

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института геохимии им. А.П.Виноградова

Сибирского отделения Российской академии наук

д.г.-м.н. А.Б. Перепелов



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Малютиной Александры Владиславовны «Петрогенезис щелочного сиенитового массива Бурпала (Северное Прибайкалье)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 – «петрология, вулканология».

Актуальность темы диссертации

В последние годы, в связи с активным изучением мантийных процессов и мантийно-коровых взаимодействий, возросло внимание к петрологии и геохимии щелочного магматизма. Щелочные комплексы представляют собой уникальные образования с многообразной и сложной минерализацией и связаны с крупными месторождениями Ti, Sr, Ba, Nb, Ta, Zr, редкоземельных элементов, Р и многих других рудных элементов.

Массив Бурпала представляет собой щелочную сиенитовую интрузию центрального типа и входит в состав позднепалеозойской Северо-Байкальской щелочной провинции. В пределах провинции выделяется более 10 разноразмерных интрузий, в том числе крупнейший ультракалиевый массив Сынныр, щелочные массивы Якша, Тасс, Южный Сакун, Аkit и другие (Жидков, 1956, 1961; Жидков и др., 1963). Массив Бурпала содержит широкий набор РЗЭ- и Zr-Ti-минералов, многие из которых крайне редки или открыты впервые на массиве. Массив Бурпала, в основном, изучался как «минералогический заповедник» (Портнов, 2018): исследователи преимущественно уделяли внимание редкометальным минералам, рассматривая их в качестве концентраторов рудного сырья (в особенности на Nb, Zr, Th, Li, Be и В (Жидков, 1956, 1961; Жидков и др., 1963; Портнов, 1965; Архангельская, 1967; Портнов, Нечаева, 1967; Андреев, 1981; Владыкин, 1997; Сотникова, 2009; Портнов, 2018)). Проведенные Малютиной А.В. геохронологические и минералого-геохимические исследования щелочных пород массива Бурпала позволяют оценить эволюцию щелочных расплавов с позиции фракционной кристаллизации мантийных магм и ассимиляции расплавами корового вещества, а также механизм накопления рудных элементов, что несомненно представляет как научный, так и практический интерес. Тематика этих работ находится в русле приоритетного направления в рамках обновлённой стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации, согласно распоряжению Правительства РФ от 11 июля 2024 года №1838-р, что подтверждает её актуальность в научном и практическом аспектах.

Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из титульного листа, оглавления, введения, 8 глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем работы составляет 132

страницы, включая 23 рисунка и 10 таблиц, оформленных в приложениях. Список использованной литературы содержит 331 наименование.

Во введении обоснованы актуальность и научная новизна работы, поставлены цель и задачи диссертационного исследования, а также сформулированы положения, выносимые на защиту.

В Главе 1 рассматривается текущее состояние проблемы происхождения и эволюции щелочных магм, охарактеризованы мантийные резервуары как главные источники щелочных пород. Особое внимание уделено описанию минералогических и геохимических параметров щелочных сиенитов и механизмов формирования агпаитовых пород. Рассмотрена история исследований Северо-Байкальской щелочной провинции и изученность массива Бурпала. Этот обзор, выполненный на высоком уровне, необходим для понимания особенностей проявления щелочного магматизма в разных геологических условиях.

В Главе 2 изложены аналитические методики, задействованные при комплексном изучении массива Бурпала и реализованные на базе ведущих аналитических центров ИГМ СО РАН, ИНХ СО РАН (г. Новосибирск), ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ), ИГГД РАН (г. Санкт-Петербург). В целом, методические аспекты и параметры выполнения аналитических исследований полностью соблюдены и детально расписаны.

В Главе 3 с использованием литературных данных приведена схема тектонического районирования Байкало-Витимского пояса и описано геологическое строение массива Бурпала с указанием точек отбора проб.

В Главе 4 представлена петрографическая характеристика и микрофотографии нефелиновых сиенитов, щелочных сиенитов и кварцевых сиенитов массива Бурпала.

Глава 5 отражает результаты геохронологических исследований, выполненных U-Pb методом (LA ICP MS). Был получен возраст цирконов из нефелиновых (296 ± 2 млн лет), щелочных (298 ± 2 млн лет), кварцсодержащих (291 ± 2 млн лет) и кварцевых (293 ± 3 млн лет) сиенитов.

В Главе 6 приведены содержания петрогенных и редких элементов в "сквозных" тёмноцветных минералах, т.е. присутствующих во всех разновидностях сиенитов. Выделены клинопироксены и амфиболы, варьирующие от кальциевых до натриевых типов. Составы слюд различаются содержаниями магния, алюминия, кремния и фтора.

