

## ПРИМЕНЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ МЕТОДОВ В АРХЕОЛОГИИ

*Б. А. Колчин, А. Л. Монгайт*

Важнейший раздел археологии — первобытная археология — возник сравнительно недавно, немногим более ста лет назад. Ее пионерами являлись не собственно археологи, а предшественники естественных наук, и ее развитие было теснейшим образом связано с достижениями биологии нового времени, с развитием эволюционной теории. Антропологи и геологи добывали и изучали материал для истории происхождения человека и начальных этапов существования человеческого общества. Были попытки механически перенести положения эволюционной теории на общественное развитие. Долгое время оставался нерешенным вопрос о том, к разряду каких наук — общественных или естественных — отнести археологию. В некоторых зарубежных странах по традиции и поныне статьи по первобытной археологии публикуются в естественнонаучных журналах. И все же в наши дни лишь немногие сомневаются в том, что археология является отраслью исторической науки и относится к разряду гуманитарных наук. На первый взгляд может показаться парадоксальной сама по себе постановка вопроса о применении методов естественных наук в одной из отраслей исторической науки. Между тем традиционные связи археологии с естественными науками никогда не порывались, а в последнее время в связи с успехами естественных наук возросли возможности использования их методов в археологии.

Своеобразие исторических источников, которыми пользуются археологи, требует особых методов их изучения. Вещественные источники — сооружения и предметы, служившие людям в прошлом, изготовленные в разное время, на разных территориях, из различных материалов, должны быть классифицированы по их форме и назначению, по технологии изготовления, датированы, и только тогда можно раскрыть историю производительных сил, а иногда и социальную историю тех или иных племен и народов, оставивших нам этот вещественный источник.

Для открытия и исследования археологических памятников, для изучения находок археологи в настоящее время применяют более 40 отдельных методов естественных и технических наук. Некоторые из этих методов уже завоевали прочное место в археологии, другие применяются еще в порядке эксперимента. Нет необходимости перечислять и характеризовать здесь все методы, остановимся лишь на применении важнейших в связи с решением тех или иных вопросов.

Одна из наиболее сложных проблем, стоящих перед археологами, — это датировка. Даже для эпох, когда уже существовала письменность, часто бывает трудно установить, в какой период возникло или погибло найденное в раскопках поселение, когда изготовлена та или иная вещь. Но археологи имеют дело с гигантским отрезком истории человечества, когда письменности еще не существовало, и здесь с хронологией дело обстоит сложнее. Довольно хорошо разработаны методы относительной хронологизации. Пользуясь стратиграфическим и формально-типологическим методами, археолог может почти безошибочно отнести то или

иное явление к эпохе палеолита или неолита, к бронзовому или раннему железному веку. Но очень трудно установить абсолютные даты. Одинаковые или сходные исторические процессы протекали в различных частях земного шара в разное время. Каменный топор, которым европейцы пользовались в III тысячелетии до н. э., а египтяне в VI тысячелетии до н. э., у тасманийцев был в употреблении в XVIII в. нашей эры.

Для эпохи палеолита археологические даты устанавливаются в связи с историей земли, определяются на основе данных геологии, палеоклиматологии, и пределы их «точности» растягиваются на тысячи или даже десятки тысяч лет. Большой точности удалось достигнуть при датировке культур эпохи неолита и бронзы. Например, культуры неолита и эпохи бронзы в Европе увязывались с установленной А. Эвансом эгейской абсолютной хронологией. По отдельным предметам импорта европейский неолит датировался в связи с хронологией истории Египта, где время культурных наслоений известно по письменным памятникам начиная с IV тысячелетия до нашей эры. Но торговые сношения были нерегулярны, предметов импорта в Европе — мало, и если для южных областей даты более или менее точны, то для севера Европы они покоятся на очень шатких основаниях. Да и о какой «точности» в датировках европейского неолита можно говорить, если они в конечном итоге исходным пунктом имеют историческую хронологию Египта, также являющуюся до сих пор спорной? По Борхардту, первая династия относится к 4186 г. до н. э., по Эдуарду Мейеру, — к 3315 или 3197 г., по Штоку, — к 2900 г. до нашей эры. Последняя дата как будто принята, но сам Шток внес поправку на 80 лет (2820 г.), и одни ученые принимают младшую, другие — старшую хронологию Штока.

При такой ситуации вполне понятны непрерывные поиски археологами более совершенных методов датировок, как чисто археологических, так и заимствованных из других наук, и тот энтузиазм, который вызвало в их среде предложение физиков использовать для датировки радиоуглеродный анализ.

Метод датировок органических остатков по содержанию в них радиоактивного углерода С-14 основан на том, что количество С-14, усваиваемого из атмосферы растениями, а затем и животными, является постоянной величиной. После смерти растения или животного в результате распада С-14 его количество в мертвых тканях начинает убывать. Измеряя величину распада, исследователь, обладающий образцами биологического происхождения, взятыми из археологических памятников, может оценить возраст этих памятников. За 9 лет, истекших с того времени, когда В. Либби в Институте ядерных исследований Чикагского университета поставил первые опыты датировки по С-14, уже имеется свыше 1500 важных археологических дат, установленных этим способом в 11 лабораториях, действующих в разных странах мира. Создана такая лаборатория и Академией наук СССР при Ленинградском отделении Института археологии. Точность датировок, достигнутая в настоящее время, составляет  $\pm 50$ —100 лет.

