

Б. В. Чесноков

**СИММЕТРИЙНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ,
СОДЕРЖАЩИХ И НЕ СОДЕРЖАЩИХ «ВОДНЫЕ» МИНЕРАЛЫ***

B. V. Chesnokov

**SYMMETRICAL CHARACTERISTICS OF MINERALOGICAL OBJECTS WITH «WATER»
MINERALS AND WITHOUT THEM**

Distribution of «water» (containing OH⁻, H₂O) and waterless minerals in systems for some objects (the lithosphere of the Earth or Moon, the meteorites, etc.) is considered. It is shown that «monoclinic system» of mineral world in the earthly lithosphere mainly is caused by presence of low symmetry in the «water» minerals. The symmetrical characteristics of the waterless minerals from all objects are very similar and they don't have a «clear monoclinic maximum». «The monoclinic system» of the earthly mineral world is consequence of participation of water, oxygen atmosphere and organisms in processes of mineral formation. A number of the mineralogical objects (the lithosphere of the Moon – the meteorites – the lithosphere of the Earth) on degree of decreasing primitiveness has been constructed.

Важной характеристикой минералогических объектов является распределение их минералов по сингониям [3, 10, 11, 12]. Намечена общая тенденция: «...в процессе агрегации метеоритных систем в планеты земного типа, в процессе эволюции Земли ...высокосимметричный кубический облик минерального мира постепенно сменяется через кубо-ромбический моноклинным...» [11]. Однако, конкретные причины этой тенденции не были указаны.

По нашим данным, выявленное ранее понижение симметрии минерального мира в процессе его эволюции связано в основном с появлением (а затем и преобладанием) минералов, содержащих группы OH⁻ и H₂O. Такие минералы здесь условно названы «водными».

Приведенные ниже результаты получены нами при обработке списков минералов Земли [4], метеоритов [2], Луны [5], Ильменских гор [1] и горелых отвалов Челябинского угольного бассейна [6]. Из алфавитного списка минералов Земли были сделаны представительные выборки по указанной ранее методике [7]. Остальные списки обрабатывались полностью. Определялась частота (%) распределения минералов по сингониям. На графиках для удобства сравнений точки значений частоты соединены линиями. На всех графиках с этой же целью принят единый масштаб оси частот.

В литосфере Земли (выборка из 330 видов) резко преобладают моноклинные минералы (рис. 1). На втором месте — ромбические. Такой тип минерального мира называем контрастным ромбо-моноклинным.

Посмотрим, как изменится его графическое отображение при разделении минералов на «водные» и безводные.

На рис. 2. сплошной линией дан график «водных» минералов. Сюда вошли минералы, содержащие OH⁻, H₂O или OH⁻ и H₂O вместе (191 из 330). Графики, построенные отдельно для минералов с OH⁻, с H₂O и с OH⁻ и H₂O вместе близки и здесь не приводятся. Моноклинность графика «водных» минералов выражена еще более резко, чем общего графика литосферы Земли (см. рис. 1) (контрастный ромбо-моноклинный тип).

*Доклад на заседании Ильменского отделения МО РАН 4 ноября 1998 г.

Остальные минеральные виды (139 из 330) — безводные (штриховая линия на рис. 2). Это неконтрастный ромбо-моноклинный тип. Необходимо отметить, что среди этих минералов имеется некоторое количество минералов с дополнительными анионами: F^- , Cl^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} и др. Можно предполагать, что такие ионы также вносят вклад в моноклинность распределения. Поэтому из того же списка [4] была сделана выборка (278) без водных минералов без дополнительных ионов. Их распределение является неконтрастным моноклинно-ромбическим, в общем сходным с распределением предыдущего типа (пунктирная линия на рис. 2). Поэтому в дальнейшем минералы без дополнительных ионов в безводных не выделялись.

