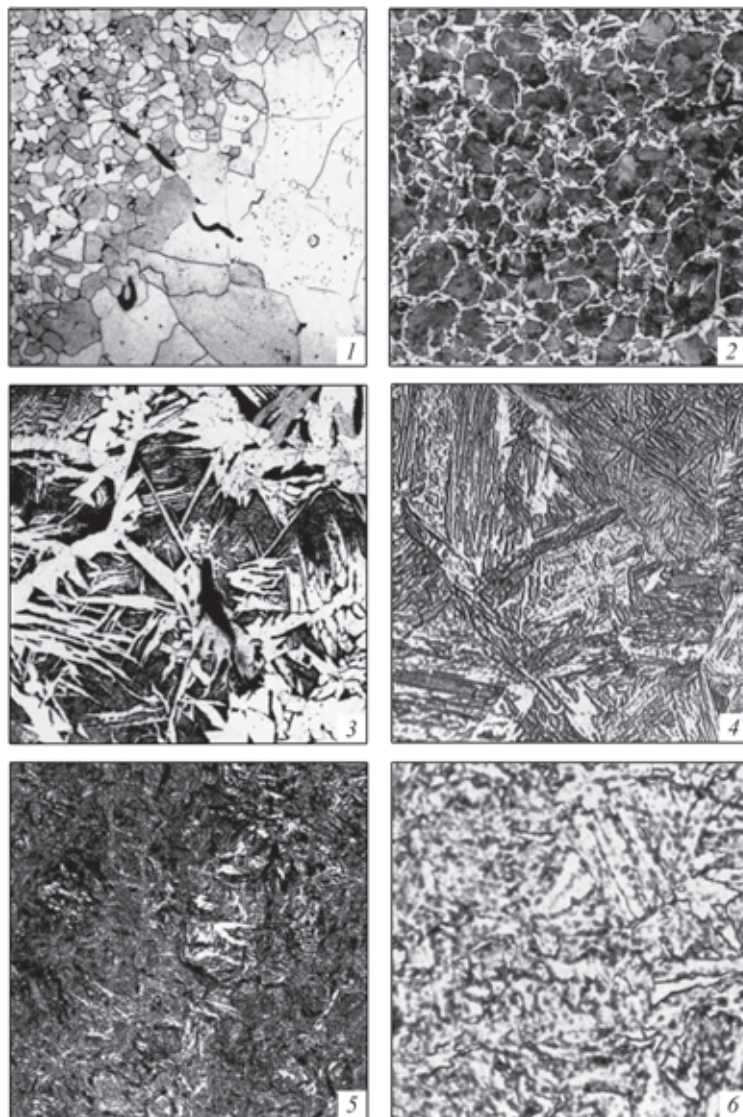


Рис. 4. Микроструктуры железа и стали (1–6)

Основные структуры черного металла

Феррит – структура практически «чистого» железа (содержание углерода не превышает 0,05%). В железе, полученном сыродутным способом, между зернами феррита встречаются (иногда в большом количестве) шлаковые включения. В зависимости от степени прокованности шлаки могут иметь неправильную, округлую или вытянутую формы (рис. 4, 1).

Феррит с перлитом – структура доэвтектоидной стали (с содержанием углерода до 0,9%). Феррит в таких сталях располагается или в виде отдельных свет-

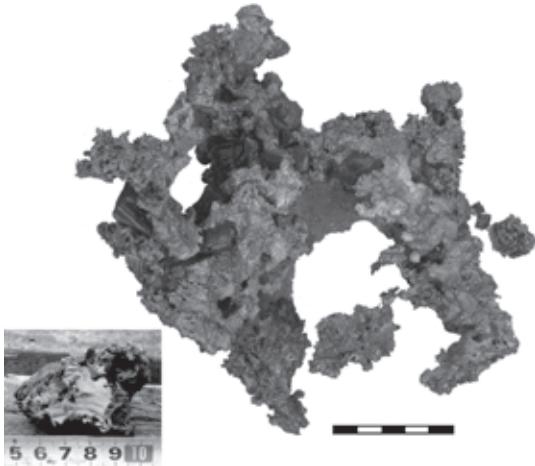


Рис. 5. Губчатое железо (справа) и горновая крица (слева), полученные в ходе экспериментальных плавов

Такая структура характерна для сталей, подвергнутых закалке с последующим высоким отпуском.

Применительно к металлургическим артефактам употребляются следующие понятия: горновая крица, крица, товарная крица, полуфабрикат, заготовка.

Губка железа – результат восстановления металлического железа из руды, не спекшийся в монолитную крицу (рис. 5, справа).

Горновая крица – это продукт металлургического сыродутного процесса, не подвергавшийся механическому воздействию, представляющий собой твердую достаточно плотную массу железа, поры и полости которой заполнены шлаками (рис. 5, слева).

Крица – продукт первичной обработки горновой крицы, в результате чего частично удаляются шлаковые включения и в какой-то степени уплотняется металл.

Товарная крица – крица, имеющая стандартные форму, размер и массу (рис. 6).

Полуфабрикат – продукт заключительной стадии обработки крицы, в результате которой получается монолитная масса металла, пригодная дляковки заготовки (рис. 7). На этой стадии происходит заварка пустот, исчезают крупные поры и шлаки. Полуфабрикат является необходимой промежуточной стадией, которая позволяет

рых зерен, чередующихся с темными участками перлита, или в виде светлых окаймлений вокруг зерен перлита (рис. 4, 2, б).

Мартенсит – структура закаленной стали. Характеризуется игольчатым строением и высокой твердостью (рис. 4, 4). Такая структура образуется при больших скоростях охлаждения.

Троостит – структура термообработанной стали. Отличается очень высокой степенью дисперсности. Образуется при закалке с меньшей скоростью (масло, горячая вода) или при закалке с последующим низким отпуском.

Сорбит – структура тонкоштрихованного строения (рис. 4, 5).



Рис. 6. Товарная крица (Новгород, Дмитровский раскоп)



Рис. 7. Виды железных полуфабрикатов (1–19)

перейти к формовке заготовки намеченного изделия. Нередко полуфабрикатам придавали вид определенных орудий (топоров, кос, наральников). В таком случае они могли служить не только кузнечным сырьем, но и единицей обмена.

Заготовка документирует начальную стадию технологического процесса изготовления кузнечного изделия. В качестве ее формального признака можно рассматривать близость заготовки к конкретному, но незавершенному артефакту.

Археометаллография и история освоения человеком металлов

Первым металлом, освоенным человеком, была медь, что нашло отражение в названии одного из периодов в истории человечества – медно-каменный век (энеолит). Роль металла в развитии культурных и социальных процессов трудно переоценить. Достижения эпохи раннего металла не ограничиваются внедрением металлических, более совершенных по сравнению с каменными изделий. Это время становления первых цивилизаций, интенсификации взаимодействия человеческих коллективов, передачи культурных и производственных достижений на огромные расстояния.

Возникновение и развитие металлопроизводства происходит в обширном ареале Западной Азии. Почему именно Ближний Восток стал «родиной» металлургии? Этому сопутствовали следующие основные факторы. Во-первых, большую роль в освоении нового материала играли богатые местные рудные ресурсы. Во-вторых, выработке навыков выплавки меди способствовала развитая во многих регионах Ближнего и Среднего Востока теплотехника: уже в неолите население владело технологией изготовления известковой обмазки и обжига керамики в горнах. Оба производства предполагают высокий уровень знаний, позволяющих контролировать термические процессы, что нашло свое применение и в производстве металла.

В литературе существует несколько схем развития металлургических знаний. Накопленные к настоящему времени результаты микроструктурных анализов древнейших поковок Ближнего Востока и Юго-Восточной Европы подтверждают «родословное древо» цветной металлургии, предложенное Г.Г. Когленом (см. *Рындина*, 2005). Он выделяет четыре фазы в эволюции древнейшего металлопроизводства. Фаза «А» характеризуется кузнечной обработкой самородной меди. Ее куют сначала в холодную, а затем и в горячую. Фаза «В» начинается с открытия плавления самородной меди и появления первых изделий, отлитых в открытых формах. Фаза «С» связана с открытием выплавки меди из окисленных руд и началом действительной металлургии. Усложняется литейная техника, впервые осваивается литье в разъемные и составные формы. Фаза «D» знаменует переход к бронзам – любым искусственным сплавам на медной основе. Их появление сопровождают первые опыты по плавке сульфидных руд (*Рындина*, 2005. С. 115).

Факт использования на Ближнем Востоке ковальной самородной меди подкреплен в последнее время металлографическим изучением металла из памятников докерамического неолита. Микроструктура природных самородков отличается крупным, но неравномерным зерном. Часто наблюдается многократное повторение узких, длинных, расположенных параллельно кристаллов.

Совсем иначе обстоит дело с переплавленными самородками: при их расплавлении примеси расплавляются в меди и она получает равномернозернистую структуру, обычную для металла, полученного из руды. В этом случае отличить самородную медь не удастся и с помощью химического состава, поскольку медь может быть как очень чистой, так и сильно загрязненной примесями. Это крайне затрудняет четкое выделение фазы «В». Ее существование подкрепляется пока лишь косвенными наблюдениями о живучести самородного сырья в некоторых районах Ближнего Востока вплоть до V – середины III тыс. до н.э.

Весьма основательно документирована аналитическими данными фаза «С». На Ближнем Востоке она вписывается в рамки второй половины VI – первой половины IV тыс. до н.э. Древнейшим свидетельством освоения технологии выплавки металла из оксидных руд служит шлак из слоя VI A Чатал Гуюка на юге Анатолии, датированный по радиоуглероду VI тыс. до н.э.

Накопленные аналитические данные показывают, что схема Г.Г. Коглена правильно отражает генеральную линию эволюции древнейшего металлопроизводства. Металлографические исследования подкрепляют основной вывод ученого о том, что открытия и изобретения в истории металлургии предопределяют и следуют друг за другом в определенной последовательности вне зависимости от сложности и противоречивости процесса ее регионального развития. Тем не менее, на фоне нынешнего состояния аналитических источников удается не только подтвердить периодизацию металлургии Г.Г. Коглена, но отчасти и дополнить техническую характеристику выделяемых им этапов. Оказалось, к примеру, что вскоре после открытия плавки чистых окисленных руд меди (начало фазы «С») последовало освоение восстановительной плавки смешанных оксидно-сульфидных руд. Прямое доказательство этому обнаружено Н.В. Рындиной при металлографическом изучении медных изделий и шлаков на стенках тиглей позднего этапа культуры Гумельница, датируемых IV тыс. до н.э. Ранее такого рода плавки оценивались как позднее явление, связанное с эпохой бронзы (фаза «D»).

В пределы фазы «С» удается вписать и еще одно чрезвычайно важное изобретение, связанное с упрочнением меди холодной ковкой (наклеп). Следы наклепа в виде вытянутых холодной ковкой, разбитых полиэдров были обнаружены на большой серии крупных ударных орудий из энеолитических памятников Восточного Средиземноморья, Балкано-Карпатья и Восточной Европы. Чтобы представить важность этого технического достижения, достаточно обозначить твердость металла: на лезвийной кромке, в зоне наклепа она составляет 110–130, а вдали от него – 77–89 кг/мм².

Массовые металлографические исследования древнейших медных находок позволили установить, что в непосредственной зависимости от уровня металлургических знаний находится и набор используемых человеком предметов из металла. В металлоносных культурах неолита, носители которых делают первые шаги в освоении меди и не знают способов ее упрочнения ковкой, металл находит применение только в производстве украшений и в меньшей степени орудий колющего и режущего действия: шильев, рыболовных крючков, ножей. Топоры и другие орудия ударного действия (тесла, долота, молотки, мотыги) получают распространение только с открытием эффекта упрочнения меди ковкой и совершенных способов ее литья в разъемные формы. С этим и связан переход к энеолиту. Таким образом, само понятие энеолита, с какими бы экономическими и культурными критериями не сопрягалось оно на конкретных территориях, напрямую связано с технологическими показателями обработки медных орудий, выделяемых с помощью металлографии.

Важные результаты дает металлография при исследовании проблемы происхождения металлургических знаний во вновь возникающих центрах металлопроизводства. Обобщение массовых микроструктурных анализов показывает, что начальные стадии развития нового независимого центра металлургии во

многим похожи на начальные этапы развития металлургии в целом: лишь после освоения простейших, универсальных по своему характеру приемов – кузнечная ковка, рубка, плющение и пр. – представители нового центра переходят к литью и сопутствующим ему сложным приемам металлообработки. Иными словами, независимый путь становления нового центра предполагает некоторый период ученичества, первичного знакомства с металлом и методами его простейшей обработки. Отсутствие каких-либо признаков такого ученичества, внезапный «всплеск» сложных технологий металлопроизводства свидетельствует о привнесённом со стороны характере металлургических знаний (Рындина, 2005. С. 121).

Поистине революционным событием в истории металлургии стало освоение сыродутного процесса получения железа. Железо – один из наиболее распространенных на Земле элементов. Важная предпосылка перехода от бронзовых к железным орудиям и последующего господства черного металла в производстве заключается в наличии большого числа пригодных для промышленной разработки месторождений железных руд. Еще более существенная причина состоит в том, что железо, как ни один другой металл, способно изменять свои технические характеристики в результате специальной обработки.

Первые изделия из железа датируются эпохой ранней бронзы. Зона их распространения совпадает с зоной первых медных изделий. В течение бронзового века происходит первое знакомство человека с новым материалом и его распространение: в поздней бронзе железные артефакты зафиксированы уже не только в на Ближнем Востоке, но и в Европе.

Р. Плейнер (Pleiner, 2000. Р. 20, 21) выделяет четыре фазы знакомства человека с черным металлом. Первая фаза охватывает более трех тысячелетий (5000–1300 г. до н.э.). В это время железные артефакты спорадически появляются на памятниках Анатолии и Месопотамии.

Во второй фазе отмечается регулярное (хотя и в незначительных размерах) производство железа. Черный металл все еще остается престижным и дорогим материалом. Производство железа полностью контролируется государственными органами. Цена железа в несколько раз превосходит цену серебра. Этот период можно назвать «протожелезным веком», и он входит в эпоху поздней бронзы.

Третья фаза – собственно ранний железный век в технологическом и социально-экономическом смыслах. Железо используется при изготовлении четырех основных категорий орудий: ножей, топоров, долот и серпов.

Наконец, четвертая фаза представлена временем абсолютного преобладания железных предметов во всех сферах деятельности. Массовая продукция производится в металлургических центрах, сосредоточенных в обеспеченных рудой и топливом регионах. Начинается специализация кузнецов. Цена железа становится в сотни раз меньше цены серебра.

В отличие от меди железо в чистом виде практически не встречается. Самый распространенный минерал (точнее смесь различных минералов) железа – гетит (лимонит, бурый железняк). Он образуется вследствие выщелачивания железа почвенными и речными водами из горных пород. На лугах и других открытых местах, в насыщенной кислородом воде озер и болот раствор окисляется



Рис. 8. Виды технологической сварки

1 – трехслойный пакет; 2 – косая наварка; 3 – торцовая наварка

и осаждается в виде нерастворимого гетита, образуя так называемые озерные, луговые и болотные руды. Однако первыми освоенными человеком железными рудами были более богатые, но менее распространенные гематиты. В свою очередь, как показали многочисленные эксперименты по восстановлению железа, не все гетитовые руды могли использоваться древним металлургом. Хороший результат получался только при наличии богатых руд (с содержанием железа около 40-50%).

Главная особенность древней металлургии железа – практически вплоть до Нового времени железо получалось прямым восстановлением, в ходе которого металл не расплавлялся, а восстанавливался в сыродутном горне химическим способом под воздействием высокой температуры в насыщенной углеродом атмосфере. Получение железа в твердом состоянии исключало возможность отливки железных изделий в формах, как это имело место с орудиями из бронзы. Таким образом, основным способом обработки черного металла была кузнечнаяковка.

Отмечено, что «чистое» железо по своим техническим качествам не имело особых преимуществ перед некоторыми сортами бронзы. Однако характерной особенностью железа является способность соединяться с углеродом, образуя новый материал – сталь, который обладал более высокой твердостью. В свою очередь сталь может принимать закалку (процесс, при котором металл нагревается до определенной температуры, а затем резко охлаждается в определенной среде: воде, масле и т.п.), которая делала орудие еще более твердым.

В зависимости от технологии изготовления различают простые кузнечные изделия (откованные из железной или стальной заготовки) и орудия, изготовленные с помощью технологической сварки. В результате этой операции стальное лезвие наваривали или вваривали в железную основу орудия. В зависимости от способа сварки лезвия и основы выделяют основные технологические схемы: трехслойный пакет (рис. 8, 1), варка, косая наварка (рис. 8, 2), торцовая наварка (рис. 8, 3).

Как уже отмечалось, основа аналитического исследования древних предметов из металла – определение на основании микроскопических данных технико-технологической схемы изготовления артефакта. Под технологической схемой подразумевается последовательность кузнечных операций, применявшихся при изготовлении предмета. При этом обращается внимание на подбор сырья, качество исполнения отдельных операций, правильность выбора температурного режима. Микроскопический анализ позволяет характеризовать и сырьевой

материал, который был использован при изготовлении предмета. Обработка полученных аналитических данных ведется по единой методике – в пределах конкретной археологической культуры (культурно-исторической общности) материалы распределяются матричным способом по следующему принципу: памятник – категории кузнечных изделий, категории – технологические схемы, технологические схемы – хронология. В итоге этой работы становится возможным говорить об особенностях производства, отражающих местные кузнечные традиции.

Обобщение результатов проведенных исследований позволяет перейти к построению историко-технологических концепций с выходом на социально-экономические проблемы, такие, например, как культурно-исторические связи разных народов в производственной сфере, взаимодействие варварского мира и городских цивилизаций, влияние инокультурных факторов на развитие кузнечного ремесла, кузнечное ремесло в деструктивные периоды.

Многолетняя работа группы металлографии лаборатории естественнонаучных методов Института археологии РАН позволила в полной мере продемонстрировать возможности археометаллографического метода в решении исторических проблем. В настоящее время накоплен уникальный банк аналитических данных, состоящий, как уже упомянуто выше, из 13000 анализов, охватывающих период от раннего железного века до Нового времени и территориально от Прибалтики на западе до Забайкалья на востоке и от Шпицбергена на севере до Причерноморья на юге.

Конкретное проявление культурно-исторических связей в производственной сфере может быть отслежено на фоне выявленных традиций, суть которых заключается в создании технологического стереотипа. Под технологическим стереотипом понимается определенный набор и соотношение признаков, характеризующих материал, приемы и способы изготовления изделий в конкретной археологической культуре. На фоне традиций становится возможным выявление инокультурных воздействий (инноваций).

В производственной сфере можно выделить три вида культурно-исторических контактов: перемещение кузнечных артефактов; перемещение мастеров; распространение технологических идей (рис. 9).

В первом случае имеются в виду все возможные варианты *передвижения артефактов*: импорт (как в результате прямого, так и многоступенчатого обмена), захват (в результате взимания дани, грабежа и т.п.). Не трудно заметить, что этот уровень – низшая форма культурных контактов в производственной сфере, поскольку это простое заимствование предметов, иногда даже без ясного понимания их свойств и технических особенностей.

Более высокий уровень представляет *перемещение мастеров*. В этом случае возможна как корпоративная замкнутость пришлого населения, так и растворение его в массе аборигенных племен с передачей секретов своего мастерства.

Наконец, высший вид контактов между древними народами – *распространение идей*. В этом случае мастера воспринимали новые производственные идеи или в виде подражания форме изделий, или в воспроизводстве новой технологии.

О перемещении артефактов можно судить, если в определенной культуре фиксируется чуждая форма предмета, изготовленного в технологии неизвестной



Рис. 9. Культурно-исторические контакты в производственной сфере

в данном обществе. Перемещение мастеров фиксируется тогда, когда местные формы изделий изготовлены в нетрадиционной для рассматриваемого общества технологии. О распространении технологических идей можно говорить, если имеет место подражание либо чуждой форме изделия (при этом технология остается традиционной для данной культуры), либо некой технологической схеме (форма изделия может оставаться местной).

Конечно, в реальном историческом процессе все эти факторы не проявляются в чистом виде. Более того, зачастую наблюдается взаимодействие двух, а иногда даже и всех трех видов контактов. Это взаимодействие обуславливает формы и степень близости культурно-исторических связей. Использование метода археометаллографии позволяет проследить реализацию перечисленных факторов на конкретном материале. При этом основное внимание при изучении культурно-исторических контактов в производственной сфере обращается на материал, технику, технологию с учетом типологических характеристик.

На протяжении многих лет в центре внимания группы металлографии было изучение кузнечного ремесла финно-угорских народов Поволжья и Предуралья. Являясь одним из древнейших этносов на территории Восточной Европы, эти народы на протяжении тысячелетий сохраняют свои этнические черты, несмотря на проникновения на территорию их проживания других этносов: индо-иранцев, угров, тюрок, скандинавов, славян. Широкий хронологический диапазон имеющихся материалов (VIII в. до н.э. – XV в. н.э.) позволил выявить технико-технологический стереотип, характерный для кузнечного производства финно-угров (Завьялов и др., 2009). Археологически установлено, что в среде финно-угров первые железные предметы появляются в конце VIII – VI в. до н.э. на территории Среднего Поволжья. Эти изделия находят прямые аналогии в материалах памятников Северного Кавказа. В результате широкомасштабных археометаллографических исследований удалось показать, что и технологически железные предметы имеют соответствия в кавказских материалах. Однако кавказские кузнечные традиции не вошли в систему местной железообработки.

Финно-угорский технико-технологический стереотип формируется во второй половине I тыс. до н.э. и характеризуется простыми технологическими схемами (абсолютное преобладание цельножелезных и цельносталевых предметов), редким применением термообработки (в виде резкой закалки).

Смена технико-технологического стереотипа у финно-угров происходит в IX в., что было связано с вовлечением этих народов в трансевропейскую торговую систему по Великому Балтийско-Волжскому пути: основой изготовления качественной продукции становится технологическая сварка (трехслойная и вварная технологические схемы), вырастает доля термообработанных изделий.

Характеризуя кузнечное производство финно-угорских народов можно заключить, что оно было достаточно консервативным. Несмотря на многочисленные миграции, вторжения иноэтничного населения на территорию финно-угров, трансформации местных культур, отчетливо видна устойчивость производственных традиций на протяжении длительного времени.

Постоянно находятся в центре внимания исследователей проблемы, связанные с древнерусским кузнечным ремеслом. Как было установлено, в технологии производства кузнечных изделий в северорусских и южнорусских землях в домонгольское время имелись существенные различия. Кузнечное ремесло Южной Руси базировалось на предшествующих местных традициях. Основу его составляло использование цельнометаллических конструкций из железа и стали. Для кузнечного ремесла Северной Руси характерно преобладание в производстве кузнечных изделий сварных технологических конструкций, предполагающих сочетание стального лезвия и железной основы. В IX–XI вв. это трехслойный пакет, в последующее время – различные варианты наварки. При этом технология трехслойного пакета не имела местных корней и была привнесена извне.

Распространение технологии трехслойного пакета в Восточной Европе связано с функционированием трансевропейского Балтийско-Волжского пути и возникновением торгово-ремесленных поселков с разноэтничным населением, главным занятием которого была дальняя торговля, военные походы, ремесло (*Завьялов и др., 2012*).

Накопление новых материалов позволило всесторонне рассмотреть проблему распространения трехслойной технологии на территории Восточной Европы. Результаты многочисленных металлографических анализов свидетельствуют, что с технологической точки зрения трехслойные ножи разделяются на два варианта.

К одному относятся орудия, изготовленные по следующей технологической схеме: в центре клинка помещалась полоса высокоуглеродистой стали, выходящая на рабочую часть, а по бокам – полосы железа. Причем использовалось железо особого сорта – с высоким содержанием фосфора. Такая технология изготовления ножей сочетается с определенным типом орудий (группа IV по Р.С. Минасяну). Эти орудия имели прямую спинку, четкие уступы при переходе клинка в длинный черенок (соотношение длины клинка к длине черенка составляло 2:1–1:1). Автор связал происхождение этого типа с Северной Европой, где подобные ножи бытуют уже в меровингское время (*Минасян, 1980. С. 73*). Следует отметить, что сочетание данного типа ножа с технологической схемой трехслойного пакета обосновал еще Б.А. Колчин (1959. С. 51, 52). Дальнейший

анализ восточноевропейских ножей позволил вполне обоснованно связать скандинавское происхождение не только IV группы ножей, но и наиболее характерную для них технологию «классического» трехслойного пакета (Кочкуркина, Розанова, 1987. С. 90; Завьялов, 1989).

Такие ножи отнесены к *североевропейскому варианту* (Завьялов и др., 2012. С. 18), поскольку именно на территории Северной Европы известны наиболее ранние (VII в.) экземпляры таких изделий (Arrhenius, 1970, 1989). В Восточной Европе первые ножи, выполненные в североевропейском варианте, зафиксированы в Старой Ладогге в слоях второй половины VIII – начала IX в. (Розанова, 1994).

На территории Восточной Европы распространен и другой вариант трехслойного ножа, который получил название *восточноевропейского*. Отличительная черта таких ножей – отступление от классических образцов. Эти отступления проявлялись в подборе поделочного материала: не использовалось фосфористое железо, все полосы могли быть стальными или железными, сталь могла располагаться по краям клинка. Местные мастера восприняли новую технологию, но выполняли ее в своем варианте, не соблюдая всех тонкостей технологической схемы.

Наиболее четко картина соотношения двух вариантов во времени прослеживается на материалах Новгорода. В ранний период существования города ножи *североевропейского* варианта доминируют. Но уже в начале XI в. их доля резко сокращается, в то время как возрастает доля орудий, изготовленных по *восточноевропейскому* варианту. Пик распространения таких ножей приходится на XII в., после чего технология трехслойного пакета вытесняется технологией наварки.

Иную картину демонстрируют памятники Ростово-Суздальской земли. Здесь *североевропейский* производственный вариант в изготовлении ножей достигает максимального значения в XI в. и является основным вплоть до прекращения бытования трехслойных ножей. *Восточноевропейский* вариант представлен незначительным количеством экземпляров.

Проблемы кузнечного ремесла в деструктивный период иллюстрируют материалы из различных древнерусских памятников в золотоордынское время. Известно, что на Руси многие ремесленные производства исчезают во второй половине XIII в. Была поставлена задача – проследить судьбу кузнечного ремесла после татаро-монгольского нашествия (Завьялов и др., 2007). С этой целью проведено археометаллографическое исследование кузнечной продукции из памятников XIII–XV вв., как подвергавшихся нападению татаро-монголов (Москва, Тверь), так и избежавших разрушений (Новгород, Псков). Полученные результаты позволяют утверждать, что в золотоордынский период в древнерусском кузнечном ремесле сохраняются традиции домонгольского времени. Это объясняется тем, что сложившаяся в домонгольский период устойчивая структура древнерусского ремесла позволила сохранить даже в условиях разрушения политических структур и экономических связей устойчивость и преемственность производственных традиций.

Дальнейшее развитие русского кузнечного ремесла шло по пути упрощения техники изготовления изделий. Наблюдается переход от сварных конструкций

к выковке цельностальных изделий (из сырцово́й стали). Преобладание в позднем средневековье в ведущих ремесленных центрах цельностальных изделий связывается с расширением емкости рынка, который требовал увеличения количества продукции. Эта задача решалась за счет широкого использования более простых технологических схем (прежде всего выковки цельностальных предметов). Применение сырцово́й стали позволяло существенно увеличить количество производимой продукции, не снижая рабочих качеств орудия.

В настоящее время на основе накопленного банка археометаллографических данных появилась возможность приступить к конструированию моделей технологического развития кузнечного ремесла. Построение и исследование моделей способствует получению наиболее адекватного представления об изучаемом процессе или явлении. Применительно к рассматриваемой теме под моделью технологического развития понимается совокупность трех взаимозависимых составляющих: *техничко-технологический стереотип, производственные традиции и инокультурные воздействия*. В результате можно выявлять особенности и закономерности становления и формирования кузнечного ремесла в конкретной культурно-исторической общности, определять роль традиций и инноваций в этой отрасли производства, раскрывать характер этнокультурных взаимодействий.

Аналитические данные по кузнечному производству разных народов Восточной Европы позволяют констатировать, что модель технологического развития отражает производственную культуру определенного общества. В свою очередь формирование конкретной производственной культуры подвержено влиянию множества факторов. Наиболее существенные среди них – степень экономического и общественно-политического развития, уровень развития техники, производственные традиции, межэтнические контакты и т.д.

Исходя из анализа аналитических данных по кузнечному ремеслу разных народов Восточной Европы, выделено несколько технологических моделей. Условно их можно определить как «архаичная», «консервативная» и «прогрессивная». Для *архаичной* модели характерно отсутствие динамики в развитии техники на протяжении длительного периода. Производство не воспринимает инновационные воздействия. Примером такой модели может служить кузнечество финно-угров в V в. до н.э. – VIII в. н.э. (Завьялов и др., 2009. С. 132).

В отличие от архаичной *консервативная* модель открыта для технологических инноваций. Однако эти инновации консервируются в местной производственной среде. Дальнейшее развитие кузнечной техники не происходит. Такая модель характерна для пермских народов Предуралья в X–XVII вв.: воспринятая местными мастерами в IX–X вв. скандинавская традиция (технология трехслойного пакета) законсервировалась на несколько столетий, превратившись в основу пермского кузнечного ремесла (Завьялов, 2005. С. 158).

Прогрессивная модель открыта для инноваций, воспринимает и развивает высокие технологии. Она характеризуется динамичным производством, в основе которого лежит трансформация технико-технологического стереотипа. Наиболее яркий пример – кузнечное ремесло Древней Руси. Археометаллографические данные позволяют констатировать неоднократную смену ведущих технологических схем: широко распространенный в IX – первой половине XII в.

трехслойный пакет во второй половине XII в. сменяется технологией наварки, которая в свою очередь в конце XV – XVI в. уступает свое значение цельно-стальным конструкциям. Эти изменения связаны, и здесь нельзя не согласиться с Б.А. Колчиным (1959. С. 54), с динамично развивающейся экономикой Древнерусского государства и расширением рынка сбыта продукции городского ремесла (Завьялов, Терехова, 2014).

С изучением истории древней металлургии и металлообработки тесно связаны экспериментальные работы по моделированию различных технологических процессов. Парадокс в изучении истории металлургии заключается в том, что из понимания *сути процесса* еще не следует овладение *практикой процесса*. Иными словами, известно, как производилось железо, существует научное обоснование сыродутного процесса, но далеко не всегда этих знаний достаточно, чтобы получить тот же результат, которого достигали древние металлурги в своей повседневной практике.

Приступая к экспериментам, исследователь должен прежде всего ответить на вопрос – для чего эти работы проводятся. В методологии науки общепризнано, что эксперимент относится к методам эмпирического уровня исследования и используется для получения эмпирических данных. В то же время очевидно, что результаты любого эксперимента не могут служить бесспорным доказательством, что именно *так* работал древний ремесленник, именно *так* был организован технологический процесс. По словам Б.А. Колчина, «Удача или неудача единичного опыта еще не решает окончательно вопроса о древней технологии. Если один, два, даже три раза у нас что-то не получилось (а не получилось из-за отсутствия элементарного опыта, навыка или незнания маленького древнего секрета), это не значит еще, что в древности было не так. И, наоборот, если что-то сразу удалось (согласно нашей интерпретации археологического факта, довольно часто фантастической и далекой от реальности), то это нужно еще поставить под сомнение и провести неоднократную проверку» (Колчин, Круг, 1965. С. 196, 197).

Из этого следует, что результат эксперимента (положительный или отрицательный) не может служить аргументом для подтверждения или опровержения какой-либо гипотезы. Задача эксперимента заключается в другом. Основная цель проводимых работ – приблизиться, насколько это возможно, к миропониманию мастера, на основе личного восприятия попытаться определить степень сложности тех или иных технологических процессов. Обоснованность такого подхода к эксперименту по моделированию древних технологий основана на единстве физико-химических процессов, которые использовал человек при работе с теми или иными материалами. Большое значение имеет и эмоциональная составляющая экспериментальных работ. Состояние человека, оказавшегося участником исторического эксперимента, можно охарактеризовать следующими словами: «можно прочесть сотни исторических книг и считать, что ты понял, как жили твои далекие предки, но настоящее понимание придет лишь тогда, когда, вскопав землю плугом и посадив семена, ты осознаешь, что твоя дальнейшая жизнь зависит от урожая, а от качества только что изготовленной одежды то, замерзнешь ли ты зимой или нет...» (<http://www.cbook.ru/peoples/obzor/reckon1.shtml>).

Проведение экспериментов по физическому моделированию процесса получения железа сыродутным способом в России связано с именем Б.А. Колчина.

В 1961 и 1962 гг. им совместно с О.Ю. Круг были проведены экспериментальные плавки железа в реплике древнерусской наземной шахтовой печи X–XIII вв., известной по археологическим источникам. В 1962 г. в проведении эксперимента принимал участие чешский исследователь Р. Плейнер.

Наиболее важный вывод, сделанный Б.А. Колчиным и О.Ю. Круг по результатам эксперимента, состоит в следующем. В сыродутных горнах, конструктивно работавших без выпуска шлака, в результате процесса получался металлургический конгломерат. Он состоял из шлака, губчатого железа и остатков угля. В этих слитках железо находилось в верхней части, шлак – в нижней. Для получения чистого железа требовалась вторичная операция отделения шлака. Железо могли получать механическим дроблением слитка и отбором железа и последующей его сваркой или же расплавлением слитка конгломерата в специальных сосудах (Колчин, Круг, 1965. С. 215). Интересно, что вывод о двухстадийности сыродутного металлургического процесса несколько позднее сделал норвежский историк металлургии А. Эспелунд (*Espelund*, 2005. Р. 21).

К сожалению, дальнейшего развития проведенные Б.А. Колчиным эксперименты не получили. Работы по моделированию сыродутного процесса возобновились лишь в 2005 г.⁶ За образец конструкции сыродутного горна была принята модель древнерусской домницы, применявшаяся Б.А. Колчиным во время экспериментов в Новгороде. Построенная в Рязани модель имеет археологические прототипы: близкие по размерам и конструкции домницы были обнаружены при раскопках металлургических мастерских на Куликовом поле (Наумов, 2006. С. 103, 104).

Экспериментальный горн сложен из кирпича на глиняном растворе. Как показали эксперименты, такая конструкция довольно устойчива к воздействию высоких температур и после завершения процесса требует минимальных затрат для подготовки к следующей плавке.

Для экспериментальных плавок использовалась руда из Истьянского, Толпинского и Локнинского рудопоявлений Рязанской области, расположенных в непосредственной близости от древнерусских памятников. Процесс восстановления железа (от времени засыпки первой порции шихты до разборки фурмы) занимал в среднем около 2,5 ч. В результате экспериментов удалось получить губчатое железо и небольшие фрагменты горновых криц. Один из таких фрагментов удалось проковать и получить относительно монолитный железный полуфабрикат. И прокованный полуфабрикат, и губчатое железо были подвергнуты микроструктурному анализу. Структура губчатого железа, полученного в ходе эксперимента, – феррит и феррит с перлитом. В металле очень много шлаковых включений.

Проведенные экспериментальные работы не только наметили пути решения ряда проблем в технологии древней металлургии, но и позволили обозначить круг вопросов, связанных с организацией древнего производства. По образному выражению Б.А. Колчина, в ходе экспериментальных плавок исследователь

⁶ Во второй половине 90-х годов XX в. экспериментальные работы по реконструкции древних металлургических процессов проводил Ю.А. Семькин, однако научные результаты этих исследований не были опубликованы.

«узнает и видит много нового, о чем раньше мог только предполагать, исходя из теоретических догадок» и «в какой-то степени представить труд металлургов, их огромный практический опыт, накопленный столетиями, необходимый для получения бруска железа из кучи болотной руды» (*Колчин, Круг*, 1965. С. 214).

Таким образом, разработанный Б.А. Колчиным и Р. Тайлекотом метод археометаллографии за последние 60 лет доказал свою значимость в изучении истории древнего ремесла. Он стал составляющей частью комплексных археологических исследований, расширяя возможности исторических реконструкций. В настоящее время новое направление в археологических исследованиях продолжает развиваться в соответствии с задачами, которые диктуют современные археологические открытия.

ЛИТЕРАТУРА

- Арендт В.В.*, 1936. О технике древнего клинкового производства // Архив истории науки и техники. Вып. 8. С. 161–189.
- Вознесенская Г.А.*, 1975. Технология производства железных предметов Тлийского могильника // Очерки технологии древнейших производств. М.: Наука. С. 76–116.
- Вознесенская Г.А.*, 1990. Технология производства древнерусских ножей в первой половине XIII в. // Проблемы археологии Южной Руси. Киев: Наукова думка. С. 83–91.
- Вознесенская Г.А.*, 1996. Технология изготовления кузнечных изделий в древнем Пскове // Раскопки в древней части Среднего города (1967–1991): Мат-лы и исследования. Т. 1. Псков: Псков. гос. пед. ин-т. С. 219–228.
- Вознесенская Г.А., Коваленко В.П.*, 1985. О технике кузнечного производства в городах Чернигово-Северской земли // Земли Южной Руси в IX–XI вв. Киев: Наукова думка. С. 95–108.
- Вознесенська Г.О., Недопако Д.П., Паньков С.В.*, 1996. Чорна металургія та металлообробка населення східноєвропейського лісостепу за доби ранніх слов'ян і Київської Русі. Київ: ІА НАНУ. 192 с.
- Гурин М.Ф.*, 1982. Древнее железо Белорусского Поднепровья. Минск: Наука и техника. 126 с.
- Гурин М.Ф.*, 1987. Кузнечное ремесло Полоцкой земли IX–XIII вв. Минск: Наука и техника. 151 с.
- Завьялов В.И.*, 1989. Технологические схемы железных ножей Восточной Европы в X–XIV вв. // Естественнонаучные методы в археологии. М.: Наука. С. 168–176.
- Завьялов В.И.*, 2004. Археологическая металлография: историографические заметки // Восточная Европа в Средневековье. М.: Наука. С. 164–171.
- Завьялов В.И.*, 2005. История кузнечного ремесла пермяк: Археометаллографическое исследование. Ижевск: Удм. ИИЯЛ УрО РАН. 244 с.
- Завьялов В.И., Розанова Л.С.*, 1990. К вопросу о производственной технологии производства ножей в древнем Новгороде // Мат-лы по археологии Новгорода. 1988. М. С. 154–186.
- Завьялов В.И., Розанова Л.С.*, 1992. Технологическая характеристика ножей Нутного раскопа // Гайдуков П.Г. Славенский конец средневекового Новгорода. Нутный раскоп. М.: Арка. С. 122–129, 188–190.
- Завьялов В.И., Розанова Л.С.*, 2004. Кузнечное ремесло Новгорода Великого: 50 лет исследований // Новгородский археологический сборник – 2. Новгород: Новгород. гос. объедин. музей-заповедник. С. 160–163.
- Завьялов В.И., Розанова Л.С., Терехова Н.Н.*, 2007. Русское кузнечное ремесло в золотоордынский период и эпоху Московского государства. М.: Знак. 280 с.
- Завьялов В.И., Розанова Л.С., Терехова Н.Н.*, 2009. История кузнечного ремесла финно-угорских народов Поволжья и Предуралья. К проблеме этнокультурных взаимодействий. М.: Знак. 264 с.
- Завьялов В.И., Розанова Л.С., Терехова Н.Н.*, 2012. Традиции и инновации в производственной культуре Северной Руси. М.: Анкил. 376 с.

- Завьялов В.И., Терехова Н.Н.*, 2013. Кузнечное ремесло Великого княжества Рязанского. М.: ИА РАН. 272 с.
- Завьялов В.И., Терехова Н.Н.*, 2014. Модели технологического развития в производственной культуре народов Восточной Европы // КСИА. Вып. 233. С. 178–192.
- Закурина Т.Ю.*, 1996. Кузнецы средневекового Пскова (XV–XVII вв.) // Земля Псковская древняя и современная. Псков. С. 81–84.
- Закурина Т.Ю.*, 1997. Из истории железообрабатывающего ремесла в средневековом Пскове // Памятники старины. Концепции. Открытия. Версии. Псков. Т. 1. С. 238–246.
- Закурина Т.Ю.*, 1998. Железообрабатывающий комплекс в Среднем городе Пскова // РА. № 3. С. 123–134.
- Закурина Т.Ю.*, 2000. Железообрабатывающее ремесло Пскова (X–XVII вв.): Автореф. дис... канд. ист. наук. Псков. 19 с.
- Иессен А.А., Деген-Ковалевский Б.Е.*, 1935. Из истории древней металлургии Кавказа. М.; Л.: Соцгиз. 420 с. (Изв. ГАИМК, № 120).
- Колчин Б.А.*, 1953. Черная металлургия и металлообработка в Древней Руси. Домонгольский период. М.: Изд-во АН СССР. 260 с. (МИА, № 32).
- Колчин Б.А.*, 1959. Железообрабатывающее ремесло Новгорода Великого // Тр. Новгородской археологической экспедиции. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР. С. 7–120. (МИА, № 65).
- Колчин Б.А., Круг О.Ю.*, 1965. Физическое моделирование сыродутного процесса производства железа // Археология и естественные науки. М.: Наука. С. 196–215. (МИА, № 129).
- Конькова Л.В.*, 2001. Аналитические методы в исследовании древнего ремесла // Древние ремесленники Приуралья. Ижевск: Удм. ИИЯЛ УрО РАН. С. 44–53.
- Кочуркина С.И., Розанова Л.С.*, 1987. Итоги технологического изучения кузнечных изделий древней корелы // КСИА. Вып. 190. С. 88–94.
- Кулаков В.И., Толмачева М.М.*, 1987. Технология изготовления копий пруссов (по данным могильника Ирзекапинис) // КСИА. Вып. 190. С. 94–101.
- Минасян Р.С.*, 1980. Четыре группы ножей Восточной Европы эпохи раннего средневековья // Археологический сб. ГЭ. № 21. Л.: Искусство. С. 68–74.
- Наумов А.Н.*, 2006. Черная металлургия на сельских памятниках Куликова поля в конце XII – третьей четверти XIV в. Тула: Гос. музей-заповедник «Куликово поле». 255 с.
- Новое в археологии Киева, 1981. Киев: Наук. думка. 456 с.
- Носов Е.Н., Розанова Л.С.*, 1989. Технология обработки железа на поселениях Приильменя в IX–X вв. // КСИА. Вып. 198. С. 102–106.
- Паньков С.В.*, 2012. Залізвидобувне і ковальське виробництво давньоруського Києва та його околиць. Київ: ІА НАН України. 240 с.
- Пушкина Т.А., Розанова Л.С.*, 1992. Кузнечные изделия из Гнездова // РА. № 2. С. 200–220.
- Розанова Л.С.*, 1994. К вопросу о технологических приемах изготовления железных изделий из Старой Ладого в докняжеский период // Новгородские чтения. Мат-лы конф. / Под ред. В.Л. Янина, П.Г. Гайдукова. Новгород. С. 175–179.
- Розанова Л.С., Терехова Н.Н.*, 2000. Кузнечные традиции у летописных финно-угров: к проблеме культурных контактов // Российская археология: достижения XX и перспективы XXI вв. Ижевск: УдГУ. С. 393–396.
- Розанова Л.С., Терехова Н.Н.*, 2002а. К проблеме кавказских и местных традиций в технологии изготовления железных изделий из Старшего Ахмыловского могильника // КСИА. Вып. 213. С. 72–80.
- Розанова Л.С., Терехова Н.Н.*, 2002б. Появление первых железных изделий у финно-угров Среднего Поволжья и становление местной металлообработки // Сучасні проблеми археології. Київ: ІА НАН України. С. 198–199.
- Розанова Л.С., Терехова Н.Н.*, 2003а. Кузнечные традиции у позднеананьинского населения среднего Прикамья // Международное (XVI Уральское) археологическое совещание. Мат-лы конф. Пермь: Перм. гос. ун-т. С. 125.

