

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Института земной коры

Сибирского отделения

Российской академии наук



Член-корреспондент РАН Д.П. Гладкочук

«*сентября*» 2025 г.

ОТЗЫВ

ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Нугумановой Язгуль Наилевны

**«ПЕТРОГЕНЕЗИС УЛЬТРАОСНОВНЫХ ЛАМПРОФИРОВ ЗИМИНСКОГО
ЩЕЛОЧНО-УЛЬТРАОСНОВНОГО КАРБОНАТИТОВОГО КОМПЛЕКСА (ЮГ
СИБИРСКОГО КРАТОНА)»**, представленную на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 – Петрология, вулканология.

Диссертационная работа Нугумановой Язгуль Наилевны посвящена установлению особенностей петрогенезиса и определению возраста даек ультраосновных лампрофиров зиминского щелочно-ультраосновного карбонатитового комплекса.

Актуальность. Данная работа обладает высокой научно-фундаментальной значимостью, поскольку изучение петрогенезиса ультраосновных лампрофиров необходимо для реконструкции состава мантии и механизмов её плавления. Образование лампрофировых магм в пределах древних кратонов часто совпадают по времени с формированием других пород, происхождение которых связано с рифтогенезом, таких как карбонатиты и щелочно-ультраосновные породы. Становление этих пород обычно связывают с масштабными геодинамическими процессами, включая плюмовый магматизм и распад суперконтинентов. Поэтому комплексное исследование ультраосновных лампрофиров играет ключевую роль в реконструкции геодинамической эволюции Земли.

Научная новизна и практическая значимость исследований. Автором получены новые данные о составе минералов айлицитов зиминского комплекса и показана возможность использования состава минералов для классификации кимберлитоподобных пород, определения условий кристаллизации и характеристик мантийного источника ультраосновных лампрофиров. Также впервые найдены поликристаллические включения в оливине и изучены полифазные включения в хромите из ультраосновных лампрофиров зиминского комплекса. Включения были использованы для оценки эволюции исходного айлицитового расплава. Определен возраст формирования даек ультраосновных лампрофиров зиминского комплекса. Полученные данные предоставляют важную информацию о процессах образования и эволюции ультраосновных лампрофировых расплавов, а также о составе литосферной мантии и мантийных метасоматических процессов.

Достоверность результатов и высокое качество представленных данных подтверждаются тем, что исследования проводились в ведущих аналитических центрах России (гг. Новосибирск, Санкт-Петербург, и др.) и Китая. Уникальность научного подхода обусловлена комплексным характером поставленных задач и применением современных аналитических методик. Основой работы стали данные, полученные автором лично: результаты анализа состава минералов айлицитов с помощью электронной микроскопии, электронного микрозонда, КР-спектроскопии и LA-ICP-MS; определение абсолютного возраста айлицитов Ar-Ar (возраст флогопита) и U-Pb с использованием LA-

ICP-MS (возраст перовскита) методами; а также измерения содержания петрогенных и редких элементов методами РФА и ICP-MS.

Личный вклад соискателя. Личный вклад автора заключался в подготовке образцов для аналитических работ. Автором проведены анализ публикаций, выбор методик исследования, а также выполнены аналитические работы по изучению состава минералов и включений в них. Проведен анализ и интерпретация полученных данных и сопоставление с известными результатами изучения ультраосновных комплексов.

Апробация и публикации. Результаты исследований прошли апробацию и соответствуют требованиям диссертационных работ для получения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Научные достижения были представлены на Российских и международных конференциях, а также опубликованы в пяти статьях в журналах, рекомендованных ВАК и включённых в международные базы цитирования Web of Science и Scopus.

Обоснованность научных результатов и выводов. Диссертационная работа обладает внутренней целостностью, высоким научным уровнем и качеством представленных данных. В ней содержатся оригинальные научные результаты, а положения, предлагаемые к защите, полностью отражены в публикациях и автореферате.

