

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Анкушева Максима Николаевича

«Минералогия шлаков древних металлургических производств южного Зауралья», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография

Представленная диссертационная работа М.Н.Анкушева выполнена в рамках активно развивающегося в последние десятилетия направления исследований, объединяемых под названиями «Археологическая минералогия», «Археоминералогия» или «Геоархеология». Суть этого направления сводится к применению минералогических, петрографических и геохимических методов к изучению археологических артефактов с целью определения состава материалов, возможных источников вещества для его производства, технологий переработки и изготовления предметов труда и материальной культуры. Это направление очень актуально, поскольку позволяет перейти от «описательного» подхода к изучению археологических находок к точным «инструментальным» методам работы с веществом, и тем самым резко повысить достоверность и обоснованность исторических реконструкций. Исследования междисциплинарные, они требуют знаний и профессиональных навыков в областях геологических дисциплин, металлургии, истории, а их результаты востребованы, главным образом, археологами. В этом одновременно и сильные стороны, и «слабые места» данного рода исследований.

Сказанное в полной мере относится к рецензируемой работе и определяет ее актуальность, практическую значимость, стиль и логику изложения материала. Исследования М.Н.Анкушева посвящены изучению вещественного состава металлургических шлаков из поселений двух периодов бронзового века (синташтинская культура 2000–1700 лет до н.э. и алакульская культура 1700–1300 лет до н.э.) из поселений, находящихся в южном Зауралье. Цель исследований сформулированы просто и четко – определение исходного протолита и источников сырья для древних металлургических производств. Работы проведены на материале более чем 300 образцов шлаков. Они были изучены стандартным для современной минералогии набором аналитических методов, среди которых отметим оптическую и электронную микроскопию, микрозондовый и рентгенофазовый анализы, рамановскую спектроскопию, масс-спектропию и другие. Главным результатом исследований М.Н.Анкушева стала новая, впервые полученная для изученных объектов Южного Урала, информация о фазовом и химическом составе древних металлургических шлаков. Это позволило соискателю и его коллегам-археологам установить маркеры для определения источников медного сырья для металлургии бронзового века, сделать обоснованные предположения о методике переработки сырья, о генетическом типе разрабатываемых в то время месторождения, о возможных местах добычи руды, а иногда и определить конкретный ее источник (карьер).

Актуальность темы, материалы, цели исследований и подходы и методы к их достижению адекватно соответствуют друг другу. Основные результаты работы сформированы её автором в виде трех защищаемых положений. Их формулировки просты и понятны, а обоснование выполнено корректно и подтверждено большим объемом оригинальных аналитических данных. Особо подчеркнем научную новизну и практическую значимость исследований М.Н.Анкушева, которые уже сейчас, а в не какой-то далекой перспективе, востребованы коллегами-археологами.

Перейдем к рассмотрению содержания диссертации.

Диссертация, общим объемом 116 страниц, состоит из введения, четырех глав и заключения.

В первой главе дается обзор отечественных и зарубежных исследований в области археоминералогии, отмечаются объекты, подходы и достижения этого активно развивающегося направления. Отдельно автор останавливается на результатах изучения объектов Урала, и Южного Урала в частности. Содержание главы показывает, что М.Н. Анкушев достаточно полно владеет материалом, в курсе современных проблем в этой области, следит за литературой. Вместе с тем, нельзя не сделать два замечания.

1. Формальное отношение к содержанию главы. Как правило, в тексте просто идет перечисление публикаций, показывающее, что направление активно развивается, но его содержание, преимущества и ограничения остаются никак не раскрытыми. Понятно, что такой обзор – это большой, отдельный труд, выходящий за рамки рецензируемой диссертации. Но, два-три более полно рассмотренных примера, без сомнения, украсили бы текст, избавили бы его от неизбежного «формального налета».

2. Разделы 1.3 и 1.4, касающиеся Южного Урала, целесообразно было бы выделить в отдельную главу, и опять-таки (но, на этот раз обязательно) полнее раскрыть подходы и результаты исследований предшественников в этом регионе. Это необходимо чтобы конкретней вписать свои исследования в общий контекст проблемы и высветить оригинальные достижения на фоне того, что уже было известно.

Главы 2–4 передают основное содержание исследований М.Н. Анкушева и являются фактическим обоснованием трех защищаемых положений диссертации.

