

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Института земной коры Сибирского отделения
Российской академии наук,

член-корреспондент РАН Д.П. Гладкочуб

30 мая 2017 г.



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт земной коры Сибирского отделения Российской
академии наук (ИЗК СО РАН), ул. Лермонтова, д. 128, г. Иркутск,
664033, Тел./факс: +7(3952)427000, e-mail: log@crust.irk.ru,
www.crust.irk.ru

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО
РАН) на диссертационную работу Котлера Павла Дмитриевича «Петрология
гранитоидов Калба-Нарымского батолита (Восточный Казахстан)», представленную
на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по
специальности 25.00.04 – петрология, вулканология

Диссертационная работа П.Д. Котлера посвящена изучению позднепалеозойских гранитоидных комплексов Калба-Нарымского батолита, который является одним из крупнейших батолитов в западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса. Актуальность проведенных исследований не вызывает сомнения в связи с необходимостью точного определения возраста, разделения и петрогенезиса гранитоидов батолита.

Основная цель исследования заключалась в выделении этапов становления гранитоидов Калба-Нарымского батолита, реконструкции источников магмогенерации и создании петрологической модели формирования гранитоидов. Для выполнения поставленной цели, П.Д. Котлером были решены несколько задач, в том числе

изучение геологической позиции, внутреннего строения и взаимоотношений различных гранитоидных комплексов Калба-Нарымского батолита, изучение петрографического и химического составов гранитоидов, определение их возраста, а также разработка петрологической модели формирования гранитоидов. Для решения этих задач автор работы использовал петрографические, геохронологические, геохимические и изотопно-геохимические методы исследования.

В основу диссертации положен обширный фактический материал, в том числе более 300 анализов гранитоидов на петрогенные элементы. Для 150 образцов был выполнен полный спектр определений редких и редкоземельных элементов. В работе приведено 12 U-Pb оценок возраста по циркону и 12 оригинальных определений изотопного состава Nd. Такой представительный фактический материал позволяет с большим доверием относиться к сделанным в представляющей диссертационной работе выводам. Личный вклад автора, заключающийся в проведении геологических маршрутов, отборе образцов и проб на различные виды лабораторных исследований, анализе и интерпретации полученных данных, а также научная новизна и практическая значимость работы не вызывают сомнений в качестве представляющей к защите работе.

Основные научные достижения автора можно сформулировать в виде следующих выводов:

- 1) Выполнена оценка возраста гранитоидов Калба-Нарымского батолита и определена общая продолжительность формирования гранитоидов, которая составила 20 млн лет. Выделены два основных этапа формирования гранитоидов батолита;
- 2) Выделены две ассоциации пород в составе батолита: гранодиорит-гранитная и лейкогранитная. Для каждой ассоциации разработана петрологическая модель формирования на основе полученных геохронологических, геохимических, изотопно-геохимических и петрологических данных.

Диссертационная работа П.Д. Котлера оставляет хорошее впечатление. Автор последовательно, методически грамотно и детально рассмотрел три комплекса гранитоидов Калба-Нарынского батолита, затем выполнил сравнительную характеристику пород трех комплексов, на основании чего были выделены две ассоциации пород, для которых и было проведено петрологово-геохимическое моделирование.

Представленная к защите работа состоит из шести глав, введения и заключения. Список литературы включает 139 наименований. Диссертант представляет три основных защищаемых положения, которые полностью отражают результаты проведенных исследований. Материалы, положенные в основу диссертации, опубликованы автором в двадцати четырех работах, в том числе в четырех статьях в рецензируемых научных журналах, что доказывает высокий уровень рассматриваемой работы.

Раздел «Введение» является классическим для диссертационных работ и включает в себя все необходимые общие характеристики диссертации. Во Введении автор рассматривает актуальность, объекты, цели и задачи исследований, характеризует положенный в основу работы фактический материал и методы исследования, освещает научную новизну и практическую значимость работы, а также формулирует три защищающих положения.

В первой главе диссертационной работы П.Д. Котлер представляет геологический очерк Калба-Нарымской зоны Восточного Казахстана, а том числе рассматривает историю его изучения, приводит характеристику геологического строения Калба-Нарымской формационной зоны, а также делает сопоставление различных схем корреляции магматических комплексов Калба-Нарымского батолита.

Вторая, третья и четвертая главы диссертационной работы посвящены, соответственно, характеристике калбинского гранодиорит-гранитного, монастырского лейкогранитного и кайндинского гранитного комплексов. Каждая глава включает в себя четыре раздела, имеющие одинаковые названия: геологическая позиция; петрография и минеральный состав; вещественный состав; возраст.