Датировка с помощью радиоуглеродного анализа принесла не только успехи, но и разочарования. Период  $\pm 50$ —100 лет — это, собственно, не дата, а лишь отрезок времени, в который она укладывается. Кроме того, органические вещества, найденные на поселении, не всегда относятся к тому же периоду, что и поселение. Дерево могло быть срублено за много лет до того, как его использовали для постройки. В ряде случаев были взяты для исследования неудовлетворительные образцы и получены ошибочные даты. Среди историков раздавались голоса сомнения в применимости углеродного метода для получения объективных исторических дат.

С наиболее резкой, но все же некомпетентной критикой выступил

Вл. Милойич<sup>1</sup>, который подверг сомнению основные положения этого метода и даже стал отрицать вообще необходимость связей археологии с химией и физикой. Дилетантское выступление Милойича вызвало отповедь английских, германских и советских ученых<sup>2</sup>. В развернувшейся дискуссии были выявлены значительные успехи в установлении дат, достигнутые с помощью углеродного метода, и огромные возможности, которые он открывает в будущем по мере совершенствования техники и накопления образцов. Результаты радиоуглеродных анализов проверены по многим точно датированным археологическим находкам. В тех случаях, когда точной хронологии нет, возможных ошибок удается избежать, делая повторные анализы в различных лабораториях. Так, десять анализов, сделанных в Гейдельберге, Нью-Хевене и Копенгагене для датировки по С-14 старшей культуры Эртебелле, лежат в пределах той же даты, которую удается установить геологическим путем по ленточным глинам. Неудачных датировок небольшой процент, и то для сравнительно поздних исторических эпох, где ошибок больше, чем в древнее время.

Много важных дат установлено с помощью С-14 американскими археологами, в особенности для ранних эпох истории Америки. Углеродный метод был использован и для датировки древностей Востока. Есть уже и в европейской археологии большие исторические проблемы, в значительной степени решенные с помощью углеродного метода. Например, удалось установить, что старая хронология раннего неолита в Средней и, вероятно, Юго-Восточной Европе была слишком занижена. Теперь установлено, что ранний европейский неолит относится к VI—IV тысячелетиям до нашей эры. Это позволило по-новому подойти к истории Европы. Покойный английский археолог Г. Чайлд в предисловии к 6-му изданию своей книги «Заря европейской цивилизации»<sup>3</sup> писал, что под влиянием новых датировок по С-14 он пересмотрел свои прежние взгляды, согласно которым развитие культуры в Европе сильно запаздывало и шло под влиянием достижений Востока. Радиоуглеродные даты ослабили позиции «догматического ориентализма» (выражение Чайлда), против которого всегда выступали советские ученые.

Еще в начале XX в. был предложен другой метод установления исторической хронологии — по годичным кольцам древесины. Основан он на том, что наблюдаемое неравенство прироста годичных колец дерева связано с определенной климатологической закономерностью. При благоприятных условиях у дерева за вегетационный период вырастает толстое годичное кольцо, а при неблагоприятных условиях образуется тонкое. Так как основными условиями, определяющими рост годичного кольца, являются метеорологические (в первую очередь температура и влажность), то внутри определенной климатической зоны деревья одной породы, даже произрастающие в разных лесных массивах, имеют совпадающие колебания. Годичные кольца — это своеобразная «летопись леса».

Изучая годичные кольца у бревен из археологических памятников, можно восстановить историю леса, то есть историю благоприятных и неблагоприятных условий в определенные годы его жизни на протяжении 50—150 и более лет в зависимости от возраста дерева. Сопоста-

<sup>1</sup> V. Milošević. Zur Anwendbarkeit der C-14-Datierung in Vorgeschichtsforschung. «Germania». Т. XXXV, вып. 1—2, 1957, стр. 102.

<sup>2</sup> H. Schwabedissen, K. O. Münnich. Zur Anwendung der C-14-Datierung und anderer naturwissenschaftlicher Hilfsmittel in der Ur- und Frühgeschichtsforschung. «Germania». Т. XXXVI, вып. 1, 1958; Harold Barker. Radio Carbon Dating: its Scope and Limitations. «Antiquity». Т. XXXII, № 128, 1958, стр. 253—263; X. В. Протопопов, С. В. Бутомо. О критике углеродного метода определения возраста. Журнал «Советская археология», 1959, № 2, стр. 255—262.

<sup>3</sup> V. G. Childe. The Dawn of European Civilization, London, 1957.

вив эти условия, то есть их закономерность у различных бревен, и найдя совпадения годовичных колебаний, мы можем по внешнему кольцу определить, когда данное дерево было срублено. Если то же сделать на бревнах другой постройки или иного памятника, относящихся примерно к той же эпохе (в пределах возраста дерева), то его данные в некоторой части будут совпадать с данными первого памятника, причем все «события», отраженные в годовичных кольцах, будут опережать или запаздывать на определенное количество лет в зависимости от времени рубки. Таким путем можно установить относительную датировку памятников. Методом дендрохронологии в ленинградской лаборатории Института археологии была установлена относительная датировка Пазырыкских курганов на Алтае, относящихся к III—I вв. до нашей эры. Было, например, установлено, что курганы № 1 и № 2 сооружены одновременно, № 4 — через 7 лет после них, № 3 — спустя 37 лет после первых двух, № 5 — через 48 лет<sup>4</sup>. Такой точности в хронологии никакой археологический прием дать не может.

