

УДК 550.4

ГЕОХИМИЯ

М. М. Константинов

О времени выделения золота на золоторудных месторождениях Закавказья

(Представлено академиком АН Армянской ССР И. Г. Матакьяном 30/III 1971)

В настоящее время большинство исследователей, изучающих месторождения золото-сульфидно-кварцевой формации, полагает, что по времени выделения золото подразделяется на две группы: тонкодисперсное, которое является сингенетичным образованию сульфидов, захватываясь в процессе их кристаллизации, и «наложенное», — выделяющееся после сульфидов по трещинкам и зонам дробления. В то же время справедливо высказывалось сомнение ⁽¹⁾ в том, что все тонкодисперсное золото непременно является сингенетичным. Применение для решения этого вопроса обычного опробования, также как и анализа мономинеральных фракций, дает неоднозначные результаты, поскольку, наряду с тонкодисперсным золотом, отложившимся одновременно с сульфидами, в них постоянно присутствует более позднее «наложенное» золото. Автором, для решения вопроса о времени выделения золота, имеющим большое значение для разработки рациональной технологии его извлечения, наряду с минераграфическим изучением руд (с использованием данных Ш. О. Амиряна и П. С. Бериштейна), были также использованы: результаты технологического исследования руд ряда месторождений, выполненные в ЦНИГРИ И. Ю. Юдиной, Р. А. Низамутдиновой, С. А. Россовским; результаты нейтронно-активационных определений золота в монокристаллах пирита и их математическая обработка; электронно-микроскопическое изучение золота.

Сопоставление имеющихся данных показывает, что золото, как тонкодисперсное, так и свободное, выделяется в рудах длительно и многократно, начиная с кристаллизации самых ранних сульфидов и завершая отложение «продуктивных» минеральных ассоциаций. По времени выделения, относительно кристаллизации основной массы сульфидных руд, золото можно подразделить на три группы: сингенетичное, избыточное и эпигенетичное.

Соотношение трех временных групп золота отчетливо видно при сравнительном анализе его распределения в монокристаллах пиритов, проанализированных нейтронно-активационным методом. Были проанализированы кристаллы пиритов Гамзачиманского (50 кристаллов) и Зодского (две пробы по 50 кристаллов) месторождений. Кроме того, для сопоставления были привлечены пириты Згидского свинцово-цинкового месторождения на Северном Кавказе, где полностью отсутствует «наложенное» золото. Результаты математической обработки анализов ⁽²⁾ показывают, что распределение содержания золота (при исключении проб с аномально высокими содержаниями) во всех группах проб отвечает логнормальному закону.

