

И.М. Наумко, М.Д. Братусь

## ОЧЕНЬ НУЖНЫЕ И ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ (РЕЦЕНЗИЯ НА КНИГИ ОБ АЛМАЗАХ)

---

В 2000—2010 гг. в Новосибирске были изданы три книги (Атлас морфологии алмазов России / В.П. Афанасьев, Э.С. Ефимова, Н.Н. Зинчук, В.И. Коптиль. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, НИЦ ШТТМ, 2000. — 298 с. — 300 экз.; Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов / В.П. Афанасьев, Н.Н. Зинчук, Н.П. Похиленко. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, фил. "Геос", 2001. — 276 с. — 400 экз.; Поисковая минералогия алмаза / В.П. Афанасьев, Н.Н. Зинчук, Н.П. Похиленко. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, фил. "Геос", 2010. — 416 с. — 700 экз.), посвященные алмазам Якутии. Этот "триптих" вмещает обширнейшую информацию о разнообразии форм и внешнего вида алмазов из кимберлитов Якутии, о морфологии и морфогенезе индикаторных минералов и о путях применения знаний об этих свойствах в практике поисковых работ на алмаз.

Нарастающая добыча алмазов в мире на современном этапе требует формирования глобальной концепции их поисков: от космического зондирования обширных территорий и изучения структурно-тектонического развития регионов с выделением перспективных территорий до локальных геологических поисков. Опубликованные ранее результаты исследований (Сокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Зубев В.М. Космические методы при прогнозировании и поисках месторождений алмазов. — М. : Недра, 2001. — 198 с.; Зинчук Н.Н., Дукарт Ю.А., Борис Е.И. Тектонические аспекты прогнозирования кимберлитовых полей. — Новосибирск, 2004. — 166 с.; Савко А.Д., Шевелев Л.Г., Зинчук Н.Н. Эпохи мощного корообразования и алмазного магматизма в истории Земли. — Воронеж, 1999. — 142 с. и др.) свидетельствуют, что такой концептуальный иерархический подход широко применяется в ходе поисков алмазов в Якутии.

Поиск алмазов непосредственно начинается на заранее выделенных перспективных территориях. В арсенал средств поисков на этом этапе входят все современные минералогическо-петрографические методы и методы изучения: формы, внешнего вида и физических свойств алмазов, морфологии, химического состава и

физических свойств индикаторных минералов-спутников алмаза, состав и характер твердых включений в алмазе и в минералах-спутниках, ряда других показателей.

Книги, которым посвящен данный отзыв, содержат обширнейшие сведения о морфологии алмаза, его минералах-индикаторах и о системе поисков коренных и россыпных месторождений в различных геолого-структурных обстановках. Каждая из книг посвящена конкретному вопросу алмазоносности. В целом они составляют единое издание об алмазах, объединенное также единством стиля и полиграфического исполнения очень высокого уровня.

Выход в свет этих книг — яркий пример плодотворного сотрудничества между академической и отраслевой наукой — Объединенным институтом геологии, геофизики и минералогии СО РАН, ЯНИГП ЦНИГРИ и АК "АЛРОСА".

Для украинских геологов, занимающихся изучением алмазов и его поисками, такие книги представляют чрезвычайный интерес. К сожалению, их небольшой тираж не в состоянии обеспечить потребности в них даже в России, не говоря о странах СНГ и дальнего зарубежья.

Название первой из рецензируемых книг — "Атлас морфологии алмазов России" говорит

само за себя. Из 290 страниц книги три четверти занимают иллюстрации — фотографии кристаллов алмазов в основном из кимберлитов и россыпей Якутии, реже из других типов алмазоносных пород. Аналогичных изданий в мире нет. Как справедливо указывает в предисловии к изданию академик Н.В. Соболев, "Исключительное разнообразие алмазов по формам и внешнему виду давно обращало на себя внимание исследователей, широко использовавших эти признаки для выявления связи с различными свойствами алмазов и обсуждения особенностей их образования либо в процессе роста, либо в результате растворения".