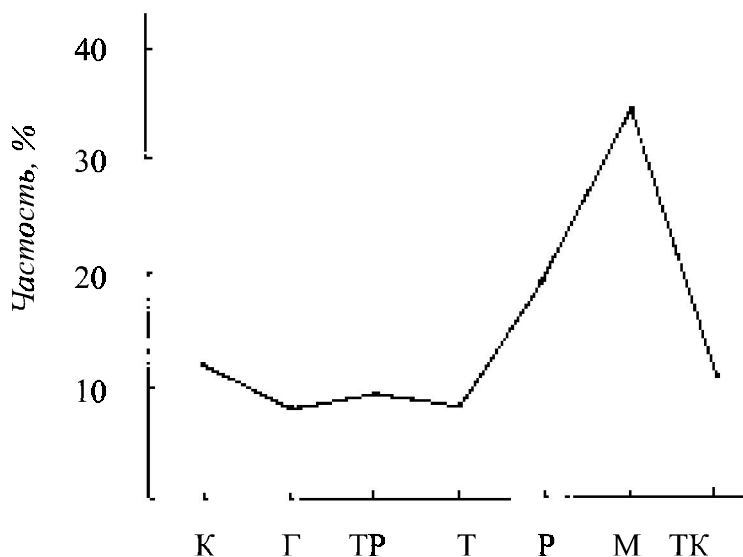


Рис. 1. Распределение по сингониям минералов литосферы Земли (330 минеральных видов в выборке).

Обозначения сингоний: К — кубическая, Г — гексагональная, ТР — тригональная, Т — тетрагональная, Р — ромбическая, М — моноклинная, ТК — триклинная

Сравнение приведенных данных достоверно показывает, что моноклинность минерального мира литосферы Земли обусловлена присутствием в нем значительного количества «водных» минералов. Нужно отметить также, что среди безводных минералов

существенно повышена (до 2—3 раз) роль минералов высшей и средней категории.

К настоящему времени относительно полно изучен региональный земной минералогический объект — Ильменские горы. На соответствующем графике (рис. 3) моноклинность «водных» минералов выражена очень резко (контрастный ромбо-моноклинный тип). График безводных — неконтрастный ромбо-кубический.

«Водные» минералы техногенного объекта — горелых отвалов — характеризуются также контрастным ромбо-моноклинным распределением, а «безводные» — неконтрастным кубо-ромбическим (рис. 4).

Распределения рассмотренных земных объектов очень сходны. Их резко выраженная моноклинность обусловлена присутствием «водных» минералов (в литосфере Земли 58 %, в Ильменских горах 48 % и в горелых отвалах 28 %). Тем самым нашло объяснение одно из важнейших явлений природы — резко выраженная низкосимметричность минерального мира литосферы Земли.

Из космических объектов минералогически наиболее полно изучены метеориты. Нами использован список минералов метеоритов М. И. Петаева, поскольку в него не включены минералы, образовавшиеся при изменении метеоритов в земных условиях [2] (рис. 5). Распределение «водных» минералов весьма контрастное ромбо-моноклинное, а безводных — неконтрастное моноклинно-кубическое. Количество «водных» минералов в метеоритах значительно ниже, чем в земной литосфере — 16 %.

Из 68 минералов Луны только один (1.5 %) «водный» (амфибол). Распределение безводных минералов (рис. 6) неконтрастное моноклинно-кубическое.

Таким образом, для всех земных объектов симметричное распределение «безводных» минералов является неконтрастным, с явно выраженными двумя максимумами — в области кубичности

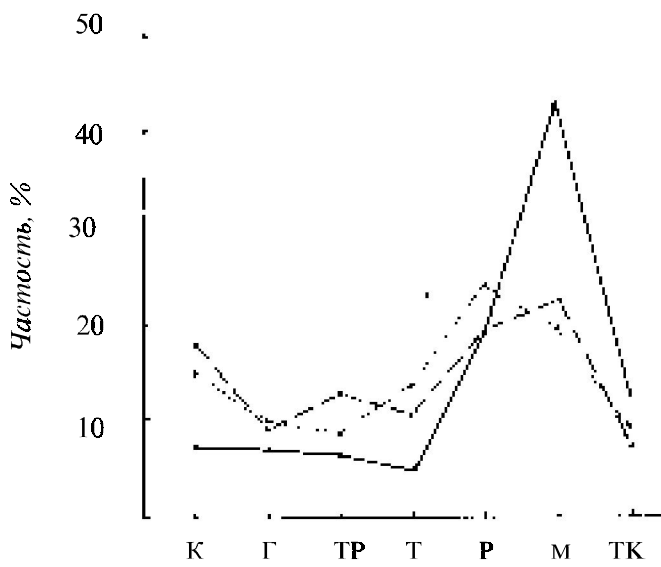


Рис. 2. Распределение по сингониям минералов литосферы Земли.

