

Отзыв

Официального оппонента на диссертацию **Хромыха Сергея Владимировича**
ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИЙ БАЗИТОВЫЙ МАГМАТИЗМ АЛТАЙСКОЙ
АККРЕЦИОННО-КОЛЛИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ (ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН),
представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по
специальности 25.00.04 - петрология, вулканология

Диссертация С.В.Хромыха представляет исследование, посвященное выяснению роли мантийных процессов в формировании и преобразовании континентальной коры. Она базируется на материалах, собранных диссертантом в ходе работ в пределах Алтайской аккреционно-коллизиионной системы (Восточного Казахстана) и обработанных с использованием современных аналитических методов. Синтез полученных данных выполнен с учетом современных представлений о геодинамических механизмах, определяющих процессы магнообразования, составы магм, а также особенности их эволюции и взаимодействия в мантийных и коровых условиях.

Диссертация объемом 439 с. состоит из введения, восьми глав, заключения и списка литературы. Во введении определены цели и задачи исследования, указан объем использованного фактического материала, обозначены результаты выполненной работы в форме защищаемых положений, определена новизна исследования, а также представлен ряд других формальных сведений, необходимых для подобного рода работ.

В главе 1. РАЗВИТИЕ ИДЕЙ МАГМАТИЧЕСКОЙ ПЕТРОЛОГИИ И ЭВОЛЮЦИЯ ВЗГЛЯДОВ НА РОЛЬ МАНТИИ В ЭНДОГЕННОЙ АКТИВНОСТИ АККРЕЦИОННО-КОЛЛИЗИОННЫХ СИСТЕМ представлена общая характеристика базит-ультрабазитового магматизма и дан обзор существующих геодинамических моделей его проявления в аккреционно-коллизиионных системах.

Глава 2 ГЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И РАЗВИТИЕ АЛТАЙСКОЙ АККРЕЦИОННО-КОЛЛИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ содержит сведения о геологическом строении, тектоническом районировании и истории развития региона исследований. В этой главе дано обоснование выбора объектов исследования.

Глава 3 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ дает характеристику использованных методов исследования, среди которых указаны геологические, петрографические, минералогические, петрохимические и геохимические, изотопные и геохронологические методы. Аналитические работы выполнены как в ИГМ СО РАН, где работает соискатель, так и в ряде других крупных аналитических центрах России.

Глава 4. МАГМАТИЗМ РАННЕОРОГЕННОГО ЭТАПА РАЗВИТИЯ АЛТАЙСКОЙ АККРЕЦИОННО-КОЛЛИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ дает представление о

наиболее ранних из изученных магматических комплексов, которые возникли, как считается, в начале орогенных процессов в регионе. Они рассмотрены на примере метабазитовых комплексов Калба-Нарымской зоны и габбро-диорит-гранитоидной Жарма-Саурской серии, для которых приведены возрастные, а также вещественные показатели, на основании которых выдвинуты предположения о природе магматических источников этих пород.

Глава 5. МАГМАТИЗМ ПОЗДНЕОРОГЕННОГО ЭТАПА РАЗВИТИЯ АЛТАЙСКОЙ АККРЕЦИОННО-КОЛЛИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ (СРЕДНИЙ - ПОЗДНИЙ КАРБОН) содержит сведения о магматических комплексах, формирование которых происходило после главного коллизионного события. Это вулканические ассоциации, заполняющие орогенные впадины и прогибы. Кроме того, рассмотрены перидотит-габбровые интрузии в Калба-Нарымской зоне, а также приведены сведения о синхронном кислом вулканизме и субсинхронном гранитоидном магматизме. Проведено геохронологическое изучение и расчленение этих проявлений магматизма, приведены их геохимические и изотопные характеристики и на этом основании оценены составы их источников и вероятные геодинамические условия формирования.

Глава 6. МАГМАТИЗМ ПОСТ-ОРОГЕННОГО ЭТАПА РАЗВИТИЯ АЛТАЙСКОЙ АККРЕЦИОННО-КОЛЛИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ (РАННЯЯ ПЕРМЬ) содержит сведения о разнообразных магматических комплексах, возникших в ранней перми. Это, прежде всего, Аргимбайский габброидный и Максутский габбро-пикритовый комплексы, базиты даек мирлобского комплекса, габбро-монзонит-гранитоидные интрузии Чарской зоны с особым упором на характеристику Преображенского массива, на примере которого рассмотрен вопрос о природе дифференцированных по составу массивов. Кроме того, приведены общие данные по гранитоидному магматизму Калба-Нарымской и Жарма-Саурской зон.