- Розанова Л.С., Терехова Н.Н., 2003б. Этнокультурный фактор в становлении железообработки у населения Среднего Поволжья в ананьинскую эпоху // Чтения, посв. 100-летию деятельности В.А. Городцова в ГИМе. Тез. докл. М.: ГИМ. С. 43–45.
- Рыбаков Б.А., 1948. Ремесло Древней Руси. М.: Изд-во АН СССР. 792 с.
- Рындина Н.В., 1971. Древнейшее металлообрабатывающее производство Восточной Европы. М.: МГУ. 174 с.
- Рындина Н.В., 2005. Возможности металлографии в изучении древних изделий из меди и ее сплавов (эпоха раннего металла) // Археология и естественнонаучные методы. М.: Языки славянской культуры. С. 114–138.
- Рындина Н.В., 2006. Уроки Б.А. Колчина // КСИА. Вып. 220. С. 4–14.
- Сальдау П.Я., Гущина А.Ф., 1932. Применение металлографии в археологии // Сообщения ГАИМК. № 3–4. С. 49–51.
- Терехова Н.Н., 1983. Кузнечная техника у племен кобанской культуры Северного Кавказа в раннескифский период // СА. № 3. С. 110–128.
- Терехова Н.Н., 1986. Технология изготовления железных изделий из могильника Султан-Гора III // КСИА. Вып. 186. С. 21–25.
- Терехова Н.Н., 1989. Характеристика техники кузнечного производства железных изделий из Келермесских курганов и Келермесского грунтового могильника в Гиагинском районе // Меоты – предки адыгов. Майкоп. 158 с.
- Терехова Н.Н., Розанова Л.С., Завьялов В.И., Толмачева М.М., 1997. Очерки по истории древней железообработки в Восточной Европе. М.: Металлургия. 318 с.
- Терехова Н.Н., Эрлих В.Р., 2000. К проблеме перехода к раннему железному веку на Северном Кавказе. Две культурно-исторические традиции // Сб. тез. докл. на Крупновских чтениях. Кисловодск. С. 135–137.
- Толмачева М.М., 1983. Технология кузнечного ремесла Старой Рязани // СА. № 1. С. 245–259.
- Хомутова Л.С., 1973. Техника кузнечного ремесла в древнерусском Серенске // СА. № 2. С. 216–226.
- Хомутова Л.С., 1978а. Металлообработка на поселениях дьяковской культуры // СА. № 2. С. 62–78.
- Хомутова Л.С., 1978б. Результаты микроскопического исследования кузнечных изделий из Ярополча Залесского // М.В. Седова. Ярополч Залесский. М.: Наука. С. 147–150.
- Хомутова Л.С., 1982. Металлографическое исследование кузнечных изделий дьяковских городищ восточного Подмосквья // Естественные науки и археология в изучении древних производств. М.: Наука. С. 50–55.
- Шрамко Б.А., 1969. Орудия скифской эпохи для обработки железа // СА. № 3. С. 53–71.
- Шрамко Б.А., Фомин Л.Д., Солнцев Л.А., 1965. Первая находка изделия из метеоритного железа в Восточной Европе // СА. № 4. С. 199–204.
- Шрамко Б.А., Фомин Л.Д., Солнцев Л.А., 1977. Начальный этап обработки железа в Восточной Европе // СА. № 1. С. 57–74.
- Шрамко Б.А., Солнцев Л.А., Фомин Л.Д., 1986. К вопросу о железообрабатывающем ремесле в степной Скифии // СА. № 2. С. 156–170.
- Arrhenius B., 1970. Knivas från Hekgö och Birka // Fornvannen. 65.
- Arrhenius B., 1989. Arbeitsmesser aus den Grabern von Birka // Birka II: 3. Systematische Analysen der Gräbefunde. Stockholm. S. 79–92.
- Espelund A., 2005. Jernet i Vest-Telemark – der tussane rådde grunnen. Trondheim: Arketype forlag. 200 s.
- Piaskowski J., 1963. Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych produkowanych przez starożytnych hutników w Gorach Świętokrzyskich w okresie wpływów rzymskich (I–IV w. n.e.) // Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa. No VI. Wrocław. S. 9–85.

- Piaskowski J.*, 1984. Koncepcja starożytnego żelaza “świętokrzyskiego” w swiecie nowych badań // *Studia i materialy z dziejow nauki Polskie. Seria D: Historia techniki i nauk technicznych*. 10. S. 3–54.
- Pleiner R.*, 2000. *Iron in Archaeology. The European Bloomery Smelters*. Praha: Archeologický ústav AVČR. 400 s.
- Pleiner R.*, 2006. *Iron in Archaeology. Early European Blacksmiths*. Praha: Archeologický ústav AVČR. 384 s.
- Rozanova L.S., Sedova M.V.*, 1984. The Art of Metall Working in the Ancient City of Suzdal // *The Crafts of the Blacksmith. Symposium of UISPP / Comité pour la Sidérurgie Ancienne*. Belfast: Ulster Museum. P. 101–104.
- Yalcin Ue*, 1999. Early Iron metallurgy in Anatolia // *Anatolian Studies*. XLIX. Ankara. V. 49. P. 177–187.
- Zavyalov V.I.*, 2005. Blacksmiths’ craft of Staraya Ryazan’: metallographic investigations of recent years // *Intern. Symposium «Metallurgy in Southeast Europe from ancient times till the end of 19th century»*. Sofia. P. 205–210.

VI. ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В АРХЕОЛОГИИ

Д.С. Коробов

Археологическая наука в последние годы привлекает все более разнообразный спектр современных технологий, связанных как с полевыми исследованиями, так и с аналитическими процедурами. Важным этапом стало внедрение в археологическую теорию и практику географо-информационных систем (ГИС) и обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ).

Появление около 30 лет назад первых географо-информационных систем и их последующее развитие в корне изменило представления о современном картографировании. Кардинальное отличие ГИС от бумажной карты заключается в том, что каждый объект – будь то нанесенные на карту точка, линия или полигон – имеет, с одной стороны, информацию о положении в пространстве, а с другой – набор признаков, формируемый пользователем ГИС с помощью соответствующих таблиц и баз данных. Таким образом, пользователь может легко осуществлять поиск и вывод на карту любого признака, отраженного в таблице, выяснять и картографировать топологические связи разных по своей природе объектов, представленных на карте в виде так называемых слоев, осуществлять пространственный анализ картографируемой информации с помощью специально встроенных в пакет ГИС программ (модулей).

Бурное развитие получили в последние десятилетия методы обработки данных дистанционного зондирования. Если на протяжении более 70 лет использования аэрофотосъемки, ее обработка в основном осуществлялась визуально, иногда с помощью специальной оптической техники (фотограмметрические приборы), то сейчас речь идет о появлении ряда универсальных компьютерных программ с готовыми алгоритмами обработки изображений для выявления на них тех или иных признаков дешифрируемых объектов. Большие возможности дает археологам сегодня использование космической съемки, которая в последнее время осуществляется уже с помощью многоканального цифрового сканирования земной поверхности и передачи информации в режиме реального времени со спутников на Землю.

Развитие методов геофизического обследования земной поверхности, приведшее к появлению новых технологий (например, георадиолокации) наряду со ставшими уже традиционными, но применяемыми на новом техническом уровне методами магнитометрии и электроразведки, также не обошло стороной археологическую науку. Сочетание же этих методов с использованием приемников глобального спутникового позиционирования (GPS) высокой точности дает археологам в руки мощный инструмент изучения микрорельефа археологического памятника, который также может исследоваться с помощью методов ГИС.

Зарубежные археологи успешно применяют перечисленные выше методы на протяжении последних 20 лет, так что можно говорить о сложении особого направления в археологии. Это направление объединило географо-информационные системы, изучение данных дистанционного зондирования и разнообразные методики геофизического обследования местности в так называемые комплексные проекты (*integrated projects*), позволяющие изучать археологические памятники неразрушающими методами. Результаты подобных исследований регулярно обсуждаются на специализированных конгрессах, конференциях и семинарах (например, *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* или *Archaeological Propection*). Появились некоторые обобщающие труды по накопленному за последние два десятилетия опыту применения геоинформационных методов в археологических исследованиях (*Wheatley, Gillings, 2002; Conolly, Lake, 2006*).

В Институте археологии РАН данное направление также разрабатывается и внедряется в повседневную практику археологических исследований. С этой целью в 2002 г. при Отделе охранных раскопок была создана группа археолого-географических информационных систем (АГИС).

Группой АГИС с 2003 г. регулярно проводятся круглые столы и конференции «Археология и геоинформатика», посвященные применению в археологии геоинформационных методов, данных дистанционного зондирования, трехмерного компьютерного моделирования и геофизики. В 2005–2006 гг. проводились также «Школа археологической аэрофотосъемки» и «Школа археологической геофизики». Доклады и сообщения, представленные на этих мероприятиях, публикуются в виде электронного издания «Археология и геоинформатика», выпускаемого на CD-носителе. В публикуемых статьях обозначился весь спектр основных направлений использования геоинформационных технологий в археологии. Это прежде всего различные методы ГИС, применяемые для мониторинга объектов культурного наследия, анализа исторической информации и изучения систем расселения в рамках ландшафтной археологии. Большое внимание авторами докладов и статей уделяется использованию данных дистанционного зондирования – изучению архивной аэрофотосъемки и новейших космоснимков, проведению специальных низковысотных съемок археологических объектов. Отдельное место занимают работы по созданию трехмерных компьютерных моделей памятников и применению геофизических методов в археологии. Публикации сопровождаются файлами презентаций и видеороликами, а также тезисами прозвучавших докладов на русском и английском языках. С 2004 по 2012 г. вышло в свет семь выпусков этого электронного издания (Круглый стол..., 2004; Археология и геоинформатика, 2005, 2006, 2007, 2008, 2010, 2012), некоторые доклады Пятого круглого стола «Археология и геоинформатика», который проходил в Институте археологии РАН 14–15 апреля 2010 г., были опубликованы в специальном выпуске «Кратких сообщений ИА РАН» (Коробов, 2012б).

Широкое внедрение геоинформационных технологий в полевые и камеральные археологические исследования невозможно без систематического преподавания основ этих новых направлений будущим специалистам-археологам. С этой целью с 2003 г. на кафедре археологии исторического факультета МГУ

им. М.В. Ломоносова проводится курс лекций и практических занятий «Основы геоинформатики в археологии». Данная спецдисциплина отражена в авторском учебном пособии (Коробов, 2011), послужившем основой для написания статей настоящего издания. Ниже будут рассмотрены основные области применения в археологии географо-информационных систем и данных дистанционного зондирования (Коробов, 2011. С. 7–19, 55–69).

Что такое географо-информационная система?

Согласно общепринятому определению, географической информационной системой (*geographic(al) information system*, GIS) называют информационную систему, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение *пространственно-координированных данных*. Географическая информационная система (ГИС) содержит данные о пространственных объектах в форме их цифровых представлений (векторных, растровых и иных), включает соответствующий набор функциональных возможностей ГИС, в которых реализуются операции геоинформационных технологий, поддерживается программным, аппаратным, информационным, нормативно-правовым, кадровым и организационным обеспечением (Геоинформатика, 1999. С. 29).

Следует обратить внимание на то, что основным в данном определении является источник информации, которым оперирует ГИС – *пространственно-ориентированные данные*, т.е. данные с известным местом расположения в пространстве. Это месторасположение может выражаться в географических координатах (используется при работе с картографической основой) или в условных координатах ХУ, например при работе с топографическими планами или планами раскопов, могильников и т.д. Таким образом, в археологии может использоваться широкий набор данных, поскольку практически любой вид археологического источника имеет пространственную привязку. Исходя из этого с помощью ГИС можно изучать любые археологические объекты, начиная с самого общего уровня (археологическая культура, группы памятников, отдельные памятники – поселения, могильники, святилища, курганные группы и т.д.) до наиболее детального (распределение находок в культурном слое памятника, особенности размещения инвентаря в погребении или предметов в жилище и т.д.). Сам предмет изучения археологической науки служит предпосылкой широкого применения геоинформационных технологий в археологии, что уже отмечалось специалистами в области геоинформатики (Владимиров, 2005. С. 4, 5).

Отличие ГИС от компьютерной картографии

Иногда встречаются утверждения, что геоинформационные системы представляют собой некий вариант компьютерного или электронного картографирования. Между тем эти понятия имеют ряд существенных различий. Прежде всего *системы компьютерного картографирования* разработаны для создания карт в сочетании с описательными атрибутами. Они выполняют ряд операций, в результате которых у пользователя появляется карта с нане-

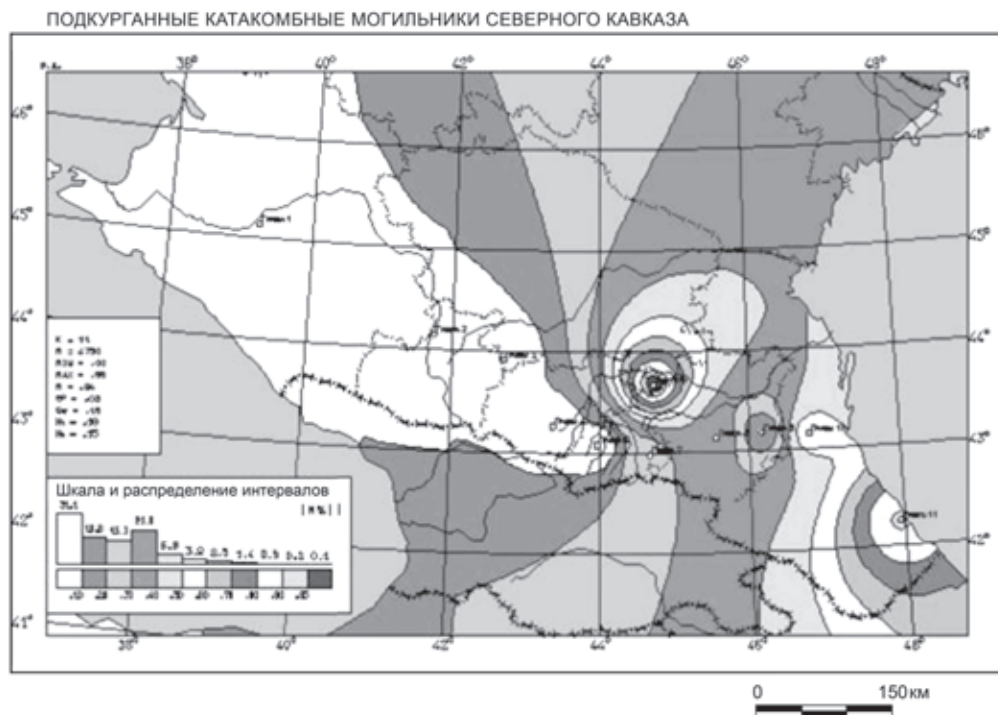


Рис. 1. Пример компьютерной картографии – электронная карта распространения подкурган-ных погребений II–VII вв. на Северном Кавказе

сенной на нее информацией в виде точечных объектов или ареальных областей (рис. 1). В качестве примера можно привести работы В.Б. Ковалевской в области компьютерного картографирования массового археологического материала раннего средневековья (Ковалевская, 2000). Приводимые в данной работе карты являются конечным продуктом, и для внесения в них любых изменений необходимо повторить весь набор процедур по созданию карт с использованием новой информации. В отличие от компьютерного картографирования специфическая черта ГИС – *оперирование пространственно-ориентированными данными в динамическом режиме*. В этом случае пользователь может моментально получать отображение своей информации на карте, изменив набор картографируемых данных или пространственное расположение изучаемых объектов, которые будут немедленно отображены в наборе исходных данных (рис. 2).

Существует еще одна черта ГИС, которую некоторые исследователи считают основополагающей, отличающей ее от компьютерного картографирования. Это наличие инструментов анализа информации. Так, согласно одному из определений, ГИС – это «компьютерные системы для сбора, проверки, интеграции и анализа информации, относящейся к земной поверхности» (Rhind, 1988. Р. 23–28).



Рис. 2. Объединение разных типов данных в ГИС (картографических и файлов мультимедиа) (по: Коробов, 2011. Рис. 6.24)

История использования ГИС

Фактически предшественником ГИС в какой-то мере было наложение нескольких слоев карт на прозрачной основе, применявшееся еще в «докомпьютерную» эпоху (с конца XVIII – середины XIX в., особенно в начале XX в.). Прототипами ГИС служили проекты, направленные для решения транспортных задач, которые осуществлялись на первых компьютерах в середине 1950-х годов в университете Вашингтона. Именно тогда происходила разработка первых пространственных алгоритмов, до сих пор применяющихся в ГИС.

Первая работающая географическая информационная система была создана в начале 1960-х годов Р. Томлисоном для управления земельными ресурсами Южной Канады (Canada Geographic Information System, CGIS). На развитие ГИС с середины 1960-х и по начало 1980-х годов большое влияние оказывает Гарвардская лаборатория Говарда Фишера, специализировавшаяся в области графического и пространственного компьютерного анализа и создавшая пакеты программ SYMAP, SYMVU, GRID, ODISSEY.

В учебнике по геоинформатике под редакцией В.С. Тикунова названы основные причины, в результате которых появились географо-информационные системы (Основы геоинформатики, 2004. С. 33):

- широкое распространение компьютеров и совершенствование средств периферии;
- накопление обширных аэрокосмических, статистических и других материалов;
- потребность упорядочения сведений в базах данных для разнообразных целей;
- обеспечение сохранности и доступности этих материалов для широкого круга пользователей;
- необходимость оперативного принятия решений и т.д.

Пожалуй, главной причиной, послужившей широкому внедрению геоинформатики в различные области человеческой деятельности, стало появление и распространение персональных компьютеров и разработка соответствующего программного обеспечения ГИС, с которым могли работать не только специалисты-профессионалы, но и любой заинтересованный пользователь. С этой точки зрения важной вехой в становлении ГИС стал 1969 г., когда в США был основан Институт исследования систем окружающей среды (Environmental Systems Research Institute, ESRI), разрабатывающий серию программ ГИС, предназначенных для широкого круга пользователей. Начало этому процессу было положено в 1982 г., когда ESRI выпустил первую коммерческую ГИС – ARC/INFO. В настоящее время компания распространяет программу ArcGIS версии 10.3 в 150 странах мира, занимая около 30% рынка продаж программного обеспечения ГИС. В России официальный дистрибьютор этих программных продуктов – компания «Дата+», созданная в 1992 г. Институтом географии РАН совместно с ESRI¹.

В нашей стране интерес к ГИС возник благодаря проходившему в Москве в 1976 г. XXIII Конгрессу международного географического союза, к которому был приурочен выход сборника «Новые идеи в географии». В сборнике были впервые опубликованы на русском языке работы, посвященные ГИС (Геоинформатика, 2008. С. 32, 33). Однако вплоть до падения «железного занавеса» в начале 1990-х годов исследования с использованием ГИС в СССР не проводились. Их количество стало стремительно увеличиваться с появлением доступа к зарубежным программным продуктам и литературе, что привело к созданию в 1995 г. ГИС-Ассоциации в России. Теперь в нашей стране, как и во всем мире, ГИС успешно применяется в самых разнообразных сферах человеческой деятельности. ГИС настолько прочно вошел в нашу повседневную жизнь, что с 1998 г. по инициативе Национального Географического общества США, Ассоциации американских географов и ESRI был учрежден Всемирный День ГИС, который отмечается ежегодно в середине ноября.

Составные части, подсистемы и процедуры ГИС

К составным частям ГИС, согласно определениям, приводимым на официальном сайте компании «Дата+», относятся:

Аппаратные средства – компьютер, на котором запущена ГИС. В настоящее время ГИС работают на различных типах компьютерных платформ, от центра-

¹ См. официальный сайт компании: <http://www.dataplus.ru>.

лизованных серверов до отдельных или связанных сетью настольных компьютеров. Для полевой археологической практики полезны карманные персональные компьютеры (КПК) или планшеты, позволяющие оперативно работать с ГИС прямо на памятниках.

Программное обеспечение ГИС, которое содержит функции и инструменты, необходимые для хранения, анализа и визуализации географической (пространственной) информации. Ключевые компоненты программных продуктов – инструменты для ввода и оперирования географической информацией; система управления базой данных (DBMS или СУБД); инструменты поддержки пространственных запросов, анализа и визуализации (отображения); графический пользовательский интерфейс (GUI или ГИП) для легкого доступа к инструментам.

Данные – это, вероятно, наиболее важный компонент ГИС. Данные о пространственном положении (географические данные) и связанные с ними табличные данные могут собираться и подготавливаться самим пользователем либо приобретаться у поставщиков на коммерческой или другой основе. В процессе управления пространственными данными ГИС интегрирует эту информацию с другими типами и источниками данных, а также может использовать СУБД, применяемые многими организациями для упорядочивания и поддержки имеющихся в их распоряжении данных.

Исполнители. Широкое применение технологии ГИС невозможно без людей, которые работают с программными продуктами и разрабатывают планы их использования при решении реальных задач. Пользователями ГИС могут быть как технические специалисты, разрабатывающие и поддерживающие систему, так и обычные сотрудники (конечные пользователи), которым ГИС помогает решать текущие каждодневные дела и проблемы.

Методы. Успешность и эффективность применения ГИС во многом зависит от правильно составленного плана и правил работы, которые разрабатываются в соответствии со спецификой задач и работы каждой организации. В нашем случае важен тот набор методов пространственного анализа, который позволяет изучать археологическую информацию.

Согласно определению М.Н. Де Мерса (1999. С. 10, 11), основными подсистемами ГИС являются:

1. Подсистема сбора данных, которая собирает и проводит предварительную обработку данных из разных источников. Эта подсистема также в основном отвечает за преобразование различных типов пространственных данных (например, от изолиний топографической карты к модели рельефа ГИС).

2. Подсистема хранения и выборки данных, организующая пространственные данные с целью их выборки, редактирования и обновления.

3. Подсистема манипуляции данными и анализа данных, которая выполняет группировку и разделение данных, устанавливает параметры и ограничения при их отборе, занимается моделированием.

4. Подсистема вывода, которая отображает всю базу данных или ее часть в табличной, диаграммной или картографической формах.

Работа пользователя с ГИС сводится к серии процедур. Назовем основные из них.

Ввод данных. Для использования в ГИС данные должны быть преобразованы в подходящий цифровой формат. Процесс преобразования данных с бумажных карт в компьютерные файлы называется оцифровкой. В современных ГИС этот процесс может быть автоматизирован с применением сканерной технологии, что особенно важно при выполнении крупных проектов, либо при небольшом объеме работ данные можно вводить с помощью дигитайзера. Многие данные уже переведены в цифровые форматы, напрямую воспринимаемые программами ГИС.

Помимо картографических используются атрибутивные данные, представляющие собой таблицы с информацией, относящейся к пространственно-ориентированным данным. Возможности атрибутивных таблиц в ГИС, как правило, ограничены, поэтому в большинстве программ предусмотрена возможность подключения информации, хранящейся с помощью систем управления базами данных (СУБД). СУБД предназначены для хранения и управления всеми типами данных, включая географические (пространственные) данные, наличие которых дает возможность картографирования этой информации в ГИС.

Манипулирование данными. Часто для выполнения конкретного проекта имеющиеся данные нужно дополнительно видоизменить в соответствии с требованиями используемой системы. Например, географическая информация может быть в разных масштабах, которые для совместной обработки и визуализации удобнее представить в одном. Или для обработки требуется не вся совокупность данных, а их выборка (например, интересующие специалиста археологические памятники конкретной эпохи или культуры). ГИС-технология предоставляет разные способы манипулирования пространственными данными и выделения данных, нужных для конкретной задачи.

Управление данными. В небольших проектах географическая информация может храниться в виде обычных файлов. Но при увеличении объема информации и росте числа пользователей для хранения, структурирования и управления данными эффективнее применять системы управления базами данных (СУБД), т.е. специальные компьютерные средства для работы с интегрированными наборами данных (базами данных). Как уже говорилось выше, в ГИС наиболее удобно использовать реляционную структуру, при которой данные хранятся в табличной форме. При этом для связывания таблиц применяются общие поля. Этот простой подход достаточно гибок и широко используется во многих как ГИС, так и не ГИС приложениях.

Запрос и анализ. При наличии ГИС и географической информации пользователь может получать ответы как на простые вопросы (например, о типах памятников и времени их существования или на каком расстоянии друг от друга расположены те или иные объекты), так и на более сложные, требующие дополнительного анализа запросы (например: Где есть удобные места для расположения поселения или стоянки? Каков основной тип почв под сельскохозяйственными угодьями данной культуры? Какую территорию можно обзирать с данного городища?).

С помощью ГИС можно выявлять и задавать шаблоны для поиска, проигрывать сценарии по типу «что будет, если...» Современные ГИС имеют множество мощных инструментов для анализа, среди них наиболее часто применяются два: анализ близости и анализ наложения. Для проведения анализа близости объек-

тов относительно друг друга в ГИС применяется процесс, называемый «буферизацией». Он помогает ответить на вопросы типа: сколько родников находится в пределах 500 м от этого поселения? Сколько памятников археологии попадает в зону отвода 250 м при строительстве данного газопровода?

Процесс наложения включает интеграцию данных, расположенных в разных тематических слоях. В простейшем случае это операция отображения, но при ряде аналитических операций данные из разных слоев объединяются физически. Наложение, или пространственное объединение, позволяет, например, интегрировать данные о почвах, уклоне, растительности и плотности памятников на единицу площади.

Визуализация данных. Для многих типов пространственных операций конечный результат – представление данных в виде карты или графика. Раньше карты создавались на столетия. ГИС предоставляет новые удивительные инструменты, расширяющие и развивающие искусство и научные основы картографии. С ее помощью визуализация самих карт может быть легко дополнена отчетными документами, трехмерными изображениями, графиками и таблицами, фотографиями и другими средствами, например мультимедийными (рис. 2).

Типы ГИС

Все ГИС могут быть разделены на типы согласно их пространственному охвату или функциональным особенностям. Функционально ГИС делятся на:

– интегрированные ГИС, ИГИС (*integrated GIS, IGIS*), которые совмещают функциональные возможности ГИС и систем цифровой обработки изображений (данных дистанционного зондирования) в единой интегрированной среде. Примером такой ГИС может служить археолого-географическая информационная система «Кисловодск», разработанная в Институте археологии РАН под руководством Г.Е. Афанасьева (*Афанасьев и др.*, 2004. С. 60–62) (рис. 2);

– полимасштабные, или масштабно-независимые ГИС (*multiscale GIS*), основанные на множественных, или полимасштабных, представлениях пространственных объектов (*multiple representation, multiscale representation*), обеспечивая графическое или картографическое воспроизведение данных на любом из избранных уровней масштабного ряда на основе единственного набора данных с наибольшим пространственным разрешением. В археологии это, как правило, ГИС, созданные при изучении археологического памятника с использованием материалов его раскопок разного уровня, позволяющие получить информацию о любом объекте вплоть до отдельной находки. Один из прекрасных примеров таких работ – ГИС по раскопкам знаменитого городища Хедебю на севере Германии (*Карнап-Борнхайм и др.*, 2010);

– пространственно-временные ГИС (*spatio-temporal GIS*), которые оперируют пространственно-временными данными. Этот весьма распространенный способ изучения археологической информации активно используется археологами, например в Украине (*Дараган*, 2008).

По территориальному охвату различают следующие ГИС:

- глобальные, или планетарные (*global GIS*);
- субконтинентальные;

- национальные, зачастую имеющие статус государственных;
- региональные (*regional GIS*);
- субрегиональные и локальные, или местные (*local GIS*).

Археологи, как правило, имеют дело с последними двумя типами ГИС – региональными и локальными, однако важность задачи создания национальной ГИС археологических памятников России неоднократно обсуждалась и продолжает обсуждаться в отечественном археологическом сообществе (*Макаров и др.*, 2015).

ГИС различаются также предметной областью информационного моделирования:

- городские, или муниципальные ГИС, МГИС (*urban GIS*);
- природоохранные (*environmental GIS*);
- земельные информационные системы (кадастр);
- различные сферы бизнеса (в России это в основном газо- и нефтедобывающая промышленность);
- научные проекты, в том числе археолого-географические информационные системы (АГИС).

Применение ГИС в археологии²

Применение ГИС в археологической науке насчитывает уже более 30 лет, с момента презентации в 1985 г. в Денвере на Симпозиуме международного общества доисторических и протоисторических наук работ С. Джилла, Д. Хоса и К. Квамма (*Gill, Howes, 1985; Kvamme, 1985*). С тех пор применение ГИС в археологических исследованиях неуклонно расширялось, занимая значительное место в науке по сравнению с историческими или этнологическими дисциплинами. Так, В.Н. Владимиров привел данные с сайта Сиднейского университета, где была размещена библиография археологических работ, написанных с использованием ГИС, которая уже в 1995 г. насчитывала 328 наименований (*Владимиров, 2005. С. 5*). Разумеется, с тех пор число этих работ резко увеличилось и уже насчитывает не одну тысячу.

В настоящее время можно говорить о нескольких сформировавшихся направлениях использования геоинформационных технологий в археологии. С. Сэвейдж выделяет три таких направления (*Savage, 1990. P. 22–32; Афанасьев и др.*, 2004. С. 51–60):

- охрана археологического наследия (*Cultural Resource Management*) и предиктивное моделирование (*predictive modeling*);
- моделирование исторической ситуации на основе археологических источников;
- мультидисциплинарные исследования в рамках ландшафтной археологии (*Landscape Archaeology*).

² Геоинформационное направление в археологии не следует путать с направлением, называемым «геоархеологией». Под последним подразумевается комплекс геологических методов, применяющихся при изучении памятников, прежде всего относящихся к каменному веку.

Охрана археологического наследия занимает значительное место среди археологических работ, связанных с ГИС. В России это прежде всего созданные ГИС по памятникам археологии Ставропольского и Красноярского краев, разработка ГИС по охране археологического наследия Чукотки и памятников о. Кизи, создаваемые ГИС по памятникам истории и культуры Удмуртской Республики, Республики Калмыкии и мн. др. (Беглецова и др., 2005; Белинский, 2008; Очир-Горяева, Дюмкеева, 2008). К ним примыкают и многочисленные работы по охране археологических памятников в зоне проектирования строительных объектов, осуществляющиеся с помощью ГИС. Некоторый полезный опыт в этой сфере накоплен группой археолого-географических информационных систем (АГИС) отдела охранных раскопок ИА РАН.

При создании региональных ГИС по учету и охране объектов культурного наследия важное значение имеет разработка единого стандарта описания археологического памятника и автоматизации нанесения его на карту в виде точечного слоя. В этом направлении проделана успешная работа коллектива археологов и программистов под руководством Ст.А. Васильева (ИИМК РАН), который разработал уникальную информационную систему «Археограф» (Васильев, 2005, 2006).

Особняком стоит задача предиктивного или прогностического моделирования, позволяющая намечать перспективные места для поиска археологических памятников тех или иных типов и эпох согласно критериям, характерным для особенностей их расположения в пространстве. Подобное моделирование – весьма сложная и трудоемкая операция, им весьма редко занимаются в археологии. В последние годы наиболее активно предиктивное моделирование распространено в США, Голландии и Германии (Practical application..., 2000; Landschaftsarchäologie..., 2003; Predictive modeling..., 2005; GIS..., 2006). В России первый опыт использования прогностического ГИС-моделирования только появляется в археологии (Зайцева, 2014). С обзором зарубежных работ на эту тему можно познакомиться в статье Г.П. Гарбузова (2006) и в недавних публикациях Ф. Ферхагена и Т. Уитли (Verhagen, Whitley, 2012), а также У. Мюнх (Münch, 2012).

Моделирование исторической ситуации в археологии с помощью ГИС также занимает значительное место в нашей науке. Классическими являются работы И. Уильямса, В.Ф. Лимпа и Ф.Л. Брюе, посвященные изучению памятников в зоне расположения военной базы армии США Форт Худ (Williams et al., 1990), или исследование Т. Киркинен памятников эпохи раннего железного века в восточной области Финляндии, в районе Миккели (Kirkinen, 1997). На русском языке можно ознакомиться с упоминавшимися выше работами М.Н. Дараган (2008) или исследованием Г.В. Требелевой, посвященным изучению обороны территории Азиатского Боспора в первые века н.э. (Требелева, 2005). Сюда же можно отнести созданный коллективом авторов под руководством Г.А. Кошеленко ГИС по археологическим памятникам Маргианы (Кошеленко и др., 2007).

ГИС в ландшафтной археологии занимает особое место в археологических исследованиях, поскольку базируется на мультидисциплинарном подходе, объединяя на базе ГИС в одном исследовательском проекте разнообразную информацию, полученную с помощью данных дистанционного зондирования и палео-

почвоведения, палеоклиматологии и археозоологии, и т.д. В центре внимания подобных исследований стоят «культурные ландшафты», т.е. сложные комплексы множества взаимодействующих природных и антропогенных составляющих. Некоторые вехи в истории изучения культурных ландшафтов упоминались в предыдущих статьях данного сборника; обзор применяющихся методов ГИС в ландшафтной археологии можно найти в работах Г.Е. Афанасьева и Г.П. Гарбузова (*Афанасьев и др.*, 2004. С. 50–88; *Гарбузов*, 2007а). Среди наиболее часто упоминаемых первых проектов, осуществленных в рамках ландшафтной археологии с помощью ГИС, называют совместное исследование С. Грина и М. Звелебила доисторических поселений Юго-Восточной Ирландии (*Green, Zvelebil*, 1990), исследовательский проект К. Крамли и С. Мадри во Франции (*Madry, Crumley*, 1990), работы В. Гаффни и З. Станчича на о. Хвар в Хорватии (*Gaffney, Stančić*, 1991). В настоящее время объем вышедшей литературы на эту тему столь велик, что требует специального обобщения, одним из примеров которых может служить публикация Дж. Кантнера (*Kantner*, 2008).

В России к подобным исследованиям относится мультидисциплинарный анализ археологических памятников Кисловодской котловины, ведущийся с 1996 г. в Институте археологии РАН под руководством Г.Е. Афанасьева (*Афанасьев и др.*, 2004), совместные работы А.Б. Белинского, Д.С. Коробова и С. Райнхольд по изучению памятников кобанской культуры в Кисловодской котловине (*Белинский и др.*, 2009), исследования Г.П. Гарбузова по изучению античных поселений на Таманском п-ове (*Гарбузов*, 2008). Прекрасный пример исследований культурного ландшафта в Украине – археолого-геоинформационная система «Овручский проект», созданная под руководством А.П. Томашевского (*Томашевский, Вовкодав*, 2007). В этом же ключе проводятся работы автора по изучению системы расселения алан Кисловодской котловины методами ГИС (*Коробов*, 2008, 2012а; *Борисов, Коробов*, 2013).

Работа с данными дистанционного зондирования

Важнейшая составляющая ГИС – данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ). Согласно принятому определению, дистанционное зондирование, ДЗ (*remote sensing, remote surveying, RS*) – процесс получения информации о поверхности Земли (и других космических тел), объектах, расположенных на ней или в ее недрах, *дистанционными методами*. ДЗ проводят с поверхности суши или моря, с воздуха или из космоса в разных зонах электромагнитного спектра. Съемки могут быть пассивными, когда фиксируется собственное или отраженное солнечное излучение, и активными, когда снимаемые объекты облучаются, например, радиоволнами (*Геоинформатика*, 1999. С. 40).

В зависимости от типа применяемой аппаратуры различают различные способы ДЗ: фотографический, телевизионный, фототелевизионный, сканерный, радиолокационный, гидролокационный, лазерный и лидарный; отдельно выделяют аэроспектрометрирование (*Геоинформатика*, 1999. С. 40).

Различаются уровни дистанционного зондирования, которое бывает наземным, авиационным и космическим. К наземному уровню дистанционного зондирования относятся геофизические методы исследования земных недр,

которые рассматриваются в следующей статье автора в настоящем пособии. Остановимся подробнее на ДДЗ, полученных на авиационном и космическом уровнях, – аэрофотосъемке и космических снимках и их использовании в археологии.

История применения аэрофотосъемки в археологии

Подробный очерк истории *применения аэрофотосъемки в археологии* был недавно опубликован Г.Е. Афанасьевым (*Афанасьев и др.*, 2004. С. 55–60) и автором (*Коробов*, 2011. С. 56, 57). Если использование ГИС в археологии началось относительно недавно – около 30 лет тому назад, то история применения аэрофотосъемки археологами насчитывает уже более 100 лет. Впервые фотоснимок с воздушного шара был сделан Гаспаром Турнашоном в 1859 г. Считается, что первые фотографии археологического объекта – Стоунхенджа – были сделаны британским лейтенантом П.Х. Шэрпом в 1906 г. из корзины воздушного шара. Однако недавно были открыты неизвестные ранее факты об использовании аэрофотосъемки в 1899 г. Джакомо Бони, который в течение ряда лет фотографировал архитектурные остатки римского форума с высоты 300–500 м (*Ceraudo*, 2005. Р. 74).

Мощный толчок в развитии аэрофотосъемки произошел в ходе Первой мировой войны, когда всеми воюющими странами она использовалась в разведочных целях. После окончания войны активизировалось применение аэрофотосъемки в археологии, проводившейся с самолетов. Появились первые публикации на эту тему Л. Рея и Г. Бизли. Начаты систематические работы О.Г. Кроуфорда (Великобритания), А. Паудебара (Франция), Э. Шмидта (США). В это время закладываются теоретические основы использования аэрофотографии в археологических исследованиях (*Beazley*, 1919; *Crawford*, 1923, 1953, 1954; *Толстов и др.*, 1962. С. 3, 4; *Bewley*, 2005. Р. 16, 17).

После Второй мировой войны вплоть до наших дней активное применение аэрофотосъемки в Европе и Америке увенчалось открытием десятков тысяч памятников археологии. Сотрудничество европейских археологов в этой сфере привело к созданию в 1980 г. международной исследовательской группы воздушной археологии (*Aerial Archaeology Research Group*), которая проводит ежегодные заседания и устраивает специализированные конференции и полевые школы (<http://www.univie.ac.at/aarg/php/cms/index.php>).

До сих пор остается малоизвестным тот факт, что в Советском Союзе был накоплен значительный опыт в использовании аэрофотоснимков археологами. Первые попытки в этой области совершены в 1930-е годы, в 1934 г. С.П. Павловым опубликованы первые методические указания о применении аэрофотосъемки в археологии (*Павлов*, 1934). В том же 1934 г. М.В. Воеводский применил аэрофотосъемку для исследования средневековых каналов в бассейне Амударьи, а В.А. Шишкин исследовал аэрометодами топографию древнего Термеза (*Афанасьев и др.*, 2004. С. 56).

После Великой Отечественной войны разворачиваются широкомасштабные археологические исследования по всей стране. Важность и эффективность применения аэрофотосъемки осознается археологами, прежде всего работающими

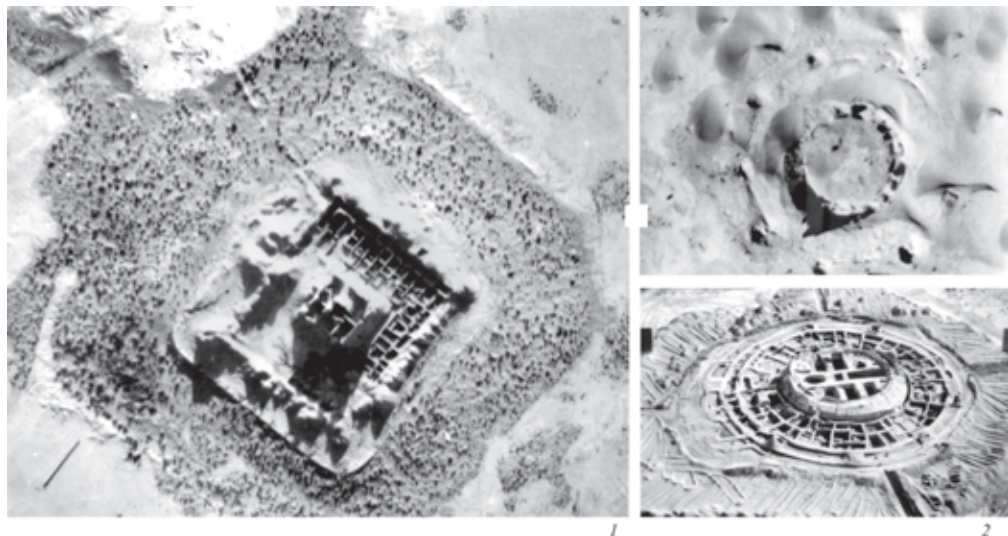


Рис. 3. Примеры аэрофотоснимков с разным видом демаскировочных признаков:

1 – поселение Якке-Парсан; 2 – крепость Кой-Крылган-кала (сверху – вид до раскопок; снизу – вид после раскопок) (по: Коробов, 2011. Рис. 4.5, 4.6)

в степных и пустынных регионах СССР. Наиболее удачный опыт в этой области был выработан Хорезмской экспедицией под руководством академика АН СССР С.П. Толстова, где с 1946 г. планомерную аэрофотосъемку осуществлял особый аэроотряд (рис. 3). За годы работы с 1940-х по 1980-е годы были сделаны десятки тысяч плановых и перспективных аэрофотоснимков, на которых обнаружены тысячи археологических объектов и сотни километров древних каналов и дорог. Б.В. Андриановым и Н.И. Игониным совершенствуются теоретические принципы использования аэрофотоснимков при археологических исследованиях (Толстов и др., 1962; Андрианов, 1965; Игонин, 1965). Накопленный архив аэрофотосъемки Хорезмского оазиса и по сей день является неоценимым источником в изучении древних ландшафтов и культур этого региона (Галиева, 2007, 2012).

В 1960–1970-е годы изучение аэрофотосъемки проводилось К.В. Шишкиным при исследовании памятников Нижнего Приднепровья, а также А.Н. Щегловым и Г.М. Николаенко при изучении херсонесской хоры на Гераклеюмском п-ове в Крыму. С 1980-х годов и по настоящее время в Институте археологии РАН осуществляются работы Я.М. Паромова по составлению археологической карты Таманского п-ова с использованием аэрофотосъемки (Шишкин, 1966; 1982; Николаенко, 1985; Паромов, 1993, 1998, 2000).

Тогда же начались работы Г.Е. Афанасьева на Среднем Дону и Северном Кавказе, где использование ДДЗ и ГИС позволило открыть новые археологические объекты и реконструировать средневековые ландшафты (Афанасьев, 1987, 1993а, б; Афанасьев и др., 1999, 2004). Д.С. Коробовым в рамках ландшафтной археологии в последние годы проводились совместные исследования с С. Райнхольд (Германский археологический институт) и А.Б. Белинским (ГУП «Насле-

дие» Министерства культуры Ставропольского края), в результате которых с помощью аэрофотосъемки в окрестностях Кисловодска были открыты неизвестные ранее поселения с симметричной планировкой раннего этапа кобанской культуры (Райнхольд, 2005; Reinhold, Korobov, 2007; Reinhold et al., 2007; Коробов, Райнхольд, 2008; Белинский и др., 2009).

Демаскирующие признаки археологических объектов

Каким образом удастся обнаружить археологические объекты на аэрофотоснимках? Обычно приводятся три основных типа различимых на них признаков: *характеристики света, тени и контрастности (light-shadow-contrasts); растительные признаки (cropmarks, vegetation patterns) и почвенные признаки (soil marks)*. Кроме того, существует возможность исследовать химические и температурные признаки поверхности Земли (Scollar, 1965. S. 17–34; Jones, Evans, 1975; Райнхольд, 2005; Коробов, 2011. С. 58, 59).

1) *Характеристики света, тени и контрастности* возникают от стоящих на поверхности или частично разрушенных зданий или крупных антропогенных изменений ландшафта (рис. 3, 1, 2, *сверху*). Видимость тени, выделяющая памятники, с одной стороны, связана с их сохранившейся высотой и растительным покровом, с другой – со временем года, дня, высоты и угла проводимой съемки. Утренняя и вечерняя съемки дают в этом случае наилучшие результаты, поскольку угол падения солнечных лучей в это время суток больше, чем в середине дня. Аэрофотосъемка архитектурных остатков, сделанная зимой, также дает хорошие видимые результаты благодаря более быстрому таянию снега на южной стороне здания.

2) *Разница в растительности на поверхности* возникает благодаря человеческому вмешательству в почвенный слой, которое изменяет возможность накопления влаги (рис. 3, 1) или процесс созревания культурных злаков, ограниченные характеристиками почв. Позитивные растительные признаки (*positive vegetation marks*) (рис. 4, 1А), такие, как рвы или столбовые ямы появляются благодаря лучшим условиям накопления влаги, когда растительность в этих местах дольше остается зеленой и имеет несколько большую длину по сравнению с окружающей флорой. Негативные признаки (*negative marks*) – результат нарушения почвенного слоя в виде стен или валов (рис. 4, 1Б). В этих местах растительность ниже и менее жизнеспособна.

Ограничительный фактор использования растительных признаков на аэрофотосъемке – общий климат, время года и высота полета. Лучшие результаты достигаются при проведении аэрофотосъемки весной, когда контрастность лучше или хуже растущих культурных злаков наиболее различима.

