ISSN 0135-3500. Зап. Ленингр. горного ин-та. 1990. Том 121.

УДК 550.8.012

А.Л.К

ЛОКАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРОЯВЛЕНИЙ ИСЛАНДСКОГО ШПАТА НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В р ультате изучения морфологии и оптических свойств кристаллов исландского ных на онтогенической основе, установлены кристалломорфологическая й, вязь формы, внутреннего строения оптических свойств кристалла, птического материала. Выявленные закономерности можно использовать лого-разведочного процесса при оценке перспектив объектов и ельных работ.

Одним из путей повышения эффективности геолого-разведочных работ является совершенствование поисковых и оценочных критериев. До недавних пор большинство исследований в этом направлении было ориентировано в основном на решение задач регионального прогноза [5] или посвящено разработке структурных, геохимических, петрохимических и геофизических локальных критериев [13]. Минералогические критерии, из которых в последнее время чаще всего упоминается применяемый при поисках месторождений олова кристалломорфологический анализ Н.З.Евзиковой [1], были отодвинуты, по существу, на второй план. Необходимость их широкого применения диктуется не только очевидной возможностью получения более достоверной оценки при использовании максимально возможной информации об оруденении, но и тесной связью минерального и фазового составов руд, их текстурно-структурных особенностей с эффективностью технологии переработки. Для оптического сырья необходимость проведения минералогического картирования и выявления поисковых и оценочных критериев обуславливается широким спектром его свойств и областей применения. Практически их невозможно полностью стандартизировать, но они существенно влияют на определение потребностей промышленности и, соответственно, оценку перспектив освоения месторождений. При изучении месторождений исландского шпата минералогические критерии играют ведущую роль благодаря особенностям его состава, свойств, специфики оценки и областей применения. достаточно сказать, что в зависимости от качества цена оптического материала, поставляемого предприятием промышленности, может меняться более чем в 100 раз.

Основными геолого-промышленными типами месторождений исландского шпата (ИШ) являются низкотемпературные гидротермальные месторождения в траппах Сибирской платформы, связанные с прототектоническими структурами в покровах эффузивных базальтов Туторянского района – первый тип – и локализованные в зонах дробления туфов Ангаро-Вилюйского района – второй [4]. Каждый из этих типов характеризуется особенностями размещения минерализации, морфологией и качеством кристаллов ИШ.

Для кристаллов месторождений Путоранского района характерны двойниковые сростки по закону $6/m'mm'$, определенные наборы простых кристаллографических форм, участвующих в ограничении, и следующая последовательность появления ростовых форм: $(\{10\bar{1}1\} \rightarrow \{01\bar{1}1\} \rightarrow \{13\bar{4}1\}) \rightarrow (\{0001\} \rightarrow \{11\bar{2}1\} \rightarrow \{35\bar{8}4\} \rightarrow \{3\bar{1}42\} \rightarrow \{35\bar{8}0\}) \rightarrow (\{3\bar{1}43\} \rightarrow \{022\bar{1}\} \rightarrow \{48\bar{1}25\})$ [8][x]. Статистическая обработка кристаллографических данных по 40 объектам этого района [9] показала, что для каждого шпатоносного узла характерны определенные наборы форм, а в пределах наиболее крупного узла выявлена кристалломорфологическая зональность развития форм вдоль основного тектонического нарушения. На отдельных месторождениях установлена вертикальная зональность, заключающаяся в последовательном ограничении кристаллов в направлении снизу вверх и от центра к периферии объектов все более поздними формами [8]. Основными генерациями, формы роста которых слагают бо́льшую часть кристаллов, являются чаще всего первые две. Пирамиды роста основных форм занимают вполне определенные объемы, которые достаточно стабильны для каждого месторождения. Так, в целом для объектов Нижнетунгусского узла объем $\langle 10\bar{1}1\rangle + \langle 01\bar{1}1\rangle + \langle 13\bar{4}1\rangle$ составляет обычно 30–40 % всего объема кристаллов при условии развития форм II–III генераций, в то время как на нижних горизонтах, где преимущественное развитие имеет I генерация, их объем достигает 90 %.