«Водные» минералы (191), сплошная линия; безводные минералы, включая минералы с дополнительными ионами (139), штриховая линия; безводные минералы без дополнительных ионов (278), пунктирная линия

Рис. 3. Распределение по сингониям «водных» (104) и безводных (114) минералов Ильменских гор.

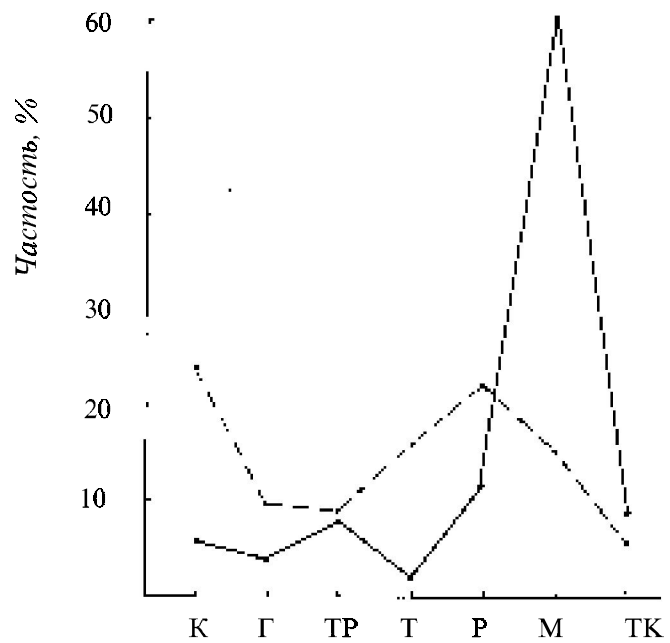
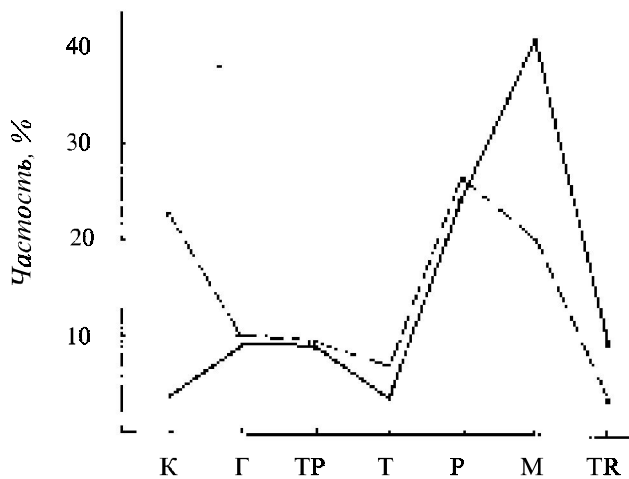


Рис. 4. Распределение по сингониям «водных» (54) и безводных (139) минералов горелых отвалов.

и ромбо-моноклинности. В области сингоний средней категории для всех объектов характерен «обширный» минимум. Это распределение и следует принять за исходное, примитивное («лунное») распределение. Оно характеризует минералогические объекты, сформированные без вхождения в состав минералов групп OH^- и H_2O . При вхождении этих групп в минералы резко возрастает «моноклинность» объектов. Естественно, это широко осуществляется в земной коре, в частности, в зоне гипергенеза.

Рис. 5. Распределение по сингониям «водных» (22) и безводных (116) минералов метеоритов.

