

Методические аспекты и ограничения использования химического состава хромшпинелидов при прогнозе и поисках месторождений алмаза (на примере бассейна р. Алымджа, Якутия)

Предложена методика исследования хромшпинелидов при алмазопоисковых работах с использованием вариаций химического состава разных генетических групп с целью выделения кимберлитовых и некимберлитовых разновидностей из полигенной ассоциации. Рекомендуемая последовательность изучения хромшпинелидов поможет избежать ошибок при выявлении особенностей их химизма и способствует уточнению прогноза при поисках новых кимберлитовых тел.

Ключевые слова: кимберлиты, хромшпинелиды, парагенезис, россыпь.

ЧУГУЕВСКАЯ ЭЛЬВИРА АЛЕКСАНДРОВНА, геолог I категории, KulaninaEA@alrosa.ru

Вилуйская геологоразведочная экспедиция АК «АЛРОСА» (ПАО), Республика Саха (Якутия), пос. Айхал

The methodological aspects and limitations of using the chemical composition of chrome spinels in forecasting and prospecting for diamond deposits (the case of the Alymdzha River basin, Yakutia)

E. A. CHUGUEVSKAYA

Vilyuiskaya Geological Exploration Expedition of AK ALROSA (PJSC), Aikhal, Republic of Sakha (Yakutia)

A methodology is proposed for studying chrome spinels during diamond prospecting, with the use of variations in the chemical composition of the minerals belonging to different genetic groups in order to distinguish the kimberlite and non-kimberlite varieties from a polygenic association. The recommended succession of investigation of the chrome spinels will help to avoid mistakes in identifying the peculiarities of their chemistry and will facilitate to clarify the forecast when searching for new kimberlite bodies.

Key words: kimberlites, chrome spinels, paragenesis, placer.

Введение и постановка проблемы. В настоящее время невозможно представить алмазопоисковые работы без детального исследования химического состава кимберлитовых минералов. При этом химический состав хромшпинелидов, наравне с составами граната и пикроильменита, которые наиболее распространены как в коренных источниках, так и в связанных с ними ореолах рассеяния, достаточно успешно используется при прогнозе и поисках новых кимберлитовых тел. Исходя из того, что содержание хрома в хромшпинелидах является функцией температурного режима и показателем глубинности [4], высокохромистые хромшпинелиды из ореолов рассеяния, как правило, ассоциируются с кимберлитами. Однако если гранаты альмандин-пиропового ряда с

повышенным содержанием кноррингитовой компоненты характерны практически исключительно для кимберлитов, то источниками хромшпинелидов в ореолах рассеяния, в том числе и разновидностей с высоким содержанием хрома ($\text{Cr}_2\text{O}_3 > 62$ мас. %), по причине их полигенности могут служить различные некимберлитовые породы [5]. Так, высокохромистые хромшпинелиды установлены в породах некимберлитового генезиса для целого ряда регионов: в ультрабазитах Полярного Урала (Cr_2O_3 до 65,92 мас. %), Корякского нагорья (Cr_2O_3 – 68,44 мас. %), Восточного Сахалина (Cr_2O_3 – 63,05 мас. %), Индии (Cr_2O_3 – 66,30 мас. %), Новой Каледонии (Cr_2O_3 – 68,00 мас. %), Папуа–Новой Гвинеи (Cr_2O_3 – 68,52 мас. %), Тасмании (Cr_2O_3 – 68,83 мас. %), Южной Эфиопии (Cr_2O_3 – 66,00 мас. %)

[3]. Даже в хромшпинелидах из основных базальтов Западных Саян содержание Cr_2O_3 достигает 66,60 мас. %.

Широкое распространение в ореолах рассеяния хромшпинелидов некимберлитового генезиса требует более внимательного отношения к изучению химического состава этого минерала при интерпретации полученных данных при прогнозе и поисках новых кимберлитовых тел. Такой подход необходим для исключения из прогнозных построений некимберлитовых разностей хромшпинелидов, что позволит избежать существенных ошибок при прогнозно-поисковых работах.

Проблема «ложных» хромшпинелидов [2] актуальна для целого ряда алмазоносных районов Якутской алмазоносной провинции (ЯАП), особенно для тех, где в ореолах рассеяния присутствуют в значительных количествах хромиты некимберлитового генезиса (Моркокинский и Мало-Ботубинский районы). Не менее актуально вопрос отбраковки «ложных» хромшпинелидов от кимберлитовых разностей стоит и для тех территорий, в пределах которых в кимберлитовых телах хромшпинелид преобладает (Далдын-Алакитское, Накынское и Верхне-Мунское кимбер-

литовые поля), в результате чего значительное количество данного минерала присутствует как в древних, так и в современных ореолах рассеяния. Проблема «ложных» минералов кимберлитов характерна и для Архангельской алмазоносной провинции, в частности для Зимнебережного кимберлитового района со сложными поисковыми обстановками. Содержание индикаторных минералов в кимберлитах данного района на один-два порядка ниже по сравнению с ЯАП, при этом в большинстве тел существенно преобладают хромшпинелиды, которые наиболее широко распространены и в ореолах рассеяния по сравнению с другими минералами. В процессе разнонаправленных движений ледников в данном районе произошло общее «заражение» территории минералами-индикаторами кимберлитов, в результате чего более 80 % минералов в ореолах рассеяния имеют некимберлитовый генезис [7].