Пятая глава диссертации посвящена сравнительной характеристике гранитоидных комплексов Калба-Нарымского батолита. Выводы, сделанные в конце главы, являются основными заключениями данной работы, на основании которых формулируются все защищаемые положения.

Шестая глава также как и пятая глава является итоговой для данной работы и включает в себя петролого-геохимическое моделирование процессов образования гранитоидов. Результаты работ, представленные в данной главе, показывают, что автор диссертации владеет современными методами обработки и интерпретации геохимических данных.

Заканчивается диссертационная работа разделом «Заключение», в котором приводится синтез всех основных результатов работы.

Ниже представлены замечания, которые возникли после прочтения диссертации.

1. Согласно главам 2 – 4, в каждом комплексе было выделено несколько фаз. Однако ни для одного комплекса не были охарактеризованы контакты между фазами.

2. В главах 2 – 4 для классификации пород были использованы диаграммы $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ [Cox et al., 1979] и $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ [Preccerillo and Taylor, 1976]. Выбор именно этих диаграмм выглядит несколько странным, так как в последние годы появились модифицированные TAS-диаграммы для плутонических пород, в частности диаграмма, представленная в работе Л.Н. Шарпенок с соавторами [2013], на основании которой можно провести более детальную классификацию гранитоидов и которая хорошо согласуется с существующим Петрографическим кодексом.

3. Выводы в конце раздела 2.3 второй главы не совсем подтверждены рассмотренным в данном разделе материалом. В частности, на основании изотопных и геохимических данных, приведенных в данном разделе, никак нельзя сделать заключение о том, что источником для пород калбинского комплекса являлись именно метапелиты, если не привести дополнительных доказательств. Особенно необычно данное заключение выглядит и вследствие того, что в нескольких предложениях перед выводами автор отметил, что породы имеют положительные значения $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$. Некоторые аргументы в пользу сделанных выводов, автор приводит только в шестой главе. По нашему мнению, эти дополнительные доказательства надо было привести в разделе 2.3 или после этого раздела сделать только общие выводы без детализации состава источника.

4. При характеристике вещественного состава гранитоидов монастырского лейкогранитного комплекса (раздел 3.3) автор отметил, что граниты второй и третьей фазы комплекса характеризуются содержаниями кремнезема ниже, чем граниты первой фазы, т.е. в этом случае они не могут быть образованы в результате дифференциации расплавов, близких по составу лейкогранитам первого типа. Кроме того, породы второй и третьей фазы содержат мусковит, который отсутствует в породах первой фазы, а также отмечаются некоторые отличия в концентрациях редких и редкоземельных элементов между породами выделенных фаз (рис. 3.9, 3.12). Несмотря на отмеченные различия, автор в конце раздела 3.3 делает единый вывод, что лейкограниты монастырского комплекса являются гранитоидам A_2 -типа и сформировались в результате плавления коровых субстратов при участии ювенильных

базитовых магм. Однако если классификация лейкогранитов первой фазы как гранитов A₂-типа выглядит вполне убедительно, то для биотит-мусковитовых гранитов второй и третьей фазы вызывает некоторые сомнения. Нам кажется, что к выделению «фаз» в данном комплексе надо подходить очень осторожно и рассмотреть возможность внедрения разных порций расплавов, производных источников с некоторыми отличиями в геохимических характеристиках. Другими словами, возможно, есть смысл предположить разные источники для лейкогранитов с геохимическими характеристиками гранитов A₂-типа и биотит-мусковитовых гранитов с преобладающими характеристиками гранитов S-типа.

5. В главе 6 на стр. 136 автор пытается дать оценку давлений, при которых происходило формирование гранитоидных расплавов. Для гранитов обеих выделенных ассоциаций П.Д. Котлер опирается на работу [Vielzeuf, Montel, 1994]. Однако, если для гранодиорит-гранитной ассоциации сделанные заключения и приведенная в работе реакция не вызывают возражений, то выводы, сделанные для лейкогранитной ассоциации с геохимическими характеристиками гранитов A-типа, а именно оценки давления < 5 кбар и приведенная реакция дегидратационного плавления биотита с кордиеритом в рестите, выглядят довольно странно. Если признать, что выводы авторов о соответствии лейкогранитов монастырского комплекса гранитам A-типа верны, то необходимо принять во внимание, что генерация подобных магм происходит в достаточно глубинных (нижнекоровых) условиях, где не может быть давления < 5 кбар. Для оценок условий формирования подобных расплавов правильнее будет воспользоваться экспериментальными данными по дегидратационному выплавлению магм, близких по составу гранитам A-типа, например работой [Skjerlie, Johnston, 1993].