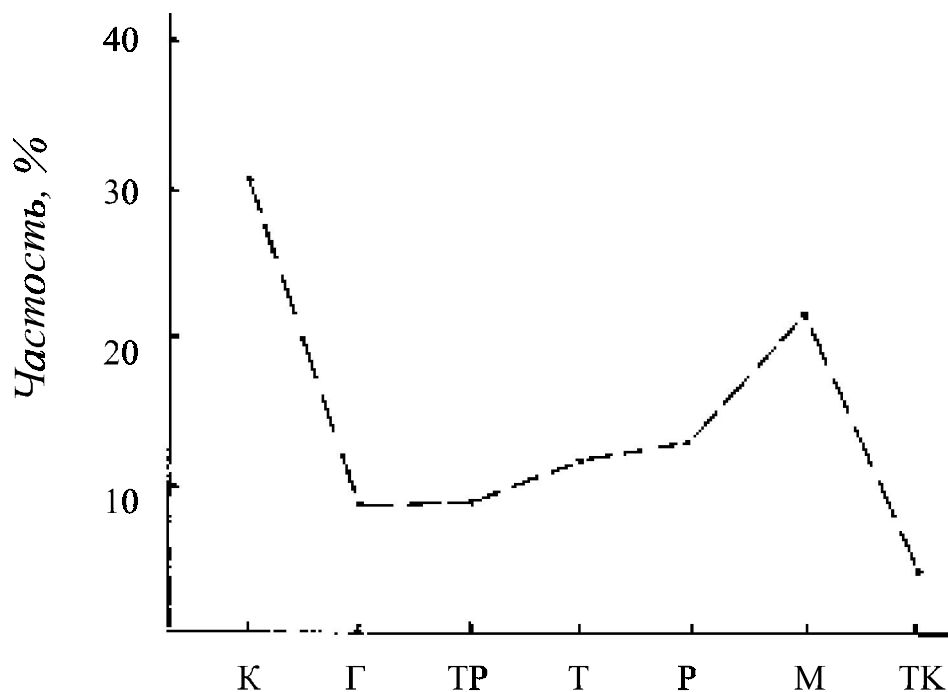
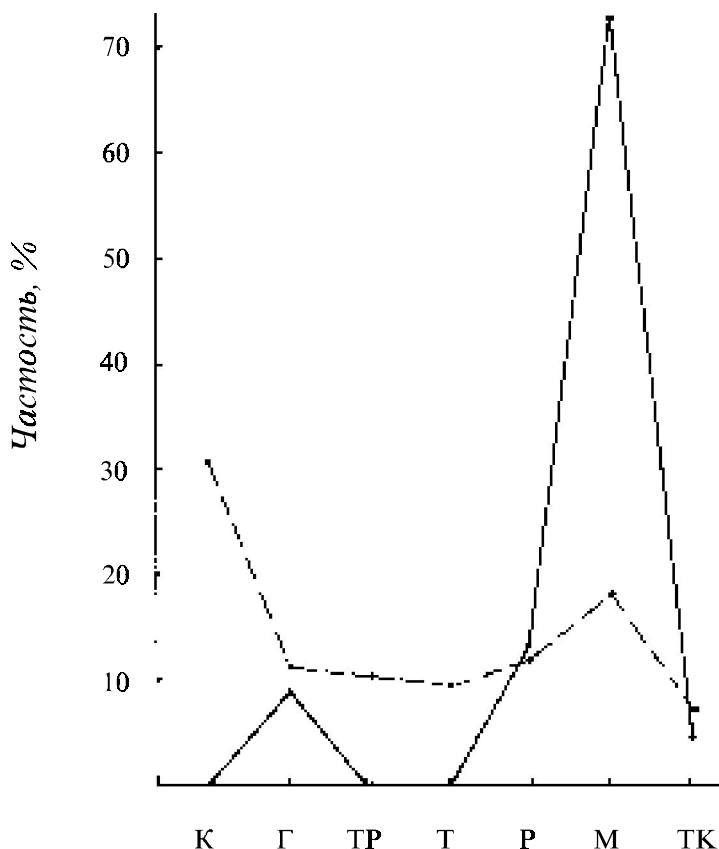


Рис. 6. Распределение по сингониям минералов литосферы Луны (безводные, 68).

Особенно следует подчеркнуть, что безводные миры метеоритов и Луны в симметричном отношении почти тождественны (см. рис. 5 и 6). В метеоритах на примитивный «лунный» мир наложен мир «водный» (формально — «земной»). На этот счет попытаемся привести некоторые соображения.