Дендрохронологический метод позволяет создать хронологическую сетку для данной местности и осуществить абсолютные датировки с точностью до одного года. Если постройка не очень древняя, то можно сделать привязку к старым деревьям в современном лесу и установить абсолютную дату. Если имеются точно датированные древние постройки, то можно идти далеко в глубь веков. Американский ученый Дуглас, составивший климатическую шкалу по гигантской секвойе на 3250 лет, изучил 800 бревен из развалин ацтекских поселений. По ним был установлен возраст 30 сооружений. Получилась непрерывная цепь датировок, тянувшаяся до 643 г. нашей эры. Например, установлено, что Пуэбло Ацтек с его 450 комнатами был построен в течение 12 лет — с 1110 по 1122 год. Дугласу удалось проследить историю индейских поселений за период продолжительностью в 1300 лет<sup>5</sup>.

Европейские археологи отнеслись несколько скептически к возможностям датировки собственных материалов по годовичным кольцам деревьев. Они говорили, что в Европе нет таких долго живущих деревьев, как гигантская секвойя, насчитывающая тысячелетия, или аризонская сосна. Но максимальная продолжительность роста некоторых европейских пород не так уж мала. Например, тисс европейский насчитывает 2—3 тысячи лет, ель кавказская — 700, дуб — 1 тысячу лет. Кроме того, с усовершенствованием данного метода удается изучать одновременное влияние климата на годовичный прирост деревьев, растущих на различных почвах и разного возраста. Дендрохронология в Европе сделала значительные успехи. Но археологи недостаточно воспользовались этим.

В настоящее время в Институте археологии Академии наук СССР создана лаборатория дендрохронологии. На основе новгородских материалов лаборатория определяет относительную датировку сооружений Новгорода начиная с X до XVI в. с точностью до одного года. Устанавливается последовательность строительства деревянных мостовых древних Великой и Кузьмодемьянской улиц, а также время их ремонтов. С периодом постройки мостовых будет связано и строительство жилых домов, мастерских и иных сооружений древнего Новгорода.

Не менее перспективными могут быть такие работы и в Закавказье, где дерево сохраняется в сооружениях, относящихся еще к эпохе бронзы, или в Средней Азии, многие мечети которой сохранили остатки деревянных лесов, современных самой постройке.

<sup>4</sup> И. М. Замоторин. Относительная хронология Пазырыкских курганов. «Советская археология», 1959, № 1, стр. 21.

<sup>5</sup> A. E. Douglass. The Secret of the Southwest solved by talkative Tree Rings. «National Geographic Magazine». Washington, 1929, № 56, pp. 737—770.

Молодой физической дисциплиной, открывшей большие перспективы для археологии, является палеомагнетизм, или, как его называют в последнее время, археомагнетизм. Эта научная дисциплина изучает магнитное поле земли в прошлые эпохи на основании определения вектора остаточной намагниченности. Физические предпосылки палеомагнетизма таковы. Горные породы, в том числе и глины, при условии, если они нагревались до температуры выше  $600^{\circ}$ , а затем охлаждались, в это время намагничивались. Вектор направления этой намагниченности совпадает с направлением земного магнитного поля в данном месте в момент нагрева и остывания породы. Термоостаточная намагниченность обладает двумя очень важными свойствами: во-первых, она устойчива и, во-вторых, по величине значительно превышает обычную намагниченность. Таким образом, магнитное поле земли, под влиянием которого образовалась эта намагниченность, после остывания породы не изменяет последнюю. И поэтому, сколько бы ни менялось магнитное поле земли, после остывания породы вектор остаточной намагниченности сохраняет свое направление. Следует заметить, что магнитное поле земли постоянно и закономерно изменяется. Следовательно, направление термоостаточной намагниченности будет соответствовать направлению магнитного поля земли, существовавшему во время остывания изучаемого предмета. Следовательно, зная для данного района направление вековых вариаций магнитного поля земли, мы можем по вектору остаточной намагниченности определить абсолютный возраст предмета. Изделия из глины, будь то сосуды, игрушки или печи, при их обжиге подвергаются нагреву свыше  $600^{\circ}$ . Во время остывания они намагничиваются. Эта намагниченность остается без изменения до настоящего времени. Определив вектор остаточной намагниченности и сопоставив его с известным нам вектором магнитного поля земли в то или иное время, можно определить дату последнего нагрева предмета, то есть его возраст. Точность датировки методом палеомагнетизма довольно высока и колеблется в пределах 25 лет.

В настоящее время перед археологами встают еще некоторые затруднения в связи с тем, что они не знают хорошо вековых вариаций магнитного поля земли древних эпох и не располагают теми графиками, по которым можно было бы непосредственно по одному из векторов остаточной намагниченности определить возраст предмета. В 1958 г. Институт археологии совместно с Институтом физики земли АН СССР приступили к разработке методики замеров археологических находок и составлению кривых вековых вариаций для II тысячелетия нашей эры (X—XVII вв.). Лаборатория палеомагнетизма при Новгородской археологической экспедиции в 1959 г. подготовила большую коллекцию эталонов с точными датами. На основании этих образцов составляется кривая вековых вариаций магнитного поля земли для центральных и северных районов Европейской части СССР, по которой можно будет определять даты керамических изделий. А если учесть, что изделия из глины являются самой распространенной археологической находкой, то метод палеомагнетизма даст археологам огромные возможности для датировки таких массовых археологических памятников, как керамическая посуда.

