ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXXVII 1963 2

ГЕОХИМИЯ

И. Г. Магакьян, академик АН Армянской ССР, Г. О. Пиджян и А. С. Фарамазян

# Рений в медно-малибденовых месторождениях Армянской ССР

(Представлено 12/IV 1963)

Медно-молибденовый рениеносный рудный пояс Армении прослеживается в СЗ—ЮВ направлении почти через всю территорию республики на протяжении 300 *км* при средней ширине 40 *км*, охватывая частью соседние с Арменией территории Азербайджана. На З—СЗ пояс уходит под четвертичные лавы Карсской вулканической области (Турция), а на Ю—ЮВ переходит через р. Аракс в Иранский Карадаг. В пределах этого пояса известны многочисленные медно-молибденовые месторождения и рудопроявления (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Джиндара, Анкаван, Айгедзор, Капутджих).

В структурном отношении медно-молибденовый пояс Армении представляет крупный Памбак-Зангезурский антиклинорий общекавказского простирания, в строении которого выделяются два яруса — нижний, сложенный метаморфическими толщами палеозоя, и верхний, сложенный вулканогенной толщей палеогена и более молодыми образованиями вплоть до четвертичных андезито-базальтов. Породы обоих ярусов вплоть до вулканогенных толщ эоцена и олигоцена прорваны умереннокислыми гранитоидами, образующими массивы площадью от нескольких квадратных километров до 1000 кв. *км* (Мегринский плутон).

Внедрение интрузивных пород происходило в три фазы, в следующей последовательности: 1) габбро, 2) монцониты, 3) порфировидные граниты и гранодиориты. Возраст интрузивных пород геологическими наблюдениями определяется как послесреднеэоценовый, а калий-аргоновым методом для монцонитов в 35—40 млн. лет, что отвечает олигоцену, для порфировидных гранитов и гранодиоритов в 18—25 млн. лет, что отвечает миоцену.

Ось Памбак-Зангезурского антиклинория ундулирует, эрозионный срез по простиранию структуры также различен, в связи с чем в местах воздымания структуры и более глубокого среза (Зангезур, Памбак) обнажаются породы нижнего яруса и выходы гранитоидов занимают большие площади, а в местах погружения (Даралагез) широко развита вулканогенная толща палеогена, среди которой отмечаются небольшие штоки гранитоидов.

Наличие вертикальной и горизонтальной зональности в распределении металлов (глубокие горизонты обогащены молибденом и медью, верх-

ние — свинцом и цинком) приводит к преобладанию на глубоко размытых участках медно-молибденового оруденения с подчиненной ролью свинца и цинка, а в слабо размытых участках, наоборот, к преобладанию полиметаллической минерализации при подчиненной роли молибдена и меди.

Такие области погружения структуры и полиметаллического оруденения, например Айоцдзорский (Даралагез) рудный район, рассматриваются поэтому нами как перспективные на более глубоких горизонтах в отношении медно-молибденового оруденения.

На значительных площадях в пределах Памбак-Зангезурского пояса развиты мощные покровы четвертичных андезито-базальтов, создающих ложное представление о прерывистости рудного пояса. Там, однако, где из-под покрова лав в ущельях рек обнажаются более древние породы, в них устанавливается медно-молибденовое оруденение (Варденис и др.).

Пространственно и генетически, в смысле общности родоначального очага, медно-молибденовая минерализация тесно связана с гранитоидами Памбак-Зангезурского антиклинория и в особенности тесно с порфировидными гранитами и гранодиоритами третьей самой молодой (миоценовой) фазы внедрения.

Месторождения располагаются среди интрузивных пород, частью в породах кровли, всегда в непосредственном экзо- и частью эндоконтакте рудоносных гранитов-гранодиоритов. Как правило, важным фактором контроля минерализации являются дайки гранодиорит-порфиров (наиболее молодые, но всегда дорудные), вдоль которых вытягиваются зоны с промышленным оруденением. Наряду с дайками важным контролем оруденения являются разломы и зоны дробления СЗ, широтного и СВ направления, вдоль которых циркулировали рудоносные растворы, вызвавшие гидротермальное изменение пород и минерализацию в них.