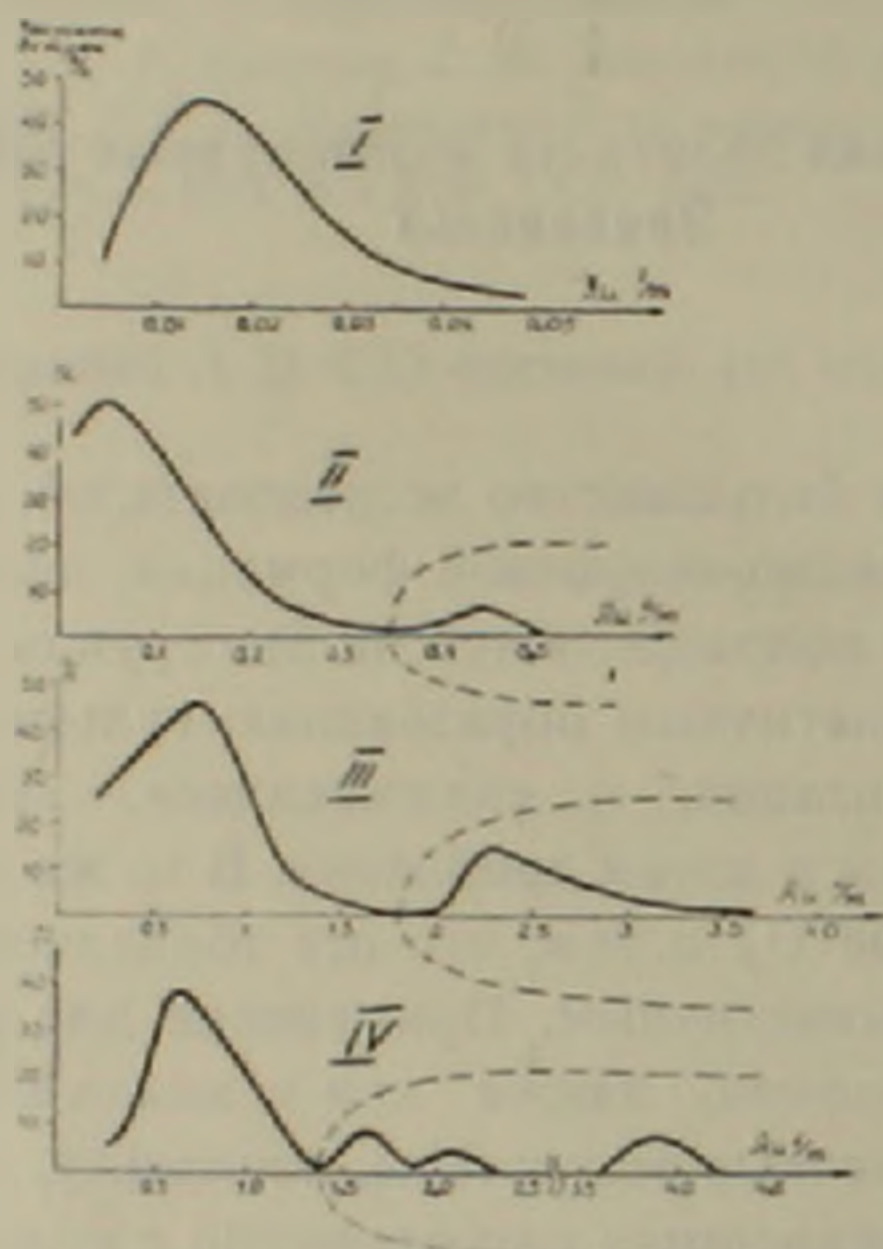


Рис. 1. Кривые распределения содержаний золота в мономинеральных пробах кристаллов пирита. I — Гамзачиманское месторождение; II — Зодское месторождение, пирит из дайки кварцевых лопаритов; III — Згидское месторождение; IV — Зодское месторождение (пирит из кварц-пиритовой жилы). Пунктиром выделены дополнительные максимумы, обусловленные «избыточным» золотом

Как следует из диаграмм распределения концентраций (рис. 1) по мере увеличения содержания золота в пиритах, меняется характер кривой распределения. При незначительных содержаниях, характеризующих пириты Гамзачиманского месторождения ($\bar{x} = 0,05$ г/т) кривая имеет плавный вид, с закономерным смещением максимума вправо.

При содержаниях 0,1—0,2 г/т Au на кривой, помимо основного максимума, появляется небольшой дополнительный, в интервале содержаний 0,4—0,5 г/т (Зодское месторождение, пирит из дайки кварцевых лопарит-порфиров). При содержаниях 0,5—1,0 г/т Au (Згидское месторождение), этот дополнительный максимум фиксируется более отчетливо.

располагаясь в интервале содержаний 2—3 г/т Au. Наконец, при средних содержаниях 1—2 г/т (Зодское месторождение, пирит из золото-полиметаллической жилы), наряду с основным максимумом, отмечается несколько побочных, в интервале содержаний 1,5—4 г/т.

Таким образом, по мере увеличения содержаний золота в пирите, все более отчетливо фиксируются две разновидности золота. Характер отбора проб на месторождениях (3), а также полная аналогия распределения золота в кристаллах пирита золоторудных и свинцово-цинкового месторождений исключает присутствие здесь более позднего «наложенного» золота. Можно говорить только о двух генерациях золота, изначально присутствовавших в гидротермальном растворе, из которого высадился золотоносный пирит.

