

Российская академия наук · Уральское отделение  
Институт минералогии

Б. В. Чесноков

**РОМБИЧНОСТЬ ЦАРСТВА  
КРИСТАЛЛОВ**

Миасс  
2003

**Чесноков Б. В.**

Ромбичность царства кристаллов. Миасс: УрО РАН, 2003. 15 с.

Установлено, что ромбическая симметрия играет особую роль в царстве неорганических кристаллов (минералы и синтетические неорганические соединения). На основании количественных исследований показано, что кристаллы всех генеральных объектов (литосфера Земли, верхняя мантия Земли, литосфера Луны, метеориты, биоминералы и синтетические неорганические соединения) ромбичны. Эта особенность присуща как конституции кристаллов (их состав и симметрия), так и главным их физическим свойствам (плотность, твердость, прозрачность).

Брошюра предназначена минерологам, кристаллографам, геологам и студентам геологических специальностей.

Ответственный редактор  
Член-корреспондент РАН  
В. Н. Анфилов

© ИМин УрО РАН, 2003  
© Б. В. Чесноков, 2002

*Электронная версия: URL:[http://w.ilmeny.ac.ru/biblio/pb.asp?\\*=54](http://w.ilmeny.ac.ru/biblio/pb.asp?*=54)*

## Введение

Результаты наших исследований общих особенностей генеральных и локальных минералогических объектов в сжатой форме опубликованы в трех брошюрах. Условно, по цвету обложки, они нами именуются:

1. «Белая» — Гидриты и ангидриты царства реальных кристаллов. 2001.
2. «Синяя» — Генеральные минералогические объекты. 2002.
3. «Красная» — Ромбичность царства реальных кристаллов. 2003. (данная брошюра).

В целом эти труды мы представляем как материалы к основаниям современной минералогии.

Перед введением «белой» брошюры сказано от имени автора: «Посвящается памяти моего учителя, Григория Николаевича Вертушкова». Автор просит считать эти слова посвящением ко всем трем брошюрам.

Изученные нами минеральные миры генеральных объектов (литосфера Земли, верхняя мантия Земли, литосфера Луны, биоминералы и метеориты) являются частями планетосфер: литосфер Земли и Луны, верхней мантии Земли, биосферы Земли и космосферы Земли (выпавшее на Землю космическое вещество). Синтетические неорганические соединения (тоже генеральный объект) являются частью техносферы Земли. Для кристаллов генеральных объектов реализуются симметричные константы [8]. Локальные объекты (минералогические провинции, районы, месторождения) являются (по отдельности) только малыми частями указанных планетосфер и для них симметричные константы не реализуются. Предполагаем, что к генеральным минералогическим объектам относятся и минеральные миры более значительных, чем планетосферы, объектов (например, межпланетная или межзвездная космическая пыль). Не исключаем и возможности выделения генеральных объектов, представляющих собою «глобальные» однородные части указанных выше (и других) планетосфер.

### 1. Ромбические решетки в системе решеток Браве

Обратимся к главной идеальной модели структуры кристаллов — к решеткам Браве. Все его 14 решеток делятся на 4

типа: примитивные, базоцентрированные, объемноцентрированные и гранецентрированные. Все 4 типа реализуются только для ромбической сингонии. В остальных сингониях реализуются от 1 до 3 типов решеток. В процентах (от 14) это выглядит следующим образом (в скобках — число типов):

Ромбическая(4).....	28.6
Кубическая(3).....	21.4
Моноклиная(2).....	14.3
Тетрагональная(2).....	14.3
Гексагональная (1).....	7.1
Тригональная (1).....	7.1
Триклиная(1).....	7.1

На особое положение ромбических решеток в системе Браве до сих пор не обращалось должного внимания. Таблицы изображений решеток Браве обычно строились по принципу возрастания симметрии — от триклинных до кубических.

Мы ставим ромбические решетки в первый ряд («ромбический порядок») (рис.). Остальные решетки выводятся путем растяжений и сдвигов из соответствующих ромбических решеток.

