

АРХЕОЛОГИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ В СОВРЕМЕННОЙ МИНЕРАЛОГИИ. Проблемы и перспективы

Использование горных пород и минералов человеком в качестве материала для изготовления орудий труда насчитывает около 2 миллионов лет. Длительное время пра-человеком и человеком использовались естественные, часто слабо обработанные (оббитые) горные породы и минералы - в основном кремнь, обсидиан, халцедон, песчаник, яшма. Для ритуальных целей использовались и естественные красители - киноварь, реальгар, аурипигмент, оксиды и гидроксиды железа (гётит, гематит), красная и белая глина.

Один из древнейших рудников по добыче оксидов железа (гидрогётита и гематита) датируется средним палеолитом (125 – 100 тысяч лет назад — 40 – 45 тысяч лет назад) и находится в Балантоване, Венгрия. В Африке, на территории Свазиленда, известен рудник Хо-хо возрастом около 45 тысяч лет по добыче гематита. В дальнейшем каменная индустрия интенсивно развивалась, и появлялись уже специализированные центры по разработке сырья и изготовления каменных орудий.

Взяв в руки камень и начав его использовать, человек быстро понял преимущество одних горных пород и минералов перед другими, заложив, таким образом, основы **практической минералогии**.

Долгое время различные предметы, найденные археологами, т.е. артефакты, изучались в археологии исключительно описательно (а часто это происходит и в настоящее время) и весьма поверхностно. Археологи определяли лишь внешний вид предмета, фрагмента, и гораздо реже его минеральный и химический состав. Исключение составляют археологи, изучающие палеолит, так как в данном случае детальное и скрупулёзное изучение каменного материала весьма необходимо, как чаще всего единственного артефакта, и, кроме того, изучается не только форма и назначение каменных изделий, но и возможность использования местных сырьевых ресурсов.

История применения минералогических методов в археологии – **археологическая минералогия** (археоминералогия), насчитывает всего несколько десятилетий. Н.П. Юшкин отмечает, что термин «археоминералогия» был введен в литературу Р. Митчеллом в 1985 году [Юшкин, 2005].

Фактически археоминералогия занимается изучением минералов и горных пород, использовавшихся человеком в древности, а также различных искусственных веществ (строительных материалов, керамики, стекла, металла, шлаков, «зольников» и т.д.) способами и методами, применяемыми в классической, прикладной минералогии.

На современном этапе развития науки археоминералогические исследования являются одним из направлений комплексных исследований в гуманитарно-естественных науках, и, по сути, археологическая минералогия, с одной стороны - одно из направлений комплексных геолого-археологических исследований, а с другой стороны - непосредственно минералогии.

Отмечая важность археоминералогических исследований, академик Н.П. Юшкин пишет, что «...Симбиоз минералогии и археологии имеет общенаучное значение. Давно назрела необходимость создания нового синтетического направления – археологической минералогии, предметом которой является изучение минералов и минеральных изделий и продуктов из археологических объектов и установление роли минералов в жизни и деятельности древних народов... В настоящее время археоминералогия заняла свое определенное место в сложной структуре естественных наук как компонент археогеологии, вошла в образовательную систему...» [Юшкин, 2005].

Н.П. Юшкин [Юшкин, 2005] выделил следующие основные концепции археоминералогии:

- ❖ Изучение минералов, изделий из них, продуктов переработки минералов из археологических и исторических объектов;
- ❖ Установление роли минералов в жизни, деятельности и культуре отдельных народов, изучение истории освоения минералов;
- ❖ Исследование состава и свойств минералов из археологических и исторических памятников;
- ❖ Установление источников минерального сырья для археоиндустрий, а также использование археологических и исторических данных для современных поисков и разведки месторождений полезных ископаемых;
- ❖ Изучение и познание технологий использования и переработки минералов с древнейших времен доисторического времени;
- ❖ Раскрытие торгово-обменных минералогических связей древних народов, путей камней и изделий из камня;
- ❖ Использование современных минералогических методов для изучения археологических материалов;
- ❖ Создание археоминералогического банка данных;
- ❖ Создание музейных археоминералогических экспозиций.

В настоящее время в России проводятся весьма немногочисленные археоминералогические исследования, причем лидируют в этой области уральские минералоги и археологи, что связано, вероятно, с именами ученых-энтузиастов, которые и являются зачинателями истоков как уральской археоминералогии, так и археоминералогии России в целом.

Фактическим основоположником российской археоминералогии является уральский ученый из Института Минералогии УрО РАН А.Ф. Бушмакин [Бушмакин, 1995, 1999, 2000]. Ещё в 1999 году он определил объекты изучения, методологию, основные задачи и перспективы археологической минералогии. Можно также отметить работы по археоминералогии сотрудников Института Минералогии УрО РАН В.В. Зайкова, Е.В. Зайковой, А.М. Юминова и др.

А.Ф. Бушмакин отмечал, что «...Как часть минералогии это направление (*археоминералогия*, *А.К.*) имеет тот же предмет изучения, но обладает и своей спецификой: объектами в данном случае являются продукты природных химических реакций, каким-либо образом связанные с древним человеком и отражающие разные стороны его жизни...». Наиболее важными объектами

археоминералогии являются горные породы и минералы, руды, флюсы и шлаки, цветные, полудрагоценные и драгоценные камни, керамики, минеральные краски, металлы и продукты их минерализации, биоминеральные образования в организме человека, а также антропогенно-измененные почвы и непосредственно культурный слой.

Как обозначил А.Ф. Бушмакин, объектами археоминералогии являются:

1. Минералы и их агрегаты, использовавшиеся в древнем обществе;
2. Вещества, возникшие естественным путем вследствие деятельности человека в древности;
3. Нормальные и патологические минеральные и органоминеральные образования в теле человека;
4. Минерализованные органические остатки.

А.А. Богдасаров и М.А. Богдасаров отмечали, что археологическая минералогия выявляет строго закономерные качественные изменения взаимоотношений человека и камня.

С.С. Потапов на основе идей и работ А.Ф. Бушмакина определил новое направление в археоминералогии - **археобиоминералогия**, направление, изучающее патологии в организме древнего человека. Работы в области археобиоминералогии единичны, что связано в первую очередь с отсутствием оригинального материала [Потапов, Паршина, Потапов, 2005]..

Безусловно, что **основной задачей** археоминералогии является **изучение минерального вещества, имеющего отношение к жизни человека и его хозяйственной деятельности в древности**. Частными задачами археоминералогических исследований А.Ф. Бушмакин считал:

- определение использовавшегося материала, выявление его функций и роли в хозяйственной деятельности человека;
- установление источников минерального сырья;
- изучение минерального сырья и продуктов технологических процессов;
- изучение минеральных новообразований и процессов их изменения вследствие деятельности человека;
- изучение органоминеральных образований в организме человека в древности;
- изучение минерализованных остатков растений и животных, служивших человеку.

Таким образом, можно выделить несколько основных направлений археологической минералогии:

- исследование каменных орудий (петрофонда);
- исследование руд и шлаков металлургических и плавильных производств.
- исследование минеральных красок;
- исследование искусственных алюмосиликатных материалов – керамики, глиняных изделий;
- исследование строительного материала;
- исследование **культурного слоя** как одного из видов техногенного литогенеза.

Основные работы, связанные с археоминералогическими исследованиями, посвящены каменной индустрии палеолита; археологами и археоминералогами изучаются горные породы, применяющиеся для изготовления каменных орудий, специфика подготовки для обработки и сама обработка каменного материала, источники сырья и т.д.

В 1988 году в Сыктывкаре впервые в России был проведен минералого-археологический семинар, а в 1999 году на Международном Минералогическом семинаре в Сыктывкаре на отдельной секции «Археологическая минералогия» было представлено 24 доклада, причем в основном не археологов, а минералогов. В 2005 году на Международном семинаре «Археоминералогия и ранняя история минералогии» было представлено 86 докладов, участвовало в семинаре (очно или заочно) 116 ученых из различных научных институтов, университетов, музеев, управлений по культуре и т.д. Отметим, что большая часть работ принадлежит все-таки минералагам и геологам, и в настоящее время именно минералоги проявляют интерес к исследованию артефактов.

В Сыктывкаре ежегодно, начиная с 1997 года, проводится студенческая научная конференция «Геолого-археологические исследования в Тимано-Североуральском регионе». Часть докладов конференции (правда, пока немногочисленных) посвящена и археоминералогии. На ежегодном семинаре «Минералогия техногенеза», проводимом в Институте минералогии УрО РАН под руководством С.С. Потапова, также освещаются определенные проблемы археоминералогии. Но как уже отмечалось, число археоминералогических работ и исследований пока невелико.

Ряд работ, к сожалению немногочисленных, посвящен изучению петрографии, минерального состава и физико-химических свойств древней керамики, реже строительных материалов, древних шлаков металлургических производств и непосредственно «хранителя артефактов» – культурного слоя.

Керамика, керамические и глиняные изделия, строительный материал

Использование петрографического метода при изучении керамики позволяет установить местную или привозную керамику, ее минеральный состав, как глинистой составляющей («теста» - по археологической терминологии), так и минеральных и органических добавок, в ряде случаев приблизительную температуру обжига, некоторые технологические особенности (дробление минеральных добавок, просев, сортировка и т.д.).

При петрографическом изучении керамики ставятся следующие основные цели: во-первых, отделить привозную керамику от местной, во-вторых, исследовать местную сырьевую базу, интенсивность ее использования, и, в-третьих, решить определенные вопросы технологии.

Следует отметить, что при оптико-минералогическом изучении керамики, широко применяемой археологами-керамистами с применением бинокулярных луп (типа МБС или МБИ), крайне трудно (а часто и невозможно) определить мелкие обломки горных пород и зерна отдельных минералов, и, в данном случае, только петрографический метод (изучение в прозрачных шлифах) способен дать необходимую информацию.

При минералогическом и петрографическом исследовании керамики обращают основное внимание на ее состав – глинистую составляющую («тесто») и искусственные добавки («отощитель»), как минеральные (песок, дресва, шамот, шлак, раковины и т.д.), так и органические (зола растений, уголь, навоз, трава и злаки). Применение петрографического анализа позволяет выделять наиболее характерные для того или иного комплекса глиняные массы, их особенность, степень обработки, связывать определенные типы глиняной массы с конкретными видами изделий, выявлять степень подбора глазурей, состава ангоба, позволяет с определенной долей вероятности раскрыть технические возможности древних мастеров.

Исследование керамики в шлифах проводится по методикам сходным с исследованием горных пород, а также по некоторым методам применения петрографии в археологии [Жучиховская, Залищак, 1986, 1987, Крук, 1960, 1961, 1965, 1971, Сайко, Жучиховская, 1990 и др.]. Нами для исследования петрографических особенностей древней керамики представлена следующая схема [Каздым, 2002, 2004, 2007]:

1. Цвет.

- I. Цвет в шлифе визуально;
- II. Цвет в шлифе под микроскопом;
- III. Цвет в боковом «косом» освещении;

2. Поры и трещины.

- IV. Наличие пор, трещин, их конфигурация, направленность, процентное соотношение от площади поля зрения, однородность, плотность сложения;

3. Искусственные минеральные и органические добавки - отощитель:

- V. Минеральный состав отощителя;
- VI. Размер и конфигурация зерен отощителя;
- VII. Процент зерен отощителя;
- VIII. Использование органических искусственных добавок - угля, древесины.

4. Тесто.

- IX. Формовочная масса (глиняное тесто);
- X. Слоистость;
- XI. Горная порода, употреблявшаяся в качестве теста (приблизительная оценка состава глины);

5. Интерпретация результатов петрографических исследований

- XII. Степень антропогенного воздействия на породу отощителя и теста - дробление, термическое и пирогенное воздействие, сортировка материала;
- XIII. Возможность определения использования местных горных пород.
- XIV. Возможность решения производственных и технологических задач - температура и характер обжига (при доступе или отсутствии кислорода), интенсивность использования минеральных, органических и искусственных добавок.