Единые критерии оценки участия процессов травления (растворения) в формировании габитуса кристаллов глубинных алмазов до сих пор не сформированы. Признавая тот факт, что алмазы кимберлитов и глубинных пород имеют признаки травления, авторы "Атласа..." приводят перечень основных габитусных типов алмаза с указанием, какие из них являются формами роста, а какие формами травления, либо возникли в результате наложения этих процессов, подчеркивая, что травление кристаллов больше влияет на гранную морфологию, чем на габитус.

Разнообразие гранной морфологии габитусных типов алмазов посвящено более ста фотографий. Выделены девятнадцать основных типов гранной морфологии для разногабитусных кристаллов алмазов, свойственных росту, травлению или тому и другому. Они могут служить "руководящими формами" для определения генетической природы каждого типа гранной морфологии при поверхностном изучении кристаллов. Меньше проиллюстрированы двойниковые сростки, механически изношенные кристаллы из кимберлитов, а также алмазы из эклогитов и перидотитов.

Заслуживают внимания выделенные авторами признаки древности алмазов: они дают ключ к расшифровке источников поступления алмазов в россыпи. Хочется подчеркнуть, что это единственная в мире книга, столь обширно иллюстрирующая габитусные формы, гранную морфологию и другие особенности морфологии алмазов из кимберлитов и россыпей России.

Находка кристаллов алмазов при проведении поисковых работ на выделенной перспективной территории вселяет надежду на обна-

ружение кимберлитовых тел, а путь к этому указывают индикаторные минералы. Им и посвящена вторая книга — "Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов". В ней приведен большой объем очень детальных характеристик главных индикаторных минералов ультраосновных парагенезисов в кимберлитах и лампроитах, а также эклогитовых и пироксенитовых парагенезисов. Главные минералы этих парагенезисов — оливин, гранат, пироксен, хромшпинелид, пикроильменит. Особое внимание уделено химическому составу индикаторных минералов и эволюции их морфогенеза в магматических, постмагматических и экзогенных условиях, а также при метагенезе и метасоматозе.

Приведены не только данные о химическом составе отдельных минералов из кимберлитов Якутии, но и о распределении в них важнейших примесных элементов. Так, по соотношению  $FeO/Cr_2O_3$  в оливинах четко различаются алмазо- и неалмазоносные кимберлиты. Содержание  $NiO$  в мас. % в оливинах разных гранулометрических классов зависит от доли форстеритового компонента. Для оливинов из кимберлитов Якутии, как и для оливинов из лампроитов Австралии, характерна значительная доля этого компонента (88—93 мол. %).

Магнезиальные гранаты различных парагенезисов в алмазо- и неалмазоносных трубках изучены наиболее детально. Содержание кальциевого компонента сильно варьирует от 1—85 мол. % в кимберлитах до 2—65 — в ксенолитах ультраосновных пород, хромистого компонента — от 1 до 57 — в кимберлитах и от 0,1 до 51 мол. % в ксенолитах.

Интересны также таблицы, в которых приведены данные о химическом составе гранатов из различных парагенезисов (гарцбургит-дунитового, лерцолитового, верлитового) из кимберлитов и из ксенолитов этих парагенезисов в кимберлитовых трубках Якутии. Многочисленные результаты анализов гранатов из кимберлитов, сведенные на диаграмме в координатах  $Ca-Mg-Fe$ , наглядно иллюстрируют поля распределения гранатов ультраосновных и эклогитовых парагенезисов. По результатам нескольких сотен (от двух до пяти) химических анализов гранатов построены графики соотношений  $CaO/Cr_2O_3$  в мас. % по шести продуктивным и двум непродуктивным трубкам Якутии, а также продук-

тивной трубке Мвадуи из Восточной Африки и Сиэн Лейк в Канаде. Алмазоносные кимберлиты характеризуются повышенной (выше 5 мас. %) хромистостью гранатов. В отдельную группу выделяются гранаты из лерцолитов и верлитов, имеющие повышенное содержание титана и железа при относительно низком — хрома.

