

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.053.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ИМ. А.П.  
ВИНОГРАДОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 07.02.2024 г. № 1

О присуждении Зубову Александру Анатольевичу учёной степени кандидата  
геолого-минералогических наук.

Диссертация «Минералогия расплавных импактитов Карской астроблемы», по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, принята к защите 30 октября 2023 (протокол № 11) диссертационным советом 24.1.053.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, стр. 1А, согласно приказу Минобрнауки РФ № 93/нк от 26 января 2023 г.

Соискатель Зубов Александр Анатольевич, 29 сентября 1994 года рождения, в 2018 году окончил Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина по направлению подготовки 05.04.01 Геология, присуждена степень Магистр. С 2018 по 2022 гг. прошел обучение в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» по направлению подготовки 05.06.01 - Науки о Земле, профиль Минералогия, Кристаллография.

Работает младшим научным сотрудником в лаборатории минералогии алмаза Института геологии им. академика Н.П. Юшкина - обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук».

Диссертация выполнена в лаборатории минералогии алмаза Института геологии им. академика Н.П. Юшкина - обособленного подразделения

Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Сыктывкар.

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук Шумилова Татьяна Григорьевна, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории минералогии алмаза Института геологии им. академика Н.П. Юшкина - обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук».

Официальные оппоненты:

Афанасьев Валентин Петрович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории литосферной мантии и алмазных месторождений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск;

Бадюков Дмитрий Дмитриевич, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории метеоритики и космохимии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук, г. Москва, **дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН (ИГГ УрО РАН), г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном Замятиным Дмитрием Александровичем, кандидатом геолого-минералогических наук, заведующим лабораторией физических и химических методов исследования ИГГ УрО РАН, Замятиной Дарьей Александровной, кандидатом геолого-минералогических наук, научным сотрудником лаборатории физики минералов и функциональных материалов, Зедгенизовым Дмитрием Александровичем, доктором геолого-минералогических наук, председателем ученого совета и Готтман Ириной Альбертовной, кандидатом геолого-минералогических наук, ученым секретарём

ИГГ УрО РАН, указала, что представленная диссертационная работа Зубова А.А. выполнена на высоком профессиональном уровне, выглядит логически связанным и завершенным научным исследованием и вносит значимый вклад в области минералогии ультравысоких давлений и температур, исследования импактогенеза как явления, и, несомненно, является одной из ключевых работ в истории изучения Карской астроблемы. Представленная квалификационная работа Зубова А.А. является законченным научным исследованием и отвечает требованиям существующего Положения ВАК о присуждении ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Соискатель имеет 26 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 23 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ.

Недостовверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах в диссертации отсутствуют; работы соискателя публиковались в таких рецензируемых изданиях, как *Scientific Reports*, Доклады Академии Наук, *American Mineralogist*, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Вестник геонаук и Международный научно-исследовательский журнал, соискатель является первым автором в 5 публикациях по теме диссертации в рецензируемых изданиях.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Zubov A.A.**, Shumilova T.G., Zhuravlev A.V., Isaenko S.I. X-ray computed microtomography of diamondiferous impact suevitic breccia and clast-poor melt rock from the Kara astrobleme (Pay-Khoy, Russia) // *American Mineralogist*. – 2021. – 106. – P. 1860-1870. – DOI: 10.2138/am-2021-7578.

3. Shumilova T.G., **Zubov A.A.**, Isaenko S.I., Karateev I.A., Vasiliev A.L. Mysterious long-living ultrahigh pressure or secondary impact crisis // *Scientific Reports*. – 2020. – 10:2591. – DOI: 10.1038/s41598-020-59520-3.

4. Shumilova T., Lutoev V., Isaenko S., Kovalchuk N., Makeev B., Lysiuk A., **Zubov A.**, Ernstson K. Spectroscopic features of ultrahigh-pressure impact glasses of the Kara astrobleme // *Scientific Reports*. – 2018. – 8. – DOI: 10.1038/s41598-01825037-z.

5. Шумилова Т.Г., Исаенко С.И., Макеев Б.А., **Зубов А.А.**, Шанина С.Н., Тропников Е.М., Асхабов А.М. Ультравысокобарная ликвация импактного расплава // Доклады Академии Наук. – 2018. – Том 480. – № 1. – С. 90-93. – DOI: 10.7868/S0869565218130182.