Глава 2 обосновывает первое и отчасти третье защищаемые положения. Формулировка этого положения, на первый взгляд, кажется простой и очевидной, без «интриги». Но, на самом деле за этим стоит большой объем грамотно выполненных аналитических исследований и их интерпретация в контексте археологических задач. Смысловое содержание, и степень обоснованности этого положения не вызывает возражений. Тем ни менее есть замечания.

1. Глава насыщена оригинальными аналитическими данными. Но, почти нет попыток обработать их методами математической статистики и подать усредненные значения с необходимыми допусками, оценками сходства или различий выборок и т.п. Таблицы с исходными данными рационально было сопроводить таблицей с результатами их статистической обработки. Иначе и сам автор, и рецензент теряются в обилии цифр. Кроме того, при наличии таблиц, подача аналитических данных непосредственно в тексте диссертации представляется крайне неудачной.

2. Диагностика минералов проведена, главным образом, с помощью оптической и электронной микроскопии, и, за редким исключением, не подтверждена другими аналитическими методами, в том числе доступными автору. Например, рамановской спектроскопией, что в данном случае особенно важно для сульфидов меди.

3. В работе нет четких критериев разделения «реликтовых» и «новообразованных» сульфидов меди (халькозина и ковеллина). На приведенных в работе фотография (рис. 2.18) разницы между этими группами сульфидов невидно. Более того, совершенно не ясно как именно образуются «новообразованные»: каков механизм и физико-химические условия образования халькозина и ковеллина, и на каком этапе металлургической переработки медных руд это происходит, что является источником серы для «новообразованных» сульфидов.

4. Сопоставление химического состава стекол шлаков и общего состава шлаков с какими-либо магматическими горными породами не имеет смысла – это заведомо разные как по составу, так и по своей природе образования. Классическая для магматических пород классификационная диаграмма $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ в работе использована не по назначению.

Глава 3 посвящена характеристике химического состава оливина шлаков, общей последовательности и условиям кристаллизации минералов шлаков. Материал этой главы послужил основанием для второго защищаемого положения. Однако, необходимо особо отметить, что содержание главы намного более информативно и интересно, чем та ее часть, которая отражена собственно в формулировке защищаемого положения (и его обоснования в тексте автореферата). В тексте рассматриваются особенности тонкой зональности химического состава оливина, результаты изучения степени совершенства его кристаллической структуры, сопоставление химического и фазового состава шлаков с экспериментально-изученными процессами в системах $\text{MgO-SiO}_2\text{-FeO}$ и $\text{CaO-SiO}_2\text{-FeO}$, оценка температуры плавления шлаков, результаты опытов по переплавлению шлаков, наконец, обсуждение порядка кристаллизации шлаков, построенного на основе наблюдений над взаимоотношениями между минералами.

Замечания к этой части работы.

1. Сравнение зональности химического состава (в том числе и на уровне элементов-примесей) оливина шлаков и оливина из ультраосновных магматических пород не совсем корректно, так как речь идет: а) о породах разного состава, б) о минералах с изначально разными соотношениями железа и магния. В первом случае мы имеем дело с минералами ряда сильно-железистый форстерит (или даже чаще магнезиальный фаялит) → низкомагнезиальный фаялит. Во втором, форстерит → железистый форстерит. И хотя общий тренд к накоплению железа в краевых частях кристаллов является общим для обоих случаев (что определяется снижением температур кристаллизации минерала), разное исходное соотношение Mg и Fe будет оказывать кристаллохимическое влияние на итоговое содержание элементов-примесей (Co, Ni, Cu, Zn и т.д.).

2. При характеристике химического состава оливина необходимо четко пояснить какие элементы являются изоморфными примесями, а какие присутствуют в нем в составе микровключений стекла, сульфидов и проч. Какую именно смысловую нагрузку несет тот или иной химический анализ оливина. Может ли химический анализ включения в оливине являться характеристикой самого оливина?

3. К сожалению, рассматривая процессы, приводящие к образованию шлаков, автор не затрагивает самых первых этапов переработки руды, а именно технологии и условия получения самих расплавов, методы извлечения меди и появление остаточного «шлакообразующего расплава». Добавление и обсуждение этой информации (хотя бы кратко) существенно упростило бы общее понимание сути процессов.