Для месторождений Ангаро-Вилюйского района характерны другие особенности морфологии и строения кристаллов, последовательности появления основных форм: в самом общем виде $\{10\bar{1}1\} \rightarrow \{05\bar{5}4\} \rightarrow (\{8.8.\bar{1}6.3\}) \rightarrow \{02\bar{2}1\}\ (+\{21\bar{3}1\}) \rightarrow \{35\bar{8}4\} \rightarrow \{11\bar{2}0\})$ [9]. Среди широко распространенных двойников здесь отмечены два закона двойникования: $mm'm'$ с плоскостью двойникования $(01\bar{1}2)$ и $6/m'mm'$; на отдельных месторождениях встречены промышленные скопления монокристаллов. Кристалломорфологическая зональность установлена по результатам факторного анализа в пределах отдельных кальцитоносных зон [9], а на месторождениях она проявляется в той же пространственно-временной последовательности развития форм, что и на месторождениях первого типа.

Оптические свойства ИШ месторождений определяются анатомией кристаллов и степенью развития пирамид роста определенных форм. Зонально-секториальное распределение структурных дефектов определяет степень оптической однородности, интегральную и спектральную оптические плотности, интенсивность и цвет фотолюминесценции.

Оптическое поглощение в ИШ определяется радиационными электронно-дырочными центрами, носителями которых являются анионные группы CO_m^{n-} (где n = I, 2, 3; m = 2, 3), или молекулярными группами примесей органических соединений [2, 3, I2, I4]. Эти центры поглощения распределяются неравномерно, но вполне определенно по пирамидам роста различных форм,

---

[x] Круглыми скобками выделены формы, принадлежащие одной генерации.

что в большинстве случаев определяет спектральную характеристику оптического материала. Общий уровень поглощения определяется не только количеством этих центров, но и наличием первичных твердых и газово-жидких включений.

Фотолюминесценция (ФЛ) сама по себе не нормируется в существующих стандартах на сырье, однако учет цвета, интенсивности и спектральной характеристики позволяет в общих чертах определять не только спектральную характеристику оптической плотности в материале различных пирамид роста, но и возможности ее снижения при обесцвечивании отжигом или УФ-облучением [3, II], что объясняется самой природой ФЛ. По мнению некоторых исследователей [2, II, I5], наличие основных пиков высвечивания на 340, 370 и 630 нм связано с примесями Mn и TR, на 550 нм – органического вещества.

Термолюминесценция (ТЛ), связанная прежде всего с примесью Mn [II], характеризуется двумя основными пиками свечения: при 200 и 300 °С, к которым в ряде случаев добавляются I50, 350 °С и реже другие. Дефекты, определяющие появление и интенсивность свечения при различных температурах нагрева, связаны или совпадают с дефектами, ответственными за оптическую плотность, поэтому их можно использовать при определении возможности обесцвечивания [II]. По ТЛ-свечению достаточно четко выделяются пирамиды роста различных форм и генерации кальцита [6].

Для ИШ Путоранского района в целом характерно преимущественное развитие полос поглощения на 280 и 350 нм, определяемых радиационными центрами, и неструктурной широкой полосы в интервале 220–500 нм – примеси органических соединений. Его фотолюминесценция определяется слабым фиолетовым и крким бело-желтым цветом. У кристаллов месторождений второго типа в спектрах оптической плотности преобладает полоса поглощения на 300 нм, для фотолюминесценции характерен розовый цвет различной интенсивности. Кроме того, здесь всегда значительно малоугловое светорассеяние, в то время как в ИШ месторождений первого типа оно обычно значительно слабее, часто отсутствует в пирамидах роста $\{10\bar{1}1\}$, иногда $\{31\bar{4}2\}$, реже других форм некоторых месторождений. Именно материал с такими характеристиками является наиболее ценным, а спрос на него определяет общий уровень добычи.

На поверхности кристаллов обоих типов месторождений широко развиты скульптурные образования, часть из которых может быть использована для оценки качества кристаллов и выявления определенных тектонических зон. Такими типоморфными признаками являются наросты в параллельном или двойниковом положении над сингенетичными трещинами и механическими двойниками, мозаичность и блочность, свидетельствующие о дефектности кристалла, наплывы, толстые слои, грубая штриховка, отражающие оптическую неоднородность материала. Наличие на кристаллах заросших скелетных форм с захваченными включениями монтмориллонита доказывает проявление дизъюнктивной тектоники на месторождениях первого типа. Выявление плоскостей механического двойникования при природном травлении (частичном растворении) кристаллов позволяет замерять их ориентировку в пространстве и определяет планы напряжений в пост- и внутриминерализационный периоды [7].