Палеомагнетизм открывает значительные перспективы и в археологической разведке. Остаточную намагниченность обожженных изделий или сооружений из глины магнитометры могут улавливать и в полевых условиях. Обследуя магнитометром поверхность того или иного археологического памятника (наподобие поиска миноискателем), можно зафиксировать магнитную аномалию в месте расположения остатков печей, очагов, больших скоплений керамики, всевозможных глиняных площадок и т. п. Картографируя показатели магнитометра, мы получаем возможность начертить и контуры этих сооружений. Например, на Три-

польских поселениях археологи до начала раскопок определяют планировку жилищ и иных сооружений.

При изучении многослойного археологического памятника или при сравнении двух близко расположенных памятников имеет значение относительная датировка. Если на памятнике найдены костные остатки, то их относительная датировка может быть установлена химическими методами. Наиболее удачным следует считать метод определения древности костей по содержащемуся в них фтору. При лежании в земле кости обогащаются растворимыми в воде солями фтора. По количеству содержащегося фтора можно сравнительно датировать кости, а следовательно, и слой, в котором они найдены.

Для археологических датировок используются многие другие методы, заимствованные из естественных наук: астрофизический — по интенсивности солнечной радиации, геологический — по данным геологической стратиграфии, по отложениям ленточных глин и др.<sup>6</sup>

Возьмем другую область археологического исследования. Кроме вопроса о том, когда сделана та или иная вещь, археологу еще нужно выяснить, где она сделана (ибо в месте находки она может быть привозной) и как она сделана, какова была техника производства в отдаленные исторические эпохи. Здесь на помощь среди других методов приходят спектральный и структурный анализы, получившие широкое распространение в советской археологии и дающие большой научный эффект. Археологи не удовлетворяются анализами, сделанными специалистами на стороне, и создают собственные лаборатории спектрального и структурного анализов. Такие лаборатории уже существуют в Москве, Ленинграде, Баку и Тбилиси.

Химические анализы археологических вещей, преимущественно металлических, делались давно. Так, в конце XIX в. знаменитый французский химик Пьер Бертелло, основываясь на химическом анализе, доказал, что древнейшие металлические орудия сделаны не из бронзы, как полагали в то время, а из меди. Химик, а не археолог открыл новую, неизвестную в истории человечества эпоху — медный век, предшествовавший бронзовому. И в дальнейшем химические анализы помогли решить некоторые вопросы по истории и технологии производства. Спектральный анализ не только более прост и дешев, но позволяет улавливать ничтожные следы, то есть 0,001% тех или иных элементов в исследуемом материале, и, что очень важно, определять сразу все элементы состава данного вещества<sup>7</sup>. Поэтому спектральный анализ, например, в любом металлическом сплаве всегда обнаруживает группы микро- и макропримесей, сопутствующих основным металлам. А это-то и является для археологов особенно важным. Дело в том, что согласно учению о геохимическом индикаторе в каждом минерале и горной породе, а следовательно, в том числе и в рудах, присутствуют в небольших количествах элементы примесей, являющихся обычно менее распространенными в земной коре элементами. При этом комплекс элементов примесей для минеральных тел определенного генезиса характерен и специфичен и, как правило, неповторим.

<sup>6</sup> Не имея возможности охарактеризовать здесь все методы датировки, заимствованные из естественных наук, отсылаем читателя к лучшему труду по этому вопросу: F. E. Zeuner. *Dating the Past*. London, 1950.

<sup>7</sup> Недавно предложен новый метод изучения археологических материалов с помощью возбужденной бомбардировки нейтронами радиоактивности. Он дает возможность обнаружить следы элементов в концентрациях, меньших одной миллионной, и при этом не разрушается изучаемый предмет. О перспективности этого метода судить еще рано, так как экспериментов сделано очень мало. См. E. V. Sauger and R. W. Dodson. *Neutron Activation Study of Mediterranean Potsherds*. «American Journal of Archaeology», t. 61, № 1, 1957, p. 35—41. V. M. Emeleus. *The Technique of Neutron Activation Analysis as applied to trace element determination in pottery and coins*. «Archaeometry», Oxford, 1958, vol. I, № 1,

В условиях примитивного восстановительного процесса в древней металлургии, как черной, так и цветной, большинство примесей переходило в металл, и в какой-то степени они повторяли состав примесей, которые были характерны и специфичны для тех или иных районов. В черных металлах эти примеси выступают в чистой свите, а в цветных металлах, вернее сплавах, они смешанные. Но и смешанные свиты всегда представляют определенные и самостоятельные группы, непохожие на чистые комплексы. При этом следует заметить, что свита примесей характеризуется не только качественно, но и количественно. Таким образом, в руки археолога поступает новый материал, который он может классифицировать, картографировать, сравнивать.

Спектральный и структурный анализы позволяют строить типологию археологических источников на новой основе. При классификации и статистической обработке, когда у исследователя в руках оказываются сотни и тысячи анализов, которые он превращает в индексы и формулы, открываются новые возможности для обобщений и выводов. Например, в цветных металлах можно выделять группы по наличию и количеству в данном предмете висмута, сурьмы, серебра, никеля, свинца, мышьяка, цинка. Внутри группы возможно выделять подгруппы по таким элементам, как германий, индий, кадмий, иридий и др. В черных металлах группы можно составлять по молибдену, хрому, никелю, титану, ванадию, вольфраму, кобальту и другим элементам. Кроме того, при тесном контакте с геохимиками группы примесей можно связывать по тем или иным признакам с определенными рудными месторождениями. Все это дает археологам новый богатый материал для изучения производительных сил. Открывается возможность решить, где были изготовлены найденные вещи или где была добыта руда для металла. Вопросы связей в глубокой древности, торговли, обмена благодаря спектральному анализу могут решаться на более широкой научной основе.

