

М.Н. Логунова, А.Л. Кукуй

## ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИЯ ДВОЙНИКОВ ИСЛАНДСКОГО ШПАТА СИБИРСКОЙ КАЛЬЦИТОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Своеобразием месторождений сибирской кальцитоносной провинции является преобладание двойниковых образований над монокристаллами. Ввиду более крупного размера двойников, в результате повышенной скорости роста, они обладают большим практическим значением. Из всех возможных законов двойникования в группе симметрии кальцита, здесь встречаются  $m'mm'$  и  $6'/m'mm'$ . В ходе морфологического исследования кристаллов исландского шпата установлена взаимосвязь образования различных типов двойников от геологических условий.

Ключевые слова: исландский шпат, кальцит, двойники, сибирская провинция, закон двойникования, базальты, туфы.

**И**сландский шпат (ИШ) благодаря большому разнообразию кристаллографических форм, распространенности и доступности исследования строения его кристаллов является наиболее востребованным объектом для изучения общих особенностей онтогенеза минеральных объектов и совершенствования методики минералогических исследований. Для кальцита (разного генезиса) были известны в целом особенности роста исландского шпата, однако проведенные в последние годы исследования позволяют дополнить сложную картину образования одного из наиболее распространенных минералов. В ходе работы были изучены кристаллы разных типов месторождений и проявлений траппов Сибирской платформы: Пугоранский район (область развития покровов базальтов) и Ангаро-Вилуйский район (туфовое поле) [4].

Изучению влияния двойникования на морфологию кристаллов уделялось мало внимания, хотя было известно [8, 10], что за счет интенсивного роста в направлении входящего угла между индивидами происходит:

- 1) уплощение облика (двойники по  $m'mm'$  [6] у кальцита, японский двойник кварца, двойники по (100) и (101) гипса);
- 2) увеличиваются общие размеры таких образований;
- 3) возможно появление граней компенсационных форм.

Своеобразием кристаллов месторождений провинции [5] является преобладание двойниковых образований, отличающихся значительными размерами и разнообразием форм, из которых только часть можно считать компенсационными. Они намного превышают монокристаллы. Из всех возможных в группе симметрии кальцита законов двойникования [6] здесь встречаются два — с общей симметрией  $m'mm'$  и  $6'/m'mm'$ .

На месторождении Разлом из туфового поля траппов на монокристаллах развиты ромбоэдр  $g$  (021) (символы даны в установке Браве, без третьего индекса, который является, как известно, алгебраической суммой первых двух) осложненный иногда гранями скаленоэдров  $w$  (485) и  $K$  (211), реже дипирамида  $y$  (883) [9]. На двойниках по закону  $m'mm'$  с плоскостью двойникования (012) (в качестве затравок выступали механически сдвоенные зерна кальцита входящие в состав мелкообломочного пелитоморфного агрегата, образующегося при деформации и разрушении вмещающих карбонатных пород) разрастание шло в направлении  $[12\bar{4}]$  — биссектрисы острого угла между тройными осями симметрии индивидов и с уплощением по общей призме  $a$  (110). Кроме этой формы на двойниках развиты ромбоэдр  $g$ , скаленоэдры  $w$  и  $K$ , иногда острая дипирамида  $y$  (883) и пинакоид  $s$  (001), разрастаются грани компенсационных форм  $x$  (761) и  $p$  (101). У редко встречающихся двойников по закону  $m'mm'$  с плоскостью срастания по плоскости спайности (101) морфология не меняется, а происходит только разрастание в направлении  $[12\bar{4}]$  лежащих в этой зоне граней  $g$ . На двойниках по плоскости (021) габитусными формами являются  $w$  и  $U$  (541), второстепенными —  $g$ ,  $a$  и  $y$ .

При друзовом росте двойников по закону  $m'mm'$  в соответствии с законом геометрического отбора выделялись те кристаллы, у которых плоскость срастания и направление преимущественного роста ось  $(0hl):(110)$  были перпендикулярны поверхности зарождения кристаллов. При геометрическом отборе в процессе роста ромбоэдрических монокристаллов остаются индивиды, у которых тройные оси перпендикулярны поверхности нарастания. Вероятность того, что среди этих индивидов могли быть такие, которые бы находились в двойниковом положении по закону  $6'/m'mm'$  (поворот одного из индивидов от-



носителем другого на  $60^\circ$  вокруг тройной оси), достаточно велика. Возможно, таким образом, появились двойники прорастания по этому закону на месторождении Разлом. Усиленный рост вдоль оси  $L_3$  индивидов вначале приводил к появлению общей формы — гексагональной призмы  $a$  [1], а затем скаленоэдра  $b$  (354). Появление этой рыхлой в структурном отношении формы в данном случае можно объяснить тем, что линии пересечения образующих входящий угол граней двух индивидов совпадают у ромбоэдров и скаленоэдров ( $[g : \bar{g}] = [b : \bar{b}] = [11\bar{2}]$ ). На этом месторождении размеры двойников превышали размеры монокристаллов в 10–50 раз. Призматические двойники по закону  $b'/m'mm'$  с гранями  $g$ ,  $a$ ,  $b$  характерны для ряда месторождений и проявлений туфового поля траппов.