## 2. Гексаромбическая сингония

Если угол между рядами узлов базопинакоидальной сетки ромбической базоцентрированной решетки (см. рис.) станет равным  $60^\circ$ , решетка превращается в гексагональную примитивную. И наоборот, как только, этот угол гексагональной решетки станет не равным  $60^\circ$ , получится ромбическая базоцентрированная решетка. Не даром очень многие кристаллы ромбической сингонии псевдогексагональны, а гексагональной — псевдоромбичны. Типичны и полиморфные переходы типа  $P \rightarrow G$  или  $G \rightarrow P$ .

Объединение этих двух сингоний в гексаромбическую сингонию (или группу сингоний), как будет показано ниже, значительно облегчает понимание реалий царства кристаллов.

## 3. Ромбическая стабильность

Процент кристаллов<sup>1</sup> ромбической сингонии (от числа кристаллов в генеральном объекте[7]) наиболее стабилен по срав-

<sup>1</sup> Для краткости минералы и синтетические неорганические кристаллические вещества здесь будут именоваться кристаллами. Также приняты обозначения сингоний: К — кубическая, Г — гексагональная, ТР — тригональная, Т — тетрагональная, Р — ромбическая, М — моноклиная, ТК — триклиная

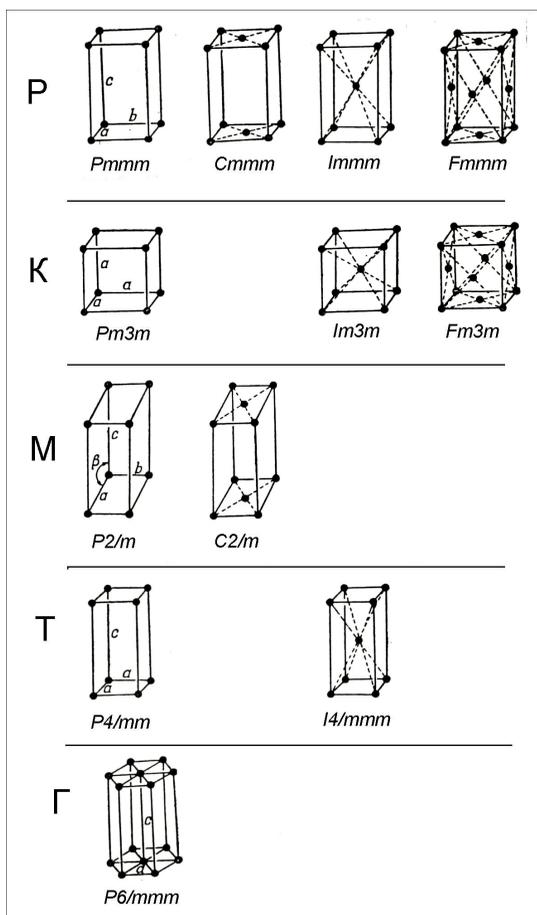


Рис. «Ромбический порядок» решеток Браве.

Для компактности рисунка триклинная и ромбоэдрическая решетки (обе примитивные) не показаны. Типы решеток: P — примитивные, C — базоцентрированные, I — объемноцентрированные, F — гранецентрированные. Сингонии: P — ромбическая, K — кубическая, M — моноклинная, T — тетрагональная, Г — гексагональная

нению с процентами кристаллов других сингоний и близок к 22. Это явление названо нами ромбической стабильностью. Отличается постоянством и процент кристаллов гексаромбических (P+Г), который близок к 33. Оба этих числа являются симметричными константами генеральных объектов [8]. Их значения для изученных нами генеральных объектов следующие [8], %:

<b>Объекты</b>	<b>P</b>	<b>P+Г</b>
Литосфера Земли	23.4	33.0
Верхняя мантия Земли	23.3	33.3
Литосфера Луны	22.2	33.3
Метеориты	22.2	33.3
Биоминералы	22.4	34.6
Синтетические неорганические соединения	22.4	32.6
Модельные значения	22.2	33.3

Постоянство значений феноменально; надо учитывать, что генезис указанных объектов различается кардинально, различен и их минеральный (вещественный) состав. Например, литосферы состоят в основном из силикатов, а для биоминералов нами не учтено ни одного силиката. О специфике состава синтетических соединений здесь вообще говорить не приходится: составу литосфер он не соответствует. Таким образом, ромбическая стабильность — фундаментальное явление Природы.