Именно массовость, дающая возможность статистической обработки их результатов, позволяет сделать важные выводы. Советские археологи на основе массового применения спектрального анализа уже создают большие работы по истории черной и цветной металлургии, истории стекла и т. п. Например, в лаборатории спектрального анализа кафедры археологии Московского университета в результате исследования сотен стеклянных изделий из раскопок в Новгороде и других древнерусских городах была нарисована интересная картина истории русского стеклоделия XI—XVI веков. Было выявлено шесть технологических рецептов стекла, применявшихся в разное время. Оказалось, что, начав с рецепта, заимствованного у византийцев, русские уже в XI в. упорно искали свою, наиболее выгодную технологию варки стекла и, сменив несколько раз рецептуру, в начале XII в. нашли состав стекла из местного дешевого сырья. Эта рецептура сохранялась в последующие века и была характерной для русского стеклоделия до XV века<sup>8</sup>.

Большие возможности открывают археологам металлографический и петрографический анализы. Структурный анализ позволяет почти полностью раскрыть технологию производства любого археологического предмета, то есть историю техники того или иного производства. Особенно большие возможности открываются при изучении структуры находок, сделанных из черного и цветного металлов. Здесь полностью восстанавливается конструкция предмета, технологическая схема и технология его производства. Можно выявить все элементы механической и

<sup>8</sup> Ю. Л. Шапова. О применении качественного спектрального анализа стекла при изучении истории стеклоделия древней Руси. «Советская археология», 1960, № 1, стр. 91—101.

термической обработки предмета: кузнечную ковку, сварку, паяние, цементацию, обточку, опиловку, полировку, закалку, отпуск, отжиг. Такие возможности исследования в области технологии не дает археологу никакой другой метод. Петрографический анализ разнообразных шлаков, руд, а также изделий из глины позволяет восстановить технологический режим производства и технологию предметов, а также местные особенности сырья и техники.

При изучении изделий из металлов археолог может широко применять хорошо разработанные методы металлографии и ряд других аналитических методов современного металловедения. Следует заметить, что здесь, как, впрочем, и в других физических методах, применяемых археологами, необходима своя собственная методика исследования, часто значительно отличная от методики, применяемой металловедом.

Раскрытие технологических схем и технологии производства археологических находок не ограничивается только чисто историко-техническими вопросами. Массовый структурный анализ позволяет находить ответы и на более общие вопросы истории производства, экономики и даже социальных явлений.

Пока археологи судили о вещах только по их внешнему облику, никто и не предполагал, что такой простой предмет, как нож, внешний облик которого почти не менялся в течение веков, может помочь раскрыть этапы развития металлообрабатывающего ремесла. Структурный анализ нескольких сотен древнерусских ножей показал, что технология их производства, как, впрочем, и других режущих орудий и инструментов, пережила три исторических периода, которые отражали, в свою очередь, этапы развития древнерусской экономики в целом. В каждый из этих периодов нож имел строго определенную конструкцию и технологию изготовления. В X—XI вв. ножи делались многослойными: между двумя полосами железа вваривалась стальная режущая полоса. Конструкция ножа была наиболее совершенной и рациональной, но технология производства оказывалась трудоемкой и сложной. В самом начале XII в. в связи с общим подъемом русской экономики и развитием товарных отношений города и деревни технология изготовления ножа меняется: стальное острие наваривается теперь на железную основу лезвия. Упрощение конструкции и технологии позволяет сделать продукцию более дешевой, а следовательно, массовой.

Следующий перелом в технологии наступает на рубеже XIII и XIV веков. Торцовая сварка стального острия была еще раз рационализирована и заменена косой. Нож стал еще дешевле<sup>9</sup>. Структурный анализ простого ножа раскрыл живую мысль русских ремесленников и их действительное участие в развитии экономики и товарных отношений.

Структурный анализ предметов из цветных металлов позволяет выявить и такую технологическую операцию, как термическая обработка. Следует отметить, что термическая обработка значительно повышала рабочие и боевые качества оружия и орудий, сделанных из бронзы и других медных сплавов. Исследованиями лаборатории структурного анализа кафедры археологии МГУ установлено, что закалка этих изделий в бронзовом веке имела такое же значение, как позднее закалка стали. Обнаружить эту технологию, то есть новое явление в истории техники бронзового века, возможно было только благодаря металлографическому анализу. Массовый структурный анализ древнерусских изделий из цветных металлов и сплавов, проведенный в лаборатории струк-

<sup>9</sup> Б. А. Колчин. Черная металлургия и металлообработка в древней Руси. «Материалы и исследования по археологии СССР» (МИА), 1953, № 32; его же. Железообрабатывающее ремесло Новгорода Великого «Труды» Новгородской археологической экспедиции. Т. II. МИА, 1959, № 65, стр. 7—120.



турного анализа кафедры археологии Московского университета, позволил нарисовать не только полную технологию ювелирного производства, но и раскрыть новые технологические процессы, ранее нам неизвестные.

