

## ТЕЛЛУРИДЫ И СЕЛЕНИДЫ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Савилова Е.Б., Яночкин К.А.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Общее весовое количество сернистых соединений, по приблизительному подсчету В. И. Вернадского, составляет максимум 0,15% (к весу земной коры), причем главенствующее значение из металлов в этих соединениях имеет Fe. Сернистые соединения всех остальных элементов, не считая сероводорода, в весовом отношении в земной коре составляют ничтожный процент (около 0,001%). Из них типичные соединения с серой образуют: Zn, Pb, Cu, Ag, Sb, Bi, Ni, Co, Mo и Hg. Состав минералов данного типа сложный из-за присутствия примесей, в том числе изоморфных.

К классу теллуридов относятся минералы, представляющие собой соединения металлов с теллуrom. Теллур принадлежит к числу редких элементов: содержание его в земной коре составляет всего 0,000001% (масс). В их состав входит около 30 минералов, большинство из которых довольно редки и лишь некоторые пользуются широким развитием и образуют промышленные скопления. В природе известны соединения теллура с такими элементами: Au, Ag, Cu, Hg, Ni, Fe, Pb, Bi, As, Sb, S и O, из них максимальное количество принадлежит соединениям теллура с Au и Ag.

Характер связи преимущественно ковалентный, но четко выраженные металлические свойства многих теллуридов говорят о наличии также металлического типа связи. Кристаллизуются теллуриды, главным образом, в высшей сингонии и лишь некоторые из них принадлежат к средним и низшим сингониям. Большинство теллуридов обычно находится в виде тонкозернистых агрегатов и микроскопических включений среди других минералов, главным образом среди сульфидов, образуя в них пластинчатые, листоватые и иногда сплошные скопления.

На земной поверхности за счет теллуридов образуются кислородные соединения, а также теллуриды и теллулаты тяжелых металлов. При достаточных содержаниях в рудах теллуриды могут быть использованы для получения теллура, золота, серебра, а так же висмута.

Селен мало распространен в природе. В земной коре содержание селена составляет 0,00006%. Его соединения встречаются в виде примесей к природным соединениям серы с металлами PbS (галенит), FeS<sub>2</sub> (пирит).

Соединения этих элементов в связи с преимущественно микроскопической формой выделения обычно относились к редким и второстепенным, и при анализе минеральных парагенезисов часто не учитывались.

В последние годы при изучении рудных месторождений широко применялся подход, основанный на методах микро и наноминералогии. Эти исследования заставили переоценить роль соединений примесных элементов, таких как Te, Se, Bi, Sb, As, Hg, Tl, Sn особенно при формировании

золоторудных месторождений, главный промышленный компонент которых – золото – является фактически микроминералом.

Минеральный состав руд определяется составом рудоносных растворов, вмещающих пород и процессами метасоматоза – окварцеванием, пропилитизацией, березитизацией, аргиллизацией, калишпатизацией. Особенностью Au-Te руд является повышенное содержание барита, медно-порфировых – ангидрита, Au-Ag – адуляра. Доминирующим рудным минералом на всех месторождениях является пирит ( $\text{FeS}_2$ ), который в золоторудных месторождениях обычно мышьяк- и никельсодержащий, а в медно-порфировых – медь- и кобальтсодержащий.

В целом набор основных минералов руд на всех рудных месторождениях независимо от состава вмещающих пород близок. В разных соотношениях это: пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, блеклые руды, магнетит, гематит, пирротин. Достаточно отчетливо руды месторождений различаются на микроминеральном уровне, отражающем геохимический состав элементов-примесей руд.

Наиболее интенсивно накапливаются Te и Bi. И лишь затем, в соответствии с промышленным парагенезисом, золото, серебро, молибден и медь, свинец и цинк.

Можно говорить о том, что геохимию золота и серебра определяют триады элементов Bi-Sb-As и Te, Se, очевидно, S. В медно-порфировых и полиметаллических месторождениях наиболее активными элементами являются Bi, Te, Se и, видимо, S.