Некоторые авторы [Внуков, 1985] выделяют до 20 признаков, по которым определяется петрографический состав керамических изделий - от количества микропримесей в тесте до подсчета (в процентах) различных минералов и горных пород.

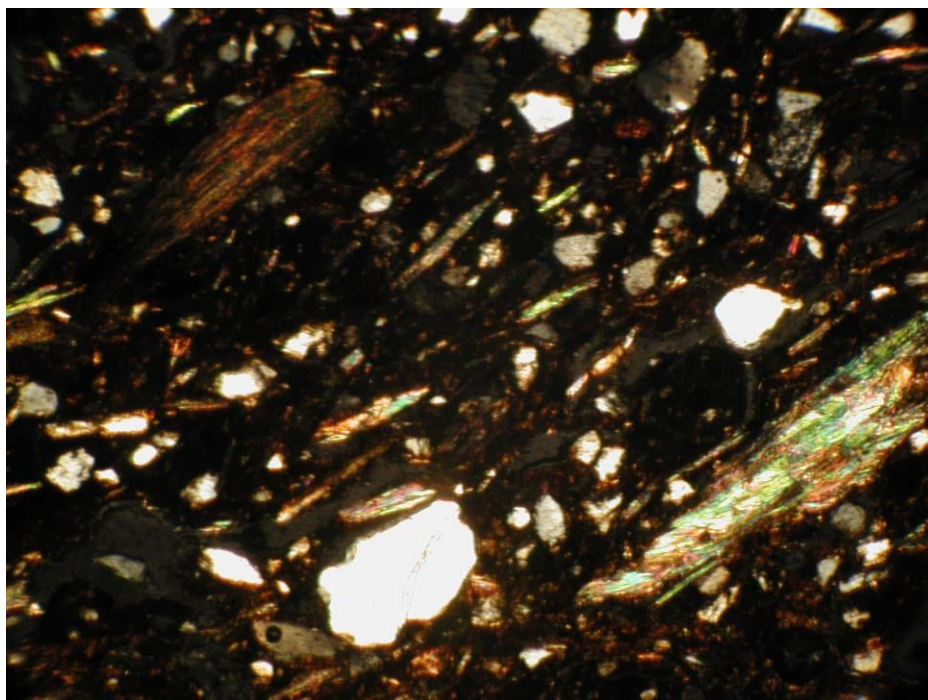


Рис. 1. Микрофото керамики (Павлиново городище, Курганская обл., Россия).
Поляризационный микроскоп, ув. 100

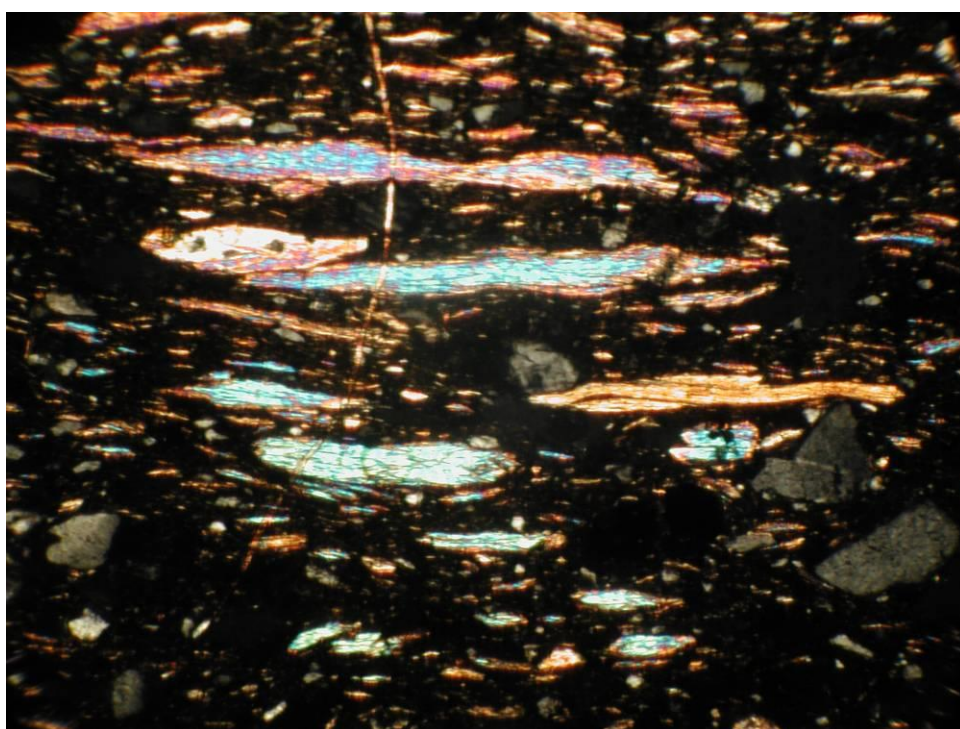


Рис. 2. Микрофото керамики (Павлиново городище, Курганская обл., Россия).
Поляризационный микроскоп, ув. 100

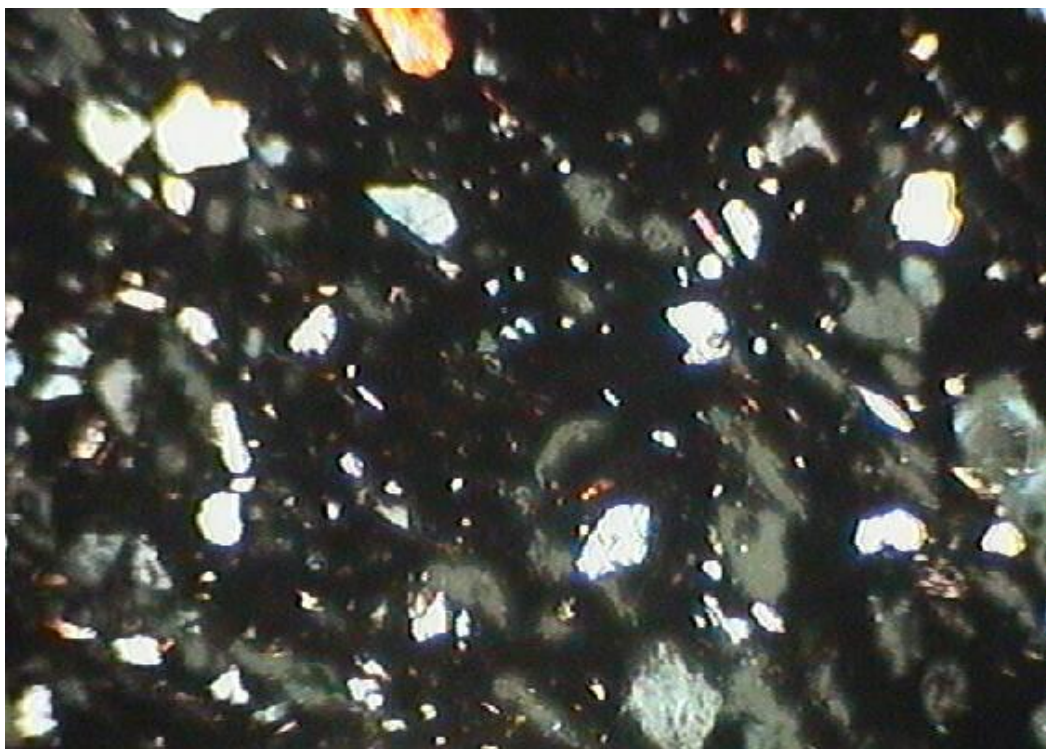


Рис. 3. Микрофото керамики (Сопининский могильник, Павлиново городище, Курганская обл., Россия). Поляризационный микроскоп, ув. 100

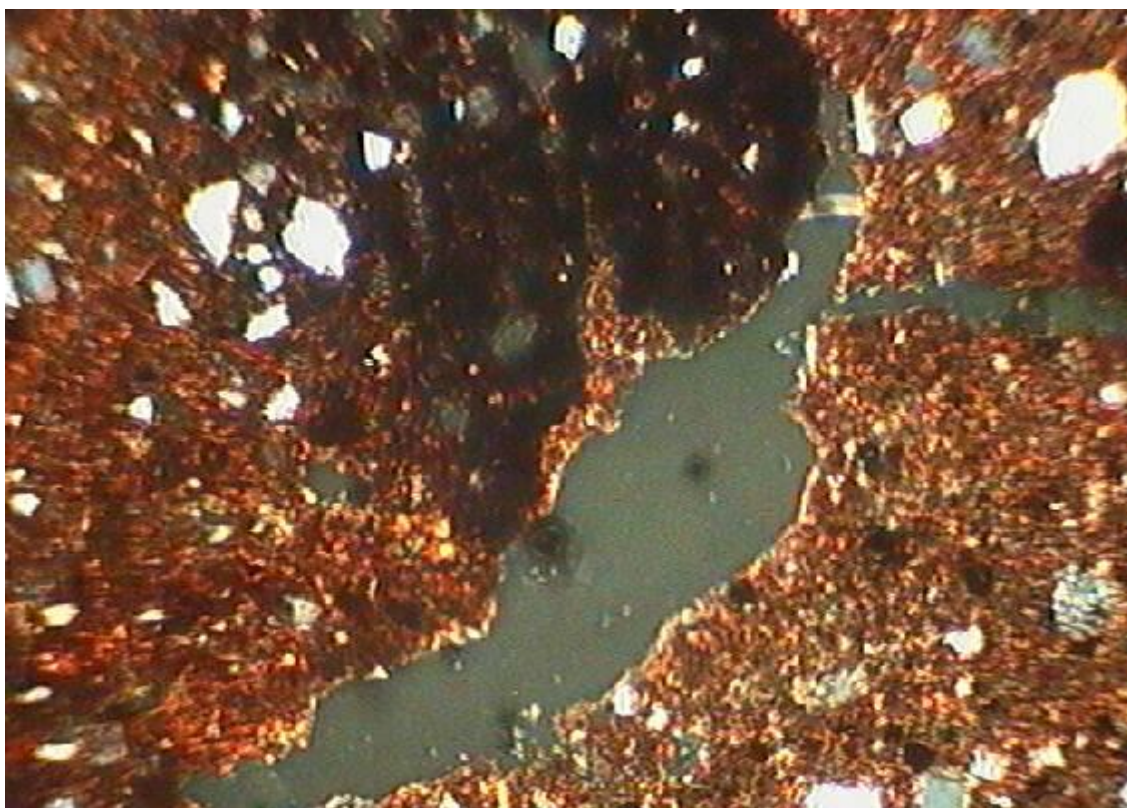


Рис. 3. Микрофото керамики (Сопининский могильник, Павлиново городище, Курганская обл., Россия). Поляризационный микроскоп, ув. 100

Важной задачей является и исследование местных горных пород для выявления тех, которые могли быть использованы в качестве сырья. Для этого необходимо провести предварительное геологическое изучение района, как по геологическим картам и отчетам, так и на месте, особое внимание следует обратить на поверхностные горные породы, которые могли бы использоваться в качестве керамического сырья.

Следует отметить, что в процессе изготовления керамических изделий формовочная масса могла претерпеть сильное механическое и термическое воздействие и поэтому не всегда возможно определить по составу глинистой массы ее местную принадлежность. В данном случае единственным петрографическим способом остается исследование отощителя. Для исследования местных горных пород необходимо изготовить из них прозрачные шлифы и путем сравнения выявить черты сходства и различия. Исследование шлифов проводится с применением петрографических поляризационных микроскопов различных модификаций, как отечественных, так и зарубежных моделей [Каздым, 2007].