Изучение вопросов истории металлургии, истории металла — основного конструктивного материала в жизни человека за последние пять тысячелетий мировой истории — совершенно немислимо без широкого применения лабораторных изысканий. Здесь необходимо широкое, комплексное использование спектрального, металлографического, петрографического, химического и термического анализов. За последние годы в Советском Союзе при археологических учреждениях создано несколько лабораторий структурного анализа. Они оборудованы в Институте археологии Академии наук СССР, при кафедре археологии Московского университета и в других учреждениях. Советские ученые предложили свой оригинальный метод определения функций и назначения орудий труда по следам на них от работы. Есть орудия и вещи, которые человечество давно не употребляет. Даже самые отсталые в своем развитии народы, которых застали и успели описать этнографы, не употребляли уже орудий, служивших людям в древнем каменном веке. Как определить их производственные функции? Рассматривая в микроскоп зазубрины, царапины и тому подобные следы на рабочей части орудия, можно решить, было ли оно режущим, колющим и т. д., то есть для чего его использовал создавший его древний человек<sup>10</sup>.

Изучение истории труда — это не только исследование орудий труда. Перед археологами стоит задача анализа хозяйства древнего человека, а для этого нужно знать, какие природные условия окружали его, какие растения произрастали в данной местности тогда, когда здесь существовало данное поселение, какой тогда был климат. Ведь климат изменяется в течение веков, а вместе с ним меняется и состав растительности. Археологи широко используют в своей работе данные палеоклиматологии и сами добывают новые материалы для этой дисциплины. Например, известно, что пыльца растений обладает редкостной устойчивостью и сохраняется в течение тысячелетий, особенно хорошо в болотах. Раскапывая древние поселения, существовавшие в болотах, археолог собирает и привозит в лабораторию и слои торфа, содержащие пыльцу. Пыльцевой анализ дает возможность решить, какие природные условия окружали древнего человека. Изучение палеозоологами найденных при раскопках костей животных позволяет решить вопросы о развитии охоты и скотоводства, о соотношении этих отраслей хозяйства, о времени приручения домашних животных и т. д.<sup>11</sup> Достаточно привести некоторые примеры, чтобы стало ясно значение остеологических находок, еще сравнительно недавно игнорировавшихся археологами.

В русской буржуазной историографии был распространен взгляд, что основным источником существования восточнославянских племен была охота и что земледелие стало основной отраслью хозяйства сравнительно поздно. Подобная идея не могла бы и возникнуть, если бы были исследованы костные и зерновые остатки из славянских поселений, свидетельствующие о том, что с IX до XVI в. роль диких животных в питании населения Древней Руси была незначительной и в то же время основные виды сельскохозяйственных животных разводились в достаточных количествах для удовлетворения потребности в мясе. Другой пример показывает, как состав костей из раскопок отражает некоторые исторические события. Основываясь только на исследовании костных остатков из памятников Древнего Хорезма, можно разграничить слои, относящиеся ко времени до

<sup>10</sup> С. А. Семенов. Первобытная техника (Опыт изучения древнейших орудий и изделий по следам работы). МИА, 1957, № 54.

<sup>11</sup> В. И. Цалкин. Основные задачи изучения костей животных из раскопок памятников материальной культуры. «Бюллетень Московского общества испытателей природы». Отдел биологии. Т. LIX (3). 1954.

завоевания страны арабами и после него: кости свиньи полностью исчезают из пищевых остатков при распространении ислама<sup>12</sup>.

Агробиологический анализ остатков древнего зерна позволяет не только выяснить состав возделывавшихся в то или иное время сельскохозяйственных культур, но и определять системы земледелия. Видовой и количественный анализы состава семян сорных растений, которые всегда сопровождают зерна основного злака, например, ржи, пшеницы, ячменя, овса и т. п., позволяют определять системы земледелия, степень окультуренности почвы, условия ее возделывания и место произрастания данной культуры. Подобные анализы зерна в настоящее время уже широко применяются в Институте археологии. Например, изучение большой массы зернового материала из Новгорода позволило довольно полно воссоздать историю земледелия Новгородской земли. В лесной полосе Русской равнины в конце X—начале XI в. сложилась паровая система земледелия. Основной ее предпосылкой явилась культура озимой ржи. Паровая система земледелия выражалась в форме трехполья, двухполья и других переходных форм. По размерам посевных площадей озимая рожь уже в XI в. вышла на первое место и стала главной продовольственной культурой Новгородской земли в XI—XV веках<sup>13</sup>.

Археология не только пользуется данными других наук, но и представляет им новые источники. Очень тесно связаны, например, археология и палеоантропология. История развития физического типа человека главным образом основана на археологических данных.

Важную область работы археологов составляет археологическая разведка. Давно уже прошло время, когда объектом внимания ученых становились случайно открытые памятники. Сейчас археологи научились по ряду признаков искать интересные их памятники. И здесь на помощь им приходят естественные науки. В последнее время применяется заимствованный у геофизиков метод разведки археологических памятников с помощью измерения электропроводимости и сопротивления верхних слоев почвы. Сравнивая эти показатели, можно отличать один слой от других и обнаруживать в почве результаты деятельности людей в виде крепостей, домов, рвов, могильных камер и т. п. С помощью электропотенциометра составляется карта сопротивлений и профиль данной местности, после чего по коэффициентам сопротивления очерчиваются контуры сооружений. Точность фиксации довольно высокая. Например, при раскопках неолитического поселения Дорчестер у Оксфорда (Англия) план по электропотенциометру и план сооружения после археологического вскрытия дали расхождение всего на 2%<sup>14</sup>. Таким образом, археологи получают возможность буквально «видеть сквозь землю» и не только обнаруживать интересные их объекты, но и составлять их планы, не производя раскопок.

