

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу **Сафоновой Инны Юрьевны** «ВНУТРИПЛИТНЫЕ ОКЕАНИЧЕСКИЕ БАЗАЛЬТЫ ИЗ АККРЕЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА И ЗАПАДНОЙ ПАЦИФИКИ», представленную на соискание степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология

В эволюционной истории континентов определяющую роль играют геологические процессы, происходящие на границах литосферных плит, в конвергентных зонах их сочленения. Современные континенты содержат в своей структуре фрагменты крупных аккреционно-коллизийных комплексов, Евразийский континент является ярким этому примером. В его эволюции ярко проявлены режимы заложения и закрытия океанических бассейнов: Палеоазиатского (в позднем неопротерозое - позднем палеозое) и Палео-Пацифики (в интервале палеозой-мезозой). При этом все события, от момента заложения океанов, формирования субдукционных систем, аккреционных комплексов (АК), включая фазу закрытия Палеоазиатского океана, могут быть прослежены на основе детального изучения породных ассоциаций крупнейшего фанерозойского аккреционного орогена - Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП).

Диссертация Сафоновой И.Ю. посвящена комплексному изучению океанических базальтов, сохранившихся в составе аккреционных комплексов ЦАСП. Поставленные в работе задачи, включающие: изучение океанических базальтов и ассоциирующих с ними вулканогенно-осадочных ассоциаций в аккреционных комплексах ЦАСП и Западной Пацифики, геологическими, литологическими, петрографическими, геохимическими, изотопными методами; систематизацию данных по внутриплитному магматизму Палеоазиатского океана и Палео-Пацифики; разработку геодинамических моделей формирования палеоокеанов, крайне важны и методически ценны для современной петрологии, вулканологии, что полностью соответствует выбранной специальности 25.00.04 -петрология, вулканология.

Актуальность диссертационной работы определяется тем, что изучение геологической позиции, химического, изотопного состава и петрогенезиса внутриплитных океанических базальтов в составе аккреционных комплексов крайне важно для дешифровки истории развития палеоокеанов, определения роли и времени проявления плюмового магматизма, изучения параметров магмогенерации и состава мантийных источников, оценки вклада вулканизма в развитие конвергентных зон тихоокеанского типа.

Практическая значимость исследований заключается в разработке Сафоновой И.Ю. принципиально нового алгоритма изучения вещественного состава аккреционных призм, включающего оценку их металлогенического потенциала, что, несомненно, важно и при изучении архейских зеленокаменных комплексов древних кратонов Земли. Кроме того, авторский подход к исследованию аккреционных комплексов может использоваться при геологическом картировании складчатых поясов тихоокеанского типа (автором получен патент РФ № 2667329).

Диссертация Сафоновой И.Ю. представляет собой крупное научное обобщение существующей, к настоящему времени, информации по аккреционным комплексам ЦАСП. Работа базируется на обширном фактическом и аналитическом материале, который включал: 1) авторские результаты полевых исследований реперных (четырнадцать) аккреционных комплексов ЦАСП проведенных в 2007-2019 годах; 2) анализ опубликованных материалов по геологии, биостратиграфии, микропалеонтологии, изотопной геохимии прочих (двадцати трех) аккреционных комплексов изучаемой территории; 3) многочисленные аналитические, термобарогеохимические и модельные данные полученные лично соискателем. Таким образом, Сафонова И.Ю. демонстрирует блестящее владение собственным материалом, умение суммировать, обобщать и критически анализировать опубликованные ранее данные.

Обоснование защищаемых положений проводится на следующем аналитическом материале: анализе более 1000 шлифов, 100 анализах СЭМ, 400 анализах XRF, 350 анализах ICP-MS, 80 определениях Sm-Nd, Rb-Sr, Pb-Pb в породах. Геохимическая и изотопная характеристика изученных пород выполнена прецизионными аналитическими методами, с применением современных методик, с использованием необходимых эталонов. В приложении к диссертации (отдельный том объемом 85 стр.) приводится описание методик аналитических работ, режимов подготовки проб, статистической оценки точности измерений, атлас структур-текстур пород (полевых фотографий, 16 стр.), атлас микрофотографий шлифов (8 стр) и база аналитических данных (51 стр.), что делает представленный в диссертационной работе фактический материал наиболее полной современной базой данных по океаническим вулканическим – субвулканическим породам аккреционных комплексов ЦАСП. Приведенные выше данные могут свидетельствовать о достоверности и надежности сделанных на их основе выводов.

Диссертация Сафоновой И.Ю. состоит из введения, шести глав и заключения, имеет объем 444 страницы, включает 159 рисунков и 26 таблиц, а также 6 приложений (85 страниц). Список используемой литературы включает 776 наименований.

В главе 1 на основе анализа литературных данных и авторских наблюдений обобщены современные представления об образовании внутриплитных океанических базальтов с позиций плюмового магматизма, их положению в строении океанической коры и аккреционных комплексов. Автор проводит детальный анализ стратификации океанических породных последовательностей, определяет критерии, по которым можно диагностировать первичное латеральное положение базальтов ОІВ-типа на океанической коре, и возможную их трансформацию в конвергентных системах. Материал главы прекрасно структурирован, всесторонне проанализирован, что показывает безупречное владение автором проблематикой.