3) *Почвенные признаки*, также как и растительные, – продукт человеческого вмешательства в земную поверхность и зависят от водного баланса почвы. Они обнаруживаются благодаря различию в цвете или в холодный период благодаря разному уровню оттаивания и замерзания почвенного слоя.

4) *Температурные и химические признаки* изучаются с использованием специальных спектральных фильтров при космо- и аэрофотосъемке. Это позволяет выявить химические и термальные аномалии поверхности земли, которые обычно

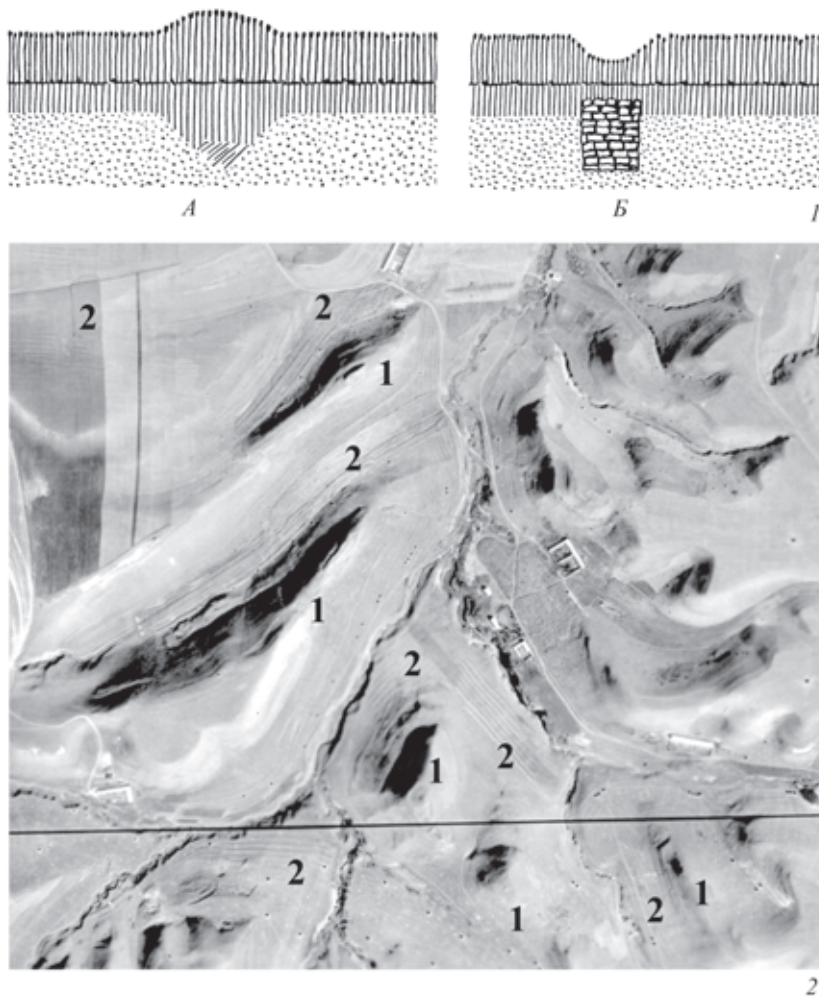


Рис. 4. 1 – положительные (А) и негативные (Б) растительные признаки археологических объектов (по: *Scollar*, 1965. Abb. 4a); 2 – примеры отображения археологических объектов на плановой аэрофотосъемке (комплекс памятников в долине р. Перепрыжка западнее Кисловодска

1 – укрепления; 2 – сельскохозяйственные террасы (по: *Коробов*, 2011. Рис. 4.10, 4.17)

невидимы человеческим глазом. Некоторые из этих аномалий также могут иметь антропогенное происхождение и соотноситься с археологическими объектами.

Виды аэрофотосъемки

Помимо разного происхождения следов на поверхности видимость археологических объектов на фотоизображениях ограничивается инструментами,

с помощью которых это изображение получено (типом используемой камеры – обычной фотокамеры, специальной фотограмметрической или космическим сканером), и методом фотографирования (плановым или перспективным) (Wilson, 1975; Райнхольд, 2005; Коробов, 2011. С. 59–62).

Плановые аэрофотоснимки (*vertical aerial photos*) (рис. 5, 1) обычно делаются со спутников или специальных самолетов, использующих фотограмметрические камеры, покрывающих съемкой широкие территории и летящих на высоте примерно от 1 км (самолеты) до 200 (спутники). Пространственное разрешение снимков зависит от технических возможностей камеры и от полномочий организации, выполняющей подобную съемку. Плановые снимки делаются под прямым углом к земной поверхности и с определенным временным интервалом. Обычно они имеют перекрытие до 60%, которое позволяет использовать стереоскопический анализ, особенно важный при создании цифровой модели поверхности. Поскольку подобная съемка в основном проводится для картографических, а не археологических нужд, она не берет в расчет специфику древних памятников. Тем не менее, количество распознаваемых на плановых снимках памятников даже больше, чем на снимках, сделанных в процессе многих, но относительно коротких залетов на аэропланах. Поскольку в основном эти снимки сделаны на черно-белой пленке, цветные вариации растительных признаков различимы лишь при контрастировании. В то же время признаки, возникающие при светотеневых контрастах, таких, как теневые признаки, выдвигаются на первый план при обработке черно-белых снимков.

Важное преимущество плановых снимков заключается в их хорошем соответствии с географическими данными, такими, как традиционные и цифровые карты, что позволяет их легко включать в ГИС и локализовать обнаруженные на снимках памятники археологии. Примеры подобных памятников приводятся на некоторых иллюстрациях упомянутого выше авторского пособия (Коробов, 2011. Рис. 4.15–18): это первое обнаруженное автором поселение кобанской культуры с симметричной планировкой Правоберезовское 9 в окрестностях Кисловодска, раннеаланский комплекс из городища и обширного курганного могильника Брут в Северной Осетии, серия небольших раннесредневековых укреплений, окруженных участками террасного земледелия, в долине р. Перепрыжка (рис. 4, 2), а также известное городище Горное Эхо, одно из центральных аланских укрепленных поселений Кисловодской котловины.

Перспективная фотосъемка (*oblique photos*) (рис. 5, 2), как правило, делается обычными бытовыми фотокамерами с использованием разных типов черно-белой и цветной пленки, с аэропланов, вертолетов или дельтапланов (см., например: Faustmann, Palmer, 2005) на более низкой высоте от 200 до 400 м. Обычно пространственное разрешение этих снимков выше, чем плановых. Угол фотосъемки может меняться и приспосабливаться к световым условиям. Поскольку такие полеты проводятся, в частности, при археологических исследованиях местности, они могут планироваться более гибко для достижения лучших условий видимости. Тем не менее, этот тип аэрофотосъемки покрывает меньшие территории и очень сильно зависит от опытности воздушного археолога в правильном определении снимаемых памятников.



1



2

Рис. 5. Виды аэрофотосъемки: плановая (1) и перспективная (2). На фотографии изображен участок «кельтских полей» в окрестностях Чарлтона (Великобритания) (по: *Crutchley*, 2002. Р. 101, 102)

Использование цветной пленки позволяет обнаружить даже малые вариации в цвете растительности на памятнике. Пространственная привязка снимков осуществляется с помощью маршрутов, фиксируемых на GPS, но преобразование перспективных снимков в плановые изображения требует использования специальных приемов и компьютерных программ, осуществляющих подобную трансформацию (Scollar, 1975, 2002).

Многочисленные примеры применения перспективной аэрофотосъемки для обнаружения археологических памятников можно найти на интернет-сайте Воздушного архива Венского университета (Luftbildarchiv, University of Vienna: <http://luftbildarchiv.univie.ac.at/aerintal-archaeology>).

В настоящее время перспективная аэрофотосъемка по причине доступности и относительной дешевизны – наиболее распространенный в европейских странах способ получения ДДЗ об археологических памятниках. Именно благодаря энтузиазму воздушных археологов из Австрии, Германии, Великобритании, Польши, Словакии, Франции, Чехии и других стран на археологических картах появились десятки тысяч новых объектов. Были выпущены красочные фотоальбомы с видами памятников с воздуха, что способствует популяризации археологического знания в широких кругах населения (см., например: Scollar, 1965). В последние годы резко увеличилось количество аэрофотоснимков, сделанных с беспилотных летательных аппаратов – самолетов и вертолетов (Васильев, 2010; Жуковский, 2012б).

Плановая аэрофотосъемка используется в Европе и США гораздо реже, поскольку требует архивных изысканий, в России зачастую к тому же затрудненных из-за ограничений в доступе по соображениям секретности материалов. В этом случае археологу приходится иметь дело со снимками, сделанными для других нужд, прежде всего картографических, поэтому труднее подобрать материалы нужного времени года или времени суток проведения аэрофотосъемки. Тем не менее, в нашей стране имеется богатая традиция работы именно с плановыми аэрофотоснимками, успешное использование которых также привело к открытию новых археологических объектов и осмыслению окружающих древних ландшафтов (Толстов и др., 1962; Андрианов, 1965; Игонин, 1965). С этой точки зрения особо важными могут быть архивные фотоснимки, сделанные в 1950-х годах и ранее, поскольку они отражают ландшафтную ситуацию с минимальным антропогенным влиянием, т.е. максимально приближенную к древности. Поистине бесценную информацию могут дать трофейные германские снимки, сделанные в период Второй мировой войны, которые хранятся в архивах Великобритании, России и США (Going, 2002). Работа с этими материалами только начинается, но сулит весьма широкие перспективы для использования в археологии.

В последние годы появился новый вид данных дистанционного зондирования в виде топографического лазерного сканирования местности с воздушных носителей. Эта технология, получившая название «*Light Detection and Ranging (LIDAR)*», основана на измерениях расстояния и точной ориентации этих измерений между сенсором и отражающей поверхностью. Это достигается путем соединения GPS-измерений с инерционным измерительным блоком, с помощью которого осуществляется детальный сбор информации о земной поверхности.

Система основана на принципе отражения импульсного лазера от колеблющегося зеркала и измерения времени полета для установления расстояния, которое проходит лазерный импульс. LIDAR используется для создания современных топографических моделей местности; в археологии он успешно применяется в том числе благодаря математическим алгоритмам, с помощью которых можно отсекают информацию о растительном покрове, получая трехмерную модель рельефа, скрытого лесными насаждениями. С помощью подобной технологии выявляются ранее неизвестные археологические памятники, например следы средневековых земледельческих наделов (рис. 6, 1, 2). Подробнее о применении LIDAR в археологии можно узнать из коллективной статьи Б. Зитлера и др. (2008), а также на сайте воздушного архива Венского университета (<http://luftbildarchiv.univie.ac.at/airborne-laserscanning>).

Применение космических данных дистанционного зондирования

В отличие от аэрофотосъемки *данные космических спутников* используются археологами значительно реже. Большинство подобных исследований проводится в США и Италии, имеется также отечественный опыт применения космоснимков в археологических исследованиях (*Цуцкин и др.*, 1982; *Цуцкин*, 1987; *Гарбузов*, 2003; *From Space to Place*, 2006; *Remote Sensing...*, 2007; *Parcak*, 2009).

Работа с данными космических спутников требует специальных знаний, поскольку в отличие от классической аэрофотосъемки космические спутники используют многоспектральную съемку, которая ведется как в видимой части спектра, так и в невидимых человеческому глазу ближнем и дальнем диапазонах спектра. Означенные диапазоны носят также названия «окон прозрачности» атмосферы, поскольку только в них отраженное поверхностью Земли электромагнитное излучение способно преодолевать земную атмосферу. Основных оптических диапазонов четыре: видимый (с длиной волны 0,4–0,7 мкм), ближний (0,7–2 мкм), средний (2–5 мкм) и дальний инфракрасный (8–15 мкм). Поскольку различные объекты земной поверхности имеют разные спектры отражения, получение информации в виде нескольких спектральных каналов позволяет осуществлять классификацию объектов на изображении. Кроме того, космические снимки делаются также в единственном канале спектра, в результате чего получается черно-белое изображение, называемое также «панхроматическим» (*Гарбузов*, 2003. С. 45, 46).

В зависимости от используемой аппаратуры различают фотографическую, цифровую сканерную и радарную космические съемки. Первые два вида аппаратуры относятся к пассивным системам ДЗ, которые измеряют отраженный от земной поверхности солнечный свет либо переизлученную тепловую радиацию. Радарная аппаратура относится к активным системам, поскольку она сама – источник излучения радиосигнала, который измеряется после отражения от земной поверхности.

Первые космические аппараты для проведения съемки использовали фотокамеры. В принципе, космофотоснимки можно рассматривать как вариант аэрофотосъемки, полученный со значительных высот – от 200 до 1000 км. Их от-

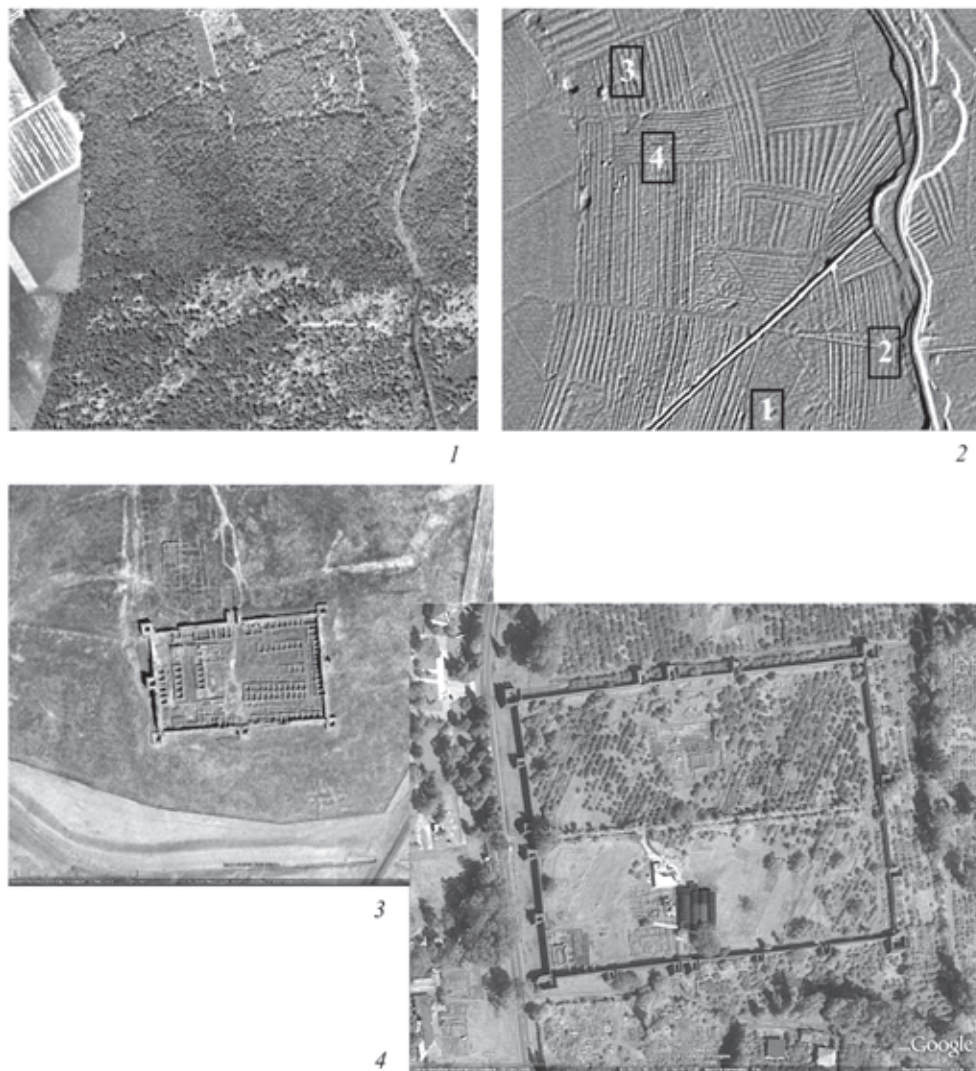


Рис. 6. Примеры изучаемого участка полей в виде гряд и борозд возле Раштатта (Юго-Западная Германия), представленного в виде аэрофотоснимка (1) и обработанного изображения LIDAR (2); примеры космической съемки сканером QuickBird крепости Тимгад в Сирии (3) и Гонио-Апсар у Батуми в Грузии (4) (по: *Зитлер и др.*, 2008. Рис. 3; *Коробов*, 2011. Рис. 4.34)

личает, с одной стороны, большая обзорность, поскольку в один кадр снимка попадает большая площадь земной поверхности, но, с другой стороны, меньшая степень подробности, выраженная в пространственном разрешении снимка (соответствии пикселя изображения размеру поверхности). Сопоставимы по пространственному разрешению с аэрофотосъемкой мелкого масштаба отечественные камеры высокого разрешения КВР-1000 и их американский аналог –

система CORONA с камерой КН-4В, которая выполняла шпионскую миссию слежения за территорией СССР в 1967–1972 гг. Снимки этого спутника были рассекречены в 1995 г. и теперь успешно применяются в археологии (см. например: *Ur*, 2003; *Gheyle et al.*, 2004). В России один из первых подобных опытов осуществлен в Ставропольском крае (работы А.Б. Белинского и А.А. Довгалева). Недавно весьма подробный обзор особенностей данных CORONA и применения их в археологических исследованиях был сделан М.О. Жуковским (2012а).

Фотокамеры на космических спутниках в 1980-е годы заменяются цифровыми сканерами, что позволяет исключить почти все этапы фотографического процесса и последующей оцифровки изображения для ввода его в компьютер. При этом анализ спектральных свойств изображений, полученных при сканировании, также становится более достоверным. Начиная с момента своего появления цифровые сканерные системы постоянно совершенствуются, достигая приемлемого пространственного разрешения в сочетании с большим количеством анализируемых каналов (*Гарбузов*, 2003. С. 47–49).

Сканеры первого поколения давали обзорную информацию, пригодную для исследования ландшафтов крупных территорий. Таков, например, американский сканер LANDSAT со специально встроенным тематическим картографом (Thematic Mapper, TM). Снимки этого сканера применяются для автоматической классификации полученных изображений с целью создания природных карт крупных территорий. В настоящее время используются новые модификации сканера LANDSAT 8, пространственное разрешение которого повысилось до 15 м в одном пикселе изображения. Именно эти изображения используются на широко известном геосервисе Google Map, поскольку они отражают всю территорию Земли, многократно отсканированную. Достоинство сканерных изображений – их пространственная привязка, что позволяет напрямую использовать эти изображения в ГИС. Они служат прекрасными обзорными картами ГИС, на которые можно наносить координаты, полученные с помощью приемников глобального спутникового позиционирования, и любые векторные и растровые слои, используя проекцию UTM системы координат WGS-84.

Космические сканеры нового поколения имеют уже гораздо более высокое пространственное разрешение, оставляя примерно то же число анализируемых каналов. Так, американские сканеры Ikonos и QuickBird достигают в панхроматическом режиме разрешения около 0,5 м, что делает их информацию сопоставимой по степени подробности с аэрофотоснимками. Это видно на рис. 7, 2, на котором в мельчайших деталях различимы окрестности пирамид Гизы с многочисленными гробницами-мастабами, гораздо более подробно, чем на рис. 7, 1 с аналогичным изображением, полученным с помощью советской фотографической камеры КВР-1000. При этом по сравнению с аэрофотосъемкой снимок имеет гораздо больший обзор и пространственную привязку в мировой системе координат.

Аналогичным образом выглядят снимки высокого разрешения, полученные космическим сканером QuickBird. На рис. 6, 3, 4 прекрасно видны поздне римские и византийские крепости, построенные в Сирии и Грузии, изучением которых с помощью данных дистанционного зондирования занимается в настоящий момент Г.Е. Афанасьев (2011). Эти изображения, сделанные спутником

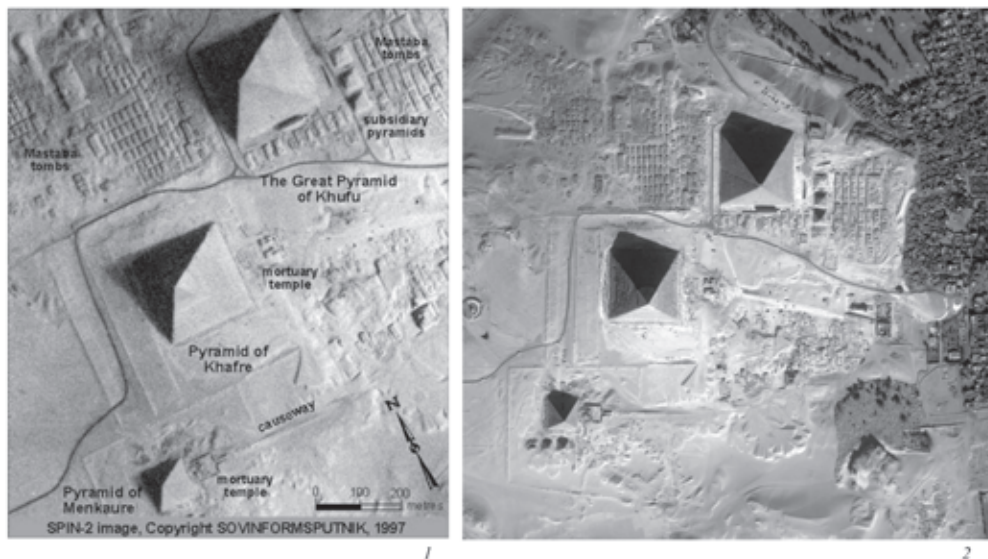


Рис. 7. Примеры космической съемки пирамид в Гизе (Египет) камерой KBP-1000 (1) и сканером Ikonos (2) (по: Коробов, 2011. Рис. 4.30, 4.33)

QuickBird, можно получить в открытом доступе на геосервисе Google Map. Данные спутников высокого разрешения могут быть получены и на других геосервисах сети Интернет (Live Search Maps/MapsBing, Yahoo.Maps, Kosmosnimki и др.). Обзор различных особенностей космических изображений, размещенных на этих порталах, приводится в недавней работе А.А. Довгалева (2010).

Как уже упоминалось выше, в отличие от фотокамер и сканеров радарные системы имеют активный способ получения изображений, облучая земную поверхность радиоволнами. Они позволяют изучать физические свойства земной поверхности и приповерхностных слоев независимо от состояния атмосферы и используются в природоохранных исследованиях, например в изучении процессов загрязнения речных и морских водоемов. Для археологических целей наиболее важная особенность космических радарных систем лежит в возможности исследования приповерхностного слоя Земли, что делает эти данные сопоставимыми с геофизическими. Еще в недавнем прошлом пространственное разрешение этих систем было непригодно для анализа археологических объектов. Полученные с помощью космических радаров изображения имели пространственное разрешение 10–20 м (Гарбузов, 2003. С. 48, 49). Однако в последние годы для археологов стали доступными данные немецкой радарной спутниковой системы TerraSAR-X, пространственное разрешение которой достигло 1–2 м. Теперь эта информация успешно используется археологами и геофизиками, например при исследовании руин древней Пальмиры или римской крепости Крейе в Сирии (Link *et al.*, 2012, 2013).

Радарные системы используются также для построения цифровой модели земной поверхности. Так, за 11 дней в феврале 2000 г. с помощью специальной

системы *Shuttle radar topographic mission* (SRTM) была произведена радарная топографическая съемка большей части территории земного шара, за исключением самых северных (выше 60°) и самых южных широт (ниже 54°), а также океанов. Пространственное разрешение полученной трехмерной модели рельефа составляет около 90 м, что пригодно для анализа относительно крупных территорий. В настоящее время в свободном доступе появились также данные японской камеры ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) спутника TERRA, которые пригодны для составления рельефной карты местности с пространственным разрешением около 15 м. Именно эта информация использовалась автором для анализа рельефа Кисловодской котловины (Коробов, 2012а).

Картографирование результатов дешифрирования ДДЗ

Плановые аэрофотоснимки и космосъемка, как уже отмечалось выше, дают возможность оптимально осуществлять картографирование археологических объектов. Подобные задачи могут решаться также с помощью перспективных аэрофотоснимков, но для этого требуется дополнительно спроецировать информацию с наклонной плоскости снимка на горизонтальную плоскость карты, для чего, как правило, используется несколько контрольных точек (*control points*), общих для аэрофотоснимка и карты (Scollar, 1975, 2002). Долгое время процедура картографирования была в сущности ручной и заключалась в составлении плана с нанесенными на него археологическими объектами, который срисовывался с аэрофотоснимка.

В настоящее время активно используется картографирование информации с ДДЗ, включенных в ГИС. Для этого требуется первоначально создать пространственную привязку растрового слоя фотоснимка, т.е. осуществить процедуру «геокодирования» или «геореференцирования», при которой каждый пиксель изображения соотносится с координатами местности в выбранной системе. Данная процедура требуется, как правило, для последующего включения в ГИС данных, полученных с помощью фотографических аппаратов.

Процедура пространственной привязки данных дистанционного зондирования может осуществляться в некоторых ГИС-программах (например, ArcGIS или MapInfo). Более корректно можно задать пространственную привязку, используя специальные пакеты программ обработки данных дистанционного зондирования (таких, как ERDAS Imaging или ErMapper). Следует отметить, что эти операции требуют специальных знаний. Современные сканерные системы с помощью высокоточных GPS-приемников дают точную пространственную привязку изображений, которые могут напрямую импортироваться в ГИС. Для получения изображений, сделанных с помощью космических сканерных систем, в том числе и высокого разрешения, с сохранением пространственной привязки, может быть успешно используема отечественная компьютерная программа SAS.Planeta, находящаяся в свободном доступе в Интернете (<http://sasgis.ru/sasplaneta>). Сохраненные с помощью этой программы изображения могут использоваться в ГИС-проектах без дополнительных процедур по созданию пространственной привязки.

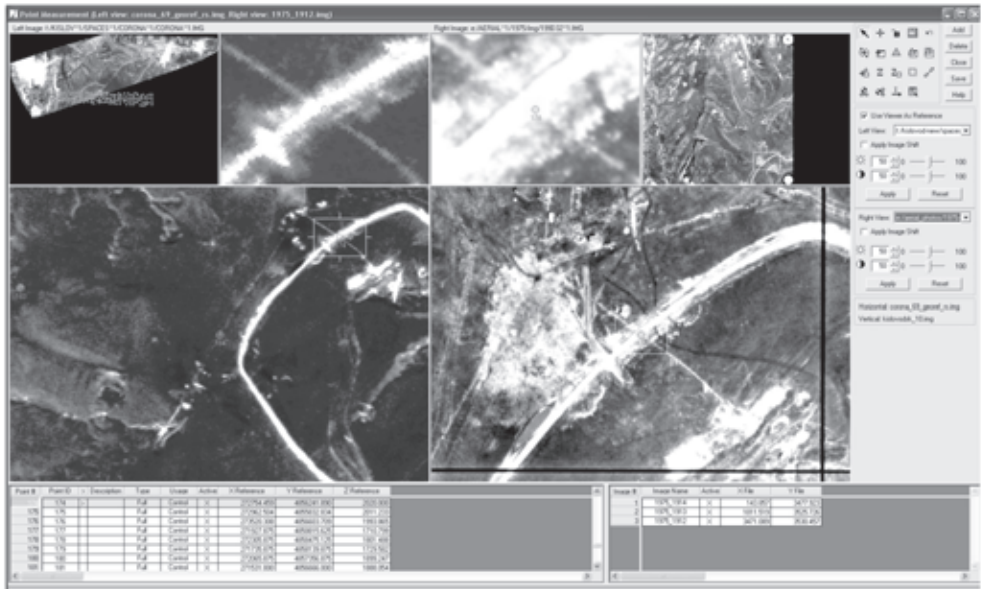


Рис. 8. Использование модуля *Leica Photogrammetry Suite* при анализе аэрофотоснимков Кисловодской котловины: пространственная привязка аэрофотоснимков (справа) по общим контрольным точкам с космоснимком CORONA (слева) (по: *Борисов, Коробов*, 2013. Рис. 13)

После процедуры пространственной привязки изображение (аэрофотоснимок или космоснимок) включается в проект ГИС в качестве растрового слоя, на который можно наносить распознаваемые объекты в виде векторных слоев (точек, линий, полигонов) (рис. 2). В дальнейшем эти векторные слои могут включаться в комбинированные многослойные карты ГИС, на их основе можно создавать трехмерные модели местности с нанесенными археологическими объектами. Поскольку все объекты ГИС имеют пространственную привязку, можно получить координаты выделенных при анализе аэрофотосъемки археологических структур и использовать их в полевых исследованиях, проводимых с помощью приемников глобального спутникового позиционирования (GPS). Местонахождение памятников при этом устанавливается дистанционно с точностью до нескольких метров. Опыт подобных работ, проведенных в Кисловодской котловине и ее окрестностях, отражен в ряде публикаций, упомянутых выше (см., например: *Белинский и др.*, 2009), в том числе, например, при картографировании следов древнего и средневекового земледелия.

С этой целью использовались специальные компьютерные программы (*Leica Geosystems ERDAS Imaging 9.3*), позволяющие осуществлять стереоанализ аэрофотосъемки. С помощью модуля *Leica Photogrammetry Suite* определялись общие контрольные точки на аэрофотоснимках, космоснимке CORONA и картографическом материале (рис. 8), которые получали соответствующие координаты в системе WGS-84 проекции UTM. Для успешного трансформирования требуется

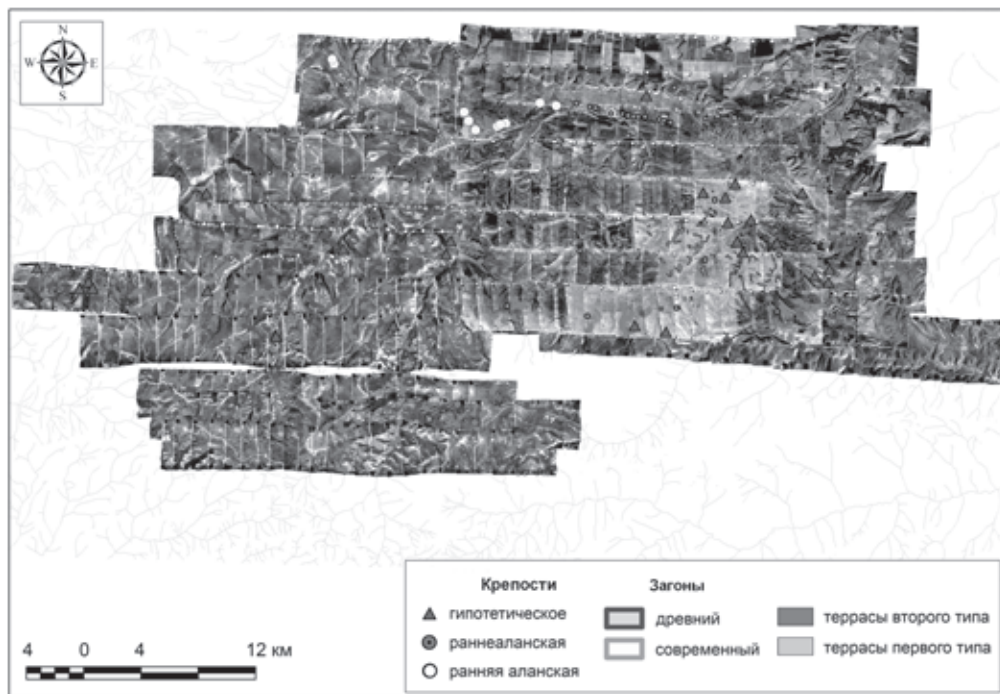


Рис. 9. Аэрофотоснимки Кисловодской котловины, включенные в ГИС в виде пространственно привязанных ортофотографий, с нанесенными результатами дешифрирования (по: *Борисов, Коробов, 2013. Рис. 17*)

не менее 15 общих точек на каждом снимке. Поскольку снимки делаются с перекрытием в 40–60%, то две трети из них – общие для соседних снимков каждого ряда. Всего было обработано 33 ряда снимков и определено около 10 тыс. контрольных точек. Далее преобразованные с помощью метода аэротриангуляции ряды снимков анализировались в виде стереопар с помощью модуля Stereo Analyst программы ERDAS Imaging 9.3, в котором осуществлялся визуальный поиск картографируемых объектов (террас разных видов). Эта работа велась с помощью специального монитора Zalman Trimon и приложенных к нему стереочков, позволивших работать со стереоизображениями в чересстрочном режиме.

В результате на аэрофотоснимках было выделено более 220 участков террасирования разных типов, около 20 ранее неизвестных укрепленных поселений и более 1000 каменных загонов для содержания скота (рис. 9). Эти данные послужили основой дальнейшего анализа системы расселения населения Кисловодской котловины в раннем средневековье, некоторые результаты которого опубликованы в совместной монографии (*Борисов, Коробов, 2013*).

* * *

Таким образом, применение ГИС и ДДЗ в археологии имеет свою историю и сложившиеся направления, а число подобных исследований неуклонно растет.

Свидетельство тому – учебные пособия по применению геоинформационных методов в археологии (*Wheatley, Gillings, 2002; Conolly, Lake, 2006; Коробов, 2011*). Появились первые российские диссертационные работы, созданные с использованием методов геоинформатики в археологических исследованиях (*Смекалов, 2005; Требелева, 2005; Гарбузов, 2007б*), а также ряд упомянутых выше круглых столов и конференций, организованных группой АГИС отдела охранных раскопок Института археологии РАН под общим названием «Археология и геоинформатика» (2003–2015), результатом которых стал выпуск одноименной серии электронных изданий под редакцией автора. В них опубликованы теоретические и практические результаты работ, проведенных с использованием ГИС в археологии. Геоинформатика прочно заняла свое место в археологических исследованиях, в том числе и в нашей стране.

ЛИТЕРАТУРА

- Андрианов Б.В.*, 1965. Дешифрование аэрофотоснимков при изучении оросительных систем // Археология и естественные науки / Отв. ред. Б.А. Колчин. М.: Наука. С. 261–267.
- Археология и геоинформатика, 2005–2012. Вып. 2–7 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Афанасьев Г.Е.*, 1987. Население лесостепной зоны бассейна Среднего Дона в VIII–X вв. М.: Наука. 200 с. (Археологические открытия на новостройках, вып. 2).
- Афанасьев Г.Е.*, 1993а. Донские аланы. Социальные структуры алано-ассо-бургасского населения бассейна Среднего Дона. М.: Наука. 183 с. (Археология эпохи Великого переселения народов и раннего средневековья, вып. 1).
- Афанасьев Г.Е.*, 1993б. Перспективы применения методов аэрокосмического зондирования в археологии // КСИА. Вып. 210. С. 14–25.
- Афанасьев Г.Е.*, 2011. Кто же в действительности построил Левобережное Цимлянское городище? // РА. № 3. С. 108–119.
- Афанасьев Г.Е., Зотько М.Р., Коробов Д.С.*, 1999. Первые шаги «космической археологии» в России (к дешифровке Маяцкого селища) // РА. № 2. С. 106–123.
- Афанасьев Г.Е., Савенко С.Н., Коробов Д.С.*, 2004. Древности Кисловодской котловины. М.: Научный мир. 240 с.
- Беглецова С.В., Князева Л.Ф., Телегина М.В.*, 2005. Геоинформационная система памятников историко-культурного наследия Удмуртии // Археология и геоинформатика. Вып. 2 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Белинский А.Б.*, 2008. Применение методов дистанционного зондирования Земли при создании геоинформационной системы «Археологическое наследие Ставропольского края» // Тр. II (XVIII) Всерос. археологического съезда в Суздале. Т. III / Отв. ред. А.П. Деревянко, Н.А. Макаров. М.: ИА РАН. С. 260–261.
- Белинский А.Б., Коробов Д.С., Райнхольд С.*, 2009. Ландшафтная археология на Северном Кавказе: первые результаты исследования предгорного ландшафта Кисловодска эпохи позднего бронзового – раннего железного века // Материалы по изучению историко-культурного наследия Северного Кавказа. Вып. IX. Археология, краеведение / Отв. ред. А.Б. Белинский. Ставрополь: Наследие. С. 175–218.
- Борисов А.В., Коробов Д.С.*, 2013. Древнее и средневековое земледелие в Кисловодской котловине: итоги почвенно-археологических исследований. М.: Таус. 272 с.
- Васильев Ст.А.*, 2005. АИС «Археограф»: система описания археологических памятников и вывода данных в ГИС // Археология и компьютерные технологии: представление и анализ археологических материалов / Отв. ред. М.Г. Иванова, И.В. Журбин. Ижевск: УдМНИИЯЛ УрО РАН. С. 13–21.

- Васильев Ст.А., 2006. Проект «АИС Археограф» // Археология и геоинформатика. Вып. 3 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М. (CD-ROM).
- Васильев Ст.А., 2010. Аэрофотосъемка археологических памятников с радиоуправляемой модели. Результаты экспериментов 2008–2009 гг. (Презентация доклада) // Археология и геоинформатика. Вып. 6 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Владимиров В.Н., 2005. Историческая геоинформатика: геоинформационные системы в исторических исследованиях. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. 192 с.
- Галиева З.С., 2007. Аэрометоды в реконструкции эволюции исторических ландшафтов Восточного Приаралья // Археология и геоинформатика. Вып. 4 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Галиева З.С., 2012. Древние оросительные системы Согдианы в антропогенном ландшафте (Методы реконструкций) // Археология и геоинформатика. Вып. 7 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Гарбузов Г.П., 2003. Археологические исследования и дистанционное зондирование Земли из космоса // РА. № 2. С. 45–55.
- Гарбузов Г.П., 2006. Предиктивное моделирование в археологических исследованиях // Археология и геоинформатика. Вып. 3 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Гарбузов Г.П., 2007а. Археология ландшафта и геоинформатика: теоретические аспекты взаимоотношений // Археология и геоинформатика. Вып. 4 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Гарбузов Г.П., 2007б. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование Земли в археологических исследованиях (на примере Таманского полуострова): Автореф. дис. ... канд. ист. наук. М.: ИА РАН. 25 с.
- Гарбузов Г.П., 2008. Интенсивная археологическая съемка как способ количественного описания античного культурного ландшафта // Археология и геоинформатика. Вып. 5 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов, 1999 / Под ред. А.М. Берлянта, А.В. Кошкарева. М.: ГИС-Ассоциация. 204 с.
- Геоинформатика. Кн. 1, 2008 / Под ред. проф. В.С. Тикунова. М.: Издат. центр «Академия». 384 с.
- Дараган М.Н., 2008. Использование ГИС-технологий для изучения пространственно-временной концентрации курганов скифского времени Нижнего Поднепровья // Археология и геоинформатика. Вып. 5 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Де Мерс М.Н., 1999. Географические информационные системы. М.: Изд-во Дата+. 489 с.
- Довгалев А.А., 2010. Сравнительный анализ онлайн-сервисов материалов дистанционного зондирования для создания ГИС археологических объектов // Археология и геоинформатика. Вып. 6 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Жуковский М.О., 2012а. Использование данных спутников CORONA в археологических исследованиях // КСИА. Вып. 226. С. 45–54.
- Жуковский М.О., 2012б. Применение комплексной компьютерной методики для полевого изучения и реконструкции кургана Боюр-гора Фанагорийского некрополя // Археология и геоинформатика. Вып. 7 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Зайцева Е.А., 2014. Прогнозирование расположения объектов археологии с применением ГИС и ДДЗ // Тр. IV (XX) Всерос. археологического съезда в Казани. Т. IV / Отв. ред. А.Г. Ситдиков, Н.А. Макаров, А.П. Деревянко. Казань: Отечество. С. 231–233.
- Зитлер Б., Купальняц Л., Басож Ф., 2008. LIDAR как новый инструмент в изучении объектов культурного наследия. Потенциал и ограничения в распознавании микрорельефных структур при археологическом и ландшафтном обследовании // Археология и геоинформатика. Вып. 5 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).

- Игонин Н.И.*, 1965. Применение аэрофотосъемки при изучении археологических памятников // Археология и естественные науки / Отв. ред. Б.А. Колчин. М.: Наука. С. 256–260.
- Карнап-Борнхайд фон К., Хильберг Ф., Кальмринг С., Шульце Й.*, 2010. Хедэбю, поселение и порт: старые материалы и новейшие исследования // РА. № 1. С. 53–63.
- Ковалевская В.Б.*, 2000. Компьютерная обработка массового археологического материала из раннесредневековых памятников Евразии. Стекланные бусы и поясные наборы. М.: ИА РАН. 364 с. (Хронология восточно-европейских древностей V–IX веков, вып. 2).
- Коробов Д.С.*, 2008. Применение методов пространственного анализа при изучении системы расселения алан Кисловодской котловины // Археология и геоинформатика. Вып. 5 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Коробов Д.С.*, 2011. Основы геоинформатики в археологии. Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ. 224 с.
- Коробов Д.С.*, 2012а. ГИС-моделирование пахотных угодий эпохи раннего средневековья у алан Кисловодской котловины // КСИА. Вып. 226. С. 17–27.
- Коробов Д.С.*, 2012б. Предисловие // КИСА. Вып. 226. С. 3–7.
- Коробов Д.С., Райнхольд С.*, 2008. Новый тип поселений кобанской культуры в окрестностях Кисловодска // КСИА. Вып. 222. С. 25–38.
- Кошеленко Г.А., Гаибов В.А., Требелева Г.В.*, 2007. Археологическая геоинформационная система Маргианы // Археология и геоинформатика. Вып. 4 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Круглый стол «Геоинформационные технологии в археологических исследованиях» (Москва, 2 апреля 2003 г.). Сб. докл., 2004 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М. (CD-ROM). (Археология и геоинформатика, вып. 1).
- Макаров Н.А., Зеленцова О.В., Коробов Д.С., Черников А.П., Ворошилов А.Н.*, 2015. Геоинформационная система «Археологические памятники России»: методические подходы к разработке и первые результаты наполнения // КСИА. Вып. 237. С. 7–19.
- Николаенко Г.М.*, 1985. Межевание полей Херсонесской хоры // КСИА. Вып. 182. С. 11–15.
- Основы геоинформатики. Кн. 1, 2004 / Под ред. проф. В.С. Тикунова. М.: Изд. центр «Академия». 352 с.
- Очир-Горяева М.А., Дюмкеева В.Ц.*, 2008. Опыт создания цифровой карты археологических памятников, раскопанных на территории Республики Калмыкия // Археология и геоинформатика. Вып. 5 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Павлов С.П.*, 1934. Применение аэрофотосъемки в археологии // Проблемы истории докапиталистических обществ. № 11–12. С. 61–70.
- Паромов Я.М.*, 1993. Принципы выявления эволюции системы расселения (На примере Таманского полуострова) // КСИА. Вып. 210. С. 25–34.
- Паромов Я.М.*, 1998. Главные дороги Таманского полуострова // Древности Боспора. Т. 1 / Отв. ред. А.А. Масленников, А.А. Завойкин. М.: ИА РАН. С. 216–225.
- Паромов Я.М.*, 2000. О земельных наделах античного времени на Таманском полуострове // Археологические вести. № 7. СПб.: Дмитрий Буланин. С. 309–319.
- Райнхольд С.*, 2005. Аэрофотосъемка и археология культурного ландшафта. Системы поселений позднего бронзового – раннего железного века в верхней части Кисловодской котловины // Археология и геоинформатика. Вып. 2 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Смекалов С.Л.*, 2005. Древние антропогенные структуры Восточного Крыма (Геоинформационный и историко-картографический аспекты): Автореф. дис. ... канд. ист. наук. Тула: Тульский гос. пед. ун-т им. Л.Н. Толстого. 24 с.
- Толстов С.П., Андрианов Б.В., Игонин Н.И.*, 1962. Использование аэрометодов в археологических исследованиях // СА. № 1. С. 3–15.
- Томишевский А.П., Вовкодав С.М.*, 2007. Археолого-геоинформационная система «Овручский проект» // Археология и геоинформатика. Вып. 4 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).

