

УДК 549.0 + 553.0

© Д.чл. УАГН О.К.Иванов

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Уральский институт минерального сырья, г. Екатеринбург

© О.К. Ivanov

MINERALOGICAL CHARACTERISTIC OF GEOLOGICAL OBJECTS

Автореферат

Обсуждаются использованные ранее и впервые предлагаемые минералогические характеристики геологических объектов, позволяющие сжимать минералогическую информацию и проводить минералогическое сравнение близких геологических объектов. Предлагаются следующие группы характеристик – 1) число минералов (список минералов, число минералов, их количество (коэффициент концентрации) на 1 кв. км. и 1 куб. км), 2) содержание минералов в объекте (в мас. и объемн. %), 3) генетический спектр минералов (список минералов по генетическим типам, общий генетический спектр, доля минералов того или иного генетического типа, соотношение первичных и гипергенных минералов), 4) систематический спектр минералов (список минералов по химической классификации, спектр минералов по химической классификации и доля(%) минералов того или иного класса), 5) последовательность образования минеральных ассоциаций, 6) последовательность кристаллизации минералов в ассоциациях, 7) минералогические особенности объекта, 8) экономически важные минералы и 9) общая минералогическая формула объекта.

Введение

Все более возрастающее количество минералогической информации по геологическим объектам разной сложности, создает определенные проблемы по ее усвоению, обобщению и использованию, не только для самих минералогов, но и, прежде всего, потребителей их продукции – геологов, специалистов по минеральным месторождениям, обогатителей и др. Между тем, эта сторона минералогии сравнительно слабо разработана или

имеет не совсем геологический подход. Мы попытались собрать имеющиеся наработки, обсудить и дополнить их.

Под **геологическим объектом** понимаются геологические тела разного иерархического уровня [10].

История вопроса

Полным минералогическим описанием геологического объекта является монографическое описание в виде отчета, статьи, монографии или серии таких работ. Тогда его кратким обобщением будет текстовая (заключение, резюме, реферат) или графическая (геологическая, петрографическая, металлогенетическая, минерогенетическая, геолого-минералогическая или топоминералогическая карта) характеристики. Вместе с тем, как показывает минералогическая и геологическая практика, этих характеристик явно недостаточно.

По-видимому, первой краткой минералогической характеристикой геологических объектов являлся список минералов, простой или с указанием последовательности или стадий образования минералов. Такими были диаграммы, составленные Кенигсбергером, в России активно использовавшиеся А.Е. Ферсманом [6]. Логическим завершением их явились диаграммы эволюции параметров минералогических процессов на объекте [7].

В сводках Н.П.Юшкина «Теория и методы минералогии» [7] и «Топоминералогия» [10] имеется много разделов, касающихся минералогической и минералогенетической информации. Автор предложил определять ряд параметров, в частности, энтропию. Однако, слишком общий подход к проблеме минералогической информации оставил за бортом более простые характеристики .

В работе «Введение в топоминералогия Урала» [11] Н.П. Юшкин в разделе «Общие черты минералогии Урала» использовал следующие более четкие характеристики для выяснения особенностей минералогии крупных геологических регионов типа Урала: распределение минералов по рангам кристаллохимической классификации, энтропии, по сингониям, по виду симметрии и индексу симметричности. Его вывод:

44

«Информацию о симметрии минералов Урала, как и других регионов можно «сжать» до одной цифры и представить ее в виде индекса симметричности». Ряд этих предложений был использован и другими специалистами.

В 1999 г. Б.В. Чесноков опубликовал работу «Фундаментальные характеристики минералогических объектов» [4], в которой он предложил 13 таких фундаментальных характеристик, часть из которых были совершенно новыми, а именно:

1. **Список минералов.**
2. **Число минеральных видов.**
3. **Число минералообразующих химических элементов.**
4. **Минералогическая продуктивность химических элементов.**
5. **Отношение m-n в выборках из массива минеральных видов.**
6. **Видовое состояние объектов.**
7. **Число минералообразующих химических элементов в составе минералов.**
8. **Гидритность объектов.**
9. **Симметричные характеристики.**
10. **Ряд главных характеристик состава минералов.**
 - А) **число кислородных минералов,**
 - Б) **число минералов содержащих водород,**
 - В) **число кислородных элементов,**
 - Г) **число минералов с дополнительными анионами.**
11. **Содержания минералов.**
12. **Зональность объектов.**

В более поздней работе «Генеральные минералогические объекты» [5] Б.В. Чесноков убрал «Список минералов», а п.10 назвал «Особенности химического состава минералов». И еще раз подчеркнул, что «характеристики объекта должны быть достоверными, проверяемыми и, по возможности, выражаемыми количественно» (с.18).