Вторая по важности группа индикаторных минералов кимберлитов и лампроитов (после гранатов) — хромшпинелиды. Детальное изучение химического состава хромшпинелидов кимберлитов Якутии и Архангельской обл. показало, что кимберлиты с высоким содержанием хрома (до 66 мас. %) в комбинации с высоким содержанием алюминия и титана (до 48 и 4 мас. % соответственно) являются алмазоносными. Со снижением содержания этих элементов кимберлиты становятся слабо- или неалмазоносными. Аналогичные высокие значения  $Cr_2O_3/Al_2O_3$  и  $Cr_2O_3/TiO_2$  свойственны и лампроитовой алмазоносной трубке Элландейл-7 в Западной Австралии.

Для клино- и ортопироксенов, пикроильменитов и других минералов-индикаторов из ультраосновных парагенезисов также приведены результаты определения химического состава и соотношения индикаторных компонентов в них. Как указывают авторы, судить о перспективе алмазоносности кимберлитовой трубки можно лишь имея результаты анализов состава нескольких индикаторных минералов. Следует также отметить, что гранаты и пироксены эклогитовых и пироксенитовых парагенезисов в кимберлитах имеют довольно широкий диапазон значений содержания железа, кальция и магния (также, как и клинопироксены).

Значительная часть книги посвящена морфологии индикаторных минералов, зависящей от ряда факторов. Наиболее детально изучен глубинный морфогенез и условия кристаллизации индикаторных минералов в магматическом расплаве для пиропов, пикроильменитов и хромшпинелидов. Главное внимание при этом уделено внутреннему строению, характеру дислокаций, составу включений других минералов, морфологии поверхности.

При изучении кимберлитов авторы обратили внимание на отсутствие в них нетрещиноватых, в том числе индикаторных минералов и алмаза. Приведены обоснования по-

явления трещин в минералах в поздне- и постмагматических условиях и их влияние на морфологию минералов. Анализируя морфогенез индикаторных минералов в постмагматических условиях, авторы делят его на две основные группы: связанные с дефектами структуры и с химической неустойчивостью минералов в новых условиях.

Экспериментально на примере пироба показано, что причиной возникновения трещиноватости в нем, как и в других мантийных минералах, служит самопроизвольная их диспергация по дислокациям под воздействием агрессивной среды — коррозионное растрескивание. Оно стимулирует процессы изменения химического состава и морфологии (под келифитовой каймой на поверхности зерен пироба образуется микрочерепитчатый рельеф растворения) и фазового (пикроильменит замещается лейкоксеном) состава минералов, их гранулометрии, внешнего и внутреннего строения. Эффект коррозионного растрескивания авторы рекомендуют учитывать как при анализе глубинного минералогенеза, так и при изучении поведения мантийных минералов в экзогенных условиях.

Большое внимание в книге уделено морфологии индикаторных минералов в экзогенных условиях. Главные факторы экзогенных изменений — это механический износ, гидравлическая сортировка, гипергенное выветривание и диагенетические изменения. Вклад этих факторов в общий объем изменений каждого минерала не одинаков. Конкретные примеры показывают, что зерна хромшпинелидов лишь в прибрежно-морских коллекторах становятся полностью окатанными. Гидравлическая сортировка приводит к концентрации мелких классов зерен по мере удаления от источника и преобладания в них более устойчивых минералов. При гипергенном выветривании уменьшается относительная доля пироба по отношению к пикроильмениту и хромшпинелиду.

Диагенетические изменения в эволюционирующей ассоциации выражаются в исчезновении крупных высокодефектных и химически неустойчивых зерен минералов и "вызревании", т. е. обогащении ее устойчивыми минералами. Поэтому, как отмечают авторы, "...объективная оценка "зрелости" ассоциации, основанная на знании закономерностей поведения минералов в экзоген-

ных условиях, чрезвычайно важна в поисковом плане".

Метагенетические изменения кимберлитовых минералов развиты преимущественно в прибрежно-морских коллекторах и похожи на изменения минералов в постмагматических условиях и при метасоматозе, когда происходит замещение пиропы хлоритом, пикроильменита анатазом и т. д. Следует особо подчеркнуть, что все описанные изменения морфологии и состава индикаторных минералов иллюстрированы прекрасными фотографиями.