В Главе 7 приведена петролого-геохимическая характеристика щелочных силикатных пород массива Бурпала.

В разделе 7.1. с применением бинарных и мультиэлементных диаграмм оценено изменение состава пород от наименее кремнекислотных к наиболее кремнекислотным. Показано, что кварцевые сиениты, в отличие от нефелиновых и щелочных, отличаются относительной выдержанностью по концентрациям кремния, магния, кальция и отношения калия к натрию. Нефелиновые сиениты выделяются повышенными содержаниями циркония, гафния, ниобия и тантала.

В разделе 7.2. приведён изотопный состав кислорода в клинопироксенах, амфиболах, слюдах и апатите. Изотопный состав стронция, неодима, свинца в разновидностях пород массива Бурпала сравнивается с составами щелочных пород разных провинций Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Глава 8 посвящена обсуждению полученных результатов.

В разделе 8.1. обсуждаются возраст и длительность формирования массива Бурпала. Эта информация отражена в *первом защищаемом положении*.

В разделе 8.2. на основе полученных геохимических и изотопных характеристик предложена модель петрогенезиса, в которой предусматривается совместное проявление кристаллизационной дифференциации магмы в очаге, воздействие реактивного порового потока и корового анатексиса. Коровые породы с высоким содержанием кремния участвовали в образовании кварц-нормативных сиенитов массива Бурпала. Полученные

результаты **определяют новизну исследований** и полностью отражены во **втором защищаемом положении**.

В разделе 8.3. обсуждаются источники вещества, предложен метасоматоз литосферной мантии как механизм, ответственный за вариации редкоэлементного и изотопного составов пород. Эти данные зафиксированы в **третьем защищаемом положении**.

В заключении приводятся все основные научные результаты, отраженные в представленных трёх защищаемых положениях.

Таким образом, на основании изложенных в диссертационной работе оригинальных данных убедительно обосновываются все три защищаемые положения. **Достоверность и степень обоснованности научных положений и выводов не вызывает сомнений.**

Личный вклад автора диссертации заключался в участии в полевых работах и отборе проб; петрографическом изучении главных разновидностей пород; обработке и интерпретации полученных минералогических, геохимических и изотопно-геохимических данных. Основные результаты, методические подходы и выводы диссертации в полной мере отражены в автореферате. Следует также отметить, что диссертационная работа логически структурирована, хорошо проиллюстрирована и оформлена согласно требованиям ГОСТ Р 7.0.11.2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Основные результаты диссертационной работы Малютиной Александры Владиславовны были освещены в 8 печатных работах, включая 5 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ (К1-2) и индексируемых в базе данных Web of Science, таких как Геодинамика и тектонофизика, Геология и геофизика, Петрология, Minerals. Основные результаты работы докладывались на трёх российских и международных научных конференциях, что отражено в тезисах докладов.

Замечания по диссертационной работе:

За состав начального расплава автором был принят состав шонкинита, представленный в работе (Владыкин и др., 2014). Нужны дополнительные аргументы для выбора шонкинитов в качестве пород для оценки состава начального расплава. Это замечание возникло в связи с тем, что: (1) На схеме геологического строения массива Бурпала не показаны тела шонкинитов. (2) Находки шонкинитов, возраст которых не известен, описаны во вмещающих породах западной части массива (Владыкин и др., 2014). Возраст шонкинитов (291 ± 9 млн лет (Саватенков и др., 2019)) определён только в Сыннырском массиве.

Позволяют ли полученные авторские геохронологические и изотопно-геохимические данные разделить во времени этапы кристаллизационной дифференциации и ассимиляции материала вмещающих пород?

Автор не приводит масс-балансовые расчёты ассимиляции, поэтому невозможно оценить объёмы ассимилированных пород.

3 стр.: Напрашивается ссылка в конце предложения “Щелочные сиениты обычно встречаются в геодинамических условиях, связанных с плюмовой деятельностью или рифтогенезом и содержат многочисленные месторождения и рудопроявления редкоземельных элементов (РЗЭ) и редких металлов”.

4 стр.: “Массив Бурпала, в отличие от Сынныра, не имеет калиевую специализацию и по характеру металлогении больше схож с массивами Кольского полуострова - Хибинским и Ловозерским (Архангельская, 1974), т.е. содержит широкий набор РЗЭ- и Zr-Ti-минералов (многие из которых крайне редки или открыты впервые на массиве)”. Напрашивается расшифровка связи калиевой специализации и минерализации.

4 стр.: Напрашивается ссылка в конце предложения “При этом существование когенетичных кварцевых и нефелиновых сиенитов остается проблематичным из-за «теплового барьера» в системе Ne-Ks-Q-H₂O, где расплав может эволюционировать либо к гранитному, либо к нефелин-сиенитовому минимуму.”