Золото первой разновидности связано, видимо, с массовым высаживанием пирита и разрушением золотосодержащих сернистых соединений. Это золото соответствует основному пику диаграмм и является сингенетическим.

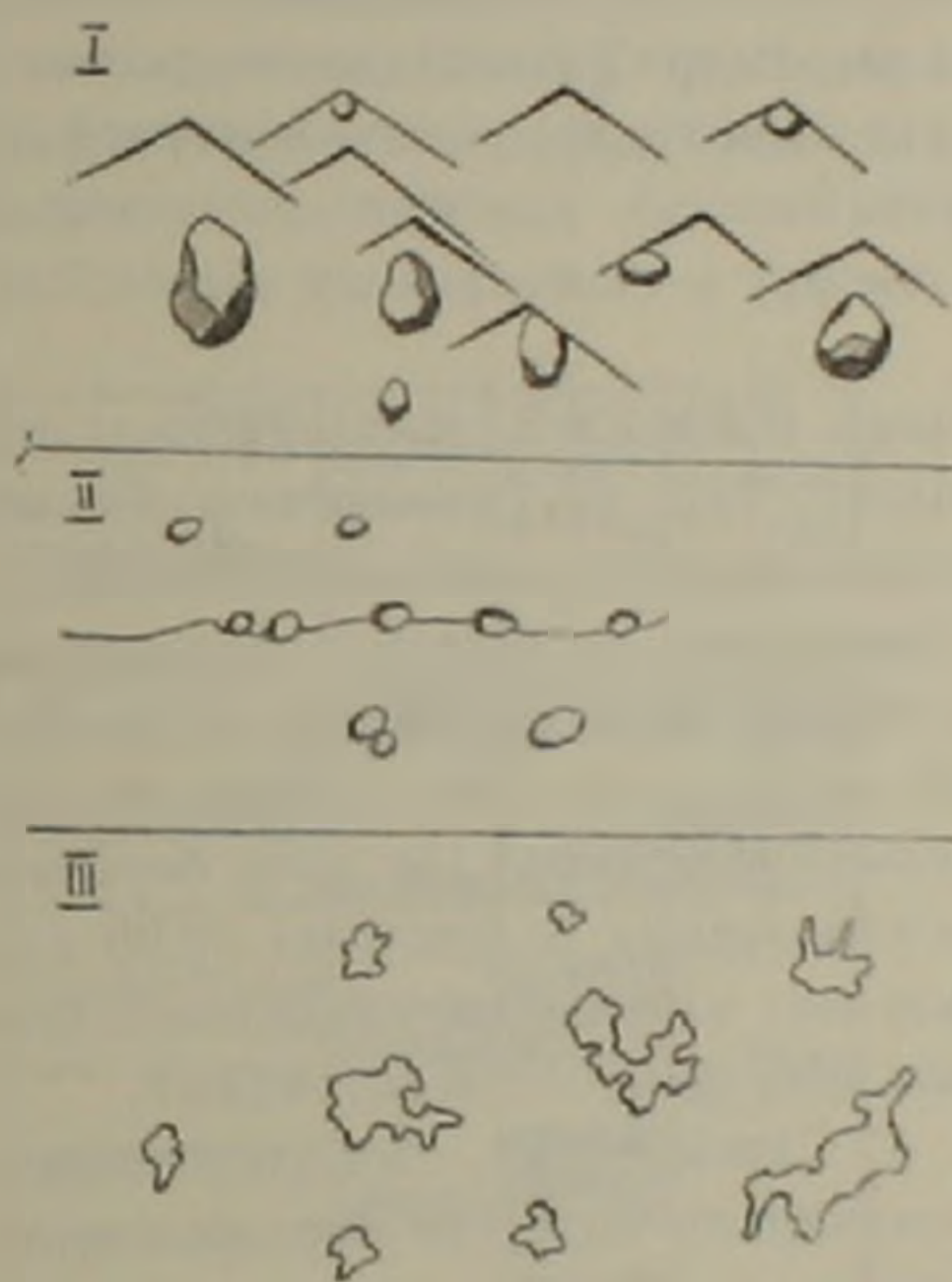


Рис. 2. Три разновидности дисперсного золота в пирите (рисунки с фотографий двухступенчатых целлюлозно-угольных реплик, ув. 14000). I—полуограненное золото в углах блоков пирита; II—капельвидное золото в тонких трещинках; III—«лапчатое» золото, выделяющееся вокруг крупных золотинок