В отдельных случаях «ложные» хромшпинелиды можно обнаружить по их кристалломорфологическим особенностям. Например, при отсутствии значительного механического износа на хромшпинелидах из шлиховых ореолов (рис. 1) и наличии определённого опыта по морфологи-



Рис. 1. Внешний вид морфологии кристаллов хромшпинелидов некимберлитового генезиса с «курунгской» морфологией зёрен. Моркокинский район, современный аллювий р. Алымджа



Рис. 2. Внешний вид существенно изношенных хромшпинелидов. Моркокинский район, россыпь Дьюкунах

ческим особенностям отдельных зёрен ещё можно определить, что среди хромитовой ассоциации присутствуют некимберлитовые различия с «курунградской» морфологией зёрен [2]. Признаками «ложных» хромшпинелидов могут служить такие особенности хромитовой ассоциации, как повышенное содержание в ней октаэдров, дефектных зёрен, различий со слоистыми гранями и некоторые другие. В отношении же существенно изношенных зёрен (рис. 2) из древних или современных ореолов рассеяния диагностировать «ложные» хромшпинелиды по морфологии зёрен практически невозможно, поскольку в этом случае нивелируются их отличительные морфологические особенности.

Таким образом, для более надёжной диагностики хромшпинелидов разного генезиса необходимы данные об их химическом составе.

Рекомендации по исследованию состава хромшпинелидов. В связи со значительным распространением в ореолах рассеяния хромшпинелидов некимберлитового генезиса для избежания ошибок и исключения «ложных» шпинелидов из прогнозных построений более рационально придерживаться определённого алгоритма диагностики данного минерала по его химическому составу.

На первом этапе, при исследовании химического состава хромшпинелидов, полученного в результате микрозондового анализа, необходимо определить их генетическую принадлежность. Для

этого нужно располагать базой данных, включающей химические составы всех известных генетических групп хромшпинелида, включая не относящиеся к кимберлитовым источникам. В качестве примера можно привести хромшпинелиды «курунградского» типа [2], ферришпинели «серкинского» типа [5] и шпинелиды из базальтоидов, которые не нашли места ни в одной из ныне существующих генетических классификаций кимберлитовых минералов. Следует отметить, что в качестве источников хромшпинелидов «курунградского» типа предполагаются ультраосновные массивы, не имеющие генетического родства с кимберлитами [2]. Для «курунградских» хромшпинелидов характерен ярко выраженный октаэдрический габитус (см. рис. 1) с преобладанием дефектных колотых осторёберных кристаллов. Грани обычно имеют слоистое строение, в результате чего на рёбрах наблюдается штриховка, иногда отмечается расщепление вершин [1]. Для «курунградских» хромшпинелидов не характерны вицинали, к тому же совершенно отсутствуют признаки магматической резорбции [5]. Данная разновидность характеризуется однообразием составов при повышенных содержаниях хрома ($\text{Cr}_2\text{O}_3 > 57$ мас. %) и одновременно низких параметрах по титану ($\text{TiO}_2 < 0,5$ мас. %) и глинозёму (Al_2O_3 в среднем 7–8 мас. %) [1]. Наиболее широко хромшпинелиды «курунградского» типа распространены в пределах Мало-Ботубинского алмазонасного района

ЯАП. В связи с повышенной хромистостью «курунских» хромшпинелидов в данном районе предполагалось, что их источниками являются высокоалмазоносные кимберлитовые тела. Однако интенсивные поиски их коренных источников положительных результатов не дали [5].

В отличие от «курунских» хромшпинелидов шпинелидам «серкинского» типа свойственны повышенное содержание титана (TiO_2 до 9 мас. %), нередко железа (FeO_{tot} до 42 мас. %), а также низкие и умеренные содержания хрома (Cr_2O_3 обычно 28–52 мас. %) и глинозёма (Al_2O_3 в среднем 8–9 мас. %). Исходя из особенностей состава среды «серкинских» хромшпинелидов практически полностью отсутствуют высокохромистые разновидности с содержанием $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 52$ мас. % [5]. Хотя по морфологии зёрен шпинелиды «серкинского» типа практически не отличаются от разновидностей «курунского» типа, для них также характерно преобладание дефектных октаэдрических кристаллов. Наиболее широко шпинелиды «серкинского» типа распространены в россыпях северо-западного борта Вилюйской синеклизы ЯАП (Муно-Тюнгский и Приленский алмазоносные районы).

Таким образом, без надёжной идентификации некимберлитовых шпинелидов все попытки использования любой генетической классификации применительно к шлиховым ореолам с целью определения парагенетической принадлежности кимберлитовых хромшпинелидов на основе их состава будут приводить к существенным ошибкам.

Для достоверной генетической идентификации хромшпинелидов по химическому составу в настоящей работе использована программа «MineralogicalAnalyse» [6], включающая представительные данные по хромшпинелидам из некимберлитовых источников. На сегодня это достаточно эффективный метод генетической идентификации хромшпинелидов по составу, позволяющий количественно определять в полигенной хромитовой ассоциации некимберлитовые разновидности «курунского и «серкинского» типов, а также шпинелиды из базальтоидов. На данный момент программа способна распознавать по составу хромшпинелиды 20 генетических групп, включая разновидности некимберлитового генезиса, имеющих широкое распространение в шлиховых ореолах. Составы по всем генетическим группам внесены в эталонную базу программы «MineralogicalAnalyse», используя которые программа определяет генетическую специализацию хромшпинелидов пу-

тём сопоставления их химических составов с составами минералов из эталонной базы с привлечением статистических методов. Эта программа позволяет не только установить тип источника хромшпинелидов (кимберлитовый – некимберлитовый), но и в случае их кимберлитовой природы установить конкретный парагенезис глубинных источников хромшпинелидов из кимберлитов.