Подчеркнем также, что теллуриды и селениды выделяются в рудах исключительно в микроминеральной или даже наноминеральной форме, что определяет возникновение размеренных эффектов, соответственно появление у минералов аномальных свойств, особенно нестехиометричность состава. Не случайно с помощью микрозонда открывается огромное количество новых “неназванных” минералов, по составу отвечающих границам различных кристаллохимических классов, имеющих дробные коэффициенты и часто образующих “запрещенные” с точки зрения классической минералогии и геохимии микропарагенезисы.

По количеству и разнообразию теллуридов выделяются месторождения Au-Te формации. Здесь установлены теллуриды Au, Ag, Bi, Pb, Sb, Hg, Cu, Fe, Ni. Преобладают теллуриды Au, Ag и Bi. Золото самородное чаще всего встречается в сростании с гесситом, видимо, образуясь в результате распада более сложных Au-Ag теллуридов. Теллуриды Ag и Au, но особенно Bi, широко распространены на Au-Cu-Mo объектах. Это – гессит ( $\text{Ag}_2\text{Te}$ ), петцит ( $\text{Ag}_3\text{AuTe}_2$ ), креннерит ( $(\text{Au,Ag})\text{Te}_2$ ), отмечается алтаит ( $\text{PbTe}$ ).

На Au-Ag и Pb-Zn месторождениях находки теллуридов, за исключением гессита, очень редки.

По распространенности селенидов выделяются месторождения Au-Te и Au-Ag месторождения, но на первых практически все селениды висмутовые, реже свинцовые, а на Au-Ag – все селениды серебросодержащие.

По распределению теллуридов и селенидов намечаются две группы объектов. Первая это Au-Te и Au-Cu-Mo месторождения, преимущественно с теллуридами золота, висмута и селенидами висмута. Вторая группа это Au-Ag и Pz-Zn месторождения, преимущественно с селенидами серебра и редкими теллуридами.

Выводы. Самые высокие содержания Te и Se установлены на месторождении Au-Te. Концентрация теллура убывает в последовательности (Au-Ag) -> (Pb - Zn) -> (Au-Cu-Mo), а селена – в последовательности (Pb - Zn) -> (Au-Ag) -> (Au-Cu-Mo).

Теллуриды и селениды распространены гораздо шире, чем это представлялось раньше, так же, теллуриды более тяготеют к золоторудным и золотосодержащим месторождениям, селениды больше – к золото – серебряным и серебросодержащим свинцово-цинковым, причем в золоторудных объектах доминируют висмутовые селениды и теллуриды, а в серебросодержащих – селениды серебра. Очевидно, что Te и Se, наряду с Bi, Sb, As имеют важнейшее значение для геохимии золота и серебра, их транспортировки и концентрации. Они являются также прямыми индикаторами скрытого золотого оруденения, причем наличие селенидов Bi или Ag свидетельствует о слабой эродированности объектов исследования.

#### *Список литературы*

1. Бетехтин, А. Г. Курс минералогии / А. Г. Бетехтин. - М. : КДУ, 2008. – 736 с. – ISBN 978-5-98227-122-8.
2. Годовиков, А. А. Минералогия / А. А. Годовиков. – М. : Недра, 1983. – 647 с.
3. Лазаренко, Е. К. Курс минералогии / Е. К. Лазаренко. – М. : Высшая школа, 1971. – 608 с.
4. Оболончик, В. А. Селениды / В. А. Оболончик. – М. : Металлургия, 1972. – 296 с.
5. Чухров, Ф. В. Минералы / Ф. В. Чухров. – М. : АН СССР, 1960. – 617 с.
6. Булах, А. Г. Микромир минералов: границы, объекты, явления / А. Г. Булах //ЗВМО. – 1998. – № 5. – С. 124 – 134.