Вторая разновидность золота накапливалась в остаточных растворах и высаждалась либо в самые поздние стадии роста кристаллов, либо в результате выпаривания золотоносных растворов, проникая в пириты по тончайшим трещинкам, возникшим при их раскристаллизации. Такое золото, видимо, целесообразно выделить в самостоятельную разновидность и именовать избыточным. Согласно расчетным данным и опреде-

лением математической статистики (¹), пробы, дающие побочный максимум и соответствующие «избыточному» золоту, не являются аномальными, поскольку они не нарушают основного закона распределения содержаний. Исключение составляют некоторые кристаллы Зодского месторождения, в которых установлены содержания золота в 20—30 г/т. Введение результатов этих единичных анализов в пересчет нарушает закон распределения. Они, скорее всего, соответствуют третьей временной разновидности золота, которое ниже мы будем называть эпигенетичным. Образование этого золота, видимо, связано с привнесом в сферу рудотложения более поздних порций раствора.

Результаты электронно-микроскопического изучения руд, проведенного нами совместно с Э. Н. Алышевой, говорят о наличии трех типов распределения дисперсного золота в пирите (рис. 2): золото в виде полукруглых кристаллов, равномерно распределенное вблизи углов граней микроблоков пирита; золото в каплевидной форме, «нанизанное» на тончайших трещинках; золото в неправильных выделениях, группирующееся вокруг крупных золоти и аналогичное им по форме и внутреннему строению. Возможно, эти три разновидности соответствуют пикам концентрации золота, полученным при математической обработке результатов нейтронно-активационных анализов монокристаллов пирита. Во всяком случае, они говорят о многократном выделении дисперсного золота.

К сходным выводам мы придем, если проанализируем время выделения свободного золота. Так, на Гамзачиманском месторождении, по данным технологических исследований И. Н. Юдиной, свободное золото находится в тонком срастании с серицитом и гидрослюдами, входящими в состав золотоносных березитов, при содержании Au 20—25 г/т. Ранним выделением основной массы золота обусловлено то обстоятельство, что более поздний по времени выделения (но тоже березитовой стадии) пирит содержит золото в мизерных количествах (0,05 г/т). Вместе с тем, Ш. О. Амирян (²) выделяет на этом месторождении более позднюю разновидность золота, ассоциирующего с теллуридами.

Как отмечает Г. А. Саркисян (³), свободное золото присутствует в тальк-карбонатных прожилках Зодского месторождения, характеризующих процесс окolorудных изменений.

Аналогично дисперсному, свободное золото может быть избыточным и накапливаться к концу определенной стадии минерализации. Характерным признаком такого золота следует считать отсутствие близкоодновременного «своего», четко определенного минерального парагенезиса и выделение золота в срастаниях с наиболее поздними по времени минералами различных минеральных ассоциаций. Например, на Личкназ-Тейском месторождении, по данным Т. Н. Поповой, золото выделялось в срастании с поздними генерациями халькопирита, образуя мельчайшие эмульсионные выделения в сфалерите. На Пьязбашинском и Вежналинском месторождениях свободное золото выделяется в стадию образования основных минералов рудных жил: кварца, пирита и халькопирита. Оно об-

разует пластинчатые кристаллы, размещающиеся между кристаллами кварца и пирита и несущие на себе отпечатки граней этих минералов. Здесь также золото не входит в состав какой-то характерной парагенетической ассоциации.

