

УДК 550.42

ГЕОХИМИЯ

Л. Б. ЗУБКОВ, С. В. МЕТАЛИДИ

**ОБНАРУЖЕНИЕ ПОВЫШЕННЫХ СОДЕРЖАНИЙ ИНДИЯ
И КАДМИЯ В БЕРИЛЛИЙ-ЦИНКОВЫХ И ЦИНКОВЫХ СИЛИКАТАХ**

(Представлено академиком А. П. Виноградовым 26 III 1971)

Индий и кадмий, так же как и цинк, являются типичными халькофильными элементами, по многим физическим и химическим свойствам близкими между собой. Геохимическое сходство этих элементов, высокая степень сродства их к сере определяют совместное их нахождение во многих минералах, и в первую очередь в сульфидах. В. В. Ивановым⁽¹⁾ подробно изучены концентрации индия и кадмия в минералах всех классификационных групп и показано, что наибольшие содержания обоих элементов находятся на сульфидах цинка — сфалерит. Он может содержать до 8100 г/т индия и до 50 000 г/т кадмия. В минералах других групп (окислы, фториды, силикаты и т. д.) содержания этих элементов, по данным того же автора, не превышают долей грамма и первых граммов на тонну.

Нами были проведены специальные исследования бериллий-цинковых силикатов из группы гельвин-дапалит-генттельвина (Mn , Fe , Zn)₈ [BeSiO₄]₆ · S₂ и цинкового силиката — виллемита Zn_2SiO_4 и установлено, что силикаты, в состав которых входит цинк, могут нести, так же как и сфалерит, довольно высокие содержания этих элементов. Были сделаны количественные определения индия и кадмия в гельвиновых минералах, а также в цинковом силикате — виллемите и определен характер изменения концентраций этих элементов в зависимости от стадии процесса минералообразования. Результатам этих исследований посвящено настоящее сообщение.

Детально исследовались образцы генттельвина из зон щелочного метасоматоза докембрийских гранитов, расположенных в пределах краевой части кристаллического щита.

Район, где обнаружены метасоматиты с генттельвином, сложен щелочными гранитоподами, претерпевшими различные метасоматические изменения — площадную микроклинизацию, на локальных участках — альбитизацию, окварцевание, грейзенизацию. Главенствующее положение занимают микроклинизованные и альбитизированные лейкократовые граниты, слагающие в центральной части крупной тектонической структуры массив, вытянутый в субширотном направлении, площадью 25—30 км². К различным нарушениям внутри массива приурочены зоны более поздних, наиболее интенсивных метасоматических изменений гранитов — калишпатизация, окварцевания, ослюденения. В результате этих локальных изменений образовались тела своеобразных, различных по составу метасоматитов (альбит-калишпатовые, кварц-альбит-калишпатовые, кварц-ферримусковит-полевошпатовые) и полевошпат-кварц-слюдистые грейзены. В пределах метасоматических тел, имеющих жило- и линзообразную форму и простирающихся в субширотном направлении, все вышеупомянутые разновидности пород сложно перемежаются между собой, отражая характер, интенсивность и последовательность метасоматических процессов. Наиболее поздними образованиями являются кварцевые жилы, секущие метасоматические тела.

Генттельвин в метасоматитах и в кварцевых жилах встречается в виде нескольких разновидностей.

Гентгельвин первой генерации — дагрейзеновый — представлен идиоморфными зональными кристаллами, сравнительно крупными — от 0,2 до 2 мм. Содержит от 85 до 88% цинкового, гентгельвинового минала (от 40 до 46% абсолютного содержания ZnO); относительные количества марганцевой (гельвиновой) и железистой (даналитовой) составляющих колеблются в небольших пределах: соответственно 4—9 и 5—9%. Кадмий в нем присутствует в количестве 350—450 г/т (химический анализ), а индий 40—60 г/т (количественный спектральный анализ).

Гентгельвин второй генерации — грейзеновый — отличается от первого меньшей величиной зерен и степенью идиоморфизма, несколько иным химическим составом и меньшими содержаниями кадмия и индия.