Глава 7. РУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА И СВЯЗЬ С МАГМАТИЗМОМ содержит сведения о рудных месторождениях региона, которые в значительной степени определяют практическую значимость выполненной работы.

Глава 8. ЭВОЛЮЦИЯ МАГМАТИЗМА И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ СЦЕНАРИИ АЛТАЙСКОЙ АККРЕЦИОННО-КОЛЛИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ является суммирующей в работе. В ней проведено обсуждение изложенного материала, ориентированное на обоснование защищаемых положений.

В целом отмечу, что работа насыщена новым фактическим материалом. В ней много авторского картографического материала, в основу геохимических построений положено около 200 новых масс-спектрометрических определений содержания редких элементов в пробах магматических пород. Получено 25 новых определений изотопного

состава Nd, несколько определений изотопного состава Sr, а также изотопного состава Hf в цирконах. Получено 44 U-Pb определения возраста по цирконам, в том числе 19 определений возраста базит-ультрабазитовых ассоциаций; 20 Ar-Ar определений возраста, в том числе 6 определений возраста базит-ультрабазитовых ассоциаций.

По результатам исследования автором обосновано 5 защищаемых положений, которые характеризуют участие базитового магматизма в истории формирования и преобразования континентальной коры региона.

Первое положение обосновывает выделение трех основных этапов проявления ультрабазит-базитового магматизма в истории формирования Алтайской аккреционно-коллизийной системы:

- 1) конец раннего карбона (~ 330 – 324 млн. лет назад), когда возникли габбро-диоритовые интрузии саурского комплекса в Жарма-Саурской зоне;
- 2) средний карбон (~ 315 – 311 млн. лет назад), представленный дайками долеритов и лампрофиров в Жарма-Саурской зоне, базальт-андезитовым вулканизмом в Чарской зоне, габброидным интрузивным магматизмом в Калба-Нарымской зоне;
- 3) ранняя пермь (~ 297 – 267 млн. лет назад): андезит-базальтовый вулканизм, малые интрузии габбро и пикритов, крупные габбро-монзонит-гранитоидные интрузии в Чарской зоне, дайковые пояса долеритов и лампрофиров в Калба-Нарымской зоне.

Это положение подкреплено многочисленными новыми и ранее полученными возрастными датировками, но, тем не менее, вызывает ряд вопросов. Прежде всего, габбро-диоритовые интрузии раннекарбонового этапа формировались в пределах незрелой ювенильной коры, зарождение которой произошло при участии базитового магматизма. Указывается, например, что *«Массивы бугазского комплекса (327–326 млн. лет) тесно сопряжены с массивами габбро и диоритов саурского комплекса, и формировались субсинхронно. Наиболее вероятным механизмом является частичное плавление коровых субстратов, в качестве которых могли выступать средне-позднепалеозойские вулканогенно-осадочные формации активной окраины»*. В тексте есть упоминания о существовании более раннего, чем раннеорогенные, комплекса Прииртышского офиолитового пояса в пределах Калба-Нарымской зоны. Очевидно, что этот магматизм также участвовал в формировании аккреционно-коллизийной структуры, и его следовало бы учесть в общем эволюционном ряду проявления базитового магматизма. Далее, в последнем, пермском этапе, как следует из приведенных данных, напрашивается выделение двух всплесков магматизма, разделенных перерывом около 10 млн лет. Первая вспышка пришлась примерно на рубеж около ~290 млн лет. Ей отвечают габброиды аргимбайского комплекса и близкие к ним породы, а также крупный

Преображенский массив и Центральный шток Тастауского массива в Чарской зоне, граниты салдырминского комплекса, граниты калбинского комплекса (297 – 286 млн. лет);

Второй вспышке ~280 млн лет соответствуют габброиды максутского комплекса, часть Тастауского массива, лейкограниты Каракольского массива, граниты монастырского комплекса, возникшие в интервале 284 – 276 млн лет назад и образующие крупные обособленные многофазные интрузивы. С этого рубежа стали формироваться габброиды даек миролюбинского комплекса. Следует также отметить, что в плане определения геодинамических причин проявлений базитового магматизма в раннепермское время вторая вспышка магматизма лучше связывается с Таримским плюмом, деятельность которого началась не ранее 285 млн лет.