К главе имеются следующие замечания:

1) В работе автор широко использует термин «стратиграфия океанической плиты (СОП)», являющийся прямым переводом «Oceanic Plate Stratigraphy». Первичное понимание СОП не вызывает вопросов – если включает совокупность и последовательность магматических и осадочных пород, формирующихся в океанических обстановках, до вовлечения их в активную тектонику. В случае анализа фрагментов «СОП» в аккреционных комплексах – речь скорее идет о фрагментах страто-тектонических ассоциаций (СТА), уже исключительно с индивидуальной внутренней стратификацией, и, несомненно, искаженной первичной последовательностью пород. Авторское описание АК скорее подразумевает использование термина не «СОП», а «океанические СТА»;

2) В данной главе эволюционная природа базальтов ОІВ-типа и ОРВ-типа, описывается сходными механизмами, четкие генетические и геохимические критерии для их различия не приводятся, хотя далее, при геохимическом обсуждении вопросы типизации затрагиваются. Не может ли данное «объединение» мафитовых серий контрастного генезиса вносить искажения в эволюционные модели развития аккреционных комплексов?

В главе 2 и 3 детально обсуждается (в хронологическом порядке) строение и характеристика аккреционных комплексов (с акцентом на описание внутриплитных океанических мафитовых серий) в пределах Центрально-Азиатского Складчатого Пояса, Восточной Азии и Западной части Тихого океана. Автором приведена исчерпывающая информация по структурному положению, составу и возрасту базальтов. Итогом главы 2 стала поэтапная модель формирования Палеоазиатского океана, а итогом главы 3 – модель развития Палео-Пацифики. Данные главы прекрасно проиллюстрированы, к описанию отдельных АК привлекается объемный картографический материал, подробные

стратиграфические колонки и геологическая фактура (включая фотодокументацию обнажений и микрофото шлифов в Приложении к работе).

Единственное затруднение у оппонента, при знакомстве с данным разделом, вызвало сопоставление объемного иллюстративного материала из Приложения, с геологической характеристикой объектов, картами и колонками, приводимыми в самой работе.

В главе 4 обсуждается геохимия, петрогенезис и геодинамические обстановки формирования внутриплитных океанических базальтов из реперных аккреционных комплексов ЦАСП и Западной Пацифики. Раздел автором построен по однотипной схеме, для всех рассматриваемых АК приводится краткое описание пород, петрография, далее на основе геохимических данных и петрогенетических отношений определяется сериальная принадлежность пород, обсуждается их изотопные характеристика, анализируются модели магмогенерации и предлагается геодинамическая интерпретация образования пород АК.

Ключевые замечания по данному разделу сводятся к неоднородной подаче материала, участвующего в обсуждении: 1) анализ петрографической характеристики изучаемых базальтоидов, для отдельных АК приводится в крайне сжатом виде (в несколько строк), в других случаях развернуто, но не обсуждается автором в генетическом разделе (за исключением состава пироксенов в главе 5); 2) в связи с заявленным в работе акцентом на океанических базальтах, из дискуссии почти полностью выведены прочие, диагностируемые в АК серии, например андезит-дацитового ряда; 3) анализ геохимической и изотопной характеристики мафитовых серий для многих АК приводится на основе опубликованных авторских данных, в крайне сокращенном виде, что затрудняет их восприятие, включая метод расчета $\epsilon Nd(T)$ и итоговую интерпретацию модельных построений.

Глава 5 посвящена обсуждению основных закономерностей изменения состава внутриплитных океанических базальтов от условий магмогенерации. Раздел базируется на обсуждении геохимических, изотопных и модельных данных по мафитам из 37 аккреционных комплексов образованных в Палеоазиатском океане или в Палео-Пацифике.

Важным достижением является то, что Софоновой И.Ю. установлено и детально обосновано выделение двух типов серий в составе ОИВ из АК Азиатско-Тихоокеанского региона – «обогащенной» и «переходной», для каждой из которых оценены РТ-параметры генерации расплавов, а также состав мантийных источников.

По мнению оппонента, в данной главе, спорным является введение в авторскую терминологию понятий ВОБ (высоко-обогащенные базальты) и НОБ (низко-обогащенные), вызывает сомнение внутренняя логика данной аббревиатуры, тем более что автором в тексте широко используются более понятные синонимы для данных терминов «обогащенный» и «переходный» типы базальтов.

Глава 6 является логическим завершением работы, в ней автор обосновывает важность изучения внутриплитных океанических базальтов и породных последовательностей приуроченных к океаническим обстановкам для теоретической и практической геологии. Замечаний к данному разделу нет.

В заключении резюмируются основные выводы исследования, еще раз обосновывается тезис о том, что океанические базальты OIB – типа, выявленные в составе аккреционных комплексов ЦАСП и западной Пасифики, это уникальные объекты, позволяющие корректно изучить эволюцию палеоокеанов. Только комплексный анализ породных ассоциаций аккреционных призм может рассматриваться, как универсальный инструмент реконструкции архитектуры субдукционных систем прошлого, способный оценить объемы образования и переработки континентальной коры, а так же механизмы рудообразования. Замечаний к данному разделу нет.