4. Из текста автореферата почему-то исчезло обоснование той части второго защищаемого положения, которая касается последовательности кристаллизации фаз.

Глава 4 посвящена обсуждению возможных источников меди в древних металлургических производствах Южного Урала. Она подводит итог проделанной М.Н. Анкушевым работы в соответствии с теми целями, которые были заявлены в самом начале диссертации. Материалы этой главы использованы при обосновании третьего защищаемого положения. Но, также неизбежно пересекаются и с первым защищаемым положением. По мнению рецензента, первое и третье можно было бы объединить.

Судя по тексту диссертации, эта часть работы легко давалась автору. Глава написано просто и содержательно. Чувствуется, что соискатель в совершенстве владеет материалов, грамотно (и в геологическом, и в археологическом отношениях) использует полученные оригинальные и опубликованные другими авторами данные, увлечен исследованиями. Именно в этой главе происходит ожидаемый синтез геологической, минералого-геохимической и археологической информации, делаются смелые выводы о возможных местах добычи медной руды и геологических типах ее месторождений.

Основные замечания.

1. Необходимо было сразу и четко объяснить, что, говоря о медной руде древних производств, имеется в виду ее единственный в современном понимании генетический тип месторождений – зоны окисления сульфидных залежей. Другое дело, что эти зоны окисления могли развиваться по разным генетическим типам первичных руд (колчеданным, скарновым, медно-порфировым и т.п.). Тогда все встает на место. А иначе можно понять, что почти 4000 лет тому назад разрабатывались колчеданные, скарновые и т.п. месторождения. Именно такое впечатление складывается вначале при прочтении 4-ой главы и изучении таблицы № 4.1.

2. Говоря о составе руд древних металлургических производств (например, на странице 18 автореферата) М.Н.Анкушев все время делает акцент на главные рудные минералы меди – малахите и азурите. А между тем, согласно его же данным, очевидно, что главным минералом руды были оксиды железа, вероятнее всего, гётит. Иначе откуда такие содержания железа в шлаках? Не упоминание оксидов железа в исходной руде сбивает с толку и мешает понять, как образуется фаялит в шлаках. Если цель работы – «определение исходного протолита», то надо говорить о всех компонентах руды, а не только об извлекаемом металле.

3. Из работы в целом остается не понятным, почему в разные исторические эпохи разрабатывали медную руду из зон окисления разных геологических типов месторождений. Что это, игра случая, или за этим стоят какие-то закономерности?

Сделанные замечания не умаляют сути проведенных М.Н.Анкушевым исследований. Цели исследований реализованы в полной мере – получена новая, интересная и востребованная в научных кругах информация о минералогии и геохимии шлаков древних (2000–1300 лет до н.э.) металлургических производств Урала, сделаны обоснованные выводы о возможных источниках медной руды для этих производств. Эти исследования потребовали от ее исполнителя большого труда, сосредоточенности, целеустремленности и профессионально мастерства.

Рецензируемая работа по уровню постановки задач, ее актуальности, объему охваченного материала, использованным аналитическим методам и подходам к их интерпретации, степени опубликования результатов в ведущих научных журналах, соответствует квалификационным требованиям к кандидатской диссертации. Её автор, М.Н.Анкушев проявил себя как

профессионально грамотный в области минералогии и геохимии, сложившийся специалист, владеющий проблематикой исследований и путями ее решения. Междисциплинарность работы нашла отражение в публикациях М.Н.Анкушева по теме диссертации, часть которых издана в минералого-геологических журналах, а часть – в журналах исторического и гуманитарного направления. При этом количества публикаций в минералогических журналах (7, из них 3 из списка ВАК) вполне достаточно, чтобы претендовать на специальность «минералогия, кристаллография».

Формулировка защищаемых положений отражает главные результаты, проведенных М.Н.Анкушевым исследований. Обоснование этих результатов в диссертации не вызывает принципиальных возражений. Текст автореферата в целом соответствует тексту диссертации.

Представленная работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Максим Николаевич Анкушев – присуждения ученой степени геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография

Брусницын Алексей Ильич

доктор геолого-минералогических наук, без звания;

профессор, заведующий кафедрой минералогии;

Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета;

199155 Санкт-Петербург, переулок Декабристов, дом 16

brusspb@yandex.ru

+7-921-368-00-74

Я, Брусницын Алексей Ильич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

10 февраля 2020 г.