Наиболее широко развитым и промышленно важным является прожилково-вкрапленный тип минерализации, представленный мощными зонами гидротермально измененных пород с густой сетью тонких (от волосяных до 1—2 *см* и редко более) прожилков кварцсульфидного состава и вкрапленностью сульфидов. Второстепенное значение в пределах этих же площадей (Каджаран) или обособленно (Капутджих, Айгедзор) имеют кварцеворудные жилы с более богатым медью и особенно молибденом оруденением, прослеженные по простиранию на сотни метров при мощности 0,5—1 до 6 *м*. В отдельных случаях (Дастакерт—Центральный участок) развиты необычно богатые зоны брекчиевидных руд, в которых обломки измененных порфиритов обволакиваются молибденитом и халькопиритом, или развиты небольшие скарновые залежи (Анкаван, Кефашен, Нювады и др.) с медно-молибденовым оруденением и шеелитом.

Промышленные медно-молибденовые месторождения относятся к классу среднетемпературных гидротермальных умеренных глубин с хорошо выдерживающейся на глубину минерализацией, развивающейся в течение ряда последовательных стадий.

Детальное изучение отдельных рудных полей и систем рудных прожилков различного состава приводит исследователей к выделению для от-

дельных месторождений 5—6 до 10 стадий минерализаций, обособляющихся в пространстве.

Порядок выноса металлов из магматического очага обычно следующий: молибден, медь, цинк, свинец, хотя для ряда месторождений (Дастакерт, Джиндара) вынос основной массы молибдена несколько отстает от времени выноса главной части меди и порядок выноса металлов здесь несколько иной: медь, молибден, цинк, свинец. При этом, однако, надо подчеркнуть, что во всех стадиях минерализации первыми из данной порции раствора выпадают пирит и молибденит, а позднее халькопирит, сфалерит и галенит.

Прожилки различных стадий минерализации отличаются друг от друга не только содержанием и соотношением главных минералов и металлов, но также содержанием в одноименных минералах различных стадий таких рассеянных металлов, как рений, селен, теллур и др.

Состав медно-молибденовых руд в пределах всего рудного пояса довольно постоянный с преобладанием халькопирита и молибденита при подчиненной роли пирита, борнита, блеклой руды, сфалерита, галенита, энаргита, висмутина и виттихенита; из редких минералов установлены: самородное золото, теллуриды, минералы серебра и висмута, алабандин и др.

Основными ценными компонентами руд являются молибден и медь; интерес представляет также примесь висмута, золота, серебра и рассеянные металлы: рений, селен, теллур.

Среди рассеянных металлов наиболее типичным и ценным для медно-молибденовых руд Армении является р е н и й.

Как установлено многочисленными химическими анализами руд, концентратов и мономинеральных фракций, основным носителем рения являются молибдениты, в то время как в других минералах медно-молибденовых руд примесь рения незначительна.

Содержание рения в молибденитах различных месторождений колеблется в очень широких пределах, в интервале от 0,013 до 1,88% (от 130 до 18800 г/т).

Очень высокое содержание рения в некоторых молибденитах (до 1,88%) позволяет считать, что имеется особая богатая рением разность молибденита, а также предполагать возможность обнаружения самостоятельных минералов рения (типа $ReS_2$ или $Re_2S_7$), которые пока что возможно пропускаются при микроскопических исследованиях руд.

Детальное изучение рениеносности молибденитов различных стадий минерализации Каджаранского месторождения показало, что содержание рения достигает максимума (в среднем 0,07—0,08%) в молибденитах средних стадий минерализации—кварц-молибденитовой и особенно *кварц-халькопирит-молибденитовой* (третья и четвертая стадии), в то время как молибдениты ранних и заключительных стадий минерализации содержат всего 0,02—0,03% рения.