Диссертация состоит из введения, 7 глав и заключения. Объем работы составляет 140 страниц, 56 рисунков и 13 таблиц.

Во введении диссертации сформулированы научная проблема, цели и задачи исследования. Подробно описаны методы и аналитические параметры используемого оборудования. Также представлены научная новизна, практическая значимость и личный вклад автора; приведена информация о фактическом материале, лежащем в основе работы. Защищаемые положения, сформулированные автором, отражают особенности петрогенезиса ультраосновных лампрофиров зиминского комплекса.

В первой главе диссертации представлен обзор современного состояния исследования зиминского щелочно-ультраосновного карбонатитового комплекса, а также общие сведения об ультраосновных лампрофирах. Автор подробно рассматривает существующие классификационные схемы, а также освещает терминологию, возможные источники расплавов и мировые проявления ультраосновных лампрофиров.

Вторая глава диссертации посвящена методам исследования. В ней автор подробно описывает и обосновывает применяемые методы изучения ультраосновных лампрофиров.

В третьей главе представлена геологическая характеристика зиминского комплекса. Дано описание строения и состава массивов комплекса, а также даек ультраосновных лампрофиров. Приведены схема зиминского комплекса и геологическая структура Большетагнинского массива.

Четвертая глава диссертации содержит детальную петрографическую характеристику ультраосновных лампрофиров зиминского комплекса. В ней рассмотрены текстурно-структурные особенности и минеральный состав исследованных пород. На основе классификации (Тарре et al., 2005) автор относит ультраосновные лампрофиры зиминского комплекса к айликитам и приводит соответствующее обоснование.

В пятой главе представлены результаты исследования возраста ультраосновных лампрофиров зиминского комплекса. Были продатированы перовскит U-Pb методом и флогопит $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом. Средневзвешенный возраст флогопита из образца трубки Южная составил 647 ± 7 млн. лет, из образца Большетагнинского массива – 635 ± 7.4 млн лет. Для перовскита из Бушканайской дайки рассчитан средневзвешенный возраст 591 ± 33 млн лет, для айлицитов Большетагнинского массива получены три возраста: 647 ± 13 , 644 ± 15 и 638 ± 24 млн лет. На основе анализа всех доступных геохронологических данных автор приходит к выводу, что ультраосновные лампрофиры формировались как синхронно с породами щелочно-ультраосновных карбонатитовых массивов, так и завершали этап их становления. По результатам исследования сформулировано первое

защищаемое положение, согласно которому изученные породы относятся к айликистам, а их формирование происходило в интервале от 647 до 590 млн лет.

Шестая глава посвящена изучению минералов ультраосновных лампрофиров зиминского комплекса. В ней рассматриваются макро- и микрокомпонентные составы оливина, минералов группы шпинели, перовскита, флогопита, минералов группы апатита, минералов группы граната, карбонатов, сульфидов и сульфатов, а также поликристаллических включений в оливине и полифазных включений в хромите. Обсуждается применение составов этих минералов как индикаторов условий кристаллизации, характеристик мантийного источника и классификации кимберлитоподобных пород. Проанализирована эволюция состава минералов и сделаны оценки изменения состава расплавов при кристаллизации. Сделан вывод о том, что высокожелезистые ядра оливина и поликристаллические включения в оливине сформировались в результате кристаллизации более ранней порции айликистового расплава и были захвачены последующей порцией расплава. В шестой главе сформулировано второе защищаемое положение о том, что минеральный и химический состав айликистов, а также зональное строение минералов свидетельствуют о процессах кристаллизационной дифференциации. Эти процессы были усложнены вовлечением продуктов кристаллизации из более ранних магматических порций.