Для исследования керамики применяются также различные методы, используемые в изучении осадочных горных пород и особенно глин: химический анализ, дифференциально-термический анализ, спектральный анализ и т.д. Однако следует отметить весьма важный факт – исследование керамических изделий (в первую очередь глинистой массы) данными методами далеко не всегда может дать достоверную информацию, так как естественная глинистая составляющая уже была изменена сушкой, обжигом, привнесением каких-либо примесей.

Зольники

Единичные исследования посвящены изучению редких и специфических образований – «зольников». Автором были изучены зольники Павлинова городища (Курганская обл., Шадринский район) и Дьякова городища (Москва). «Зольники» Павлинова городища представляют собой слабосцементированные образования в культурном слое, мощностью до 20 см и площадью до 1.5 кв. метров, состоящие из отдельностей неправильной формы, серого и темно-серого цвета, пористые, с включениями углей, обожженной кости, мелких фрагментов керамики. По внешнему виду напоминают строительный известковый раствор или цемент. Исследования показали, что «зольники» состоят из карбоната кальция (микрокристаллического и пелитоморфного кальцита), кости и углей. Образование зольников связано, вероятно, с бытовым или ритуальным складированием золы из очагов или костров в специальных ямах. С течением времени зола (поташ, K_2CO_3), подвергалась размыву и растворению, из нее удалялся калий, который замещался кальцием. В условиях недостаточного промывного режима, происходила аккумуляция кальцита (кальцит поступал из почвенных и грунтовых вод).

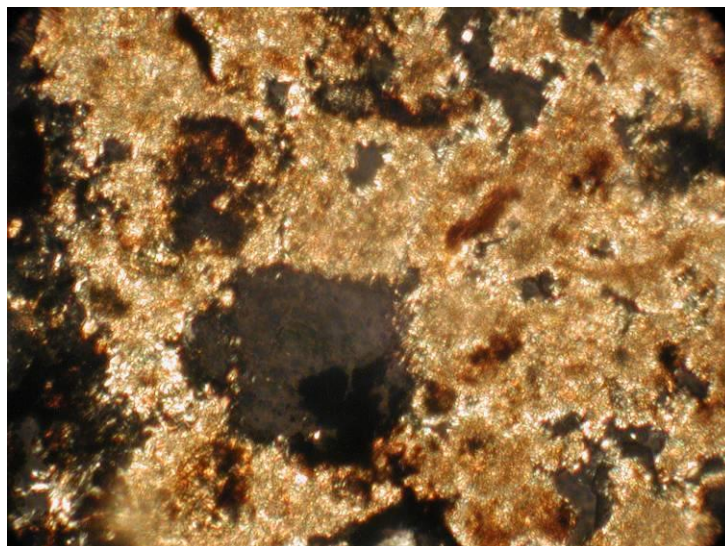


Рис. 4. Микрофото «зольника» (Павлиново городище, Курганская обл., Россия). Поляризационный микроскоп, ув. 100

Металлургические шлаки

Основные работы по изучению древних шлаков (опубликованные в основном в 30 – 50 гг. XX века) принадлежат археологам М.Е. Массону, Б.А. Аккерману, Н.В. Валукинскому и др. Изучение шлаков древних металлургических производств освещено и минералогом В.В. Лапиным [Лапин, 1956].

В настоящее время в области исследования шлаков древних металлургических производств лидируют уральские археологи. Следует отметить ряд работ челябинского археолога С.А. Григорьева, одного из крупнейших специалистов в области металлографии шлаков и изделий из металла, а также И.А. Русанова, П.М. Орехова, М.П. Боровика, С.В. Кузьминых и других археологов. Отметим также ряд работ по изучению Каргалинского металлургического комплекса (Оренбургская обл.) под руководством член-корреспондента РАН, доктора исторических наук Е.Н. Черныха.

Наиболее фундаментальные исследования в области археоминералогии были связаны с изучением «Страны Городов», в частности были изучены металлургические комплексы Аркаима и Синташты, а также других поселений, в том числе и шлаки металлургических производств. Была также проведена реконструкция металлургических печей и воссоздана технология плавки меди.

Так, например, при изучении шлаков поселения Синташта (Брединский район Челябинской обл.) С.А. Григорьевым были детально изучены минералогические характеристики шлаков с применением оптической микроскопии, химического, рентгенографического и спектрального анализов. Шлаки представляют собой «лепешки» диаметром 10–17 см, от темно-бурого до темно-серого цвета, в разломе отмечены две зоны – верхняя, более плотная, с металлическим блеском и нижняя, мелкопористая, в которой иногда присутствуют мелкие кристаллы. Кроме того отмечены и шлаки в виде небольших бесформенных комочков. Минералогический анализ установил, что можно выделить несколько групп шлаков по минеральному составу. В состав шлаков входят хромит (указывающий

на принадлежность руды к ультраосновным породам), оливин (до 60-80 %), магнетит, корольки меди, куприта, иногда встречается малахит, в некоторых группах кварц.

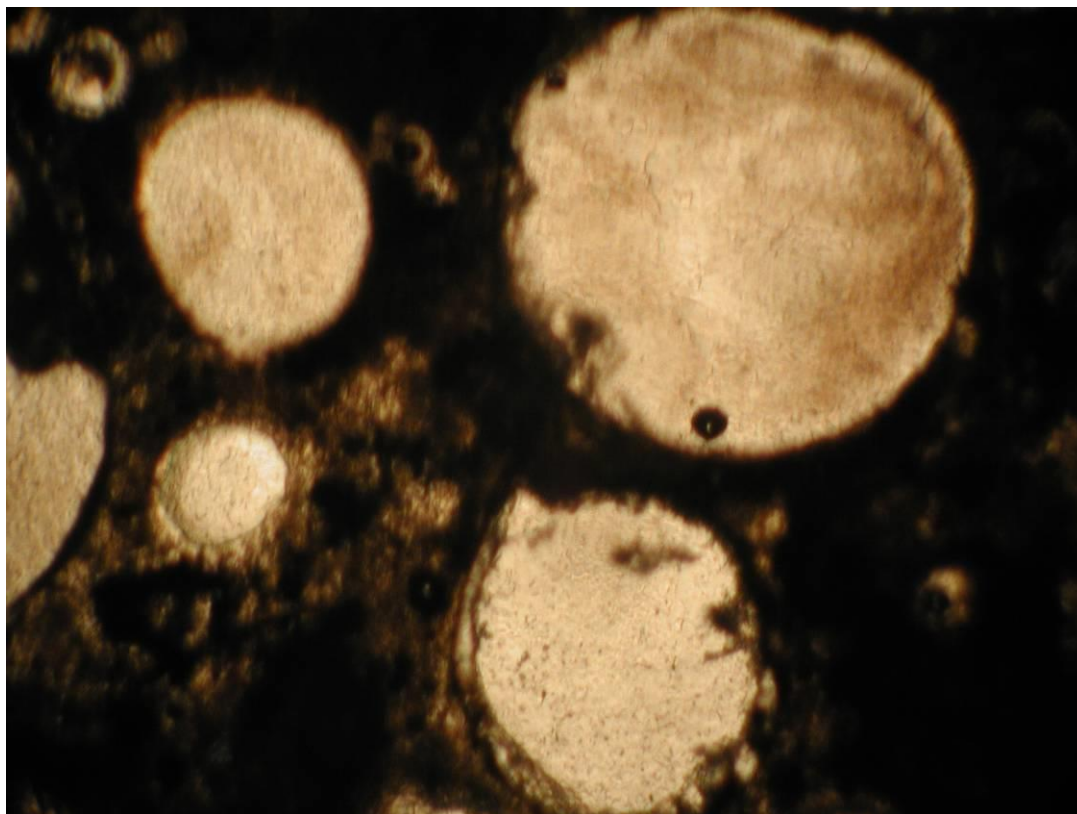


Рис. 5. Микрофото стекловатого шлака (Сопининский могильник, Павлиново городище, Курганская обл., Россия). Поляризационный микроскоп, ув. 100.

ПЕТРОФОНД ДРЕВНИХ ПОСЕЛЕНИЙ

В настоящее время в археологии, и тем более в археоминералогии все чаще применяют методы минералогических исследований, широко принятые в петрографии и минералогии, в том числе и использование различных количественных и качественных анализов для определения химических элементов и минералов, в частности **спектрального, рентгенофазового, рентген-дифракционного, микрозондового анализа**, а также исследование в **прозрачных шлифах и методы электронной микроскопии**.

Например, при изучении поселения Аркаим (т.н. «Страна городов»), на Южном Урале, в Челябинской области, геологами и петрографами был достаточно детально изучен петрофонд, т.е. горные породы и минералы, применяемые древним населением.

Выявлено 26 типов горных пород (изучено 204 изделия): песчаник, алевролит, аргиллит, известняк, силицит, фтанит, яшма, кварцито-песчаник и кварцито-метасоматитовые породы, эпидозит, риолит и дацит, трахит, андезит, базальт, габбро-диабаз, диабаз, габбро, микродиорит, гранодиорит, микрогранит, гранит, серпентинит, нефрит, талькит, гнейс, сланец кристаллический. Широкий

спектр использования горных пород (и изготовленных из них изделий) свидетельствует о высоком уровне технологии населения древнего Аркаима.

Изучение различных минеральных красок и новообразований на артефактах высокоточными методами, долгое время применявшихся в основном в минералогии, дают возможность более полно изучить не только использование древним населением природных ресурсов, но и более детально изучить процессы аутигенеза минералов, часто связанные с процессами биоминералообразования.

Нами проводились исследования минерального состава естественных красок и минеральных новообразований на артефактах различных курганных и могильных комплексов, а также в культурном слое древних поселений. Отмечены своеобразные новообразования минералов на остатках кожаной одежды, кости, древках стрел, древесине и т.д. (см. табл. 1).

В большинстве случаев минералы представляют собой продукты окисления меди и железа, их генезис связан с окислением медных, бронзовых или железных предметов, разложением органического вещества (кости, кожи, древесины). Были исследованы и минеральные краски, представляющие собой различные минералы и горные породы: ярозит ($\text{KFe}_3^{***}[\text{SO}_4]_2[\text{OH}]_6$), гетит (HFeO_2), реальгар (AsS), кальцит (CaCO_3), каолинит и т.д. [Каздым, Таиров, 2003, 2005]

Нами была составлена [Каздым, Таиров, 2005] приблизительная таблица возможных минералов, которые могли использоваться в качестве минеральных красок. Определение минерального состава красок наиболее удобно с применением рентгенофазового анализа.

Минералогия культурного слоя

Изучение такого **классического археологического объекта** как **культурный слой** (особенно культурный слой урбанизированных территорий, часто достигающий мощности нескольких метров, а то и десятков метров), в настоящее время большинством археологов изучается исключительно с привлечением почвоведов и палеогеографов (геологи и тем более минералоги, приглашаются крайне редко). Почвоведом детально изучаются погребенные почвы (или их фрагменты), почвы, сформированные на культурном слое, а непосредственно к культурному слою применяется классический, но устаревший описательно-почвенный подход. Ни о какой минералогии речи даже и не идет, хотя нами неоднократно подчеркивалось, что один из **важнейших вопросов изучения культурного слоя – изучение его минерального состава**. Работы по минералогии культурного слоя единичны и принадлежат в основном автору, сводка работ по данной теме представлена в статьях и монографиях автора [Каздым, 2006, 2008, 2009].

Таким образом, изучение культурного слоя проводится до настоящего времени традиционными почвенными, палеопочвенными и палеогеографическими методами и крайне редко, в отличие от исследования погребенных почв, применяется изучение **микростроения культурного слоя, как устойчивого временного диагностического признака, его минералогических и литолого-петрографических характеристик**.