Общая схема минералогических исследований при изучении кристаллов исландского шпата

Были установлены закономерности изменения изотопного состава и термолюминесценции кристаллов ИШ, связанные с направленным изменением минералообразующих растворов и сменой форм и генераций в целом. В общем виде они могут быть сформулированы следующим образом: на отдельном месторождении наблюдается постепенное ослабление интенсивности ТЛ и утяжеление углерода в процессе роста кристаллов ИШ одной генерации при сохранении специфики его спектров ТЛ и изотопного состава C и O [6, 10].

Установленные закономерности в изменении формы, строения кристаллов их оптических свойств, состава и других параметров первичных газово-жидких включений, изотопного состава углерода позволяют использовать минералогические критерии на разных стадиях геолого-разведочных работ при прогнозе и оценке объектов, а также для повышения эффективности использования этого полезного ископаемого (см. рисунок).

На стадиях поисковых работ оценка перспектив территории производится по комплексу критериев, из которых важнейшее и определяющее значение имеет прямой поисковый признак – обнаружение кристаллов ИШ и их частей. Как правило, на начальных стадиях работ находки эти бывают немногочисленны, образцы трещиноваты и не содержат оптического материала, что не позволяет определять качество прямыми приборными методами. Наиболее эффективным способом изучения в этом случае является кристалломорфологическ

анализ, кроме того, могут быть применены ТЛ-анализ, изучение изотопного состава углерода и люминесценции кристаллов.

Кристалломорфологическое изучение исландского шпата позволит по выявленным фрагментам ограничения и целым кристаллам установить:

тип месторождения;

положение точки находки в ряду кристалломорфологической зональности, размер эрозионного среза;

простые кристаллографические формы, пирамиды роста которых участвуют в сложении кристаллов;

общую оценку качества оптического материала исходя из возможных размеров кристаллов, среднестатистических оптических параметров пирамид роста форм в кристаллах месторождения данного типа в пределах кальцитоносного узла, характера поверхности кристаллов и сколов до и после травления;

проявленность процессов внутриминерализационной тектоники.

Термолюминесцентный анализ кальцитов проявления может решить следующие задачи:

установить масштабы, степень и изменчивость карбонатизации вмещающих пород (для Ангаро-Вилюйского района);

выявить различные генерации кальцитов и определить масштабы и направленность шпатовой минерализации;

по совпадению отдельных параметров кривых ТЛ установить связь проявления с соседними месторождениями;

по интенсивности свечения и виду кривых в исландском шпате определить различные формы роста (без символов), установить возможности и технологию обесцвечивания оптического материала.

Определение изотопного состава позволит выявить связь проявления с другими объектами района и установить роль глубинных разрывных нарушений в его формировании.

Изучение люминесценции на этой стадии дает возможность определить ряд форм роста, участвующих в строении кристаллов, и в какой-то степени оценить качество – возможные интервалы оптической плотности на нормируемых длинах волн, оптическую однородность и сортность оптического материала в целом.

Наличие в кристаллах даже небольших количеств оптического материала после изучения в нем оптической плотности, оптической однородности, светорассеяния, фотолюминесценции, состава, количества и характера распределения первичных включений и определения принадлежности этого материала к пирамидам роста определенной формы (форм) позволяет (с учетом выявленной емкости вхождения структурных дефектов) уточнить качество всего сырья, выявить характерные оптические свойства, позволяющие установить относительную ценность проявления и сопоставить его с другими объектами кальцитоносного узла.

Все полученные данные вместе с другими результатами геологического изучения участка позволяют дать обоснованное заключение о перспективах проявления и направлении последующих работ для его всестороннего изучения.

