

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию Андреева Антона Андреевича
«Состав, возраст и геологическое положение пород Нюрундуканского комплекса
Кичерской зоны (Байкало-Муйский складчатый пояс)», представленную на
соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по
специальности 1.6.3. петрология, вулканология.**

Представленная к защите диссертационная работа А.А. Андреева посвящена проблеме формирования и эволюции коры Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП) на примере изучения Кичерской зоны, представляющей западный сегмент Байкало-Муйского складчатого пояса.

Байкало-Муйский складчатый пояс, занимающий граничное положение между ЦАСП и Сибирским кратоном, как структура фиксирует наиболее ранний этап формирования и дальнейшей эволюции ЦАСП, что и определяет интерес к изучению пород, слагающих Байкало-Муйский пояс. Несмотря на богатую историю геологического изучения структурно-вещественных комплексов Байкало-Муйского пояса, особенно его восточной части, остаётся открытыми множество вопросов касающихся исходной природы пород, слагающих эти комплексы, тектонических обстановок, в которых они формировались, хронологии магматических и метаморфических событий, определяющих эволюцию структурных комплексов. Всё это в значительной мере осложняет выработку единой и определённой геодинамической модели формирования ЦАСП на раннем байкальском этапе его развития.

Выбор Кичерской зоны достаточно убедительно обоснован Антоном Андреевичем, как наиболее удачный объект для эволюционной реконструкции, поскольку эта зона сложена многообразными разновозрастными структурно-вещественными комплексами (раннебайкальскими блоками, позднебайкальскими тектоническими пластинами, многообразными интрузиями анатектических гранитоидов), отражающими различные этапы становления Байкало-Муйского пояса, а также условия и обстановки протекания этих этапов.

Научные выводы, представленные в работе Андреева А.А., основаны на впечатляющем фактическом материале, как по представительности аналитических данных, так и по широкому спектру современных методов, используемых при решении геологических задач.

Реконструкция вещественной природы и условий становления разновозрастных комплексов Кичерской зоны, выполненная автором на основе всестороннего изучения

пород, слагающих эти комплексы, включающего: структурный анализ на основе геологических полевых наблюдений, петрографическое изучение, изучение вещественного состава пород (петрогенный состав и редкие элементы), геохронологическое изучение, а также изучение Sm-Nd изотопной систематики пород легла в основу четырёх защищаемых положений, сформулированных Антоном Андреевичем в его диссертации.

Согласно **первому защищаемому положению, автором были определены особенности строения Кичерской зоны Байкало-Муйского пояса (БМП) и выделены в ее пределах раннебайкальские и позднебайкальские структуры. При этом раннебайкальские образования, ассоциирующие с небольшими тектоническими блоками, сформировались, согласно автору, к рубежу 755 ± 15 млн лет. Позднебайкальские породы, которые представляет нюрундуканский комплекс, слагают основной объем Кичерской зоны.**

В главе 3, посвящённой геологическому строению Кичерской зоны, автором изложен значительный фактический материал геологического изучения структурных комплексов Кичерской зоны, включающий данные полученные автором лично в ходе многочисленных полевых работ, а также данные опубликованные ранее. Представленные результаты исследования, наглядно иллюстрированные подробной схемой тектонического строения Кичерской зоны, убедительно, с моей точки зрения, обосновывают выводы, сделанные автором в конце главы, касающиеся особенностей строения рассматриваемой зоны. А именно, породы раннебайкальского комплекса слагают изометричные тектонические блоки (на юге Горемыкский, на северо-востоке Умоликитский и Водораздельный) и характеризуются преимущественно средне-кислым составом. При этом Нюрундуканский комплекс объединяет плутонические образования базитового и диоритового составов, а также продукты их метаморфического преобразования, участвующие в складчатых деформациях и слагающие крупные сдвиговые тектонические пластины.

Возрастная позиция тектонических блоков, отвечающая раннебайкальскому времени, достаточно хорошо обоснована автором в главе 4, посвящённой геохронологическому изучению пород Нюрундуканского комплекса Кичерской зоны, а также их возрастных предшественников. В главе автором представлены результаты изотопно-геохронологического изучения Байкальского массива гнейсо-гранитов, наиболее значимого объекта в пределах Горемыкского блока (755 млн. лет) и эндербито-гнейсов Горемыкского блока (793 и 772 млн. лет). Кроме того, автором был получен раннебайкальский возраст ортогнейсов Умоликитского блока (762 млн. лет). Полученная

оценка возраста гнейсо-гранитов Байкальского массива и рассматривается автором как рубеж, к которому завершилось формирование раннебайкальских структур.

