

И. Г. МАГАКЬЯН

## ИТОГИ ВТОРОГО МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА ПО ГЕНЕЗИСУ РУД

Второй международный симпозиум геологов, изучающих генезис рудных месторождений, состоялся 7—17/IX-67 г. в г. Ст. Андрьюс (Шотландия). Главным организатором симпозиума был проф. Чарльз Дэвидсон из Университета в Ст. Андрьюсе—крупный и прогрессивный ученый, известный по своим работам в области рудных полей Центральной и Южной Африки и Австралии.

В симпозиуме приняло участие 108 ученых, которые по странам распределялись следующим образом (в порядке, отвечающем численности делегаций): США—15 чел., Великобритания—14, Чехословакия—12, ФРГ—10, СССР—9, Канада—8, Япония—5, Испания—4, Италия—4, Саудовская Аравия—4, Швеция—3; по два делегата было от Бельгии, ГДР, Нидерланд, Норвегии, Австралии, Югославии и по 1 делегату от Венгрии, Финляндии, Индии, Эйре, Дании, Португалии, Ямайки и Нов. Гебрид. Бросалось в глаза отсутствие представителей Франции и КНР. Симпозиум был достаточно представительным, в нем приняли участие такие крупные ученые с мировым именем как Ч. Дэвидсон (Великобритания), В. И. Смирнов (СССР), Т. Ватанабе (Япония), Я. Кутинз (Чехословакия), С. Янкович и С. Ракич (Югославия), Л. Бауман (ГДР), Ч. Беер (США), К. Дэнхем (Великобритания), З. Поуба (Чехословакия), Л. Н. Овчинников (СССР) и др.

Симпозиум рассмотрел в ряде докладов и прениях главным образом проблемы генезиса таких типов месторождений и руд, условия образования которых являются до сих пор дискуссионными.

В перерывах между заседаниями участники симпозиума имели возможность ознакомиться с коллекциями кимберлитовых пород и карбонатитов из районов Центральной Африки, а также осмотреть выставку книг и геологических карт, среди которых, по инициативе Ч. Дэвидсона, хорошо знающего русскую геологическую литературу, почетное место занимали наши советские издания.

Специальные дни были отведены для экскурсий, во время которых мы ознакомились не только с прекрасной природой гористой, изобилующей озерами и лесами Шотландии, но и осмотрели ряд, правда сейчас заброшенных, свинцово-цинковых рудников и карьеры, где производится добыча гранита и др. строительных материалов.

Загадкой для шотландских геологов, как и для нас, является вопрос—почему каледонская складчатая структура Шотландии, представляющая естественное продолжение Норвегии, богатой рудами самых различных типов, относительно бедна месторождениями металлических полезных ископаемых. Зато, в депрессиях, где сохранились осадочные толщи девона и карбона, среди средне- и верхнекарбоновых отложений

залегает крупные месторождения каменного угля высокого качества (в районах Эдинбурга, Глазго и др.), благодаря чему Шотландия до сих пор дает примерно  $\frac{1}{3}$  (100 млн. т.) добычи каменного угля всей Великобритании.

На пленарных заседаниях участники симпозиума заслушали и обсудили более 50 научных докладов, которые по тематике можно сгруппировать следующим образом:

### 1. Симпозиум по генезису пластообразных месторождений свинцово-цинковых руд

Этой проблеме было посвящено 12 докладов, в которых был приведен большой фактический материал по геологии месторождений США, Канады, Индии, Италии, Испании, Бельгии и ФРГ и результаты исследований жидких включений и изотопного состава.

Геолог А. Нейл рассматривает месторождения Pb—Zn—барит-флюоритовых руд долины р. Миссисипи, как отложения из хлоридных рассолов, нагретых до  $t$  70—150°C теплом глубинных щелочных магм. Воды метеорного или реликтового происхождения; только небольшая часть металлических элементов руд магматического происхождения.

W. Hall сделал интересный доклад по генезису флюорит-цинковых руд Ю. Иллинойса, основанный на детальном изучении состава жидких включений и изотопного состава. Судя по составу жидких включений руды были отложены из концентрированных Na—Ca-хлоридных рассолов при  $t$  160—60°C. Рудные минералы отложены из пластовых реликтовых вод, имеющих тот-же химический и изотопный состав, что и воды рудовмещающего горизонта.

Рудные тела метасоматические и частью жильные, эпигенетического характера и отлагались из восходящих, подогретых, существенно реликтовых вод.

