

Н.А. Григорьев

Минеральные вещества как концентраторы химических элементов

Неравномерность распределения химических элементов — свойство Вселенной. Проявляется это преимущественно через достигнутую концентрацию и ее изменения во времени. В минералах и минеральных веществах увеличение концентрации одного или нескольких химических элементов практически возможно только за счет уменьшения концентрации остальных. Поэтому классификация минералов и минеральных веществ как концентраторов химических элементов пока конструктивна только в относительной системе, т.е. индивидуально для каждого химического элемента. Отмеченное свойство в отношении минеральных веществ реализуется по меньшей мере на четырех иерархических уровнях. Отметим два: совокупность минеральных веществ и совокупность минералов, слагающих данное вещество. Степени концентрации данного химического элемента на первом и втором уровнях в абсолютном большинстве случаев взаимосвязаны [2]. Связь эта проявляется в целом тем отчетливее и регулярнее, чем меньше кларковое содержание химического элемента. Отмеченная связь выражает дискретность качественных изменений форм нахождения химических элементов в связи с изменениями их концентрации. Это основа относительного классифицирования минеральных веществ как концентраторов химических элементов. Подобная классификация с использованием современной терминологии затруднительна. Коснемся терминов, относящихся к минералам. «Рудный» и «породообразующий» для данных целей некорректны. Использование термина «собственные минералы» оказалось эффективным лишь в отношении некоторых химических элементов. Термин «минералы-концентраторы» в данном случае тоже некорректен. Критерий их выделения — коэффициент концентрации — определяют для каждой конкретной ситуации [4]. Поэтому даже один и тот же минерал может быть

или не быть таковым в отношении одного и того же химического элемента. Пример — андрадит. В гранат-кальцитовом скарне это минерал-концентратор железа, в магнетитовой руде — нет. Вместе с тем по достигнутой концентрации данного химического элемента все минералы объективно делятся на три важнейшие группы: максиминералы, кларкминералы и миниминералы. В максиминералах достигнутая концентрация данного химического элемента ближе к максимально возможной, чем к средней. В кларкминералах она ближе к средней, а в миниминералах — к минимально возможной. Используем для выделения наиболее важных для нас групп максиминералов традиционный критерий — коэффициент концентрации. Первый соответствует концентрации, близкой к максимально возможной в отношении граничной, второй — граничной в отношении средней. Выразим это через содержания химических элементов в минералах:

$$\frac{C_{\text{макс.}}}{C_{\text{гр.}}} = \frac{C_{\text{гр.}}}{C_{\text{ср.}}}, \quad \text{или } C_{\text{гр.}} = (C_{\text{макс.}} \cdot C_{\text{ср.}})^{1/2},$$

где $C_{\text{макс.}}$ — приближающееся к максимально возможному; $C_{\text{ср.}}$ — среднее; $C_{\text{гр.}}$ — граничное.

Предлагаемое решение приближенное. Для более точного нет достаточных знаний сущности неравномерного распределения химических элементов в минеральных веществах. Пока примем в качестве $C_{\text{макс.}}$ максимальные величины содержания химических элементов в минералах-эталопах. Минерал-эталон относится к минералам с максимальным содержанием данного элемента, но не является наименее распространенным среди них. Так, для железа минералом-эталонем выбран магнетит, а не железо самородное; $C_{\text{ср.}}$ условно принято равным кларковому содержанию химических элементов в земной коре, по Л.Н. Овчинникову [3]. Лишь для бериллия оно принято по [1].

Если не рассматривать благородные газы и некоторые наименее изученные элементы, то остальные делятся на четыре группы. При их характеристике указаны в скобках граничные значения содержания каждого химического элемента в массовых долях процента.