Седьмая глава содержит петрологическую, геохимическую и изотопно-геохимическую (Sr-Nd) характеристики ультраосновных лампрофиров зиминского щелочно-ультраосновного карбонатитового комплекса. Изученные лампрофиры классифицированы как низкокремнеземистые калиевые породы с магнезиальностью от 66 до 75. В главе приводится сравнение основных петрогенных компонентов айликистов зиминского комплекса с аналогичными породами неопротерозойского возраста. Рассматривается петрогенезис родительской магмы айликистов и представлена модель их формирования. Автор анализирует возможные источники расплавов, тектонические условия, а также механизмы переноса и размещения айликистовых расплавов зиминского комплекса. В главе сформулировано третье защищаемое положение, касающееся состава первичных расплавов айликистов и их геохимических характеристик.

В заключении диссертационной работы автором сформулированы основные выводы, основанные на результатах проведенных исследований.

Содержания автореферата соответствует содержанию диссертации.

В целом, диссертационная работа Я.Н. Нугумановой производит хорошее впечатление, тем не менее, к работе имеются замечания, вопросы и комментарии дискуссионного и рекомендательного характера, в частности:

1. Первое защищаемое положение, в целом, обосновано, и согласуется с работой Tarpe et al. (2005), в которой предложены принципы классификации ультраосновных лампрофиров и их обособления от кимберлитов и лампроитов. Данный подход сейчас принят в научном сообществе. Однако обоснование первого защищаемого положения (это больше касается автореферата) можно было усилить обсуждением характеристик состава слюд и пироксенов, которые присущи ультраосновным лампрофирам. Tarpe et al. (2005) выделил следующие дополнительные критерии для выделения айликистов: 1) минералы группы шпинели характеризуются $Cr\# < 0.85$ и формируют «титаномагнетитовый» тренд на принятой диаграмме $Ti/(Ti+Cr+Al)-Fe/(Fe+Mg)$; 2) состав слюд эволюционирует от богатого Al и Ti флогопита до бедного Ti тетраферрифлогопита; 3) клинопироксен, если присутствует, то обогащен Al и Ti. В автореферате обсуждаются составы минералов группы шпинели, которые формируют «титаномагнетитовый» тренд, но не приводятся значения $Cr\#$.

2. В диссертационной работе полностью упущено рассмотрение опубликованных результатов работ сотрудников лаборатории петрологии, геохимии и рудогенеза ИЗК СО РАН, посвященных айликистам зиминского комплекса, а именно: Савельева и др. (2022, Геодинамика и тектонофизика, Т. 13, № 2s, С. 0614), Савельева и др. (2024, Геодинамика и

тектонофизика, Т. 15, № 5, С. 0786), Савельева и др. (2024, Геосферные исследования, 2024, № 3., С. 65-76). Данные статьи посвящены изучению минералогических и геохимических характеристик айлицитов зиминского комплекса, в том числе тех проявлений, которые не рассматриваются в настоящей диссертации. Если бы автор диссертации включил эти результаты для сопоставления на диаграммы (как для минералов, так и для валового состава пород), это бы усилило достоверность сформулированных им выводов. Кроме того, данные по валовым геохимическим характеристикам айлицитов зиминского комплекса есть в работе Ashchepkov et al. (2020).

3. Отнесение пород трубки Южная и даек в пределах Большешетагинского массива к айлиkitам не вызывает сомнения, что согласуется с результатами исследований сотрудников лаборатории петрологии, геохимии и рудогенеза ИЗК СО РАН (Савельева и др., 2022, 2024). Вопросы возникают к выводам по Бушканайской дайке. В ней выделяются три разновидности пород, отвечающие трем фазам внедрения. В диссертации не хватает информации, дающей представление о том, какие именно образцы из какой фазы внедрения изучены в Бушканайской дайке. В статьях Савельевой и др. (2020, 2022) породы Бушканайской дайки определены как пикриты. Согласно более ранним исследованиям (Егоров и др., 2010; Минаева и Егоров, 2008), наиболее ранняя фаза внедрения является кимберлитом. В связи с этим, в диссертации не хватает сравнения результатов, полученных Я.Н. Нугумановой, с данными предшествующих исследований, в частности, сопоставление состава пород и минералов на диаграммах. Следовало больше внимания уделить обоснованию выделения айлиkitов в Бушканайской дайке.