Коллективный доклад R. Folinsbee и др. был посвящен свинцово-цинковому месторождению Пайн-Пойнт (СЗ территория Канады), образованному гидротермальными реликтовыми рассолами, связанными с крупным глубинным очагом; месторождение телетермальное.

В докладе А. Chakrabarti рассмотрен генезис свинцово-цинково-баритового месторождения Завар (В. Раджастане, Индия), залегающего среди доломитов докембрия. Месторождение скорее всего сингенетичное подводно-гидротермального происхождения, впоследствии метаморфизованное.

I. Ridge рассмотрел генезис месторождений СВ Тенесси и привел доказательства их позднепалеозойского возраста и телетермального происхождения.

С интересным обзорным докладом по соотношению руд и рассолов (evaporites)\* выступил в заключение проф. С. Davidson, который рас-

---

\* Под термином „evaporites“ понимаются хлоридные рассолы реликтовых и пластовых вод, а также продукты испарения (хлориды и ангидрит) из вод замкнутых соленых бассейнов.

смаатривает т. н. телетермальные месторождения как отложения внутрипластовых хлоридных рассолов, возникших при выщелачивании эвапоритов. Эти рассолы (часто неверно называются «реликтовыми водами») заимствуют металлы из пород, через которые они прошли и отлагают их при встрече с сульфатными грунтовыми водами, сингенетичным пиритом, кислыми газами или органическим веществом.

Приводятся данные за эту тарктовку:

а) состав жидких включений (обилие в них хлоридов);

б) географическое совмещение участков развития эвапоритов и телетермальных месторождений Pb-Zn руд, медистых песчаников и сланцев;

в) возможность отложения жильных барита и флюорита из эвапоритов, как рассолов, содержащих NaCl и BaCl<sub>2</sub>;

г) изотопный состав свинца, совпадающий в галенитах и рассолах;

д) рассеянные элементы, характерные скорее для грунтовых, а не ювенильных вод;

е) соотношение изотопов S соответствует таковому в сульфатных рассолах;

ж) частая ассоциация руд с адуляровыми метасоматитами, которые образуются внутрипластовыми гиперсолеными водами.

Как современный пример таких рудообразующих флюидов рассматриваются металлоносные хлоридные рассолы Челекена в нефтеносной области Закаспья, происшедшие из ангидрит-содержащих красноцветных пластов миоцена; эти воды выносят ежегодно 300 т Pb и не связаны с магматическими очагами (ближайший выход магматических пород в районе Эльбурса находится примерно в 500 км).

Точно также руды медистых сланцев Мансфельда связываются с глубокой циркуляцией рассолов из перекрывающих сланцы цехштейновых эвапоритов, которые выщелачивали металлы первичной герцинской минерализации и затем отлагали их при подъеме рассолов через Мансфельдские сланцы, замещая в последних сингенетичный пирит.

Таким образом, в большинстве докладов, посвященных генезису пластообразных месторождений свинцово-цинковых руд (телетермального или осадочного? типа) усматривается новая тенденция—связывать их с хлоридными рассолами метеорного происхождения, выщелачивающими металлы из первичной минерализации различного, в том числе гидротермального или вулканогенно-осадочного генезиса.

В подтверждение этой точки зрения широко применяется изучение жидких включений и изотопного состава руд.

## II. Симпозиум по источникам рудообразующих флюидов

Центральным здесь следует считать доклад академика В. И. Смирнова, в котором было четко выделено три источника рудного материала и флюидов:

1) ювенильный, связанный с подкоровой базальтовой магмой с месторождениями собственно магматическими, скарновыми и колчеданными ранней стадии геосинклинального развития (Fe, Mn, Cr, V, Ti, гр. Pt, Cu, Zn);

2) ассимилированный, связанный с палингенной гранитной магмой корового происхождения с эндогенными месторождениями средней и поздней стадий развития (Sn, W, Be, Li, Nb, Ta);

3) фильтрационный, в связи с циркуляцией грунтовых вод (телетермальные пластообразные Pb-Zn месторождения платформенной стадии).

Для первой группы изотопный состав постоянен и колеблется в узких пределах, для второй колебания значительны, для третьей—изотопный состав дает максимальные вариации, что говорит за мобилизацию элементов из окружающих пород.

Первый тип месторождений характерен для эвгеосинклиналей и размещается вдоль сбросов, окаймляющих их, второй развит в пределах геосинклинальных поднятий, а третий—в пределах платформенных чехлов.