В книге обобщен огромный массив фактического материала о минералах кимберлитов Якутии. Это позволило по-новому подойти к решению вопросов поисков кимберлитовых тел, чему и посвящена завершающая книга цикла — "Поисковая минералогия алмаза". В ней дан краткий исторический обзор поисков алмазов по полезному компоненту — "алмазов по алмазам" и обосновано закономерное усовершенствование поисков алмазов — сосредоточение внимания на сопутствующих ему минералах. Наиболее детально это показано на примере Сибирской платформы. Авторами создана структурная схема поисковой минералогии (от частного к общему), позволившая выйти на новый уровень обобщений в поисковой минералогии.

Поисковая минералогия основывалась преимущественно на типоморфизме минералов, тогда как геологическому строению территории поисков не уделялось должного внимания. Это затрудняло создание общей теории минералогических поисков и не обеспечивало их эффективности.

Дано четкое определение современной поисковой минералогии: "...это комплексная геолого-минералогическая дисциплина, исследующая закономерности строения, свойства, эволюции свойств и пространственно-временных связей минералогических полей и порождающих их рудопроявлений, а также индикаторные свойства минералов и минеральных ассоциаций для прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых".

Авторы не претендуют на полноту и завершенность своего определения, но оно, на наш взгляд, является новым подходом в разработке теоретических основ поисковой минералогии.

На основании описанных в двух предыдущих книгах особенностей индикаторных минералов в разных геоструктурных и физико-химических условиях, авторы приводят наглядные примеры решения поисковых задач и направления поисковых работ на конкретных объектах. Остановимся на примере россыпи Солур-Восточной в западной части Мало-Ботуобинского района Якутии, где морфогенетические признаки индикаторных минералов и алмаза сочетаются с возрастом кимберлитовых трубок и россыпи и с местом накопления.

Россыпь локализована в континентальных делювиально-пролювиальных отложениях среднего карбона ( $C_2$ ). Из кимберлитовых минералов в россыпи присутствуют предельно окатанные и корродированные в коре выветривания пиропы, незначительное количество предельно окатанных хромшпинелидов и алмазы с признаками механического износа. Такая ассоциация образовалась в прибрежно-морских условиях, имевших место в позднем девоне ( $D_3$ ), а сам коллектор сформировался за счет изначального размыва кимберлитов. Признаки гипергенной коррозии на пиропе связаны с корой выветривания оказавшихся в последующем на суше прибрежно-морских отложений позднего девона.

Учитывая позднедевонское время образования кимберлитов Мало-Ботуобинского района, морфогенетические особенности индикаторных минералов, а также возраст пород россыпи ( $C_2$ ), содержащей эти минералы, с учетом структурно-геологического развития региона в указанные промежутки геологического времени, авторы пришли к выводу, что вся полезная минерализация в Солур-Восточной россыпи переотложена из девонского коллектора в среднекарбонные ( $C_2$ ) делювиально-пролювиальные отложения.

Приведенный пример служит подтверждением данного авторами определения поисковой минералогии как комплексной геолого-минералогической дисциплины.

В специальных главах на конкретных примерах рассмотрены строение и формирование ореолов индикаторных минералов, типы шлихо-минералогических поисковых обстановок, принципы и методы прогнозирования месторождений алмаза.

По описанию комплекса исследований алмаза и его минералов-индикаторов, по изуче-

нию их морфологии и морфогенеза, а также комплекса минерало-поисковых признаков нахождения трубок и россыпей, по установлению взаимосвязей между коренными источниками алмазов, индикаторными минералами и россыпями рецензируемые книги являются ценнейшим вкладом в науку об алмазах. Выход в свет книг, не имеющих аналогов в мире, — знаковое событие для мировой геологической общественности и источник знаний об алмазах для последующих поколений геологов. Книги могут служить прекрасными пособиями для геологов, занимающихся поисками алмазов в разнообразных гео-

структурных обстановках, и учебниками для студентов.

В заключение следует подчеркнуть, что книги, несмотря на научную и практическую ценность изложенных идей и материалов, были изданы относительно небольшими тиражами и уже стали библиографической редкостью. Однако требования геолого-поисковой и разведочной практики ставят на повестку дня вопросы, связанные с открытием новых месторождений алмазов, пути решения которых описаны в рецензируемых книгах. Поэтому переиздание этих книг сейчас особенно актуально.

*И.М. Наумко, М.Д. Братусь*