

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института геологии и геохимии
им. академика А.Н. Заварицкого

Уральского отделения
Российской академии наук

(ИГГ УрО РАН)
д.г.-м.н., профессор РАН

Д.А. Зедгенизов

« 1 » декабря 2025 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения

Российской Академии наук

на диссертацию Серебрянникова Алексея Олеговича «Хромшпинелиды в алмазах и кимберлитах как индикаторы алмазоносных парагенезисов», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа Серебрянникова А.О. посвящена изучению хромшпинелидов, образующих кристаллические включения в алмазах. В работе решаются как фундаментально-научные вопросы, касающиеся алмазообразования, так и прикладные, связанные с индикаторной ролью хромшпинелида – минерала-спутника алмаза в аллювиальных отложениях. Последнему вопросу отводится основное внимание. Большая часть исследований типоморфных минералогических и геохимических особенностей шпинелидов, ассоциирующих с алмазами, была сделана во второй половине XX века на теоретической и технической базе того времени и на сегодняшний день заметно устарела. В диссертационной работе приводятся результаты комплексного

изучения шпинелидов и алмазов, выполненного на современном оборудовании, и дана их интерпретация с привлечением литературных данных последних лет.

В основе представленной рукописи лежат результаты комплексного исследования выборки хромшпинелидов из мантийных ксенолитов и включений в алмазах из кимберлитовых трубок Сибирского и Восточно-Европейского кратонов, а также образцов хромитов из алмазоносной россыпи Курунг-Юрях, которые при общей схожести состава со спутниками алмаза не являются таковыми.

Научная новизна

В работе впервые проведены систематические исследования содержания примесных элементов в хромшпинелидах, захваченных алмазом в процессе роста, из разных кимберлитовых трубок Якутской, Архангельской алмазоносных провинций, россыпей северо-востока Сибирской платформы, а также алмазоносного участка Улахан-Курунг-Юрях. На основе сопоставления полученных данных впервые выявлены значимые отличия высокохромистых шпинелей, по химизму аналогичных кимберлитовым, но генетически не связанных с этим типом пород.

Фактический материал и методы исследования.

Работа выполнена на представительном материале. Всего исследовано 569 хромшпинелидов, в 276 из которых был определен состав редких и редкоземельных элементов, в том числе в 226 включениях в алмазе. Автором работы были самостоятельно изготовлены препараты – плоскопараллельные пластинки из кристалла алмаза с выведением нескольких включений, имеющих размер менее 50 мкм, в единую полировку с алмазом-матрицей.

Для изучения хромшпинелидов применены современные аналитические методы:

- оптическая микроскопия (Zeiss Stemi 508, Olympus BX51)
- инфракрасная спектроскопии (FTIR VERTEX 70 фирмы Bruker, оснащенным микроскопом Hyperion 2000);
- сканирующая электронная микроскопия (MIRA 3 LMU (Tescan Ltd) системой микроанализа INCA Energy 450 XMax-80;
- катодолюминесцентный анализ (сканирующий электронный микроскоп LEO-1430 VP с энерго-дисперсионным рентгеновским спектрометром EDS INCA Energy 350 Oxford Instruments);
- рентгеноспектральный микроанализ (Camebax-micro фирмы Cameca JXA-8100 и фирмы JEOL (Япония);
- спектроскопия комбинационного рассеяния (Horiba LabRam HR800);

- масс-спектроскопия с индуктивно связанный плазмой и лазерной абляцией (ELEMENT XR -Thermo Fisher Scientific- ICP-SF-MS);

Все полученные результаты обработаны с применением программного обеспечения (MS Excel, OPUS, Statistica).

Достоверность основных результатов обеспечивается применением метода масс-спектроскопии с индуктивно связанный плазмой и лазерной абляцией в двух организациях: Институте геохимии в г. Гуанчжоу (Китай) и Институте Земной коры в г. Иркутск (РФ).

Использованный в работе комплекс методов широко применяется для изучения алмазов и включений в них и полностью соответствует тематике исследования.

Автор демонстрирует довольно обширное знание разнообразия химических составов и морфологии хромшпинелидов различного генезиса, а также владение современной научной литературой, о чем свидетельствует грамотность использования в работе литературных источников. Это указывает на высокий уровень теоретической подготовки диссертанта.