Обсуждение предложенных характеристик

Предложенные минералогические характеристики относятся к собственно-минералогическим, геолого-минералогическим, химико-минералогическим, кристалло-симметричным и формально информационным. Очевидно все они необходимы и имеют право на существование. Важно, для каких именно целей они используются. Пока большая часть из них предложена для оценки регионов, планетарных объектов, реже для минеральных месторождений. Отсюда, очевидна их некоторая академичность и оторванность от реальной геологии.

Примером этого, по нашему мнению, являются такие параметры, как энтропия или индекс симметричности. С целью приближения характеристик к потребностям геологии, мы произвели разбраковку предложенных параметров и предложили ряд дополнительных. С учетом ранее сделанного получаем следующее:

1. Число минералов объекта.
 - 1) **Общий список минеральных видов (минералов),**
 - 2) **Число минералов,**
 - 3) **Число минералов на 1 кв. км.**
 - 4) **Число минералов на 1 куб. км.**
2. **Содержание минералов в объекте в мас. % и объемных %.**
3. **Спектр минералов по генетическим параметрам.**
 - 1) **Список минералов по генетическим типам,**
 - 2) **Спектр минералов по генетическим типам в количественном и процентном отношениях,**
 - 3) **Количественное и процентное соотношение первичных и гипергенных минералов.**
4. **Спектр минералов по химической классификации (систематический) в количественном и процентном отношениях.**
 - 1) **Список минералов по химической классификации,**
 - 2) **Спектр минералов по химической классификации (количество и % содержание).**
5. **Последовательность образования минеральных ассоциаций и минералов в ассоциации.**
6. **Минералогические особенности объекта.**

7. Экономически важные минералы.
8. Общая геолого-минералогическая формула объекта.

Примечание:

1. Под минералом или минеральным видом понимается вид в понимании КНМ ММА. В случае присутствия разновидностей минералов они учитываются только в случае положения в разных группах, классах или типах. В этом случае общее число минералов может превышать количество, указываемое в общем списке.

2. Нужно указать на необходимость расчета в характеристиках не только всего спектра минералов, но и раздельно «первичных» и гипергенных и новообразованных или техногенных минералов. Это связано с тем, что общий спектр минералов характеризует объект, а список первичных минералов важен для характеристики субстрата, давшего ту или иную минералогическую концентрацию – минеральное месторождение.

3. Для характеристики объектов важно не только количество того или иного минерала или минералов той или иной группы, но процентное содержание по отношению ко всей сумме.

В предложенных характеристиках отсутствуют две группы – кристаллосимметричные и химические особенности. По нашему мнению, кристаллосимметричные характеристики не имеют самостоятельного значения для геологических объектов в силу слишком большой отвлеченности и полностью исчерпываются спектром минералов по генетической и химической классификациям. Особенности химического состава минералов по Б.В.Чеснокову нужны характеристики удобные для очень крупных объектов, но по геологической сути вполне исчерпываются генетическим спектром минералов или могут использоваться в качестве второстепенных параметров химического спектра.

Рассмотрим предложенные характеристики.

Число минеральных видов

В эту группу характеристик входят: общий список минеральных видов, число видов и коэффициент концентрации

или число видов на 1 кв. км. или 1 куб. км.

Список минералов может считаться только промежуточным сокращением информации. Характеристика параметра изложена у Н.П.Юшкина(1981) и Б.В. Чеснокова (1999, 2002). Рекомендуется давать список в алфавитном порядке с нумерацией только видов и отдельно для первичных и гипергенных минералов [12].

Число минералов (М) и его параметры приводятся у Б.В.Чеснокова. Различается общее число минералов объекта (Мобщ), а также число первичных (Мперв) и гипергенных минералов (Мгип).

$M_{сум} = M_{перв} + M_{гип}$, где

Мобщ.- суммарное число минералов объекта

Мперв- число первичных (гипогенных) минералов объекта,

Мгип- число гипергенных и техногенных минералов объекта.