- Требелева Г.В., 2005. Оборона территории Азиатского Боспора в первые века нашей эры: историческое моделирование на основе ГИС-технологий: Автореф. дис. ... канд. ист. наук. М.: ИА РАН. 24 с.
- Цуцкин Е.В., 1987. Некоторые направления космической археологии // Археологические исследования Калмыкии / Отв. ред. Е.В. Цуцкин. Элиста: Калм. НИИ ИФЭ. С. 114–133.
- Цуцкин Е.В., Елина А.И., Елин М.Л., 1982. Использование космических снимков в археологических целях // Памятники Калмыкии каменного и бронзового веков / Отв. ред. У.Э. Эрдниев. Элиста: Калм. НИИ ИФЭ. С. 54–58.
- Шишкин К.В., 1966. Применение аэрофотосъемки для исследования археологических памятников // СА. № 3. С. 116–121.
- Шишкин К.В., 1982. Аэрометод как источник для исторической топографии Ольвии и ее окрестностей // СА. № 3. С. 235–242.
- Beazley G.A., 1919. Air photography and archaeology // *The Geographical J.* Vol. 53. P. 330–335.
- Bewley R.H., 2005. Aerial Archaeology. The First Century // *Aerial Photography and Archaeology 2003. A Century of Information* / Eds. J. Bourgeois, M. Meganck. Ghent: Academia Press. P. 15–30.
- Ceraudo G., 2005. 105 Years of Archaeological Aerial Photography in Italy (1899–2004) // *Aerial Photography and Archaeology 2003. A Century of Information* / Eds. J. Bourgeois, M. Meganck. Ghent: Academia Press. P. 73–86.
- Conolly J., Lake M., 2006. *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 358 p.
- Crawford O.S., 1923. Air survey and archaeology // *The Geographical J.* Vol. 61. P. 342–360.
- Crawford O.S., 1953. *Archaeology in the Field*. L.: Phoenix House. 280 p.
- Crawford O.S., 1954. A century of air-photography // *Antiquity*. Vol. 28, 112. P. 206–210.
- Crutchley S., 2002. Understanding Salisbury Plain, England: analysis of the aerial evidence // *Aerial Archaeology. Developing Future Practice* / Eds. R.H. Bewley, W. Rączkowski. Amsterdam; Berlin; Oxford; Tokyo; Washington: IOS Press. P. 256–261. (NATO Science Series: Ser. 1, vol. 337).
- Faustmann A., Palmer R., 2005. Wings over Armenia: use of a paramotor for archaeological aerial survey // *Antiquity*. Vol. 79, 304. P. 402–410.
- From Space to Place. Proceed. of the 2nd Intern. Conference on Remote Sensing in Archaeology, 2006 / Eds. S. Campana, M. Forte. Oxford: Archaeopress. 579 p. (BAR Intern. Ser., 1568).
- Gaffney V., Stančič Z., 1991. GIS approaches to regional analysis: A case study of the island of Hvar. Ljubljana: Univ. of Ljubljana. 100 p.
- Gheyle W., Trommelmans R., Bourgeois J., Goossens R., Bourgeois I., De Wulf A., Willems T., 2004. Evaluating CORONA: A case study in the Altai Republic (South Siberia) // *Antiquity*. Vol. 78, 300. P. 391–403.
- Gill S.J., Howes D.A., 1985. Geographical Information System approach to the use of surface samples in intra-site distributional analysis. Paper presented at UISPP Commission IV Symposium on Data Management and Mathematical Methods in archaeology, Denver (USA).
- GIS and Archaeological Site Location Modeling, 2006 / Eds. M.W. Mehrer, K.L. Wescott. L.; N. Y.: Taylor and Francis. 476 p.
- Going Ch.J., 2002. A Neglected Asset. German Aerial Photography of the Second World War Period // *Aerial Archaeology. Developing Future Practice* / Eds. R.H. Bewley, W. Rączkowski. Amsterdam; Berlin; Oxford; Tokyo; Washington: IOS Press. P. 23–30. (NATO Science Series: Ser. 1, vol. 337).
- Green S.W., Zvebil M., 1990. The Mesolithic colonization and agricultural transition of Southeast Ireland // *Proceed. of the Prehistoric Society of London*. L. Vol. 56. P. 57–88.
- Jones R.J., Evans R., 1975. Soil and crop marks in the recognition of archaeological sites by air photography // *Aerial reconnaissance for archaeology*. L.: The Council for British Archaeology. P. 1–11. (CBA Research Report, 12).
- Kantner J., 2008. The Archaeology of Regions: From Discrete Analytical Toolkit to Ubiquitous Spatial Perspective // *J. of Archaeological Research*. Vol. 16, 1. P. 37–81.

- Kirkinen T.*, 1997. Centre in the wilderness area: using a GIS in modelling late Iron Age settlement in eastern Finland // *Archaeological applications of GIS* / Eds. I. Johnson, M. North. Sydney: Sydney Univ. (CD-ROM). (Sydney Univ. Archaeological Methods Series, vol. 5).
- Kvamme K.L.*, 1985. Geographic Information Systems techniques for regional archaeological research. Paper presented at UISPP Commission IV Symposium on Data Management and Mathematical Methods in archaeology, Denver (USA).
- Landschaftsarchäologie und geographische Informationssysteme. Prognosekarten, Besiedlungsdynamik und prähistorische Raumordnungen. The Archaeology of Landscapes and Geographic Information Systems: Predictive Maps, Settlement Dynamics and Space and Territory in Prehistory, 2003 / Hrs. J. Kunow, J. Müller. Wünsdorf: Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum. 312 S. (Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg, Bd. 8: Archäoprognose Brandenburg, I).
- Linck R., Fassbinder J.W., Buckreuss S.*, 2012. Integrated geophysical prospection by high-resolution optical satellite images, Synthetic Aperture Radar and magnetometry at the example of the UNESCO World Heritage Site of Palmyra (Syria) // *Археология и геоинформатика. Вып. 7* / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Linck R., Busche T., Buckreuss S., Fassbinder J.W., Seren S.*, 2013. Possibilities of Archaeological Prospection by High-resolution X-band Satellite Radar – a Case Study from Syria // *Archaeological Prospection. Vol. 20, 2. P. 97–108.*
- Madry S.L., Crumley C.L.*, 1990. An application of remote sensing and GIS in regional archaeological settlement pattern analysis: the Arroux River valley, Burgundy, France // *Interpreting Space: GIS and archaeology* / Eds. K.M. Allen, S.W. Green, E.B. Zubrow. L.; N. Y.; Philadelphia: Taylor and Francis. P. 364–380.
- Münch U.*, 2012. Quellenkritik als eingrenzender Faktor der Archäoprognose. Wünsdorf: Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum. 150 S. (Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg, Bd. 13: Archäoprognose Brandenburg, III).
- Parcak S.H.*, 2009. Satellite remote sensing for archaeology. N. Y.: Routledge. 286 p.
- Practical Applications of GIS for Archaeologists. A Predictive Modeling Toolkit, 2000 / Eds. K.L. Wescott, R.J. Brandon. L., Philadelphia: Taylor and Francis. 160 p.
- Predictive Modelling for Archaeological Heritage Management. A research agenda, 2005 / Eds. M. van Leusen, H. Kamermans. Amersfoort: National Service for Archaeological Heritage. 232 p. (Nederlandse Archeologische Rapporten, vol. 29).
- Reinhold S., Belinskij A.B., Korobov D.S.*, 2007. Landschaftsarchäologie im Nordkaukasus. Erste Ergebnisse der Untersuchung der Vorgebirgslandschaft bei Kislovodsk während der Spätebronze- und frühen Eisenzeit // *Eurasia Antiqua. Bd. 13. S. 139–180.*
- Reinhold S., Korobov D.S.*, 2007. The Kislovodsk basin in the North Caucasian piedmonts – archaeology and GIS studies in a mountain cultural landscape // *Preistoria Alpina. Vol. 42. P. 183–207.*
- Remote Sensing in Archaeology, 2007 / Eds. J. Wiseman, F. El-Baz. Boston: Springer. 553 p.
- Rhind D.W.*, 1988. A GIS Research Agenda // *Intern. J. of Geographical Informational Systems. Vol. 2. P. 23–28.*
- Savage S.H.*, 1990. GIS in archaeological research // *Interpreting Space: GIS and archaeology* / Eds. K.M. Allen, S.W. Green, E.B. Zubrow. L.; N. Y.; Philadelphia: Taylor and Francis. P. 22–32.
- Scollar I.*, 1965. Archäologie aus der Luft. Arbeitsergebnisse der Flugjahre 1960 und 1961 im Rheinland. Düsseldorf: Rheinland Verlag. 55 S.
- Scollar I.*, 1975. Transformation of extreme oblique aerial photographs to maps or plans by conventional means or by computer // *Aerial reconnaissance for archaeology. L.: The Council for British Archaeology. P. 52–59. (CBA Research Report, 12).*
- Scollar I.*, 2002. Making Things Look Vertical // *Aerial Archaeology. Developing Future Practice* / Eds. R.H. Bewley, W. Rączkowski. Amsterdam; Berlin; Oxford; Tokyo; Washington: IOS Press. P. 166–172. (NATO Science Series: Ser. 1, vol. 337).

- Ur J.*, 2003. CORONA Satellite Photography and Ancient Road Networks: A Northern Mesopotamian Case Study // *Antiquity*. Vol. 77, 295. P. 102–115.
- Verhagen P., Whitley T.G.*, 2012. Integrating Archaeological Theory and Predictive Modeling: a Live Report from the Scene // *J. of Archaeological Method and Theory*. Vol. 19. P. 49–100.
- Wheatley D., Gillings M.*, 2002. *Spatial Technology and Archaeology. The archaeological applications of GIS*. L.; N. Y.: Taylor and Francis. 283 p.
- Williams I., Limp W.F., Briuer F.L.*, 1990. Using geographic information systems and exploratory data analysis for archaeological site classification and analysis // *Interpreting Space: GIS and archaeology* / Eds. K.M. Allen, S.W. Green, E.B. Zubrow. L.; N. Y.; Philadelphia: Taylor and Francis. P. 239–273.
- Wilson D.R.*, 1975. Photographic techniques in the air // *Aerial reconnaissance for archaeology*. L.: The Council for British Archaeology. P. 12–31. (CBA Research Report, 12).

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ПОЛЕВОЙ АРХЕОЛОГИИ

Д.С. Коробов

Международные принципы управления археологическим наследием

Имеется особая область применения геоинформатики в археологических исследованиях, которая напрямую связана с современными подходами к полевым и камеральным работам на памятниках археологии. Эти подходы сформировались в процессе осознания того факта, что культурное наследие не может рассматриваться в качестве собственности какой-либо державы, на территории которой оно располагается, но является достоянием всего человечества. Даже в XXI столетии продолжается варварское разрушение и разграбление культурных ценностей, иногда под прикрытием властных структур. Общеизвестен факт, когда в марте 2001 г. лидеры движения Талибан в Афганистане постановили декретом, что известный буддистский памятник в долине Бамиан идолопоклоннический и поэтому должен быть уничтожен. В результате были стерты с лица земли уникальные скульптурные композиции, простоявшие 1200 лет, которые уже 10 лет безуспешно пытаются реставрировать. Известен и факт разграбления археологических ценностей в музеях Багдада и Кабула, произошедших при фактическом попустительстве американских военных. Имеется огромное количество случаев грабительского уничтожения археологических памятников, происходящих практически по всему миру (*Макаров, 2004; Гуляев, 2006; 2007; Мунчаев, Кошеленко, 2009*).

Таким образом, положение об общечеловеческой ценности культурного наследия легло в основу всей международной правовой базы современной археологии. Эта база сформирована несколькими европейскими и мировыми конвенциями, некоторые из которых подписаны и ратифицированы Российской Федерацией:

- Европейская культурная конвенция 1954 г. (Париж);
- Европейская конвенция по охране археологического наследия 1969 г. (Лондон);
- Конвенция ЮНЕСКО об охране всемирного культурного и природного наследия 1972 г. (Париж);
- Хартия по охране и использованию археологического наследия 1990 г. (IX Генеральная ассамблея Международного Союза по памятникам и достопримечательным местам);
- Европейская конвенция по охране археологического наследия 1992 г. (Валетто);

– Рамочная конвенция Совета Европы о значении культурного наследия для общества, подписанная 27 октября 2005 г. в г. Фаро, Португалия.

Желающие ознакомиться детально с положениями этих документов могут легко найти их в глобальной сети. Вкратце перечисленные международные соглашения заложили следующие *принципы управления археологическим наследием*:

– законодательство каждой страны должно основываться на концепции, что археологическое наследие является наследием всего человечества;

– охрана археологического наследия должна основываться на самом полном знании о его существовании, численности и значимости (необходимость проведения инвентаризации памятников);

– законодательство страны должно обеспечивать охрану археологического наследия от разрушения в процессе строительства и от незаконных раскопок;

– приоритетным требованием является сохранение археологического наследия в мировом масштабе.

Перечисленные требования закладывают следующие *принципы современного полевого исследования*:

– основной принцип – это признание того, что при сборе информации о памятнике его разрушение должно быть минимальным;

– неразрушающие (недеструктивные) методы должны применяться всюду, где это возможно;

– раскопки должны проводиться предпочтительно на памятниках, обреченных на разрушение антропогенными и природными причинами;

– в исключительных случаях раскопки могут проводиться для решения исследовательских проблем после глубокого анализа потенциала памятника;

– при этом раскопки должны затрагивать лишь часть памятника, сохраняя в неприкосновенности участки для будущих исследований.

Исходя из этих принципов формируется современный подход к полевому и камеральному изучению археологических памятников, названный «*мультидисциплинарным*», когда для решения археологических вопросов привлекается максимальный набор естественно-научных методов, позволяющих с минимальными археологическими раскопками или без них решить встающие перед исследователем задачи. Этот подход приобрел широкое направление за рубежом и в нашей стране, о чем говорит, например, создание специальных секций, посвященных современным мультидисциплинарным полевым и камеральным исследованиям, в рамках прошедших недавно Всероссийских археологических съездов в Новосибирске (2006 г.), Суздале (2008 г.) и Казани (2014 г.).

Комплексные проекты в археологии

В зарубежной литературе для обозначения подобного подхода можно встретить также термин «*комплексный проект*» (*integrated project*). Под этим термином в широком смысле можно понимать любое современное археологическое исследование, предполагающее комплексность методов – сочетание классических методов археологии с различными методами естественных наук. Однако в узком смысле комплексный проект – это объединение в полевом и камеральном ис-

следовании результатов обработки данных дистанционного зондирования, геофизического обследования, археологического почвоведения и археологических раскопок памятника, которое происходит на базе географо-информационных систем (ГИС). Таким образом, геоинформатика служит связующим звеном для использования разнообразных методов, поскольку именно она обеспечивает единое пространственное представление результатов мультидисциплинарного исследования, что позволяет соотносить их с конкретными археологическими объектами. В результате комплексные проекты дают возможность изучать археологические древности неdestructивными методами, поскольку дают представление о планировке памятника и особенностях располагающихся на нем объектов, что позволяет выработать стратегию дальнейшего полевого изучения памятника с наименьшими разрушениями его в процессе раскопок.

Можно приводить огромное количество примеров комплексных проектов, которые в последние два десятилетия проводились в разных странах. Для западноевропейской археологии и ее школ в Азии данный подход стал уже практически единственным возможным. В российской науке дела в области неdestructивной археологии обстоят не столь благополучно, но также налицо происходящие изменения в принципах полевого исследования, стремящегося сохранить для потомков объекты культурного наследия. Примеры подобных полевых исследований можно найти в публикациях, например в электронном издании «Археология и геоинформатика», а также на страницах авторского учебного пособия (Коробов, 2011. С. 163–172). Важнейшим условием использования подобной неdestructивной методики полевого археологического исследования стало применение геофизических методов при изучении археологических памятников.

Применению некоторых геофизических методов в археологических исследованиях посвящены небольшие разделы в учебных пособиях Ю.Л. Щаповой (1988. С. 114, 115) и автора этих строк (Коробов, 2011. С. 142–158). Наиболее современное из отечественных работ – теоретическое исследование И.В. Журбина (2004), использовавшееся при написании данной статьи. Желая поближе познакомиться с методикой и теоретическими основами геофизического обследования на археологических памятниках можно рекомендовать обратиться к специальной литературе (Эйткин, 1963; Франтов, 1965; Франтов, Пинкевич, 1966; Scollar et al., 1990; Bettess, 1992; Clark, 1996).

Общие сведения о геофизике

Итак, под геофизическими методами подразумевают набор методов исследования физических свойств грунтов. При этом в зависимости от объекта исследования различают глубинные и приповерхностные методы геофизического обследования. *Глубинные методы* применяются в геологических работах, когда с помощью геофизики ученые проникают в глубь земной коры на десятки километров. Разумеется, разрешающая способность подобных исследований крайне низка. Методы *приповерхностной геофизики* разрабатывались для изучения первых метров земной поверхности. Именно эти методы применяются в археологии, поэтому о них и будет идти речь далее.

Все геофизические методы можно разбить на несколько групп по виду изучаемых физических полей:

- магнитометрические, т.е. измеряющие магнитное поле Земли;
- электрометрические, базирующиеся на изучении удельного электрического сопротивления грунтов;
- гравиметрические, измеряющие силу земного притяжения;
- сейсмоакустические, изучающие распространение звуковой волны в земных недрах;
- термометрические, измеряющие температурные режимы земной коры;
- радиолокационные, наблюдающие за распространением радиоволн в земных недрах;
- методы, изучающие ядерно-физические свойства Земли.

При этом далеко не все методы применяются в археологических исследованиях. Наилучшие результаты для археологических исследований дает применение магнитной и электрометрической разведки, а также георадиолокации. Гравиметрические, сейсмоакустические, ядерно-физические и термометрические методы для полевых археологических исследований применяются достаточно редко и только в комплексе с электроразведкой или магниторазведкой. Это вызвано дороговизной аппаратуры, сложностью методики исследований, ограниченным кругом объектов, на которые реагирует аппаратура. Например, при гравиметрических исследованиях эффективно фиксируются только геологическая подоснова, исторические эколандшафтные формы, выявляются элементы палеорельефа, подземные пустоты большого размера, имеющие развитие по площади. Сейсморазведка эффективна при изучении внутреннего строения оборонительных сооружений, локализации подземных пустот и погребенных архитектурных объектов.

Причины применения геофизических методов в археологии

Использование геофизических методов, на первый взгляд весьма затратных с финансовой точки зрения, при исследовании археологических памятников обусловлено рядом причин. Во-первых, успешное использование геофизики позволяет сократить временные и финансовые затраты на раскопки памятника. При этом можно получить предварительную информацию об объектах на памятнике для целенаправленного выбора минимального участка раскопок, что является основным принципом неразрушающей археологии. Кроме того, геофизическими методами можно получить информацию о памятниках, изучение которых с помощью археологических раскопок просто невозможно в силу их застроенности современными населенными пунктами, объектами инфраструктуры и т.д. К подобным объектам относятся исторические здания и памятники архитектуры, изучение которых возможно исключительно геофизическими не-деструктивными методами.

Использование геофизических методов частично решает проблему охранных раскопок. Ввиду постоянного расширения инфраструктуры и территории городской застройки часто возникает проблема отвода под строительство участков, содержащих объекты археологии. Существующее законодательство предпола-

гает археологическое согласование и выделение средств на охранные раскопки. Однако время, в течение которого возможны археологические раскопки, зачастую весьма ограничено. Единственное решение проблемы в данном случае – применение оперативных геофизических методов, в результате которых можно выделить перспективные участки отведенной под строительство территории для более тщательного исследования с помощью раскопок, а также менее перспективные в этом смысле участки, где можно ограничиться наблюдением за ходом строительства.

Таким образом, основными факторами, определяющими привлекательность геофизических методов для археологии, можно назвать их оперативность, принцип сохранения объекта исследования, возможность существенного сокращения финансовых расходов и трудозатрат. В связи с этим использование неразрушающих геофизических методов в археологической практике научных исследований зарубежных и отечественных специалистов имеет давнюю традицию.

Краткая история применения геофизических методов в зарубежной археологии

Пожалуй, первое засвидетельствованное применение геофизических методов в археологии относится к 1893 г., когда британский археолог А. Питт-Риверс использовал шуп для обнаружения рва на археологическом памятнике. Этот факт приводится в монографии А. Кларка, посвященной применению геофизического обследования в археологии (*Clark, 1996*). Считается, что впервые геофизические измерения электрического сопротивления на археологических памятниках с применением специальных приборов были осуществлены в 1946 г. Р. Эткинсоном. Однако французским исследователем в области археологической геофизики А. Эссе приводятся факты первого использования электротриеметрии французским археологом графом Р. дю Месниль дю Бюиссоном еще в 1934 г. при обследовании могильника возле Парижа (*Hesse, 2000*). Результаты этих работ никогда не публиковались на английском языке и были долгое время неизвестны широкой аудитории.

Магнитометрические обследования начались в 1958 г. М. Эйткеном, который впервые использовал протонный магнитометр. Модели этих приборов постоянно совершенствуются для получения лучшей разрешающей способности по фиксации малейших колебаний магнитного поля Земли. Революционным событием в области магнитометрии можно считать 1963 г., когда западногерманский археолог И. Схоллар применил дифференциальный сенсор, и 1966 г., когда им была разработана автоматическая цифровая запись магнитометрических данных. С этого момента применение магнитометрии стало наиболее широко распространенным методом в археологических исследованиях за счет эффективности и относительной дешевизны.

С 1980-х годов начинается первое использование методов георадиолокации в зарубежной археологии, которые также сейчас завоевали большую популярность благодаря высокой проникающей способности в глубь приповерхностных слоев, а также за счет получения адекватного трехмерного представления о «теле» археологического памятника.

В настоящее время можно говорить о том, что археологическая геофизика оформилась в виде особого направления, как научного, так и коммерческого. Существует целый ряд компаний, предоставляющих на платной основе услуги по геофизическому обследованию археологических памятников. Этими компаниями (например, Bartington, GEM Systems, Geoscan, SIR и мн. др.) распространяется геофизическое оборудование, в том числе и специально разработанное для археологов. Ссылки на адреса подобных компаний можно легко найти в сети Интернет.

Помимо коммерческого существует и научный интерес к проблемам теоретического и практического применения геофизических методов в археологии. Объединению усилий специалистов в области археологической геофизики служит Международное общество археологического обследования с офисом в университете г. Брэдфорда (Великобритания) (ISAP – *International Association for Archaeological Prospection* (<http://www.brad.ac.uk/acad/archsci/archprospection>)). Это общество проводит регулярные конгрессы *Archaeological Prospection*, на которых обсуждаются проблемы археогеофизики (1999, 2001, 2003, 2005, 2007, 2013). Информацию о результатах некоторых конгрессов на русском языке можно найти на страницах журнала «Российская археология» в виде хроники, подготовленной автором (Коробов, 2004, 2006, 2014).

История применения геофизических методов в отечественной археологии

Применение геофизических методов в отечественной археологии также насчитывает уже более полувека. И.В. Журбин в цитируемой работе вслед за В.В. Глазуновым и А.К. Станюковичем выделяет несколько периодов ее применения: экспериментальный (1950-е годы), методический (1960-е годы) и производственный (с 1970-х годов) (Глазунов, 1985. С. 8, 9; Станюкович, 1997. С. 21; Журбин, 2004. С. 10).

После первых экспериментов 1950-х годов наступил период фактического формирования отечественной археогеофизики (1960-е годы). Он был связан в первую очередь с расширением арсенала геофизических методов, используемых в археологии, оценкой потенциала этих методов для изучения различных типов объектов, обсуждением методических и технических вопросов. Наиболее часто использовались различные модификации методов электрометрии и магниторазведки. Электрометрические исследования были связаны с изучением античных построек и скифских склепов (Шилик, 1967). Магниторазведка применялась при поиске, картировании и изучении гончарных печей на территории древнерусских памятников и средневековых памятников Крыма (Шилик, 1974), картировании поселений и могильников трипольской культуры. Кроме электрометрии и магниторазведки были использованы и другие геофизические методы изучения археологических памятников, например сейсморазведка и фосфатный анализ почв.

Начиная с 1970-х годов археогеофизические исследования продолжают совместно с крупными специализированными геофизическими учреждениями (Колчин, 1979; Станюкович, 1997). В конце 1970-х годов археогеофизика при-

влекала особое внимание Комиссии по применению методов естественных наук в археологии и Московского общества испытателей природы, под эгидой которых был проведен ряд конференций. Исследования этого периода характеризуются разнообразием типов изучаемых археологических объектов, датируемых в широком хронологическом диапазоне, а также расширением географии археогеофизических исследований.

Традиционно продолжались неразрушающие исследования памятников Северного Причерноморья. Основными объектами были преимущественно однослойные античные сельские поселения с рядовой структурой каменных построек и относительно небольшой мощностью культурных напластований (*Станюкович*, 1990): античные виллы и усадьбы, остатки древних агротехнических сооружений, античные и средневековые гончарные центры и гончарные печи на их территории, поселения эпохи бронзы, погребальные памятники. Развивались геофизические исследования археологических памятников центральных и северо-западных районов России. Основными объектами исследований были средневековые поселения, их структура, планировка и отдельные объекты и сооружения на их территории. Археогеофизические исследования проводились и в других регионах: Армении, Таджикистане, Северном Кавказе, Сибири, Украине. В последние годы российские специалисты в области археогеофизики проводили исследования и за рубежом.

В рассматриваемый период появилась тенденция многолетних и многоцелевых археогеофизических исследований, позволяющих разработать и апробировать методику измерений, математической обработки и методы интерпретации результатов для определенных категорий памятников археологии. На базе ежегодной комплексной археолого-геофизической экспедиции на территории ряда памятников были сформированы научно-исследовательские полигоны по применению неразрушающих геофизических методов. В экспериментах принимали участие ведущие исследовательские группы России и зарубежные специалисты. Примерами последовательных исследований одного памятника служат поселение Панское I, грунтовые могильники Северного Кавказа, городище Чича I. Группами аналогичных археологических объектов, которые были исследованы в рассматриваемый период, стали античные памятники Крыма и архитектурно-исторические объекты и территории русских городов (*Щеглов*, 1985; *Слукин*, 1988; *Шрайбман и др.*, 1988; *Smekalova, Maslennikov*, 1993; *Молодин и др.*, 2001).

Такой подход не только обеспечивает более высокое качество археологической интерпретации геофизических данных по сравнению с «однократными» исследованиями, но и позволяет совершенствовать геофизические методы в их археологическом применении. Необходимость и эффективность многолетних исследований на археолого-геофизических полигонах была подтверждена работами И.В. Журбина на средневековом городище-крепости Иднакар и многослойном Зуево-Ключевском I городище (Удмуртия), а также на поселении бронзового века Горный (Каргалинский горно-металлургический центр, Оренбургская область) (*Журбин*, 2004).

Постепенно в новых экономических условиях 1990-х годов сложилось и коммерческое направление в российской археологической геофизике. В настоящее время в России полевые обследования с помощью археологической геофизики

проводят ЗАО НПЦ «Геотехнология», Фонд подводных геофизических исследований (<http://www.geo-radar.ru/index.php>), специалисты геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (<http://www.geog.ru>) и др.

Использование магнитометрии в археологии

Остановимся подробнее на основных геофизических методах, применяемых в археологии. К ним прежде всего относится магнитометрия. Она основана на измерении магнитного поля Земли и выявлении его аномальной составляющей, которая определяется изменением естественной структуры верхних слоев грунта ввиду наличия в них объектов археологии. Археологические объекты характеризуются магнитными свойствами, отличающимися от магнитных свойств вмещающей среды. В соответствии с этим магниторазведка однозначно фиксирует местоположение объектов, которые подвергались термическому воздействию в древности (каменные стены сгоревших построек, остатки древних печей, горнов) (рис. 1, 1), а также остатков кузнечного производства (железная окалина в слое, развалы шлака, очаги, зольники) и перекопов в материковом слое (ямы разного назначения, дренажные системы, рвы, котлованы). Менее уверенно фиксируются стены, дороги, траншеи, деревянные конструкции, каналы, шахты, «пятна» жилищ без каменной кладки.

К методам магнитометрии можно отнести *применение металлодетекторов* в археологии. В принципе это самый распространенный геофизический метод поиска металлических объектов, поскольку при этом используется наиболее дешевая аппаратура (стоимостью в несколько сотен долларов США), которая проста в использовании и не требует специальных знаний. Металлодетектор представляет собой «активный» инструмент – он генерирует электромагнитный сигнал и принимает его отражение. Прибор имеет ограничения как по набору изучаемых объектов (исключительно металлические предметы), так и по глубине проникновения сигнала. Кроме того, металлодетекторы весьма чувствительны к шумам, что выражается в большом количестве современных металлических объектов, попадающихся при обследовании. Следует отметить и некоторое психологическое ограничение в применении металлодетекторов археологами. Ведь это излюбленный инструмент современных искателей сокровищ, грабителей археологических древностей. Поэтому вопросы, связанные с регламентацией использования металлодетекторов при обследованиях археологических памятников, чрезвычайно остро стоят как перед отечественными, так и перед зарубежными учеными. В России применение металлодетекторов при археологических работах регламентируется Федеральным законом от 23 июля 2013 г. № 245-ФЗ (ст. 45.2), а также Положением о порядке проведения археологических полевых работ (археологических раскопок и разведок) и составления научной отчетной документации, утвержденным постановлением № 85 Бюро Отделения историко-филологических наук Российской академии наук от 27 ноября 2013 г. Правила использования металлодетектора при разведочных и раскопочных работах приводятся¹ в пунктах 3.12. и 4.15.

¹ См. электронный ресурс: <http://archaeolog.ru/?id=15>.

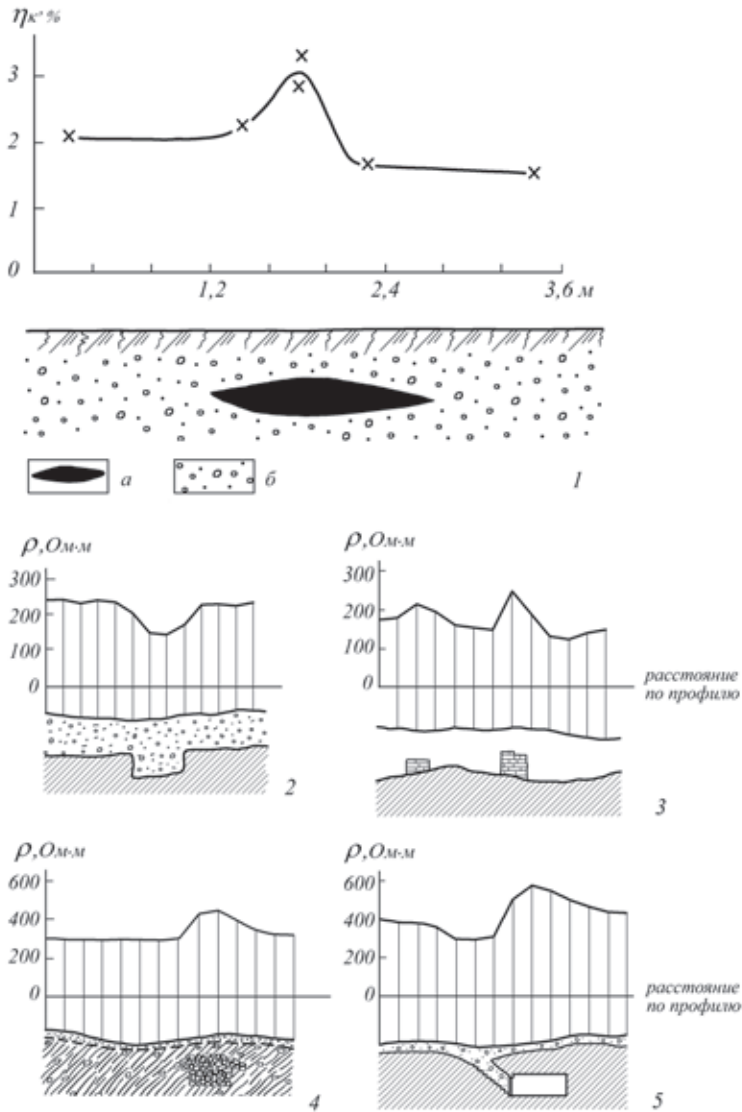


Рис. 1. 1 – график поляризуемости над остатками угля в костре (а – древесный уголь; б – почва); 2–5 – графики измерения электрического сопротивления разных археологических объектов (по: Франтов, 1965. Рис. 3, 13)

Магниторазведка в археологии проводится с использованием специальных приборов – магнитометров. Когда-то это были первые электрические магнитометры, статично устанавливаемые над точкой измерения. В настоящее время используются квантовые магнитометры: протонные и цезиевые, отличающиеся

ся разрешающей способностью и скоростью измерений. С их помощью можно осуществлять постоянную запись величины измеряемого магнитного поля в движении.

При этом важным моментом является разбивка на поверхности памятника сетки геофизических измерений и тщательная фиксация проходов по этой сетке, которые для увеличения скорости работ осуществляются во встречных направлениях. Эти правила работы с сеткой измерений (геофизики зачастую используют для нее термин «полигон») используются в процессе практически всех геофизических работ. Обычно разбивка осуществляется квадратами со сторонами 10×10 , 20×20 , 40×40 , 50×50 м. Для обозначения квадратов на поверхности растягивается веревка с отметками для контроля над частотой измерений. Чем меньшая величина данной разметки, тем, с одной стороны, большая разрешающая способность у результатов обследования, но и, с другой стороны, большие трудозатраты на получение этих результатов. Как правило, измерения осуществляются с шагом в 1, реже в 2 или 0,5 м. Геофизику в процессе полевой работы требуются помощники, которые переносят размеченный веревками полигон для ускорения процесса обследования. Важнейшее условие – жесткая топографическая привязка разбитых полигонов геофизического обследования для последующей увязки ее с сеткой раскопов. Для этого рекомендуется создавать единую сеть квадратов на памятнике, используемую геофизиками и археологами. Современные полевые методы позволяют добиться точнейшей топографической привязки геофизических участков обследования с помощью измерений GPS-приемников геодезического класса.

Популярность применения магнитометрии заключается прежде всего в том, что это, с одной стороны, достаточно дешевый способ археогеофизики (стоимость оборудования от \$1500 до 10000), а с другой – весьма эффективный, поскольку он позволяет быстро обследовать большие территории (за рабочий день от 0,5 до 1,5–2 га). К недостаткам данного метода можно отнести его чувствительность к шумам – на результаты магнитометрии имеет большое влияние электромагнитное излучение буквально всех объектов инфраструктуры (металлические изгороди, линии электропередач, автомобили, засоренность памятника современным металлическим мусором и т.д.). Кроме того, магнитометрия имеет ограниченность в характере магнитных аномалий у археологических объектов.

Ранее считалось, что с помощью магнитометрии можно обнаружить только те археологические объекты, магнитные свойства которых изменились после пребывания в огне (очаги, гончарные и металлургические печи, скопления керамики, сгоревшие деревянные или глинобитные постройки и т.д.). Однако современные магнитометры фиксируют мельчайшие перепады магнитного поля, они способны распознать, например, разницу в заполнении грунтовых столбовых или хозяйственных ям за счет большего содержания в них органики в отличие от вмещающего слоя. Поэтому магнитометрия в настоящее время является основным геофизическим методом обследования поселений и могильников разных эпох и географических широт. При этом следует учитывать, что данные магнитометрии отражают, как правило, информацию об аномалиях магнитного поля, лежащих на глубине 1–2 м от поверхности. Магнитометр способен различить на большей глубине лишь крупные объекты из черного металла (цветной металл



Рис. 2. Модель градиентометра с цезиевыми датчиками (1); модель георадара с периферийными устройствами записи (2) (по: Бездудный, 2006. Рис. 7)

не обладает особыми свойствами магнитного поля и не фиксируется спомощью магнитометра). Поэтому наилучшие результаты достигаются при исследовании однослойных поселений или могильников с неглубоко залегающими сооружениями.

Территорию, которая исследуется магнитометрией, следует предварительно освободить от современного металлического мусора, лежащего на поверхности и под дерном (с этой целью обычно используют металлодетекторы). Чтобы избежать искажений, вызванных влиянием современных объектов инфраструктуры, зачастую используют такой вид магнитометров, как градиентометр (рис. 2, 1). Он представляет собой магнитометр с несколькими датчиками, расположенными у поверхности земли и приподнятыми над ее поверхностью на 1–2 м. Показания считываются одновременно с обеих пар датчиков, а затем



Рис. 3. Пример результатов магнитометрических исследований Дура-Эвропос (Сирия) (по: *Benech*, 2003. Fig. 2)

вычисляется градиент – разница показателей магнитного поля пары датчиков. Поскольку шумы современных электромагнитных излучений влияют на приподнятый в пространстве датчик, эти показатели отсекаются при математической обработке данных магнитной съемки и остаются лишь данные о магнитном поле приповерхностного слоя. Интерпретацию магнитометрической съемки полезно подкреплять данными каппаметрии – измерения магнитной восприимчивости геологических и археологических объектов, а также разных почвенных слоев непосредственно на изучаемом памятнике археологии.

В качестве примеров использования магнитометрии на зарубежных и отечественных памятниках можно привести результаты масштабных работ польского исследователя Т. Хербича в Мемфисе (Египет) (*Herbich*, 2003), которые были прекрасно подтверждены в ходе раскопок, а также работы французских исследователей в античном городе Дура-Эвропос в Сирии (М. Даба и др.), где проведенная на широкой площади магнитометрия позволила реконструировать план не раскопанной части города (рис. 3) (*Benech*, 2003;). В России следует

упомануть магнитометрические исследования германских геофизиков Х. Беккера и Й. Фассбиндера, измерения Й. Фассбиндера на аланских памятниках близ Кисловодска, о которых речь пойдет ниже, а также яркие результаты, полученные в ходе исследований В.Г. Бездудным ряда поселений Курской и Ростовской областей (*Бездудный*, 2006). Разумеется, список магнитометрических измерений на археологических памятниках этим не ограничивается, заинтересованный читатель легко найдет данную информацию в зарубежных изданиях (например, в трудах международной конференции *Archaeological Prospection* или в одноименном журнале), а также в отечественных публикациях (см., например, работы российских и украинских геофизиков, опубликованные в электронном издании «Археология и геоинформатика»).

Наконец, следует упомянуть еще одно достоинство магнитной съемки, которое заключается в том, что благодаря ее масштабности и наглядности именно она чаще всего используется в ГИС для последующего анализа и интерпретации данных о памятнике. Импорт магнитного плана памятника в программу ГИС в этом случае сопровождается выделением объектов, интерпретируемых как археологические, которые потом можно вывести в виде векторного полигонального слоя и использовать методы пространственного анализа для изучения закономерностей в размерах, форме и расположении тех или иных структур.

Электроразведка в археологии

Электроразведка основана на изучении электрических свойств археологических объектов в среде, вмещающей эти объекты. Возможность практического применения электрометрических методов для изучения грунта обусловлена тем, что вмещающие грунты и объект, погруженный в них, различаются по удельному электрическому сопротивлению (рис. 1, 2–5). При зондировании грунта методами электрометрии чаще всего применяются методы постоянного тока и низкочастотного электромагнитного поля.

Метод электрометрии позволяет исследовать практически все категории объектов – оборонительные сооружения, объекты в культурном слое (цоколи стен, отдельные камни, их скопления, нарушения и уплотненности почвенного слоя, котлованы жилищ, перекопы), архитектурные остатки и фундаменты, подземные пустоты, печи и очаги. Существенные трудности возникают при поиске методом электрометрии погребенных деревянных объектов и грунтовых погребений без конструкций. Следует также отметить, что на качество измерений при электрометрии существенно влияет ориентировка находящихся в земле объектов: наилучшие результаты достигаются, если измерения производятся в перпендикулярном направлении к вытянутым структурам (таким, как, например, стены каменных построек).

На археологических памятниках используются прежде всего электропрофилирование и площадное измерение сопротивления. Это достигается последовательным измерением сопротивления между двумя воткнутыми в землю электродами. При этом чем больше расстояние между электродами, тем глубже проникающая способность измерений.

Стоимость оборудования для электрометрии относительно невысока (от \$1500), но зависит от его конструктивных особенностей. Следует отметить, что электрометрия – достаточно трудоемкий способ археогеофизики, поскольку занимает большее количество времени на перестановку измерительных приборов (электродов). Поэтому существуют технические усовершенствования, когда измерения осуществляются с несколькими парами электродов вручную или с помощью механических устройств. В последнем случае измерения могут сопровождаться точной пространственной привязкой с помощью геодезических GPS-приемников, что сильно ускоряет работу, поскольку снимает необходимость разбивки сети измерений на местности. Разумеется, стоимость подобных механизированных устройств весьма значительна.

Одна из особенностей электрометрии – постобработка ее результатов, когда на основе полученных профилей измерений электрического сопротивления методом интерполяции выстраивается план обнаруженных аномалий в приповерхностном слое. Поскольку измерения привязаны по глубине, можно получить достаточно объективную картину о залегающих на разных уровнях аномалиях, соотносящихся с археологическими объектами, путем операции так называемых временных срезов (*time slice*). Данный метод получил название «электротомографии», он позволяет получить весьма успешные результаты по выделению некоторых археологических объектов, вплоть до построения плана поселения на определенной глубине без археологических раскопок.

Электрометрия, как уже было сказано, применяется реже, чем магнитометрия, однако в упомянутых выше работах можно найти интересные примеры ее использования при изучении археологических памятников. Следует отметить, что данный метод наиболее успешно применялся советскими, а впоследствии и российскими геофизиками, чей высокий уровень в электрометрических приповерхностных измерениях общепризнан в мировой науке. Не заостряя внимания на ставших уже классическими исследованиях К.К. Шилика, В.В. Глазунова, Т.Н. Смекаловой, остановимся на последних исследованиях И.В. Журбина, результаты которых публиковались в электронном издании «Археология и геоинформатика» (*Журбин, Смургин, 2008; Журбин, 2010*). Автором была разработана система многоэлектродного автоматизированного электроразведочного комплекса «Иднакар», сконструированного в Физико-техническом институте Уральского отделения (УрО) РАН (г. Ижевск), а также специализированная программная система для обработки и визуализации результатов измерений. Наиболее широко она применялась в процессе многолетних исследований на средневековом городище Иднакар в Удмуртии, где был отработан значительный участок электрометрических измерений. В последние годы коллектив И.В. Журбина проводит интересные работы по интерпретации геоэлектрических профилей на памятниках чепецкой культуры (Республика Удмуртия), которые с помощью добавления топографической информации приводятся в максимальное соответствие с археологическими профилями (рис. 4, 1). Результаты компьютерной визуализации данных электропрофилирования позволили создать адекватные модели внутренних оборонительных сооружений городища (рвов и валов), которые в настоящее время неразличимы на поверхности.

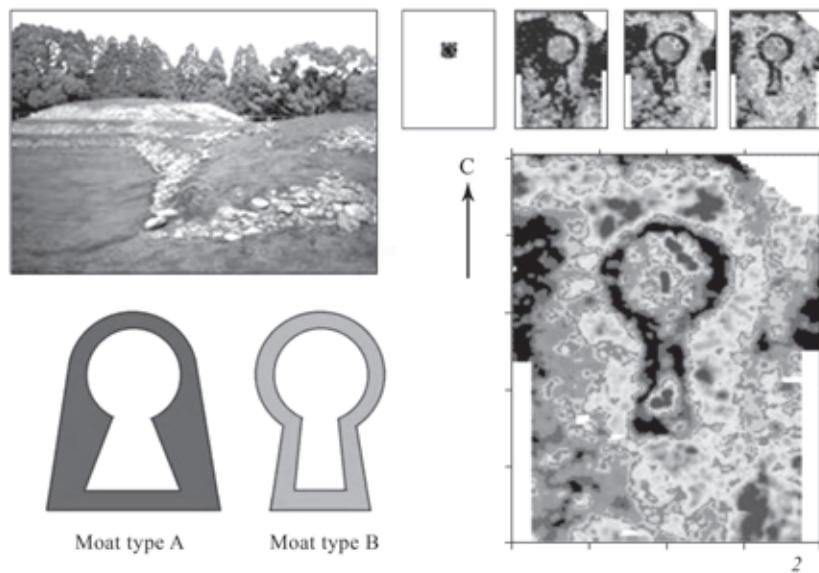
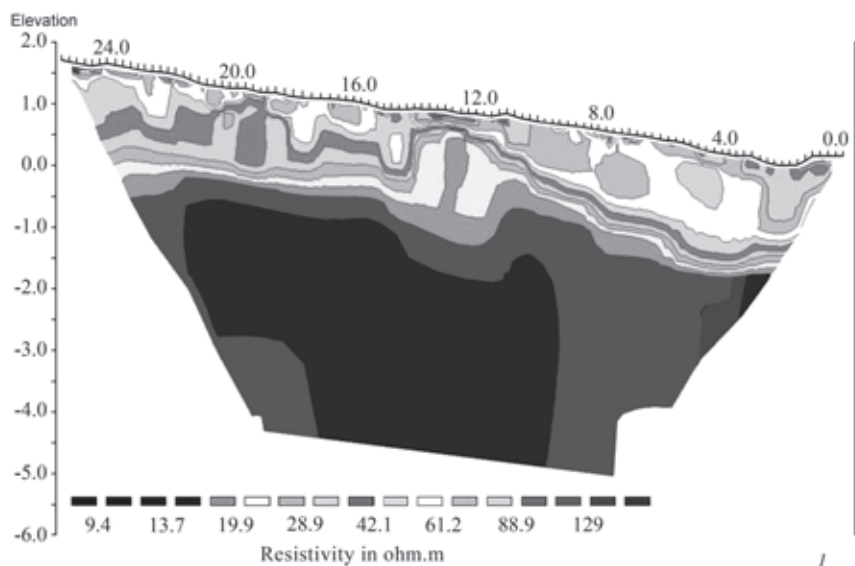


Рис. 4. 1 – геоэлектрический разрез вала городища Иднакар (Удмуртия), построенный по измерению сопротивления на разной глубине; 2 – пример неструктивного определения типа погребального сооружения раннего средневековья в Японии с помощью георадара (по: Журбин, Смургин, 2008. Рис. 10; интернет-сайт «GPR-slice software»: <http://www.gpr-survey.com>)

Георадарные исследования

Метод георадиолокации – один из новейших способов изучения неоднородностей в приповерхностных отложениях Земли, ему около 30 лет (Conyers, Goodman, 1997). Суть метода заключается в зондировании приповерхностных слоев радиоволнами на частоте от 20 до 1000 МГц «активным» способом – передающей и принимающей антенной. При этом измеряются скорость и глубина прохождения сигнала, которые меняются в зависимости от свойств грунта (наибольшие – сухой песок, наименьшие – сырая глина). Эти измерения позволяют выстроить георадиолокационный профиль, на котором в разрезе отражаются объекты, отличающиеся от вмещающей среды.