Следует отметить, что изучение культурного слоя с применением методов почвенной микроморфологии (изучение микростроения, минерального состава и органического вещества в прозрачных шлифах) до настоящего времени также практически не проводилось, причем это касается как культурных слоёв палеолита, так и более современных культурных слоёв, в том числе и своеобразных техногенных отложений («техноурбофаций») урбанизированных территорий (поселений, протополисов, городов).

Различные естественные методы, чаще всего традиционные, далеко не всегда позволяют установить, что послужило основой (базисом) формирования культурного слоя, что происходило после оставления человеком данного местообитания, как изменялся (переоткладывался, размывался) культурный слой или как происходили процессы его погребения или захоронения. Вероятно, только минералогические (археоминералогические) исследования позволяют более точно установить как почвы, так и горные породы, являющиеся основой формирования культурного слоя, степень их изменения или сохранности вследствие как природных (размыв, разрушение, переотложение, накопление вышележащих осадков и т.д.), так и техногенных процессов.

Изучение минералогических параметров культурного слоя можно разделить на изучение:

- Минерального состава, т.е. унаследованных, и что самое главное - **новообразованных, аутигенных** минералов, как индикаторов техногенных процессов;
- Петрографических (литологических) особенностей культурного слоя, т.е. тех горных пород, которые послужили основой его формирования;
- Микроморфологических и палеопочвенных признаков, дающих возможность определения реликтов тех почв, которые могли служить (наравне с горными породами) базисом формирования культурного слоя, а с другой стороны, изучение тех почв, которые сформировались на культурном слое, т.е. процессов изменения почв в пространстве и во времени;
- Микростроения культурного слоя, т.е. совокупности всех его вышеперечисленных признаков.

Данный метод основан на исследовании ориентированных образцов ненарушенного сложения (желательно большого размера – до 10х10 см) в прозрачных шлифах, а также изучении определенных минералогических фракций (например, морфоскопии поверхности зерен кварца) с применением бинокулярных и электронно-микроскопических исследований [Каздым, 2006]. Кроме того, в ряде случаев применяется и иммерсионный метод изучения минералов (минеральных фракций).

**Петрографические (литологические) особенности
культурного слоя и изучение минерального состава культурного слоя –
унаследованных и новообразованных минералов**

Изучение петрографических характеристик – это, во-первых, установление горной породы и ее минерального состава, и, во-вторых, степени изменения горной породы при техногенном воздействии. Кроме того, исследование горных пород, находящихся под или над культурным слоем палеолитических стоянок, дает возможность установить седиментационные и диагенетические процессы, происходившие до и после формирования культурного слоя.

В данном случае, существует определённая возможность установить какие природные или в ряде случаев техногенные процессы могли способствовать накоплению и диагенезу данного вида осадков (делювиальные, аллювиальные, эрозионные, эоловые, криогенные и т.д.).

При исследовании петрографических (литологических) характеристик используются самые различные методы, принятые в литологии – фациальный анализ, различные методики по изучению слоистости и т.д. Однако следует учитывать тот факт, что верхняя, древняя поверхность горных пород, на которой сформировался культурный слой или происходило накопление техногенных осадков, могла испытать определенное техногенное воздействие, а накопление вышележащих осадков могло быть спровоцировано различными техногенными процессами.

Изучение минерального состава культурного слоя разделяется на два основных направления:

- изучение **унаследованных минералов**, т.е. сохранившихся в горной породе после формирования на ее поверхности культурного слоя, или вследствие изменения горной породы техногенными процессами;
- изучение **новообразованных, аутигенных минералов**, генезис которых связан с воздействием человека на окружающую среду (горную породу и почву), с привносом и разложением (разрушением, окислением и т.д.) различных антропогенных включений.

Унаследованные минералы могут дать определенную информацию о степени изменения горной породы, антропогенном воздействии на нее, их изучение позволяет более точно установить «остаточный минеральный состав». Сохранность минералов в культурном слое связана с их устойчивостью к выветриванию, гидролизу, гидратации и растворению. Так как в большинстве случаев культурный слой формируется на осадочных горных породах (лессах, суглинках, глинах, песках) или почвах, «набор» унаследованных минералов зависит от их сохранности в осадочных горных породах или почвах.

Диагенетические минералы, характерные для ряда молодых (четвертичных) горных пород, например кальцит или гипс, обладают лишь определенной устойчивостью, и их присутствие в культурном слое зависит от климатических или гидрологических факторов.

В большинстве случаев унаследованные минералы представлены минералами достаточно устойчивыми к выветриванию - кварцем, халцедоном, полевыми шпатами, пироксенами, мусковитом, глауконитом, а также минералами

тяжелых фракций (магнетитом, ильменитом, оксидами и гидроксидами железа и т.д.). В ряде случаев в культурном слое присутствуют и обломки различных горных пород, в основном аллювиального или делювиального генезиса.

Изучению **аутигенных минералов** посвящено большое количество работ автора [Каздым, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2008]. Следует отметить, что **генезис аутигенных минералов** и вообще процессы аутигенного минерогенеза в большинстве случаев **не связаны с горной породой или почвой**, послуживших основой формирования культурного слоя, и в большинстве случаев их генезис связан исключительно с техногенным воздействием. Единственным фактором, который в той или иной степени может серьезно влиять на генезис процессов аутигенеза является **количество осадков и химизм грунтовых вод**, однако эти факторы проявляются в основном уже на постдиагенетическом уровне, после того как процесс диагенетического изменения техногенных отложений (культурного слоя) уже завершен.

Аутигенные минералы являются и определенным индикатором деятельности человека на какой-либо территории или части территории, бытовой, рабочей или промышленной зоне [Каздым, 2006]. Их образование зависит как от техногенного привноса химических элементов, так и от возможности их концентрации на локальных, микрогеохимических барьерах, а также жизнедеятельности определенной биоты (бактерий, водорослей, микроскопических грибов).

Основные группы аутигенных минералов это: сульфиды железа, реже сульфиды меди, сульфаты железа и сульфаты меди, сульфаты кальция, карбонаты кальция и карбонаты меди, фосфаты железа, фосфаты кальция, фосфаты и алюмофосфаты меди, оксиды железа и меди, а также халцедон и опал. Следует отметить, что генезис ряда аутигенных минералов часто связан исключительно с разложением каких-либо артефактов, и образование минералов может происходить не только в толще культурного слоя, но и, например, на медных, бронзовых, железных предметах, шлаках и т.д.

Сульфиды железа - достаточно часто встречающиеся аутигенные минералы культурного слоя, наиболее характерные для органосодержащих отложений. Формы выделений минералов группы сульфидов железа различны и связаны с определенными условиями развития, функционирования и деградации культурного слоя. Образование сульфидов характерно в основном для уплотненных горизонтов, с низкой пористостью, лишенных доступа кислорода, или для глубоко залегающих, сильно насыщенных органическим веществом культурных слоев, перекрытых более современными техногенными отложениями.

Для сульфидов железа отмечены своеобразные формы выделения пирита (FeS_2) - шаровидные образования представляющие собой поликристаллические сферулы, фрамбоиды. Образование фрамбоидальных форм пирита связано с раскристаллизацией коллоидных форм сульфидов железа - изоморфного ряда моносulfидов (троилита) и сульфидов железа - гидротроилита и грейгита. Коллоидальные формы сульфидов железа, часто имеющие форму капель и сгустков, в процессе кристаллизации дают шарообразную форму, состоящую из множества микрокристаллов.

Кроме того, фрамбоиды могут быть псевдоморфозами по биогенным образованиям, например по спорам грибов. Также вероятно образование фрамбоидальных форм путем замещения железистых шарообразных образований, в частности атмосферного железа, состоящего в основном из гематита или гетита. Размер фрамбоидов первые десятки микрон, однако, в ряде случаев, их изучение возможно не только с применением методов сканирующей электронной микроскопии, но и методами оптической микроскопии.

Сульфиды железа часто представлены в виде пятен, хлопьев неправильной формы. Они часто включены в органическое вещество, частично замещая его (т.н. «сульфидизация» органического вещества).

Образование сульфидов происходит в резко восстановительной среде (при значениях E_h - 300-200 мВ, pH - 7-8), наличии достаточного количества органического вещества и недостатке кислорода.

Кроме того, сульфиды могут образовываться и под действием сульфатобактерий и при микробиологическом процессе окисления серы. Данный процесс происходит в две стадии: окисление сероводорода до воды и серы, далее соединение серы с водой и кислородом дает серную кислоту. В первом случае происходит окисление водорода и выделение серы, которая отлагается в виде капель в протоплазме серобактерий, во втором случае - окисление серы в процессе дыхания бактерий.

При воздействии на соединения закиси железа, характерные для восстановительных условий, сероводородом, одним из продуктов гниения белковых органических остатков, образуется гидротроилит - аутигенный коллоидальный минерал ($FeSnH_2O$). Также его генезис связан и с взаимодействием солей железа с сероводородом, при взаимодействии сероводорода на водную окись железа.

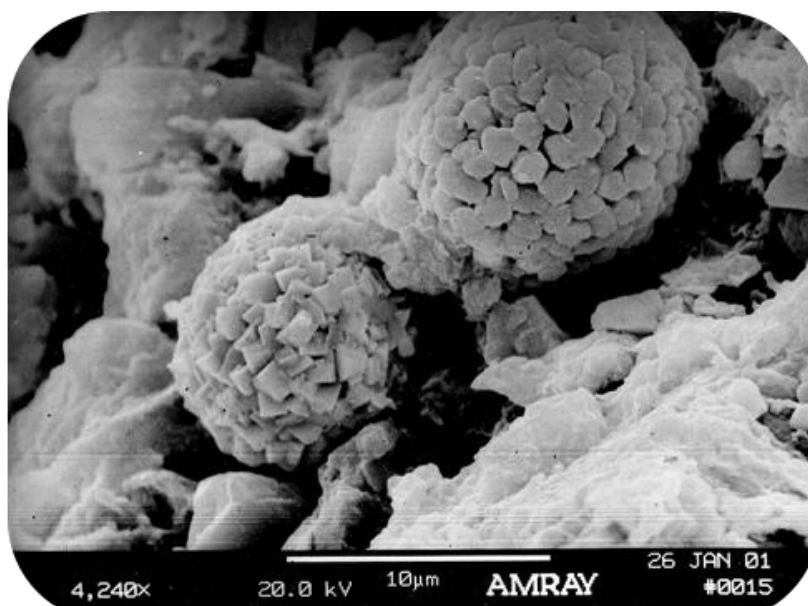


Рис. 6. Фрамбоидальный пирит
(сканирующий электронный микроскоп, СЭМ, ув. 4249 раз).

В отдельных случаях возможно образование гидротроилита в результате восстановительных процессов из сульфата железа.

Для сульфатов характерным минералом является **гипс** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), **калиевые и натриевые сульфаты железа** (ярозит), **водные сульфаты железа** (мелантерит, кокимбит и др.), также отмечены и **сульфаты меди** – брошантит ($\text{Cu}_4[\text{SO}_4][\text{OH}]_6$) и познякит ($\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6\text{H}_2\text{O}$).

Кристаллические формы **гипса** в культурном слое представлены кристаллами различного габитуса - линзовидными, чечевицеобразными, таблитчатыми, шестоватыми, игольчатыми. Подобное разнообразие кристаллических форм может свидетельствовать о наличии различных микроусловий кристаллизации гипса и часто является прямым отражением условий его кристаллизации. Таблитчатая и призматическая формы характерны для зон контакта полного и капиллярного насыщения, игольчатые кристаллы образуются в зоне постоянного капиллярного водонасыщения. В целом образование гипса связано с поступлением техногенных сульфатных растворов, а также с декарбонизацией близлежащих участков культурного слоя. Образование **гипсан** – натеков по стенкам пор и артефактам связано с зоной интенсивного капиллярного насыщения сульфатными водами.