#### **4. Ромбические полиморфные модификации**

Нами учитывались полиморфные модификации веществ, в формулах которых содержалось более двух химических элементов. Использованы справочники свойств неорганических синтетических соединений [3], «цементных» (вяжущих) веществ [2] и синтетических аналогов природных минералов [1] (табл.).

Во всех трех группах веществ число веществ с ромбическими полиморфными модификациями колеблется от 58.3 до 75.0 % (среднее 66.5 %).

Во всех трех группах наиболее распространены ромбические полиморфные модификации — от 25.0 до 35.7 % (среднее 31.0). Число гексаромбических модификаций колеблется от 40.0 до 55.4 % (среднее 46.9 %).

Таким образом, в области полиморфных превращений ромбические (особенно — гексаромбические) модификации играют первостепенную роль.

Ромбические и гексаромбические полиморфные модификации известны у многих минералов: карбонатов (витерит, стронцианит), сульфатов (ангидрит, целестин, арканит, тенардит), силикатов (кордиерит-индиалит, святославит-дмишштейнбергит) и др.

Известно, что наиболее простые по химическому составу вещества (число элементов в формуле 1 или 2) имеют высокую симметрию — кубическая сингония здесь преобладает. Это про

**Полиморфные модификации синтетических неорганических соединений (1), «цементных» минералов (2) и синтетических аналогов минералов (3)**

Показатели	1	2	3
Число учтенных соединений	74	12	24
Число полиморфных модификаций	154	40	65
Процент соединений с ромбическими модифик.	66.2	58.3	75.0
Проценты модификаций разных сингоний:			
ромбические	35.7	25.0	32.3
моноклинные	17.5	20.0	15.4
кубические	15.6	10.0	7.7
тетрагональные	11.1	12.5	10.8
гексагональные	9.7	15.0	23.1
тригональные	9.7	10.0	4.6
триклинные	0.6	7.5	6.2
гексаромбические	45.4	40.0	55.4
Сумма	99.9	100.0	100.1

стейшие по составу ангидриты [7]. Они в приведенные подсчеты не включены.

### 5. Концентрации ромбических минералов в ряде генеральных объектов

Концентрации минералов разных сингоний в ряде важнейших объектов оценены Н. П. Юшкиным [9]. Вот как выглядят концентрационные ранговые формулы для ряда таких объектов (обозначения сингоний даны по Н. П. Юшкину) (с некоторыми сокращениями):

Верхняя мантия Земли.....Р-К-М...  
 Средняя мантия Земли .....Р-К...  
 Метеориты (хондриты).....Р-М-К-ТРИК...  
 Литосфера Луны .....Р-М-ТРИК-К...  
 Литосфера Земли .....М-ТРИК-ТРИГ-Р...

Следовательно, главная масса минерального мира является ромбической. В литосфере Земли интенсивно прошел и идет процесс гидритной агрессии, вследствие чего «космические» ромбические ассоциации заменяются моноклинными гидритными ассоциациями [7]. Основная масса ромбических минералов в «космических» объектах представлена оливинами и пироксенами. Если к ромбическим минералам добавить гексагональные графит, троилит

и апатит, то ромбичность рассмотренных объектов будет еще более яркой.

## 6. Ромбическая гидритность

Гидритностью объекта мы называем отношение числа гидритов к числу ангидритов [7]. Ромбическая гидритность объекта — отношение числа ромбических гидритов к числу ромбических ангидритов.