Георадарные исследования завоевывают все большую популярность как за рубежом, так и в России, несмотря на относительную дороговизну аппаратуры – ее стоимость варьируется от \$10000 до 50000 и выше. Ограничительным моментом в использовании георадиолокации являются несколько обстоятельств: это прежде всего присутствие так называемой «мертвой зоны», лежащей непосредственно под дерном, где антенны не успевают зафиксировать отраженный сигнал. В результате интерпретация профиля начинается с глубины, которая напрямую зависит от частоты антенны (у антенн меньшей частоты меньше и величина «мертвой зоны»). Кроме того, требуется математическая постобработка результатов для удаления шумовых эффектов в профиле, которая может существенным образом влиять на дальнейшую интерпретацию выявленных аномалий. Вообще же интерпретация георадарных профилей представляется сложной операцией, требующей специальной подготовки.

К числу достоинств данного геофизического метода следует отнести высокую разрешающую способность этих приборов, которые работают с шагом в 10–20 см, а также скорость обследования некоторыми типами георадаров, работа которых возможна как с помощью ручной тяги (рис. 2, 2), так и с помощью передвижных механизмов. В последнем случае также применяется автоматическая запись пространственного расположения профилей с помощью геодезических GPS-приемников. Найти примеры российских работ с подобными механизированными георадиолокационными комплексами можно на интернет-сайте <http://www.geog.ru>.

Особым образом стоит проблема с записью георадарных данных, которая содержит гораздо больше информации, чем данные магнито- и электрометрии. Для этого создают сложные комплексы, состоящие из портативных компьютеров, подключенных к антеннам георадара, применяя зачастую весьма оригинальные устройства, как, например, использование австрийскими геофизиками для этой цели детской коляски с покрытием в виде солнечных батареек. Следует сказать, что эта проблема решена у разработчиков отечественной модели георадара «ЛЮЗА», снабженной портативным герметичным записывающим устройством. Одна из особенностей этой модели – возможность глубокого обследования подповерхностного слоя с высокой разрешающей способностью. Однако эта точность достигается за счет относительно медленной работы, когда каждое измерение по профилю необходимо заносить вручную. Подробнее с этой моделью

георадаров можно познакомиться на интернет-сайте ее разработчиков <http://www.geo-radar.ru/index.php>.

Как уже упоминалось выше, первичные результаты георадиолокационного обследования представляют собой профили, на которых отражены скорость и глубина прохождения отраженного радиосигнала. Имея набор подобных профилей, можно построить методом интерполяции трехмерную модель обследованного участка местности и затем представить ее плановые разрезы на разной глубине благодаря процедуре *time slice*. Существуют специальные компьютерные программы подобной обработки георадарной информации. Наиболее распространенная из них принадлежит американскому геофизику Д. Гудману, изучавшему методами георадиолокации многочисленные археологические памятники разных континентов и эпох (<http://www.grg-survey.com/gprslice.html>). На его авторском сайте можно ознакомиться с процедурой создания послойных планов радиолокационных аномалий, соотносимых с залегающим под земной поверхностью археологическим объектом – катакомбным захоронением. Отработка данной методики на памятниках эпохи раннего средневековья в Японии позволила без археологических раскопок определять тип залегающих под курганными насыпями каменных склепов (рис. 4, 2). Примеры анимационных файлов с записью такой пошаговой процедуры создания планов залегающих на разной глубине археологических объектов, полученные с помощью георадиолокации, можно найти на упомянутом сайте Д. Гудмана, а также на авторском сайте геофизиков из МГУ им. М.В. Ломоносова А.А. Ключко и Д.Л. Шишкова (<http://www.geog.ru>). В настоящий момент эта технология получила дальнейшее развитие в виде трехмерного моделирования разных составляющих археологического слоя, которые выделяются методом георадиолокации как объекты с разными свойствами.

Другая интересная особенность интерпретации данных георадиолокации – возможность топографической коррекции, т.е. математических операций по изменению георадарного профиля в соответствии с неровностями обследованной поверхности земли. В этом случае получается более адекватная информация об аномалиях, что важно при исследовании методом георадиолокации выраженных в рельефе объектов, например курганных насыпей. Ярким примером использования методов топографической коррекции результатов георадарного профилирования с помощью модели «ЛОЗА» может служить неdestructивное исследование курганов Ставрополя и Кабардино-Балкарии. С.В. Меркуловым было разработано специальное программное обеспечение «КРОТ» для обработки результатов георадиолокации с возможностью построения поврежденных разрезов (*time slice*) и осуществления топографической коррекции (<http://radar-stv.narod.ru/index.html>).

Использование сейсморазведки в археологии

Сейсморазведка относительно редко применяется в археологии. Суть этого метода заключается в изучении упругих свойств подземных или подводных объектов за счет измерения времени прохождения упругой волны, возбуждаемой колебаниями земных недр. Для задач глубинной геофизики с этой целью ис-

пользуются взрывные устройства, закладываемые в шахты. Приповерхностная геофизика может удовлетвориться минимальными колебаниями, вызванными, например, вколачиванием деревянной сваи в землю. За счет измерений сейсмоакустический метод позволяет выявлять разницу в средах, вызванную пустотой, или погребенные каменные конструкции, сильно отличающиеся от вмещающей среды. Данный метод требует наличия специализированного и весьма дорогостоящего оборудования, иногда нескольких передвижных сейсмостанций. Сложность методики и ее высокая стоимость обусловили редкое использование данного метода в археологии. Один из ярких примеров успешного применения сейсморазведки в комплексе с электроразведкой и магнитометрией – изучение древних захоронений могильника Клин-Яр 3 возле Кисловодска, проведенное группой геофизиков в 1980-е годы (*Шрайбман и др.*, 1988).

* * *

Завершая краткий обзор использования геофизических методов в археологических исследованиях, следует указать на важные моменты. Во-первых, представляется очевидной необходимость тесного сотрудничества археолога и геофизика для достижения адекватного результата по неразрушающему обследованию археологических памятников. Только в ходе подобного сотрудничества удастся, с одной стороны, профессионально определить достоинства и ограничения выбранного геофизического метода, а с другой, добиться приемлемой интерпретации его результатов, адекватной изучаемым древностям. Второй момент – важность комплексного подхода к геофизическому обследованию археологических памятников. Именно сочетание разнообразных методов геофизики (в совокупности с другими неdestructивными методами) на одном памятнике позволяет достичь наиболее весомых результатов в интерпретации обнаруженных аномалий. При этом обычной стратегией является широкомасштабное обследование поверхности с помощью магнитометрии и затем более детальный анализ перспективных участков методами электроразведки и/или георадиолокации. Естественный ограничитель в широком распространении данного подхода – высокая стоимость геофизических работ. Тем не менее непременно следует стремиться к комплексности в использовании геофизики – ведь конечная стоимость полных раскопок интересующего археолога памятника будет заведомо выше и займет гораздо больше времени. Принципы этого комплексного подхода и его примеры рассматриваются ниже.

Примеры комплексных проектов в России

Организация комплексных проектов в нашей стране началась примерно в то же время, что и за рубежом – в начале 1990-х годов, но долгие годы они не получали широкого распространения в силу недостатков системы финансирования науки и возникшей в результате этого некоторой технической отсталости. Можно с уверенностью сказать, что эти времена уже в прошлом, и сегодняшние мультидисциплинарные проекты по изучению археологического наследия Российской Федерации осуществляются не менее успешно, чем в Европе или Аме-

рике. Заинтересованный читатель может найти информацию о подобных проектах, организованных археологами из Москвы, Новосибирска, Санкт-Петербурга и других научных центров, самостоятельно или в сотрудничестве с зарубежными коллегами. Мультидисциплинарный подход в археологии дает наиболее значимые результаты при проведении современных полевых исследований (см., например: *Деревянко и др.*, 2005; *Алешинская и др.*, 2008). Комплексные проекты, включающие изучение данных дистанционного зондирования, результаты геофизического и почвоведческого обследования, объединенные в ГИС, стали повседневностью. Ниже приводится несколько примеров таких работ (*Коробов*, 2011. С. 164–172).

Пожалуй, одним из первых комплексных проектов, предполагающих не-деструктивное обследование археологического памятника с привлечением максимального спектра современных методик, были работы на *Маяцком селище*, проводившиеся Институтом археологии РАН под руководством Г.Е. Афанасьева (*Афанасьев и др.*, 1999). Данный памятник был выбран в качестве полигона для отработки методики исследования прежде всего потому, что он был изучен в ходе многолетних работ Советско-Болгаро-Венгерской экспедиции ИА АН СССР, когда было раскопано 50 жилых и хозяйственных построек селища возле знаменитой Маяцкой крепости. Накопленная информация позволяла определить основные типы археологических объектов, которые могут быть выявлены дистанционными методами по результатам дешифрирования аэрофотоснимка.

С этой целью для локализации выделенных объектов вся территория памятника, отображенная на аэрофотоснимке, была покрыта условной сеткой квадратов, которые имели размеры 1×1 см на снимке и приблизительно 120×120 м на местности (рис. 5). Каждый квадрат был оцифрован в Институте космических исследований РАН и затем обработан при помощи программно-аппаратного комплекса MAGISOFT и пакета программ ErMapper 5.5. Выявленные по яркостным характеристикам пятна, сопоставимые по формам и размерам с известными сооружениями, были описаны и привязаны к условным реперам на аэрофотоснимке. По результатам проведенного дешифрирования аэрофотоматериалов в 1994 и 1995 гг. была организована археологическая экспедиция, целью которой стала проверка на местности правильности выводов, сделанных в ходе камеральных работ.

В процессе полевых работ последовательно решались задачи привязки результатов дешифрирования к местности и проведения собственно раскопочных работ. Для точной привязки пятен масштабно-координатная сетка, использованная при оцифровке и анализе изображений, была разбита на территории памятника. Дальнейшая привязка объектов проводилась внутри полученных квадратов. Используя замеры, сделанные по снимку, на площади тестовых участков местности были реперами отмечены центры предполагаемых объектов. Затем несколько объектов в разных квадратах выбраны для раскопок. Критериями отбора послужили расположение объектов на интересующих участках рельефа, а также форма, размеры и читаемость их при дешифрировании.

В итоге работ 1994–1995 гг. удалось обнаружить три новые постройки салтово-маяцкой культуры и гончарный комплекс. Они были намечены к исследованиям на разных участках Маяцкого селища в целях отработки методики дешифрирования. Присклоновый участок на северо-восточной окраине памят-

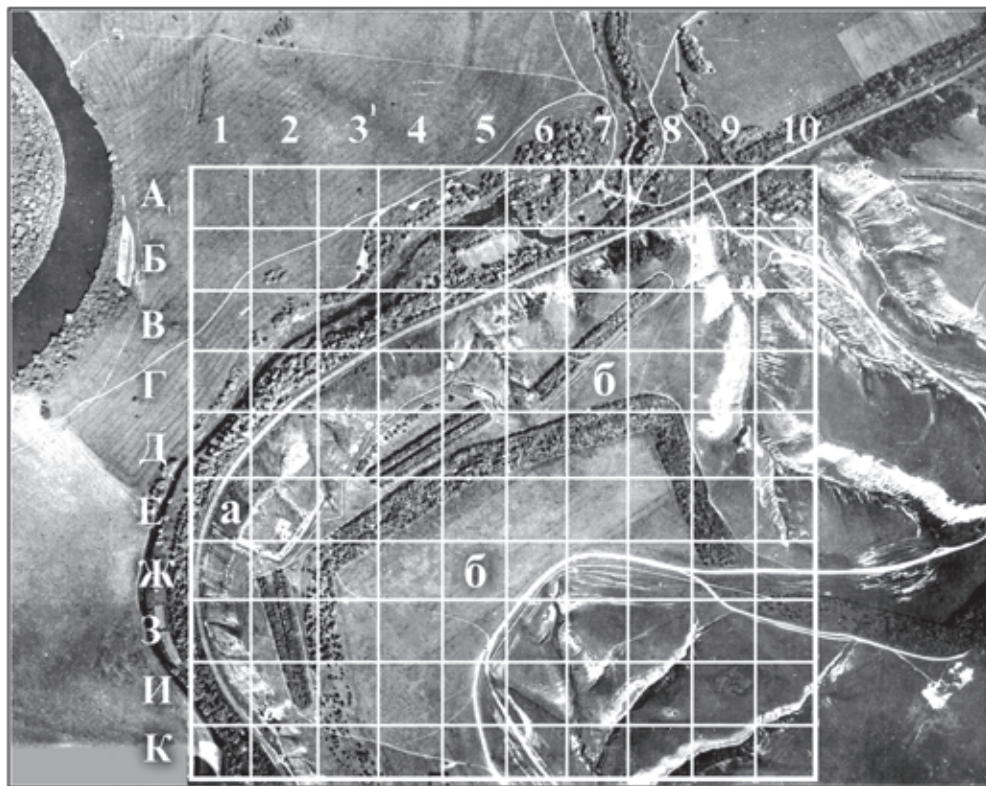


Рис. 5. Аэрофотоснимок Маяцкого археологического комплекса (а – крепость; б – селище) (по: Афанасьев и др., 1999. Рис. 1)

ника (кв. Г9) содержал несколько характерных пятен, одно из которых принадлежало постройке 51. На поверхности в этом месте наблюдалась западина от котлована постройки, исследованной раскопками. Другой участок относился к ровной местности, не подвергавшейся распашке и сохранившей благодаря этому следы археологических объектов на поверхности. Одно из пятен в кв. В8 характерной формы и размеров было выбрано в качестве объекта исследования, локализовано на местности и раскопано. Перед раскопками было отмечено присутствие влаголюбивого травяного покрова, характерного для растительности в котлованах построек. В результате полевых работ расчищена постройка 52, в которой выявлен гончарный комплекс. Наконец, третьим участком выбрана подвергавшаяся многолетней распашке часть Маяцкого селища, на которой в кв. Е5 выделено пятно предполагаемой постройки, не имевшее никаких визуальных признаков на поверхности. В результате обнаружена и исследована постройка 53, внутри которой сохранилась печь с боковой топочной камерой. Следует отметить, что работы по топографической локализации объектов на местности сильно осложнялись отсутствием GPS-приемников, которые помогли бы решить поставленную задачу с большим успехом.

Многолетний мультидисциплинарный проект по исследованиям *Каргалинского древнего горно-металлургического меднорудного центра* эпохи бронзы, проводившийся в 1990–1999 гг. экспедицией Института археологии РАН под руководством Е.Н. Черныха, в настоящее время получил широкое освещение благодаря многотомной публикации (Каргалы, 2002). Этот уникальный регион представляет собой гигантский производственный, горнодобывающий и металлообрабатывающий комплекс. Специфический характер археологических объектов данного региона – прежде всего следов древних горнопроходческих работ, находящихся на поверхности, – обусловил комплексный методический подход в их изучении, применявшийся в ходе работы над проектом. В большинстве случаев археологам приходилось иметь дело с вертикальными и горизонтальными проходками песчаниковых пород (шахтами и штольнями), устроенными древним населением для достижения рудных тел. Следы этих объектов распознавались на аэрофотосъемке и космических снимках, что позволило составить общее представление об ареале данного феномена и проверить выводы при осмотре шахт и штолен на поверхности. Некоторые участки при полевом обследовании тщательно картографировались – составлялись планы подземных штолен.

Особое внимание исследователи сосредоточили на комплексном изучении поселка металлургов эпохи позднего бронзового века – селище Горный. Прежде всего на памятнике была устроена единая координатная сетка для привязки раскопанных и не раскопанных участков и соотнесения их с данными неструктивных обследований. Эти обследования велись в течение нескольких сезонов с помощью электротомии коллективом геофизиков под руководством И.В. Журбина, что оказало важное, а порой и решающее влияние на планирование раскопочных работ. Электротомия осуществлялась с использованием автоматизированного электроразведочного комплекса «Иднакар». Геофизиками ставились две основные цели: определение границ и общей планировки поселения Горный и определение структуры и границ археологических объектов, выделенных на территории памятника. Общая площадь исследования составила более 9000 м², в результате чего был получен электротомический план поселения. Выявленные по результатам геофизического обследования аномалии исследовались раскопками. При этом использовался максимально полный спектр данных, полученных методами естественных наук: палинологией, археозоологией, антропологией, спектральным и радиоуглеродным анализами и т.д. Результаты раскопок визуализировались с помощью компьютерных технологий, создавались трехмерные модели изученных объектов. В ходе проекта получены обширные материалы, обобщение и интерпретация которых опубликованы в пятитомной коллективной монографии «Каргалы».

Городище Чича (эпоха поздней бронзы – ранний железный век) в Барабинской степи – яркий пример удачного сочетания в одном проекте комплексных геофизических исследований и тестовых археологических раскопок. Совместные исследования Института археологии и этнографии Сибирского отделения РАН с Германским археологическим институтом проводились на памятнике под руководством В.И. Молодина в 1999–2000 гг., через 20 лет после его открытия (Молодин и др., 2001; Чича, 2001). Широкомасштабные магнитометри-



Рис. 6. Магнитограмма городища Чича с нанесенными (1979 г., 1–4) раскопами (по: Молодин и др., 2001. Рис. 2)

ческие исследования на городище велись немецкими геофизиками Х. Беккером и Й. Фассбиндером, в итоге определена уникальная планиграфия памятника (рис. 6). Всего магнитометрической съемкой охвачено более 23 га, в результате чего площадь памятника, выявленного в ходе магнитометрии, увеличилась в 5 раз по сравнению с площадью, известной благодаря выраженным в рельефе объектам и наблюдению за распространением подъемного материала.

Было намечено несколько объектов для небольших раскопок, которые более детально исследовались с помощью магнитометрии. Перед началом работ российскими геофизиками дополнительно проводилось электрометрическое обследование территории будущего раскопа, выстраивались геоэлектрические разрезы и разноглубинные срезы, построенные по принципу *time slice*. В итоге комплексных геофизических работ получена детальная информация о форме и глубине залегающих в земле археологических объектов, которая была блестяще подтверждена археологическими раскопками. В настоящий момент исследования городища Чича можно считать эталонными по отработке методики неdestructивного изучения археологического памятника комплексными геофизическими методами.

Одним из ярких примеров комплексного подхода к изучению памятников археологии стали недавние работы на раннесредневековой **крепости Пор-Бажын**, расположенной на острове посреди оз. Тере-Холь, на юго-востоке Тувы, в труднодоступном районе Восточных Саян. Впервые памятник упоминается в 1701 г. историком и этнографом Сибири С.У. Ремезовым в «Чертежной книге Сибири». В 1891 г. памятник обследован этнографом и археологом Д.А. Клеменцем, который первый отметил его сходство с древним уйгурским городом Ка-

ра-Балгасун (Монголия). Крепость занимает практически весь остров и имеет площадь 3,5 га. В 1957–1963 гг. на памятнике работала Тувинская экспедиция Института этнографии АН СССР под руководством С.И. Вайнштейна. На основании находок и по ряду аналогий С.И. Вайнштейн вслед за Д.А. Клеменцем и другими учеными датировал Пор-Бажын серединой VIII в., т.е. временем Уйгурского каганата.

Новый этап в изучении крепости Пор-Бажын наступил в 2007–2008 гг., когда под патронажем Министерства по чрезвычайным ситуациям РФ были организованы мультидисциплинарные исследования, на настоящий момент наиболее полно отвечающие принципам современного неdestructивного подхода к изучению археологических памятников. Впервые археологическое изучение памятника включило все современные естественно-научные методы (геофизические, гидрологические, почвенные, планиметрические), которые позволили получить и сохранить обширную и разнообразную информацию о памятнике (*Панин и др.*, 2014).

До начала археологических работ было сделано лазерное сканирование всего острова и памятника с помощью технологии LIDAR, в результате которого созданы топографический план и трехмерная цифровая модель объекта. Полученная цифровая модель стала основой для пространственной привязки всех дальнейших комплексных работ на памятнике. Эти работы включали в себя археологическое исследование памятника и его окрестностей; планиметрические исследования памятника и всего острова (топографическая съемка и лазерное сканирование); геофизические, гидрологические и почвенные исследования с целью создания палеоландшафтных реконструкций; разработку комплексных мер по консервации и реставрации памятника, а также по сохранению территории острова; рекреационные исследования с целью сохранения историко-культурного и природного наследия; разработку концепции музеефикации памятника.

Геофизическое обследование острова и акватории озера методами магнитометрии и электроразведки позволило выявить в крепости места аномалий, перспективных для обнаружения археологического материала. Была построена геофизическая модель строения острова и озера, сделана палеоландшафтная реконструкция древней акватории озера.

Гидрологические изыскания дали возможность построить карту глубин озера, сделать оценку его водного баланса и среднесрочный прогноз поведения его уровня, а также определить современные гидрохимические и гидробиологические характеристики озерной воды. Геоморфологические исследования включали в себя бурение дна озера и датирование озерных осадков. В результате в озерных отложениях обнаружены следы пожара, разрушившего крепость. Установлена история колебаний уровня оз. Тере-Холь, а также то, что остров образовался лишь незадолго до строительства крепости.

С помощью почвенных исследований были изучены строительные материалы. Они оказались местными, добытыми из разных источников: глинобитные стены были построены из озерных илов, а черепица и кирпичи изготавливались из береговых отложений. Были реконструированы микроландшафтные условия на острове на момент строительства.

В соответствии с программой изучения памятника Пор-Бажын определено шесть ключевых объектов, на которых проводились археологические раскопки: центрального комплекса, элементов фортификации, северных и южных дворов, внутреннего («Церемониального») и внешнего двора. В ходе раскопок уточнены особенности применявшейся строительной техники, обнаружены многочисленные архитектурные детали строений. Это позволило провести достоверную компьютерную реконструкцию архитектурных сооружений, выполненную в виде трехмерной модели.

Таким образом, применение мультидисциплинарного подхода в изучении крепости Пор-Бажын позволило получить в кратчайшие сроки большой объем новой информации, что послужило его дальнейшему сохранению как уникального памятника истории и культуры.

Завершает этот краткий обзор освещение некоторых результатов авторских исследований, систематически проводимых в 2000-е годы в Кисловодской котловине. Прежде всего это исследования *поселений с симметричной планировкой* раннего этапа кобанской культуры (Райнхольд, 2007; Reinhold et al., 2007; Коробов, Райнхольд, 2008; Белинский и др., 2009). Первый из этих ярких памятников эпохи позднего бронзового – раннего железного века открыт автором в 1999 г. на правом берегу р. Березовая и получил название «поселение Правоберезовское 9». В 2003 г. в процессе дешифрирования аэрофотосъемки долин рек Березовая и Кабардинка выявлена структура этого поселения, оставшаяся на тот момент не совсем ясной и потому неопубликованной.

В 2004 г. начался новый этап в изучении памятников этого типа. В процессе совместных экспедиционных работ, проводившихся Институтом археологии РАН и Германским археологическим институтом (руководители Д.С. Коробов и С. Райнхольд), сначала на поверхности, а затем на нескольких аэрофотоснимках были обнаружены аналогичные поселения с симметричной планировкой – центральной площадью, окруженной со всех сторон рядом домов (рис. 7, 1). Все эти поселения расположены к югу от Кисловодска, на плоскогорье, на высоте 1400–2400 м. Полевое обследование нескольких десятков подобных памятников позволило изначально связать видимые на аэрофотосъемке объекты с существующими развалинами каменных стен, покрытыми растительностью и возвышающимися на 0,5–0,8 м над поверхностью. В 2005–2008 гг. А.Б. Белинским (ГУП «Наследие» Минкультуры Ставропольского края) и С. Райнхольд была проведена масштабная археологическая разведка в верховьях Кумы и Подкумка, в ходе которой проверены результаты дешифрирования аэрофотоснимков и первично обследовано 120 поселений из 160, распознающихся на аэрофотосъемке благодаря остаткам видимой на поверхности архитектуры. Итогом этой работы стал ГИС памятников кобанской культуры, расположенных в междуречье верховьев Подкумка и Кумы. Пространственный анализ этой информации позволил выявить закономерности в размещении поселений с симметричной планировкой (Райнхольд, 2007; Reinhold et al., 2007).

В процессе разведочных работ специалистами ГУП «Наследие» А.В. Довгалевым, С.В. и Е.С. Меркуловыми осуществлялась микрофотографическая съемка рельефа с помощью лазерного тахеометра. В итоге получена точная топографическая основа для последующего наложения любой инфор-

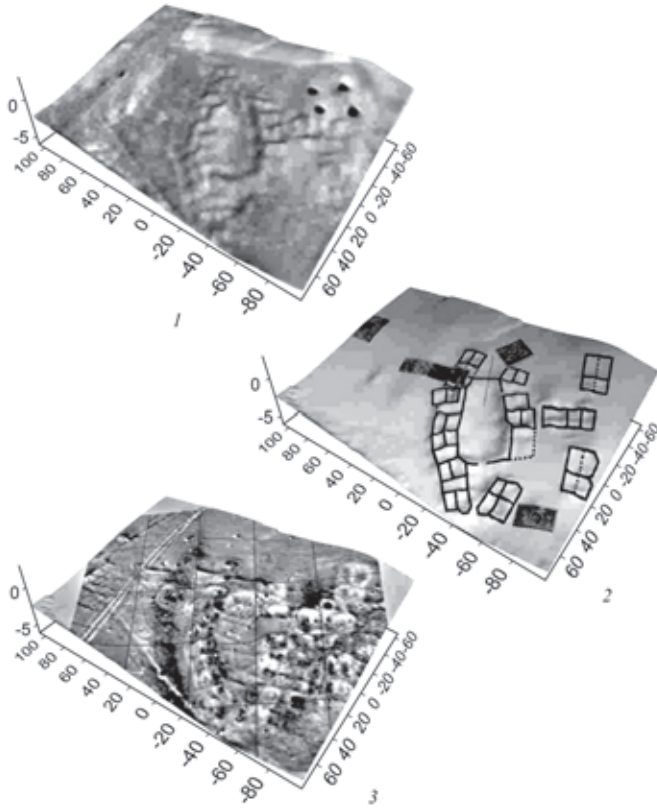


Рис. 7. Результаты мультидисциплинарных исследований поселения Кабардинка 2 близ Кисловодска: результаты трехмерного компьютерного моделирования микрорельефа с наложением аэрофотоснимка (1), данных магнитометрии (2) и георадарного обследования (3) (по: Райнхольд, 2007. Рис. 8)

мации, будь то аэрофотоснимки или результаты геофизических изысканий (рис. 7, 1–3).

На поселениях Кабардинка 2 и 3 специалистами ГУП «Наследие» велись исследования методами георадиолокационного профилирования (использовалась отечественная разработка – георадар «ЛЮЗА»). При этом обследовано несколько участков с выраженными в рельефе архитектурными сооружениями и без них, а также получена информация о могильных сооружениях расположенного неподалеку от поселения кургана (рис. 7, 3). На четырех поселениях с симметричной планировкой Кабардинка 2–5 и некоторых других памятниках в 2006–2010 гг. Й. Фасбиндером (Управление по охране памятников культуры Баварии, г. Мюнхен, Германия) проведена магнитометрическая съемка. В ходе ее получены масштабные результаты, позволяющие скорректировать информацию о структуре памятников, известной по аэрофотоматериалам. Использовалась авторская разработка цезиево-

го магнитометра Smartmag SM4 конфигурации *total field*. Проведенные измерения позволили выявить многочисленные структуры, невидимые на поверхности, которые могут иметь различное происхождение. Так, на поселениях с симметричной планировкой вне зоны видимых построек распознаются залегающие под поверхностью архитектурные сооружения. На всех обследованных памятниках также отмечается скопление материалов с повышенной намагниченностью в 25–30 м от внешней стороны построек (зоны мусорных свалок) (рис. 7, 2). Результаты геофизических изысканий проверялись в ходе дальнейших полевых работ и получили подтверждение раскопками.

Помимо геофизических работ на поселениях проводились исследования с помощью других неинвазивных методов. На нескольких полигонах, размеченных на двух поселениях, А.В. Борисовым (Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино) и С. Петерс (Франкфуртский университет, Германия) систематически отбирались почвенные пробы для фосфатного, магнитного, химического и микробиологического анализов, позволившие выявить предполагаемые жилые и хозяйственные зоны обитания (Reinhold et al., 2007. Abb. 15).

Параллельно неинвазивным обследованиям Д.С. Коробовым и С. Райнхольд осуществлялись ограниченные по площади археологические раскопки, в ходе которых исследован ряд построек. Предварительная информация о радиокربонных датах позволяет отнести их существование к XIII–IX вв. до н.э.

Таким образом, комплексный подход к изучению археологических памятников позволил в кратчайшие сроки получить огромную информацию о новом, ранее неизвестном феномене кобанской культуры Северного Кавказа – поселениях с симметричной планировкой, очертить границы этого феномена и проследить его особенности.

Не менее интересная информация была получена в ходе изучения следов проникновения в Кисловодскую котловину *носителей аланской культуры* на ее раннем этапе (III–IV вв.). Основные результаты получены при археологическом изучении некоторых памятников ранней фазы аланской культуры на левом берегу Подкумка, прежде всего городища Подкумское 2 и сопровождающего его курганного могильника Левоподкумский 1 (Коробов и др., 2014).

Курганный катакомбный могильник Левоподкумский 1 обнаружен автором в процессе дешифрирования аэрофотосъемки Кисловодской котловины на первой речной террасе левого берега р. Подкумок. На аэрофотоснимке, сделанном в сентябре 1970 г., различается городище с площадкой подтреугольной в плане формы (рис. 8, A1), отделенной с напольной части балками, склоны одной из которых эскарпированы и превращены в ров. С северной стороны от площадки через небольшую балку находится ровный склон, на котором видны крупные курганы курганной группы Джагинская 5 (рис. 8, A2). С западной и восточной сторон от наиболее крупного кургана 1 видны следы распаханых в советское время небольших курганных насыпей, отображенных на снимке в виде осветленных пятен округлой формы. Некоторые из этих пятен окружены линейными структурами подквадратной в плане формы – предположительно ровиками. Наилучшим образом прослеживается крупный ров с перемычками с южной и северной сторон, расположенный к западу от кургана 1 группы Джагинская 5.

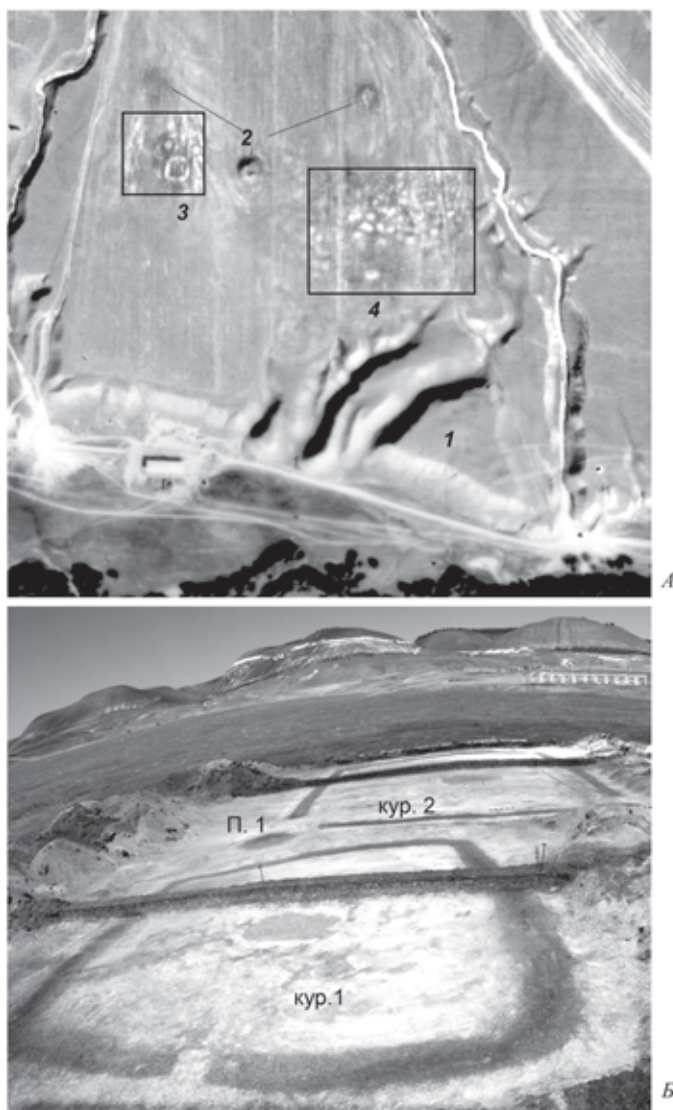


Рис. 8. Аэрофотоснимок курганного могильника Левоподкумский 1 и его окрестностей (А) и вид с юга на раскопанный участок курганного могильника Левоподкумский 1 (Б)

1 – городище Подкумское 2; 2 – курганы курганной группы Джагинская 5; 3, 4 – участки 1 и 2 геофизического обследования могильника Левоподкумский 1 (по: *Коробов и др.*, 2014. Рис. 1, 3)

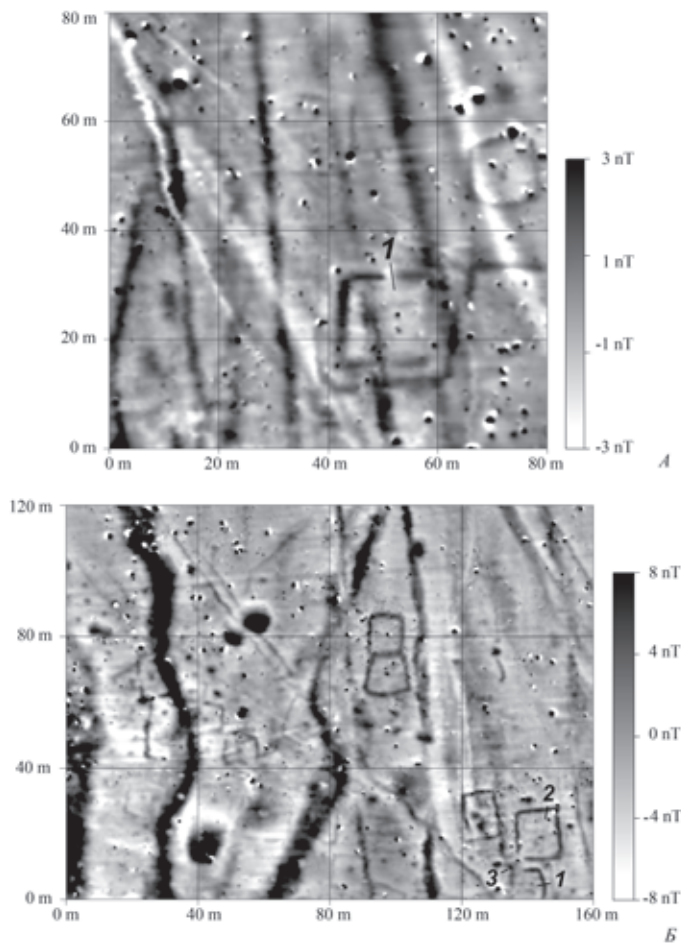


Рис. 9. А – участок 1 геофизического обследования могильника Левоподкумский 1 (1 – структура в виде двойного рва квадратной формы); Б – участок 2 геофизического обследования могильника Левоподкумский 1 (1 – курган 1; 2 – курган 2; 3 – погребение I) (по: Коробов и др., 2014. Рис. 2)

В мае 2012 г. на изучаемом памятнике Й. Фассбиндером было проведено магнитометрическое обследование, осуществленное на двух участках размерами 80 x 80 м (к западу от кургана 1) и 120 x 160 м к востоку от него (рис. 8, АЗ, 4; 9). Участок 1 был дополнительно обследован с помощью георадиолокационного метода В.Г. Бездудным. В результате выявлены структуры в виде ровиков подквадратной в плане формы с перемычками, по центру которых, как правило, имеются пятна округлой формы с позитивными значениями магнитного поля, которые скорее всего маркируют затянутые гумусированным грунтом грабительские лазы во входных ямах катакомбных захоронений. Аналогичные пятна

распознаются и за пределами ровиков, что, по-видимому, является результатом ограбления бескурганых захоронений, устроенных между курганами.

По результатам магнитометрических и георадарных измерений в 2012 и 2013 гг. проведены тестовые археологические раскопки. На участке 1 раскопан объект, получивший условное название «курган 28» (рис. 9, А1). Он представлял собой крупный ров подквадратной в плане формы с двумя перемычками, расположенными с северной и южной сторон. Для исследования также были выбраны курганы 1 и 2, обнаруженные в виде ровиков при магнитометрическом обследовании в юго-восточном углу участка 2 (рис. 9, Б1–3). Они были возведены над катакомбными погребениями первой половины IV в. (рис. 8, Б). Пятно между ровиками представляло собой двухкамерную бескурганную катакомбу середины – второй половины IV в., находившуюся между ровиками курганов 1 и 2 и также ограбленной в древности. Так ограниченными силами в течение двух полевых сезонов были получены важные сведения о первых аланских жителях Кисловодской котловины, позволившие отодвинуть время их появления в этом микрорегионе на 100 лет назад.

В завершение хочется выразить надежду, что приведенные выше примеры позволят отечественным археологам постепенно избавиться от старого принципа «не раскопашь – не поймешь» и перейти на новые подходы к изучению археологического наследия. Каждое десятилетие приносит с собой новые разработки и методики, без применения которых знание об изучаемых древностях сильно обедняется. Раскопанные участки памятника невозможно исследовать вторично – они погибли для дальнейшего изучения. Поэтому недеструктивный подход к полевому обследованию памятников археологии позволяет сберечь культурные ресурсы для будущих поколений, которые смогут ответить на многие вопросы, поставленные предыдущими исследователями, на новом уровне, с позиций нового знания и новых методов. Именно такими представляются современные подходы в полевой археологии.

ЛИТЕРАТУРА

- Алешинская А.С., Кочанова М.Д., Макаров Н.А., Спиридонова Е.А.*, 2008. Становление аграрного ландшафта Суздальского Ополя в средневековье (по данным археологических и палеоботанических исследований) // РА. № 1. С. 35–47.
- Афанасьев Г.Е., Зотько М.Р., Коробов Д.С.*, 1999. Первые шаги «космической археологии» в России (к дешифровке Маяцкого селища) // РА. № 2. С. 106–123.
- Бездудный В.Г.*, 2006. Использование георадара при диагностике археологических памятников. Опыт применения // Археология и геоинформатика. Вып. 3 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН (CD-ROM).
- Белинский А.Б., Коробов Д.С., Райнхольд С.*, 2009. Ландшафтная археология на Северном Кавказе: первые результаты исследования предгорного ландшафта Кисловодска эпохи позднего бронзового – раннего железного века // Материалы по изучению историко-культурного наследия Северного Кавказа / Отв. ред. А.Б. Белинский. Вып. IX. Археология, краеведение. Ставрополь: Наследие. С. 175–218.
- Глазунов В.В.*, 1985. Геофизические методы исследования археологических памятников: Автореф. дис. ... канд. ист. наук. М.: МГУ. 18 с.
- Гуляев В.И.*, 2006. Разгром культурного наследия Ирака // Достояние поколений. № 1. С. 46–51.
- Гуляев В.И.*, 2007. Остановить грабителей могил! // Достояние поколений. № 2. С. 54–59.

- Деревянко А.П., Молодин В.И., Шуньков М.В., 2005. Мультидисциплинарные исследования Института археологии и этнографии Сибирского отделения РАН за последнее десятилетие // РА. № 2. С. 5–19.
- Журбин И.В., 2004. Геофизика в археологии: методы, технология и результаты применения. Ижевск: УдмИИЯЛ УрО РАН. 152 с.
- Журбин И.В., 2010. Восстановление структуры оборонительных сооружений на основе геофизических исследований // Археология и геоинформатика. Вып. 6 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН (CD-ROM).
- Журбин И.В., Смурыгин А.В., 2008. Трехмерное моделирование формы археологических объектов по материалам раскопок и геофизических исследований // Археология и геоинформатика. Вып. 5 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН (CD-ROM).
- Каргалы, 2002 / Отв. ред. Е.Н. Черных. М.: Языки славянской культуры. Т. I. 110 с.; Т. II. 182 с.
- Колчин Б.А., 1979. Физико-математические методы в археологии // Новое в применении физико-математических методов в археологии / Отв. ред. Б.А. Колчин. М.: Наука. С. 3–10.
- Коробов Д.С., 2004. Пятый Международный Конгресс «Archaeological Propection» (Краков, 2003) // РА. № 2. С. 188–191.
- Коробов Д.С., 2006. Шестой Международный Конгресс «Archaeological Propection» (Рим, 2005) // РА. № 3. С. 187–189.
- Коробов Д.С., 2011. Основы геоинформатики в археологии. Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ. 224 с.
- Коробов Д.С., 2014. Десятая Международная конференция «Archaeological Propection» (Вена, 2013) // РА. № 1. С. 187–188.
- Коробов Д.С., Малашев В.Ю., Фасбиндер Й., 2014. Предварительные результаты раскопок на курганном могильнике Левоподкумский 1 близ Кисловодска // КСИА. Вып. 232. С. 120–135.
- Коробов Д.С., Райнхольд С., 2008. Новый тип поселений кобанской культуры в окрестностях Кисловодска // КСИА. Вып. 222. С. 25–38.
- Макаров Н.А., 2004. Грабительские раскопки как фактор уничтожения археологического наследия России. М.: ИА РАН. 43 с.
- Молодин В.И., Парцингер Г., Гаркуша Ю.Н., Шнеевайс Й., Беккер Х., Фасбиндер Й., Чемякина М.А., Гришин А.Е., Новикова О.И., Ефремова Н.С., Манштейн А.К., Дядьков П.Г., Васильев С.К., Мыльникова Л.Н., Балков Е.В., 2001. Археолого-геофизические исследования городища переходного от бронзы к железу времени Чича-I в Барабинской лесостепи. Первые результаты Российско-Германской экспедиции // Археология, этнография и антропология Евразии. № 3 (7). С. 104–127.
- Мунчаев Р.А., Кошеленко Г.А., 2009. Судьба Кабульского музея // РА. № 4. С. 123–131.
- Панин А.В., Аржанцева И.А., Бронникова М.А., Успенская О.Н., Фузеина Ю.Н., 2014. Интерпретация раннесредневекового памятника Пор-Бажин (Тува) в свете естественно-научных данных // Тр. IV (XX) Всерос. археологического съезда в Казани. Т. IV / Отв. ред. А.Г. Ситдилов, Н.А. Макаров, А.П. Деревянко. Казань: Отечество. С. 354–357.
- Райнхольд С., 2007. Аэрофотография и ГИС-анализ пространственных структур Кисловодской котловины в разных масштабах // Археология и геоинформатика / Отв. ред. Д.С. Коробов. Вып. 4. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН (CD-ROM).
- Слукин В.М., 1988. Неразрушающие методы исследования памятников архитектуры. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та. 218 с.
- Станюкович А.К., 1990. Геофизические методы в архитектурно-археологических исследованиях // Вопросы исследования памятников архитектуры / Отв. ред. В.М. Слукин. М.: МАРХИ. С. 102–113.
- Станюкович А.К., 1997. Основные методы полевой археологической геофизики // Естественно-научные методы в полевой археологии. Вып. 1 / Отв. ред. В.В. Седов. М.: ИА РАН. С. 19–42.
- Франтов Г.С., 1965. Применение геофизических методов разведки в археологии // Археология и естественные науки / Отв. ред. Б.А. Колчин. М.: Наука. С. 244–251.