6. **Зубов А.А.**, Шумилова Т.Г. Геохимические особенности массивных, жильных и фрагментных расплавных импактитов Карской астроблемы по данным ИСП-МС // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 11 (125). – С. 78.

7. **Зубов А.А.**, Шумилова Т.Г. Синимпактное минералообразование в расплавных импактитах Карской астроблемы // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – №10 (136). – DOI: 10.23670/IRJ.2023.136.58.

8. **Зубов А.А.**, Шумилова Т.Г., Исаенко С.И. Сравнительная характеристика диаплектовых и расплавных силикатных стёкол Карской астроблемы // Вестник геонаук. – 2023. – № 9. – DOI: 10.19110/geov.2023.9.4.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

к.г.-м.н. **Бердникова Николая Викторовича**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск; д.г.-м.н. **Попова Владимира Анатольевича**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Уральского отделения Российской академии наук (ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН), г. Миасс; к.г.-м.н. **Даниловой Юлии Владимировны**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск; к.г.-м.н. **Наумова Михаила Виленовича**, Всероссийский геологический институт имени А.П. Карпинского, г. Санкт-Петербург; к.ф.-м.н. **Петровой Евгении Викторовны** и к.т.н. **Гроховского Виктора Иосифовича**, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург; к.г.-м.н. **Глухова Юрия Валентиновича**, Институт геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии

наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра “Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук”, г. Сыктывкар; к.г.-м.н. **Глазовской Людмилы Ивановны**, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва; д.г.-м.н. **Голубева Евгения Александровича**, Институт геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра “Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук”, г. Сыктывкар; к.г.-м.н. **Грановской Натальи Васильевны**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону; д.г.-м.н. **Гульбина Юрия Леонидовича**, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», г. Санкт-Петербург; к.г.-м.н. **Тарбаева Михаила Борисовича**, Департамент по недропользованию по Северо-Западному федеральному округу, на континентальном шельфе и в Мировом океане, г. Сыктывкар; к.ф.-м.н. **Цельмовича Владимира Анатольевича**, Геофизическая обсерватория “Борок”, филиал Института физики Земли РАН, п. Борок; к.г.-м.н. **Янсон Светланы Юрьевны**, Научный парк Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург; д.ф.-м.н. **Симакина Александра Геннадьевича**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экспериментальной минералогии имени академика Д.С. Коржинского Российской академии наук, г. Черноголовка.

Во всех отзывах на автореферат работа характеризуется положительно, отрицательных отзывов нет. В них отмечается значительный объем проработанной научной литературы. Отмечено, что приведенные автором защищаемые положения хорошо обоснованы, научная новизна несомненна и весьма весома комплексностью полученных характеристик импактитов. Достоинством диссертационной работы является четкая структура, логичное построение, а также то, что автор принимал личное участие в полевых работах по изучению кратера, самостоятельно отбирал образцы и интерпретировал

результаты исследований. Аналитические данные сопровождаются грамотной обработкой, интерпретацией и обоснованными выводами. Сделанные обобщения и заключения по полученным результатам являются достаточными для соискания степени кандидата геолого-минералогических наук и оставляют возможность для дальнейшего развития исследований по нескольким направлениям. Имеются вопросы и критические замечания, которые сводятся к следующему: Замечания из отзыва Попова А.А.: 1. рассмотрение стёкол как минеральных агрегатов весьма эвристично; 2. при рассмотрении расплавных импактитов важно учитывать, что температуры плавления (и кристаллизации) минералов и их эвтектических смесей (при конкретном давлении) могут быть существенно различны. Отсюда следует различие микроструктур агрегатов импактитов, требующих онтогенических наблюдений (построений, размышлений); Замечания из отзыва Симакина А.Г.: 3. по поперечным размерам, выросших из расплава кристаллов, например, клинопироксена (Рис. 2,3), можно оценить скорости остывания расплава, которые значительно ниже 100К/сек при температуре в районе  $T_g$ . При этом нужно учесть, что необычно высокий начальный перегрев ведет к большому времени задержки нуклеации и появлению кристаллов (в частности пироксена) при большом переохлаждении даже при малой скорости охлаждения (вплоть до 1К/час - 0.1К/час). Этот эффект можно учесть, используя соответствующие экспериментальные работы; 4 – можно поспорить с толкованием спектров стекол из Scientific Reports; 5 – неплохо было бы померить коэффициент преломления или использовать другой физический метод для характеристики этого необычного стекла.