Первую группу составляют 10 главных элементов земной коры: водород (1.1), кислород (64), натрий (9.7), магний (9.7), алюминий (17), кремний (36), калий (11), кальций (14), титан (5.6), железо (20). Здесь величины граничного содержания больше минимального для собственных минералов, т.е. таких, где присутствие данного элемента необходимо. Таким образом, у отмеченных элементов к максиминералам относится только часть собственных минералов.

Вторую группу составляют 14 химических элементов: углерод (1.4), фтор (1.9), фосфор (1.4), сера (1.8), хлор (1.0), хром (0.6), марганец (2.4), никель (0.7), медь (0.7), цинк (0.7), стронций (1.5), цирконий (0.9), барий (1.8), церий (0.5). Здесь граничные величины содержания близки к минимальным для собственных минералов. Совокупности максиминералов и собственных минералов практически совпадают.

Третья группа из 27 элементов: литий (0.09), бериллий (0.07), бор (0.1), азот (0.2), скандий (0.3), ванадий (0.2), кобальт (0.3), мышьяк (0.1), иттрий (0.4), ниобий (0.3), молибден (0.08), серебро (0.03), олово (0.2), сурьма (0.05), теллур (0.004), цезий (0.11), тантал (0.1), вольфрам (0.1), иридий (0.002), платина (0.007), золото (0.006), ртуть (0.03), таллий (0.07), свинец (0.3), висмут (0.04), торий (0.3), уран (0.1). Здесь граничное содержание меньше минимального для собственных минералов. У этих элементов имеется два типа максиминералов: собственные и чужие. Но по меньшей мере у 12 элементов (бериллий, бор, мышьяк, ниобий, молибден, серебро, олово, тантал, вольфрам, ртуть, свинец, уран) содержание больше граничного в чужих минералах бывает сравнительно редко. Поэтому у них к максиминералам относятся в основном собственные минералы.

Четвертую группу составляют 23 химических элемента: галлий (0.2), германий (0.04), селен (0.02), бром (0.1), рубидий (0.2), кадмий (0.04), индий (0.03), йод (0.06), лантан (0.3), празеодим (0.06), неодим (0.2), самарий (0.03), европий (0.003), гадолиний (0.03), тербий (0.01), диспрозий (0.06), хольмий (0.02), эрбий (0.05), тулий (0.02), иттербий (0.06), лютеций (0.01), гафний (0.09), рений (0.002). Это элементы, у которых собственные минералы не известны или очень редки. Здесь максиминералы представлены в основном чужими минералами.

Выделение максиминералов дало возможность универсального выражения факта разделения минеральных веществ на качественно отличные группы по достигнутой концентрации каждого химического элемента в отдельности. Рационально остановиться на выделении трех групп, но использование традиционных терминов для их обозначения некорректно. Поэтому введем два новых термина: «кларкпороды» и «естественные руды», а также конкретизируем термин «минерализованные породы». Перечислим группы в порядке увеличения достигнутой концентрации какого-либо химического элемента.

Кларкпороды — минеральные вещества, где отсутствуют или не играют существенной роли максиминералы данного химического элемента.

Минерализованные породы — минеральные вещества, характеризующиеся широкими вариациями доли химического элемента, приходящейся на максиминералы. В идеальном случае она возрастает от нуля до 100 отн. % в прямой зависимости от валового содержания данного элемента в минеральном веществе.

Естественные руды — минеральные вещества, где данный химический элемент полностью (или в основном) сосредоточен в максиминералах.

Отмеченная относительная классификация может быть распространена на искусственные кристаллические вещества, если они рассматриваются как компоненты земной коры. Она может быть распространена и на любые совокупности космических тел, состоящих из минеральных веществ, но в этом случае необходим соответствующий выбор эталонов.

Список литературы

1. Григорьев Н.А. Распределение бериллия на земной поверхности. М.: Наука, 1984.
2. Григорьев Н.А. Минеральный баланс химических элементов. Свердловск, 1989.
3. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990.
4. Таусон Л.В. Геохимия редких элементов в гранитоидах. М.: Изд-во АН СССР, 1961.