В связи с отложением главной массы молибденита в кварц-молибденитовую и кварц-халькопирит-молибденитовую стадии баланс распределения рения по стадиям такой: примерно 60% рения (70% молибденита) от-

ложено в кварц-молибденитовую стадию, 30% рения (и 15% молибденита) — в кварц-халькопирит-молибденитовую и остальные 10% рения (и 15% молибденита) — во все остальные стадии минерализации.

Очень низкие и низкие содержания рения установлены также в халькопиритах, пиритах, энаргитах, сфалеритах, алабандинах медно-молибденовых месторождений, а также в магнетите Капутанского месторождения апатит-магнетитовых руд и в кристаллическом пиролюзите Саригюхского месторождения марганца эффузивно-осадочного типа. Во всех этих случаях содержание рения колеблется в пределах 0,0001—0,001% (1—10 *г/т*); в большей части проб эти содержания рения хорошо увязываются с небольшой механической примесью молибденита, но в ряде проб, в которых был определен рений, молибдена не обнаружено совсем; это позволяет предполагать, что небольшие содержания рения могут быть связаны с его примесью к другим минералам помимо молибденита.

Надо, однако, решительно подчеркнуть, что почти весь рений в рудах связан с молибденитом. С увеличением содержания молибдена возрастает содержание рения, при этом отношение количества рения к молибдену колеблется в широких пределах: Re : Mo от 1 : 31 до 1 : 4000.

Исследование баланса рения при процессах обогащения (по данным С. С. Акмаевой) показало, что соотношение содержания рения в *г/т* к содержанию молибдена в % в различных продуктах обогащения выражаются сравнительно постоянным числом — модулем.

Извлечение рения в концентрат находится на уровне извлечения молибдена и составляет 80—85% от общего его содержания в руде.

В зоне окисления рений легко окисляется до высшей валентности ($Re^{7+}$) и образует легкорастворимые соли, которые выносятся рудничными водами за пределы месторождения. Этим объясняется низкое содержание рения в гипергенных минералах молибдена (повеллите, ферримолибдите), в которых отношение Re : Mo в десятки раз ниже, чем в молибдените, а также находит свое объяснение наличие рения (0,0006 *г/л*) в рудничных водах.

Молибдениты характеризуются также повышенным содержанием селена. Установлено, что между содержаниями рения и селена в молибденитах различных месторождений имеется определенная корреляционная зависимость, при этом отношение Re : Se колеблется обычно в пределах 1,2—2,0. По-видимому, условия вхождения обоих элементов в кристаллическую решетку молибденита, а также время выноса из очага главных порций рения и селена близки или одинаковы.

Однако отмечены единичные случаи, когда молибдениты, очень богатые рением, бедны селеном и, наоборот, разности, обогащенные селеном, сравнительно бедны рением.

Методы извлечения рения пока несовершенны, вследствие чего подавляющая часть рения, содержащегося в молибденовых концентратах теряется при металлургической переработке. Важное значение имеет разработка такой технологии, при которой этот ценнейший металл будет извле-

каться полностью в комплексе с другими рассеянными металлами медно-молибденовых руд.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Հ. Գ. ՄԱՂԱՔՅԱՆ, Գ. Հ. ՓԻՋՅԱՆ ԵՎ Ա. Ս. ՖԱՐԱՄԱԶՅԱՆ

## Ռենիումը Հայկական ՍՍՌ-ի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրերում

Հայաստանի պղինձ-մոլիբդենային ռենիումարեր հանքային գոտին տարածվում է հյուսիս-արևմուտք-հարավ-արևելյան ուղղությամբ, անցնում է ամբողջ ռեսպուբլիկայի տերիտորիայով մոտ 300 կմ երկարությամբ, ունենալով 40 կմ միջին լայնություն ընդգրկելով նաև մասամբ Հայաստանին կից Ադրբեջանի տերիտորիան։ Այս գոտու սահմաններում հայտնի են բազմաթիվ պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրեր և հայտածուներ։

Պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրերը տեղադրված են հանքարեր գրանիտ-գրանոդիորիտային ինտրուզիաների անմիջական էկզո և էնդոկոնտակտներում։

Պղինձ-մոլիբդենային հանքանյութերն ամբողջ գոտում ունեն բավականին մոտ և հատատուն կազմություն։ Հանքային միներալներից գլխավորներն են խալկոպիրիտն և մոլիբդենիտը, երկրորդական դեր են կատարում պիրիտը, բորնիտը, խունացած հանքանյութերը, սֆալերիտը, գալենիտը, էնարգիտը, բիսմուտինը և պղինձ-բիսմուտային խմբի միներալները։ Հանքանյութերում հիմնական արժեքավոր մետաղներն են մոլիբդենն ու պղինձը, որոնց հետ միասին հետաքրքրություն են ներկայացնում նաև բիսմուտը, ոսկին, արծաթը, իսկ հազվագյուտ մետաղներից՝ ռենիումը, սելենն և թելուրը։

Հայաստանի պղինձ-մոլիբդենային հանքանյութերում հազվագյուտ մետաղներից ամենաբնորոշը և արժեքավորը հանդիսանում է ռենիումը։ Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ ռենիումը հիմնականում կապված է մոլիբդենիտի հետ, մյուս միներալներում մինչև այժմ հայտնաբերված են ռենիումի միայն աննշան խառնուրդներ։ Տարբեր հանքավայրերի մոլիբդենիտներում ռենիումի պարունակությունը տատանվում է շատ լայն սահմաններում՝ 0,013 մինչև 1,88%։

Որոշ մոլիբդենիտներում ռենիումի շատ բարձր պարունակություններն ասում են այն մասին, որ գոյություն ունեն մոլիբդենիտի հատուկ տարատեսակներ, շատ հարուստ ռենիումով։

Քաջարանի հանքավայրի միներալիզացիայի տարբեր ստադիաների մոլիբդենիտների մանրակրկիտ ուսումնասիրությունը ցույց տվեց, որ ռենիումի մաքսիմալ պարունակությամբ (0,07—0,08%) բնորոշվում են այն մոլիբդենիտները, որոնք առաջացել են միներալիզացիայի միջին ստադիաներում՝ կվարց-մոլիբդենիտային և հատկապես կվարց-խալկոպիրիտ-մոլիբդենիտային։ Ավելի վաղ և եզրափակիչ միներալիզացիայի ստադիաների մոլիբդենիտները պարունակում են բնդամենը 0,02—0,03% ռենիում։

Պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրերի խալկոպիրիտներում, պիրիտներում, էնարգիտներում, սֆալերիտներում և ալաբանդինում հայտնաբերված են ռենիումի ցածր պարունակություններ՝ 0,0001—0,001%։ Մեծ մասամբ այս պարունակությունները լավ կապվում են մոլիբդենի այն փոքր քանակությունների հետ, որը հաճախ լինում է որպես մեխանիկական խառնուրդ վերոհիշյալ միներալների նմուշների մեջ։ Բայց մի շարք նմուշներում, որտեղ հայտնաբերվել է ռենիում, չի գտնված մոլիբդեն։ Այս հանգամանքը թույլ է տալիս ենթադրել, որ հավանաբար բացի մոլիբդենից ռենիումը խառնուրդի ձևով գտնվում է նաև մյուս միներալների մեջ։

Օքսիդացման զոնայում ռենիումը շատ հեշտ օքսիդանում է մինչ բարձր վալենտականություն ($Re^{7+}$) և առաջացնում է հեշտ լուծվող աղեր, որոնք դուրս են բերվում հանքավայրից ջրերի միջոցով։ Այդ պատճառով մոլիբդենի հիպերգեն միներալներում ռենիումի պարունակությունը շատ ցածր է։

Հեղինակների կողմից ապացուցված է, որ մոլիբդենիտներում ռենիումի և սելենի պարունակությունների միջև կա որոշակի կապակցվածություն։ Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ Re : Se հարաբերությունը մոլիբդենիտներում տատանվում է 1,2—2,0։