Учитывая нестабильные гидрологические и температурные показатели культурного слоя, можно отметить, что наличие различных кристаллических форм гипса может быть связано с и сезонным колебанием уровня грунтовых вод, и со спецификой микростроения культурного слоя, а также и с процессами окисления сульфидов железа в карбонатной, щелочной среде.

Сульфаты железа - калиевый ($\text{KFe}_3[\text{SO}_4]_2[\text{OH}]_6$) и натриевый ($\text{NaFe}_3[\text{SO}_4]_2[\text{OH}]_6$) ярозиты, кокимбит ($\text{Fe}_2[\text{SO}_4]_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) и мелантерит ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) в культурном слое вероятнее всего образуются при абиогенном окислении сульфидов железа.

Окисление пирита и образование сульфатов железа осуществляется преимущественно *Thiobacillus ferrooxidans*, но на первых этапах окисление пирита является абиотическим процессом, поскольку указанный вид организма функционирует при $\text{pH} < 3$. Тионобактерии используют восстановленные соединения серы, которые образуются при абиотическом окислении пирита. Ярозит неустойчив при pH более 3, разлагаясь в условиях нейтральной и щелочной реакции с образованием ферригидрита.

Карбонаты кальция – кальцит, люблинит, арагонит – минералы характерные для культурных слоев и культуросодержащих отложений.

Арагонит представлен сферолитами или полусферолитами с заметными следами роста (2-3 генерации роста), в ряде случаев наблюдается корродированная поверхность по периферии, т.е. заметны и процессы растворения данного минерала. Генезис сферолитов (сферокристаллов) арагонита связан с кристаллизацией вещества в определенных условиях, когда кристаллы, зародыши которых находятся очень близко друг от друга, могут расти в стороны только до того момента, пока кристаллы не пересекутся между собой. В дальнейшем рост идет только вперед по радиусам или по направлениям, которые перпендикулярны к плоскости расположения кристаллических зародышей. При

начале кристаллизации в едином центре, составляющие кристаллы будут иметь игольчатую форму, т.е. сферолиты арагонита представляют собой **сферокристаллы**, состоящие из тонких кристаллических волокон, исходящих из одного центра.

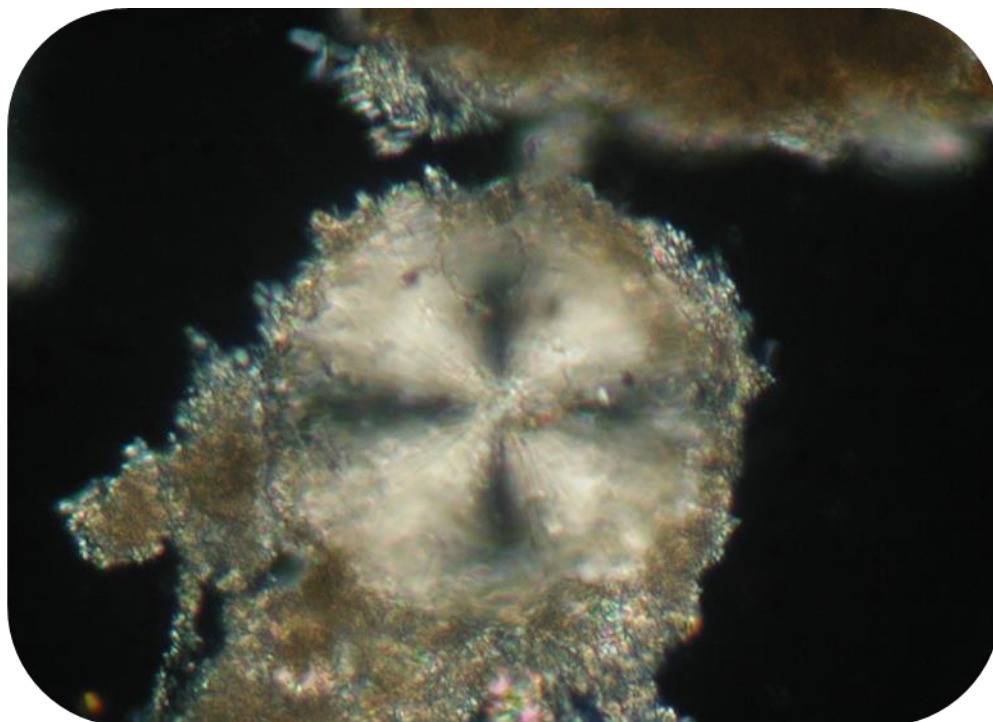


Рис. 7. Сферокристалл арагонита. Поляризационный микроскоп. Ув. 100 крат.

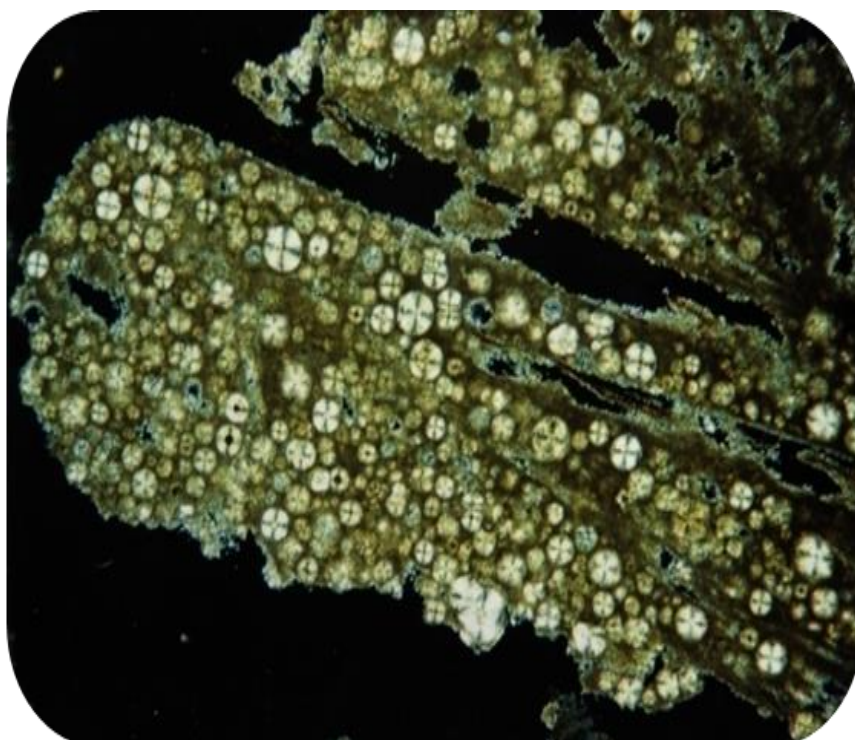


Рис. 8. Скопления сферокристаллов арагонита. Поляризационный микроскоп. Ув. 50 крат.

Образование сферокристаллов арагонита вероятнее всего биогенное, и может быть связано с деятельностью некоторых бактерий в щелочной среде.

Аутигенный **кальцит** представлен в основном микрокристаллическими и пелитоморфными формами. Отмечено заполнение трещин и пор в культурном слое микрокристаллическим кальцитом в виде микрита (кальцитан). Кальцит в ряде случаев дает псевдоморфозы по органическим составляющим культурного слоя, образует натеки на различных включениях, образует кольцеобразные агрегаты по корневым ходам. Пелитоморфные формы кальцита свидетельствуют о высоком содержании карбоната кальция, интенсивном вымывании из техногенных горизонтов, насыщенных карбонатом кальция (известковый строительный раствор, цемент, известняк).

Люблинит кристаллизуется при низкой минерализации растворов, значениях pH 6.5 – 6.8 и в культурном слое представлен игольчатыми или «кинжаловидными» кристаллическими формами (соотношение длины и ширины кристаллов примерно 1:10), заполняющими поры.

Изоморфный ряд фосфатов железа (вивианит-керчениты-бераунит) характерен для культурного слоя и культуросодержащих отложений различного возраста. Образование фосфатов железа связано в первую очередь с восстановительной обстановкой постоянно или временно подтопленных территорий, анаэробной обстановкой, большим количеством фосфора, поступающего из разлагающегося органического вещества (в основном костей), при наличии в растворе двухвалентного железа. Фосфат-ион поступает или при разложении привнесенных минеральных составляющих культурного слоя (кости), или при разложении растительных остатков. Окисление фосфора органических соединений при их разложении может являться и микробиологическим процессом. Вследствие этого окисления и образования фосфорной кислоты, может образовываться ряд фосфатов железа, а также - **струвит** $((\text{NH}_4)\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$.

Кристаллы фосфатов железа хорошо выражены, заметны множественные центры кристаллизации, более ранняя генерация кристаллов - мелкая, часто заметны следы роста, более старая генерация характеризуется крупными кристаллами, в случае формирования на поверхности агрегатов, костных обломков или артефактов они образуют радиально-лучистые звездчатые срастания, лучисто-игольчатые и листоватые агрегаты и разности, а также землистые массы и скопления в порах. Могут формироваться на различных артефактах - кости, керамике, дереве, в порах или на агрегатах культурного слоя.

Фосфаты железа представляют собой изоморфную группу минералов от вивианита до бераунита (Табл. 2).

Вивианит слабо окрашен (беловатый или бесцветный), но при окислении на воздухе приобретает голубые, серовато-синие, темно-синие, черно-синие, серовато-зелёные, темно-зелёные, зеленовато-черные оттенки, переходя в керчениты. Керчениты представляют собой вивианит, в которых часть двухвалентного железа окислена в трехвалентное, вследствие чего белые и прозрачные окраски вивианита переходят в различные оттенки голубого и зеленого цветов.

Выделяют γ , β -, и α -керчениты, отличаются друг от друга всё большим содержанием преобладанием Fe_2O_3 , и в α -керчените Fe_2O_3 преобладает над FeO . В γ и β -керченитах преобладают голубые, синие, сине-чёрные цвета, реже зеленые, α -керченит имеет зелёный и темно-зеленый цвет до зеленовато-чёрного, и даже почти чёрного.

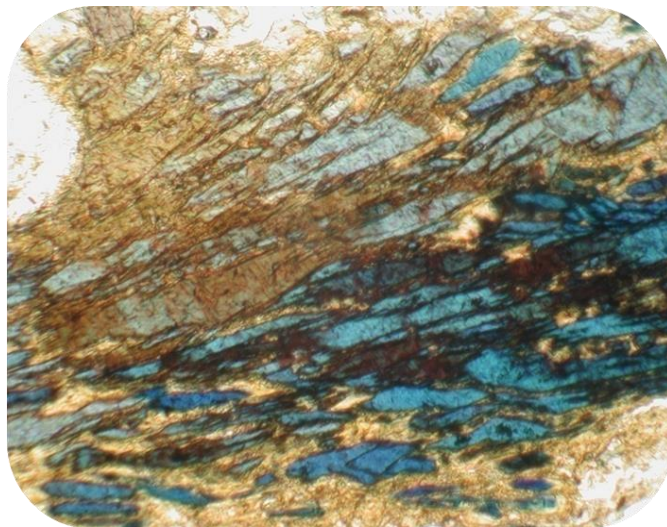


Рис. 9. Кристаллы вивианита.
Поляризационный микроскоп.
Ув. 50 крат.

Конечные продукты окисления - оксикерченит и босфорит. Оксикерченит представляет собой продукт практически полного окисления вивианита, часто образуя псевдоморфозы. В шлифе это минерал бледно-желтого цвета, практически изотропный, реже слабо анизотропный. Босфорит представляет собой продукт полного окисления вивианита, бурого и желтого цветов, оптически изотропен.

В шлифе керчениты ярко окрашены, высокодвупреломляющие, плеохроируют, двuosные, положительные. Цвет, показатели преломления и плеохроизм меняются в зависимости от степени окисления.