В переходных к грейзенам слюдисто-кварц-альбит-полевошпатовых метасоматитах гентгельвины содержат большее количество цинковой составляющей и по составу в миналах гельвин (Г) — даналит (Д) — гентгельвин (Гн) они отвечают формуле $\text{Г}_{7-8}\text{Д}_{3-5}\text{Гн}_{88-90}$. Абсолютные содержания цинка в минерале увеличиваются до 44—46%, а кадмия и индия уменьшаются соответственно до 300 и 40 г/т.

В полевошпат-кварц-слюдистых грейзенах состав гентгельвина изменяется в сторону еще большего увеличения цинковой составляющей: в минералах состава $\text{Г}_{1-2}\text{Д}_{1-2}\text{Гн}_{96-97}$ содержание ZnO достигает 50%, кадмия уменьшается до 200 г/т, а индия до 30 г/т.

В наиболее поздних, секущих кварцевых жилах гентгельвины обогащены даналитовой (железистой) составляющей и при уменьшении собственно гентгельвинового (цинкового) минала: здесь минерал отвечает составу $\text{Г}_{4-5}\text{Д}_{30-34}\text{Гн}_{62-66}$ и содержит всего 37—40% ZnO. Содержание кадмия в гентгельвине III из кварцевых жил увеличивается до 240 г/т, а индия падает до 15—18 г/т.

Анализ цинкового силиката — виллемита Zn_2SiO_4 — из грейзенов того же района показал, что он содержит 55% ZnO, до 1% BeO и всего лишь 120 г/т кадмия и 10 г/т индия. Обнаруженные в виллемите количества этих рассеянных элементов, хотя и являются более низкими, чем в гентгельвинах, все же необычно высоки для силикатов и значительно превышают установленные В. В. Ивановым пределы вхождения индия и кадмия в минералы этого класса (доли грамма на тонну).

Выявленное распределение индия в гентгельвинах из различных типов метасоматитов четко фиксирует установленную последовательность метасоматических процессов: содержания индия закономерно уменьшаются от ранних, более высокотемпературных стадий метасоматического процесса к поздним, низкотемпературным стадиям, что в общем подтверждает установленную в (1) общую тенденцию снижения содержаний индия в более низкотемпературных образованиях, например в железистых слюдах.

Для кадмия характерна такая же закономерность: уменьшение содержаний от ранних высокотемпературных к более поздним низкотемпературным стадиям процесса (от 400 до 200 г/т). Кроме того, наблюдается четко выраженная обратная корреляция содержаний цинка и кадмия в минералах: более высокие по содержанию цинкового минерала члены гельвиновой группы содержат меньшее количество кадмия. Другие члены группы — гельвин и даналит содержат, в отличие от гентгельвинов, еще меньше этих элементов. Например, анализ даналитов состава $\text{Г}_{22-34}\text{Д}_{42-51}\text{Гн}_{23-27}$ из альбитизированных зон по диабазам в районе второго, более северного выступа показал, что они содержат всего 4—6 г/т индия и около 20 г/т кадмия. Анализами гельвина (состава $\text{Г}_{92}\text{Д}_5\text{Гн}_3$) из пегматитов Саян установлено содержание в нем всего 8 г/т индия и 30 г/т кадмия.

Таким образом, установлено, что определенные разновидности минералов из класса силикатов, а именно бериллий-цинковые силикаты группы гельвин — даналит — гентгельвин и цинковый силикат виллемит, могут нести высокие, до первых сотен граммов на тонну, содержания кадмия и до первых десятков граммов на тонну — индия.

Наиболее высокие содержания этих рассеянных элементов характерны для гентгельвицов из зон щелочного метасоматоза. При этом наблюдается закономерность снижения содержаний индия и кадмия в минералах от ранних, высокотемпературных стадий процесса к более поздним, низкотемпературным. Обнаружено также снижение содержаний этих элементов от цинковых к железисто-марганцовистым членам группы гентгельвин — даналит — тельвин. На степень концентрации индия и кадмия в минералах тельвиновой группы влияют не только температурные, но и физико-химические условия среды минералообразования.

Государственный научно-исследовательский
и проектный институт редкометаллической
промышленности
Москва

Поступило
12 III 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. В. Иванов, Геохимия рассеянных элементов в гидротермальных месторождениях, 1969.