4. Есть замечание к рисунку 9. В частности, в подписи к рисунку не отмечено, откуда взяты данные Ar-Ar датирования для Бушканайской дайки и трубки Южная. Данные по возрасту для Бушканайской дайки имеются в работе Савельевой и др. (2022) – 646.1 ± 8.6 млн лет, а трубки Южная – Ashchepkov et al. (2020). Кроме этого, в отдельную группу можно было добавить возраст даек айлиkitов, находящихся за пределами массивов, в частности в Ярминской зоне. Эти данные есть в работах Савельевой и др. (2022) и Ashchepkov et al. (2020).

5. Чем можно объяснить достаточно большую разницу в возрастах, полученных Ar-Ar методом по флогопиту и U-Pb методом по перовскиту для Бушканайской дайки? Отражает ли это последовательность фаз внедрения?

6. Второе защищаемое положение, в целом, не вызывает возражений. Тем не менее, оно сформулировано в диссертации в конце главы 6, посвященной минералогии пород, а характеристика состава пород приводится в главе 7. В обосновании защищаемого положения в автореферате и в диссертации не хватает иллюстраций, как именно состав самих айлиkitов свидетельствует о процессах дифференциации. Следует также отметить, что в работе Савельевой и др. (2024, Геодинамика и тектонофизика, Т. 15, № 5, С. 0786), которая не упоминается в диссертации, выполнено детальное изучение состава слюд из айлиkitов зиминского комплекса и приведена реконструкция петрогенетических процессов. Если бы автор диссертации учел эти данные в своих петрогенетических построениях, это бы усилило работу.

7. Третье защищаемое положение не вызывает возражений. Оно основано на модели, предложенной в работе Tarpe et al. (2008), которая принимается многими исследователями. В работе Савельевой и др. (2024) предложена схема образования айлиkitов Ярминской зоны с учетом данных из работы Ashchepkov et al. (2020). В целом, она не значительно расходится со схемой, предложенной автором настоящей диссертации. Было бы полезно учесть выводы, сделанные в работе Савельевой и др. (2024), для построения собственной модели.

8. На рисунке 55 следовало добавить данные по Sr и Nd изотопному составу пород зиминского комплекса, в том числе айлиkitов, из работы Савельева и др. (2022).

9. Для доказательства присутствия гранатовых перидотитов с карбонатами и флогопитом в литосферной мантии кратонов рекомендуем автору обратить внимание на

работы Nikolenko et al. (2017, Journal of Raman Spectroscopy) и Rezvukhin et al. (2018, Lithos), посвященных изучению включений в перидотитовых гранатах.

10. Автор по тексту и в иллюстрациях использует сленговые названия массивов, что нам представляется неудачным подходом. Лучше везде использовать принятые названия массивов и комплексов, то есть «Большетагнинский массив», а не «Большая Тагна». Также, например, называть чапинский комплекс «Чапа» некорректно. Возможно, автор видел цель в сокращении и упрощении текста.

11. Раздел 7.2 лучше было бы выделить в самостоятельную главу, так как в ней используются не только данные из раздела 7.1, но и из других разделов.