Оказалось, что для генеральных объектов ромбическая гидритность равна общей гидритности ( $H_p \approx H$ ) (в скобках — число учтенных веществ):

Объекты	$H_p$	$H$
Литосфера Земли (3299)	1.01	1.02
Синтетические неорг. соед. (861)	0.36	0.36
Метеориты (135)	0.13	0.17
Биоминералы (49)	1.20	1.04

На первый взгляд, расхождение для биоминералов довольно значительное, но при учете малого числа минералов такое мнение может измениться. В литосфере Луны находки гидритов единичны, поэтому данный анализ здесь не имеет смысла.

Для веществ других сингоний рассматриваемая закономерность не наблюдается. Это можно показать на примере минералов литосферы Земли:

Сингонии	$H$
Кубическая .....	0.16
Гексагональная .....	0.73
Тригональная .....	0.85
Тетрагональная .....	0.
50	
Моноклинная .....	1.
92	
Триклинная .....	2.17

Не соблюдается данная закономерность и для минералов локальных объектов (минералогические провинции, районы, месторождения и др.).

## 7. Ромбическое $k_p$ (среднее значение числа химических элементов в формулах ромбических минералов)

Подсчет выполнен для объекта с наибольшим числом минералов (3299) — литосферы Земли. Для этого объекта  $k_p$  практиче-

ски равно среднему значению  $k$  для всех минералов (3299) :  $k_p = 4.8$  и  $k = 4.9$ . Для минералов других сингоний колебания значений  $k$  значительные: 3.8—5.5.

## 8. Классификационный состав минералов ромбической сингонии <sup>1</sup>

Только минералы ромбической сингонии достаточно точно отражают общий классификационный состав литосферы Земли (проценты от числа ромбических минералов и от общего числа главных минералов литосферы):

<b>Классы</b>	<b>P</b>	<b>Общие</b>	<b>Другие сингонии</b>
Силикаты	24.6	26.1	<10—40
Оксиды	21.5	15.3	< 10—36
Сульфиды	15.4	12.9	< 10—26
Фосфаты	16.9	11.1	< 10—16
Сумма	78.4	65.4	27.8—82.6

Примерно такое же соответствие выявляется при сравнении «второстепенных» минералов литосферы Земли:

<b>Классы</b>	<b>P</b>	<b>Общие</b>	<b>Другие сингонии</b>
Сульфаты	6.2	7.8	0.0—17.9
Карбонаты	6.2	5.1	0.0—14.3
Арсенаты	0.0	5.1	3.6—8.3
Бораты	3.1	4.8	0.0—14.3
Самородные эл.	1.5	2.4	0.0—11.1
Хлориды	3.1	1.8	0.8—4.4
Фториды	0.0	1.2	0.0—2.8
Сумма	20.0	28.23	8.7—46.4

## 9. Ромбическая плотность минералов

Использовалась представительная выборка в 333 минеральных вида из [6]. Значения плотности этих минералов взяты из [4]. Из 333 изъято 55 минералов, для которых плотность не указана. Среднее значение плотности для 278 минералов равно 4.2 г/см<sup>3</sup>. Ромбических минералов было 57. Среднее значение плотности для них равно 4.3 г/см<sup>3</sup>. Разброс средних значений плотности для минералов по остальным сингониям значителен: от 3.1 до 5.8 г/см<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Обработка данных справочников [4—6].

## 10. Ромбическая твердость минералов

Использовался указанный выше массив из 333 минеральных видов. Значения твердости (шкала Мооса) взяты из [4]. Из 333 изъяты из 44 минерала, для которых твердость не указана. Среднее значение твердости для 289 минералов равно 4.0. Ромбических минералов было 58. Среднее значение твердости для них равно 4.0. Разброс средних значений твердости для минералов по остальным сингониям значителен: от 3.5 до 4.7.

## 11. Ромбическая прозрачность минералов

Использованы данные справочника [5]. В нем все минералы разделены на прозрачные (2640) и непрозрачные (949). Отношение этих чисел равно 2.8. Среди ромбических минералов мы насчитали 603 прозрачных и 213 непрозрачных. Отношение этих чисел также равно 2.8.