Второе защищаемое положение определяет закономерности изменения во времени состава родоначальных магм ультрабазит-базитовых ассоциаций, развитых в пределах Алтайской аккреционно-коллизонной системы. Показано, что более поздние проявления базитового магматизма последовательно обогащались высоко несовместимыми элементами. Такие изменения составов магм связываются с изменениями составов мантийных источников (деплетированные гарцбургиты, шпинелевые лерцолиты, гранатовые лерцолиты) и разной степенью их плавления.

Это положение обосновывается большим объемом геохимической и изотопной информации, а также данными геохимического моделирования. В то же время среди этих данных определенные сомнения вызывают результаты, полученные по изотопному составу пород саурской серии (раннеорогенный этап). Приведенные для них результаты измерения содержаний Sm и Nd, полученные в результате ICP анализа и масс-спектрометрическим методом резко расходятся. Соответственно, они дают и разные значения Sm/Nd отношения, что сказывается на значениях изотопного состава Nd. Возможно, этим объясняется необычно высокое значение величины ϵNd (+14.5 и 10.5), указанное в тексте диссертации.

Осталось и без должного разъяснения, вследствие каких причин происходило направленное изменение состава продуктов мантийного плавления. Исключение составляют лишь породы максютовского комплекса, особенности состава которых объясняются вовлечением в частичное плавление относительно обогащенных мантийных источников.

Третье защищаемое положение определяет тесную возрастную и пространственно-структурную связь между проявлениями базитового и кислого магматизма. Это положение обосновывается возрастными корреляциями, а также многочисленными примерами совместного участия основных и кислых пород в строении эталонных массивов с образованием между ними соотношений, свидетельствующими об

одновременном их формировании (минглинг-соотношения). Сделаны совершенно справедливые выводы, что базитовый магматизм инициирует процессы корового плавления, что и определяет их геологические связи. Предложены убедительные доводы, поясняющие отсутствие корреляций между объемами основных и кислых продуктов тем, что основные магмы далеко не всегда достигают поверхности. Более того, чем больше их остается в низах коры, тем больше образуется продуктов корового плавления.

Четвертое защищаемое положение дополняет третье и поясняет, что кислый магматизм являлся производным процессов коро-мантийного взаимодействия. Выделяется два крайних механизма образования кислых магм. Один предусматривает преимущественно тепловое и флюидное воздействие мантийных магм на кору с последующим ее плавлением и образованием гранит-лейкогранитных ассоциаций. Другой предполагает проникновение мантийных магм в кору, плавление последней под их воздействием и различные варианты взаимодействия кислых анатектических и базитовых расплавов. Важным моментом в этом положении является пояснение, что механизмы мантийно-корового взаимодействия и объемы гранитоидов в значительной степени зависят от состава и строения коры.

Пятое защищаемое положение связывает магматизм Алтайской аккреционно-коллизийной системы с тектонической эволюцией территории и сменой геодинамических обстановок. Раннекарбонный магматизм связывается с отрывом слэба, произошедшим в результате раннеорогенных аккреционно-коллизийных событий на краю Казахстанского континента, среднекаменноугольный этап магматизма был вызван распадом орогена в результате сдвигово-раздвиговых движений, раннепермский магматизм связывается с активностью Таримского мантийного плюма.

Не возражая в целом против предложенной эволюции тектонического развития Алтайской аккреционно-коллизийной системы, отмечу ряд неточностей или недомолвок в предложенных пояснениях этого положения.

Прежде всего, отмечу, что отрывы слэбов происходят там, где эти слэбы существуют, что предполагает для них определенную историю. Эта история отражается в поверхностных структурах в соответствующих комплексах – островодужных или окраинно-континентальных, образование которых предшествует этапу отрыва. Соответствующей информации представлено не было. Более того, в соответствии с формулировкой первого положения история базитового магматизма в регионе начинается теми комплексами, которые возникли в результате отрыва слэба.

