

Б. В. Чесноков

## СООТНОШЕНИЕ ЧИСЛА МИНЕРАЛОВ И ЧИСЛА МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩИХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

B. V. Chesnokov

### THE RELATION BETWEEN NUMBER OF MINERALS AND NUMBER OF MINERAL- FORMING CHEMICAL ELEMENTS IN THE MINERALOGICAL OBJECTS

For the Earth minerals (3844 specieses) exponential dependence of number of mineral-forming elements  $n$  from number of mineral specieses in extract  $m$  is established. The comparison of curves  $m$ - $n$  of the Earth and curve for Ilmen mountains, meteorites and burnt dumps of Chelyabinsk coal basin is carried out. The analysis of the causes for species burst for the last object is given.

Одной из важных характеристик минералогических объектов (МО) является число минеральных видов, приходящихся на один химический (минералообразующий) элемент:  $K = M/N$ , где  $M$  — число минеральных видов в МО,  $N$  — число химических элементов, входящих в формулы минералов МО [8]. Коэффициент  $K$  следует понимать как видовую (минералогическую) продуктивность химических элементов в данном МО. Как ранее было показано [8], величина  $K$  зависит как от природы МО, так и от степени его изученности.

В настоящей статье рассмотрены другие возможности использования соотношений числа минералов и химических элементов в МО. Лантаноиды учитывались как  $TR = 1$ , лантан учитывался отдельно.

Из ряда детально минералогически изученных МО [8] были выбраны объекты с большим числом  $N$  (в скобках) — Земля (66), Ильменские горы (48) и с относительно небольшим  $N$  — метеориты (26) и горелые отвалы Челябинского угольного бассейна (20).

Алфавитные списки минералов этих объектов [4, 2, 3, 7] представляют собою «хорошо перемешанные» массивы, поскольку названия минералов даны «совершенно случайно» [1]. Из этих массивов наугад брались выборки по 1, 5, 10 и т. д. минералов ( $m$ ) и подсчитывались соответствующие количества минералообразующих элементов (входящих в формулы минералов) ( $n$ ). Для малых  $m$  выборки делались многократно, от 50 до 150 раз, и бралось среднее арифметическое  $n$ . В результате строились кривые зависимости  $m$ - $n$  (рис. 1). Поскольку в области малых  $n$  кривые на рисунке практически сливаются, данные для этой области приведены и в таблице (табл.).

Кривая  $m$ - $n$  для Земли ( $M = 3844$  [4]) удовлетворительно описывается показательной функцией (экспонентой). Слева она ограничивается значениями  $m = 1$ ,  $n = 4.7$ . Справа она проведена до значений  $m = 500$  и  $n = 59$  (для всего массива [8]  $N = 66$ ). Эта кривая может служить некоторым эталоном при изучении других МО. Резкое возрастание  $m$  при больших значениях  $n$  служит веским аргументом в пользу высказанной А. П. Хомяковым [5] гипотезы об отсутствии естественного предела числа минеральных видов.

Кривая  $m$ - $n$  для Ильменских гор ( $M = 264$  [2],  $N = 48$ ) сходна с кривой для Земли, но существенно «сдвинута» влево. Указанное сходство обусловлено тем, что минералы Ильменских гор, как и минералы Земли, представляют собою продукты широкого спектра условий минералообразования — от магматических до гипергенных. А главное отличие, по нашему мнению, связано с недостаточной изученностью минералов этого района в целом (особенно слабо исследованы минералы «рядовых» горных пород, гидротермалитов и продуктов гипергенеза).

Как отмечено выше, число минералообразующих элементов метеоритов невелико ( $N = 26$ ). Не очень обширен и список минералов метеоритов ( $M = 145$  [3]), хотя минералогии этого объекта посвящены многочисленные исследования. Обособленное положение кривой  $m$ - $n$  метеоритов обусловлено генетической спецификой объекта, пока еще в основном не выясненной.

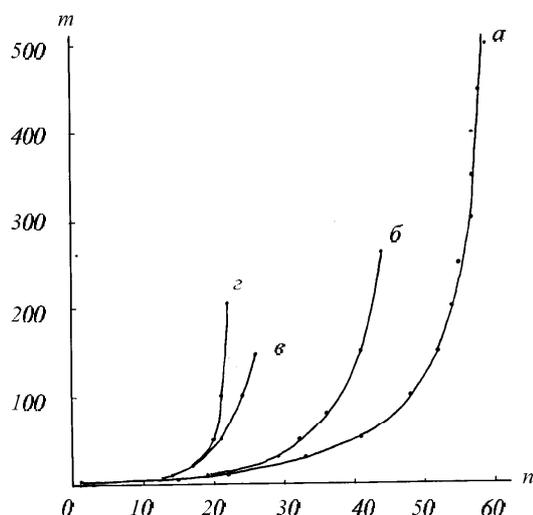


Рис. 1. Кривые  $m$ - $n$  для минералов Земли (а), Ильменских гор (б), метеоритов (в) и горелых отвалов Челябинского угольного бассейна (г)

Таблица

Зависимость  $m$ - $n$  для минералов Земли (1), Ильменских гор (2), метеоритов (3) и горелых отвалов (4) в области малых значений  $m$

m	n			
	1	2	3	4
1*	4.7	4.5	3.5	3.7
5	14.6	13.8	9.4	9.7
10	21.9	18.6	14.0	13.1

Примечание: \* — во всех выборках при  $m = 1$  (около 300 выборок) число  $n$  находится в пределах 1—9.