Коэффициент концентрации минералов (К) введен для объективной оценки объектов разной площади и объема. При этом оказывается, что часть объектов с относительно большим количеством минералов, имеют меньший коэффициент концентрации минералов, чем относительно небольшие объекты. Коэффициент концентрации определяется делением числа минералов объекта на его площадь или для хорошо изученных объектов на его объем по формуле:

$K_s = M / S$ или $K_v = M / V$, где:

М – число минеральных видов объекта,

K_s - коэффициент концентрации минералов на площади объекта,

S - площадь объекта в кв. км.,

K_v - коэффициент концентрации на объем объекта,

V - объем объекта в куб. км.

Рекомендуется рассчитывать коэффициенты концентрации минералов раздельно – для минералов всех генетических типов и отдельно для первичных минералов.

Например, Ильменский минералогический заповедник с числом минеральных видов 264 и общей площадью 504 кв.км, имеет $K=0,87$, тогда как Сарановское хромитовое месторождение с числом видов около 130 и общей площадью 1 48

кв.км имеет $K=130$, т.е. по этому параметру превосходят “минералогический” (!!!) Заповедник в 150 раз.

Коэффициент концентрации минералов на объем, в настоящее время может быть оценен для ограниченного количества объектов.

Содержание минералов в объекте (весовое и объемное)

Имеется в виду весовое (P) или объемное (V) содержание минералов на объекте в целом и отдельно для первичных и гипергенных минералов. В случае отсутствия точных определений может быть использована приближенная полуколичественная оценка с перечислением основных трех-пяти минералов в последовательности от наиболее распространенных к менее распространенным.

Спектр минералов по генетическим типам

В эту группу характеристик входят: список минералов объекта по генетическим типам, спектр минералов по генетическим типам по количеству видов и процентному содержанию видов каждого генетического типа. Наиболее полно генетические типы минералообразования изложены в работах [2,3].

Под генетическим спектром минералов понимается сумма числа минералов разных генетических типов или процент числа минералов каждого генетического типа от общего числа минералов:

$$\text{Мобщ} = n\text{ОМ}_1 + n\text{ОМ}_2 + n\text{ПМ}_1 + n\text{ПМ}_2 + n\text{ПМ}_3 + n\text{МЕТ} + n\text{МАНТ} + n\text{ГИП} + n\text{СЕД} + n\text{ПСЕД} + n\text{Г-СЕД} + n\text{КОСМ} + n\text{ТГГ}, \text{ где:}$$

Мобщ – общее количество минералов,

ОМ₁- число ортомагматических вулканогенных,

ОМ₂ – число ортомагматических плутонических,

ПМ₁ – число постмагматических пегматитовых,

ПМ₂- число постмагматических скарновых,

ПМ₃- число постмагматических гидротермальных,

МЕТ – число метаморфических,

МАН – число мантийных,

ГИП – число гипергенных,

СЕД – число седиментогенных,

П-СЕД – число постседиментогенных,

Г-СЕД – число гидротермально-седиментогенных,

КОСМ – число космогенных,

ТГГ – число техногенных.

При необходимости допустимо введение и более дробных подразделений, в том числе, определение степени ортомагматичности, постмагматичности или гипергенности процесса в %, а именно:

$$\text{Ком} = \text{пОМ}/\text{Мобщ} \times 100\% \text{ и так далее.}$$

Для Сарановского хромитового месторождения [1] спектр по генетическим типам следующий:

$$\text{Мген} = 16\text{ОМ} + 5\text{ПМ}_1 + 55 \text{ПМ}_3 = 43\text{ГИП} = 119 \text{ или в пересчете на } 100\%:$$

$$\text{Мген} = 13,4\text{ОМ} + 4,2\text{ПМ}_1 + 46,2\text{ПМ}_3 + 36,1 \text{ГИП} = 100\%, \text{ т.е. Сарановское месторождение – это месторождение гидротермальных и гипергенных минералов, а без учета последних сугубо гидротермальное.}$$

Систематический спектр минералов

В эту группу характеристик входят – список минералов по химической классификации и спектр минералов по химической классификации.