В докладе R. Boyle'a источником металлов, элементов жильных минералов и даже летучих считаются вмещающие породы. Мобилизация элементов происходит при метаморфизме, или при глубокой циркуляции грунтовых или реликтовых вод.

С оригинальным докладом на тему «Размышления о гидротермальном рудоотложении» выступил P. Zuffardi (Италия). Он различает следующие источники минерализации:

- 1) дифференциация глубинного магматического очага;
- 2) смешение морской воды с эксгаляциями подводных вулканов;
- 3) глубинная циркуляция вод, выщелачивающих элементы из окружающих пород;
- 4) метаморфические воды, выщелачивающие элементы из окружающих пород.

Вода т. н. гидротермальных растворов может быть различного происхождения:  $W_1$ —ювенильная;  $W_2$ —морская;  $W_3$ —метеорная;  $W_4$ —литогенная (метаморфическая). Металлы могут быть:  $M_1$ —ювенильными, магматическими;  $M_2$ —литогенными. Сера может быть в рудах тройного происхождения:  $S_1$ —ювенильная, магматическая;  $S_2$ —литогенная;  $S_3$ —биогенная. Возможна любая комбинация  $W-M-S$ , определяющая генезис месторождения. Например, при  $W_1-M_1-S_1$ —типичное постмагматическое месторождение;  $W_2-M_1-S_3$ —вулканогенно-осадочное;  $W_3-M_2-S_2$ —«телетермальное» месторождение;  $W_4-M_2-S_2$ —осадочное сингенетичное метаморфизованное месторождение.

Глубина формирования, протяженность на глубину, околорудные изменения этих различных типов месторождений, конечно, отличаются друг от друга.

В докладе Л. Н. Овчинникова (ИМГРЭ) подчеркивается связь минерализации гидротермальных плутонических месторождений с гранит-

ными массивами, в которых рассеяны все элементы этих руд. Для концентрации металлов необходимы следующие условия:

а) наличие мобилизующих и транспортирующих агентов (обычно эту роль выполняют газы); б) обработка больших масс породы этими агентами; в) движение флюидов от широкого фронта к узким каналам; г) продолжительность процесса, идущего параллельно магматизму и тектогенезу.

И. Д. Рябчиков (ИГЕМ) на основании экспериментальных исследований систем типа силикат- $\text{NaCl-H}_2\text{O}$  показал возможность одновременного отделения, при кристаллизации гранитной магмы, газовой фазы и концентрированного водного соляного раствора (подтверждается включениями хлоридных флюидов в минералах гранита). Эти жидкие соляные растворы могут извлекать ряд рудных компонентов из остаточной силикатной магмы и могут играть роль рудообразующих флюидов. Отсюда следует, что наличие хлоридов в жидких включениях не обязательно связывать с *evaporites*.

Большой интерес вызвал доклад В. Л. Барсукова (ГЕОХИ имени В. И. Вернадского) об источнике рудного вещества в месторождениях олова.

Исследование кварц-касситеритовых и сульфидно-касситеритовых месторождений показало, что источником олова были непосредственно сами оловоносные гранитоиды, из которых олово было мобилизовано гидротермальными растворами в процессе постмагматической переработки гранита. Кварц-касситеритовые месторождения образовались при процессах альбитизации и мусковитизации оловоносного гранита, а сульфидно-касситеритовые месторождения—в тесной связи с хлоритизацией гибридных оловоносных гранитоидов.

Альбитизация и мусковитизация гранита воспроизведены экспериментально при моделировании рудного процесса ( $t$  500°C,  $p$  350 атм.) растворами, содержащими хлориды, Na, K, примесь силикатов Na, а также F, что отвечает составу жидких включений. При этом было извлечено из гранита от 30 до 60%, а из диорита от 50 до 90% общего содержания в них олова.

Перенос олова имеет место при pH 8—11 при посредстве F в форме фторгидроксила типа  $[\text{Sn}(\text{OH})_x\text{F}_{6-x}]^{2-x-}$ . При снижении pH от щелочной до нейтральной реакции отношение F к OH в комплексном ионе растёт.

При значении pH 7,5—8 происходит гидролиз гидроксил-флюоро-станната и олово выпадает в виде  $\text{SnO}_2$ . Делается важный вывод о том, что главным источником рудного вещества гидротермальных растворов является сама гранитоидная порода.

В ряде докладов (G. Tischendorf'a, G. Suffel'a, M. Brongersma-Sanders и др.) отмечается, наряду с ролью магматических очагов как источников рудообразующих флюидов, значительная роль метеорных или метаморфических вод, выщелачивающих металлы из окружающих пород, а также подчеркивается роль сингенетических процессов рудоот-

ложения, вызванных жизнедеятельностью планктона и др. микроорганизмов.

### III. Симпозиум по пластообразным месторождениям золота

В ряде докладов (R. Roberts, D. Wells, D. Hausen и др.) рассматриваются пластообразные месторождения с тонкорассеянным часто колломорфным золотом, ассоциирующим с халцедоном, низкотемпературными минералами Hg, Sb, As.

Месторождения пластообразные, контролируются определенными литолого-стратиграфическими горизонтами, иногда приурочены к дорудным сбросам. Минерализация везде эпигенетическая, низкотемпературная и предположительно связывается с глубинными магматическими очагами мезо-кайнозойского возраста.

В отличие от этого обоснованного фактическим материалом мнения, в обобщающем докладе С. Davidson'a определенно прозвучала мысль об эпигенетическом, но супергенном генезисе пластообразных месторождений золота. Металлы (Au, U и др.) выщелачивались и переносились грунтовыми водами и осаждались в карбонатных или кластических породах.

Первоисточником металлов были вулканогенные породы, реже кластические породы, перекрывающие золотоносные пласты.

### IV. Симпозиум по околорудно-измененным породам и др. близким вопросам

Этой проблеме было посвящено до 20 докладов геологов Канады, Японии, СССР, США, Норвегии, Чехословакии, Югославии и др. стран.

К сожалению, нового, по сравнению с уже опубликованными в литературе данными, в докладах было мало. Интересен был вывод S. Уапковић'a (Югославия) о значительном протяжении на глубину т. н. субвулканических месторождений Балкан.

Новым было для нас обоснование J. Berngard'ом (Чехословакия) и L. Вауман'ом (ГДР) мезозойского возраста части полиметаллических и урановых месторождений Богемского массива.

Подводя итог результатам симпозиума в целом и тем выводам из заслушанных докладов, которые могут быть полезны и поучительны для нас, следует отметить:

1. В современных исследованиях по условиям образования месторождений все шире применяется моделирование рудных процессов, изучение жидких включений и изотопного состава.

В вопросе об источнике рудного вещества и т. н. гидротермальных растворов, наряду с признанием роли магматических очагов и ювенильных вод, значительная роль отводится водам метеорного происхождения, метаморфическим водам и в особенности рассолам (пластовым, реликтовым водам, богатым хлоридами). Несомненно, источником по крайней

мере части рудного вещества являются вмещающие породы, которые содержат многие элементы в рассеянном состоянии.

Наличие в рудах минералов, содержащих минерализаторы (F, Cl, B, S), не обязательно говорит за магматический источник оруденения, ибо те же элементы содержатся в рассолах.

Таким образом, рудоотложение происходит из вод смешанного состава, а рудное вещество частью магматогенного происхождения, частью же выщелочено из вмещающих пород.

3. В отношении генезиса т. н. «телетермальных» месторождений Pb-Zn и Cu руд и пластообразных месторождений золота высказывается мнение относительно эпигенетического экзогенного происхождения некоторой части их при участии грунтовых вод и рассолов.

4. Практическое значение для оценки месторождений Армянской ССР на глубину может иметь интересный вывод, сделанный в докладе S. Yanković'a о значительном вертикальном протяжении т. н. субвулканических месторождений Балкан, которые широко развиты и на Малом Кавказе и также имеют значительное вертикальное протяжение, как это было показано в докладе, представленном автором статьи (И. Г. Магакьян «Армения в системе Центрального Средиземноморья» — металлогенический очерк).

5. И еще один практический вывод более общего значения, связанный с изучением изотопного состава руд (соотношением изотопов O, S, C, Pb и др. элементов): изотопный состав варьирует для руд различного происхождения таким образом, что для каждого генетического типа месторождений характерно определенное соотношение изотопов; с другой стороны промышленное значение и перспективы отдельных генетических типов, развитых в данном рудном районе, обычно различно.

Перспективы слабо изученных новых рудопроявлений могут быть оценены положительно, если изотопные соотношения в их рудах те же, что и в рудах уже освоенных промышленных месторождений очевидно того же генетического типа.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступило 2. X. 1967