На втором этапе, после выяснения парагенетической принадлежности хромшпинелидов, при сравнительном анализе поисковых объектов, при локализации и идентификации шлиховых ореолов из прогнозных построений необходимо исключить все некимберлитовые разновидности. Другими словами, из общего массива микрозондовых анализов следует отбраковать химические составы шпинелидов «курунского» и «серкинского» типов, а также составы шпинелидов из базальтоидов, определённые в качестве таковых программой «MineralogicalAnalyse». После этого необходимо пересчитать средние содержания по оксидам с учётом данных парагенетической классификации по отношению только к кимберлитовым разновидностям. Лишь в этом случае полученные данные можно считать корректными, достоверно отражающими реальный состав глубинных хромшпинелидов из кимберлитов, которые можно надёжно использовать при идентификации шлиховых ореолов, при прогнозировании неизвестного кимберлитового источника или установлении связи исследуемых минералов с уже известным телом.

Для большей наглядности рассмотрим важность применения рекомендуемого алгоритма диагностики и разбраковки хромшпинелидов на конкретном примере. На рис. 3 показан состав хромшпинелидов из современного аллювия бассейна р. Алымджа в районе древней россыпи Дьюкунах Моркокинского алмазоносного района ЯАП. Как видно из данного рисунка, значительное количество составов – высокохромистые и содержат $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 62$ мас. %. В то же время результаты парагенетической классификации хромшпинелидов, выполненные с использованием программы «MineralogicalAnalyse», показали (рис. 4), что значительную долю среди хромшпинелидов бассейна р. Алымджа составляют некимберлитовые разновидности (57,3 %), среди которых преобладают хромшпинелиды «курунского» типа (36,5 %).

В приведённой таблице перечислены некоторые особенности состава хромшпинелидов бассейна

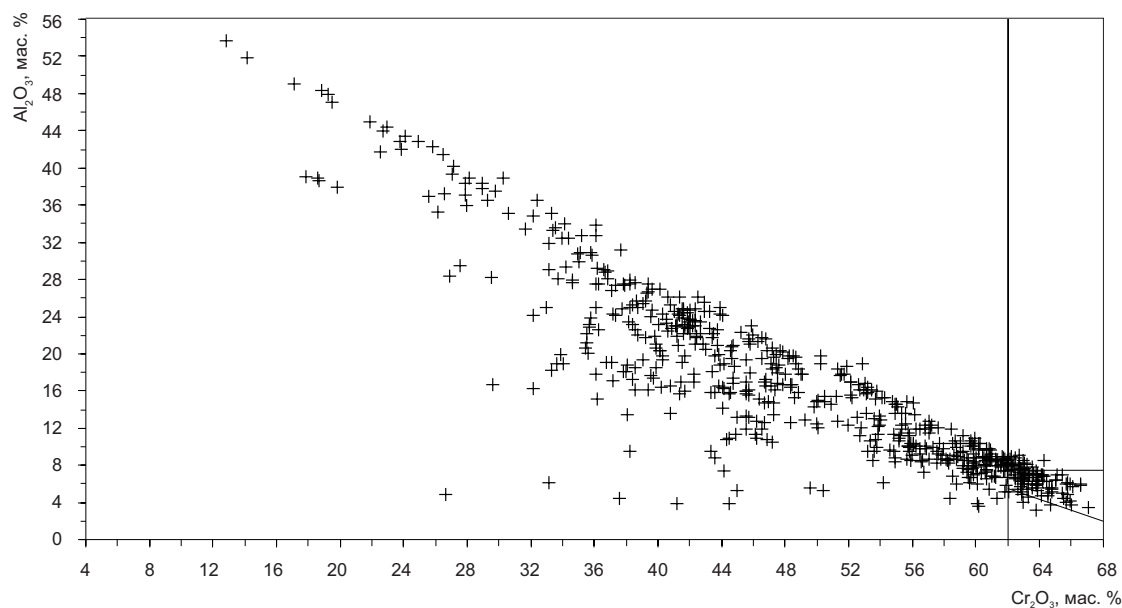


Рис. 3. Распределение составов хромшпинелидов из современного аллювия р. Алымджа в координатах Cr_2O_3 – Al_2O_3 ($n = 611$)

р. Алымджа, в том числе отдельно для разностей из современного аллювия и из древних отложений россыпи Дьюкунах. Приведены данные как в целом для всей хромитовой ассоциации, так и, для сравнения, отдельные показатели только по кимберлитовым разностям, на основании парагенетической классификации хромшпинелидов с использованием вышеназванной программы «MineralogicalAnalyse».

Как следует из таблицы, для общей хромитовой ассоциации из современного аллювия бассейна р. Алымджа в отличие от разностей только кимберлитового генезиса характерны более высокие хромистость (в среднем 49,19 мас. % против 45,08 мас. % Cr_2O_3) и титанистость (в среднем 0,47 мас. % против 0,23 мас. % TiO_2) при пониженной глинозёмистости (в среднем 16,23 мас. % против 20,81 мас. % Al_2O_3). Таким образом, при пересчёте показателей по составу хромшпинелидов непосредственно только по отношению к кимберлитовым разностям их средний состав существенно поменялся по сравнению со всей хромитовой ассоциацией, что более корректно отражает состав хромшпинелидов из кимберлитов. Особенно это заметно по хрому, глинозёму и титану (см. таблицу).

