

Б.М. Осовецкий

Пермский государственный национальный
исследовательский университет, г. Пермь

РОЛЬ МИНЕРАЛОВ-СПУТНИКОВ ПРИ ПОИСКАХ РОССЫПЕЙ АЛМАЗОВ НА УРАЛЕ

Минералы-спутники алмазов кимберлитового происхождения (пиропы, хромшпинелиды, пикроильменит и др.) часто встречаются в кайнозойских россыпях алмазов и промежуточных коллекторах раннего девона и раннего силура на западном склоне Урала. В данной статье автор на основе представления о нахождении их источников питания (кимберлитов) на восточной окраине Волго-Уральского щита обосновывает необходимость использования минералов-спутников как индикаторов степени алмазоносности россыпных отложений на стадии поисков.

Ключевые слова: алмаз, поиски, россыпи, минералы-спутники,
Западный Урал.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2024.90

Введение. О минералах-спутниках алмазов в россыпях и отложениях промежуточных коллекторов на западном склоне Урала имеются многочисленные литературные источники с участием большого количества исследователей, представляющих различные научные коллективы и организации (А.А. Кухаренко, Ю.В. Шурубор, Ю.Р. Беккер, Н.Б. Бекасова, Б.М. Келлер, В.К. Гаранин, С.П. Пьянкова, В.Н. Повонская, В.А. Ветчанинов, О.О. Соколова, Л.И. Лукьянова, Т.В. Харитонов, Э.С. Щербаков, И.А. Малахов, И.И. Чайковский, В.А. Езерский, В.Н. Анфилогов, О.Б. Наумова, А.М. Чумаков, И.А. Эсмонтович, И.И. Казаков, Ю.Г. Пактовский, А.Г. Попов и др.). Результатами этих исследований являются, в частности, детальные описания таких характерных для уральских россыпей минералов-спутников, как хромистые пиропы, хромшпинелиды, пикроильмениты. Наиболее вероятными коренными источниками этих минералов считаются алмазоносные дунит-гарцбургиты и другие породы кимберлитового ряда.

Минералы-спутники уральских алмазов, относящиеся к группам гранатов, ильменита и шпинели, являются представителями большого разнообразия минеральных видов, многие из которых не имеют отношения к кимберлитам, особенно алмазоносным. Для идентификации тех разновидностей,

которые относятся к алмазному парагенезису, требуется применять современные методы аналитических исследований с обязательным проведением микрозондового анализа и расчетом минерального состава. Далеко не все опубликованные данные о минералах-спутниках уральских алмазов отвечают этим требованиям.

Целью настоящей статьи является анализ результатов некоторых работ по изучению химического состава хромистых пиропов, высокомагнезиальных хромшпинелидов и пикроильменитов, результаты которых могут быть использованы при поисках алмазоносных россыпей на территории западного склона Урала. Обсуждаются также проблемы разработки прогнозно-поискового комплекса на россыпные алмазы данной территории с включением исследований минералов-спутников алмаза.

Гранаты. Минералы группы гранатов постоянно присутствуют в составе тяжелой фракции аллювиальных отложений западного склона Урала. В частности, в тяжелой фракции аллювия Нижневишерской терригенно-минералогической подпровинции их среднее содержание оценивается в 5% [4].

В минеральных видах группы гранатов, которая отличается особенно большим разнообразием химического и соответственно минерального состава, для оценки их принадлежности к алмазоносным кимберлитам решающее значение имеет доля кноррингитового минерала – $Mg_3Cr_2[SiO_4]_3$.

В качестве примера ниже рассмотрены результаты детально изученных (при участии автора статьи) с применением микрозондового анализа геохимических особенностей 70 зерен гранатов в месторождениях Рассольнинское, приуроченном к песчаникам колчимской свиты нижнего силура, и Волынка [2]. Размер зерен гранатов варьировал от 40 мкм до 1 мм и более. Морфологически зерна представлены искаженными или правильными кубоидами с резорбированной поверхностью.

В этих месторождениях, наряду с преобладающими по количеству гранатами некимберлитового парагенезиса (пироп-альмандины, гроссуляр-пироп-альмандины, уваровит-альмандин-пиропы и пироп-альмандин-спессартины), установлено присутствие хромистых пиропов, для которых наиболее вероятными источниками питания являлись алмазоносные кимберлиты. Такие гранаты представляют алмаз-пироповую фацию глубинности (150–200 км) и обычно являются спутниками кимберлитовых алмазов в породах ультраосновного ряда.

Хромистые пиропы данных объектов представлены одинаковой кноррингит-пироповой ассоциацией минеральных компонентов. Они заметно различаются по окраске с отчетливым разделением на две группы: фиолетовые и красные разновидности. Различие окраски этих групп

пиропов обусловлено заметным изменением доли кноррингитового минала, которая в целом варьирует в пределах от 5 до 30%. При этом доля пиропового минала в каждом зерне, как правило, превышает 50% (табл.).

