

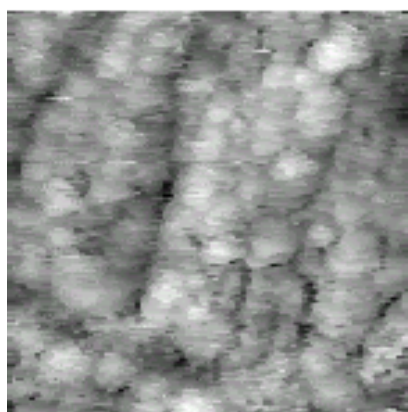
СИСТЕМАТИКА ПРОЦЕССОВ ПОГЛОЩЕНИЯ РАССЕЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛАМИ И ТИПОХИМИЗМ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Таусон В.Л., Пархоменко И.Ю., Бабкин Д.Н., Меньшиков В.И.,
 Смагунов Н.В., Кравцова Р.Г., Гребенщикова В.И.

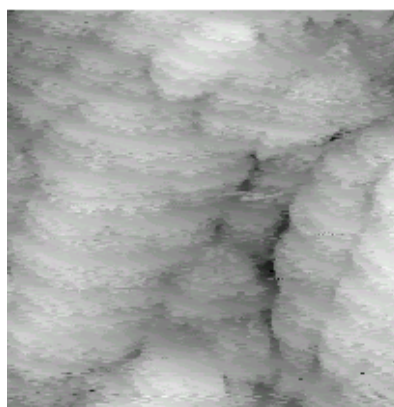
Институт геохимии СО РАН
 vltauson@igc.irk.ru

Ключевые слова: микроэлементы, изоморфизм, эндокрипция, поверхность минералов, сорбция, неавтономные фазы, типохимизм

Положения геохимии твердого тела [1] и полученные в последнее время данные эксперимента и поверхностной аналитики [2-4] позволяют систематизировать процессы поглощения рассеянных элементов реальными кристаллами минеральных фаз. Структурный механизм захвата микропримеси состоит в ионном обмене и взаимодействии микроэлемента с внутрикристаллическими дефектами, приводящими к таким формам нахождения элемента как изоморфная примесь, кластеры и ассоциаты примесей и точечных дефектов кристалла, примесные атмосферы дислокаций и дефектов упаковки, относящимся к явлениям изоморфизма и эндокриптии. Неструктурный механизм подразумевает взаимодействие микроэлемента с поверхностью кристалла и фиксацию его в формах поверхностных комплексов, неавтономных фаз или включений автономных фаз (в том числе эпитаксиальных), что характеризует явления сорбции, поверхностной преципитации и эпитаксии. В геохимическом плане, особенно для эндогенных систем, наибольший интерес вызывают процессы образования неавтономных фаз, в частности, "предфаз", предшествующих образованию примесным элементом собственной объемной фазы. При изучении неавтономных фаз следует придерживаться генетического подхода, учитывающего их связь со свойствами исходной поверхности минерала, поскольку неавтономные фазы часто образуются путем взаимодействия примесного компонента с поверхностью уже существующей минеральной фазы. Поэтому они генетически связаны с исходной поверхностью и зависят от ее состава, структуры и кристаллографии, чем и определяется их неавтономность. Нами наблюдались значительные изменения в характере распределения золота под влиянием нестехиометрической неавтономной фазы на кристаллах пирротина, растущих совместно с гринокитом (CdS) в гидротермальных условиях при 450°C и 1 кбар. Металлдефицитные фазы с содержаниями Cd до 10 ат.% образуются в поверхностном слое толщиной в несколько сот нанометров. В системе FeS-CdS неавтономные фазы более характерны для базальной грани кристаллов пирротина, чем для грани призмы. На рис.1 представлено изображение грани {0001} кристалла пирротина состава $\text{Fe}_{0.98}\text{S}$ в сканирующем туннельном микроскопе. Поверхностные фазы представлены хорошо структурированными образованиями размером в десятки и сотни нанометров, что согласуется с данными исследования поверхности методом оже-электронной спектроскопии с ионным травлением.