Рассмотрим ещё один весьма показательный пример, когда отбраковка примеси некимберлитовых хромшпинелидов из общей ассоциации может значительно изменить её средний состав. Так, из приведённых в таблице данных по особенностям состава хромшпинелидов непосредственно из древней россыпи Дьюкунах хорошо видно, что примесь некимберлитовых разностей также существенно изменяет средние показатели по составу кимберлитовых хромшпинелидов. Среди хромитов данной россыпи по результатам парагенетической классификации преобладают все те же некимберлитовые разности (76,6 %). Однако в отличие от аллювия р. Алымджа в древней россыпи среди некимберлитовых разностей, как и в целом среди общей хромитовой ассоциации, наиболее распространены не хромшпинелиды «курунгского» типа (рис. 5), а ферришпинели «серкинского» типа (38,5 %) и шпинелиды из базальтоидов (35,9 %) [6].

Из таблицы следует, что для общей полигенной хромитовой ассоциации из россыпи Дьюкунах характерны повышенная титанистость (TiO_2 в среднем > 2 мас. %) и железистость (FeO_{tot} в среднем 27,65 мас. %), а также невысокая хромистость (Cr_2O_3 в среднем 42,5 мас. %), что не ха-

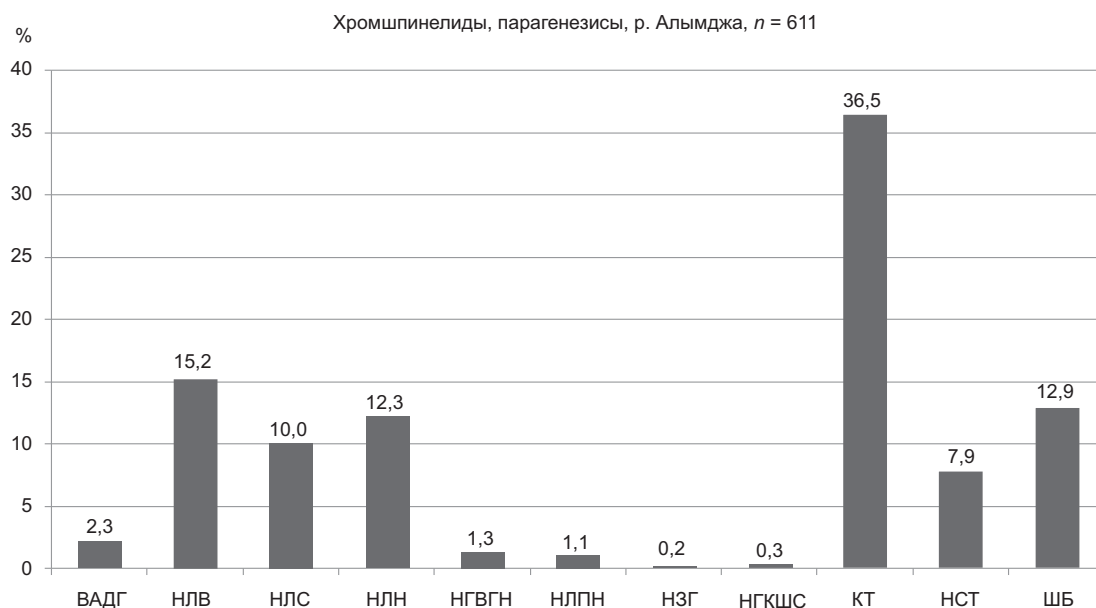


Рис. 4. Распределение хромшпинелидов из современного аллювия р. Алымджа по парагенетическим группам на основе их составов ($n = 611$):

парагенезисы [6]: ВАДГ – из высокоалмазоносных дунитов и гарцбургитов (включения в алмазах перидотитового парагенезиса), НЛВ – из неалмазоносных лерцолитов с высокохромистым шпинелидом, НЛС – из неалмазоносных лерцолитов со среднехромистым шпинелидом, НЛН – из неалмазоносных лерцолитов с низкохромистым шпинелидом, НГВГН – из неалмазоносных гранатовых вебстеритов и гарцбургитов с низкохромистым шпинелидом, НЛПН – из неалмазоносных лерцолитов и пироксенитов с низкохромистым шпинелидом, НЗГ – из зональных гранатов и сростков с ними (неалмазоносные), НГКШС – гранат-клинопироксен-шпинелевые сростки из неалмазоносных ксенолитов, в том числе катаклазированных лерцолитов, КТ – хромшпинелиды «курунгского» типа некимберлитового генезиса, НСТ – ферришпинели «серкинского» типа некимберлитового генезиса, ШБ – шпинелиды из базальтоидов

рактенно для глубинных кимберлитовых хромшпинелидов. Средний состав разностей исключительно кимберлитового генезиса существенно отличается от состава общей хромитовой ассоциации и, в первую очередь, по магнию (в среднем 12,87 мас. % против 10,82 мас. % MgO), титану (в среднем 0,99 мас. % против 2,02 мас. % TiO₂), железу (в среднем 21,62 мас. % против 27,65 мас. % FeO_{tot}) и глинозёму (в среднем 19,51 мас. % против 15,59 мас. % Al₂O₃). Таким образом, и в данном случае при отбраковке хромитов некимберлитового генезиса средние показатели по составу хромшпинелидов приобретают значения, типичные для кимберлитовых разностей.