- Франтов Г.С., Пинкевич А.А.*, 1966. Геофизика в археологии. Л.: Недра. 212 с.
- Чича – городище переходного времени от бронзы к железу в Барабинской лесостепи, 2001 / Отв. ред. В.И. Молодин, Г. Парцингер, Ю.Н. Гаркуша. Новосибирск: ИАЭТ СО РАН. 237 с. (Материалы по археологии Сибири, вып. 1).
- Шлик К.К.*, 1967. Опыт электроразведки методом симметричного электропрофилирования // СА. № 3. С. 205–211.
- Шлик К.К.*, 1974. О магниторазведке гончарных печей у Чабан-Куле // КСИА. Вып. 140. С. 115–120.
- Шрайман В.И., Серкерев С.А., Сидельникова Т.А., Флеров В.С.*, 1988. Новое в применении магниторазведки и электроразведки при исследовании грунтовых погребений на Северном Кавказе // СА. № 1. С. 101–112.
- Щапова Ю.Л.*, 1988. Естественнонаучные методы в археологии. М.: Изд-во МГУ. 152 с.
- Щеглов А.Н.*, 1985. 25 лет работы Тарханкутской экспедиции: итоги и перспективы // КСИА. Вып. 182. С. 3–7.
- Эйткин М.Дж.*, 1963. Физика и археология. М.: Изд-во иностранной литературы. 259 с.
- Archaeological Prospection, 1999. Third International Conference on Archaeological Prospection / Eds. J.W. Fassbinder, W.E. Irlinger. München: Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege. 188 p. (ICOMOS: J. of the German National Comettee, XXXIII).
- Archaeological Prospection, 2001. Forth International Conference on Archaeological Prospection. Vienna, 19. –23. September 2001 / Eds. M. Doneus, A. Eder-Hinterleitner, W. Neubauer. Wien: Austrian Academy of Science Press. 207 p.
- Archaeological Prospection, 2003 / Ed. T. Herbich. Warszawa: Institute of Archaeology and Ethnology Polish Academy of Sciences. 303 p. (Archaeologia Polona, 41).
- Archaeological Prospection, 2005. Proceedings – Extended Abstracts of the 6th International Conference on Archaeological Prospection / Ed. S. Piro. Rome: Institute of Technologies Applied to Cultural Heritage. 460 p.
- Archaeological Prospection, 2007 / Ed. I. Kuzma. Nitra: Archeologický ústav SAV. 263 p. (Študijné zvesti Archeologického ústavu SAV, 41).
- Archaeological Prospection, 2013. Proceedings of the 10th International Conference. Vienna, May 29th – June 2nd 2013 / Eds. W. Neubauer, I. Trink, R.B. Salisbury, C. Einwögerer. Vienna: Austrian Academy of Science Press. 478 p.
- Benech Ch.*, 2003. The study of ancient city planning by geophysical methods: the case of Dura-Europos, Syria // Archaeological Prospection / Ed. T. Herbich. Warszawa: Institute of Archaeology and Ethnology Polish Academy of Sciences. P. 124–127. (Archaeologia Polona, 41).
- Bettess F.*, 1992. Surveying for archaeologists. 2nd ed. Durham: Univ. of Durham. 146 p.
- Clark A.*, 1996. Seeing Beneath the Soil. Prospecting methods in archaeology. 2nd ed. L.: Routledge. 192 p.
- Conyers L.B., Goodman D.*, 1997. Ground penetrating radar: an introduction for archaeologists. Walnut Creek: Altamira Press. 223 p.
- Herbich T.*, 2003. Archaeological geophysics in Egypt: the Polish contribution // Archaeological Prospection / Ed. T. Herbich. Warszawa: Institute of Archaeology and Ethnology Polish Academy of Sciences. P. 13–55. (Archaeologia Polona, 41).
- Hesse A.*, 2000. Count Robert du Mesnil du Buisson (1895–1986), a french precursor in geophysical survey for archaeology // Archaeological Prospection. Vol. 7. Issue 1. P. 43–49.
- Reinhold S., Belinskij A.B., Korobov D.S.*, 2007. Landschaftsarhäologie im Nordkaukasus // Eurasia Antiqua. Zeitschrift für Arhäologie Eurasiens. Bd. 13. S. 139–180.
- Scollar I., Tabbagh A., Hesse A., Herzog I.*, 1990. Archaeological Prospecting and Remote Sensing. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 702 p.
- Smekalova T.N., Maslennikov A.A.*, 1993. Cadaster of Geophysical Maps of Bospor Sites in the Coast of Asov Sea // Geophysical Exploration of Archaeological Sites / Eds. A. Vogel, G.N. Tsokas. Wiesbaden: Vieweg. P. 27–35. (Theory and Practice of Applied Geophysics, 7).

ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В СОВРЕМЕННОЙ АРХЕОЛОГИИ

И.В. Журбин

Основными факторами, определяющими привлекательность геофизических методов для археологии, являются возможность оперативного получения предварительной информации о расположении археологических объектов, оценки их формы и размеров; принцип сохранения археологических памятников (не-разрушающие методы), а также существенное сокращение финансовых расходов и трудозатрат при их исследовании.

Краткий исторический экскурс и текущие задачи

Принято считать, что впервые геофизические методы в археологии были использованы в 1946 г. Р. Аткинсоном (R. Atkinson). Он применил электроразведку для исследования границ и примерной планировки 10 неолитических поселений в графстве Дорчестер. Применяя электро- и магниторазведку, Р. Аткинсон и М. Эйткин (M. Aitken) достаточно уверенно фиксировали рвы древних укреплений на территории Англии, а также остатки печей металлургического центра. В 1950-х годах итальянские ученые К. Леричи (C. Lerici) и Е. Карабелли (E. Carabelli) с использованием электроразведки и сейсмоакустических методов исследовали этрусские подкурганые захоронения в могильных камерах в районе Черветери и гробницы в районе Фабриано. В конце 1940-х годов К. Леричи организовал в Милане институт «Наука и техника на службе археологии». В перечисленных исследованиях основным геофизическим методом была электроразведка. Тем не менее именно на этом этапе стали осваиваться и другие геофизические методы – магниторазведка и сейсморазведка. Магниторазведка для археологического картирования впервые была применена М. Эйткиным в конце 1950-х годов в Англии, а с 1960-х уже активно использовалась в полевых археологических исследованиях в разных странах. Один из первых известных опытов применения сейсморазведки – изучение археологических объектов базилики Св. Петра в Риме, выполненные в начале 1950-х годов. В целом начальный этап характеризуется экспериментами по применению различных методов разведочной геофизики и обсуждение методических вопросов их применения в археологии.

С начала 1960-х годов геофизические методы стали применяться и в отечественной археологической практике. В Ленинградском отделении Института археологии АН СССР в 1962 г. была создана небольшая группа геофизической разведки, которая проводила экспериментальные работы по применению магнито- и электроразведки на археологических памятниках от

неолита до средневековья. Первым опытом работы группы были геофизические исследования в 1962 г. неолитической стоянки Вьюн, которые позволили определить границы культурного слоя памятника. Начальный период отечественных междисциплинарных исследований был связан в первую очередь с расширением арсенала геофизических методов, используемых в археологии; оценкой потенциала этих методов для изучения различных типов объектов; обсуждением методических и технических вопросов. Наиболее часто использовались различные модификации методов электро- и магниторазведки. Электрометрические исследования были связаны с изучением античных построек и скифских склепов в Северном Причерноморье. Магниторазведка применялась при поиске, картировании и изучении гончарных печей на территории древнерусских памятников и средневековых памятников Крыма, картировании поселений трипольской культуры и могильников. Кроме того, для археологической разведки были использованы и другие физические методы, например сейсморазведка и фосфатный анализ почв.

Начиная с 1970-х годов исследования продолжают совместно с крупными специализированными геофизическими учреждениями: Ленинградский горный институт¹ (В.В. Глазунов), кафедра геофизики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (В.А. Шевнин, И.Н. Модин), археофизическая группа Всесоюзного научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений (А.К. Станюкович), кафедра строительной физики Свердловского архитектурного института (В.М. Слукин) и лаборатория квантовой радиофизики Ленинградского государственного университета (Т.Н. Смекалова) (Колчин, 1979; Станюкович, 1997)². Междисциплинарные исследования этого периода характеризуются разнообразием типов и широким хронологическим диапазоном археологических объектов, а также расширением географии геофизических исследований. Традиционно продолжались неразрушающие исследования памятников Северного Причерноморья. Основными объектами были античные виллы и усадьбы, остатки древних агротехнических сооружений, античные и средневековые гончарные центры, поселения эпохи бронзы, погребальные памятники. Развивались геофизические исследования археологических памятников центральных и северо-западных районов России. Проводились обследования средневековых поселений, изучалась их структура, планировка и отдельные сооружения. Проводились исследования и в других регионах – Армения, Таджикистан, Северный Кавказ, Сибирь, Украина и пр.

Отличительная особенность данного этапа – детальная проработка направлений, связанных с разработкой методики измерений и методов интерпретации данных, комплексным применением различных геофизических методов, расширением их диапазона, а также с использованием новых аппаратных средств (см. подробнее: Журбин, 2004. С. 8–23).

¹ Названия учреждений приведены в соответствии с цитируемыми источниками.

² Формат данной статьи не позволяет привести весь огромный пласт литературы по тематике «геофизика в археологии». Здесь и далее приведены ссылки на наиболее доступные источники. Предпочтение отдано публикациям на русском языке.

В настоящее время геофизические методы в *полевой археологии* позволяют решать важные научные и практические задачи, которые включают не только поиск археологических памятников, но и детальное изучение их структуры. Геофизические исследования культурного слоя памятника, его планировки и изучение отдельных археологических объектов позволяют получить предварительную информацию для целенаправленного выбора участка раскопок, наиболее информативного с точки зрения изучения памятника. В данном случае актуальность применения геофизических методов определяется объективными ограничениями, поскольку методика археологических исследований предполагает широкомасштабные раскопки, что в свою очередь требует значительных временных и финансовых затрат.

В настоящее время использование геофизических методов позволяет решить проблемы *охранных раскопок*. Существующее законодательство предполагает археологическое согласование и выделение средств на охранные раскопки. Однако время, в течение которого возможны раскопки, зачастую весьма ограничено. В данном случае геофизика как раз и позволяет оперативно определить территорию, на которой необходимы археологические исследования, что обеспечивает наиболее рациональное планирование работ.

Кроме того, оперативные и неразрушающие геофизические методы являются единственно эффективным способом изучения и дальнейшего *сохранения исторических и археологических объектов*, которые не могут быть исследованы раскопками: исторические здания, церкви, исторические парки и территории, расположенные в пределах городской застройки, и т.д.

Использование геофизических методов необходимо и при *музеефикации* археологических объектов историко-культурного наследия, поскольку геофизика обеспечивает возможность выделения эталонных объектов для данного памятника, локальные раскопки которых позволят исследователю реконструировать в первозданном виде всю остальную территорию памятника. Актуальность такого подхода обусловлена тем, что традиционные археологические исследования, предполагающие по сути разрушение памятника в процессе его изучения, не обеспечивают физическое сохранение объектов историко-культурного наследия.

Очевидно, что для эффективного применения разнообразных геофизических методов необходима адаптация методики и технологии измерений, специализация геофизической аппаратуры для решения специфических задач изучения археологических памятников.

Особенности применения и ограничения геофизики в археологии

Геофизические методы принято разделять по виду изучаемых физических полей: электрометрические, электромагнитные, магнитометрические, сейсмоакустические, гравиметрические, ядерно-физические, термометрические. Каждый из этих методов в своем инженерном применении представляет совокупность различных способов фиксации параметров физических полей и соответствующих свойств изучаемой среды (плотности, удельного электрического сопротивления, магнитной восприимчивости, скорости распространения

волн, поляризуемости и пр.). Физические основы большинства этих методов и особенности их применения при изучении памятников историко-культурного наследия описаны в специализированной литературе (см., например: Франтов, Пинкевич, 1966; Слукин, 1988; Смекалова и др., 2000). Их эффективность при изучении конкретного памятника археологии зависит от особенностей участка местности, изучаемых объектов, влияния мешающих факторов и применяемой аппаратуры.

Основной критерий при выборе геофизического метода – *контраст физических свойств объектов поиска и вмещающей среды*. Иными словами, необходимым условием для выявления археологических объектов (фундаменты или котлованы сооружений, ямы, очаги, печи, погребения и пр.) является значительное отличие их физических свойств от соответствующих характеристик вмещающего культурного слоя. Обобщенные данные опубликованы (см., например: Слукин, 1988. С. 46–48), а для каждого конкретного памятника могут оцениваться в лабораторных условиях или непосредственно на участке исследований (каппаметры, измерители сопротивления и пр.). Именно контраст физических свойств объектов поиска и среды определяет *предварительный выбор* геофизического метода, эффективного для картирования конкретного археологического памятника. Например, печи, очаги и горны проявляются в виде весьма контрастных аномалий магниторазведки и менее выражены при использовании других геофизических методов. Поэтому при изучении древних производственных центров магниторазведка более результативна. Кроме того, соотношение свойств объектов и среды необходимо для обоснования *качественной интерпретации*³ геофизической «карты». В частности, для электроразведки: глиняные основания сооружений на фоне гумусированного культурного слоя обычно проявляются в виде аномалий относительно пониженного удельного сопротивления, а ямы в материке, заполненные гумусированным слоем – повышенного сопротивления.

Не менее важным фактором, влияющим на эффективность геофизических исследований в археологии, являются *особенности природной среды* – ландшафт, характер растительности, геологическое строение участка местности и пр. Геологическими помехами при интерпретации данных могут быть изменения мощности культурного слоя (естественные понижения, склоны), повышенная влажность участков территории (обводненные низменности, зоны подъема грунтовых вод и т.п.) и пр. Например, при изучении некрополя городища переходного времени от бронзы к железу Чича I помимо аномалий, вызванных погребениями и ритуальными ямами, на магнитограмме были зафиксированы и естественные локальные понижения в материковом грунте, сопоставимые с археологическими объектами (Чича..., 2004. С. 240–261). При исследовании средневекового поселения Вишенки 3 в Суздальском Ополье выявлены линейные аномалии повышенной намагниченности, фиксирующиеся практически на

³ Под *качественной* интерпретацией данных принято понимать визуальное выделение аномалий для оценки расположения и формы объектов поиска, в отличие от *количественной* интерпретации – оценки глубины залегания, геометрических размеров и физических свойств объектов.

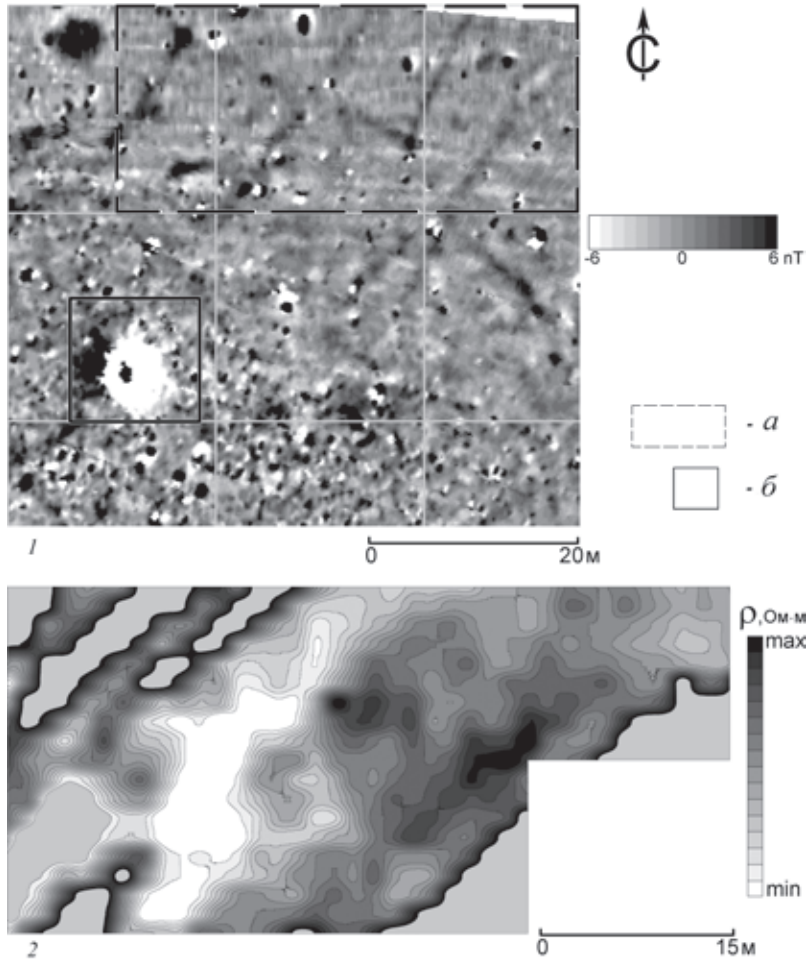


Рис. 1. Влияние внешних факторов на информативность геофизических исследований.

1 – фрагмент магнитоработы селища Вишенки 3, Суздальское Ополье (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Geophysik-Archäometrie); 2 – фрагмент карты распределения удельного электрического сопротивления на поселении Улак 6 (Физико-технический институт УрО РАН, г. Ижевск). Условные обозначения: *a* – участок контрастного проявления мерзлотного полигонального рельефа; *b* – аномалия, вызванная современным железным объектом

всей территории, которые отражают мерзлотный полигональный рельеф, сформировавшийся в результате морозобойного растрескивания в самых верхних частях земной коры (рис. 1, 1а). Подобные аномалии, связанные с природными особенностями среды, могут затруднять археологическую интерпретацию геофизических данных.

Существенное влияние геологических факторов наглядно демонстрируют также и результаты электроразведочных исследований раннесакского поселения Улак 6 (горно-степная зона, Южное Зауралье). Выходы скальных пород, расположенные непосредственно под слоем дерна, определяют несколько линейных чрезвычайно контрастных аномалий, «заглушающих» аномалии от археологических объектов. Дополнительная обработка (на рис. 1, 2 аномалии от скальных пород показаны равномерной серой заливкой) позволила выделить объекты лишь в центральной части участка измерений (аномалия повышенного сопротивления подпрямоугольной формы соответствует котловану, заполненному золистым культурным слоем с костями животных, немногочисленными фрагментами керамики, мелкими кусками шлака и обожженной глины). Следовательно, предварительный анализ ландшафтных и геологических условий позволяет *оценить территорию*, на которой возможно получение достоверных результатов геофизических исследований, а также дополнительно *уточнить выбор* геофизического метода, минимально подверженного влиянию выявленных особенностей природной среды на участке археологического памятника.

Аналогичное влияние оказывают и *мешающие факторы искусственного происхождения*, основные из которых – строительный и бытовой мусор в поверхностном слое грунта; трубопроводы; остатки построек; наводки от линий электропередач и промышленных предприятий и т.п. Перечисленные объекты в разной степени влияют на результативность каждого геофизического метода. В частности, металлические предметы в приповерхностном слое определяют локальные аномалии с высоким градиентом затухания магнитного поля, что критично при анализе данных магниторазведки. Например, фрагмент металлической трубы, маркирующей угол раскопа на селище Вишенки 3, вызвал контрастную аномалию диаметром «пятна» около 10 м (рис. 1, 1б), что не позволило выявить близлежащие объекты планировки. В большинстве случаев амплитуда таких аномалий значительно превышает амплитуду аномалий, вызванных археологическими объектами. При георадарных исследованиях межкурганного пространства могильника Аксай 2 (*Ельцов и др.*, 2014) были выявлены аномальные участки с разным содержанием солей в почвенной толще, связанные с современными антропогенными нарушениями участка (предварительная интерпретация – бескурганые захоронения).

Следовательно, при выборе геофизического метода для изучения конкретного археологического памятника необходима комплексная оценка, учитывающая не только вид археологических объектов поиска, но и глубину их залегания, структуру грунтов и растительный покров на участке исследований, характер антропогенного воздействия на территории исследований и другие внешние факторы, которые могут оказать влияние на результаты геофизической съемки (см., например: *Смекалова и др.*, 2000. С. 131–133, *Эпельбаум и др.*, 2006. Рис. 1). Исходя из этого, принципиально невозможно создать универсальную методику геофизических исследований археологических памятников. В каждом конкретном случае необходим *обоснованный выбор* геофизических методов с учетом физических параметров археологических объектов и *адаптация методики измерений* к ландшафтным и геологическим условиям расположения памятника, а также влиянию конкретных мешающих факторов.

Основы геофизических методов

В период становления геофизики для полевых археологических исследований использовались методы электроразведки, магниторазведки и сейсморазведки (Франтов, Пинкевич, 1966). Наилучшие результаты для археологических исследований были показаны при применении магнито- и электроразведки. Гравиметрические, сейсмоакустические, ядерно-физические и термометрические методы для полевых археологических исследований применяются достаточно редко и только в комплексе с электроразведкой или магниторазведкой. Это вызвано сложностью аппаратуры и методики исследований, ограниченным кругом объектов поиска. Например, результат измерений термометрическими методами, изучающими параметры теплового поля, зависит от погоды, т.е. для получения качественных результатов измерения проводят ночью при ясном небе. Сейсморазведка эффективна для очень узкого класса объектов: внутреннее строение оборонительных сооружений и курганов, локализации подземных пустот и погребенных историко-архитектурных объектов. При гравиметрических исследованиях успешно фиксируются только геологическая подоснова и исторические эколандшафтные формы, выявляются элементы палеорельефа, подземные пустоты большого размера, имеющие развитие по площади (Слукин, 1988). В настоящее время арсенал используемых методов расширился, новые перспективные методы – высокочастотное электромагнитное зондирование и георадарная съемка. Для некоторых территорий и определенных категорий археологических объектов поиска проведен сравнительный анализ и предложены характеристики эффективности (см., например: *Эпельбаум и др.*, 2006; *Geophysical Survey...*, 2008. Table 3). Ниже приведены краткие сведения о геофизических методах, которые наиболее часто используются при исследованиях археологических памятников.

Магниторазведка выявляет участки изменения величины и направления магнитного поля Земли, которые вызваны объектами с остаточной намагниченностью или зонам с большим объемом магнитного материала.

Контрастные аномалии могут быть вызваны объектами, которые подвергались воздействию огня в период их существования (печи, горны, очаги, сгоревшие сооружения, скопления шлаков и пр.), и участками обитания человека с содержанием органических отложений (зоны заселения, ямы, рвы) (см., например: *Глазунов, Плоткин*, 1978; *Смекалова и др.*, 2000, 2007). Объектам с термоостаточной намагниченностью обычно соответствуют аномалии дипольного типа – положительная аномалия, сочетающаяся с менее интенсивной отрицательной аномалией (рис. 2, 1). Ямам в материке, заполненным гумусированным слоем, обычно соответствуют площадные аномалии относительно высокого значения без выраженной смежной «отрицательной» аномалии.

В целом неоднозначно фиксируются каменная кладка стен, дороги, траншеи, деревянные конструкции, канавы и котлованы жилищ (в зависимости от характера заполнения), структура курганов, грунтовые погребения. Примером успешного выявления грунтовых погребений и культовых ям служат исследования могильника Преображенка 6 в Барабинской лесостепи (*Чемякина*, 2010. Рис. 3–5). Малая мощность перекрывающего слоя, существенный контраст маг-

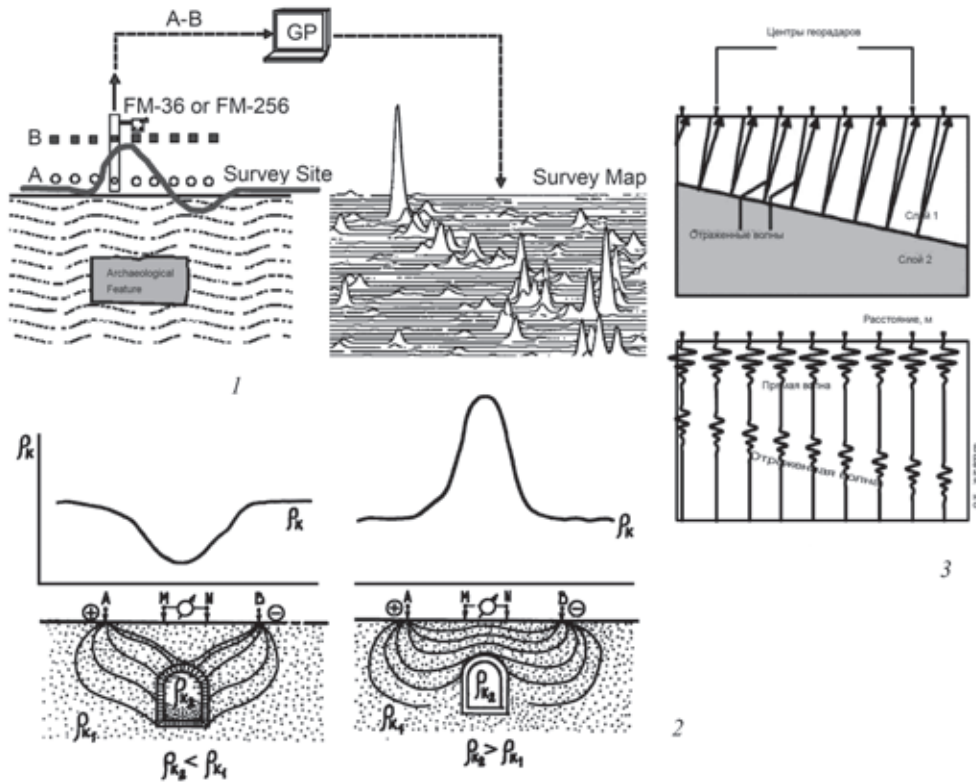


Рис. 2. Геофизические аномалии при выявлении археологических объектов

1 – магниторазведка (по: Archaeo-Physics LLC, <http://www.archaeophysics.com>); 2 – электроразведка (по: Служин, 1988); 3 – георадарная съемка (по: Кузнецов, Каляшин, 2011).

нитных свойств заполнения и материкового слоя, достаточная глубина погребений и ям в материковом слое позволили не только определить их расположение, но и предварительно интерпретировать аномалии, обусловленные объектами различных типов.

Результаты магниторазведки могут быть существенно искажены электромагнитными наводками линий электропередач, современными сооружениями, дорогами, трубопроводами, металлическими ограждениями; наличием строительного и бытового мусора в верхней части культурного слоя. В некоторых случаях магнитные аномалии, вызванные данными факторами, полностью «заглушают» аномалии, вызванные археологическими объектами (см., например: Смекалова и др., 2007. С. 8, 9). Влияние рельефа и микрорельефа также вносит искажения: в частности, на магнитограммах могут фиксироваться борозды от распашки.

В целом данный геофизический метод характеризуется высокой производительностью, так как съемка может осуществляться в режиме пешего хода опера-

тора. При этом существенное ограничение состоит в том, что магниторазведка позволяет оценить лишь планиграфию и дает косвенную информацию о распределении объектов по глубине.

Электроразведка выявляет участки грунта разного удельного сопротивления, электрические свойства которых определяются изменением естественной структуры слоев или трехмерными локальными включениями из различных материалов (рис. 2, 2).

Данный геофизический метод эффективен при выявлении участков культурного слоя с различной структурой, насыщенностью и мощностью. Например, электропрофилирование на средневековом городище Учкаклар (Удмуртия)⁴ выявило рядовое расположение аномалий сопротивления специфической конфигурации – подпрямоугольный в плане участок относительно низкого сопротивления, окруженный по периметру областью высокого сопротивления. На геоэлектрическом разрезе (электротомография) фиксируются линзовидные прослойки грунта низкого сопротивления в пространстве гумусированного слоя.

Целенаправленные раскопки выявили сооружение, центральным компонентом которого была глинобитная площадка подпрямоугольной в плане формы, окруженная слоем темного гумуса, который содержал разнообразные включения (песок, глина, уголь, зола, древесный тлен и пр.), что позволило реконструировать планировку средней части городища Учкаклар в целом – не менее 16 сооружений, расположенных пятью нечеткими рядами, ориентированными параллельно валу. Расстояние между смежными рядами и сооружениями в рядах составляет 4–5 м (Иванова, Журбин, 2014. Рис. 3–4). Кроме того, метод электроразведки эффективен при выявлении ям и котлованов сооружений в материковом слое (Каргалы, 2002. С. 140–152; Иванова, Журбин, 2014. Рис. 5); каменной кладки, фундаментов и остатков архитектурных сооружений, подземных пустот (Слукин, 1988. С. 100–118); а также при оценке стратиграфии и структуры оборонительных сооружений (Иванова и др., 2013).

При этом неоднозначно фиксируются деревянные конструкции, ямы малого размера, перекрытые культурным слоем, и грунтовые погребения.

В целом факторы, искажающие результаты электроразведки, аналогичны магниторазведке: современные дороги и трубопроводы, находящиеся на территории памятника, а также плавное изменение рельефа (возникновение зон аккумуляции культурного слоя, определяющее изменение фонового уровня распределения сопротивления на участке исследований). На результаты электроразведки практически не оказывают влияния разнообразные мелкие предметы в риповерхностном слое и наводки от линий электропередач. При этом данные электроразведки весьма чувствительны к вариациям влажности грунта, что может вызывать изменение среднего уровня сопротивления и взаимной контрастности аномалий: объекты высокого удельного сопротивления наиболее контрастно проявляются в условиях высокой влажности вмещающего грунта, в то время

⁴ Геофизические исследования проведены Физико-техническим институтом УрО РАН, г. Ижевск, с использованием автоматизированного мультисекторного электроразведочного комплекса «Иднакар» (Журбин, 2004. С. 113–131).

как проводящие объекты – в условиях низкой влажности (Geophysical survey..., 2008. P. 27).

С точки зрения технологии измерений электроразведка предполагает, с одной стороны, непосредственный контакт электродов аппаратуры с поверхностью, что существенно увеличивает временные затраты и трудоемкость исследований. Но с другой стороны, гибкий выбор методики электроразведки позволяет оценить планиграфию и стратиграфию культурных напластований (площадное электропрофилирование и электротомография), а также на основе трехмерной съемки построить горизонтальные «срезы» на заданных глубинах (*Журбин и др.*, 2007). Необходимо отметить, что такая методика требует существенного (более чем в 10 раз) увеличения объема полевых измерений. В данном случае эффективность полевых работ обеспечивается за счет использования современной многоэлектродной аппаратуры (*Бобачев и др.*, 2006).

Георадарная съемка основана на излучении импульсов электромагнитных волн и регистрации сигналов, отраженных от границ раздела слоев среды, имеющих различие по диэлектрической проницаемости (Ground..., 2009). Время прохождения сигнала позволяет определить глубину до отражающего объекта (рис. 2, 3).

Интерес к использованию георадаров вызван тем, что все рассмотренные выше методы позволяют оценить только интегральные, обобщенные характеристики участка грунта и погребенных археологических объектов. При увеличении глубины исследований происходит уменьшение детальности ввиду того, что на результаты измерений влияет все больший объем грунта. Кроме того, существуют технологические ограничения на минимальное расстояние между точками измерений и, следовательно, на повышение детальности описания археологических объектов. Георадар служит «точечным» методом, при котором возможности измерений с изменением глубины исследований реализуются за счет изменения частоты сигнала. Существенные преимущества георадарной съемки – высокая скорость измерений и возможность исследований в сложных геологических условиях, например в условиях вечной мерзлоты, в подводной археологии, в городских условиях и на исторических территориях.

Контрастные аномалии при георадарной съемке вызывают сооружения из камня: каменная и кирпичная кладка, фундаменты, дренажные сооружения, дороги, склепы и пр. Например, при исследованиях поселения Кабардинка 2 (Кисловодская котловина) с высокой точностью были выявлены каменные стены домов шириной около 1–1,1 и высотой до 0,6 м. Развал стены был перекрыт слоем камней мелких и средних размеров (*Меркулов, Райнхольд*, 2006). Аналогичные, с точки зрения объектов поиска, исследования выполнены на территории крепости в г. Великие Луки, при проведении которых, предположительно, были выявлены остатки тюремного комплекса⁵. Сравнение послойных планов на расчетных глубинах 0,3 и 0,5 м позволило сделать вывод, что зафиксированный комплекс подвергался перестройке в поздний период своего существования. На нижних послойных планах (рис. 3, 1) зафиксирована сложная структура тюрем-

⁵ Исследования выполнены в 2013 г. Передвижной геофизической археологической лабораторией (руководитель В.Г. Бездудный).

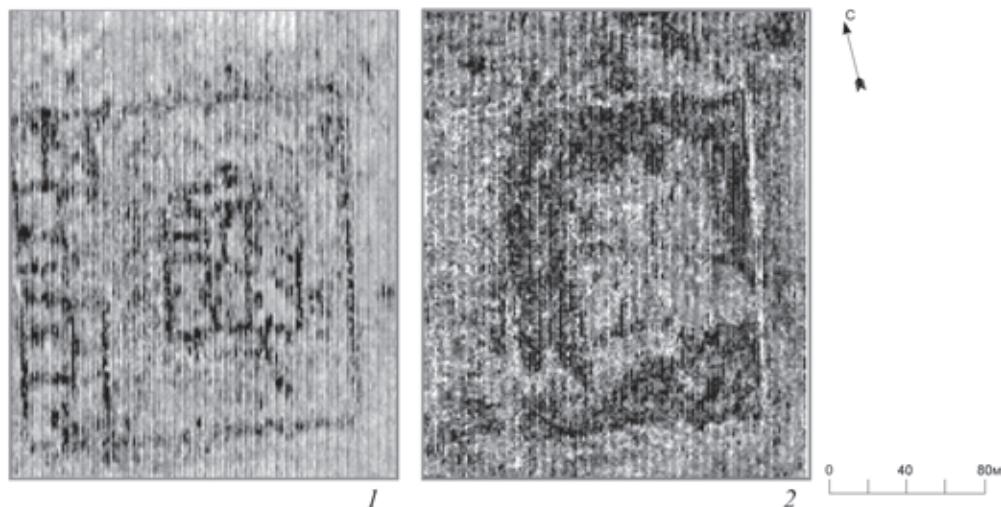


Рис. 3. Результаты георадных исследований восточной части крепости в г. Великие Луки
1 – расчетная глубина 0,5 м; 2 – расчетная глубина 0,3 м

ного комплекса, в которую входили: тюремная стена, помещения охраны, входы в комплекс, строение внутри тюремного двора, в котором прослежена планировка коридоров и камер содержания арестантов, и пр. При этом достаточно четко фиксируются стены помещений. На расчетной глубине 0,3 м (рис. 3, 2) выявлены «размытые» аномалии, вызванные, вероятно, завалами разрушенных стен окончательного варианта застройки сооружения.

Георадарная съемка также эффективна при изучении структуры курганных насыпей. В то же время неоднозначно фиксируются археологические объекты малого размера с гумусированным заполнением (ямы небольшого размера, котлованы сооружений, погребения).

Технология измерений предполагает перемещение георадара с равномерной скоростью по участку исследований. Относительно ровная и открытая поверхность памятника обеспечивают минимизацию искажений данных. Существенное техническое ограничение – высокая степень затухания сигнала (уменьшение амплитуды зондирующего сигнала) во влажной среде – в первую очередь глинах и суглинках. Это определяет существенное уменьшение глубинности исследований. Кроме того, для повышения достоверности качественной и количественной интерпретации данных желательно заверять данные георадарной съемки иными геофизическими методами (Оленченко, Чемякина, 2009) или контрольными бурениями.

Электромагнитное зондирование позволяет выявлять на вертикальном геоэлектрическом разрезе участки с разной удельной проводимостью. Изменения свойств грунта по глубине фиксируются за счет последовательного изменения рабочей частоты генератора, что позволяет проводить «последовательное» сканирование культурного слоя. При интерпретации данных выделяется частота

(соответственно и расчетная глубина), наиболее информативная с точки зрения реконструкции археологического объекта. Преимуществом по отношению к электроразведке можно назвать возможность работы при сложных условиях поверхности: на мерзлом грунте, поверхности льда, на участках со скальным или каменистым покровом и т.п.

В отечественной практике археолого-геофизических исследований данный метод и аппаратура наиболее активно используются в экспедициях Института археологии и этнографии СО РАН. При этом проведено картирование объектов на поселенческих памятниках – котлованы сооружений и рвы системы обороны городища (Чича..., 2004. С. 8–12), а также серии курганных и грунтовых могильников. Аналогично георадарной съемке существенное ограничение при количественной интерпретации геофизических данных – эмпирический подбор нормировочного коэффициента для определения глубины. Соответственно для более точного определения глубины залегания объекта желательна привязка данных к контрольным разрезам с известными параметрами.

Даже поверхностный сравнительный анализ показывает, что универсального метода для геофизических исследований в археологии не существует. Следовательно, эффективность применения геофизических методов во многом определяется соблюдением оптимального баланса желаемого (постановка исследовательской археологической задачи) и действительного (возможности конкретного метода при исследованиях конкретного памятника), т.е. разумным *компромиссом между археологией и геофизикой*.

Комплексирование геофизических методов

Наличие ограничений по условиям применения каждого из методов определяет основные проблемы при интерпретации данных геофизики. Во-первых, трудности могут быть вызваны отсутствием на геофизической «карте» аномалий от археологических объектов определенного типа, что обусловлено объективными ограничениями выбранного геофизического метода. Такие «пропуски» в свою очередь порождают неполноту реконструкции планировки памятника. Во-вторых, в зависимости от условий расположения искомого объекта в культурном слое возможна его неоднозначная интерпретация. Вариация условий расположения объекта поиска (мощность и состав перекрывающего слоя, заполнение объекта и пр.) определяет, что одинаковые археологические объекты могут по-разному отражаться на геофизической «карте». При этом проверочные раскопки ключевых, наиболее показательных аномалий (обязательный элемент методики археолого-геофизических работ) не всегда обеспечивают однозначную археологическую интерпретацию геофизических данных.

Поэтому уже с 1960-х годов в отечественной научной практике ставился вопрос о желательном комплексировании (сочетании, объединении) геофизических методов (Шилик, 1965). Такой подход направлен на повышение эффективности геофизики за счет применения нескольких методов при изучении памятника, культурный слой которого содержит различные типы объектов. Позднее появилась тенденция многолетних исследований, позволяющих разработать и апробировать методику измерений и интерпретации для определенных категорий

археологических памятников. Это подразумевало последовательное применение на одном памятнике группы геофизических методов с последующим сравнением результатов и оценкой потенциала каждого из них (см., например: *Щеглов, 1985*). В ходе эксперимента по единой жестко закрепленной сети наблюдений проводились аэрофотосъемка, изучение микрорельефа, геоботаническое картирование, биолокация, бурение, а также съемка методами электро- и магнито-разведки. Измерения проводились последовательно на одних и тех же участках полигона. При геофизической съемке использовались несколько модификаций электроразведки и различная аппаратура магнито-разведки.

Успешные комплексные исследования проводились на поселении Панское I (*Глазунов и др., 1979*), катакомбном могильнике Клино-Яр III (*Шрайбман и др., 1988*) и некрополе Херсонеса (*Антонова и др., 1979*). В частности, при исследовании катакомбного могильника использовались вертикальное электроразведание (модификация электроразведки), сейсморазведка и магнито-разведка. Первоначально, на основе знаний о конструкции катакомб, была изучена геологическая структура с целью поиска участков памятника, на которых потенциально возможно наличие погребений (электро- и сейсморазведка). Это позволило существенно сузить территорию дальнейших поисков. На локализованных участках производился поиск катакомб методом магнито-разведки. Аналогичная методика комплексных геофизических исследований использовалась и при изучении некрополя Херсонеса. Учитывая геологические условия (плотные слои известняка, перекрывающие склепы, и неровность кровли коренных пород), основным методом предварительного поиска склепов была принята сейсморазведка, а для дополнительных исследований над потенциальными склепами – электроразведка. Примеры изучения археологических и историко-архитектурных объектов, выполненные в последние годы с использованием комплекса геофизических методов, представлены на сайте НПЦ «ГеоСкан» (<http://geoscan.su/projects/археологические-исследования.html>).

Данное направление активно развивается в рамках междисциплинарных исследований Института археологии и этнографии СО РАН и Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН. Реализуемый подход предполагает поиск и выявления внутренней структуры поселений и могильников Западной Сибири и Алтая. На основе анализа и обобщения данных, полученных в ходе планомерных испытаний широкого набора геофизических методов (магнитометрия, электромагнитное частотное зондирование, метод сопротивлений, электротомография, георадиолокация, каппаметрия) и результатов археологической проверки, были созданы комплексы геофизических исследований, ориентированные на определенные категории памятников. Результаты работ опубликованы в нескольких монографиях и многочисленных статьях (см., например, сборники «Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий: Материалы Годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН»).

Взаимодействие археологии и геофизики

Опыт отечественных и зарубежных исследований позволяет утверждать, что современный подход должен соотносить научную задачу археологии с фи-

зическими характеристиками объектов поиска и техническими особенностями применения геофизических методов. В наиболее общем виде базовые принципы можно сформулировать следующим образом: скорость, универсальность, детальность. При определении границ археологических памятников приоритет отдается методам с максимальной скоростью полевых исследований; при восстановлении планировки – универсальности, что позволяет выявлять археологические объекты различных типов. При оценке формы и геометрических параметров археологических объектов принципиальна детальность реконструкции. Задачи полевых археологических исследований, которые решаются с использованием методов геофизики, могут быть представлены в виде иерархической схемы, уровни которой отличаются детальностью описания археологических объектов по геофизическим данным (рис. 4).

Начальный этап геофизической съемки – *поисковые исследования* на территориях, перспективных с точки зрения выявления археологического памятника. Их необходимость возникает в том случае, когда набор косвенных сведений позволяет предположить наличие на данном участке археологических объектов, например концентрация подъемного материала, характерные особенности ландшафта, следы производственной деятельности, слабо выраженные изменения рельефа. При этом не существует визуально фиксируемых признаков, которые бы однозначно указывали на расположение или границы памятника. Применение традиционных методов (шурфы, зачистка обнажений и пр.) зачастую оказывается малоинформативным и, кроме того, эти методы предполагают существенные трудозатраты и значительное время изысканий. В этом случае проводится сплошное обследование значительных по площади участков местности геофизическими методами. Совершенно очевидно, что границы территории обследований определяются археологом. Необходимое условие – геофизическая разведка и «фона», т.е. территории, окружающей участок потенциального памятника, на которой маловероятно наличие археологических объектов. Информация о наличии или отсутствии аномалий на «фоновых» участках необходима для уточнения границ распространения археологических объектов. На данном этапе приоритет отдается наиболее скоростным и универсальным методам – магниторазведка или георадарная съемка.

Задача собственно геофизических измерений состоит в построении «карты» распределения физических параметров. Ее интерпретация позволяет сделать предварительный вывод о наличии или отсутствии памятника и расположении отдельных археологических объектов (сооружения, ямы, погребения и пр.). Основа качественной интерпретации – форма геофизических аномалий и их взаимное расположение. На данном этапе форма служит основным признаком, исходя из предположения, что конфигурация археологических объектов близка форме аномалий. Их взаимное расположение, наличие видимой упорядоченности и выраженной планировочной структуры также являются основой археологической интерпретации. Ввиду того, что аномалии могут быть вызваны природными или техногенными объектами в грунте, обязательным условием археологической интерпретации геофизических данных становятся целенаправленные проверочные раскопки. При этом расположение раскопок определяется исходя из анализа геофизической «карты».