## 12. Ромбичность внешнего облика неромбических кристаллов и их сростаний

Хорошо известна ромбичность формы кристаллов неромбических минералов, обусловленная значительным развитием граней какой-либо ромбической призмы (чаще всего) —  $\{110\}$ : амфиболов, пироксенов, слюд, полевых шпатов, гипса и др. Ярко выраженной ромбичностью ( $L_2P$ ) обладают и многие двойники неромбических кристаллов: гипса («ласточкин хвост»), кварца (японские двойники), амфиболов, пироксенов, титанита, рутила и др.

### Заключение

Приведенные выше цифры достаточно объективно, на наш взгляд, показывают «всестороннюю» ромбичность кристаллов (минералов и синтетических неорганических соединений). Ромбичны как конституция кристаллов (симметрия и химический состав), так и главные их физические свойства (плотность, твердость и прозрачность). Формулируем закон ромбичности царства кристаллов: «Царство неорганических кристаллов ромбично».

Как же обстоит дело с ромбичностью кристаллов органических соединений? Наряду с моноклинными, здесь преобладают ромбические кристаллы: ромбических 41.8 %, гексаромбических 45.0 и моноклинных 42.9 (Б. В. Чесноков. Распределение по синго-

ниям кристаллов органических соединений // Уральск. геол. журн. 2002. № 1. С. 101—104.

Особенно ярко выражена ромбичность простейших представителей углеводородов — нормальных парафинов (n-парафинов). Это типичные молекулярные кристаллы с общей химической формулой  $C_nH_{2n+2}$ , где  $n \geq 17$ . Известны 3 низкотемпературные полиморфные модификации — Р, М и ТК. Имеется высокотемпературная (близко к температуре плавления) Г — модификация, ротационно-кристаллическая (Е. Н. Котельникова, С. К. Филатов. Кристаллохимия парафинов. Методы исследования, результаты, поведение в природе. С.-Пб.: «Журнал “Нева”», 2002. 351 с). В главе 4.1.1. «Ромбичность» большинства твердых растворов (с. 184—186) сказано, что большинство природных парафинов «ромбично». Ромбические парафины образуются независимо от того, смешивается ли ромбический компонент с ромбическим, ромбический с триклинным или триклинный с триклинным. По нашему мнению, это великолепный пример особой роли ромбических структур в мире органических кристаллов.

В процессе данной работы возникал вопрос и о ромбичности окружающего нас мира (см. статья 9 в газете «Наука Урала»). Оказывается, ромбичность рукотворных предметов рациональна как в отношении процесса их изготовления, так и пользования. Ромбичность «полюбилась» человеку с древнейших времен: практически все каменные наконечники копий, стрел, топоры, кинжалы, скребки и т. д. ромбичны:  $L_2P$ . Без учета «мелких» деталей, ромбичны: дома, прямолинейные участки улиц, дорог, туннелей. Ромбичны вагоны, прицепы, понтоны, баржи. Все эти предметы не способны к автономному передвижению. Автономно передвигающиеся предметы (локомотивы, автомобили, самолеты) моноклинны: Р. Моноклинны и автономно передвигающиеся организмы.

Ранее [7, 8] отмечалось, что первичные «космические» кубо-ромбические ассоциации минералов глубин Земли и космических объектов (метеориты и др.) в результате гидритной агрессии замещаются «водными» моноклинными минералами. В данном случае «мертвый» космический минерал в конце концов (в зоне гипергенеза) переходит в «живой» мир моноклинных гидритов: антиромбическая агрессия.

В связи со все усиливающимся ростом «рукотворной ромбичности» (здания и другие сооружения, дороги, каналы, линии электропередач и др.) возникает проблема агрессии данной «рукотворной ромбичности» в отношении «моноклинного живого мира». На наш взгляд, эта проблема заслуживает более детального изучения.