Природа позднеорогенного (среднекаменноугольного) этапа магматизма раскрыта недостаточно четко. Так, автор пишет, что этот магматизм может быть объяснен в рамках

модели деляминации нижней части литосферы, но завершает пояснения тем, что связывает позднеорогенные события со сдвигово-раздвиговыми движениями вдоль крупных разломов. Я так и не понял, в чем выражается роль процессов деляминации в образовании позднеорогенного магматизма, и если она (деляминация) была, то почему выборочно и по разному протекала под разными структурными зонами региона, где-то вызывая магматизм, а где-то не оставляя никаких следов.

Что касается позднепермского этапа магматизма, то выше уже отмечалось, что Таримскому плуму соответствуют породы максютовского комплекса, тогда как породы с возрастом более 285 млн лет вряд ли можно связывать с плумом, который еще не возник.

Отмечу также некоторые общие замечания, которые не имеют конкретного отношения к защищаемым положениям. Прежде всего, это относится к слабому использованию геологической информации при характеристике общей геологической ситуации, в которой возникли те или иные объекты. Читателю, детально не знакомому с геологией региона, приходится постоянно обращаться к главе ГЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И РАЗВИТИЕ АЛТАЙСКОЙ АККРЕЦИОННО-КОЛЛИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ. Но, последняя дана широкими мазками, что осложняет понимание конкретного материала. Недостаточное внимание к геологическому материалу отражается также на реконструкциях возможных источников магматизма и обстановок магмообразования. Эти реконструкции опираются исключительно на геохимических классификационных диаграммах и практически не корректируются геологическим материалом.

Формальное использование различных модельных построений порой приводит к противоречивым выводам. Например, согласно геохимическому моделированию плавление саурских габброидов происходило при высоких степенях плавления (~ 30%), однако их объем мал, а их тепловое воздействие на кору, как отмечает диссертант, было также мало, что, скорее всего, указывает на незначительные объемы, а, следовательно, и на малые степени плавления.

Определенное неудовлетворение вызывает недосказанность последней главы диссертации. В постановочной второй главе речь шла о достаточно обширных территориях Центрально-Азиатского складчатого пояса, что позволяло ожидать столь же масштабные сопоставления в заключительном разделе. Но там все ограничилось той территорией, на которой происходили исследования. В таком изложении даже Таримский плум, привлекаемый для геодинамических интерпретаций, остался некой абстракцией.

Отмечу еще некоторые технические огрехи работы. Некоторые рисунки даны в англоязычном варианте, в геохронологических таблицах ряд данных выделен красным шрифтом и при этом еще и зачеркнуты. Необходимых разъяснений нигде не дано.

Заключение. Завершая, отмечу, что диссертация С.В. Хромыха представляет крупное обобщения, в котором рассмотрены проблемы формирования и преобразования континентальной коры, протекавшие на фоне крупных структурных изменений, сопровождавшихся процессами коро-мантийного взаимодействия. Приведенные в работе данные можно рассматривать как сводку, в которой обобщены новейшие данные по геохронологии, геохимии и изотопному составу магматических комплексов Алтайской аккреционно-коллизонной системы. Важным аспектом работы стало обоснование этапности проявления базитового магматизма и его роли в иницировании корового (гранитоидного) магматизма. Высказанные вопросы и замечания свидетельствуют о сложности заявленной темы. Они ни в коей мере не умаляют ценность и значимость проведенного исследования.

Все выше сказанное позволяет мне заявить, что диссертация Сергея Владимировича Хромыха является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований внесет важный вклад в решение научной проблемы, раскрывающей роль процессов мантийно-корового взаимодействия в формировании и преобразовании коры в аккреционно-колизонных системах. Полученные результаты важны для фундаментальной науки и имеют определенные практические приложения, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук. Поэтому я считаю, что автор диссертации, Сергей Владимирович Хромых, заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Доктор геолого-минералогических наук, академик,
заведующий Лабораторией редкометального
магматизма ИГЕМ РАН

 В.В. Ярмолук

119017, г. Москва, Старомонетный пер., 35,

Федеральное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных
месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН

+74992308229, yarm@igem.ru

Дата 25.10.2020