Общий объем диссертации составляет 116 страниц, в том числе 30 рисунков и 12 таблиц. Список использованной литературы включает 126 наименований.

Во **введении** показана актуальность работы, Цель работы сформулирована корректно. Поставленные для ее реализации задачи отражают все необходимые категории работ.

Полученные результаты подробно изложены как в текстовом, так и в табличном и в графическом виде. Все наглядные материалы ясно читаются и оформлены правильно. С использованием статистических методов проведён сравнительный анализ полученных составов хромшпинелидов разных типов как в рамках исследованной коллекции, так и с привлечением литературных данных.

По теме диссертации опубликовано 16 работ, из них 4 статьи (одна из которых принятка к печати) в российских журналах, рекомендованных ВАК. Основные положения работы прошли апробацию в виде устных докладов на 12 российских и международных конференциях.

Оценка содержания диссертации и ее завершенность

В **первой главе** автором раскрывается общее состояние проблемы. Приведен анализ имеющихся опубликованных данных по хромшпинелидам из ультраосновных пород и включений в алмазах с акцентом на содержании в них примесных элементов. Автором недостаточно проработан вопрос кристаллохимии хромшпинелида и

возможности вхождения в его структуру Na, Ca, Ta и Nb, содержание которых обсуждается в дальнейших главах.

Во второй главе описаны используемые в работе методы исследования. Содержание главы вопросов не вызывает.

В третьей главе автор представляет краткую характеристику месторождений и участков, где были отобраны исследованные образцы. Приводится описание кимберлитовых трубок, указанных в исследовании Сибирского и Восточно-Европейского кратонов. Всего в работе использованы материалы по 8 кимберлитовым трубкам Мало-Ботуобинского и Далдыно-Алакитского алмазоносных районов, включая россыпи Якутской алмазоносной провинции, и 3 трубкам Золотицкого поля Архангельской алмазоносной провинции. Геологическая характеристика объектов представляется излишне краткой. Глава проиллюстрирована одной картой (без геологической нагрузки) и одним разрезом, что не позволяет составить представление о геологическом строении исследованных площадей, и в отдельных случаях, ввиду мелкого масштаба карты – их географического положения. Кроме этого, на карте не показана масштабная линейка.

В четвертой главе приведены полученные результаты. Эта глава состоит из семи разделов, соответствующих результатам различных методов исследования. Раздел 1 посвящен описанию морфологических особенностей алмазов, содержащих включения магнезиохромита, непосредственно кристаллов хромшпинелидов из мантийных ксенолитов и хромшпинелидов, так называемого «курунгского» типа, с участка Улахан-Курунг-Юрях. Автором показаны особенности каждой группы, что проиллюстрировано фотографиями, масштаб которых обозначен мелким, практически нечитаемым шрифтом (особенно в автореферате).

В разделе 2 представлены общие закономерности локализации включений хромшпинелидов в пределах алмаза-матрицы. В разделе 3 описаны парагенетические ассоциации включений хромшпинелидов в алмазах, в том числе и редкие (лерцолитовый). В разделе 4 автор приводит описание дефектно-примесного состава 63 кристаллов алмаза, содержащих включения хромшпинелидов. Показано отсутствие каких-либо типоморфных особенностей для рассматриваемой группы алмазов.

Раздел 5 включает результаты изучения химического состава рассматриваемых в работе хромшпинелидов как по главным, так и по редким и редкоземельным элементам. Приведены таблицы и графики, которые отражают основные выявленные закономерности и различия. Обсуждается использование средних значений состава для построения некоторых спайдер-диаграмм. В таблице 6 и в тексте не обсуждается количество анализов,

использованных для расчета среднего состава, а стандартное отклонение для большинства элементов сопоставимо с самим их содержанием.

В разделе 6 автор анализирует возможные вариации химического состава включений магнезиохромита в пределах кристалла алмаза-матрицы. Определенных выводов об изменении состава включений в зависимости от их локализации в отдельных ростовых зонах кристалла алмаза автором не сделано.

Раздел 7 посвящен результатам изучения состава хромшпинелидов «курунгского» типа. Выделены типоморфные особенности состава хромшпинелидов, связанных с кимберлитами и хромшпинелидов, которые схожи с ними по содержанию главных элементов, но генетически с ними не связаны. Автором установлены отличия по содержанию микроэлементов между этими группами.