6. На наш взгляд, работа бы выиграла, если бы при рассмотрении возможных источников гранодиорит-гранитных магм (стр. 149 – 151) автор привел оценку вклада мантийного и корового материала в источнике с использованием модели двухкомпонентного смешения. Судя по информации, приведенной на рис. 6.7, данных для таких расчетов достаточно.

7. Выводы, сделанные по выбору протолита для пород лейкогранитовой ассоциации (стр. 151 – 153), а также по петрогенезису пород лейкогранитной ассоциации вызвали у рецензентов наибольшее количество замечаний. Железистые гранитоиды с геохимическими характеристиками гранитов A-типа (заключение автора для пород лейкогранитовой ассоциации) не могут быть сформированы в результате

плавления метапелитового источника при давлении < 5 кбар. При таких условиях и из такого источника формируются граниты S-типа. Рассмотренные в работе лейкограниты монастырского массива имеют положительные значения $\epsilon_{Nd}(T) = +3.5...+5.3$ и являются намного более радиогенными породами, чем вмещающие их метаосадочные породы Калба-Наримского блока. Автор предположил, что изменение изотопного состава может быть вызвано добавлением ювенильного флюида к метапелитовому субстрату. Однако, это не так. Флюид не может изменить Nd-изотопный состав источника. По нашему мнению, для пород лейкогранитной ассоциации следует рассмотреть возможность их формирования в результате плавления нижнекоровых пород с положительными значениями $\epsilon_{Nd}(T)$. Совсем не обязательно, что эти породы на территории Калба-Наримского блока выходят на дневную поверхность. Если мы правильно интерпретируем данные автора, то лейкограниты монастырского комплекса образуют отдельные изолированные аллохтонные массивы, формирование которых имело место в постколлизионной обстановке после завершения основных аккреционно-коллизионных в регионе. Возникает закономерный вопрос, почему в основании этого коллизионного сооружения не могут находиться породы кварц-полевошпатового состава с положительными значениями $\epsilon_{Nd}(T)$, которые и могли послужить источником для данных лейкогранитов?

8. Если автор настаивает на модели метапелитовый источник плюс ювенильный флюид с высоким содержанием фтора, то надо иметь в виду, что добавление фтора к высокотемпературному силикатному расплаву вызывает уменьшение температуры солидуса и изменение физических свойств кислых расплавов [Manning, 1981 и др.]. Уменьшение температуры солидуса, соответственно, вызывает кристаллизацию главных минеральных фаз при более низких температурах, что приводит в итоге к поведению ряда редких элементов как несовместимых элементов в расплаве и объединение их в минеральные комплексы с фтором, который накапливается в остаточном расплаве [Граменицкий и др., 2005; Щекина и др., 2013; Manning, 1981; Agansi et al., 2010 и др.]. При подобных условиях часто формируются редкометальные граниты. Однако, судя по минеральному составу, в том числе и по набору акцессорных минералов в лейкогранитах монастырского массива (стр. 76 – 78), эти граниты не относятся к типу редкометальных гранитов. Несколько повышенные концентрации фтора в гранитах A-типа относительно гранитов других геохимических типов является классической характеристикой гранитов A-типа [Whalen et al., 1987], и

для формирования подобных пород нет необходимости рассматривать «экзотический» источник.

Отмеченные выше замечания не снижают высокой научной ценности работы, которая является законченным научным исследованием и отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автореферат отражает основные положения диссертации. Павел Дмитриевич Котлер заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология.

Заведующий лабораторией
ИЗК СО РАН, д.г.-м.н.

П.И. Дорогокупец

Ведущий научный сотрудник
ИЗК СО РАН, к.г.-м.н.

Т.В. Донская

Отзыв заслушан и одобрен в качестве официального на заседании Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН) 30 мая 2017 года (протокол № 5 от 30.05.2017 г.).

Председатель Ученого совета,
директор ИЗК СО РАН, член-корр. РАН

Д.П. Гладкочуб

Секретарь Ученого совета,
ученый секретарь ИЗК СО РАН, к.г.-м.н.

Р.П. Дорофеева



Подпись Д.И. Дорогокупца,
Т.В. Донской заверяю

Начальник отдела кадров Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук

Гладкочуб - Дорофеева АА

« 30 » мая 2017 г.

Подпись Д.П. Гладкочуба,
Р.П. Дорофеева заверяю

Начальник отдела кадров Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук

Гладкочуб - Дорофеева АА

« 30 » мая 2017 г.