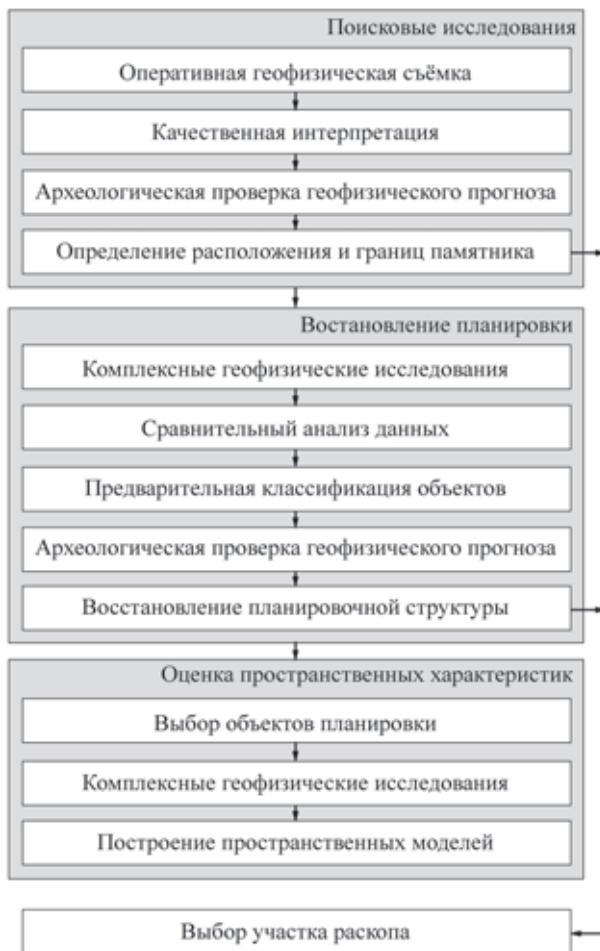


Рис. 4. Этапы геофизических исследований археологических памятников

Данное направление использования геофизических методов актуально не только при археологической разведке, ориентированной на проведение раскопок, но и при определении охранных зон памятника и закреплении их в землеустроительной документации.

Продолжение геофизических исследований связано с уточнением границ распространения культурного слоя и *восстановлением планировки*. Это предполагает определение местоположения выделенных археологических объектов на координатной сетке памятника и их классификацию по геометрическим параметрам, структуре и амплитуде аномалии. Предполагается, что параметры аномалий определяются физическими свойствами и характером заполнения археологического объекта. На данном этапе измерения проводятся комплексом геофизических методов по единой координатной сетке, что позволяет сопоставить набор геофизических карт и обеспечить более надежную интерпретацию.

Например, совпадение расположения дипольной аномалии (магнито-разведка), площадной аномалии повышенного сопротивления (электроразведка) и зоны дифракции электромагнитных волн (георадарная съемка) позволяет предположить наличие локального объекта, подвергавшегося термическому воздействию, – горн, печь и т.п. Наличие только дипольной аномалии магниторазведки при отсутствии на этом участке аномалий электроразведки и георадарной съемки может быть связано с прокаленным участком или очагом малого размера. Дополнительный анализ параметров аномалий (соотношения амплитуды «полуволн» аномалии магниторазведки, ориентация ее оси, форма и диапазон глубин фиксации аномалии сопротивления и пр.), а также учет исторического контекста памятника (культурно-историческая принадлежность, система хозяйства и пр.) позволяют достаточно обоснованно классифицировать выявленные объекты.

Таким образом, на основе предварительной классификации объектов по комплексным данным происходит первичное определение планировочной структуры памятника – тенденции в расположении объектов различных типов на территории памятника (например, выявление особенности планировки поселений или участков локализации погребений и культовых объектов могильника). В частности, применение магниторазведки на городище Камно (*Глазунов, Плоткин, 1978*) позволило не только выявить рядовую застройку поселения, но за счет статистической обработки разделить ряды построек с очагами (производственные сооружения) и ряды построек с глинобитными печами (жилые сооружения).

Очевидно, что и на данном этапе междисциплинарных исследований предполагаются раскопки. При этом необходимое условие – изучение объектов различных типов, выделенных при классификации геофизических аномалий. Например, при комплексных археолого-геофизических исследованиях на территории Каргалинского горно-металлургического комплекса соотнесение результатов раскопок со сводной геофизической картой (рис. 5, 1) позволило уточнить классификацию геофизических аномалий и обеспечило возможность обосновать реконструкцию планировки и структуры поселения в целом (рис. 5, 2). Необходимо заметить, что данный подход успешно применяется в рамках комплексных археологических проектов (например, исследования городища Чича, Институт археологии и этнографии СО РАН или памятников Кисловодской котловины, Институт археологии РАН).

На этой основе проводились междисциплинарные исследования Кушманского городища Уччакар (Удмуртия)⁶, где геофизическими измерениями (электроразведка, магниторазведка и георадар) была охвачена вся территория, на которой вероятно наличие археологических объектов (более 26000 м²). Проведены целенаправленные раскопки разноплановых объектов, которые определяли структуру городища (внутренняя линия укреплений) и планировку каждой из структурных частей – комплекс сооружений на средней части поселения и комплекс ям – на внешней (*Иванова, Журбин, 2014*). Соотнесение результатов раскопок (менее 1% территории городища) со сводной геофизической картой позволило

⁶ Исследования 2011–2014 гг. проводились Физико-техническим институтом УрО РАН и Удмуртским институтом истории, языка и литературы УрО РАН (г. Ижевск).

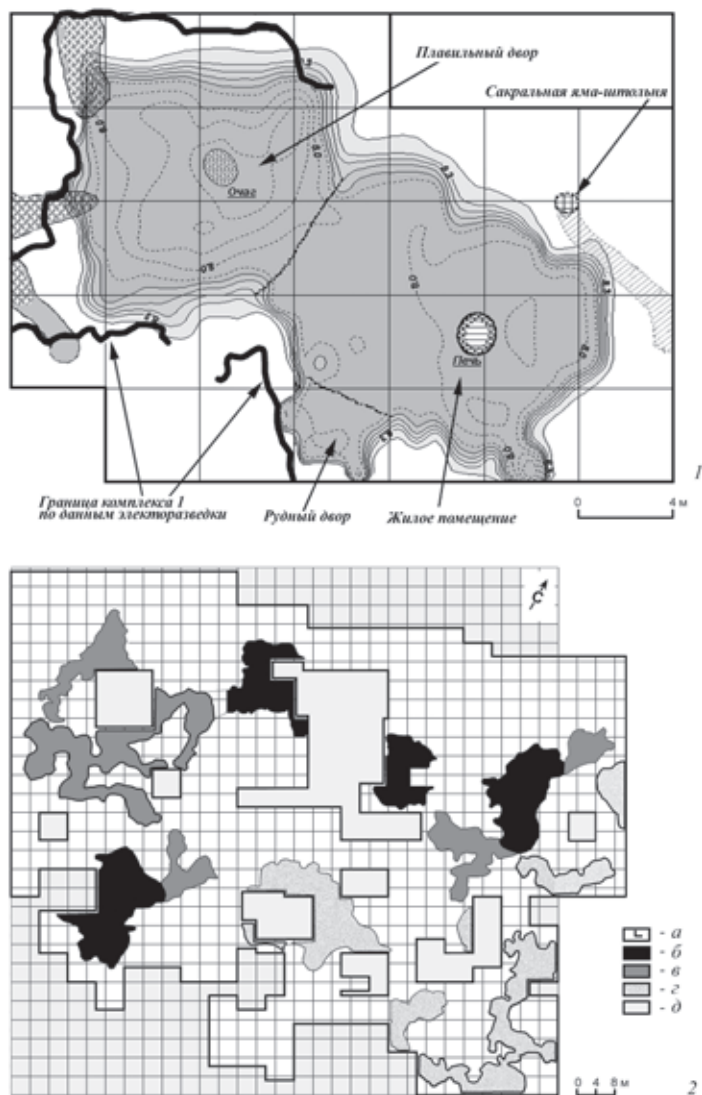


Рис. 5. Каргалинский горно-металлургический комплекс, поселение Горный

1 – пример археологической проверки данных электроразведки (жилищно-производственный комплекс I); 2 – интерпретация объектов планировки по геофизическим и археологическим данным. Условные обозначения: а – границы участка электрометрических исследований; б – жилищно-производственные комплексы; в – ритуальные траншеи; г – шахты и выходы шахт, заполненные отработанной породой; д – участки, на которых не проводились геофизические исследования (провалы, отвалы, западины, насыпи и пр.)

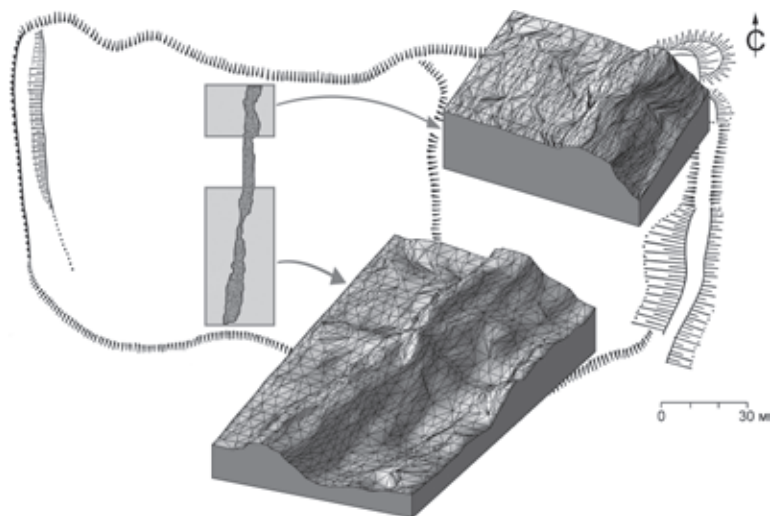


Рис. 6. Пространственная модель внутренней линии оборонительных сооружений городища Иднакар по геофизическим данным (по: *Иванова и др.*, 2013)

уточнить классификацию геофизических аномалий и обеспечило возможность реконструировать планировку и структуру поселения в целом.

Заключительный этап геофизических исследований – *оценка пространственных характеристик* отдельных объектов. Это предполагает определение геометрических параметров, конструктивных особенностей и структуры объекта поиска, определение его пространственного положения по геофизическим данным. Основой методики служит принцип послойных измерений, т.е. измерения при последовательном изменении глубины зондирования на одном участке (набор «планиграфических» геофизических разрезов), дополненный «стратиграфическими» разрезами. Возможные методы – электропрофилерование, электро-томография, электромагнитное зондирование или георадар. В дальнейшем эти данные могут быть использованы для пространственного моделирования археологических объектов по геофизическим данным. Современные методы математической обработки и «трехмерность» исходных данных позволяют восстанавливать археологические объекты конструированием поверхностей (рис. 6).

Перечисленные этапы геофизических исследований археологических памятников являются скорее логической схемой, нежели жестко и однозначно определенным алгоритмом. Данная схема регламентирует лишь *последовательность уточнения информации* об археологическом памятнике с помощью различных геофизических измерений. При этом начальный и завершающий этап выбирается исходя из частной археологической задачи (поиск объектов, восстановление планировки, оценка пространственных характеристик) и общей стратегии исследований (археологические раскопки, музеефикация памятника и пр.).

Например, на античном сельском поселении Панское 1 контуры некоторых построек прослеживались в рельефе и проявлялись в характере растительнос-

ти. Поэтому из рассмотренного цикла работ был исключен этап поисковых исследований и проведена предварительная съемка методом магниторазведки, которая позволила локализовать постройку (выявлено около 70% стен внутренней планировки). Дальнейшие детализирующие исследования методами магниторазведки и электроразведки, подтвержденные результатами раскопок, уточнили планировку здания и выявили участки пожара (магниторазведка), а электроразведкой уточнено расположения цоколей стен и участков постройки, где затруднена интерпретация данных магниторазведки (*Глазунов и др.*, 1979).

В целом необходимо соблюдение основных условий. Во-первых, следование на каждом этапе работ известным принципам взаимодействия археологии и геофизики: предварительные геофизические исследования – интерпретация – контрольные раскопки – корректировка методики геофизических измерений и, во-вторых, обеспечение взаимосвязи этапов комплексных исследований. Очевидное требование – *единая координатная сетка* памятника для геофизических и археологических исследований.

Основные принципы междисциплинарных исследований

Содержание задач археологии, для решения которых могут быть использованы методы геофизики, определяет требования к параметрам методики измерений: точность восстановления формы и пространственных характеристик объекта поиска, скорость проведения исследований и т.п. Определение оптимального баланса необходимого и достаточного может быть достигнуто на основе относительной оценки уровня значимости составляющих методики измерений на каждом этапе геофизических измерений. Возможный вариант такой оценки представлен в таблице 1 (максимальный уровень значимости обозначен цифрой 3, минимальный – 1).

На этапе поиска археологических объектов задача геофизических исследований состоит в оперативном построении «карты» аномалий участков, перспективных с точки зрения нахождения памятника. Следовательно, основные критерии методики – высокая скорость измерений и универсальность используемых геофизических методов. Требование к точности восстановления формы определяется необходимостью качественной интерпретации: на данном этапе только форма аномалии позволит отличить археологические объекты от природных или техногенных структур.

Восстановление планировки археологического памятника предполагает определение местоположения основных археологических объектов, их предварительную классификацию и первичное определение планировочной структуры памятника. Аналогично предыдущему этапу исследований важными критериями служат высокая скорость измерений и достаточная точность восстановления формы объекта поиска. При этом на первый план выходит требование универсальности применяемого комплекса геофизических методов, что позволяет с большой долей вероятности определять расположение всех археологических объектов различных типов и выявлять участки для дальнейших уточняющих исследований.

Таблица 1. Значимость характеристик методики геофизических измерений для задач археологии

Задачи измерений	Поисковые исследования	Восстановление планировки	Оценка пространственных характеристик объектов
Параметры методики			
Скорость измерений	3	2	1
Универсальность	3	3	1
Точность восстановления формы объекта	2	2	3
Возможность пространственной реконструкции	1	1	3

Заключительный этап – детальная оценка пространственных характеристик и формы отдельных объектов. Главное требование – максимально точное пространственное описание выделенных объектов. В соответствии с этим основными элементами методики можно назвать минимальный шаг и максимальное количество слоев измерений. Сравнительно высокая трудоемкость при реализации методики и значительные временные затраты (по сравнению с методиками, описанными выше) определяют тщательный отбор объектов по предварительным данным для детализирующих измерений.

Таким образом, соотнесение наиболее существенных характеристик методики измерений на каждом этапе комплексных исследований (таблица) с возможностями геофизики позволяет разработать оптимальную схему археолого-геофизических исследований для конкретного памятника.

Примером комплексных геофизических исследований может служить изучение неукрепленных селищ Владимиро-Юрьевского Ополя – сельской округи средневекового Суздаля. При комплексных геофизических исследованиях средневековых селищ использовались три метода: магниторазведка и георадиолокация (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Geophysik-Archäometrie) и электроразведка (Физико-технический институт УрО РАН, г. Ижевск). На магнитограмме фиксируются «археологические» аномалии трех типов (см. цветную вклейку, рис. XVIII, 1): участки повышенной дисперсии магнитного поля, дипольные аномалии и аномалии площадного распространения. Зоны повышенной дисперсии магнитного поля – участки с хаотично расположенными локальными аномалиями относительно малой амплитуды. Такая структура магнитограммы может соответствовать участкам культурного слоя, которые насыщены фрагментами керамики, шлаков, печных камней и других включений, обладающих повышенной намагниченностью. Следовательно, конфигурация этой зоны позволяет предварительно оценить границу поселения (Франтов, Пинкевич, 1966. С. 140). Наиболее выразительны дипольные аномалии, которые обычно вызваны остатками очагов, горнов, печей или скопления шлаков. Также выявлены аномальные участки достаточно большой площади и относительно высокого значения магнитного поля, что соответствует ямам

в материке, заполненным гумусированным слоем. Однако, учитывая специфику Суздальского Ополя – изменчивость внутренней планировочной структуры селищ («наложение» объектов с близкими характеристиками) и разрушение культурных напластований многовековой распашкой, магниторазведка позволяет оценить планировку поселений в самом общем виде и не обеспечивает необходимой детализации. Основные преимущества – высокая скорость и возможность выявления участков для дальнейших исследований комплексом геофизических методов.

В частности, на селище Шекшово 2 после магниторазведки (площадь измерений – 29,6 га) на локальных участках проведены дополнительные исследования методами электропрофилирования и электротомографии. В центральной части памятника в зоне высокой плотности локальных аномалий магнитного поля фиксировалась дипольная аномалия, которая предварительно интерпретировалась как остатки объекта, связанного с железоделательным производством (см. цветную вклейку, рис. XVIII, 1). При электропрофилировании участка выявлена серия локальных объектов высокого сопротивления (см. цветную вклейку, рис. XVIII, 2). В целом наблюдается схожесть обеих геофизических «карт», фиксирующих снижение мощности и насыщенности культурного слоя в юго-восточном углу полигона электропрофилирования. Однако наличие контрастной геомагнитной аномалии А1 не позволило восстановить структуру застройки участка только по данным магниторазведки, тогда как электропрофилирование выявило локальные объекты в непосредственной близости от данной аномалии. Последующее применение электротомографии показало, что эта группа аномалий связана с ямами в материковом слое, заполненными контрастным (с точки зрения сопротивления) неоднородным слоем (см. цветную вклейку, рис. XVIII, 3).

По результатам раскопок аномалии А1 соответствует округлая яма с размерами 3 x 2,1 м (см. цветную вклейку, рис. XVIII, 4), что согласуется с геометрическими параметрами аномалии сопротивления. При электропрофилировании данный объект однозначно фиксировался уже на верхних слоях измерений как локальная область высокого сопротивления с четко определенными границами, что соответствует археологическим данным: яма отчетливо выявляется на глубине 0,35 м от современной поверхности. В отличие от остальных объектов, выявленных в раскопе, данная яма характеризуется очень высокой контрастностью заполнения – повышенное содержание прокаленной глины и металлургических шлаков. Примыкающие к ней объекты зафиксированы при раскопках по слабогумусированному заполнению лишь с уровня материковой поверхности. Поэтому они выявлялись на фоне окружающей области низкого сопротивления только на более глубоких «слоях» электропрофилирования (см. цветную вклейку, рис. XVIII, 2).

Возможный подход к комплексным геофизическим исследованиям – проведение измерений с использованием *нескольких модификаций одного выбранного метода*, например для электроразведки – электропрофилирование, электротомография и трехмерная съемка (Журбин и др., 2007). Данный вариант комплексирования основан на том, что перечисленные методики электроразведки эффективны при выявлении различных типов объектов поиска и геологических структур. Следовательно, выбор методики измерений зависит от постановки задачи, вида археологических объектов и структуры культурного слоя.

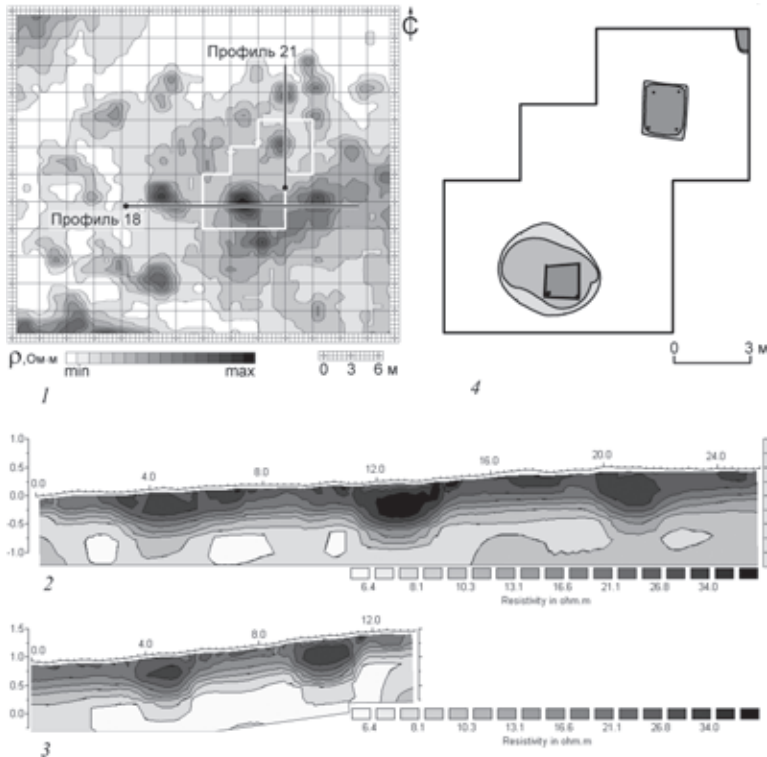


Рис. 7. Результаты комплексных электрометрических исследований внешней части Кушманского городища Уччакар.

1 – фрагмент «планиграфической» карты распределения сопротивления (показаны граница раскопа и расположение геоэлектрических профилей); 2 – геоэлектрический разрез по профилю 18; 3 – геоэлектрический разрез по профилю 21; 4 – обобщенная прорисовка плана зачистки на уровне материка

Например, при исследовании внешней структурной части средневекового финно-угорского городища Уччакар в Удмуртии планиграфические измерения (метод электропрофилеирования) проведены на площади более 9000 м² (Иванова, Журбин, 2014. С. 46, 47). Анализ геофизических данных позволил утверждать, что культурный слой внешней части поселения практически разрушен многолетней распашкой и эрозией, а на некоторых участках полностью уничтожен (современная полевая дорога). На этой части поселения выявлены только заглубленные объекты – не менее 40 ям, достаточно равномерно распределенных по всей внешней части площадки (рис. 7, 1). Данные комплексных исследований (электропрофилеирование и электротомография) позволили уточнить геометрические характеристики объектов и выделить ямы двух основных типов: диаметром около 3 м (рис. 7, 2) и 1,5–2 м (рис. 7, 3). Фиксируется разный уровень сопротивления грунта в заполнении ям, при этом корреляция характера заполнения с размерами объектов не наблюдается. При раскопках изучены

конструкции двух ям различных типов (рис. 7, 4). Одна из них характеризуется двумя этапами эксплуатации – поздняя округлая яма, перекрывала яму квадратной формы с обшивкой из досок, которые прижимались столбами, стоявшими по углам внутри ямы. Заполнение другой ямы представляет собой скопление крупных прокаленных камней (величина магнитной восприимчивости достигает 6–7 ед. СИ), при этом на дне ямы отсутствуют следы прокала. Вероятно, отопительное устройство располагалось на некоторой высоте от дна ямы (выявлены ямки, которые могли остаться от столбов, поддерживавших перекрытие).

В целом необходимость применения геофизических методов в археологии определяется требованием повышения эффективности полевых исследований и охранных раскопок, а также при изучении археологических объектов на особо охраняемых исторических территориях и при музеефикации памятников историко-культурного наследия. Результативность геофизических методов при изучении конкретного памятника археологии зависит от физических свойств объектов, геологических и ландшафтных условий местности, а также от степени влияния мешающих факторов. При использовании комплекса методов обеспечивается возможность последовательного уточнения информации об археологическом памятнике. Принципиально важно понимать, что геофизика фиксирует аномалии (участки, на которых физическое поле в значительной степени отличается от окружающей территории), связанные с неоднородностями в грунте. Следовательно, аномалии могут быть вызваны не только археологическими, но и природными или техногенными объектами. Исходя из этого интерпретация геофизических данных (соотнесение аномалий с определенными археологическими объектами) требует проведения раскопок.

ЛИТЕРАТУРА

- Антонова И.А., Глазунов В.В., Гоц И.А., Шевнин В.А., Модин И.Н., Беликов В.В., Уразаев Н.И., Тарнопольская Н.Б., Рыжов С.Г., 1979. Геолого-геофизические исследования на некрополе Херсонеса // Новое в применении физико-математических методов в археологии. М.: Наука. С. 10–19.
- Бобачев А.А., Горбунов А.А., Модин И.Н., Шевнин В.А., 2006. Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации // Приборы и системы разведочной геофизики. № 2. С. 14–17.
- Глазунов В.В., Плоткин К.М., 1978. Археолого-геофизическое изучение городища Камно // КСИА. Вып. 152. С. 82–91.
- Глазунов В.В., Наумов А.П., Внучков Г.А., Алексеев С.А., Хасиев И.С., 1979. Геофизические исследования на античном поселении Панское-I // Новое в применении физико-математических методов в археологии. М.: Наука. С. 22–39.
- Ельцов М.В., Кривошеев М.В., Ходжаева А.К., 2014. Исследования почв и структуры почвенного покрова георадарных аномалий межкурганного пространства могильника «Аксай-2» (Волгоградская область) // Мат-лы Всерос. научной конференции по археологическому почвоведению. Пушино: Ин-т физ.-хим. и биол. проблем почвоведения РАН. С. 208–212.
- Журбин И.В., 2004. Геофизика в археологии: методы, технология и результаты применения: Монография. Ижевск: Удм. ИИЯЛ УрО РАН. 152 с.
- Журбин И.В., Бобачев А.А., Зверев В.П., 2007. Комплексные геофизические исследования культурного слоя археологических памятников (городище Иднакар, IX–XIII вв.) // Археология, этнография и антропология Евразии. № 2 (30). С. 114–124.

- Иванова М.Г., Журбин И.В., 2014. Археологические и геофизические исследования средневековых поселений бассейна р. Чепцы // РА. № 1. С. 40–53.
- Иванова М.Г., Журбин И.В., Кириллов А.Н., 2013. Оборонительные сооружения городища Иднакар: основные итоги междисциплинарных исследований // Археология, этнография и антропология Евразии. № 2 (54). С. 108–119.
- Каргалы, 2002 / Е.Н. Черных, Е.Ю. Лебедева, И.В. Журбин, Лопес-Саец Х.А., Лопес-Гарсия П., Мартинес-Наваретте М.И. Т. II: Горный – поселение эпохи поздней бронзы: Топография, литология, стратиграфия: Производственно-бытовые и сакральные сооружения: Относительная и абсолютная хронология. М.: Языки славянской культуры. 184 с.
- Колчин Б.А., 1979. Физико-математические методы в археологии // Новое в применении физико-математических методов в археологии. М.: Наука. С. 3–10.
- Кузнецов О.Л., Каляшин С.В., 2011. Введение в геофизику. М.: РАЕН; Дубна: Ун-т «Дубна». 273 с.
- Меркулов С.В., Райнхольд С., 2009. Первые результаты георадарного обследования поселений с каменной архитектурой эпохи позднего бронзового – раннего железного века на Северном Кавказе // Археология и геоинформатика. Вып. 3 / Отв. ред. Д.С. Коробов. [Электронный ресурс]. М.: ИА РАН. (CD-ROM).
- Оленченко В.В., Чемякина М.А., 2009. Результаты методических георадарных исследований погребальных комплексов в Барабинской лесостепи // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Т. XV. Новосибирск: ИАЭТ СО РАН. С. 518–524.
- Слукин В.М., 1988. Неразрушающие методы исследования памятников архитектуры. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та. 220 с.
- Смекалова Т.Н., Восс О., Мельников А.В., 2007. Магнитная разведка в археологии. 12 лет применения оверхаузеровского градиентометра GSM-19WG. СПб.: Изд-во СПбГУ. 74 с.
- Смекалова Т.Н., Мельников А.В., Мыц В.Л., Беван Б.В., 2000. Магнитометрическое изучение гончарных печей средневековой Таврики. СПб.: Изд-во СПбГУ. 163 с.
- Станюкович А.К., 1997. Основные методы полевой археологической геофизики // Естественнонаучные методы в полевой археологии. Вып. 1. М.: ИА РАН. С. 19–42.
- Франтов Г.С., Пинкевич А.А., 1966. Геофизика в археологии. Л.: Недра. 211 с.
- Чемякина М.А., 2010. Диагностика культурных комплексов Барабинской лесостепи геофизическими методами // Вестник Новосиб. гос. ун-та. Серия: История, филология. Т. 9. Вып. 3: Археология и этнография. С. 74–84.
- Чича – городище переходного от бронзы к железу времени в Барабинской лесостепи, 2004 / В.И. Молодин, Г. Парцингер, Ю.Н. Гаркуша, Й. Шнеевайсс, А.Е. Гришин, О.И. Новикова, М.А. Чемякина, Н.С. Ефремова, Ж.В. Марченко, А.П. Овчаренко, Е.В. Рыбина, Л.Н. Мыльникова, С.К. Васильев, Н. Бенеке, А.К. Манштейн, П.Г. Дядьков, Н.А. Кулик. Т. 2. Новосибирск: ИАЭТ СО РАН. 336 с. (Материалы по археологии Сибири, вып. 4).
- Шилик К.К., 1965. Опыт применения магниторазведки на древнерусском городище // Археология и естественные науки. М.: Наука. С. 252–256.
- Шрайбман В.И., Серкеров С.А., Сидельникова Т.А., Флеров В.С., 1988. Новое в применении магнитной разведки и электроразведки при исследовании грунтовых погребений на Северном Кавказе // СА. № 1. С. 101–113.
- Щеглов А.Н., 1985. 25 лет работы Тарханкутской экспедиции: итоги и перспективы // КСИА. Вып. 182. С. 3–7.
- Эпельбаум Л.В., Хесин Б.Э., Иткис С.Е., 2006. Особенности геофизических исследований на археологических объектах Израйля // РА. № 1. С. 59–70.
- Geophysical Survey in Archaeological Field Evaluation. English Heritage, 2008. 60 p. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.english-heritage.org.uk/publications/>
- Ground Penetrating Radar: Theory and Applications, 2009 / Ed. H.M. Jol. Amsterdam: Elsevier. 524 p.

VII. ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

АРХЕОЛОГИЯ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ: ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ СПУСТЯ

Е.Н. Черных

«Пятьдесят лет спустя» означает то, что ровно 50 лет назад прозвучал как бы «стартовый сигнал» кардинальных перемен в археологической науке, и сигнал этот был ознаменован выходом в свет книги «Археология и естественные науки» (1965). Теперь же – в 2015 г. – группой авторов была подготовлена к печати рукопись данной книги, получившей название «Междисциплинарная интеграция в археологии». И вряд ли возникнут сомнения, что обе книги, невзирая на разделяющие их пять десятилетий, тесно связаны между собой теми генеральными проблемами, что волнуют археологов и по сей день.

Представляемая ныне книга – это по сути финиш промежуточный, и от «книги-старта» ее отделяет целая эпоха в развитии советской/российской археологии. Поэтому перед авторами стояла задача наметить коренные рубежи перемен на этом непростом полувековом пути. Сопоставление затронутых в книгах проблем потребует, разумеется, добротного знакомства со сборником стартовым, но при этом автор настоящей статьи, участвовавший в формировании обеих книг, вряд ли может рассчитывать, что раннюю книгу помнят многие из читателей. Резонным началом будет напоминание о характере первых шагов в этих исследовательских направлениях. По ходу изложения придется сопоставлять содержание обеих книг, и потому для краткости ранняя обозначена, как А-65, а нынешняя, как М-015.

Всесоюзное Совещание и книга-1965

Обзор книги А-65 лучше начинать с Всесоюзного совещания «Методы естественных и технических наук в археологии», проходившего в Москве с 25.02 по 01.03 1963 г., т.е. на пару лет раньше выхода книги. Прозвучавшие на Совещании доклады и послужили основой для воспроизводства в печатном виде разнообразных материалов А-65. Инициатором как этой встречи специалистов различных научных дисциплин, так и ответственным редактором-составителем книги выступил Борис Александрович Колчин. Он же был автором нескольких статей в книге, из которых по значимости можно выделить три: вводную «Археология и естественные науки» (Колчин, с. 7–20)¹, заключительную с соавторами о Всесоюзном совещании (Колчин и др., с. 334–345) и, пожалуй, наиболее значимую в этом ряду «Дендрохронология Восточной Европы» (Колчин, с. 42–85).

¹ Здесь и далее при ссылке на книгу А-65 год публикации не приводится, а после фамилий авторов будут обозначены лишь номера страниц. Список всех авторов и названия их статей книги приведены в Приложении после списка литературы.

Итак, на Совещании «были представлены широкие круги археологов, естественников (физиков, биологов, химиков, геологов и т.п.), математиков и техников. На нем были представлены 29 городов Советского Союза из 12 союзных республик от 68 археологических и других научных учреждений. Было прочитано 66 научных докладов и сообщений. Совещание одобрило новое направление в работе археологов – широкое внедрение в полевые и камеральные работы методов исследования естественных и технических наук. Была выработана большая программа сотрудничества и внедрения всех перспективных методов» (Колчин и др., с. 334).

На встрече было прочитано 66 докладов, но только 44 оказались опубликованными на страницах «стартовой» книги А-65. Характер Совещания и прозвучавшие на нем доклады и дискуссии определили следующие узловые проблемы: 1) хронология; 2) происхождение самых разнообразных материалов, распространение древних культур, экономические связи у древних народов, история технологий и производительных сил, а также реконструкция древних ландшафтов и палеоклимата, история земледелия и пр.; 3) математика и кибернетика в археологии, 4) полевая практика (Колчин и др., с. 334). При этом во Введении к книге Колчин (с. 8) упомянул также и пятую весьма важную проблему разработки «разнообразных методов, раскрывающих нам историю земледелия, скотоводства и реконструирующих нам древний ландшафт, палеоклимат и ряд подобных вопросов». Однако получилось, что эта проблема на Совещании почти не возникала, а в книге оказались опубликованными лишь две статьи о палеогеографических принципах построения хронологии археологических культур (Долуханов, Знаменская, с. 224–231) и о комплексном методе изучения природных условий голоцена (Заднепровский, Кислякова, с. 232–243).

Может быть, с этого сборника и стало традицией начинать обсуждение в книгах тех вопросов, что были связаны с естественными науками, именно с проблем хронологии. Во всяком случае таким оказалось начало книги: «Одна из наиболее сложных проблем – это датировка. В археологии довольно хорошо разработаны методы относительной хронологии. Пользуясь формально-типологическим и стратиграфическим методами, археолог может безошибочно отнести какое-либо явление к тому или иному периоду каменного или бронзового, или железного века. Но трудно установить абсолютные даты. И вот здесь естественные науки открывают археологам новые пути» (Колчин, с. 8).

Однако по мере появления новых методов исследования, накопления материалов и формирования представительных серий разнообразных анализов, а также их системной обработки возможность безошибочного отнесения какого-либо явления к тому или иному периоду на базе *методов формальной типологии и стратиграфии* стала зачастую представляться весьма сомнительной. Но пять десятилетий назад это звучало почти безоговорочно.

В разделе «Хронология» были затронуты три направления: радиоуглеродные датировки; дендрохронология; археомагнитный метод.

Радиоуглеродная хронология в те поры только пробуждала широкий интерес, у нее все еще имелось много противников или хотя бы скептически настроенных к ней археологов. В короткой статье С.В. Бутомо (с. 28–33) «Радиоуглеродное датирование и построение абсолютной хронологической шкалы

археологических памятников» лишь только ставились эти вопросы, но сколько-нибудь значимыми сериями возрастных определений в те поры исследователи не обладали. Лишь только В.С. Титов (с. 34–45) сделал попытку наметить те коррективы в абсолютной хронологии неолита и бронзового века Юго-Восточной Европы, а также Восточного Средиземноморья, где «столкновение радиоуглеродных и традиционных дат происходит особенно остро» (с. 35).

На фоне радиоуглеродной хронологии успехи дендрохронологических изысканий выглядели гораздо более обнадеживающими и перспективными. Этому способствовали статьи Б.А. Колчина «Дендрохронология Восточной Европы» (упомянута выше) и Н.Б. Черных (с. 86–90) об абсолютной дендрошкале древнего Белоозера. Казавшийся в те годы столь обнадеживающим археомагнитный метод датирования в последующие годы, к сожалению, своими результатами похвастать не смог.

В списке узловых проблем наиболее рыхлой и неясной по своей структуре важнейших вопросов не только сегодня, но даже и в те отдаленные годы представлялась вторая («происхождение различных материалов...»), где в одной связке разместили самые разнообразные и зачастую весьма несходные между собой направления. Может быть, это и послужило основной причиной того, что вторая проблема оказалась самой «пострадавшей» в пропорциональной доле между прозвучавшими на Совещании 28 докладами и лишь 16 удостоившимися публикации в книге.

В обозначенной этим номером проблеме наибольшее внимание, пожалуй, привлекали тогда и привлекают ныне работы по истории древней и древнейшей металлургии. Ее изучение проводилось с помощью двух основных методов: спектрального анализа и металлографии. Упомянем лишь несколько статей: Е.Н. Черных (с. 96–110) о древнейшей металлургии Восточной Европы на базе спектрального анализа; Н.В. Рындина (с. 119–128) о металлографии в археологии, что в основном демонстрировалось автором на приемах технологии металлообработки у трипольских племен; И.Р. Селимханов (с. 138–145) об истории освоения металлов и сплавов на Кавказе. Металлографические методы исследований также освещались в статье Г.А. Вознесенской (с. 129–137), но их основным объектом были уже средневековые железные артефакты. К сожалению, Б.А. Колчин не поместил в книгу свою статью по металлографии. Ведь именно он был пионером этого метода в археологии, и его первый опыт металлографического изучения древних железных изделий появился в печати еще в 1949 г., обозначив тем самым старт совершенно нового направления в археологии (см. *Черных*, 2013а. С. 332, 333).

Спектральный анализ привлекал тогда особое внимание исследователей. С его помощью кроме металла изучался состав древнего стекла (Щапова, с. 111–118) и даже керамики (Митричев, с. 171–173). Вообще же керамика и керамическое производство удостоились особого внимания как на Совещании, так и в книге А-65; этим вопросам было посвящено несколько статей (Круг, с. 146–151; Гражданкина, с. 152–160; Сайко, с. 161–166; отчасти Бурнашева, с. 178–184). Даже на обложке книги размещена форма керамического древнеславянского сосуда, совмещенная с графиком кривых термического анализа.

К этой же емкой – второй по счету – проблеме были подключены и вопросы дешифровки древних технологий путем эксперимента (Колчин, Круг,

с. 196–215), также экспериментальный метод изучения первобытной техники (Семенов, с. 216–223).

Раздел «Полевая практика»: по этой проблеме были опубликованы семь докладов, причем три из них касались способов проведения подводных изысканий. По две статьи относились к геофизическим методам разведки (Франтов, с. 244–251; Шилик, с. 252–255) и расшифровке аэрофотоснимков (Игонин, с. 256–260; Андрианов, с. 261–267).

Заключал книгу А-65 раздел «Математика и кибернетика». Из шести представленных в нем статей четыре были прямо нацелены на приемы математической обработки керамики – этого самого массового археологического материала (Ковалевская, с. 286–301; Каменецкий, с. 302–307; Маршак, с. 308–317; Круг Г., Круг О., с. 318–325). И, наконец, две финальные статьи раздела относились к тогдашнему пониманию кибернетики и возможностей ее приложения к археологической реальности (Шер, с. 326–329; Воробьев, с. 330–333).

От книги А-65 к книге М-015

Теперь можно приступить к сравнению двух, разделенных полувековым периодом, книг. Хотя можно думать, что те сопоставления, к которым сейчас обратимся, не вполне правомочны. Так, например, в книге М-015 опубликованы 18 статей, авторство которых принадлежит 16 исключительно московским исследователям, к тому же по преимуществу сотрудников Института археологии РАН. Тогда как на Совещании 1963 г., напомним, «были представлены 29 городов Советского Союза из 12 союзных республик от 68 археологических и других научных учреждений»; а в книге 1965 г. опубликована 41 статья, принадлежащая 43 авторам. Однако авторы ранней книги – это по преимуществу сотрудники тогдашних Московского и Ленинградского отделений единого Института археологии АН СССР. Книга М-015 отражает – и в этом можно не сомневаться – достаточно четкое представление об основных путях развития естественно-научных методов не только в Москве, но и в ведущих археологических учреждениях всей России.

Суммарное впечатление между генеральной направленностью Совещания-63, книги А-65 и представленной М-015 удивляет прежде всего пропорциональным дисбалансом между методами двух важнейших научных дисциплин: физико-химических (вкуче с техническими), с одной стороны, а с другой – биологических. Физико-химическая направленность безусловно доминирует в «стартовых» работах, а к биологическим методам в те годы обращались лишь в четырех докладах – два по дендрохронологии (Б.А. Колчин и Н.Б. Черных) и два по палеогеографии. Во всех остальных статьях характеризовались способы применения в археологических исследованиях различных физико-химических и технических методов. В книге М-015 картина обратная: из 17 статей оказались связанными с биологической тематикой 9, т.е. большая половина всего сборника.

Столь ярко выраженная минимизация биологической проблематики как в программе Совещания, так и в книге А-65 привлекает внимание также потому, что еще с 1946 г. в Институте археологии вел свои изыскания выдающийся ученый-археозоолог В.И. Цалкин, обогативший нашу науку реконструкциями моде-

лей древнейшего скотоводства. Палинологией занимались тогда Г.Н. Лисицына вместе с Н.Г. Блохиной. Историю земледелия средневековья Восточной Европы изучал А.В. Кириянов. В достаточно тесном контакте с Институтом археологии работали в те годы также замечательные палеоантропологи – В.П. Алексеев и Т.И. Алексеева. Любопытно также, что в заключительных рекомендациях Совещания не нашлось даже места для упоминания о необходимости развития биологических методов в практике археологических изысканий (Колчин и др., с. 345).

Если вести счет времени от Совещания-1963 и книги А-65, то в течение примерно двух десятков лет, вплоть до начала или даже середины 80-х годов, развитие тех направлений археологической науки, о которых идет речь, продвигалось преимущественно по пути, намеченному и обозначенному в материалах самого Совещания и статьях ранней книги. Однако уже к середине 80-х годов страна начала погружение в жесточайший кризис, за которым последовал уже и коллапс всей системы СССР. Это чрезвычайно болезненно сказалось на всей базовой основе исследований с использованием в археологической практике естественно-научных методов (Черных, 2009. С. 11). Исчезали необходимые для работы приборы и материалы. Приближавшееся к нулевым отметкам финансирование заставляло специалистов искать иные места для жизненно необходимых работ. Таковым был драматичный окрас, завершавший первый период развития наших наук.

Второй этап развития

И только лишь через десяток лет – к середине 90-х годов – начали постепенно, хотя и не очень быстро, оживать финансовые источники, без которых работа специализированных лабораторий оказывалась практически невозможной. Финансирование работ частично стали обеспечивать вновь созданные научные фонды. Особую значимость для изысканий явил Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ). В его структуре в 1994 г. сформировали особый отдел с основной задачей поддержки и развития наук, ведущих свои изыскания на стыке гуманитарных и естественных дисциплин. Пожалуй, именно с этого времени стало возможным говорить о начале второго этапа в развитии рассматриваемых направлений.

Даже в эти годы исследования вполне очевидно отличались от ранних. Едва ли не полностью ушло в прошлое то научное оборудование советского производства, которое в течение многих лет служило исследователям в ранний период. С этого времени российские лаборатории стали постепенно переходить и осваивать разнообразные приборы западных фирм, а после 2000 г. еще и китайских производителей. Появились персональные компьютеры (ПК). Первоначально они были достаточно примитивны, но уже тогда и эти ПК внушали ученым самые восторженные надежды. Наиболее ранние эксперименты с компьютерной обработкой данных спектрального анализа в лаборатории Института археологии РАН были проведены в 1984 г.² (Черных и др., 1996).

² На долгом пути компьютеризации первым в практике исследований лаборатории оказался персональный компьютер болгарского производства «Правец».

Прогресс в развитии персональных компьютеров оказался чрезвычайно стремительным, и вскоре даже вполне рутинные исследования по любым направлениям, особенно с опорой на естественно-научные методы, без компьютерных технологий стали фактически неисполнимыми. Именно поэтому в книге М-015 особый раздел о математике и кибернетике в археологии, подобно такому блоку в ранней книге, не выделен, так как компьютерные технологии стали в археологии обыденностью.

Еще одной кардинальной инновацией в современных научных программах стало широкое и обязательное применение при изучении археологических материалов ряда биологических методов, которые едва ли не полностью отсутствовали как в программе Совещания-1963, так и среди статей книги А-65 (об этом уже упоминалось). Чрезвычайного внимания удостоились ныне те направления, что нацелены на дешифровку моделей жизнеобеспечения древних культур. Энергично развивалось также и палинологическое направление. Совершенно особое место стали занимать широкие мультидисциплинарные программы по палеоантропологии, что и представлено в книге М-015.

Применение ряда методов, настойчиво рекомендованных в книге А-65 в качестве новых путей, стало ныне уже повсеместным, общепризнанным, и прежде всего это относится к радиоуглеродной хронологии. Поэтому сегодня речь может идти по преимуществу либо о новых методических приемах обработки, либо о таких результатах исследований, при которых системная обработка многочисленных серий анализов подводит исследователя к совершенно неожиданной и даже парадоксальной ситуации. Трактовку определений календарного возраста и их интерпретацию чаще всего проводят именно заказчики датировок – но как оказалось, дешифровка аналитических данных требует известной профессиональной подготовки.