Главные достижения диссертационной работы, определяющие ее новизну, актуальность и практическую значимость, следующие:

1. Установлено, что внутриплитные океанические базальты (OIB – типа) диагностированы в большинстве аккреционных комплексов Центрально-Азиатского складчатого пояса и западной Пацифики. В виде реликтов мафиты присутствуют во фрагментах океанических породных ассоциаций разного возраста и являются ключевым объектом для реконструкции условия формирования и эволюции Палеоазиатского океана (в позднем неопротерозое – перми), Палео-Пацифики (в перми – раннем мелу) и современной Пацифики (в позднем мелу-кайнозое);
2. Показано, что основными геохимическими признаками базальтов OIB – типа, являются повышенные концентрации TiO_2 (>1.5 масс. %), LREE ($\text{La}/\text{Sm}_n > 1.3$) и Nb (>20 ppm), наличие Nb максимума на спайдерграммах и дифференцированный спектр HREE ($\text{Gd}/\text{Yb}_n > 1.4$). При этом установлено, что генерация первичных расплавов базальтов OIB – типа происходила при низких (<10 %) степенях плавления гранатового / шпинелевого перидотита;

3. Доказано существование связи степени обогащения базальтов OIB – типа LREE и Nb в пределах единой вулканической цепи и единой зоны термального апвеллинга, с мощностью океанической литосферы и степенью плавления.
4. Описан эффект обогащения океанических базальтов OIB – типа Ti и Nb, в результате вовлечения в процесс плавления вещества субдуцированных слэбов и влияния верхнемантийного метасоматоза;
5. Разработана геодинамическая модель развития Центрально-Азиатского складчатого пояса и западной Пацифики. Обосновано существование непрерывного плюмового магматизма на протяжении 600 млн. лет, с яркими максимумами в позднем неопротерозе – кембрии и меловом периоде. Показана возможная их связь с Азиатским (неопротерозой) и Тихоокеанским (мел) суперплюмами. При этом, во время минимальной плюмовой активности (с позднего ордовика до раннего девона) развивалась тектоническая эрозия;
6. Основываясь на авторских научных достижениях в изучении аккрецированных внутриплитных океанических поднятий и базальтов OIB – типа показаны уникальные прикладные перспективы для развития Российской геологии. В частности, разработан алгоритм изучения и геологического картирования подобных образований с оценкой их металлогенических перспектив.

Заключение по диссертационной работе. Оппонент считает, что все защищаемые положения диссертационной работы Сафоновой И.Ю. полностью обоснованы и раскрыты. Выводы по каждому положению подкреплены обширным фактическим материалом, корректным и объективным анализом всей совокупности геологической, геохронологической, петрологической и изотопно-геохимической информации, полученной автором. Важно подчеркнуть, положения диссертации опубликованы в 79 статьях и нескольких монографиях по теме работы, в 28 из них Сафонова И.Ю. является первым автором (4 статьи в соавторстве), что свидетельствует о значительном личном вкладе соискателя в исследование, от постановки проблемы до ее решения. Работа к настоящему моменту уже имеет серьезную апробацию, полученную в ходе подготовки публикаций в высокорейтинговые издания (Российские: ДАН, Геология и геофизика, Петрология; Международные: Gondwana Research, Lithos, Earth and Planetary Science Letters, Ore Geology Reviews, International Geology Review, Geoscience Frontiers, Journal of Asian Earth Sciences и др.), о чем свидетельствует высокий Индекс Хирша Сафоновой И.Ю. (IH WoS = 27, IH Scopus = 29) и общее количество ссылок на ее работы (около 3000 цитирований в WoS). Замечания, которые были высказаны в ходе обсуждения материала по главам, несут дискуссионный характер, что абсолютно не влияет на общее прекрасное

впечатление оппонента о работе. Диссертация представляет собой крупное фундаментально-научное обобщение в области магматической петрологии, вулканологии, сделанное на мировом уровне, базируется на оригинальном материале и выполнена с применением современных методологических и аналитических подходов. Практическая ценность исследования, в частности для картирования аккреционных комплексов несомненна и уже защищена авторским патентом. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Вывод. Диссертационная работа Сафоновой Инны Юрьевны «Внутриплитные океанические базальты из аккреционных комплексов Центрально-Азиатского складчатого пояса и Западной Пацифики», представленная на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 полностью соответствует всем критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, а ее автор, несомненно, достоин присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук.

Официальный оппонент:

Светов Сергей Анатольевич, д. г.-м. н., директор Института геологии — обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр РАН» (ИГ КарНЦ РАН), адрес: 185910, г. Петрозаводск, ул.Пушкинская 11., тел. +7 9217264903, ssvetov@krc.karelia.ru

25.11.2020

Подпись



/Светов С.А.

Я, Светов Сергей Анатольевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись

/Светов С.А.

Подпись Светова С.А. заверяю _____

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
ВЕДУЩИЙ ДОКУМЕНТОВЕД
Л. В. ТИТОВА
«25» ноября 2020 г.