Другой широко распространенный тип двойников прорастания по этому закону — многоглавые двойники развиты на тех месторождениях, где кристаллы были первоначально огранены ромбоэдрами  $p$  и  $v$ , к которым затем добавлялись грани  $b$  и (вдоль двойниковой границы в центральной части кристаллов)  $a$ ,  $m$  (401),  $n$  (122). Они также по размерам и весу превышали монокристаллы во много раз — вес отдельных кристаллов на месторождении Хрустальное превышал 300 кг, а размеры в поперечнике — 40 см. Двойники по этому закону, где габитусными гранями были скаленоэдры  $K$  и  $w$ , реже другие формы, встречаются на отдельных проявлениях, их максимальный размер обычно не превышал 20 см.

Дипирамидальные двойники срастания по (001) и монокристаллы месторождения Железная гора и проявления Находка по размерам не различаются. Это позволяет предположить, что скорости роста двойников определяются взаимными ориентациями двойникового шва и образующих входящий угол контактирующих граней индивидов.

В шаровых лавах и массивных базальтах лавового поля траппов Сибири монокристаллы исландского шпата представлены двумя генерациями — скаленоэдрами  $b$  ранней и набором  $g$ ,  $w$ ,  $G$  (4.20.11) поздней. На месторождениях этого района встречаются двойники исландского шпата по одному закону —  $b'/m'mm'$ . Двойникование по этому закону может быть объяснено образованием кальцита из арагонита. Как было показано [11], при наложении слоя (001) арагонита на (001) кальцита возникает ошибка в упаковке кальцита, которая при его росте в дальнейшем приводит к образованию двойника. Температура перехода арагонит-кальцит составляет  $400^\circ\text{C}$  на воздухе, а в водных растворах значительно ниже [2].

Вначале на месторождениях в покровах базальтов на кристаллах ИШ двойникование шло по плоскости (001), а затем могли формироваться двойники прорастания с некогерентными границами. Как и в случае многоглавых двойников в туфах, рост начинался с  $p$  и тупого отрицательного ромбоэдра. Только здесь вместо  $v$  появляется  $r$  (011), отличающийся чернеющей при отжиге желтой окраской. В результате разницы скоростей роста в огранении оставался только тупой ромбоэдр. Дальнейший рост (2-ая генерация) от двойникового шва приводил к появлению в огранении  $b$  (габитусная форма),  $B$  (530),  $H$  (312),  $M$  (131),  $m$  (401) и  $N$  (532). При этом на некоторых месторождениях начальными ростовыми формами этой стадии были  $d$  (111) и  $c$ , которые затем сменялись  $b$ . В дальнейшем на кристаллах появлялись формы роста  $j$  (33.11.28) и торможения  $g$  и  $s$  при уменьшении поверхности граней  $b$ ,  $H$  и исчезновении призмы  $B$ . Отдельные наросты 4-ой генерации, как и при регенерации сливающиеся иногда в сплошной слой, из граней  $g$ ,  $w$  и  $G$ , которые появлялись затем на поверхности кристаллов произвольно, завершают формирование ИШ в покровах базальтов [5]. Такой рост мог быть связан с перерывом, сопровождавшимся выпадением из маточного раствора других минералов и отравлением при этом основной поверхности кристаллов, в том числе и участков, примыкающим к двойниковым границам.

На месторождениях в покровах базальтов максимальные размеры двойников также более чем на порядок превышают величину монокристаллов.

Таким образом: 1) наличие двойниковой границы увеличивает скорость роста кристаллов исландского шпата и инициирует появление новых форм;

2) на двойниках ИШ месторождений Сибири форма отдельных индивидов и их облик зависят от закона и плоскости двойникования, ориентации двойниковых границ и основных форм в огранении монокристаллов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрусенко Н. И., Дронов В. В. Некоторые вопросы онтогении кристаллов исландского шпата // Записки ВМО. 1969. ч. 98, вып. 5. — С. 552—559.
2. Бери Л., Мейсон Г., Дитрих Р. Минералогия. — М.: Мир, 1987. — 588 с.
3. Григорьев Д. П., Жабин А. Г. Онтогения минералов. Индивиды. — М.: Наука, 1975. — 340 с.
4. Киевленко Е. Я. Геология и оценка месторождений исландского шпата. — М.: Недра, 1974, — 160 с.