На стадиях поисково-оценочных и разведочных работ, когда имеется возможность систематического изучения кристаллов кроме уточнения результатов предыдущих исследований можно получить качественно новые данные о генезисе, структуре месторождения, качестве сырья и перспективах его использования за счет перехода от качественных к количественным оценкам. После изучения морфологии, анатомии и свойств кристаллов и их частей в спайных выколках, протравленных срезах по (0001) и (hKi0), полированных заготовках оптических деталей можно установить:

преобладающие закон двойникования на кристаллах, габитусный тип и генерации исландского шпата, характер их изменения по горизонтам, флангам и блокам месторождения;

количественное соотношение объемов пирамид роста разных ростовых форм в кристаллах и кондиционном материале различных частей месторождения, их абсолютные и относительные размеры;

оптические параметры материала пирамид роста различных форм и степень их изменчивости;

вид, размеры, плотность и характер распределения первичных дефектов, прежде всего включений, по элементам анатомии кристаллов с учетом их пространственного положения;

интенсивность развития вторичных дефектов-трещин, включений, механических двойников в различных частях кристаллов и в кристаллах различных частей месторождений, их относительный возраст;

положение зон тектонических нарушений и их тип (по изучению скелетных форм на кристаллах и результатам микроструктурного динамического анализа ориентировок плоскостей механического двойникования и оптических осей - осей L_3);

условия образования (температура, состав растворов) и сохранности (температура растрескивания при охлаждении и нагревании) кристаллов.

Эти данные используются для качественной оценки сырья, при контроле результатов обогащения, для определения возможностей повышения качества оптического сырья путем обесцвечивания и устранения механических двойников, при уточнении технологии обогащения (преобладающий способ обогащения, размеры блоков и положение L_3 при раскрое кристаллов, температурные режимы на отдельных операциях, в том числе при обесцвечивании), выявлении областей применения оптического материала, для повышения коэффициента его использования[x].

Проведение указанного выше комплекса минералогических исследований на каждой стадии геолого-разведочных работ позволяет на основании полученных сведений о генезисе, строении месторождений и качестве сырья обоснованно оценить объект (размеры шпатоносных тел, качество и стоимость сырья, возможность его использования), на основании чего дается заключение о направлении дальнейших работ.

---

[x] По предложению К.К.Атабаева, И.А.Золотухина, А.В.Шустова и других исследователей анатомий кристаллов учитывается при переработке кондиционного материала на оптические детали с целью повышения их оптической однородности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Евзикова Н.З. *Прикладная кристалломорфоло* 1984.

Касьяненко Е.В., Матвее О.П., Скропыше А.В. Об особен
ценции кальцита. Л.: Изд-во ЛГУ, 1952. С. 153-168.

3. ьяненко Е.В., Татьеева О.П. рафолетовое поглощение
ого шпата // Ж. прикладной спектроскопи 1987. 6. С. 943-949.

Киев: Е.Я. Геология и оценка месторож
1974.

ни прогнозной оценки территорий на твердые езные иско
Л.: Недра, 1978. 287

Кукуй А.Л., Архипович Е.Н. инесцентный анализ кристаллов
месторождений Сибирской платформ Зап. Всесоюзн. минералог. о-ва. 1973. Ч.
С. 651-660.

Кукуй А.Л. Динамический нализ микроструктурных ориентировок на кристал
Геолог. и геофиз. 1975. Вып. 3. С. 129-132.

8. Кукуй А.Л. Кристалломорфологическая зональность исландского ата Сиби
Кристаллогенезис и процесс ния: Мат. Всесоюзн.
Ленингр. на-т. Л. 1976. С. 38-39.

9. Кукуй А.Л. Кристалломорфологические ос исландского шпата Сибирской
форм (по статистическим данным) Зап. Все о-ва. 1989. Вып. 6. С. 107-11

10. Кукуй А.Л., Суханов Н.В., Штейнер В.Л. *Особенности изотопного сос*
исландского шпата Сибирской платформ Тез. докладов XII Всесоюзн. симпозиум
изотопам в геохимии. М.: Б.И. 1989. С. 52-53.

Медлин У. Природа ловушек и эмисс нтров *термолюминесцирук*
Физика минералов. М.: Мир, 1971. С. 87-111.

12. латонов А.Н. Природа окраски минералов. Киев: Наукова думка, 1978. 264 с.

Пр ы прогноза и оценки месторож их ископаемых / Под ред. В.Т.
лова. Недра, 1984. 438 с.

14. Сарсембаева Х.К. Исследование природы окраски кристаллов оптического к
электрам поглощения // Вести. АН Каз. ССР. 1982. Вып. 11. С. 83-87.

15. Тарашан А.Н. Люминесценция минералов. Киев: Наукова думка, 1978, 296 с.