Некоторые активно рекомендованные и представленные в книге А-65 направления научного поиска в конечном итоге оказались невостребованными. Без особого успеха, как уже сказано выше, завершились эксперименты по археомагнитным методам датировки. Отступили в глубокую тень и приемы работ на базе естественно-научных методов, трудно совместимых с занятиями подводной археологией.

В сфере «полевой практики» представленные на раннем этапе предварительные заявки оказались успешно реализованными как в области методически весьма продвинутых геофизических разведок, так и с внедрением ГИС технологий с дистанционным зондированием различных памятников и структур жилого и производственного характера.

Несколько слов о развитии на втором этапе тех направлений, что в отдаленные годы были инициированы еще Б.А. Колчиным – дендрохронологии и металлографии. Их успешное развитие сомнений не вызывает, и продвигалось оно, во-первых, по пути совершенствования различных аналитических методик и, во-вторых, при расширении территориального и хронологического охвата изучаемого материала. Дендрохронологические шкалы распространились ныне не только по континентальному восточноевропейскому северу русских средневековых городов, но также удалось исследовать древесину, правда, небогатых по конструкции сооружений российских морских охотников, достигавших на

своих судах островов Шпицбергена в океанском заполярье (*Черных*, 1996. С. 52. Рис. 3)³.

Металлография оказалась нацеленной на изучение материалов двух крупных хронологических блоков. Самые ранние медные орудия и украшения происходили из комплексов культур Балкано-Карпатской металлургической провинции, а мышьяковые бронзы – из курганных культур Циркумпонтийской провинции (в основном майкопской культурной общности на Северном Кавказе). Все исследованные коллекции датировались по преимуществу в рамках V–III тыс. до н.э. (*Рындина*, 1971; *Рындина, Равич*, 2013). Поздние материалы раннего железного века и средневековья были сопряжены уже с культурами и памятниками Восточной Европы; история железной металлообработки этих общностей отражена исследователями в ряде важных монографий (*Завьялов*, 2005; *Завьялов и др.*, 2009, 2012).

В несколько ином ключе протекало изучение древней и древнейшей металлургии Евразии. В первой книге по этой тематике (*Черных*, 1966) изученные многочисленные серии спектральных анализов металла позволили наметить контуры сложной картины этого важнейшего производства на широких пространствах Восточной Европы. Как правило, исследование материалов и освещение их результатов в рамках принятой программы не ограничивалось лишь обработкой спектроаналитических данных. Параллельно и широко использовались приемы морфолого-типологического анализа металлических изделий, что отчетливо проявилось уже на страницах книг начала 70-х годов. Большое внимание уделялось также древнейшему горному делу. Относительно поздние по выходу в свет книги отличались отчетливо выраженным мультидисциплинарным подходом. В них для воссоздания широких исторических картин привлекались многочисленные и системно обработанные серии радиоуглеродных датировок, а горно-металлургическое производство Евразии рассматривалось на фоне важнейших геоэкологических зон континента. Публикация разнообразных материалов по этой проблематике проводилась достаточно энергично, так что с года выхода в свет первой книги вплоть до 2013 г. удалось опубликовать более 20 монографий, включая и коллективные⁴.

³ Совершенно особое место в этом отношении представляют исследования разнообразных сибирских коллекций древесины, протяженность дендрошкал которых удалось установить от эпохи раннего железа вплоть до современности (см. *Естественнонаучные...*, 2007).

⁴ Многие, особенно ранние книги были нацелены главным образом на историко-металлургическую проблематику (*Черных*, 1966, 1970, 1976). Однако позднее при разработке понятия «металлургическая провинция» центр тяжести изысканий начал смещаться на весьма сложные сюжеты генеральной периодизации эпохи раннего металла Евразии, которая опиралась на периоды формирования, расцвета, стабилизации и распада тех гигантских систем, под которыми и понимаются металлургические провинции (см., например: *Черных*, 1978, 2013б; *Черных, Кузьминых*, 1989; *Chernykh*, 1992). Особое место занимали изыскания в сфере горно-металлургического производства в сопряженности с металлургическими провинциями и общей периодизацией эпохи раннего металла: например, коллективное исследование, опубликованное в пятитомнике «Каргалы» (см. *Черных*, 2007).

* * *

В настоящей статье автор предпочел провести сопоставления преимущественно между двумя сборниками трудов по очень близкой тематике, но разлеченными полувековым периодом. Между тем еще десятилетием раньше был выпущен сборник «Археология и естественнонаучные методы» (2005). Книга также строилась на материалах Конференции с аналогичным названием, проведенной в ноябре 2004 г. в память о 90-летию Б.А. Колчина. Структура сборника отчасти напоминала книгу М-015, но в ней научные статьи 23 авторов были распределены лишь по трем блокам: археохронология; древняя металлургия и металлообработка; археобиологические методы.

Материалы сборника 2005 г. фактически не затронуты в настоящей статье: представляется, что для более четкого понимания характера современной археологии и арсенала ее естественно-научных методов гораздо предпочтительнее использовать книгу М-015. Во всяком случае, оценка ретроспективы «пятьдесят лет спустя» более выразительна при сопоставлении книг М-015 и А-65.

И наконец, в финале несколько слов еще об одном. При сравнительном разборе обеих книг внимание уделено статьям, авторы которых, как уже сказано выше, в большинстве своем – сотрудники Института археологии: в раннем сборнике Московского и Ленинградского отделений, а в позднем – только московского института. Так, из 18 статей книги М-015 13 написано сотрудниками ИА РАН. В настоящей статье автор не ставил задачу предложить читателям характеристику арсенала методов, как и вариантов их применения во всех археологических учреждениях России. Однако стоит хотя бы кратко упомянуть об очень ценном и важном, опубликованном в Красноярске учебном пособии «Естественнонаучные методы в археологии» (2007), предназначенном в «качестве рабочей программы для студентов направления 030400 ‘История’ очной формы обучения по модульно-рейтинговой системе организации учебного процесса». В программе несколько разделов: 1. Метод радиоуглеродного датирования; 2. Дендрохронология; 3. Спорово-пыльцевой анализ; 4. Реставрационные методы в археологии; 5. Статистические методы в археологии; 6. Применение ГИС методов в археологии. Из девяти авторов-«составителей» четверо – сотрудники Института археологии и этнографии Сибирского отделения РАН (Новосибирск).

В заключение хотелось бы пожелать историческим факультетам Московского, Санкт-Петербургского, да и других университетов европейской части России отыскать возможность для публикации похожей на сибирскую, но своей программы-пособия, чрезвычайно необходимой для обучения студентов-археологов, аспирантов. Авторы настоящего сборника (М-015) надеются, что эта книга будет полезной при чтении курсов в российских университетах.

ПРИЛОЖЕНИЕ

**СТАТЬИ В СБОРНИКЕ
«АРХЕОЛОГИЯ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»
(М.: Наука, 1965. 348 с.)**

Введение	стр.
Б.А. Колчин. Археология и естественные науки –	7
 1. Хронология	
С.В. Бутомо. Радиоуглеродное датирование и построение абсолютной хронологической шкалы археологических памятников –	21
В.С. Титов. Роль радиоуглеродных дат в системе хронологии неолита и бронзового века Передней Азии и Юго-Восточной Европы –	14
А.А. Лийва, Э.О. Ильвес, Л.Ю. Янитс. Радиоуглеродное датирование некоторых археологических памятников Прибалтики –	44
С.П. Бурлацкая, Т.Б. Нечаева. Датирование археологических объектов археомагнитным методом –	50
Б.А. Колчин. Дендрохронология Восточной Европы –	42
Н.Б. Черных. Абсолютная дендрохронологическая шкала древнего Белоозера –	86
А.А. Семенов. Регистратор для измерения низких активностей с графическим построением хода измерений –	91
 2. Происхождение и состав материалов и предметов	
Е.Н. Черных. Спектральный анализ и изучение древнейшей металлургии Восточной Европы –	94
Ю.Л. Шапова. Спектральный анализ и история стекла –	111
Н.В. Рындина. Металлография в археологии –	119
Г.А. Вознесенская. Металл Троицкого городища –	129
И.Р. Селимханов. К истории освоения человеком металлов и сплавов на Кавказе –	131
О.Ю. Круг. Применение петрографии в археологии –	144
Н.С. Гражданкина. Методика химико-технологического исследования древней керамики –	152
Э.В. Сайко. Технология керамики средневековых мастеров –	161
В.В. Наседкин, А.А. Формозов. Вулканическое стекло из стоянок каменного века Краснодарского края и Чечено-Ингушетии –	167
В.С. Митричев. Спектральный анализ керамики –	171
М.А. Безбородов. Технические методы изучения древних стекол –	174
Ф.А. Бурнашева. Методика изучения древних глазурей –	178
И.М. Гайдук. Выявление микрорайонов неолитических племен методом петрографического и спектрального анализов –	115
Г.Ф. Коробкова. Применение метода микроанализа к изучению функции каменных и костяных орудий –	192
Б.А. Колчин, О.Ю. Круг. Физическое моделирование сыродутного процесса производства железа –	196
С.А. Семенов. Экспериментальный метод изучения первобытной техники –	214
 3. Вопросы палеогеографии	
П.М. Долуханов, О.М. Знаменская. Палеогеографические принципы построения хронологии археологических культур –	224

- Ю.А. Заднепровский, Г.Н. Кислякова. О комплексном методе изучения природных условий голоцена во внеледниковых районах – 232

4. Полевая практика

- Г.С. Франтов. Применение геофизических методов разведки в археологии – 244
 К.К. Шилик. Опыт применения магниторазведки на древнерусском городище – 252
 Н.И. Игонин. Применение аэрофотосъемки при изучении археологических памятников – 256
 Б.В. Андрианов. Дешифрирование аэрофотоснимков при изучении древних оросительных систем – 261
 В.Д. Блаватский. Техника подводных археологических работ – 268
 Е.Ф. Дубров, К.К. Шилик. Применение метода звуковой геолокации для поисков и исследования объектов, погребенных грунтами на дне водоемов – 279
 Б.Г. Петерс. О приемах и методике подводных археологических разведок – 212

5. Математика и кибернетика

- В.Б. Ковалевская (Деопик). Применение статистических методов к изучению массового археологического материала – 286
 И.С. Каменецкий. Дагировка слоев по процентному соотношению типов керамики – 302
 Б.И. Маршак. К разработке критериев сходства в различия керамических комплексов – 308
 Г.К. Круг, О.Ю. Круг. Математический метод классификации древней керамики – 318
 Я.А. Шер. О создании кибернетического фонда археологических источников с автоматическим поиском информации – 326
 Г.Г. Воробьев. Некоторые аспекты применения кибернетики в археологии – 330
 Б.А. Колчин, О.Ю. Круг, Е.Н. Черных. Всесоюзное совещание по применению в археологии методов исследований естественных и технических наук – 334

ЛИТЕРАТУРА

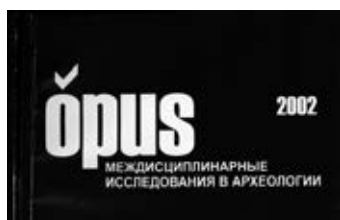
- Археология и естественные науки, 1965 / Под ред. Б.А. Колчина. М.: Наука. 346 с.
 Археология и естественнонаучные методы, 2005 / Под ред. Е.Н. Черных и В.И. Завьялова. М.: Языки славянской культуры. 216 с.
 Естественнонаучные методы в археологии. Рабочая программа для студентов, 2007. Красноярск. 111 с.
 Завьялов В.И., 2005. История кузнечного ремесла пермян: археометаллографическое исследование. Ижевск: Удм. ИИЯЛ УрО РАН. 244 с.
 Завьялов В.И., Розанова Л.С., Терехова Н.Н., 2009. История кузнечного ремесла финно-угорских народов Поволжья и Предуралья. М.: Знак. 264 с.
 Завьялов В.И., Розанова Л.С., Терехова Н.Н., 2012. Традиции и инновации в производственной культуре Северной Руси. М.: Анкил. 376 с.
 Рындина Н.В., 1971. Древнейшее металлообрабатывающее производство Восточной Европы. М.: МГУ. 150 с.
 Рындина Н.В., Равич И.Г., 2013. Металл майкопской культуры Северного Кавказа в свете аналитических исследований // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 3. М.: ИА РАН. С. 89–110.
 Черных Е.Н., 1966. История древнейшей металлургии Восточной Европы. М.: Наука. 144 с. (МИА, № 132).
 Черных Е.Н., 1970. Древнейшая металлургия Урала и Поволжья. М.: Наука. 180 с. (МИА, № 172).
 Черных Е.Н., 1976. Древняя металлообработка на Юго-Западе СССР. М.: Наука. 302 с.

- Черных Е.Н.*, 1978. Горное дело и металлургия в древнейшей Болгарии. София: Изд-во Болгарской АН. 388 с.
- Черных Е.Н.*, 2007. Каргалы. Т. V: Каргалы: феномен и парадоксы развития. М.: Языки славянской культуры. 200 с.
- Черных Е.Н.*, 2009. Лаборатории естественнонаучных методов 50 лет // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 1 / Отв. ред. и сост. Е.Н. Черных, В.И. Завьялов. М.: ИА РАН. С. 6–24.
- Черных Е.Н.*, 2013а. Борис Александрович Колчин – организатор лаборатории естественнонаучных методов (к столетию со дня рождения и тридцатилетию кончины) // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 3 / Отв. ред. и сост. Е.Н. Черных, В.И. Завьялов. М.: ИА РАН. С. 332–334.
- Черных Е.Н.*, 2013б. Культуры номадов в мегаструктуре Евразийского мира. М.: Языки славянской культуры. Т. 1 – 368 с. Т. 2 – 429 с.
- Черных Е.Н., Авилова Л.И., Барцева Т.Б., Луньков В.Ю., Орловская Л.Б., Тенейшвили Т.О.*, 1996. Компьютерные программы в историко-металлургических исследованиях лаборатории ИА РАН // Компьютеры в археологии. Мат-лы конф. «Опыт компьютерной обработки археологических материалов». Москва, апрель 1993 г. М.: ИА РАН. С. 95–103.
- Черных Е.Н., Кузьминых С.В.*, 1989. Древняя металлургия Северной Евразии (сейминско-турбинский феномен). М.: Наука. 320 с.
- Черных Н.Б.*, 1996. Дендрохронология и археология. М.: Nox. 216 с.
- Chernykh E.N.*, 1992. Ancient Metallurgy in the USSR. The Early Metal Age. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 416 p.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АН СССР	– Академия наук СССР
БелГУ	– Белорусский государственный университет
ВОГИС	– Вавиловское общество генетиков и селекционеров
ГАИМК	– Государственная академия истории материальной культуры
ГИМ	– Государственный исторический музей
ГЭ	– Государственный Эрмитаж
ИА РАН	– Институт археологии Российской академии наук
ИИМК РАН	– Институт истории материальной культуры РАН
КСИА	– Краткие сообщения института археологии. М.
КСИИМК	– Краткие сообщения института истории материальной культуры. М.; Л.
МИА	– Материалы по археологии СССР. М., Л.
МОИП	– Московское общество испытателей природы
РА	– Российская археология. М.
СА	– Советская археология. М.
BAR	– British Archaeological Reports
CBA	– Council for British Archaeology
ICOMOS	– International Council on Monuments and Sites
SAV	– Slovenská Akadémia Vied

ДОПОЛНИТЕЛЬНО РЕКОМЕНДУЕМЫЕ НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ ИА РАН И ЕГО СОТРУДНИКОВ



OPUS: междисциплинарные исследования в археологии. Сборник статей. М. «Параллели». Серия основана и утверждена Ученым Советом Института археологии РАН в 2002 г.

Вып. 1-2, 2002 – 166 с.

Ред. вып.

А.П. Бужилова.

ISBN 5-94375-016-9



Вып. 3, 2004 – 338 с.

Ред. вып.

М.Б. Медникова.

ISBN 5-947375 - 189-5



Вып. 4, 2005 – 244 с.

Ред. вып.

М.В. Добровольская.

ISBN 5-94375-041-X

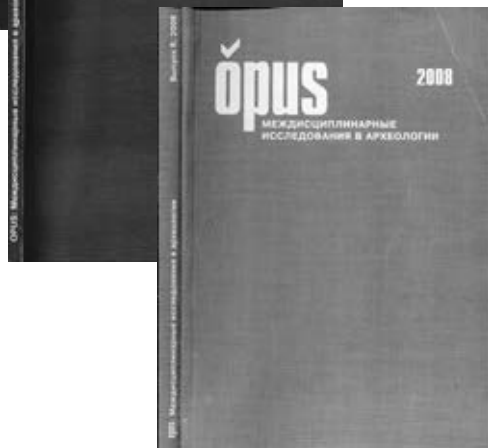


Вып. 5, 2006 – 248 с.

Ред. вып.

М.Б. Медникова.

ISBN 5-94375-051-7



Вып. 6, 2008 – 352 с.

Ред. вып.

В.П. Бужилова.

ISBN 978-5-988310-24-9



Археология и естественнонаучные методы. Сборник статей. Научные ред. и составитель: Е.Н. Черных и В.И. Завьялов. – М.: Языки славянской культуры, 2005. – 216 с., ил. ISBN 5-9551-0099-7

Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. М.: Ин-т археологии РАН



Вып. 1, 2009 – 320 с. илл.
Отв. ред. Е.Н. Черных.
ISBN 978-5-90311-59-9



Вып. 2, 2011 – 341 с., илл.
отв. ред. и сост.
Е.Н. Черных,
В.И. Завьялов
ISBN 978-5-903011-75-9



Вып. 3, 2013 – 352 с., илл
отв. ред. и сост.
Е.Н. Черных,
В.И. Завьялов
ISBN 978-5-906045-03-4



Черных Е.Н. Степной пояс Евразии.
Феномен кочевых культур.
М.: Рукописные памятники древней Руси,
2009. – 624 с., ил.
ISBN 978-5-9551-0290-0



Черных Е.Н. Культура кочевников в
мегаструктуре Евразийского мира. Т. 1.
М.: Языки славянской культуры, 2013 –
368 с.
ISBN 978-5-9551-0674-8

Черных Е.Н. Культура кочевников в
мегаструктуре Евразийского мира. Т. 2.
М.: Языки славянской культуры, 2013 –
432 с.
ISBN 978-5-9551-0675-5





Естественные научные методы исследования и парадигма современной археологии. Материалы Всероссийской научной конференции. Ред. и сост: М.В. Добровольская и Е.Н. Черных.
М.: Языки славянской культуры, 2015. – 160 с., илл.
ISBN 9788-5-94457-243



Коробов Д.С.. Основы геоинформатики в археологии: Учебное пособие.– М.: Изд-во Московского университета, 2011. – 224 с.
ISBN 978-5-211-06170-5

Научное издание

**Междисциплинарная интеграция в археологии
(по материалам лекций для аспирантов и молодых сотрудников)**

Редактор: *Г. Г. Король*
Дизайн и верстка: *В. Ю. Луньков*

Подписано в печать 26.04.2016. Формат 70 x 100 ¹/₁₆
Усл. печ. л. 32,18. Уч.-изд. л. 31,9.
Тираж 500 экз. Зак. № 585

Институт археологии РАН
117036 Москва, ул. Дм. Ульянова, 19

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии «Переpletный центр издательства «Нестор-История»»
Тел. (812)622-01-23

ISBN 978-5-94375-195-0



9 785943 751950

Статья Е.Н. Черных
«Археология и история:
хронологическо-методологический диссонанс наук»



Рис. I. Гранд-Каньон на плато Колорадо в штате Аризона, США. Последовательность чередующихся миллионолетних напластований здесь выражена предельно четко



Рис. II. Бристольская ель (*Bristlecone pine*), очень редкое дерево, встречающееся в субальпийской зоне штата Аризона, США. Возраст некоторых деревьев этой породы может достигать 5000 лет

Статья Е.Н. Черных

«Радиоуглеродная хронология в свете системного анализа крупных серий датировок
(итоги ожидаемые и итоги парадоксальные)»

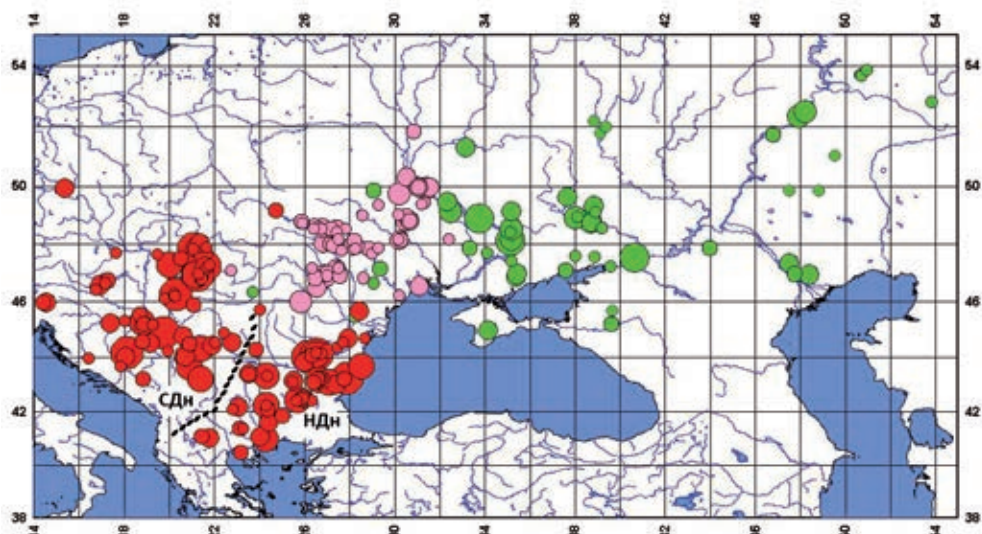


Рис. III. Балкано-Карпатская металлургическая провинция: территориальное распространение радиоуглеродных датировок. Условные обозначения цветов: красный – центральная группа провинции (СДн – среднедунайский блок; НДн – нижнедунайский блок); фиолетовый – культуры трипольского блока; зеленый – степные археологические общности



Рис. IV. Балкано-Карпатская металлургическая провинция, центральные блоки культур и их соотношение с конфигурацией Балкано-Карпатской складчатой системы

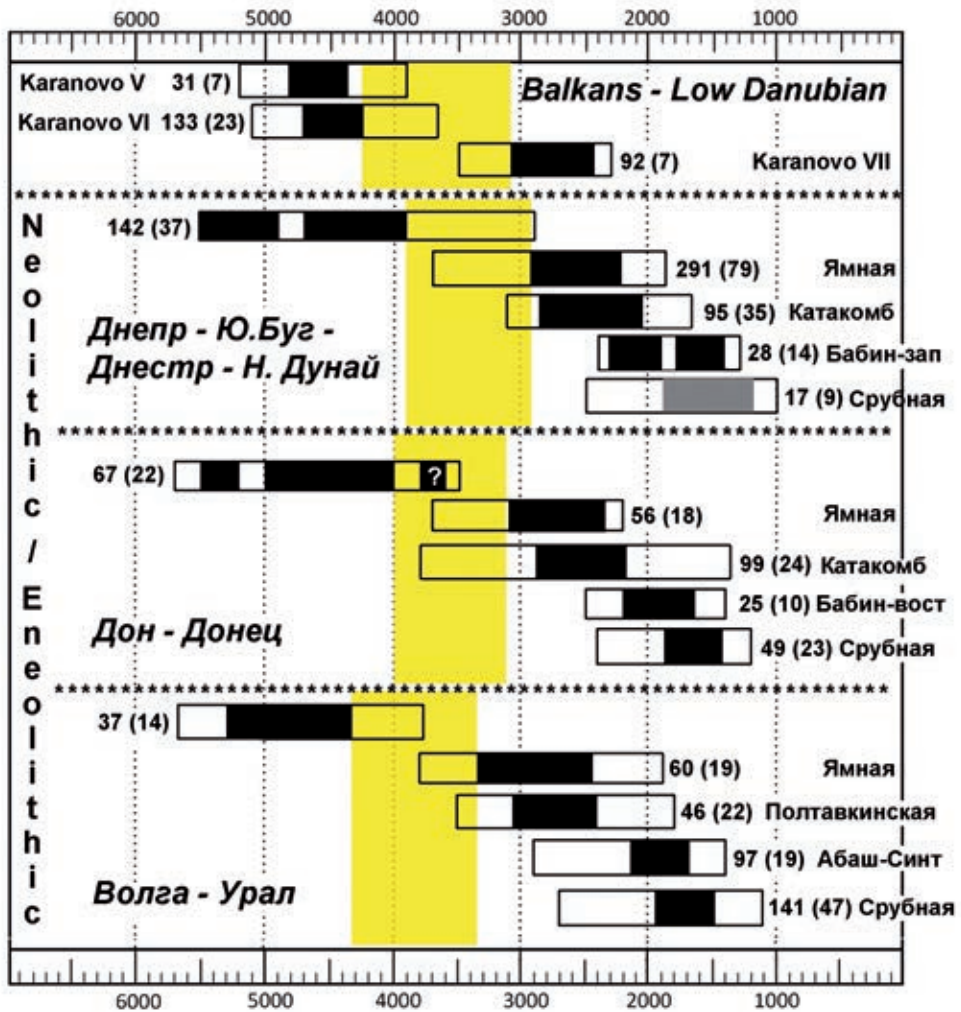


Рис. V. Хронологический «провал» IV тыс. до н.э. Сопоставление временных диапазонов различных культур и общностей медного века (Балкано-Карпатская провинция) с общностями и культурами бронзового века (Циркумпонтийская провинция). Рамки хронологического «провала» (хиатуса) помечены желтым цветом. Условные обозначения: см. рис. 11

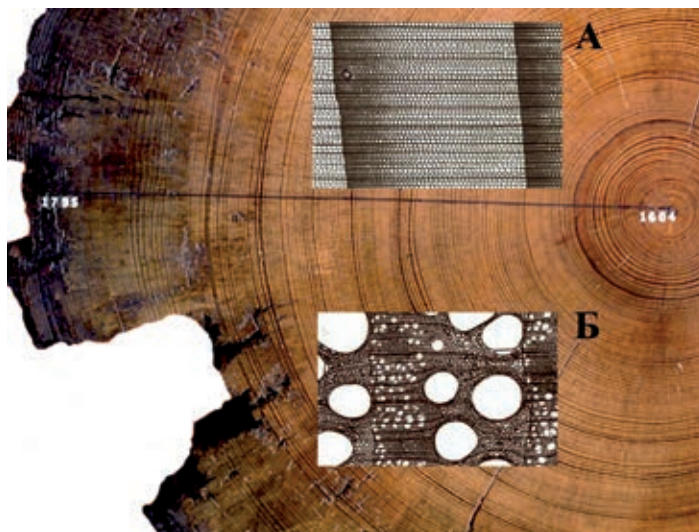


Рис. VI. Поперечный спил древесного ствола (сосна). Годичные кольца древесины сосны (А) и дуба (Б). Фото с сайта The Science of Tree Rings (© H.D. Grissino-Mayer)



Рис. VII. Схема отбора образцов-сегментов (сколов или выпилов). А – сегмент, охватывающий центральную и периферийную части древесного ствола. Фото с сайта The Science of Tree Rings (© LTRR)

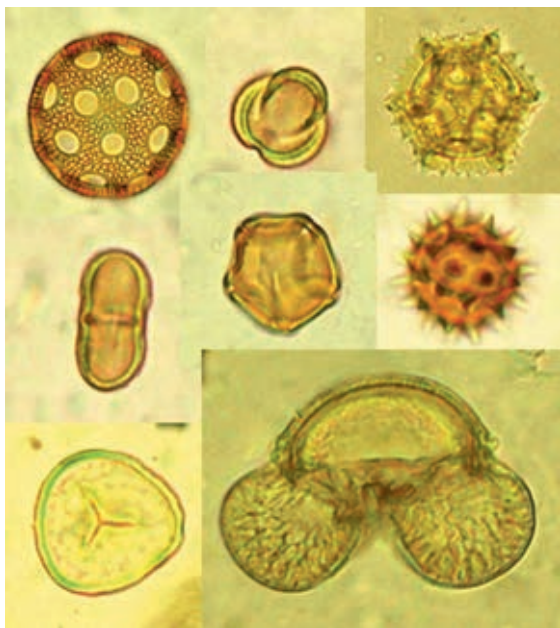


**Рис. VIII. Отбор образцов древесины при помощи природного бура.
Фото с сайта The Science of Tree Rings (© G.L. Harley)**



**Рис. IX. Образцы, полученные при помощи природного бура в процессе их обработки.
Фото с сайта The Science of Tree Rings (© H.D. Grissino-Mayer)**

*Статья А.С. Алешинской, Е.А. Спиридоновой, М.Д. Кочановой
«Возможности применения палинологического анализа
при палинологических исследованиях»*



**Рис. X. Морфологические особенности
пыльцы и спор**



**Рис. XI. Отбор образцов на споро-
во-пыльцевой анализ**

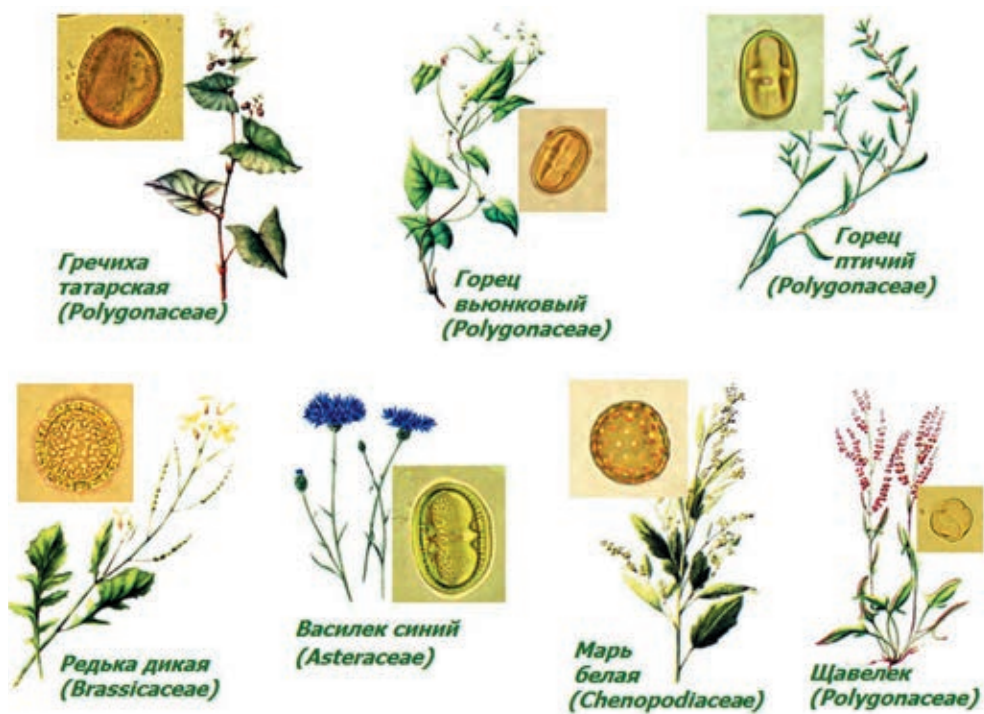


Рис. XII. Пашенные сорняки: внешний вид и пыльца

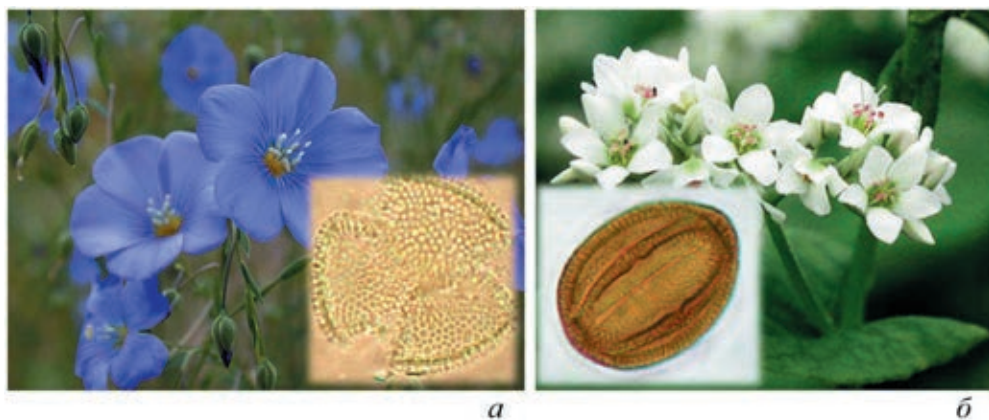


Рис. XIII. Соцветия и пыльца льна (а) и гречихи (б)

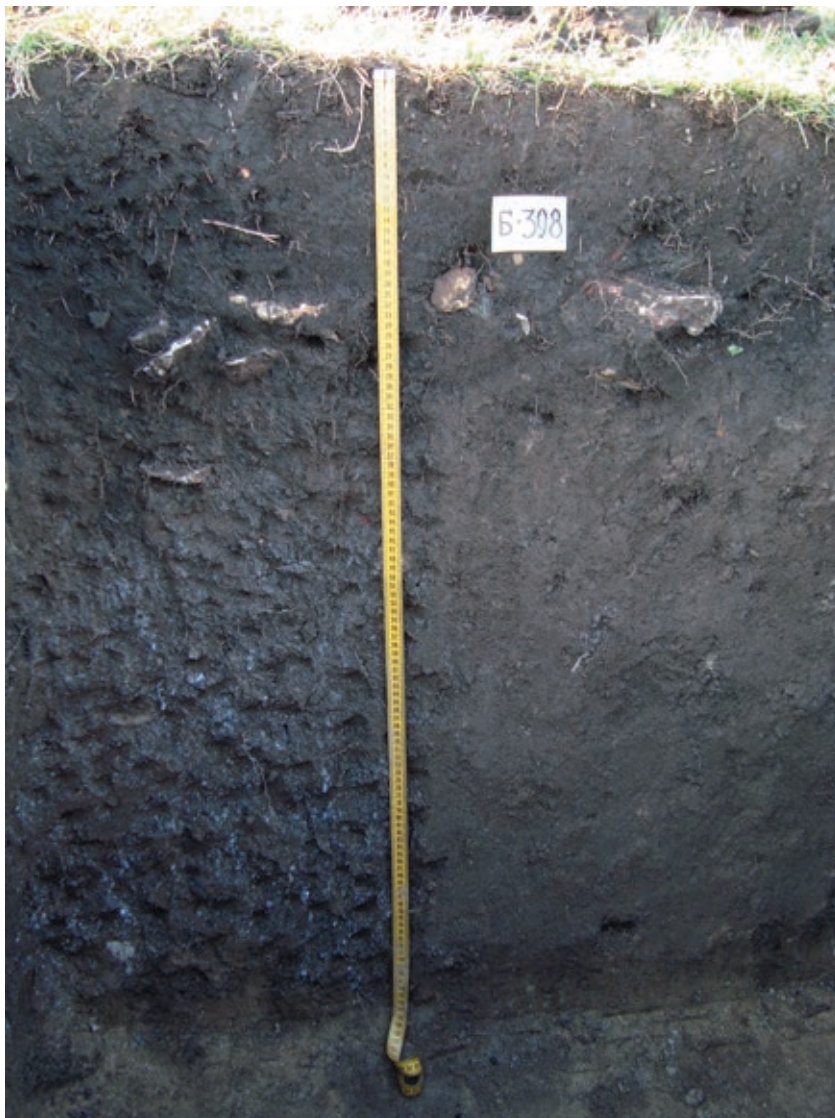


Рис XIV. Почвенный профиль, подготовленный к фотофиксации и отбору образцов

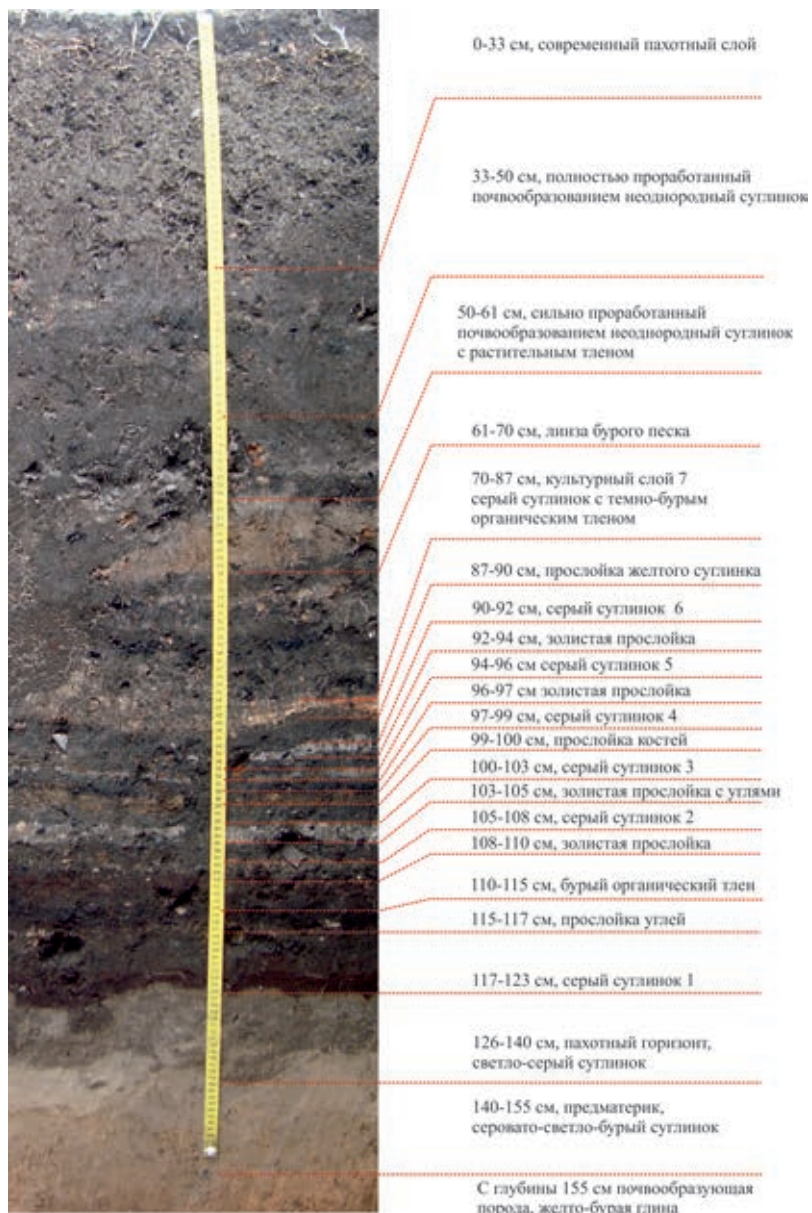


Рис. XV. Пример сопроводительной схемы отбора образцов из культурного слоя



Рис. XVI. Площадной отбор образцов

Статья М.В. Добровольской
«Теоретические основы и методика изотопных исследований
в палеодиетологических реконструкциях»

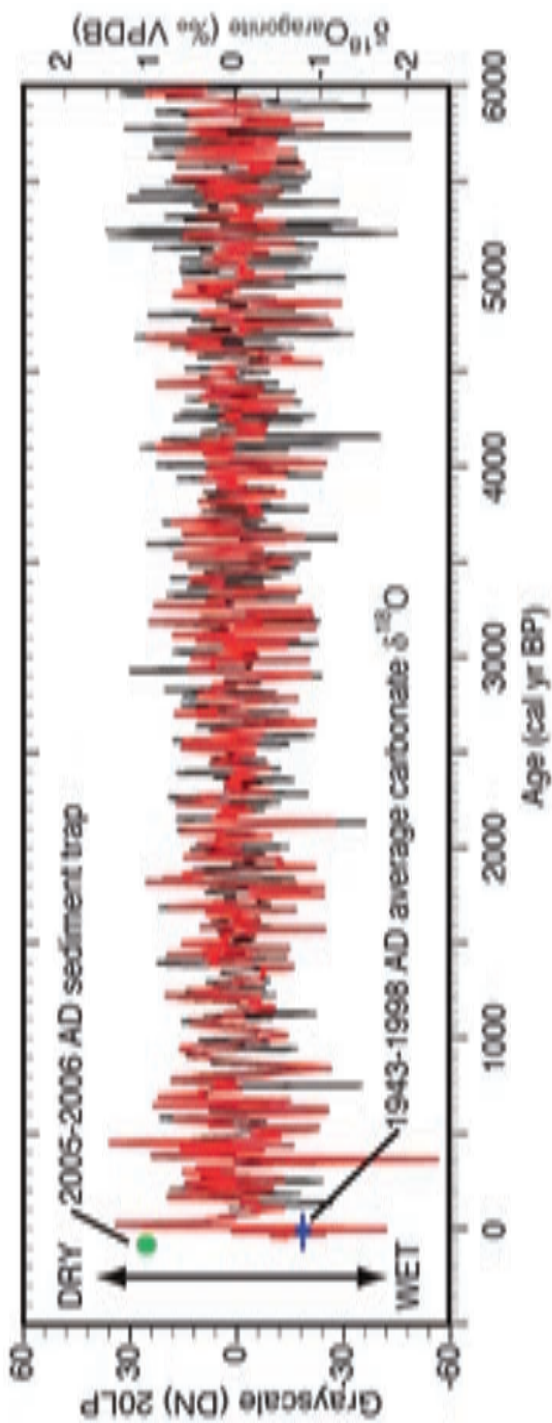


Рис. XVII. Динамика соотношения легкого и тяжелого изотопов кислорода в зависимости от влажности воздуха

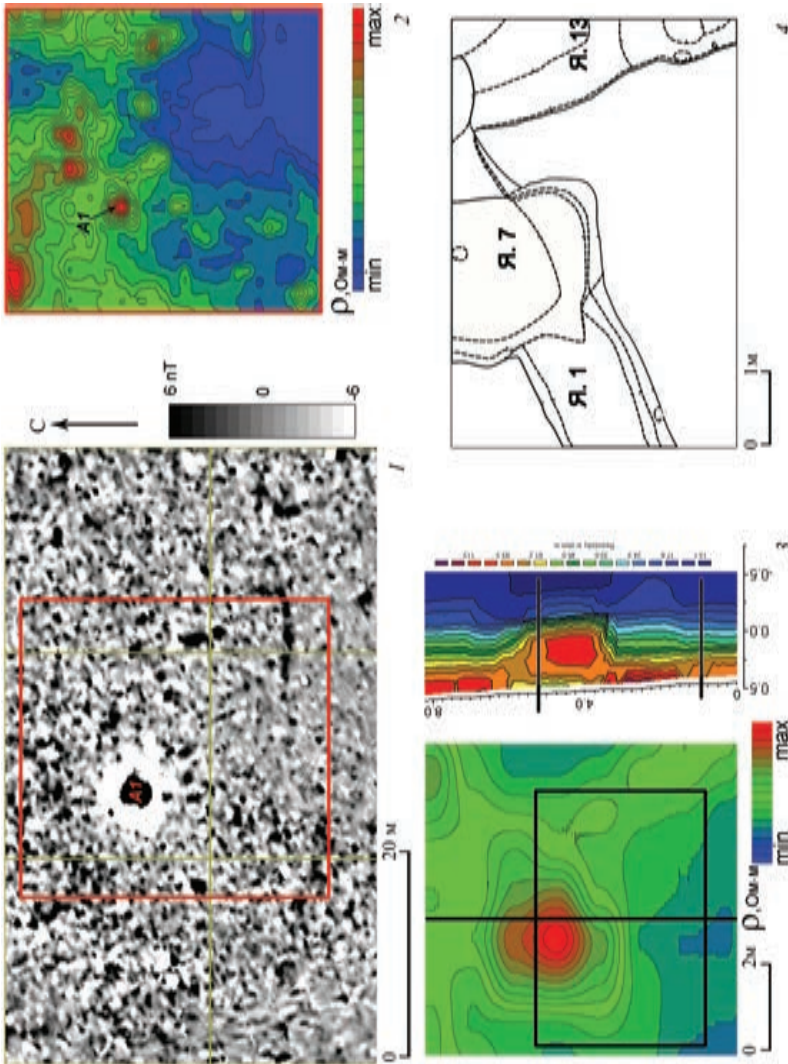


Рис. XVIII. Междисциплинарные исследования селища Шекшово 2
1 – фрагмент магнитогаммы центральной части памятника (показана граница участка электропрофилирования); 2 – результаты электропрофилирования; 3 – фрагмент карты электропрофилирования участка аномалии А1 (показаны граница раскопа и расположение геоэлектрического профиля), геоэлектрический разрез на участке аномалии; 4 – обобщенная прорисовка плана зачистки на уровне 6 пласт