В шлифах хорошо заметны различные формы окисления вивианита, связанные со сменой окислительно-восстановительных условий. При доступе кислорода начинается интенсивное окисление, переход двухвалентного железа в трехвалентное, вивианит окисляется до керченита.

В случае нового изменения режима и образования анаэробных условий процесс окисления останавливается, и вновь происходит образование новых кристаллов. Отмеченные в шлифах прозрачные, неокисленные кристаллы вивианита, соседствующие с голубоватыми слабоокисленными, синими, ярко-синими кристаллами керченитов, ржаво-желтыми и бурыми, сильноокисленными разностями, свидетельствуют о неоднократной смене обстановок, и переходе вивианита в керчениты и далее в оксикерченит и босфорит.

Фосфаты кальция

Данная группа минералов (карбонат-гидроксилапатит, карбонат-апатит, даллит и т.д.) представлены как одиночными образованиями, так и групповыми скоплениями в порах. Для них характерны радиально-лучистое или волокнистое строение. Присутствие фосфатов кальция в культурном слое может быть связано с большим количеством кальция и фосфора, в условиях нейтральной реакции среды (рН около 7). Отмеченные следы бактерий не исключают биогенный генезис данных минералов.

Оксидогенез - это широко распространенный природный и антропогенный ландшафтно-геохимический процесс наследования, образования, накопления и трансформации оксидов и гидроксидов железа. Оксидогенез в культурном слое может быть связан также и с разложением (окислением) металлических предметов. При достаточно интенсивном промывном режиме, хорошей аэрации, в результате разложения, растворения и перекристаллизации металлических предметов могут образовываться различные окислы и гидроокислы железа.

Оксиды и гидрооксиды железа образуют определенный ряд устойчивости: ферригидрит - ферроксигит - лепидокрокит - акаганеит - гётит. Нестабильные окислы железа - ферригидрит и ферроксигит могут свидетельствовать о современном оксидогенезе, а также об интенсивной активности железобактерий.

С течением времени ферроксигит спонтанно переходит в гетит, а ферригидрит дегидратируется в гематит (при подщелачивании среды ферригидрит начинает кристаллизоваться, также возрастает доля гематита). Образование нестабильных окислов железа связано с быстрым окислением двухвалентного железа, которое происходит при участии микроорганизмов.

В культурных слоях отмечены различные оксиды и гидрооксиды железа: гётит (FeOOH), гидрогётит ($\text{FeOOH} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), лепидокрокит ($\gamma\text{-FeOOH}$), характеризующиеся различными формами выделения - от коллоидных образований до микрокристаллических форм.

Изучение микроморфологических (почвенных и палеопочвенных) признаков культурного слоя

Публикации по изучению микроморфологических (палеопочвенных) признаков культурного слоя практически отсутствуют. Следует отметить только ряд работ, посвященных микроморфологии погребенных почв, в основном позднелейстоценового или голоценового возраста.

Исследования Т.В. Морозовой позволили достаточно детально изучить некоторые погребенные почвы плейстоценового возраста и определить ряд основополагающих наследственных признаков погребенных почв. Следует отметить, что в случае формирования культурного слоя на древней почве, многие палеопочвенные признаки способны сохраняться и нести информацию не только о процессах антропогенного изменения ландшафта, но и определенную палеоклиматическую информацию.

Вероятно единственным методом, позволяющим с высокой точностью установить палеопочвенные признаки культурного слоя, определив тип почвы, остается именно микроморфологический метод.

Т.Д. Морозова, М.И. Герасимова, С.А. Шоба выделили **устойчивые признаки почв**, к которым относятся - **микростроение основной массы, микростроение агрегатов, формы пор, оптически ориентированные глины, глинистые кутаны, биолиты**. К **слабоустойчивым признакам** относится **гумус**, к **неустойчивым** - **новообразования солей** [Герасимова, Губин, Шоба, 1999, Морозова, 1981].

Следует отметить, что детальное и четкое изучение устойчивых признаков погребенных почв возможно только в том случае, когда не происходило глубокой антропогенной или природной трансформации почвы, не происходило её смыва, переотложения и перемещения.

Унаследованные признаки микростроения позволяют диагностировать современные аналоги элементарных почвообразующих процессов (лессиваж, оглеение и др.), а **элементарное микростроение** является одним из наиболее устойчивых признаков погребенных почв и определяется взаимным расположением плазмы, скелета и пор. Однако элементарное микростроение способно нарушаться под влиянием различным механических деформаций, в том числе и техногенных.

Агрегаты и формы пустот (пор) могут достаточно хорошо сохраняться в погребенных почвах, но могут быть изменены механическими деформациями, однако сохранившиеся агрегаты обычно четко фиксируют тип и генетический горизонт почвы. Например, в ископаемых черноземах (как и в современных черноземных почвах) хорошо сохраняются сложные агрегаты второго и третьего порядка, разделенные извилистыми порами, также хорошо заметны и округлые биогенные поры [Морозова, 1981].

Вероятно, одним из самых устойчивых признаков, являются **глинистые и железо-глинистые кутаны иллювиирования**, которые хорошо сохраняются (несмотря на сильные механические деформации) в виде скорлуповатых натеков по порам, трещинам или в виде обособлений в межпоровых пространствах [Морозова, 1981].

Растительные остатки в хорошо аэрируемых лёссовых толщах практически не сохраняются, только в ряде случаев отмечены бесформенные углеподобные образования. Сохраняются лишь формы тонкодисперсного гумуса, причем в зависимости от возраста почв количество оптически определяемого гумуса уменьшается.

Достаточно устойчивым признаком являются **фитолиты (биолиты), споры, спиккулы губок и диатомей**. Устойчивость фитолитов связана с глубиной залегания и типом почвы, например в условиях кислой среды растворение кремнистых фитолитов незначительно, но в подстилке или гумусовом горизонте фитолиты разрушаются быстрее ввиду большой микробиологической и биохимической активности в данных горизонтах [Гольева, 2001].

Исследование глинистой составляющей оптическими методами часто затруднительно и иногда позволяет только приблизительно установить глинистые минералы. В ряде случаев можно определить только микроскопическое строение глины, выделенное М.С. Швецовым: аморфное (псевдоаморфное), пластинчатое, ориентированное, спутанно-волокнистое, струйчато-хлопьевидное и др.

Обычно оптически легко определяются гидрослюдистые глины по включениям микрочешуек гидромусковита. В большинстве случаев при изучении глин необходимо использовать рентгенофазовый анализ или методы электронной микроскопии.

Исследование различных минералов (диагенетических и аутигенных) может свидетельствовать о смене процессов, однако далеко не всегда отражает всю сложность диагностических признаков культурного слоя, сформированного на погребенной почве, и частично изменённого современными процессами почвообразования. Однако для более современных культурных слоев аутигенные минералы (как уже отмечалось выше) несут весьма ценную информацию. Образование оксидов и гидроксидов железа, гипса, кальцита в культурном слое, перекрытом более поздними осадками, может быть связано и с процессами разложения органического вещества, стадийном окислении различных минералов (например, фосфатов железа).

Изучение микростроения культурного слоя

Микростроение культурного слоя – устойчивый временной диагностический признак. При изучении микростроения необходимо выделить определенный набор признаков, характеризующих

- антропогенное (техногенное) воздействие,
- признаки, сохранившиеся от почв и горных пород, на которых происходило формирование культурного слоя,
- признаки, характеризующие степень изменения почвы или горной породы.

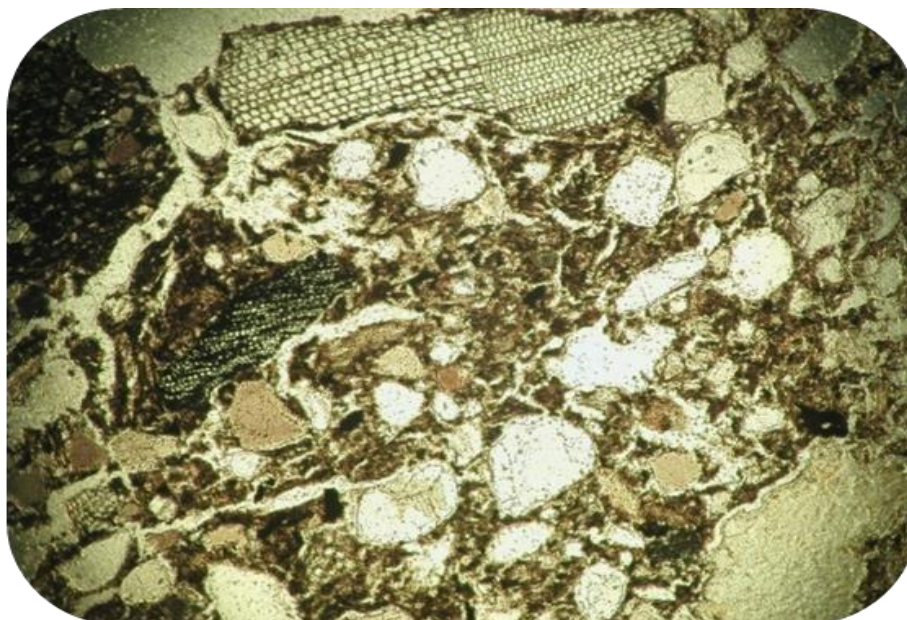


Рис. 10. Микростроение культурного слоя.
Поляризационный микроскоп. Ув. 100

Наиболее простым является возможность определения унаследованных признаков – фрагментов почв и горных пород. Как уже отмечалось, для почв

хорошо сохраняющимися диагностическими признаками являются особенности микростроения, конфигурации агрегатов и пор, глинистые кутаны, оптически ориентированные глины.

Более сложно определить техногенное воздействие, однако эти признаки проявляются в разрушении агрегатов, появления агрегатов или блоков неправильной формы, повышенной уплотненности или наоборот пористости (причем поры имеют чаще всего неправильную форму), обилия трещин неправильной формы, слоистости, наличие генетически не связанных зон и микрозон, деформации и включения общую массу культурного слоя кутан, наличия большого количества углей (часто с хорошо сохранившимся клеточным строением), высокого содержания костей, органического вещества, хорошо сохранившихся остатков растений, и конечно большого количества техногенных включений - обломков горных пород, строительного материала (известняка и строительной извести), шлаков, керамики, стекла, кирпича, обожженной глины и т.д.

Для культурного слоя урбанизированных территорий микростроение весьма специфично и в большинстве случаев практически не имеет черт схожести с горной породой и почвой данной территории. В данном случае происходит полное изменение базиса формирования культурного слоя и образования «техногенных урбофаций». Именно для «урбофаций» характерны интенсивные процессы аутигенеза минералов.



Рис. 11. Макростроение культурного слоя. Москва

Основной проблемой современной отечественной археоминералогии является недостаток материала для изучения. В большинстве случаев археологи передают для изучения минералогам весьма скромный процент артефактов, и кроме того существует не очень понятное нежелание ряда археологов сотрудничать с представителями геологических направлений. Да и минералоги часто не очень серьезно относятся к предложениям археологов принять участие в изучении артефактов, а минералогов, работающих более или менее постоянно в области археоминералогии можно по всей России пересчитать по пальцам. И что самое грустное – в последнее время энтузиазм минералогов к сотрудничеству с археологами явно угас, и отмечается явное нежелание именно профессиональных минералогов работать в области археоминералогии. Тем не менее, отметим, что интерес к археоминералогии у археологов достаточно велик, но им не хватает знаний именно в области минералогии и геологии. Одной из задач, которая стоит перед минералогами и археологами – это координирование действий, совместная работа, совместные публикации и, безусловно, организация конференций и семинаров, посвященных именно археоминералогическим проблемам. На любом археологическом совещании или семинаре, среди нескольких десятков докладов, обязательно несколько будет посвящено (прямо или косвенно) проблемам археоминералогии, что свидетельствует о постоянном интересе к этой теме. Весьма важно знать, например, элементный состав золота или бронзы из захоронений, это позволяет установить торговые пути, месторождения, и даже помочь современным геологам в поисках и разведке месторождений, так одним из поисковых признаков является наличие следов древних горных выработок.