В пятой главе обсуждаются результаты работы. В первом ее разделе выполнена оценка температуры образования включений по содержанию цинка. Учитывая погрешность как анализов, так и самого геотермометра, можно говорить лишь об относительно более низкотемпературных условиях образования шпинелидов из Архангельской алмазоносной провинции по отношению к таковым Якутской. В во втором разделе дается генетическая интерпретация составов включений хромшпинелидов, которая сводится к сопоставлению содержания элементов из исследованных шпинелидов с разнообразными литературными данными, при этом конкретных выводов в главе не сделано. Третий раздел содержит данные о специфике составов шпинелидов из парагенезиса с алмазами и возможном практическом применении полученных данных.

Защищаемые положения приведены во введении к диссертации и далее по тексту они больше не упоминаются. В связи с этим, затруднительно установить их связь с полученными результатами или сделанными выводами. На защиту вынесено три положения:

1) Хромшпинелиды из алмазов кимберлитов имеют идентичные содержания примесных элементов в пределах одной алмазоносной провинции, за исключением тр. Комсомольская (Mn, V, Ga) и Сытыканской (Sc) Якутской алмазоносной провинции. На уровне различных алмазоносных районов одной алмазоносной провинции значимые различия состава отсутствуют. Хромшпинелиды из алмазов Якутской и Архангельской алмазоносных провинций различаются по содержанию Ca, V, Zn, Mn, Co и Ta.

2) Хромшпинелиды-включения в алмазах Якутской алмазоносной провинции, в основном приурочены к одной ростовой зоне алмаза-матрицы и имеют схожий химический состав. В случае расположения хромшпинелидов в разных зонах роста алмаза-матрицы их состав значительно различается по содержанию Cr и Al.

3) Хромшпинелиды-включения в алмазах кимберлитов Якутской и Архангельской алмазоносных провинций (мантийные) и хромшпинелиды алмазоносного участка Улахан-Курунг-Юрях (коровые) значимо различаются по содержанию микропримесных элементов (V, Zn, Ni, Co, Nb, Ta), которые могут использоваться в качестве петрогенетического индикатора, в частности, для кимберлитовых пород.

Первое положение в целом обосновано, однако его формулировка недостаточно конкретна. Понять, что хотел сказать диссертант, можно только прочитав тест диссертации. Второе положение сформулировано более четко, однако конкретного вывода, соответствующего этому положению в тексте глав 4 и 5 не приведено.

Третье защищаемое положение является наиболее проблематичным, поскольку шпинелиды, концентрирующиеся в отложениях алмазоносного участка Улахан-Курунг-Юрях, возможно являлись акцессорными минералами из кимберлитов и ксенолитов в них (собственно, ультрамафитовых), а не включениями в алмазах. Это и объясняет их близость к акцессорным фазам ультрамафитов. В диссертации не приводится геологической характеристики участка Улахан-Курунг-Юрях, нет соответствующих иллюстраций, что помогло бы диссертанту обосновать связь исследованных терригенных хромшпинелидов с местными телами ультрамафитов.

Сделанные замечания не снижают общей научной ценности диссертации и не влияют на хорошую оценку работы в целом.

Диссертация «Хромшпинелиды в алмазах и кимберлитах как индикаторы алмазоносных парагенезисов» является завершенной научно-квалификационной работой, которая по уровню теоретической значимости и новизне соответствует требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 (ред. от 16.10.2024), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы, Серебрянников Алексей Олегович, заслуживает присуждения степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 Минералогия, кристаллография. Геохимия и геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Отзыв подготовлен старшим научным сотрудником лаборатории региональной геологии и геотектоники Института Геологии и геохимии им ак. А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук Ширяевым Павлом Борисовичем.

Отзыв на диссертационную работу А. О. Серебрянникова рассмотрен и одобрен в качестве официального отзыва на заседании Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого УрО РАН (ИГГ УрО РАН) – протокол № 13 от 01 декабря 2025 года.

Я, Ширяев Павел Борисович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой докторской диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник лаборатории
Региональной геологии и геотектоники



П.Б. Ширяев

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заваринского УрО РАН (ИГГ УрО РАН)

Адрес: Российская Федерация, 620010, г. Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, 15.

Телефон/факс: (343) 287-90-10/(343) 287-90-12

E-mail: director@igg.uran.ru