

Л. К. ЯХОНТОВА, А. П. ГРУДЕВ

О МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИОМЕТРАХ

(Представлено академиком Н. В. Беловым 26 XI 1970)

Для характеристики условий образования минералов уже давно используются специальными «инструментами»: так называемыми минералогическими уровнями, отвесами, барометрами и термометрами, позволяющими судить о температуре и давлении в момент кристаллизации, об ориентировке зародыша и растущего индивида в пространстве.

Наши исследования минералогии и условий формирования окисленных руд на арсенидных кобальт-никелевых месторождениях позволяют говорить о возможности употребления минералогического потенциометра, при помощи которого можно оценивать характер окислительно-восстановительной обстановки гипергенного минералообразования. В качестве потенциометров выступают некоторые парагенетические ассоциации минералов из зоны окисления.

Пример первый — шмальтин-арсенолитовый потенциометр. Изучение зависимости электродного потенциала шмальтина от величины рН среды ⁽¹⁾ показало, что при $pH < 6$ график указанной зависимости располагается в поле устойчивости As_2O_3 (As_2O_3). При $pH \geq 6$ он, преломляясь, выходит в область мышьяковых анионов $[H_2AsO_4]^{-1}$ и $[HAsO_4]^{-2}$ (рис. 1), и окисление шмальтина протекает с образованием только арсенатов.

Наклон графика в кислой области таков, что образование арсенолита по шмальтину будет свидетельствовать о величине окислительного потенциала среды, лежащей в пределах 0,1—0,4 в. Но едва начавшись, процесс арсенолитизации арсенида, очевидно, должен сразу же затормозиться, так как предполагаемая реакция окисления шмальтина при $pH < 6$ осуществляется не только с образованием As_2O_3 , но и с выделением ионов H^+ , уже имеющихся в избытке в окружающей кислой среде ⁽¹⁾. Следовательно, в месторождениях, где развитие процесса окисления руд протекает в кислых условиях (отсутствие карбонатов, высокая пиритизация руд и др.), появление арсенолита по шмальтину становится возможным только при постоянном быстром отводе кислых продуктов окисления, т. е. ассоциация арсенолит — шмальтин будет грубым потенциометром ($Eh = 0,1 - 0,4$ в), а также показателем напряженного тектонического строения рудного поля месторождения.

На месторождениях, где в зоне окисления преобладающей является нейтрально-щелочная обстановка (карбонатсодержащие вмещающие породы и карбонатные жильные минералы), ассоциация шмальтина с арсенолитом может действовать как более надежный и точный потенциометр, потому что только здесь в сравнительно узкой, ограниченной области ($pH \sim 6$ и Eh среды около +0,1 в) на стыке уже отмеченных противоречивых обстоятельств (щелочность среды, прекращающая арсенолитизацию выходом в поле As^{5+} , и кислая обстановка, при которой возможно образование As_2O_3) становится возможным образование по шмальтину арсенолита.

Пример второй — арсенид-арсенатный потенциометр. При совместном окислении дёлингита и хлорита может возникнуть весьма примечательная ассоциация аннабергита с арсенидом закисного и окис-

ного железа, описанная в литературе ⁽²⁾ и свидетельствующая о сосуществовании $\text{As}^{3+} - \text{As}^{5+} - \text{Fe}^{2+} - \text{Fe}^{3+}$. Объяснить этот парагенезис минералов и элементов можно только предположительным сочетанием узких ограничений среды по величинам pH и Eh. Такая обстановка отвечает перелому графика изменения электродного потенциала лёллингита в слабо кислой среде (см. рис. 1), в области равновесия $\text{As}^{3+} - \text{As}^{5+}$ и одновременно $\text{Fe}^{2+} - \text{Fe}^{3+}$ (pH ~ 5 и Eh ~ 0,2 в). Следовательно, ассоциация железистого арсенита, образующегося по лёллингиту, и аннабергита, связанного с хлоантитом, также является минералогическим потенциометром.

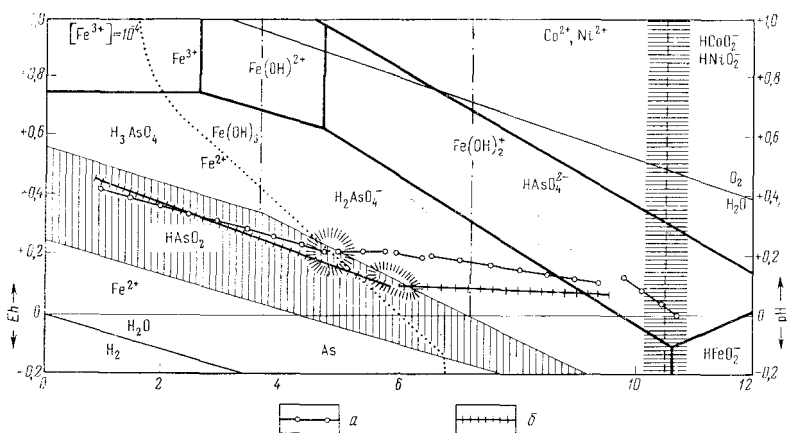


Рис. 1. График изменения электродного потенциала арсенидов. *а* — дёлингит, *б* — шмальтин. Пунктирная кривая показывает равновесие форм железа при условии образования твердых фаз; штриховым кольцом выделена область параллельного изменения валентности Fe и As при окислении арсенидов; штриховым эллипсом показана область выделения арсенита при окислении шмальтина

Эксперименты по изучению взаимодействия сульфоарсенидов с дистиллированной водой в непроточном контейнере показали, что в ряде случаев измерение установившегося электродного потенциала минералов может привести также к введению понятия минералогического милеопотенциометра. Действительно, отмечаются факты тесной связи величины установившегося за несколько часов потенциала с кислотностью — щелочностью воды в начале эксперимента. Так, для кобальтина имеет место такая обратная зависимость:

Начальное значение рН воды	5,6	6,2	6,5	6,6
Установившийся электродный потенциал минерала, в	+0,45	+0,43	+0,38	+0,38

Аналогичную зависимость показал кобальтин, находившийся в контакте с герсдорфитом:

Начальное значение рН воды	5,6	5,8	6,0
Установившийся электродный потенциал минерала, в	+0,29	+0,28	+0,25

Следовательно, можно надеяться, что после проведения достаточного количества уточняющих измерений появится возможность определять обстановку начала процесса окисления минерала путем замера его электродного потенциала *in situ*.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
21 XI 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Л. К. Яхонтова, А. П. Грудев, И. А. Пономарева, Сборн. Минералы СССР, 17, 1966. ² Л. К. Яхонтова, Сборн. Минералы СССР, 15, 1964.