Кроме того, для студентов-археологов необходимо вводить специальный учебный курс по археоминералогии. На Западе такого рода курсы существуют, выпускаются учебники и учебные пособия по археоминералогии, и для России, с её огромным археологическим наследством и многочисленными историческими объектами, археологи-минералоги, имеющие определенный набор знаний по геологии, минералогии и петрографии, просто необходимы, так как именно знание минералогии позволит избежать некоторых, часто грубых ошибок, как терминологических, так и фактических, при изучении артефактов (особенно при изучении минеральных красок и петрографического состава керамики).

Перспективы работы в области археоминералогии связаны и с более глубоким изучением не только минералов, каменного сырья, шлаков, применения горных пород в быту, производстве и строительстве, но и с возможностью реконструкции определенных технологических процессов древности, особенно медно-бронзовых производств. Археолог С.А. Григорьев отмечал, «...что пока удалось получить лишь наиболее общие представления о технологии архаичных способов производства меди и выявить проблемы, стоящие перед исследователем, занимающимся реконструкцией древней металлургии. Это позволит нам сформулировать задачи и основные принципы программы дальнейших экспериментальных работ в области реконструкции металлургических технологий...».

Список использованной литературы

1. *Августиник А.И.* Керамика. М.:, 1957.
2. *Августиник А.И.* К вопросу о методике исследования древней керамики //Краткие сообщения Института материальной культуры. Вып. 64. 1956.
3. *Аккерман Б.А.* О калбинских разработках олова эпохи бронзы //Изв. АН КазССР, сер. археол., вып. 1, 1948. С. 40 – 46.
4. *Александровский А.Л., Каздым А.А.* Процессы минералообразования по данным исследования золы из культурного слоя Дьякова городища (г. Москва) //Шестые научные чтения памяти ильменского минералога В.О. Полякова. Под ред. С.С. Потапова. Миасс.: Имин УрО РАН, 2005. С. 72 - 76.
5. *Александровский А.Л., Каздым А.А., Вербя М.П.* Пирогенное карбонатообразование в геосистемах //Материалы II Международной научно-практической конференции «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья». Тирасполь, изд. ПГУ, 2005. С.106 – 108.
6. *Археоминералогия и ранняя история минералогии.* Материалы международного семинара. Сыктывкар, 2005. 194 с.
7. *Астахов М.И., Лабынцева О.А., Каздым А.А.* Рентгенофазовый анализ в археологии: подходы, перспективы, возможности //Материалы Международного семинара «Археология и ранняя история минералогии. Сыктывкар. Геопринт, 2005. С. 97 – 98.
8. *Богдасаров А.А., Богдасаров М.А.* Археологическая минералогия – объект изучения прошлого //Материалы II Международного минералогического семинара «История и философия минералогии» Сыктывкар. 1999. С. 100 – 101.
9. *Баженов А.И.* Методологические основы применения минералого-петрографических методов в исследовании древней керамики и интерпретация полученных данных //Исторические чтения памяти М.П. Грязнова. Омск. 1987.
10. *Безбородов М.А.* Химико-технологическое исследование древнерусской огнеупорной и бытовой керамики //Сб. научных работ НИИ строит. материалов БССР. Вып. 4, Минск, Изд. АН БССР, 1955.
11. *Бобринский А.А.* Гончарство Восточной Европы. М.: Наука. 1978, 272 с.
12. *Бушмакин А.Ф.* Минерализация металлов как раздел минералогии техногенеза //Уральский минералогический сборник № 5. Миасс: Имин УрО РАН, 1995, С.28 – 35.
13. *Бушмакин А.Ф.* Украшения конской сбруи из комплекса «Курган с «усами» Солончанка I» //Курган с «усами» Солончанка I. Труды музея-заповедника «Аркаим». Челябинск. 1999. С. 85 – 89.
14. *Бушмакин А.Ф.* Археологическая минералогия – объекты и задачи //Материалы II Международного минералогического семинара «История и философия минералогии» Сыктывкар, 1999. С.97.
15. *Бушмакин А.Ф.* О возможности определения состава древнего металла по продуктам минерализации //Минералогия техногенеза-2000. Под ред. С.С. Потапова. Миасс.: Имин УрО РАН, 2000. С.181 – 182.

16. Бушмакин А.Ф. Минеральный состав корок на металлических предметах из поселения Аркаим //Археологический источник и моделирование древних технологий. Труды музея-заповедника Аркаим. Челябинск, 2000. С. 130 – 136.
17. Бушмакин А.Ф., Зайков В.В. Минералы и горные породы, использовавшиеся на Южном Урале в древности //XIV Уральское Археологическое Собрание. Тезисы докладов. Челябинск, 1999. С. 57 – 59.
18. Бушмакин А.Ф., Зайков В.В., Юминов А.М., Таиров А.Д. Состав золотых изделий из комплекса Кургана с «усами» Солончанка I //Курган с «усами» Солончанка I. Труды музея-заповедника «Аркаим». Челябинск. 1999. С. 64 – 79.
19. Валукинский Н.В. Древнее производство меди в районе Джезказгана //Изв. АН КазССР, сер. археол., вып. 1., 1948. С. 33 – 39.
20. Виноградов Б.Н. Петрографические исследования керамики древнего Хорезма //Петролого-минералогические особенности пород и технического камня. М. 1979.
21. Внуков С.Ю. К вопросу о месте производства коричнево-глиняных амфор Северного Причерноморья //Саратов, изд. Саратовского университета, 1992. С. 68-90.
22. Внуков С.Ю. Сравнительный петрографический анализ древних амфор //Проблемы интерпретации археологических источников. Владикавказ. 1991.
23. Водяницкий Ю.Н. Образование оксидов железа в почве /Рос. АН с/х и Почвенный институт им. В.В. Докучаева. М., 1992. 275 с.
24. Водяницкий Ю.Н. Химия и минералогия почвенного железа. М.: РАСХН и Почв. инст. им. В.В. Докучаева, 2003, 238 с.
25. Водяницкий Ю.Н., Добровольский В.В. Железистые минералы и тяжелые металлы в почвах. М., 1998. 216 с.
26. Гейко А.В., Литвиненко Т.М. К вопросу об изменении температуры обжига посуды роменской культуры //Археологічний літопис Лівобережної України, № 1, 2001. С. 47-48.
27. Геолого-археологические исследования в Тимано-Североуральском регионе. Сыктывкар, ИГ Коми НЦ УрО РАН, 1997 – 2010 г.г.
28. Герасимова М.И., Губин С.В., Шоба С.А. Микроморфология почв природных зон СССР. Пуцзино: ОНТИ, 1992. 215 с.
29. Глушков И.Г. Керамика как археологический источник. Новосибирск. 1996. 237 с.
30. Гольева А.А. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. М.- Сыктывкар - Элиста. 2001. 120 с.
31. Гражданкина Н.С. Методика химико-технологического исследования древней керамики //Археология и естественные науки. М.: Наука, 1965. С. 152-161.
32. Григорьев С.А. Металлургические комплексы поселения Синташта //Материалы по археологии и этнографии Южного Урала. Труды музея-заповедника Аркаим. Челябинск, 1996. С. 106 – 116.
33. Григорьев С.А. Металлургическое производство эпохи бронзы в Башкирском Приуралье //Материалы Межд. научн. конф. «Международное (XVI Уральское) археологическое совещание». Пермь, 2003. С. 78 – 80.

34. *Григорьев С.А.* Металлургическое производство и культурные взаимодействия в эпоху бронзы в Урало-Иртышском междуречье //Этнические взаимодействия на Южном Урале. Челябинск, 2004. С. 48 - 50.
35. *Григорьев С.А., Русанов А.И.* Экспериментальная реконструкция древнего металлургического производства //Аркаим. Исследования, поиски, открытия. Челябинск, 1995. С.147 – 158.
36. *Ермаков В.К., Зах В.А., Ермакова В.А.* Петрографический анализ керамики эпохи неолита – раннего железа лесостепного Зауралья //Актуальные проблемы методики западносибирской археологии. Тюмень, 1988.
37. *Жущиковская И.С.* Петрографические и спектрохимические исследования древней керамики Приморья //Естественные науки и археология в изучении древних производств. М.: Наука, 1982.
38. *Жущиковская И.С., Залищак Б.Л.* О сырьевой базе керамического производства в период раннего железного века в Приморье //Материалы по древней и средневековой археологии юга Дальнего Востока СССР и смежных территорий. Владивосток, 1983.
39. *Жущиковская И.С., Залищак Б.Л.* Петрографический метод в изучении древней керамики Приморья //Методы естественных наук в изучении древних производств на Дальнем Востоке СССР. Владивосток, 1986.
40. *Жущиковская И.С., Залищак Б.Л.* Петрографический метод в изучении древней керамики юга Дальнего Востока //Исторические чтения памяти М.П. Грязнова. Тез. докладов. Омск, 1987.
41. *Зайкова Е.В.* Геохимические типы меди бронз в металлических изделиях поселения Синташта //Археологический источник и моделирование древних технологий. Труды музея-заповедника Аркаим. Челябинск.2000. С. 104 – 111.
42. *Зайков В.В., Зданович С.Я.* Каменные изделия и минерально-сырьевая база каменной индустрии Аркаима //Археологический источник и моделирование древних технологий. Труды музея-заповедника Аркаим. Челябинск, 2000. С. 73 – 95.
43. *Зайков В.В., Таиров А.Д., Юминов А.М, Бушмакин А.Ф., Чурин Е.И., Зданович Д.Г.* Состав золота из курганов Южного Урала //Археологический источник и моделирование древних технологий. Труды музея-заповедника Аркаим. Челябинск, 2000. С. 137 – 149.
44. *Зданович Г.Б., Зайберт В.Ф., Иванов И.В.* Почвенно-археологические исследования в Северном Казахстане //История развития почв в голоцене. Тез. докладов Всесоюзн. конфер. Пущино, 1984. С. 235 - 236.
45. *Значко-Яворский И.Л.* Экспериментальное исследование древних строительных растворов и вяжущих веществ //Сов. Арх., № 4, 1959. С. 140-152.
46. *Значко-Яворский И.Л.* Очерки истории вяжущих веществ от древнейших времен до середины XIX века. М.-Л.: Изд. АН СССР 1963. 496 с.
47. *Каздым А.А.* Исследование петрографических характеристик керамики Лисаковского поселения эпохи поздней бронзы (Верхнее Притоболье, Северный Казахстан) //Тезисы докладов XV Уральского Археологического Совещания. Оренбург, 2001. С. 75 - 76.