Приведённые примеры наглядно показывают, как некимберлитовые хромшпинелиды, присутствующие в полигенной хромитовой ассоциации из шлиховых ореолов, могут существенно иска-

жать средние данные по составу хромшпинелидов типичного кимберлитового генезиса. При этом в некоторых районах в пределах ЯАП (Муно-Тюнгский, Приленский и др.) содержание некимберлитовых разностей среди общей хромитовой ассоциации из современного аллювия может достигать 80–100 % от их общего количества. В связи с этим рекомендуемый алгоритм диагностики и разбраковки хромшпинелидов из ореолов рассеяния прежде всего помогает избежать ошибок при изучении составов хромшпинелидов и выявлении особенностей их химизма в пределах той или иной площади. В том числе предложенная последовательность исследования состава хромшпинелидов позволяет более корректно использовать химизм данного минерала при идентификации шлиховых ореолов. При прогнозно-поисковых работах важно не принять особенности со-

Таблица. Особенности состава хромшпинелидов бассейна р. Алымджа

Объект	Число анализов	x, TiO ₂ , мас. %	x, Cr ₂ O ₃ , мас. %	x, MgO, мас. %	x, FeO _{tot} , мас. %	x, Al ₂ O ₃ , мас. %	x, MnO, мас. %	x, NiO, мас. %	% неkimберлитового генезиса
Современный аллювий р. Алымджа									
Средние значения по общей хромитовой ассоциации	611	0,47	49,19	11,22	21,28	16,23	0,41	0,10	57,3
Средние значения по кимберлитовым разностям	261	0,23	45,08	12,34	19,82	20,81	0,39	0,12	–
Древние отложения россыпи Дьюкунах									
Средние значения по общей хромитовой ассоциации	457	2,02	42,50	10,82	27,65	15,59	0,35	0,18	76,6
Средние значения по кимберлитовым разностям	107	0,99	43,63	12,87	21,62	19,51	0,33	0,18	–

става полигенной хромитовой ассоциации за типохимическую особенность хромшпинелидов из ещё неизвестного кимберлитового тела и не строить на этом ошибочный прогноз.

Следует признать, что проблема «ложных» хромшпинелидов актуальна не только по отношению к шлиховым ореолам. Она касается, в том числе, и хромшпинелидов непосредственно из кимберлитов. Иногда приходится сталкиваться с такой ситуацией, когда среди хромшпинелидов из некоторых кимберлитовых тел по данным электронно-зондового анализа отмечается повышенная доля составов, не характерных для разностей из глубинных ксенолитов. В первую очередь это относится к составам с высоким содержанием титана (TiO₂ > 2 мас. %) и железа (FeO_{tot} > 25 мас. %).

При производстве алмазопроходческих работ сложилась практика, когда на микрозондовые исследования отбираются кимберлитовые минералы преимущественно из гранулометрического класса -1+0,5 мм, как наиболее представительного, в котором сосредоточена основная масса минера-

лов из кимберлитов. При недостаточном количестве минералов в классе -1+0,5 мм для достижения представительности выборок по количеству допускается отбор минералов из других классов крупности, например -0,5+0,3 мм. Это вполне оправдано по отношению к гранату и клинопироксену, но неприемлемо для таких оксидных минералов, как хромшпинелид и пикроильменит. Дело в том, что значительная часть таких мелких зёрен (0,3–0,25 мм), представляющих собой практически «рудную пыль», по своей сути являются выделениями связующей массы кимберлитов, которые кристаллизуются непосредственно из кимберлитового расплава на заключительной стадии становления кимберлитовых тел, то есть непосредственно не связаны с процессами глубинного минералообразования. Состав микрооксидов основной массы кимберлитов существенно отличается от состава глубинных хромшпинелидов из большинства ксенолитов мантийных пород главным образом за счёт значительно более высоких содержаний железа и титана [4]. Такие высокотитанистые