Таблица

*Средний минальный состав хромистых пиропов
Рассольнинского месторождения, %*

Группа	Пироп	Кнор-рингит	Аль-мандин	Уваро-вит	Спес-сартин	Андра-дит	Число зерен
Фиолетовые	55,98	25,34	5,70	2,06	0,65	10,27	15
Красные	70,89	13,73	5,28	1,52	0,52	8,06	10

Следует подчеркнуть, что доля кноррингит-пироповых гранатов в общей совокупности их зерен составляет около 36%, т.е. достаточно велика.

Хромшпинелиды. Хромшпинелиды также являются довольно распространенными минеральными компонентами шлихов, отмытых из аллювиальных отложений западного склона Урала. Например, в тяжелой фракции аллювия Косьвинской терригенно-минералогической провинции их содержание достигает 5% [4].

Их источниками питания, в частности, являются породы Сарановской группы месторождений. Средний минальный состав хромшпинелидов руд этого месторождения определен нами в следующем соотношении (%): феррохромит – 40,6; шпинель – 28,2; пикрохромит – 19,3; магнетит – 7,5; остальные – менее 2 [5]. Соответственно, во многих водотоках западного склона Урала хромшпинелиды в составе тяжелой фракции аллювия также отличаются преобладанием феррохромитового минала. Однако, для территории Якутской кимберлитовой провинции установлено, что в хромшпинелидах кимберлитов и соответственно аллювия преобладающим миналом обычно является пикрохромит [9].

Аналогичная специфика минального состава хромшпинелидов была подтверждена и для алмазонасных россыпей территории западного склона Урала [2]. В частности, изучен минальный состав 41 зерна хромшпинелидов из отложений Рассольнинского месторождения. Размер этих зерен обычно 1,0–0,5 мм, морфология – в основном октаэдрические кристаллы. По химическому составу среди них преобладали подгруппы высокотитанистых среднеглиноземистых алюмохромитов и субферриалюмохромитов, но присутствовали и другие, что является следствием размытия пород различных источников питания.

Минальный состав изученных зерен хромшпинелидов очень разнообразен. К хромшпинелидам алмазной ассоциации отнесены только 8 кристаллов с преобладанием пикрохромитового минала. Их средний

минальный состав (%) следующий: пикрохромит – 75,0; шпинель – 11,9; магнетит – 7,2; феррохромит – 6,0. В химическом составе этих хромшпинелидов содержание Cr_2O_3 превышает 63%, а MgO – более 20%.

Резкое отличие минального состава этой группы хромшпинелидов изученной алмазоносной россыпи от такового, характерного для хромшпинелидов рудных месторождений Урала, позволяет надежно использовать их в поисковой практике на россыпные алмазы. При этом необходимо учитывать, что доля пикрохромитовых хромшпинелидов в общей совокупности их зерен составляет только около 20%.

Ильмениты. Минералы этой группы также являются обычными компонентами тяжелой фракции аллювия на западном склоне Урала. В частности, их среднее содержание в составе тяжелой фракции аллювия Средней-винской подпровинции составляет 5% [4].

Из минералов группы ильменита при оценке алмазоносности территории обязательным является присутствие его магнезиальной разновидности – пикроильменита, в составе которого индикаторным миналом является гейкилит (MgTiO_3). Одно из детальных исследований минального состава пикроильменитов в породах Вольнской россыпи и Рассольнинского участка (такатинская и колчимская свиты) выполнено уральскими учеными [3]. Ими установлено, что доля ильменитового минала в пикроильменитах колеблется в широких пределах – от 28,4 до 77,5%, гейкилитового – от 6,5 до 41,3%.

Особенностью пикроильменита данных россыпных объектов является также присутствие и иногда даже преобладание (до 63,8%) армоколлитового минала – $(\text{Mg,Fe})\text{Ti}_2\text{O}_5$. Последний был впервые обнаружен в породах Луны. Обычно он присутствовал как включение в центральной части зерен ильменита, что свидетельствовало о начальной фазе кристаллизации при очень быстром охлаждении расплава. Армоколлит в дальнейшем был найден и в кимберлитах.

Интересна также находка на территории западного склона Урала зерна пикроильменита следующего состава (мас. %): TiO_2 – 49,27; FeO – 32,34; MgO – 14,14, для которого характерно преобладание гейкилитового минала (48,51%) над ильменитовым (33,66%) [8].