5. *Кукуй А. Л., Атабаев К. К., Матвеева О. П.* Исландский шпат России. – СПб.: ФГОУ ВПО СПГУВК, 2009. – 195 с.
6. *Мокиевский В. А.* Морфология кристаллов. – Л.: Недра, 1983. – 295 с.
7. *Урусов В. С., Дубровинский Л. С.* Кристаллохимическая природа двойников и ориентированных сростаний // Минералогический журнал. – 1988. – т. 10. – № 2. – С. 59–68.
8. *Шафрановский И. И.* Лекции по кристалломорфологии. – М.: Высшая школа, 1968. – 173 с.
9. *Becke F.* Über die Ausbildung der Zwillingskristallen. Fortschr. Miner., Kristallogr. und Petrographie. 1911. Part 1, pp.68–83.
10. *Goldschmidt V.* Kristallgrafische Winkeltabellen / Berlin, Verlag J. Springer. 1898. 423 p.
11. *Luschnikov V. G.* Effect of twinning on growth shape of calcite crystals. «Acta crystallographica». 1966. Vol. 21. no 7. pp. 288–289. **ЦИАН**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Логунова Мария Николаевна* – аспирант,  
e-mail: Logunova\_Mariya@mail.ru,  
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,  
*Кукуй Анатолий Львович* – доктор геолого-минералогических наук,  
профессор, e-mail: kujukana@yandex.ru,  
Государственный университет морского и речного флота  
имени адмирала С.О. Макарова.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 10, pp. 236–241.

UDC  
552.125.5:  
553.68:  
1-925.11/.16

**M.N. Logunova, A.L. Kukuy**  
**PECULIARITIES OF MORPHOLOGY**  
**AND THE FORMATION OF TWINS**  
**OF ICELAND SPAR FROM SIBERIAN**  
**CALCITE PROVINCE**

Originality crystal deposits Siberian calcite province is the prevalence twins over single crystals. Due to the larger size twins, resulting in higher the growth rate, they have great practical importance. Of all the possible symmetry group of calcite twinning laws, here there are two – the general symmetry and . In the morphological study of Iceland spar was the interrelation between the formation of different types of twins and geological conditions of their formation.

Key words: Iceland spar, calcite, twins, Siberian province, law twinning, basalts, tuffs.

#### AUTHORS

*Logunova M.N.*, Graduate Student, e-mail: Logunova\_Mariya@mail.ru,  
National Mineral Resource University «University of Mines»,  
199106, Saint-Petersburg, Russia,  
*Kukuy A.L.*, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor,  
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,  
198035, Saint-Petersburg, Russia, e-mail: kujukana@yandex.ru.

## REFERENCES

1. Andrusenko N. I., Dronov V. V. *Zapiski Vserossiyskogo mineralogicheskogo obshchestva*. 1969, part. 98, issue 5, pp. 552–559.
2. Beri L., Meyson G., Ditrikh R. *Mineralogiya* (Mineralogy), Moscow, Mir, 1987, 588 p.
3. Grigor'ev D. P., Zhabin A. G. *Ontogeniya mineralov. Individuy* (Ontogeny of minerals. Individuals), Moscow, Nauka, 1975, 340 p.
4. Kievlenko E. Ya. *Geologiya i otsenka mestorozhdeniy islandskogo shpata* (Geology and appraisal of Island spar deposits), Moscow, Nedra, 1974, 160 p.
5. Kukuy A. L., Atabaev K. K., Matveeva O. P. *Islandskiy shpat Rossii* (Island spar of Russia), Saint-Petersburg, FGOU VPO SPGUVK, 2009, 195 p.
6. Mokievskiy V. A. *Morfologiya kristallov* (Morphology of crystals), Leningrad, Nedra, 1983, 295 p.
7. Urusov V. S., Dubrovinskiy L. S. *Mineralogicheskii zhurnal*. 1988, vol. 10, no 2, pp. 59–68.
8. Shafranovskiy I. I. *Lektsii po kristallomorfologii* (Lectures on crystal morphology), Moscow, Vysshaya shkola, 1968, 173 p.
9. Becke F. Über die Ausbildung der Zwillingkristallen. *Fortschr. Miner., Kristallogr. und Petrographie*. 1911, Part 1, pp.68–83.
10. Goldschmidt V. *Kristallgrafische Winkeltabellen*. Berlin, Verlag. *Springer*. 1898. 423 p.
11. Lushnikov V. G. Effect of twinning on growth shape of calcite crystals. *Acta crystallographica*. 1966, Vol. 21, no 7, pp. 288–289.



## НОВИНКИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ГОРНАЯ КНИГА»



**Совершенствование методов определения прочностных свойств пород и их деформируемости при применении в проектах новых технологических процессов на карьерах и поддержания устойчивости выработок**

Еремин Г.М.

Год: 2016

Страниц: 36

ISBN: 978-5-98672-437-9

Приведены основные положения существующих методов определения прочностных свойств пород. Указаны на некоторые недостатки этих методик, приведены способы их устранения. Показано, что главные показатели и характеристики физико-механических свойств пород – это сцепление пород и угол внутреннего трения кроме других важных показателей свойств пород. Прослежено изменение сцепления, сопротивления сдвигу, предела прочности на растяжение от предела прочности на сжатие. Рекомендовано при построении паспорта прочности породы не только построение огибающей к кругам Мора, но и графика, иллюстрирующего изменение тангенциального сопротивления сдвигу (срезу) от нагрузок сжатия с соответствующими величинами сцепления и углов внутреннего трения. Приведены данные, показывающие изменение сцепления и углов внутреннего трения от слабых пород до крепких и весьма крепких.