Под систематическим спектром понимается сумма количеств минералов разных химических (или кристаллохимических) классов минералов. При этом полиморфные модификации считаются за разные минералы. Этот параметр использован ранее [7-9, 4-5].

$$\text{Мобщ} = R + RS + RO + CO + SO + PO + SI1 + SI2 + SI3 + SI4 + SI5 + S6 + C,$$

где:

М – общее число минералов,

R – число элементов и карбидов,

RS – числосульфидов и сульфосолей,

Cl – число галоидов,

RO- число оксидов и гидроксидов,

СО – число карбонатов,
SO – число сульфатов,
PO – число фосфатов, арсенатов, ванадатов и хроматов,
Si1 - число силикатов островных,
Si 2- число силикатов ленточных,
Si 3- число силикатов слоистых,
Si4 - число силикатов каркасных,
Si5 - число силикатов неклассифицированных,
С - число органических минералов.

С целью более четкой оценки содержания минералов той или иного класса рекомендуется определять процентное содержание минералов, при необходимости давать и более дробное деление, а также вычислять формулу отдельно для первичных и гипергенных минералов.

При необходимости следует использовать предложенные Б.В. Чесноковым (2002) характеристики, а именно, число кислородных минералов, гидритных минералов и минералов содержащих водород.

Для Сарановского хромитового месторождения [1] систематический или химический спектр следующий:

$$M_{\text{хим}} = 3Э + 22RS + 31RO + 10CO + 6SO + 3PO + 14Si1 + 6Si2 + 29Si3 + 5Si4 = 129$$

Или в пересчете на 100%:

$$M_{\text{хим}} = 2,3Э + 17RS + 24RO + 7,7CO + 4,6SO + 2,3PO + 10,8Si1 + 4,6Si2 + 22,5Si3 + 3,9Si4 = 99,7\%, \text{ т.е. Сарановское месторождение – это месторождение силикатных, оксидных и сульфидных минералов.}$$

Последовательность образования минералогических ассоциаций и минералов в ассоциациях

Под минералогическими ассоциациями понимаются группы минералов, образовавшиеся более или менее одновременно и разделенных от других ассоциаций крупным временным интервалом, тектоническим или интрузивным актом. Самостоятельные минеральные ассоциации выделяются римскими цифрами. Последовательность кристаллизации указывается последовательностью расположения названия минералов. Для стандартных пород любого генезиса вместо

списка слагающих их минералов употребляется типовое название.

Например, для Сарановского хромитового месторождения:

0. Вмещающие породы – апоглинистые и апоалевритовые хлоритовые и серицитовые кварц-альбит-кальцитовые сланцы пумпеллиитовой фации метаморфизма.

1а. OM1 – расслоенная ультрамафитовая (дунит-гарцбургит-лерцолит-хромитовая) интрузия (оливин-хромшпинелид-бронзит-флогопит).

1б. Габбро-анортозитовая интрузия (анортит-диопсид-магнетит).

1в. ПМ1 – пегматитообразованные (оливин-хромшпинелид-бронзит-флогопит-лизардит).

II. МЕТ - Лизардит-магнетит-бруситовая серпентинизация ультрамафитов, пумпеллиитизация, соссюритизация и амфиболизация габброидов.

III. OM – Диабазовые дайки.

IIIa. ПМЗ – гидротермальная минерализация (силикат-сульфид-кальцит-доломит).

По лизардитовым серпентинитам – антигорит-доломит-магнетитовые серпентиниты с антигорит-доломит-магнетитовыми жилами.

По хромититам хромхлорит-магноалюмохромитовые породы с кальцитовыми жилами с хромовыми и титановыми минералами и сульфидами.

IV. ГИП – кора выветривания на ультрамафитах (нонтронит-арагонит-керолит).

Главные минералогические особенности геологического объекта

Рекомендуется выделять принципиальные минералогические особенности объекта, делающие его типичным или эталонным. Например, для Сарановского хромитового месторождения это - **гидротермальная жильно-метасоматическая карбонатная система в хромитоносных ультрамафитах с широким развитием карбонатных (кальцитовых и доломитовых) жил с оксидами и**

силикатами титана и хрома (уваровит, шуйскит, хромовые хлориты, амезит, пумпеллиит, цоизит, титанит, перовскит, редлджеит, кассит, брукит, рутил, магноильменит и т.д.