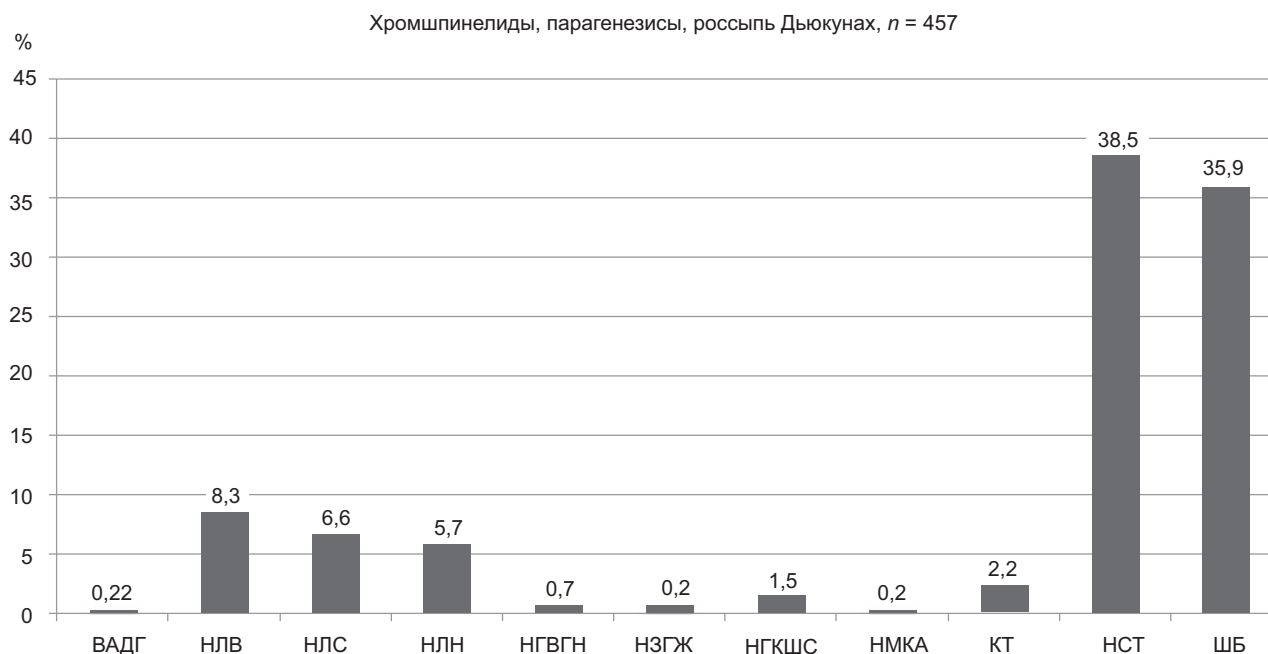


Рис. 5. Распределение хромшпинелидов по парагенетическим группам из древней россыпи Дьюкунах на основе их составов ($n = 457$):

парагенезисы [6]: ВАДГ – из высокоалмазоносных дунитов и гарцбургитов (включения в алмазах перидотитового парагенезиса), НЛВ – из неалмазоносных лерцолитов с высокохромистым шпинелидом, НЛС – из неалмазоносных лерцолитов со среднехромистым шпинелидом, НЛН – из неалмазоносных лерцолитов с низкохромистым шпинелидом, НГВГН – из неалмазоносных гранатовых вебстеритов и гарцбургитов с низкохромистым шпинелидом, НЗГЖ – высокожелезистые шпинелиды из зональных гранатов (неалмазоносные), НГКШС – гранат-клинопироксен-шпинелевые сростки из неалмазоносных ксенолитов, в том числе катаклазированных лерцолитов, НМКА – из неалмазоносных магнезиально-кальциевых алькремитов, КТ – хромшпинелиды «курунгского» типа некимберлитового генезиса, НСТ – ферришпинели «серкинского» типа некимберлитового генезиса, ШБ – шпинелиды из базальтоидов

хромшпинелиды по составу очень близки ферришпинелям «серкинского» типа.

Таким образом, искусственное обогащение выборок хромшпинелидов мелкими гранулометрическими классами ($< 0,3$ мм) при отборе монофракций из концентратов кимберлитовых проб также способно привести к существенному искажению данных по среднему составу ксеногенных (глубинных) хромшпинелидов в хромитовой ассоциации конкретного кимберлитового тела. Примером могут служить данные по составу хромшпинелидов из трубки Надежда Алакит-Мархинского кимберлитового поля ЯАП. На рис. 6 показаны результаты парагенетической классификации хромшпинелидов из данного тела на основе их состава, полученные с использованием специализированной программы «MineralogicalAnalyse» [6].

Как следует из рис. 6, несмотря на преобладание в тр. Надежда хромшпинелидов кимберлитового генезиса (51,2 %), представленных преимущественно разностями из неалмазоносных лерцолитов с высокохромистым шпинелидом (НЛВ-парагенезис – 29,8 %), одновременно отмечается достаточно высокая доля некимберлитовых разностей (48,8 %). При этом среди последних отмечаются высокотитанистые и высокожелезистые разности с содержанием TiO_2 до 7,6 мас. % (TiO_2 в среднем 2,13 мас. %) и более 40 мас. % суммарного железа (FeO_{tot} в среднем 24,89 мас. %). Подобные высокотитанистые и высокожелезистые разности не свойственны глубинным мантийным хромшпинелидам из кимберлитов, тем более в таком повышенном количестве. Как видно на рис. 6, среди хромшпинелидов из данного тела преобладают