В статье, опубликованной в Scientific Reports (2020), при интерпретации данных Рамановской спектроскопии кварцевых стекол была допущена грубая ошибка: «These features probably characterize the substantially smaller sizes of the structured regions as a result of the lower degree of polymerization caused by a rapid cooling of UHPNT impact melt», напомним, речь идет о кварцевом стекле. Эта ошибка была исправлена

В отзыве на диссертацию от ведущей организации работа охарактеризована положительно, при этом указан ряд вопросов и замечаний, в

качестве критического указано замечание: интенсивности компонентов КР-спектров силикатных стекол сопоставимы с уровнем шума, в некоторых спектрах присутствие той или иной линии не очевидно (диссертация, рис. 5.32, 5.35: автореферат, рис. 9). Использовал ли автор диссертации количественные критерии выделения той или иной линии на фоне шума в спектре с использованием математической обработки? Каким образом вычиталась фоновая линия при обработке спектров? Почему при разложении спектров использовалось разное количество линий? Являлась ли фотолюминесценция препятствием при регистрации КР-спектров?

В отзыве оппонента Бадюкова Дмитрия Дмитриевича в качестве критического замечания указано, что в тексте не объясняется, что такое «характерное нахождение смектитов» и почему они сингенетичны расплавному породам. Приведенное изображение на Рис 4.13 скорее демонстрирует фронт замещения. Как известно, вода обладает большой подвижностью и может проникать сквозь незаметные поры или трещины. Приводятся ссылки на работы по синтезу смектита из водонасыщенных расплавов, однако условия экспериментов не приводятся – время выдержки и закалки, давление  $H_2O$ .

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что д.г.-м.н. В.П. Афанасьев является известным и высококвалифицированным специалистом в области изучения импактных алмазов и импактитов Попигайской астроблемы; к.г.-м.н. Д.Д. Бадюков – известный специалист в области метеоритной и импактной тематики, в том числе расплавных импактитов Карской астроблемы. Всё это подтверждается их многочисленными публикациями, статьями в высокорейтинговых рецензируемых российских и зарубежных изданиях. Выбор ведущей организации обосновывается тем, что специалисты Института геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН известны исследованиями в области метеоритной и импактной тематики.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработан** подход к систематизации проксимальных расплавных импактитов Карской астроблемы на основе соотношения кристаллической и аморфной компонент;

**предложена** последовательность синимпактного минералообразования для трёх типов тел расплавных импактитов Карской астроблемы;

**доказано**, что микроструктурные особенности рассмотренных разновидностей расплавных импактитов Карской астроблемы отражают специфику условий их образования;

**введены** новые характеристики крайних членов структурного ряда Карских расплавных импактитов – степень обводненности и восстановленности.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказано** структурное различие высокобарного расплавного и диаплектового кварцевых стекол;

**изложены** новые данные о впервые обнаруженном безводном расплавном импактите жильного типа с троилитом;

**раскрыты** структурные особенности матрицы трёх типов тел расплавных импактитов Карской астроблемы;

**изучены** текстурно-структурные и минералого-петрографические особенности массивных, жильных тел и бомб расплавных импактитов Карской астроблемы;

**проведена модернизация** методики выделения смектитов из импактитов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

**разработан и внедрен** комплексный подход в практику исследований гетерогенных типов тел расплавных импактитов, который сочетает в себе геологические наблюдения, минералого-петрографические, геохимические, спектроскопические методы, рентгеновскую микротомографию и локальные высокоразрешающие исследования до атомарного уровня разрешения;

**определены** структурные особенности расплавных и диаплектовых силикатных стёкол в жильных высокобарных расплавных импактитах Карской астроблемы – расплавные высокобарные силикатные стёкла характеризуются