Использование минералов-спутников при поисках россыпей алмазов на Урале. Присутствие на западном склоне Урала в россыпных алмазоносных отложениях кайнозойского возраста и породах промежуточных коллекторов минералов-спутников алмаза, имеющих кимберлитовое происхождение, является надежно установленным фактом. Однако из этого факта многими исследователями был сделан неправильный вывод о нахождении в непосредственной близости от мест их находок алма-

зоносных кимберлитов. Значительные материальные затраты в течение длительного периода были потрачены впустую: проведенные полевые работы не подтвердили это предположение. Основное нарушение законов поисковой практики при этом заключалось в переносе поисковых методов, разработанных и успешно применяемых для платформенных областей, на территорию складчатой области западного склона Урала. После получения отрицательных результатов поисковых работ на кимберлиты была допущена вторая грубая ошибка: предложена ложная гипотеза о присутствии на западном склоне Урала некоторых нетипичных алмазосносных коренных пород.

На западном склоне Урала создалась ситуация, необычная для поисковой практики: сначала в россыпи обнаруживались алмазы, а потом – минералы-спутники. К тому же исследователи отмечали редкость находок минералов-спутников, которые обнаруживались в меньшем количестве, чем сами алмазы [7].

В решении проблемы использования минералов-спутников алмаза в поисковой практике на западном склоне Урала мы исходим из представления о том, что их коренные источники (алмазосносные кимберлиты) имеют предположительно докембрийский возраст и располагаются на значительной глубине в пределах соседней территории восточной окраины Волго-Уральского щита [6]. В течение длительного геологического времени на них формировалась мощная кора выветривания, которая размывалась водными потоками в раннедевонское и раннесилурийское время. Реки текли с запада на восток, при этом минералы-спутники транспортировались и отлагались вместе с алмазами в прибрежно-морских и аллювиальных фациальных обстановках. В результате сформировались соответствующие промежуточные коллекторы алмазов (колчимский и такатинский), которые в свою очередь в дальнейшем стали источниками питания кайнозойских россыпей в палеодолинах.

Некоторые сложности возникают при интерпретации ураганных содержаний минералов-спутников в алмазосносных отложениях западного склона Урала. Такие скопления минералов-спутников приурочены к небольшим линзам или прослоям. Размеры их часто не превышают одного метра по протяженности. Именно такие находки ранее трактовались как наиболее достоверное доказательство присутствия поблизости кимберлитового тела или другого первоисточника. Однако детальным опробованием окружающих пород было надежно доказано, что минералы-спутники в них полностью исчезали с удалением на небольшое расстояние от места ураганной находки.

Мы предлагаем рассматривать такие находки как результат приноса водными потоками в раннем девоне или силуре на территорию западного склона Урала небольших обломков кимберлитов в составе крупнообломочного материала. Их дезинтеграция с высвобождением минералов-спутников происходила уже в породах промежуточного коллектора. Данная интерпретация позволяет также объяснить присутствие в тех же линзах слабоустойчивых к процессам выветривания минералов кимберлитового происхождения (например, хромдиопсида, оливина).

Наилучшим ответом на вопрос о том, каким образом следует использовать находки минералов-спутников алмазов (хромистых пиропов, хромшпинелидов, пикроильменита) в отложениях разного возраста на западном склоне Урала, является следующий: работы по выявлению минералов-спутников необходимо проводить на поисковой стадии, и такие находки следует рассматривать как дополнительное свидетельство алмазонности пород.

Опробование отложений на минералы-спутники на западном склоне Урала должно быть заложено в прогнозно-поисковом комплексе работ на россыпные алмазы. Наибольший экономический эффект может быть достигнут в случае выполнения таких работ на нескольких поисковых объектах, из которых только некоторые с учетом данных о минералах-спутниках должны быть рекомендованы для проведения разведочных работ.

При разработке соответствующей части прогнозно-поискового комплекса, помимо решения вопросов о количестве, объеме поисковых проб и методах их полевой обработки, необходимо детально описать особенности лабораторных методов. При этом следует учитывать, что к минералам-спутникам алмазов на западном склоне Урала относится только некоторая часть крупных зерен гранатов, ильменита и хромшпинелидов. Для их идентификации необходимо использовать современные методы электронной микроскопии с обязательным микронзондовым анализом.

Следует учитывать также присутствие среди минералов-спутников сильно измененных разновидностей. В частности, в отложениях колчимской и такатинской свит обнаружены сильно измененные хромшпинелиды с экстремально высокими содержаниями пикрохромитового минала (от 55,2 до 80%) [3]. Многие зерна пикроильменита сильно лейкоксенизированы.

Пока дискуссионными остаются вопросы о возможности использования в поисковой практике на западном склоне Урала таких редких минералов, как муассанит, армолколит, флоренсит.