Весьма резко выраженная моноклинность «водных» минералов метеоритов обусловлена значительной ролью среди них слоистых силикатов (хлориты, серпентины и др.), относящихся к моноклинной сингонии. По-видимому, большинство их образовалось в неземных условиях в результате замещения (гидратации) безводных силикатов и других минералов. Как показано выше, среди безводных минералов космических объектов значительную роль играют кубические минералы, минералы средних сингоний и ромбические. В подавляющем большинстве их кристаллические структуры имеют слои плотнейшей упаковки анионов, в частности, кислорода. Метасоматическое замещение таких кристаллов кристаллами со слоистой структурой (слои с плотнейшей упаковкой анионов) требует минимальных энергетических затрат и, по-видимому, может осуществляться в «суровых» неземных условиях. Возможность замещения водными минералами первичных безводных минералов метеоритов не исключается как на доаккреционной стадии, так и в пределах материнского тела (ряд литературных источников последних лет). Характерным земным примером замещения кубического безводного минерала слоистым ОН-минералом является замещение кристаллов извести СаО портландитом Са(ОН)₂ в горелых отвалах [9, с. 93]. В этом случае слои (0001) портландита ориентируются параллельно (111) извести, т. е. слоям кубической плотнейшей упаковки. Возможно, известное широкое развитие в частицах космической пыли слоистых водных силикатов (сметитов) также обусловлено явлениями подобного характера (космическое выветривание, космический гипергенез). По нашим данным, наиболее примитивным из рассмотренных объектов является минеральный мир литосферы Луны. Метеориты занимают промежуточное положение. В их минеральном веществе сохранились следы действия более сложных химических сред в виде достаточно многочисленных «водных» минералов. Минеральный мир литосферы Земли еще более сложен. Он сформирован при участии воды, кислородсодержащей атмосферы и организмов в широких интервалах физико-химических условий. Это определило его разнообразие (видовой всплеск [7]) и низкосимметричность. Такой же ряд (Луна-метеориты-Земля) получен нами при изучении распределений минералов по числу химических элементов в их формулах (коэффициент *k*) [8]. Наиболее примитивным объектом в этом отношении является Луна (*k* среднее=3.1), затем идут метеориты (3.5) и Земля (4.7).

Необходимо отметить, что в обзоре минералогических исследований за 1870 г., сделанном П. В. Еремеевым (Горный журнал, 1871, № 11, с. 276) упомянута работа Густава Генрихса (1870), в которой указывается, что собственно гидраты вообще бывают менее симметричны, нежели соответствующие им безводные соединения (любезное личное сообщение В. А. Попова).

Кристаллохимическая природа влияния ОН⁻ и Н₂О на симметрию минералов — специальный вопрос, рассмотрение которого не входило в наши задачи. Здесь можно только сослаться на известную асимметрию аниона ОН⁻ и молекулы Н₂О.

Литература

1. Кобяшев Ю. С., Поляков В. О. Минералы Ильменских гор, 1994 г. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 1994. 73 с.
2. Петаев М. И. Список минералов метеоритов // Метеоритика. 1988. Т. 47. С. 156—166.
3. Поваренных А. С. О закономерностях в распределении минеральных видов по сингониям, классам симметрии и пространственным группам // Минерал. сборн. Львовск. ун-та. 1966. № 20. В. 3. С. 341—351.
4. Флейшер М. Словарь минеральных видов. М.: Мир, 1990. 204 с.
5. Фрондел Дж. Минералогия Луны. М.: Мир, 1978. 334 с.
6. Чесноков Б. В. Новые минералы из горелых отвалов Челябинского угольного бассейна (сообщение десятое — обзор результатов за 1982—1995 гг.) // Уральск. минерал. сборн. № 7. Миасс: ИМин УрО РАН. 1997. С. 5—32.
7. Чесноков Б. В. Соотношение числа минералов и числа минералообразующих химических элементов в минералогических объектах // Уральск. минерал. сборн. № 8. Миасс: ИМин УрО РАН. 1998. С. 258—263.
8. Чесноков Б. В. Опыт минералогии техногенеза — 15 лет на горелых отвалах угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик Южного Урала // Уральск. минерал. сборн. № 9. Миасс. ИМин УрО РАН, 1999. С. 138—168.

9. *Чесноков Б. В., Щербакова Е. П.* Минералогия горелых отвалов Челябинского угольного бассейна (опыт минералогии техногенеза). М.: Наука, 1991. 152 с.
10. *Шафрановский И. И., Фекличев В. Г.* Симметричная статистика минералов // Минерал. журн. 1982. Т. 4. В. 6. С. 31—36.
11. *Юшкин Н. П.* Кристаллосимметричный анализ сложных минеральных систем. Сыктывкар: КФАН СССР, 1985. 38 с.
12. *Юшкин Н. П., Шафрановский И. И., Янулов К. П.* Законы симметрии в минералогии. Л.: Наука, Ленингр. отделен., 1987. 335 с.