2*2 мкм



0.76*0.76 мкм

Рис.1. Участок поверхности базальной грани кристалла пирротина $\text{Fe}_{0.98}\text{S}$ в системе FeS-CdS. Сканирование в режиме туннельного микроскопа. Микроскоп СММ-2000

При детальном исследовании поглощения микроэлементов минералами даже в условиях, далеких от насыщения ими соответствующих кристаллических фаз, нередко обнаруживается 4-5 форм их нахождения, среди которых изоморфная форма не всегда превалирует. Эти формы соответствуют основным механизмам поглощения микроэлементов, рассмотренным выше. На рис.2 показан спектр термоформ кадмия кристаллов галенита, полученных в гидротермальных условиях при 400°C и 0.5 кбар. Выделяется 4 формы нахождения элемента, хотя его валовая концентрация на 2 порядка ниже предела вхождения Cd в PbS при данных условиях. Отсюда следует, что анализ геохимических процессов на основе физико-химических закономерностей межфазного распределения микроэлементов должен предусматривать количественное выделение их структурных форм. Среди неструктурных форм микроэлементов в эндогенных условиях должны преобладать неавтономные фазы. В гидротермальных условиях роста кристаллов роль сорбционного захвата, в целом, незначительна и становится важной только при активизации специфических механизмов удержания примеси, связанных с дефектами структуры поверхности.

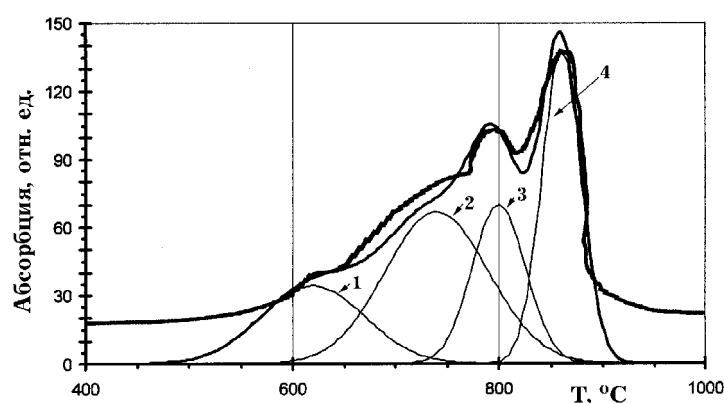


Рис.2. Формы нахождения кадмия в кристаллах галенита с валовым содержанием Cd 3×10^{-3} мас.%, полученных в гидротермальных условиях в 5%-ном растворе NH_4Cl при 400°C, 0,5 кбар и $\lg f_{\text{S}_2} > -7,1$ бар, по данным термического атомно-абсорбционного анализа.

Показана экспериментальная кривая выхода Cd, сглаженная кривая и результаты разложения термоспектра (пики 1-4: 1 – сорбционная форма, 2 – неавтономная фаза, 3 – дислокационная форма, 4 – изоморфная примесь).

Окисульфидные неавтономные фазы наблюдались нами и при изучении поверхности кристаллов пирита, отобранных из рудных жил и окolorудных метасоматитов золоторудных месторождений Сибири и Дальнего Востока. Использовали методы рентгеновской фотоэлектронной и оже-электронной спектроскопии с ионным травлением поверхности. Присутствие этих фаз является типоморфным признаком рудных пиритов эпитеpмальных месторождений. В их состав входят такие элементы как Tl, Ag, Cu, K, по-видимому, находящиеся в сульфидной форме. Можно предполагать, что они образуются на поверхности пирита в качестве неавтономных "предфаз" вследствие близости полей кристаллизации халькопирита и метастабильных фаз типа TlFeS_2 , AgFeS_2 , KFeS_2 .

Авторы глубоко признательны Ю.В.Щеголькову за помощь в исследованиях поверхности, а также РФФИ за поддержку в рамках проектов 02-05-64297 и 04-05-64201 и СО РАН - 6.4.1 и 71.

Литература

1. Урусов В.С., Таусон В.Л., Акимов В.В. // Геохимия твердого тела. М.: ГЕОС, 1997. 500 с.
 2. Таусон В.Л. // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 9. СС. 867-871.
 3. Таусон В.Л., Смагунов Н.В. // Геохимия. 2004. № 4. СС. 448-454.
 4. Таусон В.Л., Бабкин Д.Н., Пархоменко И.Ю., Меньшиков В.И. // Кристаллография. 2004. Т. 49. № 2. СС. 199-207.
-

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(22) 2004

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2004)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/informbul-1/mineral-28.pdf

Опубликовано 1 июля 2004 г.

© *Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2004*

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна