

А. Л. ДЕРБАСОВА, К. М. МУКАНОВ

## ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ РТУТИ В ПОРОДАХ И МИНЕРАЛАХ ЖАЙРЕМА (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН)

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 14 VI 1974)

Значение ртути как элемента-индикатора оруденения атасуйского типа было показано нами ранее <sup>(1)</sup>. В настоящей статье, являющейся логическим продолжением <sup>(1)</sup>, излагаются результаты работы, направленной на выяснение форм нахождения ртути в породах и некоторых минералах Жайрема. Важность вопроса определяется тем, что ртуть из руд данного месторождения будет извлекаться как попутный компонент. Кроме того, в целях геохимических поисков необходимо знать формы нахождения ртути не только в рудах, но и в ореолах.

Исследования базируются на результатах дифференциального атомно-абсорбционного анализа на ртуть, выполненного в лаборатории Центральной геохимической экспедиции Казахского научно-исследовательского института минерального сырья. Метод основан на том, что каждое соединение ртути характеризуется индивидуальной величиной энергии связи и их разрушение происходит при различных температурах в процессе нагревания. Анализируемая проба (размер частиц около 200 меш) нагревается по закону, близкому к линейному от 60 до 900°, с одновременной регистрацией количества выделившейся ртути <sup>(2)</sup>. По результатам анализов были построены графики распределения интенсивности выделения ртути (в процентах от общего количества) в зависимости от температуры нагревания (рис. 1). Благодаря данному методу теперь есть возможность непосредственного определения форм нахождения ртути в минералах, породах, ореолах и рудах и «нертутных» месторождений, что ранее лишь предполагалось по некоторым косвенным признакам <sup>(3)</sup>.

Свинцово-цинково-баритовое месторождение Жайрем получило освещение в <sup>(4)</sup>. Здесь лишь укажем, что оно является типично стратиформным, локализованным в переслаивающихся хемогенных углисто-глинисто-кремнисто-карбонатных породах верхнефаменского подъяруса верхнего девона. Руды представлены образованиями трех этапов: гидротермально-осадочного, гидротермально-метасоматического и гидротермального. Основными минералами первого этапа являются пирит, сфалерит, кальцит, кварц; второго — галенит, барит, кварц, кальцит; третьего — барит. Во втором и третьем этапах пирит также развит достаточно широко, хотя гораздо меньше, чем в первом этапе. Минералы гидротермально-осадочного генезиса образуют ритмиты, прослой, тонкую вкрапленность, конкреции, скопления в карбонатных конкрециях и т. д.; гидротермально-метасоматического — представлены тонкозернистым галенит-баритовым, кварц-барит-пиритовым, кварц-пиритовым агрегатами; гидротермального — крупнозернистой вкрапленностью в кальцитовых, кварц-баритовых жилах и прожилках.

Для изучения форм нахождения ртути проанализированы: а) породы углисто-глинисто-кремнисто-карбонатного состава с фоновым содержанием Pb, Zn, Cu, Hg и их нерастворимые остатки; б) пириты всех трех этапов оруденения; в) сфалериты первого и третьего этапов; г) бариты второго и третьего, а также кварц третьего этапов. Чистота мономинеральных проб контролировалась визуально (просмотр под биноклем) и спектральным

полуколичественным анализом. Содержание основных рудных компонентов (Pb, Zn, Cu) в соответствующих пробах не выше 0,08%. Нерастворимый остаток был получен при действии на навеску породы 2% HCl и кипячения в течение 5 мин.

В углисто-глинисто-кремнисто-карбонатных породах ртуть фиксируется после нагревания навески пробы до 100°; на 200–300° приходится максимум ее выхода (70%), и лишь незначительная часть (20%) улавливается постепенно при температурах выше 400° (рис. 1, Ia–г).

В нерастворимом остатке содержание ртути по сравнению с породой несколько меньше, но кривая возгонки в целом является уменьшенной копией таковой для исходной породы в интервале 100–300°. Зато при температуре 400° и выше в нерастворимом остатке увеличивается доля высокотемпературной составляющей. По-видимому, воздействие соляной кислоты и повышенной температуры при кипячении пробы способствовали переходу ртути, связанной с карбонатами, в более устойчивые, возможно окисные формы (рис. 1, I).

Пириты первого (гидротермально-осадочного) этапа заключают низкотемпературные формы ртути, возгоняющиеся при 200–400°. При этом из конкреционных образований пирита она улетучивается в интервале 200–300°, а из тонкозернистой массы ритмита — при 400° (рис. 1, IIa–в). В то же время, процесс восстановления ртути из пирита метасоматитов начинается только при 300°. Далее кривая возгонки, плавно возрастая, достигает максимума (25–28%) на уровне 500–600°, а затем постепенно убывает и заканчивается при 900° (рис. 1, IIг).

Крупнокристаллические разновидности дисульфида железа третьего этапа характеризуются двухвершинной кривой удаления ртути. Наибольшие ее количества отмечены на уровне 300 и

500°, и лишь около десятой ее части восстановлены при температуре 60–100° (рис. 1, IIд).

Исследования сфалеритов показали, что заметное количество возгона фиксируется во всех случаях только по достижении 300°. Однако в сфалеритах первого этапа основная ее часть (60–75%) удаляется при 600–800°,

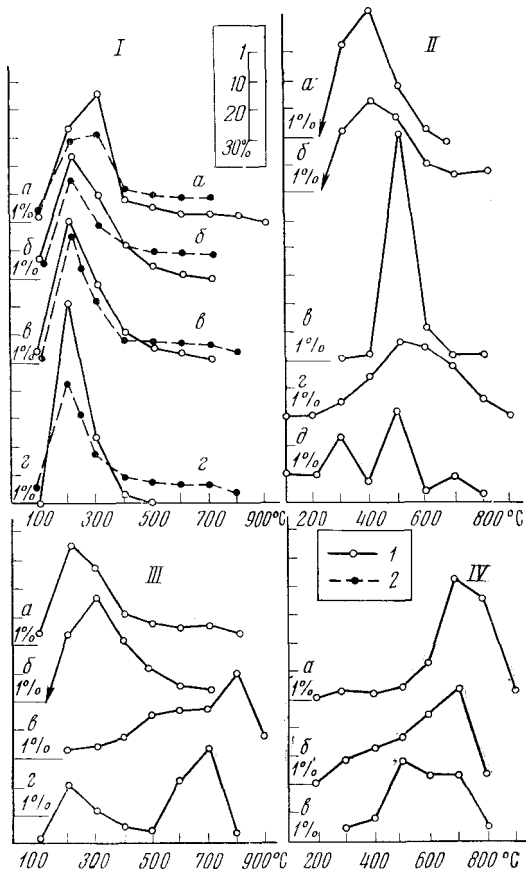


Рис. 1. Графики восстановления ртути (к общему содержанию ее в породе). I — из породы (I) и ее нерастворимого остатка (2): а — органогенно-детритовый песчаник, б, в, г — соответственно глинисто-кремнисто-карбонатная, кремнисто-углисто-карбонатная, углисто-глинисто-кремнисто-карбонатная породы; II — из пиритов: а, б — конкреций, в — пиритовый ритмит, г — барит-пиритовый метасоматит, д — кальцитовый прожилок; III — из нерудных минералов: а, б — кварц прожилков, в — перекристаллизованный барит, г — гидротермально-метасоматический барит; IV — из сфалеритов: а — конкреция, б — пирит-сфалеритовый ритмит, в — кварц-карбонатный прожилок

а на втором этапе — при 400–600° (80%). Формы кривых также различны (рис. 1, IV).

Изучение нерудных минералов показывает, что ртуть из кварца восстанавливается при низких температурах 200–300° (60%), а в баритах основная ее часть сохраняется даже при 500° (рис. 1, III).

Таким образом, приведенный фактический материал свидетельствует о том, что ртуть из пород и минералов Жайрема удаляется при нагревании в широком интервале температур: 100–800°.

Согласно литературным данным ((<sup>2</sup>, <sup>5-8</sup>) и др.), температуре 100° соответствуют самородная и свободная ртуть, 150–200° — ее хлористые соединения и сорбированная форма, 240–425° — киноварь, 500° — монтроидит, 500–700° — изоморфная составляющая.

Интерпретация полученного нами материала позволяет утверждать, что ртуть в породах и минералах месторождения Жайрем также присутствует в нескольких формах. Наиболее легко разрушаемая (низкотемпературная) присуща неизменным углисто-глинисто-кремнисто-карбонатным породам, кварцу прожилков и пириту конкреций. Здесь можно предположить наличие в основном адсорбированной ртути. Для пиритового ритмита же наиболее вероятно присутствие монтроидита (сходство с экспериментальной кривой в (<sup>8</sup>)). Кривая нагревания пирита гидротермально-метасоматического генезиса позволяет говорить об изоморфной примеси, поскольку максимумы выделения ртути отмечены при 500–700°, т. е. на уровне температур разложения пирита, 600–689° (<sup>9</sup>). На возможность изоморфного замещения ртутью железа указывал еще А. А. Сауков (<sup>10</sup>), а позднее — С. Т. Бадалов и А. С. Поваренных (<sup>11</sup>). Экспериментально это доказано Н. А. Озеровой (<sup>12</sup>).

В крупнокристаллических разностях пирита третьего этапа около четверти от общего количества ртути принадлежат низкотемпературным формам, т. е. тем же формам, что и в осадочном пирите, а около половины — изоморфной форме. Так как пирит третьего этапа образуется при перекристаллизации более ранних дисульфидов железа, то можно предположить, что при этом часть ртути перешла в решетку минерала.

В сфалеритах отмечается противоположная картина. Изоморфная форма здесь наблюдается в образованиях гидротермально-осадочного генезиса (рис. 1, IVа, б), тогда как в сфалеритах гидротермального этапа ртуть более «низкотемпературная».

Согласно исследованиям Н. М. Митряевой, С. С. Солнцева и др. (<sup>1, 13</sup>), привнос цинка на Жайреме происходил в основном на первом этапе рудообразования. В более же позднее время шло лишь его перераспределение. Следовательно, при перекристаллизации сфалерита имело место частичное освобождение ртути из решетки минерала и образование при этом киновари. Действительно, под микроскопом заметно, как зерна киновари размером 0,3–1,2 мм корродируют выделения сфалерита (В. И. Щибрик, 1971 г.).

Ртуть в барите присутствует, очевидно, в основном изоморфно (60–70%), хотя не исключены и другие формы. Изоморфное замещение здесь возможно лишь для случая одновалентной ртути (<sup>10</sup>).

В заключение следует отметить, что поскольку формы нахождения ртути в минералах зависят от условий образования последних, изучение форм ртути может быть использовано при минералогических исследованиях и генетических построениях. Так, наличие изоморфной ртути в сфалеритах первого, гидротермально-осадочного, этапа рудообразования позволяет уверенно говорить о генетической связи полиметаллов и ртути, о их едином гидротермальном источнике. Кроме того, изучение форм нахождения ртути в различных минералах и горных породах позволит в дальнейшем подойти к вопросу расшифровки многочисленных ртутьметрических аномалий.

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> К. М. Муқанов, А. Л. Дербасова и др., ДАН, т. 204, № 6 (1971). <sup>2</sup> В. З. Фурсов, И. И. Степанов, Изв. АН КазССР, сер. геол., № 2 (1967). <sup>3</sup> Н. А. Озерова, Тр. Инст. геол. рудн. месторожд., петрограф., минерал. и геохим. АН СССР, в. 72 (1962). <sup>4</sup> Н. М. Митряева и др., В кн. Геология и металлогения Успенской тектонической зоны, т. 3, Алма-Ата, 1967. <sup>5</sup> В. П. Федорчук, Геохимия, т. 10 (1961). <sup>6</sup> Н. Х. Айдиньян, Н. А. Озерова и др., Геохимия, № 9 (1963). <sup>7</sup> Л. П. Быковская, В кн.: Геология рудных районов и месторождений Средней Азии, методы их изучения и разведки, «Наука», 1972. <sup>8</sup> M. Koksoy, P. M. D. Bradshaw, Y. S. Tooms, Inst. Mining and Metallurgy, Trans. Sect. B, v. 76, Bull. № 726 (1967). <sup>9</sup> Минералы, т. 1, 1960. <sup>10</sup> А. А. Сауков, Тр. Инст. геол. наук АН СССР, в. 78 (1946). <sup>11</sup> С. Т. Бадалов, А. С. Поваренных, Минералогич. сб.: ч. 1, в. 1, Львов, 1967. <sup>12</sup> Н. А. Озерова и др., Геол. рудн. месторожд., т. 12, № 1 (1970). <sup>13</sup> С. С. Солнцев, Автореф. канд. дисс., Алма-Ата, 1974.