Согласно второму защищаемому положению, **Нюрундуканский комплекс представлен магматическими образованиями основного и среднего составов, сформированными в интервале 660 - 640 млн лет и преобразованными в результате метаморфизма (640 – 615 млн лет) в метабазиты, метадиориты и трондьемиты.**

Представленные в главе 4 многочисленные данные изотопно-геохронологического изучения пород, выделенных автором на основе геологического изучения в Нюрундуканский комплекс (на севере: метадиориты Слюдинско-Курлинской пластины и диорито-гнейсы, плагиомигматиты Гасан-Дякитской пластины; на юге: амфиболит, диорит и гнейс Богучанской тектонической пластины), убедительно указывают на то, что образование магматических протолитов нюрундуканского комплекса происходило в позднебайкальский этап развития Кичерской зоны в интервале 660 – 640 млн лет.

Вызывает замечание методологический подход, выбранный автором, для оценки времени метаморфического преобразования пород Нюрундуканского комплекса. Автор строит свои заключения исключительно на основе изучения цирконов. В ряде случаев, время метаморфизма оценивается на основе U-Pb возраста цирконов, выделенных из пород анатектического генезиса (трондьемит Гасан-Дякитской пластины – 630 млн. лет), либо мигматизированных габброидов (метагаббро Богучанской тектонической пластины – 620 млн. лет), где очевидна метаморфогенная природа цирконов. Эти данные полученные прецизионным методом TIMS с изотопным разбавлением замечаний не вызывают. Другие оценки получены на основе U-Pb изотопного изучения внешних кайм магматических цирконов, которые автором рассматриваются как метаморфогенные, локальным методом SIMS (плагиомигматиты Гасан-Дякитской пластины, амфиболит Богучанской тектонической пластины). Метаморфогенная природа этих кайм убедительно обоснована, на основе выявленного наличия в них флюидных включений. Вместе с тем рецензенту видится, что разрешающая способность локального метода для выделения метаморфического этапа автором завышена или переоценена. Для таких задач локальный метод является слишком грубым. Здесь было бы уместно расширить минералогический арсенал, привлекая другие U-Pb минералы геохронометры заведомо метаморфического генезиса (к примеру монацит), которые позволили бы получить оценку времени метаморфизма с большим разрешением.

Особенности вещественного состава пород, выделенных автором в Нюрундуканский комплекс, всесторонне охарактеризованы в главах 5 и 6 диссертации. На основе результатов изучения геохимических характеристик метабазитов Нюрундуканского

комплекса, а также их Sm-Nd изотопной систематики, автором было сформулировано третье защищаемое положение, **согласно которому metabазиты центральной части Кичерской зоны, отвечающие толеитам MORB-типа, формировались за счет ДМ источника, а metabазиты юго-западной части зоны, отвечающие толеитам с внутриплитной геохимической спецификой - за счет обогащенного плюмового источника.**

Приведённые в главе 6 результаты изучения химического состава metabазитов Кичерской зоны указывают на их толеитовую природу. При этом, приведённые автором данные состава редких элементов для metabазитов Богучанской тектонической пластины, представляющей юго-западную часть Кичерской зоны, согласно положению точек, на дискриминационных диаграммах Пирса и Великославинского, позволяют говорить, что исходно магматические породы формировались во внутриплитной обстановке.

Данные первичного изотопного состава Nd в metabазитах Богучанской тектонической пластины позволили автору сделать заключение, что эти породы исходно образовались при участии обогащённого источника. На основе особенностей химического состава metabазитов юго-западного сегмента Кичерской зоны (повышенное содержание Ti, относительное обогащение лёгких РЗЭ, а также положение на дискриминационных диаграммах) автор делает вывод о том, что metabазиты образовались при участии обогащённого плюмового источника. При этом он допускает и добавку древнекорového материала, как причину отклонения изотопных характеристик Nd от параметров деплетированной мантии ($\epsilon_{Nd}(665) = +2,1-+5,1$). Вместе с тем, приведённые данные геохимических характеристик и изотопного состава Nd в рассматриваемых породах не позволяют делать однозначных заключений ни о плюмовой природе источника ни об участии древнекорového материала. «Не деплетированные» изотопные характеристики Nd, как и «обогащённые» геохимические характеристики могут быть связаны с метасоматизированной литосферной мантией. Добавку корového материала можно оценить с позиции модели ассимиляции или ассимиляции-фракционной кристаллизации, что в работе не было сделано. Кроме того, выделенные по изотопным характеристикам Nd метагабброиды с десквамационной отдельностью севера Богучанской губы и амфиболиты из агматита южной части м. Лударь, как породы, образованные при участии источника деплетированной мантии, никак не охарактеризованы в плане геохимических особенностей. Следует отметить, что приводимые в 7 главе отношения $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ не характеризуют источник рассматриваемых пород, как изотопные характеристики Nd, а отражают условия эволюции расплава.