отсутствием трёхчленных колец кремнекислородных тетраэдров; выявленные расплавные силикатные стёкла могут быть использованы в качестве прототипа для создания новых материалов;

**создана** последовательность минералообразования трёх генетически разных типов расплавных импактитов Карской астроблемы;

**представлены** убедительные данные, указывающие на присутствие в жильных расплавных импактитах коричневого цвета троилита, потенциально являющегося веществом ударника;

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**экспериментальные исследования** импактитов и минералов выполнены на сертифицированном оборудовании широким комплексом традиционных и новых современных аналитических высокоразрешающих методов, таких как макроскопическое изучение штучных образцов и пришлифованных пластин, микроскопическое изучение петрографических шлифов, спектроскопия комбинационного рассеяния света, инфракрасная спектроскопия, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой, силикатный анализ на 14 компонентов, рентгеновская дифрактометрия порошковых проб, рентгеновская вычислительная микротомография, сканирующая электронная микроскопия, высокоразрешающая просвечивающая электронная микроскопия, цветная катодолюминесценция, энергодисперсионная спектроскопия. В ходе экспедиционных работ производилось наблюдение морфологии геологических тел расплавных импактитов с фото- и видеодокументацией коренных обнажений, в том числе с использованием квадрокоптера. Исследования производились на базе ЦКП «Геонаука» (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой образцов расплавных импактитов выполнена в ЦКП «Физико-химические исследования горных пород и минералов» (ИГ ФИЦ Кар НЦ РАН, г. Петрозаводск).

**теоретические положения** построены на большом объёме фактического материала, собранного и обработанного в ходе полевых работ 2017, 2021 непосредственно автором, на результатах собственных исследований, а также на данных, полученных предшественниками.

**идея диссертационной работы** базируется на комплексной структурно-вещественной сравнительной характеристике принципиально разных по генезису типов тел расплавных импактитов Карской астроблемы.

**использованы** полевые наблюдения, силикатный 14-компонентный анализ, рентгенофазовый анализ порошковых проб, сканирующая электронная микроскопия с энергодисперсионной спектроскопией, спектроскопия комбинационного рассеяния, инфракрасная спектроскопия, цветная катодолюминесценция, термический анализ, рентгеновская микротомография.

При проведении исследований автором **использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации.

**Установлены** структурно-вещественные особенности трёх типов тел расплавных импактитов, определён минеральный состав основных компонентов и акцессориев, установлено соотношение кристаллической и аморфной компонент импактитов; выполнена микроструктурная характеристика матрицы расплавных импактитов; проведён сравнительный анализ вещественных и структурно-текстурных особенностей тел расплавных импактитов; установлена последовательность минералообразования для разновидностей расплавных импактитов Карской астроблемы; выявлены структурные различия в диаплектовых и расплавных стёклах.

**Личный вклад соискателя.** В основу диссертации положены результаты работ, выполненных диссертантом в период 2017 - 2023 гг в лаборатории минералогии алмаза ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Автор принимал участие в экспедиционных работах на Карской астроблеме в 2017 и 2021 гг., лично производил фото- и видеодокументацию обнажений, в том числе с использованием квадрокоптера, геологическое описание обнажений, отбор проб расплавных импактитов Карской астроблемы. Работы по изучению расплавных импактитов выполнялись лично автором, в том числе – отбор мономинеральных фракций, пробоподготовка к аналитическим работам, изучение шлифов методом оптической микроскопии, обработка и интерпретация данных СЭМ, КР и ИК спектроскопии, рентгеновской дифрактометрии, рентгеновской

вычислительной микротомографии. Основные положения диссертации, выводы и заключение сформулированы автором самостоятельно.

В ходе защиты диссертации не было высказано существенных критических замечаний со стороны членов диссертационного совета, замечания носили в основном технический или рекомендательный характер, с которыми соискатель согласился. Соискатель Зубов А.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 7 февраля 2024 г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, имеющей большое значение для развития геолого-минералогических наук и смежных отраслей, присудить Зубову Александру Анатольевичу учёную степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного  
совета, д.г.-м.н.

Александр Борисович Перепелов

Ученый секретарь  
диссертационного  
совета, к.х.н.

Алена Андреевна Амосова

8 февраля 2024 г.