Экономически важные минералы

Рекомендуется выделять экономически важные в настоящее время и в перспективе минералы и их ассоциации. На примере Сарановского месторождения [1]:

Промышленно важные минералы – хромшпинелид (в хромититах).

Драгоценные - уваровит, хромовый титанит, хромовый цоизит.

Коллекционные – уваровит, шуйскит, меташуйскит, хромовые силикаты (титанит, амезит, хлориты, цоизит, пумпеллиит, флогопит, фенгит), саранит, стихтит, редлджеит, антигорит, брукит, перовскит, рутил, магноильменит, миллерит, карролит, халькопирит, арагонит, керолит и т.д.

Потенциально промышленные – лаурит, эрликманит и иридоосмин в хромитах.

Общая геолого-минералогическая формула объекта

Общая геолого-минералогическая формула объекта должна давать достаточно ясное и простое представление об геолого-минералогических особенностях объекта, умещающееся в одном предложении. Ее аналогом является характеристика горной породы.

На примере Сарановского хромитового месторождения [1] можно составить следующую геолого-минералогическую формулу объекта:

Расслоенная полигенная габбро-ультрамафитовая интрузия вендского возраста с стратиформными хромитовыми пластами, широким развитием ультрамафических пегматитов, подвергшаяся лизардитизации ультрамафитов и пумпеллиитизации габброидов; прорванная диабазовыми дайками (силур?), вызвавшими антигоритизацию лизардитовых серпентинитов с широким развитием карбонатных жил с титановыми и хромовыми минералами и сульфидами железа,

меди, кобальта и никеля, подвергшаяся палеогеновому выветриванию с нонтронит-гетит-керолитовой корой выветривания.

Основные минералогические характеристики

Совершенно очевидно, что предложенные, в настоящее время, минералогические характеристики на могут быть в полном виде использованы из-за большого объема необходимой информации. Для формального анализа необходимо какое-то сокращение. В качестве такового мы предлагаем следующие основные параметры:

Число минеральных видов объекта – М.

Коэффициент концентрации минералов объекта – К.

Спектр видов по генетическим типам - Мг.

Спектр видов по химической классификации – Мх.

Главные минералогические особенности объекта.

Экономически важные минералы объекта.

Заключение

Автор видит неполноту и несовершенство предложенных характеристик, не вполне отвечающих критерию Б.В.Чеснокова [4], но надеется, что они послужат ступенькой для выработки более рациональных общепризнанных минералогических характеристик геологических объектов.

В заключение, автор выражает признательность своим коллегам Ю.С.Кобяшеву и С.Н.Никандрову за обсуждение некоторых затронутых вопросов.

Литература

1. **Иванов О.К.** Минеральные ассоциации Сарановского хромитового месторождения. Екатеринбург. УГГА. 137 с.
2. **Иванов О.К.** Минералогенез. Систематика минералообразующих процессов// Новые идеи и концепции в минералогии. Сыктывкар. Геопринт. 2002. С.164.
3. **Иванов О.К.** Технегенез или техногенез и систематика техногенных процессов// Уральский геол. журнал, 2002. № 4 (28), с. 251 – 260.

4. Чесноков Б.В. Фундаментальные характеристики минералогических объектов// Уральск. геол. журнал. 1999. № 3(9). С. 3 -12.

5. Чесноков Б.В. Генеральные минералогические объекты. Миасс. ИМин УрО РАН. 2002. 42с.

6. Ферсман А.Е. Пегматиты. Пг.1920.

7. Юшкин Н.П. Теория и методы минералогии. Избранные проблемы. Л. Наука. 1977. 290с.

8. Юшкин Н.П. Минеральный кадастр геологических объектов: методические проблемы и функции// Исследование рудообразующих и минеральных систем. Свердловск. УНЦ АН РАН.СССР. 1981. С.68 – 82.

9. Юшкин Н.П. Кристаллосимметричный анализ сложных минеральных систем. Сыктывкар. Коми ФАН СССР. 1985. 38с.

10. Юшкин Н.П. Топоминералогия. М. Недра. 1982. 258с.

11. Юшкин Н.П., О.К.Иванов, В.А.Попов. Введение в топоминералогии Урала. М. Наука. 1986. 294с.

12. Кобяшев Ю.С., В.О.Поляков. Минералы Ильменских гор. Миасс. ИМИН УрО РАН. 1994. 73 с.