В качестве минералов-спутников алмазов на западном склоне Урала могут быть использованы также мелкие алмазы, которые нередко являются осколками крупных кристаллов. В частности, они могут быть ис-

пользованы в поисковой практике для разбраковки россыпей с промышленными и непромышленными содержаниями алмазов. С этой целью в свое время были выполнены тематические исследования с целью установления соотношения количества мелких и крупных зерен алмазов на примере россыпей Ново-Колчимской и Вогульской депрессий [1]. Эти россыпи оказались слабоалмазоносными, что подтверждается и результатами по мелким алмазам, которых в пробах общего объема 48 м³ было обнаружено всего 8 зерен (размером от 0,08 до 0,41 мм). Ранее было установлено, что в высокоалмазоносных отложениях обычно для обнаружения одного мелкого алмаза требовалось изучить пробу объемом порядка 2 м³. При аналогичных исследованиях в бассейне р. Акчим были отдельно изучены на мелкие алмазы алмазоносные и неалмазоносные отложения. В первых было обнаружено 7 мелких кристаллов размером от 0,12 до 0,5 мм, во вторых мелкие алмазы вообще отсутствовали.

Заключение. Исследования минералов-спутников алмазов рекомендуется включить в состав прогнозно-поискового комплекса (ППК) как составная часть минералогического блока. С этой целью предлагается отбирать на стадии поисков выборочно пробы из керна поисковых скважин. При их классификации на ситах предлагается выделить классы частиц размером 2,0–1,0 мм для просмотра и отбора зерен минералов-спутников, а также 0,25–0,1 мм – для разделения навески в бромформе с последующим изучением минерального состава аллотигенной части тяжелой фракции и выделения индикаторной минеральной ассоциации.

Важность выполнения таких работ становится очевидной, если вспомнить историю открытия Сюзевской россыпи алмазов в районе, где в течение нескольких десятилетий при поисковых работах находились алмазы с непромышленными содержаниями. Следует подчеркнуть, что минералогические исследования при поисковых работах там были выполнены и показали высокую степень разубоживания отложений обломочным материалом местных пород, но эти результаты не были приняты во внимание.

Находки минералов-спутников на поисковой стадии работ могут служить дополнительным индикатором степени алмазоносности отложений, учитывая значительное количество на западном склоне Урала ранее обнаруженных россыпных объектов с непромышленной алмазоносностью.

Исследования представляют собой обобщение собственных материалов, полученных с использованием различных источников финансирования (грантов, тематических работ и т.д.), совместных исследований с сотрудниками Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, наряду с использованием ряда литературных источников.

Библиографический список

1. Лунев Б.С., Осовецкий Б.М. Мелкие алмазы Урала. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1996. 128 с.
2. Макеев А.Б., Осовецкий Б.М., Черепанов Е.Н., Наумов В.А. Минералы-спутники алмаза месторождений Рассольнинское и Волынка // Геол. рудн. месторожд. 1999. Т.41, № 6. С. 527-545.
3. Малахов И.А., Бушарина С.В. Состав типоморфных минералов-спутников алмазов в разновозрастных терригенных породах Красновишерского района на Северном Урале как индикатор их происхождения // Известия Уральской гос. горно-геол. академии. Вып. 10. С. 33-43.
4. Осовецкий Б.М. Минералогия мезокайнозой Прикамья. Пермь: Изд-во ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2004. 292 с.
5. Осовецкий Б.М. Прецизионные методы исследования минералов // Пермь: ПГНИУ, 2021. 156 с.
6. Осовецкий Б.М., Пактовский Ю.Г., Понов А.Г., Чуйко В.А. Источники питания и история формирования уральских россыпей алмазов // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. 2023. Вып. 26. С. 196-206.
7. Пактовский Ю.Г., Понов А.Г. Девонский коллектор алмазов Урала // Литосфера, т. 23, № 4. 2023. С. 683-700.
7. Силаев В.И., Чайковский И.И., Харитонов Т.В., Филиппов В.Н., Хазов А.Ф. К проблеме атипичных и нетрадиционных минералов-спутников алмаза (на примере Урала) // Сыктывкар, 2009. 65 с.
8. Хмельков А.М. Основные минералы кимберлитов и их эволюция в процессе ореолообразования // Новосибирск: АРТА, 2008. 252 с.

ROLE OF MINERAL-INDICATORS UNDER PROSPECTING OF DIAMOND PLACERS IN THE URALS

B.M. Osovetsky

opal@psu.ru

The mineral-indicators of kimberlite diamonds (pyropes, chromeshpinelides, microilmenite, and others) are very often met in the Cenozoic placers and intermediate collectors in the western slope of the Urals. The author of the article supposes the presence of their mother rocks (kimberlites) in the eastern frontier areas of the Volga-Urals Shield. So mineral-indicators may be used as indicators of diamond quantity in placers during their prospecting.

Key words: diamonds, placers, mineral-indicators, the Western Urals.