Помимо этого, хочется сделать ряд замечаний, касающихся объяснения автором ряда особенностей химического состава исследуемых пород. Так повышенное содержание калия в метагаббро скальных выступов м. Лударь и м. Красный Яр автор объясняет как следствие замещения пироксена биотитом. Следует заметить, что замещение пироксена биотитом тоже является следствием метасоматического преобразования пород, сопряжённого с привнесом воды и калия. Сходную ошибку автор делает, объясняя повышенные содержания титана в метадиорите долины р. Акукан присутствием достаточно большого количества акцессорного титаномагнетита. Так можно объяснять высокое содержание кремнезёма в гранитах повышенным содержанием кварца.

Данные химического состава и Sm-Nd изотопных характеристик для метабазитов Нюрундуканского комплекса из Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин, представляющих центральную часть Кичерской зоны, дали основание автору связать их происхождение с MORB источником с изотопными параметрами деплетированной мантии. В целом, изложенная аргументация смотрится убедительной и не вызывает возражений.

Наконец, на основе обобщения многочисленных полученных данных изучения пород Кичерской зоны: геологических, геохронологических, петрологических, а также изотопно-геохимических вместе с систематизированными автором опубликованными данными геологического и геохронологического изучения пород Кичерской зоны и сопряжённых ареалов, соискатель предложил модель формирования и дальнейшей эволюции структурных комплексов Кичерской зоны в раннебайкальский-позднебайкальский этап становления ЦАСП. Эта модель и является содержанием последнего, четвёртого защищаемого положения.

Согласно этому положению, **формирование пород нюрундуканского комплекса и Кичерской зоны в целом связано с процессами ювенильного корообразования в пределах БМП, которое протекало в режиме рифтогенеза, инициированного мантийным плюмом, и завершилось закрытием субокеанического бассейна (палеорифта) и метаморфизмом.**

Последняя глава 8 диссертации посвящена рассмотрению геодинамической модели формирования структурного-вещественного облика Кичерской зоны. В этой главе охарактеризованы обстановки, в которых происходило формирование наиболее ранних комплексов Кичерской зоны на раннебайкальском этапе на примере Горемыкского блока. Далее рассмотрены обстановки формирования и вещественные источники пород позднебайкальского Нюрундуканского комплекса. Выводы, сделанные автором при обосновании геодинамической модели, включающей хронологию тектонических

процессов, выглядит логичными, хорошо согласующимися с данными всесторонних исследований, представленными в предыдущих главах.

Есть несколько замечаний и вопросов к формулировкам и выводам. В главе 8.1.1., посвящённой рассмотрению раннебайкальского этапа становления Кичерской зоны, автором указывается (в предпоследнем абзаце) что «На рубеже ~0,75 млрд лет на месте Байкало-Муйского пояса был сформирован аккреционно-коллизийный ороген с рециклированной древней континентальной корой». Понятие «рециклированный» в отношении к геодинамическим процессам, предполагает вовлечение фрагментов литосферы в цикл связанный с их погружением в мантию и последующий вывод в область плавления в верхней мантии в восходящих мантийных потоках (плюмах) и в большей степени относится к коре основного состава (базальт, эклогит). В данном контексте, очевидно, более уместен другой термин.

В главе 8.1.2. в предпоследнем абзаце, при рассмотрении второго сценария завершения активной фазы растяжения, сменившейся коллизийным процессом в конце криогения – начале эдиакария, завершающих тектоническое развитие БМП, автором отмечается, что «совокупность процессов поступления в кору мантийных базитовых расплавов, ремобилизации вмещающих блоков древней континентальной коры, высокотемпературного метаморфизма и анатексиса базитов вполне соответствует условиям растяжения коры и аномального теплового потока в области рифтогенеза». Хотелось бы прояснить, на основании каких данных делается это заключение?

Несмотря на высказанные замечания, все представленные положения видятся обоснованными и вполне аргументированными. Основная цель, сформулированная в настоящей работе: восстановление последовательности, возраста и условий формирования магматических и метаморфических комплексов Кичерской зоны на основе результатов геологических, петрографических, геохимических, изотопных и геохронологических исследований – представляется достигнутой. Трудно переоценить и личный творческий вклад соискателя в решение поставленных задач.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации, а публикации автора в журналах из перечня ВАК вполне отвечают тематике работы.

Представленная к защите диссертация демонстрирует высокий квалификационный уровень соискателя, является законченным научным исследованием и отвечает всем критериям «Положением о присуждении ученых степеней» ВАК. Ее автор, Андреев Антон Андреевич, безусловно, заслуживает присуждения учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3. петрология, вулканология.

Саватенков Валерий Михайлович
Кандидат геолого-минералогических наук
Старший научный сотрудник
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОХРОНОЛОГИИ ДОКЕМБРИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК (ИГГД РАН)
199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д.2
v.m.savatenkov@ipgg.ru
+7 921 314-56-87

Я, Саватенков Валерий Михайлович автор отзыва, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«02» декабри 2022 г.



ПОДПИСЬ

М. П.

Подпись Саватенкова В. М. автора отзыва заверяю