56 стр.: По каким критериям выделены кварцсодержащие и кварцевые сиениты? При петрографической характеристике эти разновидности не выделялись.

66 стр.: Вывод о значительных вариациях K_2O/Na_2O в виду изменённости пород не аргументирован, так как в петрографическом разделе об этом не упоминалось.

67 стр.: Как отражено разделение сиенитов на наименее кремнекислотные и наиболее кремнекислотные в минеральном составе пород?

69 стр.: Обнаруживается ли связь между вариациями $^{87}Sr/^{86}Sr(I)$ и вторичными изменениями при микроскопическом изучении пород?

72 стр.: Несмотря на представительные авторские данные изотопно-геохронологического датирования изученных пород и ранее опубликованные геохронологические данные других исследователей, остался нерешённым вопрос о причинах импульсной магматической активности при становлении массива Бурпала в возрастном диапазоне 300-289 млн лет.

По всей главе 8: Нет чёткого разделения где используются авторские данные и где данные предыдущих исследователей.

Некоторые фрагменты текста нуждаются в редактировании.

Высказанные замечания связаны со сложностью проблемы, затронутой в диссертации Малютиной А.В. Они не являются принципиальными и ни в коей мере не влияют на основные выводы соискателя. Диссертационная работа является завершённым самостоятельным научным исследованием и как квалификационная, должна быть оценена положительно. Результаты этих исследований имеют большое научное и практическое значение. Учитывая, что исследования Малютиной А.В. могут быть использованы при оценке состава источников, механизмов формирования и потенциальной рудоносности щелочных магматических комплексов, **полученные автором результаты безусловно имеют высокое значение для науки.**

Заключение

В диссертационной работе решена научная задача определения вещественных характеристик (минерального, химического, O-Sr-Nd-Pb изотопного состава) и возраста формирования сиенитов массива Бурпала.

Диссертационная работа Малютиной А.В. полностью соответствует требованиям, установленным в п. 9-14 Постановления правительства РФ "О порядке присуждения учёных степеней" от 24.09.2013 N 842 в действующей редакции (вместе с "Положением о присуждении учёных степеней"). Малютина Александра Владиславовна достойна присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук в соответствии с направлениями исследований в паспорте специальности 1.6.3 – «петрология, вулканология», а именно: 1. Магматическая геология: геологическое положение, формы тел и геохронология магматических пород, магматические фации, ассоциации, комплексы и формации; магматические провинции и геодинамические обстановки их образования. 2. Магматическая петрология: петрография, петрохимия, геохимия, в т.ч. изотопная, магматических пород; источники магматических расплавов; процессы дифференциации, ассимиляции, смешения и несмесимости магматических расплавов; компьютерное моделирование этих процессов, роль флюидов в процессах магматической дифференциации; эволюция магматизма в истории Земли, магматизм различных геодинамических обстановок. 3. Связь магматизма и рудной минерализации, геохимическая специализация магм, петрологические факторы образования рудных концентраций и критерии оценки рудоносности магматических комплексов.

Обсуждение диссертации состоялось на заседании лаборатории геохимии основного и ультраосновного магматизма, одно из основных направлений научно-исследовательской деятельности которой соответствует тематике диссертации. Отзыв заслушан и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации на заседании Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геохимии имени

А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, протокол № 7 от 09.09.2025 г.

Воронцов Александр Александрович, доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией геохимии основного и ультраосновного магматизма Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук. Адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1а, телефон: (3952) 546467, e-mail: voront@igc.irk.ru

Я, Воронцов Александр Александрович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Дата 09.09.2025 г.

Подпись



Подпись Воронцов А.А.
ЗАВЕРЯЮ 09.09.2025
Зав. канцелярией
ИГХ СО РАН Воронцов

Бадмацыренова Роза Александровна, кандидат геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, инженер-исследователь лаборатории геохимии основного и ультраосновного магматизма Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук. Адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1а, телефон: (3952) 511457, e-mail: brose@igc.irk.ru

Я, Бадмацыренова Роза Александровна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Дата 09.09.2025 г.

Подпись



Подпись Бадмацыренова Р.А.
ЗАВЕРЯЮ 09.09.2025
Зав. канцелярией
ИГХ СО РАН Бадмацыренова

Учёный секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, кандидат физико-математических наук Мясникова А. С.

Дата 09.09.2025 г.

Подпись



Подпись Мясникова А.С.
ЗАВЕРЯЮ 09.09.2025
Зав. канцелярией
ИГХ СО РАН Мясникова