## Литература

1. *Винчелл А. Н., Винчелл Г.* Оптические свойства искусственных минералов. М.: Мир, 1967. 526 с.
2. *Горшков В. С., Тимашев В. В., Савельев В. Г.* Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высшая школа, 1981. 334 с.
3. Свойства неорганических соединений. Справочник. Л.: Химия, Ленинградск. отд., 1983. 389 с.
4. *Семенов Е. И., Зарубеева Е. П.* Минералогический словарь. М.: Минерал. музей им. А. Е. Ферсмана, 1998. 168 с.
5. *Фекличев В. Г.* Диагностические константы минералов. Справочник. М.: Недра, 1989. 480 с.
6. *Флейшер М.* Словарь минеральных видов. М.: Мир, 1990. 240 с.
7. *Чесноков Б. В.* Гидриты и ангидриты царства реальных кристаллов. Миасс: ИМин УрО РАН, 2001. 26 с.
8. *Чесноков Б. В.* Генеральные минералогические объекты. Миасс: ИМин УрО РАН, 2002. 42 с.
9. *Юшкин Н. П.* Кристаллосимметричный анализ сложных минеральных систем. Сыктывкар: Коми фил. АН СССР, 1985. 38 с.

**Статьи автора в газете «Наука Урала»**  
(по тематике всех трех брошюр: 2001, 2002, 2003)

1. Чесноков Б. В. Современная минералогия — наука о кристаллическом веществе Вселенной // НУ. 1996. № 11.
2. Чесноков Б. В. Покуда не иссякнет кислород // НУ. 1997. № 2.
3. Чесноков Б. В. Фундаментальные характеристики больших минералогических объектов как основания современной минералогии // НУ. 1998. № 24.
4. Чесноков Б. В. Гидриты и ангидриты — две половины царства кристаллов // НУ. 1999. № 20.
5. Чесноков Б. В. Симметричное единство царства реальных кристаллов // НУ. 2000. № 7.
6. Чесноков Б. В. Гидритная агрессия как направление эволюции минерального мира // НУ. 2000. № 20.
7. Чесноков Б. В. Новые закономерности царства реальных кристаллов // НУ. 2001. № 8.
8. Чесноков Б. В. Симметричные константы царства кристаллов // НУ. 2002. № 1.
9. Чесноков Б. В. О ромбичности нашего мира // НУ. 2002. № 26.

## Оглавление

Введение .....	3
1. Ромбические решетки в системе решеток Браве .....	3
2. Гексаромбическая сингония .....	4
3. Ромбическая стабильность .....	4
4. Ромбические полиморфные модификации .....	6
5. Концентрации ромбических минералов в ряде генеральных объектов .....	7
6. Ромбическая гидритность .....	8
7. Ромбическое $k_p$ (среднее значение числа химических эле- ментов в формулах ромбических минералов) .....	8
8. Классификационный состав минералов ромбической синго- нии .....	9
9. Ромбическая плотность минералов .....	9
10. Ромбическая твердость минералов .....	10
11. Ромбическая прозрачность минералов .....	10
12. Ромбичность внешнего облика неромбических кристаллов и их сростаний .....	10
Заключение .....	10
Литература .....	12
Статьи автора в газете «Наука рала» (по тематике всех трех брошюр: 2001, 2002 и 2003) .....	13

*Научное издание*

Чесноков Борис Валентинович

**РОМБИЧНОСТЬ ЦАРСТВА  
КРИСТАЛЛОВ**

*Рекомендовано к изданию  
Ученым советом Института минералогии  
и НИСО УрО РАН*

ЛР № 020764  
от 24.04.98 г.

Технический редактор Брагин Н. П.  
Компьютерная верстка О. Л. Заушицина

Оригинал-макет подготовлен  
в Институте минералогии УрО РАН

---

Сдано в набор 14.01.03. Подписано к печати 3.08.03. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. листов 1. Уч.-изд. Листов 1.1. Тираж 200 экз.

---

Отпечатано в информационно-издательской группе  
Ильменского государственного заповедника

456317, г. Миасс, Челябинской области  
Ильменский государственный заповедник