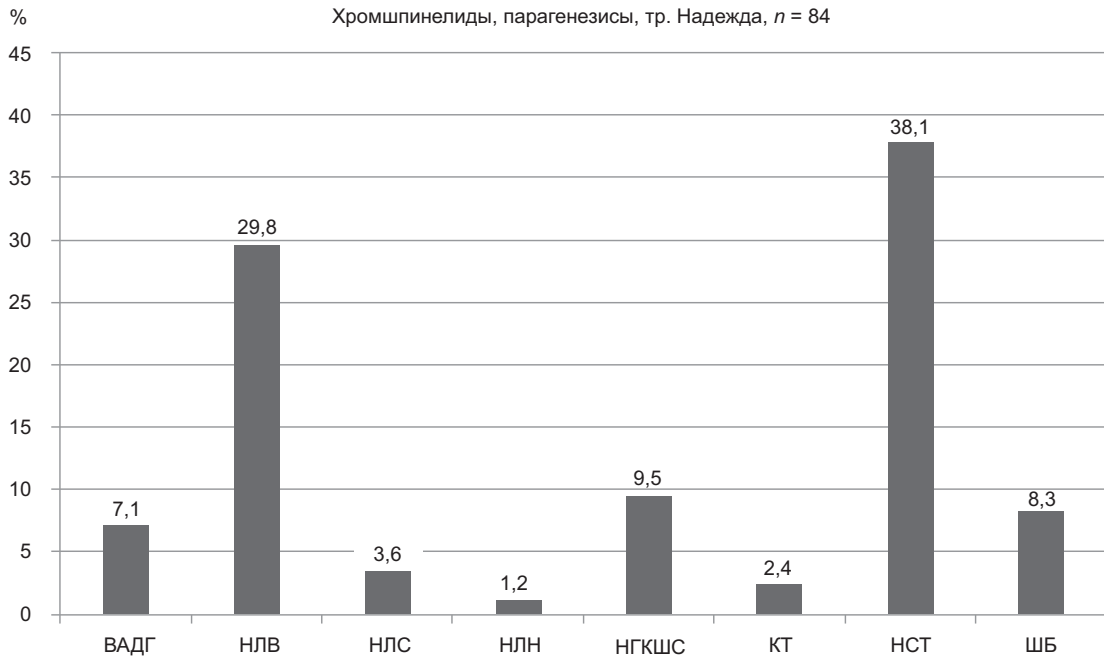


Рис. 6. Парагенетические особенности состава хромшпинелидов из тр. Надежда ($n = 84$):
расшифровку парагенезисов см. на рисунках 4 и 5

некимберлитовые ферришпинели «серкинского» типа (НСТ-парагенезис), содержание которых составляет 38,1 %.

Повышенное содержание некимберлитовых разновидностей среди хромшпинелидов из тр. Надежда связано с чрезмерным увлечением мелкими гранулометрическими классами ($< 0,3$ мм) при отборе монофракций хромитов на микрондовый анализ. Поэтому при изучении особенностей состава хромшпинелидов непосредственно из кимберлитовых концентратов для корректного использования данных по их химизму необходимо из анализируемых выборок полностью исключать разности размерностью $< 0,3$ мм, которые никак не связаны с процессами глубинного (мантийного) минералообразования. Только в этом случае можно получить достоверные данные по составу аксессуарной разновидности хромшпинелидов из глубинных ксенолитов.

Вряд ли стоит отрицать, что и в кимберлитах может присутствовать в качестве ксеногенного материала примесь коровых хромшпинелидов с отличным от глубинных (мантийных) разностей составом. Особенно это может касаться кимберлитовых тел «молодого» (мезозойского) возраста

в районах интенсивного проявления траппового магматизма. Если кимберлиты прорывают породы трапповой формации, то в них может быть повышена доля шпинелидов из базальтоидов. Но, как правило, доля примеси «некимберлитовых» разновидностей среди хромшпинелидов в кимберлитовых телах обычно не превышает 20 %, в среднем составляя 10–15 % [5]. С нашей точки зрения, указанные содержания «некимберлитовых» хромшпинелидов в кимберлитовых трубках ещё могут считаться допустимыми для корректных выводов. Содержание же в кимберлитах «некимберлитовых» разностей на уровне 40–50 % и более должно настораживать. В подобных случаях необходимо выяснять причины такой нестандартной ситуации.

О присутствии в полигенной хромитовой ассоциации разностей некимберлитового генезиса можно судить и по среднему химическому составу выборки. Опыт работ показывает, что в тех пробах, где преобладают ферришпинели «серкинского» типа, для хромшпинелидов характерны высокие содержания оксида титана, в среднем превышающие 2–4 мас. % TiO_2 . Для хромшпинелидов типичного кимберлитового генезиса данный

показатель обычно составляет < 1 мас. % TiO_2 (TiO_2 в среднем 0,3–0,9 мас. %). Там, где присутствует смесь «серкинских» ферришпинелей и разностей кимберлитового генезиса, средние содержания оксида титана в шпинелидах обычно лежат в пределах 1–2 мас. % TiO_2 . В случае если основную массу хромитовой ассоциации составляют хромшпинелиды «курунгского» типа, то средние содержания титана в них будут составлять буквально сотые доли процента (TiO_2 в среднем порядка 0,02–0,05 мас. %).

Заключение. Таким образом, значительное распространение в ореолах рассеяния некимберлитовых шпинелидов может существенно искажать средние данные по составу хромшпинелидов кимберлитового генезиса. В этой связи рекомендованный алгоритм диагностики хромшпинелидов и отбраковки «ложных» шпинелидов некимберлитового генезиса от кимберлитовых разностей с учётом парагенетических особенностей их состава позволяет избежать ошибок при прогнозных построениях в процессе алмазопроисковых работ. Если мы хотим получить корректные данные по аксессуарной разновидности данного минерала из глубинных ксенолитов, то при изучении состава хромшпинелидов из кимберлитов необходимо полностью исключить из дальнейших исследований разности мелких гранулометрических классов (< 0,3 мм). Среди них преобладают выделения основной массы кимберлитов, никак не связанные с процессами глубинного (мантийного) минералообразования. При исследовании химизма хромшпинелидов важно не принять осо-

бенности состава полигенной хромитовой ассоциации за типоморфную особенность хромшпинелидов из прогнозируемых кимберлитовых тел.

В целом предложенный алгоритм изучения хромшпинелидов способен оказать значительную помощь при проведении алмазопроисковых работ. Так, результаты исследования хромшпинелидов в бассейне р. Алымджа в пределах Моркокинского алмазодобывающего района ЯАП согласно рекомендованному алгоритму показали, что прогнозно-поисковая значимость данного минерала в этом районе как самостоятельного минерала ничтожно мала по причине высокой доли среди хромшпинелидов разностей некимберлитового генезиса [6]. Кроме этого, хромшпинелидовые ореолы с преобладанием в ассоциации некимберлитовых разностей, как правило, имеют площадное распространение и трудно поддаются локализации. В этой связи рекомендуемая последовательность изучения состава хромшпинелидов способна помочь в локализации разностей типичного кимберлитового генезиса на фоне площадных ореолов полигенной хромитовой ассоциации.