48. *Каздым А.А.* Минералогическое и петрографическое исследование керамики и зольников Павлинова городища //Тезисы докладов «Северного Археологического Конгресса». Ханты-Мансийск, 2002. С. 190 - 191.
49. *Каздым А.А.* Минералогия в археологии - изучение искусственных (техногенных) материалов //Материалы IV международного симпозиума по истории минералогических музеев, минералогии, кристаллохимии и кристаллогенезу. «Минералогические музеи». Санкт-Петербург, 2002. С. 67 - 68.
50. *Каздым А.А.* Археогеология – перспективное направление комплексных археологических исследований //Минералогия техногенеза - 2003. Под ред. С.С. Потапова. Миасс.: Имин УрО РАН, 2003. С. 179 - 193.
51. *Каздым А.А.* Петрографическое исследование древних искусственных материалов //Тезисы докладов VI Международной конференции «Новые идеи в науке о Земле». М.: МГРИ – МГГУ, 2003. С. 219.
52. *Каздым А.А.* Минералогия и петрография древней керамики //Материалы XL научно-технической конференции «Современные инженерные технологии» преподавателей, сотрудников и аспирантов инженерного факультета, М., Изд. РУДН, 2004. С. 70-72.
53. *Каздым А.А.* Минералогическое и микроморфологическое изучение культурного слоя //Минералогия техногенеза-2004. Под ред. С.С. Потапова. Миасс: Имин УрО РАН, 2004. С. 165 – 182.
54. *Каздым А.А.* Комплексные исследования археологических памятников Кондуровской долины //Материалы II-ой региональной научно-практической конференции «Этнические взаимодействия на Южном Урале». Челябинск, 2004. С. 70 - 73.
55. *Каздым А.А.* Курганы и могильники как техногенные формы рельефа и процессы техногенного аутигенеза //Пятые Всероссийские научные чтения памяти ильменского минералога В.О. Полякова. Миасс: Имин УрО РАН, 2004. С. 54 - 58.
56. *Каздым А.А.* Погребальные сооружения – некрополи, курганы, могильники, захоронения как техногенные формы рельефа и их воздействие на экосистему //Минералогия техногенеза-2005. Под ред. С.С. Потапова. Миасс: Имин УрО РАН, 2005. С. 203 - 213.
57. *Каздым А.А.* Петрография древней керамики – реконструкция использования местных сырьевых ресурсов //Материалы Международного семинара «Археология и ранняя история минералогии». Сыктывкар. Геопринт, 2005. С. 8 - 9.
58. *Каздым А.А.* Минералогия «зольников» //Материалы Международного семинара «Археология и ранняя история минералогии». Сыктывкар. Геопринт, 2005. С.11 - 12.
59. *Каздым А.А.* Техногенные отложения древних и современных урбанизированных территорий (палеоэкологический аспект). М., Наука. 2006. 158 с.
60. *Каздым А.А.* Методические указания по петрографическому исследованию древней керамики. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. Исторический факультет, 2007. 51 с.

61. *Каздым А.А.* Современные проблемы отечественной археологической минералогии //Новые методы технологической минералогии при оценке руд металлов и промышленных минералов. Сборник научных статей по материалам Российского семинара по технологической минералогии. Петрозаводск, 2009. С. 164 – 170.
62. *Каздым А.А.* Современное биоминералообразование в техногенных отложениях //Материалы III Российского совещания с международным участием «Органическая минералогия – 2009», Сыктывкар, 2009. С. 199 – 202.
63. *Каздым А.А.* Литолого-микроморфологический анализ техногенных отложений города // Материалы международного семинара молодых учёных «Антропогенная трансформация природной среды». Пермь, 2009. С. 54 – 58.
64. *Каздым А.А.* Культурный слой как важнейшая составляющая часть экосистемы // Материалы международного семинара молодых учёных «Антропогенная трансформация природной среды». Пермь, 2009. С. 172 – 176.
65. *Каздым А.А.* Техногенное аутигенное минералообразование в культурном слое // Международная научная конференция «Онтогенез минералов и её значение для решения геологических прикладных и научных задач». СПб, 2009. С. 63-65.
66. *Каздым А.А., Корякова Л.Н., Ковригин А.А., Берсенева Н.А.* Петрографическое и минералогическое исследование «зольников» Павлинова городища (V век до н.э., Курганская обл.) //Минералогия техногенеза - 2003, Под ред. С.С. Потапова. Миасс.: Имин УрО РАН, 2003. С. 198 – 203.
67. *Каздым А. А., Корякова Л. Н., Сергеев А. С., Стефанов В. И., Ковригин А. А., Корочкова О. А., Берсенева Н. А.* Петрографическое исследование древней керамики (на примере керамики Павлинова городища и селища Барсова гора) //Международное (XVI Уральское) археологическое совещание. Материалы международной научной конференции. Пермь, 2003. С. 250 - 251.
68. *Каздым А. А., Сергеев А. С.* Исследование минералогического и элементного состава бронзы селища Барсова Гора (VII – IV век до н.э., Сургутское Приобье) //Минералогия техногенеза - 2003, Под ред. С.С. Потапова. Миасс; Имин УрО РАН, 2003. С. 194 – 197.
69. *Каздым А.А., Таиров А.Д.* Рентгенографическое, минералогическое и петрографическое исследование состава минеральных красок и аутигенных минералов курганных комплексов «Победа» и «Кирса» //Минералогия техногенеза – 2003. Под ред. С.С. Потапова, Миасс, Имин УрО РАН, 2003. С. 204 - 209.
70. *Каздым А.А., Таиров А.Д.* Минеральные краски из курганных захоронений //Материалы Международного семинара «Археология и ранняя история минералогии. Сыктывкар. Геопринт, 2005. С. 80 - 83.
71. *Каздым А.А., Нефедов В.А., Баловнева Г.А.* Петрографическое исследование древней керамики - искусственного алюмосиликатного материала //Минералогия техногенеза - 2002. Под ред. С.С. Потапова. Миасс: ИМмин УрО РАН, 2002. С. 259 - 279.
72. *Каздым А.А., Усманова Э.Р.* Использование в бытовых и ритуальных целях местных горных пород жителями Лисаковского поселения (Андроновская культура

- 15-13 в.в. до н.э.) //14-ое Уральское Археологическое Собрание, Челябинск, 1999. С. 80 - 81.
73. *Корякова Л.Н., Федоров Р.О.* Гончарные навыки Зауральского населения в раннем железном веке (по материалам Ипкульского могильника) //Знания и навыки Зауральского населения в раннем железном веке. Екатеринбург, 1993. С. 76 - 96.
74. *Корякова Л.Н., Дэйр М.И., Ковригин А.А., Шарапова С.В., Берсенева Н.А., Пантелеева С.Е., Ражев Д.И., Курто П., Хэнкс Б., Ефимова Е.Г., Каздым А.А., Микрюкова О.В., Сахарова А.О.* Среда, культура и общество лесостепного Зауралья во второй половине I тыс. до н.э. (по материалам Павлиновского археологического комплекса). Под общей редакцией Л.Н. Коряковой. Екатеринбург-Сургут: Изд-во «Магеллан», 2009. 298 С.
75. *Кренке Н.А., Лопатин Н.В.* Петрографическое изучение керамики городища Дьяково и Тушемля //Рос. Археология, № 1, 1997. С. 60 - 67.
76. *Круг О.Ю.* Применение петрографии в археологии //Археология и естественные науки. М.: Наука, 1965. С.146 - 152.
77. *Круг О.Ю.* Опыт применения петрографических методов в археологии //Совет. Археология, № 3, 1961. С. 34 - 44.
78. *Круг О.Ю.* Некоторые особенности технологии керамического производства на черняховском поселении Журавка //Сов. археология, № 3, 1965. С. 296 - 276.
79. *Круг О.Ю.* Оптические исследования боспорской керамики //МИА, № 83, 1960. С. 128 -132.
80. *Круг О.Ю.* Технические силикаты первого тысячелетия нашей эры (материалы к истории племен черняховской культуры) // Автореф. канд. диссерт. М., 1971.
81. *Круг О.Ю., Четвериков С.Д.* Опыт применения петрографических методов к изучению керамики Боспорского царства // Советская археология, № 3, 1961.
82. *Кульская О.А.* Химико-технологическое исследование ольвийских керамических изделий //Ольвия. Киев.: изд. АН УССР, т. 1, 1940, С. 171-173.
83. *Ламина Е.В., Лотова Э.В., Добрецов Н.Н.* Минералогия керамики древней Барабы //Новосибирск, 1995. 126 с.
84. *Лысюк Г.Н., Несанелене В.Н., Паршуков Ю.В.* Древняя керамика бассейна реки Вымь (минералогические аспекты) //Минералогия техногенеза-2002. Миасс, Имин УрО РАН. 2002.
85. *Лапин В.В.* Петрография металлургических и топливных шлаков. М.: Изд. АН СССР, 1956.
86. *Методологические основы исследования древней керамики.* М., 1977. 50 с.
87. *Массон М.Е.* Из загадок древней металлургии Афганистана //За недра Средней Азии, № 2, 1932.
88. *Массон М.Е.* Из истории горной промышленности Таджикистана (былая разработка полезных ископаемых) //Материалы Таджикско-Памирской экспедиции, вып. 20. Изд. АН СССР, Л. 1934.
89. *Массон М.Е.* К истории древней промышленности Карамазара //Труды Таджикской базы АН СССР. Т. 4. Геология и геохимия. М.-Л., Изд. АН СССР, 1935.

90. *Массон М.Е.* К истории добычи меди в Средней Азии //Тр. Таджикско-Памирской экспедиции, вып. 37. 1936.
91. *Массон М. Е.* К истории черной металлургии Узбекистана. Ташкент, 1947.
92. *Молодин В.И., Парцигер Г., Гаркуша Ю.Н., Шнеевайс Й., Гришин А.Е., Новикова О.И., Ефремова Н.С., Чемякина М.А., Мыльникова Л.Н., Васильев С.К., Беккер Г., Фассбиндер Й., Манштейн А.К., Дядьков П.Г.* Чича – городище переходного от бронзы к железу времени в Барабинской лесостепи. Первые результаты исследований //Материалы по археологии Сибири. Выпуск 1. Новосибирск. Изд. ИА и Э СО РАН. 2001.
93. *Морозова Т.Д.* Развитие почвенного покрова в Европе в позднем плейстоцене. М.: Наука. 1981. 281 с.
94. *Потапов С.С., Паршина Н.В., Потапов Д.С.* Археобиоминералогия //Археоминералогия и ранняя история минералогии. Материалы международного семинара. Сыктывкар, ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2005. С. 6–7.
95. *Сайко Э.В.* Техника и технология керамического производства Средней Азии в историческом развитии. М.: Наука, 1982. 210 с.
96. *Сайко Э.В.* Из опыта применения микроскопического метода исследований к изучению средневековой среднеазиатской керамики //Изв. от. общ. наук АН ТаджССР, вып. 1(22), 1960.
97. *Сайко Э.В., Жущиковская И.С.* Методы микроскопии в исследовании древней керамики (Методические аспекты и практика). Владивосток, 1990. 51 с.
98. *Сайко Э.В.* История технологии керамического ремесла Средней Азии VIII - XII вв. Душанбе, 1966.
99. *Севрюк Е.А.* Керамика городища Гермонасса-Тмутракань: минералогический аспект //Уральская летняя минералогическая школа-96. Екатеринбург, 1996. С.192-193.
100. *Скрипникова М. И., Каздым А.А. Верба М.П., Кириленко Е.П., Бушмакин А.Ф. и др.* Исследование минеральных образований в костных остатках из поселений различного возраста //Минералогия и жизнь: биоминеральные гомологии. Сыктывкар. С.177 - 179.
101. *Скрипникова М.И., Водяницкий Ю.Н., Каздым А.А.* Результаты химического, магнитометрического и электронно-микроскопического исследования костей из культурных слоев поселений //Тезисы докладов XV Уральского Археологического Сопещения. Оренбург, 2001. С. 111.
102. *Черных Е.Н., Лебедева Е.Ю., Кузьминых С.В., Луньков В.Ю. и др.* Каргалы. Геолого-географические характеристики: История открытий, эксплуатации и исследований: Археологические памятники //Составитель и научный редактор Черных Е.Н.. М.: Языки славянской культуры, 2002. 112 с.
103. *Щеглов А.Н., Селиванова Н.Б.* Оптико-петрографическое исследование причерноморских клейменных амфор VI - III вв. до н.э. //Греческие амфоры (Проблемы развития ремесла и торговли в античном мире»). Саратов, изд. Саратовского университета, 1992. С. 12 - 68.
104. *Юшкин Н.П.* Археоминералогия: становление и перспективы //Археоминералогия и ранняя история минералогии. Материалы международного семинара. Сыктывкар, ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2005. С. 5 - 6.