Труднее распознать избыточное свободное золото на тех объектах, где присутствует также более позднее эпигенетическое, однако и в этом случае можно привести некоторые интересные наблюдения.

Так, по данным П. С. Бернштейна, в рудах Меградзорского месторождения золото присутствует в каждом втором полированном шлифе, а теллуриды были обнаружены только в 17 аншлифах из 205 изученных. При этом содержание теллура в рудах, в среднем, в 5—6 раз выше, чем золота. Золото ассоциирует не только с теллуридами, но также с галенитом и теннантитом, образуя мелкие включения в пирите. Возможно, здесь выделяются две временные разновидности золота: избыточное, которое является несколько более мелким и высокопробным (925—950), выделившееся с поздними сульфидами руд, и эпигенетическое, несколько более крупное, с широкими колебаниями пробы (825—925), постоянно ассоциирующее с теллуридами. Причем наиболее крупное, видимое в шлифах золото приурочено обычно к агрегатам теллуридов и составляет 1:10—1:20 часть от их количества.

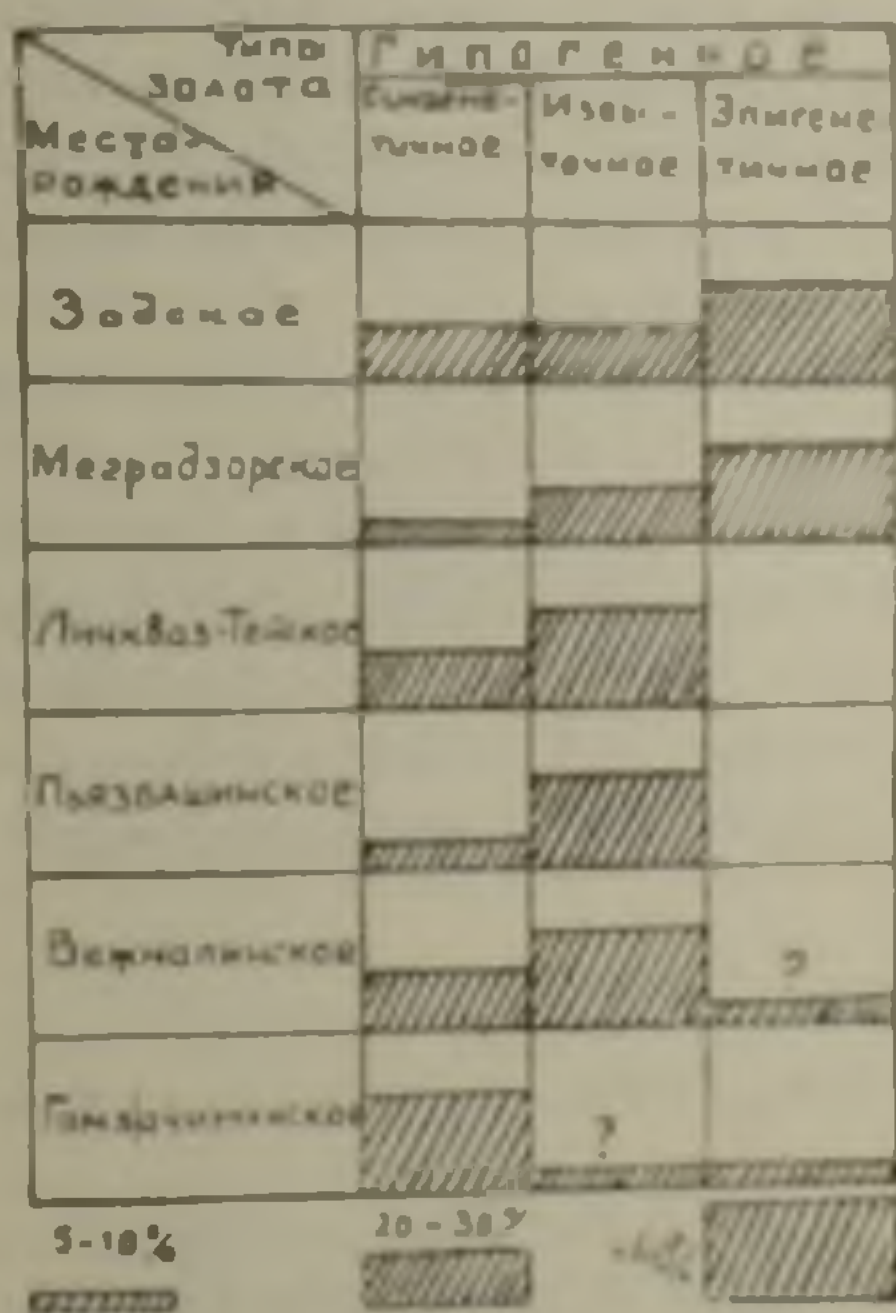


Рис. 3. Приближенные количественные соотношения различных временных типов золота в рудах

Сходно обстоит дело на Зодском месторождении, где, кроме того, золото-сульфидная и золото-теллуридная ассоциации разделены внутри-

рудными движениями, вследствие чего просечки золота и теллуридов местами непосредственно накладываются на ранние кварцевые жилы.

В итоге данных комплексного, в том числе технологического изучения золота составлена примерная сравнительная таблица (рис. 3) распределения различных временных типов золота в рудах.

В целом рассмотренные данные приводят к выводу, что золото, тонкодисперсное и свободное, выделяется в рудах изученных месторождений неоднократно, что связано как с общими закономерностями выпадения золота из растворов, так и с прерывистым развитием процесса рудоотложения.