Интересный опыт использования электропотенциометра проделали итальянский археолог Э. Корабелли и инженер К. Леричи, в 1954—1955 гг. исследовавшие этрусский некрополь близ Черветери (провинция Тоскана) и пиценские гробницы около Фабриано (провинция Марке). Были применены аэрофотосъемка, электропотенциометр, электробур и специально сконструированный фотоаппарат для съемки на 360° под землей в полых могильных камерах. В открытых с помощью аэрофотосъемки и электропотенциометра древних склепах просверливалось отверстие, в которое опускался фотоаппарат и до производства раскопок снималась вся обстановка погребения и все вещи, находившиеся в скле-

<sup>12</sup> В. И. Цалкин. Фауна античного и раннесредневекового Хорезма. «Труды» Хорезмской археолого-этнографической экспедиции. Т. I. М. 1952, стр. 243.

<sup>13</sup> А. В. Кирьянов. История земледелия Новгородской земли. «Труды Новгородской археологической экспедиции». Т. II. М. 1959, стр. 306—362.

<sup>14</sup> R. J. C. Atkinson. Méthodes électriques de prospection en archéologie (в книге F. Laming. La découverte du passé. Paris. 1952, pp. 59—70).

пе. При исключительной точности и тщательности исследования за один сезон был изучен огромный некрополь на площади около 150 га, и это обошлось во много раз дешевле, чем те же работы, проведенные обычными методами, без применения технических новшеств<sup>15</sup>.

Так же, не производя раскопок, археолог может определить границы поселения, если он воспользуется «фосфатным методом». Последний основан на том, что брошенные на поселениях кости, остатки рыбы, навоз и моча животных и тому подобные материалы, богатые фосфором, размываются дождями, и фосфат проникает в почву. Взяв анализы почвы, можно по количеству фосфата определить границы древнего поселения<sup>16</sup>.

Для археологической разведки огромное значение имеет метод, который хотя и не связан прямо с естественными науками, но широко применяется в геологии, лесоводстве, почвоведении и т. д., — метод аэрофотосъемки. Аэрофотосъемки археологами были применены еще после первой мировой войны и принесли значительные успехи. Были обследованы древние поселения в Македонии, юг Палестины и Месопотамия. Из крупнейших мероприятий в области аэрофотосъемки для археологии следует назвать труды О. Кроуфорда и М. Аллена, снимавших в Западной Европе римские лагеря, курганы, древние земледельческие поля (работы велись начиная с 1922 г.), П. Пуадебора в Сирии (1925—1932 гг.), обследовавшего римский лимес, город Тир и его порт (1934—1936 гг.), а затем византийский лимес (1934—1942 гг.), Д. Брэдфорда в Италии, открывшего сотни поселений в Апулии, и др. Велись аэрофотосъемки в археологических целях в Сиаме, Индокитае, Южной Африке. Из советских археологических экспедиций в больших масштабах была применена аэрофотосъемка Хорезмской экспедицией. В ряде стран аэрофотосъемка стала постоянным элементом исследования. Во Франции при Сорбонне есть «Бюро воздухоплавания для научных изысканий», специально для археологических работ предназначена «Воздушная служба» Musée de l'Homme. В Швейцарии при Société suisse préhistoire есть «Центральное бюро аэрофотографии» и т. д. В деле применения авиации в археологии и в разработке соответствующей методики наибольших успехов добились английские ученые<sup>17</sup>.

Аэрофотосъемка не только ускоряет процесс археологической разведки и позволяет вести ее в труднодоступных районах, но и дает возможность наблюдать то, что нельзя увидеть с земли, в том числе объекты, скрытые под землей<sup>18</sup>. По цвету почвы или растительности, отраженному на фотоснимке земной поверхности, можно определить местонахождение могил, полуземлянок, рвов, каналов, каменных стен, даже границ древних пахотных земель и древних дорог. Так, трассы римских дорог в Европе и Африке обнаруживаются под засеянными полями в виде двух темных линий — древних кюветов — по сторонам и более светлой полосы — полотна дороги. Это происходит вследствие ряда причин, среди которых немаловажной является та, что на древних рвах, канавах и т. д., заполненных перегноем, лучше развивается растительность, посе-

<sup>15</sup> С. М. Lericci. Prospezioni archeologiche. «Rivista di geofisica applicata». T. XVI, № 1—2, 1955, pp. 7—32; E. Carabelli. Ricerche geofisiche sperimentali su antiche necropoli (там же, стр. 33—39); С. Г. Кляшторный. Об использовании геофизических методов в археологической разведке. «Советская археология», 1958, № 4, стр. 215—218.

<sup>16</sup> Г. Г. Штобе. Применение методов почвенных исследований в археологии. «Советская археология», 1959, № 4, стр. 135—139.

<sup>17</sup> J. Bradford. Ancient Landscapes. London. 1957; O. G. S. Crawford. A Century of Air Photography. «Antiquity», t. 28. № 112, Newbury, 1954; «Découverte aérienne du Monde». Su la direction P. Chombart de Lauve. Paris. 1948.