Особое положение и вид кривой  $m$ - $n$  горелых отвалов обусловлено причинами, достоверное выявление которых вполне возможно, поскольку состав, строение и поведение этого МО можно непосредственно наблюдать [9]. Ограниченность  $n$  для отвалов связана с относительной простотой химического состава исходных пород, угля и атмосферных воздуха и влаги. Очень крутое воздымание кривой (большее число минералов при незначительном  $N$ ) связано с таким состоянием данного МО, которое мы называем видовым всплеском (видовой — от минеральных видов).

Видовой всплеск горелых отвалов в значительной степени обусловлен техническим «распечатыванием» еще термически активных отвалов — их экскаваторной разработкой. Вследствие этого: 1) забоями вскрываются горячие блоки, в которых находятся еще не успевшие измениться высокотемпературные эфемеры — чрезвычайно гигроскопичный аквацитит  $\text{CaCl}_2$ , легко разлагающийся рорисит  $\text{CaFCl}$ , известь  $\text{CaO}$  и др.; 2) в ранее вскрытых горячих блоках широко распространены продукты изменения отмеченных выше высокотемпературных эфемеров; 3) на таких отвалах еще не угасла фумарольная деятельность, поставляющая множество сульфатов и хлоридов.

Впоследствии на «разваленном» терриконе под действием агентов выветривания большинство эфемеров исчезает, растворяется или превращается в обычные гидроксиды, карбонаты и др. Такой отвал находится уже в стадии минералогической (видовой) деградации (резкое уменьшение  $M$  при практически постоянном  $N$ ).

Во многих «обычных» МО видовые всплески вызываются «распечатыванием» при тектонических движениях или при эрозии (например, при вскрытии эрозией сульфидных залежей).

Таким образом, видовой всплеск вызывается событием, существенно нарушающим прежние условия существования МО. Такое событие может по своей природе быть геологическим, техногенным и космическим. Примером космических причин видовых всплесков могут быть импактные события, приводящие к образованию астроблем. В результате таких катастрофических явлений земные МО резко преобразуются, возникают высокобарические и высокотемпературные ассоциации (видовой всплеск), которые относительно быстро деградируют. Впоследствии минералогические следы катастрофы выявляются лишь по реликтовым, наиболее устойчивым, фазам. Множество эфемеров практически бесследно исчезает.

Большинство доступных нам «геологических» МО находится в состоянии видовой консервации, когда М относительно стабильно во времени.

Нужно отметить, что естественные видовые всплески необходимо отличать от «кажущихся», когда резкое изменение М связано с особенностями процесса изучения МО (введение новых методов, квалификация работников и др.). С видовыми всплесками, естественно, в большинстве случаев, связано и увеличение N (элементные всплески).

Своеобразие (некоторая непредсказуемость) кривых m-n определяется и тем, что химический состав минералов колеблется в широких пределах. Нередки самородные элементы («один минерал — один элемент»). Широко распространены полиморфные модификации («несколько минералов — один состав»). Графики m-n для этих случаев показаны на рис. 2. Естественно, наличие подобных минералов в МО определенным образом сказывается на характере кривой m-n (отклонения от экспоненты).

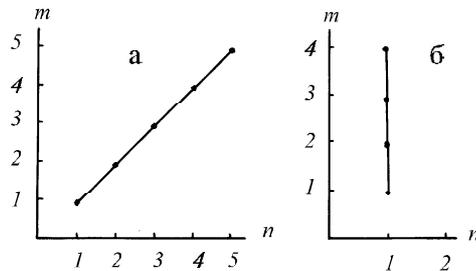


Рис. 2. Частные случаи зависимости m-n:

а — для МО, состоящего из минералов — самородных металлов (Fe, Pt, Pd, Rh, Cu); б — для МО состоящего из полиморфных модификаций углерода (алмаз, лонсдейлит, графит, аморфный углерод)

Таким образом, зависимость m-n является наиболее общей количественной минералогическо-геохимической характеристикой минералогических объектов.

Крайним случаем огромного преобладания М над N является область органических кристаллических соединений, состоящих в основном из H, C, O, N. Но это уже не область минералогии.

Мы надеемся, что изложенное позволит в некоторой степени расширить методы характеристики МО, а также облегчить ввод техногенных объектов в разряд «законных» предметов современной минералогии [6].

Автор благодарит А. А. Осипова за математическую консультацию.

### Литература

1. Бонштедт-Куплетская Э. М., Арбузова О. А. Новые минералы, 1954—1972. М: Наука, 1974. 96 с.
2. Кобяшев Ю. С., Поляков В. О. Минералы Ильменских гор, 1994 г. Миасс: Ильменский гос. заповедник, 1994. 73 с.
3. Петаев М. И. Список минералов метеоритов // Метеоритика. 1988. № 47. С. 156—166.
4. Флейшер М. Словарь минеральных видов. М.: Мир, 1990. 204 с.
5. Хомяков А. П. Новейшие минералогические открытия и пересмотр концепции ограниченности числа минеральных видов // Структура и эволюция минерального мира. Мат-лы к Международн. минералогич. семинару. Сыктывкар: Ин-т геол. Коми НЦ УрО РАН, 1997. С. 98.
6. Чесноков Б. В. Современная минералогия — наука о кристаллическом веществе Вселенной // Уральский минералогический сборник, № 6. Миасс: ИМин, 1996. С. 218—224.
7. Чесноков Б. В. Новые минералы из горелых отвалов Челябинского угольного бассейна (сообщение десятое: обзор результатов за 1982—1995 гг.) // Уральский минералогический сборник, № 7. Миасс: ИМин, 1997. С. 5—32.
8. Чесноков Б. В. Коэффициент К — новая характеристика минералогических объектов // Там же. С. 264—268.
9. Чесноков Б. В., Щербакоева Е. П. Минералогия горелых отвалов Челябинского угольного бассейна (опыт минералогии техногенеза). М.: Наука, 1991. 152 с.