Развиваемые положения, которые исходят из идеи о длительном и многократном выделении золота, предлагаются в порядке постановки вопроса и требуют дальнейшего изучения.

ԸՆԿՈՒՐՈՒՄ

Մ. Մ. ԿՈՆՍԱՆՏԻՆՈՎ

Անդրկովկասի ոսկու հանքավայրերում ոսկու անջատման ժամանակի մասին

Հանքանյութերի կոմպլեքսային ուսումնասիրությունները՝ միներալագրաֆիական, տեխնոլոգիական, էլեկտրոնային մանրադիտակի և նեյտրոննո-ակտիվացիոն անալիզի մեթոդների կիրառումով, հնարավորություն են տալիս եզրակացնելու, որ ոսկին հիդրոթերմալ լուծույթներից անջատվել է երկար ժամանակամիջոցում և բազմիցս անգամ:

Կատարված ուսումնասիրությունների շնորհիվ, սուլֆիդային մասսայի բյուրեղացման համեմատությամբ առաջնացվում է ոսկու ժամանակագրային երեք խումբ՝ միաժամանակյա, ավելցուկային և էպիգենետիկ, որոնց քանակային հարաբերությունը տարբեր է տարբեր հանքավայրերի համար:

Միաժամանակյա ոսկին անջատվում է սուլֆիդների բյուրեղացման հետ միաժամանակ, ավելցուկայինը՝ սուլֆիդների բյուրեղացման վերջին շրջանում կամ նրանցից հետո, իսկ էպիգենետիկ ոսկին անջատվում է լուծույթների ավելի ուշ րաժիններից:

ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԱՆԿԱՆՔՆԵՐ

1 Н. В. Петровская, А. И. Фасталович, Морфологические и структурные особенности самородного золота, Тр. НИГРИЗолото, М., 1952. 2 А. А. Бусс и др., Руководство по предварительной математической обработке геохимической информации при поисковых работах, Изд. «Недра», М., 1965. 3 В. Ф. Гуреев, М. М. Константинов, Э. И. Адышева, ДАН СССР, т. 181, № 5 (1968). 4 Ш. О. Амирян, К минералогии и золоторудной минерализации Гамзачиманского месторождения, Зап. Арм. отд. Всес. мин. о-ва, вып. 3, Ереван, 1966. 5 Г. А. Саркисян, Гидротермальные метасоматиты Золского золоторудного месторождения и некоторые вопросы их генезиса, Автореферат канд. дисс. М., 1970.