<sup>18</sup> D. M. Reeves. Aerial Photography and Archaeology. «American Antiquity», t. 2, № 2, 1936; W. C. Miller. Uses of aerial Photographs in archaeological field work. «American Antiquity», t. XXIII, № 1, 1957.

вы и трава ярче и выше; в то же время они желтее и ниже на тех местах, где под слоем пахоты скрываются стены или каменная кладка. Определяются скрытые памятники и по теням, которые образуются углом между насыпью и направленными на нее солнечными лучами. Так открыты были засыпанные песком и почти невидимые с земли древние города и крепости в пустынях.

Хорезмская экспедиция Академии наук СССР обнаружила с помощью аэрофотосъемки в пустынях на огромных территориях десятки и сотни памятников разных эпох — от стоянок каменного века до дорог и караван-сараев позднего средневековья. Иногда на найденный аэрофотосъемкой объект в труднодоступном районе высаживался археологический «авиадесант» и вел исследование. Аэрофотосъемка позволила не только обнаружить важные для истории Древнего Хорезма памятники, но и изучить историю ирригации и ту географическую среду, в которой жил здесь человек в древности. В соединении с системой почвенных шурфов аэрофотосъемка позволила установить, какими были почвы и растительность в тех местах, где прежде были ирригационные сооружения, где была вода и, следовательно, жизнь и где теперь только покрытая такырной коркой пустыня<sup>19</sup>. Аэрофоторазведка может иметь огромное значение для создания археологической карты СССР, а это является самой важной задачей, стоящей перед советскими учеными. Широкое применение авиации в археологии, развитие аэрофотосъемки как метода исследования являются неотложной задачей советских археологов.

В заключение необходимо сказать еще об одном методе, который хотя и не относится к собственно естественным наукам, а применяется во всех областях, но имеет особое значение для археологов и в последнее время теоретически разрабатывается применительно к археологии. Имеется в виду статистический метод. Археологу приходится иметь дело с массовыми находками. В раскопках отдельные вещи, в особенности керамические изделия, исчисляются тысячами и десятками тысяч экземпляров. Классификация вещей, их типология, определение времени и места их производства требуют статистической обработки, помогающей сделать необходимые выводы. Построение корреляционных таблиц позволяет устанавливать соотношение разных типов вещей во времени и пространстве. Статистика в археологии открывает весьма широкие перспективы для исторических выводов. Разработка элементов археологической статистики, классификация и учет их с помощью электронных счетных устройств дают возможность делать математически точные выводы из археологических материалов. В настоящее время большой коллектив советских археологов работает над составлением корпуса археологических источников и археологической картотеки Советского Союза. Необходимо уже сейчас предусмотреть такую форму и содержание картотеки (она будет насчитывать более миллиона карточек), чтобы ее научная обработка в дальнейшем велась с помощью электронных вычислительных машин.

Следует подчеркнуть, что применение в археологии ряда методов естественных наук не исключает, а развивает и дополняет чисто археологические методы. Взятые из естественных и технических наук, они требуют особой методики, учитывающей специфику археологических объектов, и совершенствовать их могут только сами археологи в тесном контакте со специалистами других наук. Археология, привлекая к своим исследованиям методы естественных наук, в свою очередь, предоставляет этим наукам новые возможности в их развитии. Так, только с помощью

<sup>19</sup> С. П. Толстов. Работы Хорезмской археолого-этнографической экспедиции АН СССР в 1949—1953 гг. «Труды Хорезмской археолого-этнографической экспедиции». Т. II. М. 1958; Б. В. Андрианов, Н. И. Базилевич, Л. А. Родин. Из истории земель древнего орошения Хорезма. «Известия Всесоюзного географического общества». Т. 89, № 6, 1957, стр. 516—535.

археологов палеомагнитологи смогут составить кривые вековых вариаций магнитного поля земли в древние эпохи. Только с их помощью могут быть получены новые данные для палеоклиматологии, палеоботаники и т. п. Взаимосвязь археологии и геологии хорошо показана в труде В. И. Громова<sup>20</sup>, который документально обосновал хронологическую датировку палеолитических находок по отложениям четвертичного периода и доказал возможность использования памятников палеолита для установления стратиграфии четвертичных отложений.

Использованию методов естественных наук в археологии должно уделяться, по нашему мнению, значительно больше внимания. Необходимо, чтобы эти методы заняли в советской археологии такое место, которого они заслуживают по своей значимости. И самое главное — должен быть решен вопрос о кадрах. В археологических учреждениях необходимо расширить круг научных сотрудников и лаборантов, владеющих современными методами естественных и технических наук. Новую методику нужно энергично внедрять в учебные программы студентов и аспирантов — археологов.

Методы и орудия исследований, взятые археологами из естественных наук, позволят им открывать новые, ранее совершенно неизвестные стороны и свойства археологических источников и более полно их использовать. Применение методов естественных наук открывает огромные перспективы в изучении хозяйства и экономики древних обществ. Прежде эти вопросы редко и лишь схематически затрагивались в нашей археологической литературе, хотя каждому советскому ученому ясно, что изучение экономического базиса для понимания исторических закономерностей гораздо важнее пространных схоластических рассуждений об этнической принадлежности археологических культур.

Тесная взаимосвязь археологии и естественных наук, несомненно, обеспечит новые широкие возможности для развертывания археологических исследований.

<sup>20</sup> В. И. Громов. Палеонтологическое и археологическое обоснование стратиграфии континентальных отложений четвертичного периода на территории СССР. М., 1948.