Изложенные в данной работе рекомендации по исследованию состава хромшпинелидов докладывались на внутрикорпоративном конкурсе профессионального мастерства АК «АЛРОСА» «Лучший по профессии», где были отмечены дипломом I-й степени (2021 г.).

Автор выражает благодарность кандидату геолого-минералогических наук А. М. Хмелькову за предоставленную возможность работы со своей программой «MineralogicalAnalyse».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Похиленко Н. П. Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов. – Новосибирск : Филиал «Гео»; Изд-во СО РАН, 2001. – 276 с.
2. Афанасьев В. П., Похиленко Н. П., Логвинова А. М., Зинчук Н. Н., Ефимова Э.С., Сафьянников В. И., Красавчиков В. О., Подгорных Н. М., Пругов В. П. Особенности морфологии и состава некоторых хромшпинелидов алмазодобывающих площадей в связи с проблемой «ложных» индикаторов кимберлитов // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41, № 12. – С. 1729–1741.
3. Илупин И. П. Высокохромистые хромиты из кимберлитов и ультрабазитов – сходства и различия // Руды и металлы. – 2002. – № 4. – С. 54–58.
4. Кротков В. В., Кудрявцева Г. П., Богатилов О. А., Валуев Е. П., Вержак В. В., Гаранин В. К., Заостровцев А. А., Кононова В. А., Литинский Ю. В., Пашкевич И. Р., Степанов А. Н., Фортыхин В. С. Новые технологии разведки алмазных месторождений. – М. : ГЕОС, 2001. – 310 с.
5. Хмельков А. М. Основные минералы кимберлитов и их эволюция в процессе ореолообразования (на примере Якутской алмазодобывающей провинции). – Новосибирск : АРТА, – 2008. – 252 с.
6. Хмельков А. М., Власова Э. А. Парагенетические особенности состава хромшпинелидов из россыпи

Дьюкунах (Якутия) // Вестник ВГУ, серия Геология – 2020. – № 4. – С. 36–45.

7. Щербакова Т. Е. Типоморфные характеристики минералов кимберлитов в ореолах рассеяния и их использование при поисках месторождений алма-

зов Зимнего Берега : специальность 25.00.11 «Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения» : автореф. дис. на соискание учёного степеней. канд. геол.-минерал. наук / Татьяна Евгеньевна Щербакова. – М. : ЦНИГРИ, 2005. – 25 с.

REFERENCES

1. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N., Pokhilenko N. P. Morfologiya i morfogenez indikatornykh mineralov kimberlitov [Morphology and morphogenesis of indicator minerals of kimberlites], Novosibirsk, izdatel'stvo SO RAN publ., 2001, 276 p. (In Russ.)
2. Afanas'ev V. P., Pokhilenko N. P., Logvinova A. M., Zinchuk N. N., Efimova E. S., Saf'yannikov V. I., Krasavchikov V. O., Podgornykh N. M., Prugov V. P. Osobennosti morfologii i sostava nekotorykh khromshpinelidov almazonosnykh ploshchadei v svyazi s problemoi «lozhnykh» indikatorov kimberlitov. [Features of the morphology and composition some chromspinelides to diamondiferous areas in connection with the problem of «false» indicators kimberlites]. Geologiya i geofizika [Geology and geophysics], 2000, V. 41, No. 12, pp. 1729–1741. (In Russ.)
3. Ilupin I. P. Vysokokhromistye khromity iz kimberlitov i ul'trabazitov – skhodstva i razlichiya [High chromium chromites from kimberlites and ultrabasites – similarities and differences], Rudy i metally [Ores and metals], 2002, No. 4, pp. 54–58. (In Russ.)
4. Krotkov V. V., Kudryavtseva G. P., Bogatkov E. P., Valuev E. P., Verzhak V. V., Garanin V. K., Zaostrov-
5. Khmelkov A. M. Osnovnye mineraly kimberlitov i ikh evolyutsiya v protsesse oreolobrazovaniya (na primere Yakutskoi almazonosnoi provintsii). [The main minerals of kimberlites and their evolution in the process of halation (on the example of the Yakutian diamondiferous province)]. Novosibirsk, ARTA publ., 2008, 252 p. (In Russ.)
6. Khmelkov A. M., Vlasova E. A. Parageneticheskie osobennosti sostava khromshpinelidov iz rossypi D'yukunakh (Yakutiya). [Paragenetic features of composition chromspinelides from Dyukunakh placer (Yakutia)]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geologiya [Proceedings of Voronezh State University. Series Geology], 2020, No. 4, pp. 36–45. (In Russ.)
7. Shcherbakova T. E. Tipomorfnye kharakteristiki mineralov kimberlitov v oreolakh rasseyaniya i ikh ispol'zovanie pri poiskakh mestorozhdenii almazov Zimnego Berega [Typomorphic characteristics of kimberlite minerals in halos and their use in the search for Winter Coast diamond deposits], Moscow, 2005, 25 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 06.02.24; одобрена после рецензирования 03.04.24; принята к публикации 15.04.24.
The article was submitted 06.02.24; approved after reviewing 03.04.24; accepted for publication 15.04.24.