12. Автор использует перовскитовый оксидометр, предложенный в работе Bellis and Canil (2006) (здесь следует отметить, что в тексте автор дает ссылку как «(Bellis and Canil, 2008)», а в списке литературы приводится Canil and Bellis (2007)), для расчета фугитивности кислорода. Это хороший подход, применимый для кимберлитов и родственных пород. В оригинальных версиях статей Bellis and Canil (2006) и Canil and Bellis (2007) в Journal of Petrology, посвященных перовскитовому оксидометру, была не правильно приведена формула, вследствие опечатки. Позже в 2008 г. в томе 49 Journal of Petrology (страница 585) была издана заметка с корректной формулой оксидометра: $\Delta\text{NNO} = [-0.50(\pm 0.021) \times \text{Nb} + \text{Fe}(\pm 0.031) - 0.030 (\pm 0.001)]/0.004(\pm 0.0002)$. Автор диссертации использовал формулу с ошибками из оригинальной статьи. Не считаем это минусом данной работы (многие используют формулу из оригинальной статьи Bellis and Canil (2008), не зная об исправлении), но рекомендуем пересчитать значения фугитивности кислорода с использованием корректной формулы.

13. Присутствие магматического граната является дополнительным критерием для отнесения породы к айликитам (Tappe et al., 2005). Однако состав граната в изученных автором айликитах зиминского комплекса близок по составу к вторичному гранату (гидрогранату) из кимберлитов (Donge et al., 2016). Вероятно, этот гранат является гидроандрадитом и имеет вторичный генезис, так как находится в матрице из хлорита и серпентина. Установить является ли изученный гранат гидроандрадитом можно с помощью КР-спектроскопии, по пику OH^- группы в области $3500\text{--}3600\text{ см}^{-1}$ (Wachowiak et al., 2024).

Сделанные замечания не снижают высокой научной ценности диссертационной работы Я.Н. Нугумановой. Работа является законченным научным исследованием и основана на большом количестве фактического материала, полученном с использованием комплекса современных методов. Следует отметить, что Я.Н. Нугуманова является первым автором во всех пяти статьях по теме диссертации; это подчеркивает, что диссертация написана автором самостоятельно.

Заключение по диссертации. По актуальности, новизне, степени достоверности и научной значимости результатов, а также обоснованности научных положений и выводов, работа Нугумановой Язгуль Наилевны «Петрогенезис ультраосновных лампрофиров зиминского щелочно-ультраосновного карбонатитового комплекса (юг Сибирского кратона)», представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, отвечает требованиям, предъявляемым ВАК при Минобрнауки России к кандидатским диссертациям, в том числе соответствует пп. 9-14 раздела II Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842. Нугуманова Язгуль Наилевна заслуживает искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 – Петрология, вулканология.

Отзыв подготовлен сотрудниками лаборатории петрологии, геохимии и рудогенеза ИЗК СО РАН заведующим лабораторией к.г.-м.н. И.С. Шарыгиным и старшим научным сотрудником к.г.-м.н. Ю.В. Даниловой.

Отзыв на диссертационную работу Нугумановой Язгуль Наилевны заслушан и одобрен на расширенном заседании лаборатории петрологии, геохимии и рудогенеза Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук 08.09.2025 г. и утвержден в качестве официального на Ученом Совете ИЗК СО РАН (протокол № 11 от 11.09.2025 г).

Шарыгин Игорь Сергеевич

Кандидат геолого-минералогических наук.

Заведующий лабораторией

ФГБУН Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук

Лаборатория петрологии, геохимии и рудогенеза

Почтовый адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128

E-mail: isharygin@crust.irk.ru

Телефон: р.т. 8(3952)423454

Я, Шарыгин Игорь Сергеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

11 сентября 2025 г.

Шарыгин Игорь Сергеевич

Данилова Юлия Владимировна

Кандидат геолого-минералогических наук.

Старший научный сотрудник

ФГБУН Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук

Лаборатория петрологии, геохимии и рудогенеза

Почтовый адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128

E-mail: jdan@crust.irk.ru

Телефон: р.т. 8(3952)511680

Я, Данилова Юлия Владимировна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

11 сентября 2025 г.

Данилова Юлия Владимировна

Подпись	<i>Шарыгин И.С.</i>
	<i>Данилова Ю.В.</i> заверяю
Кадрово-правовой отдел Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук	
<i>Без спец. КНО Ю.В. Дан.</i>	
« 11 » сентября 2025 г.	

