

ГИДРОГЕОХИМИЯ

Н. И. ДОЛУХАНОВА, Л. А. ГРИГОРЯН

О ПРОЦЕССАХ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ НА ТАНДЗУТСКОМ
СЕРНОКОЛЧЕДАнном МЕСТОРОЖДЕНИИ

Тандзутское серноколчеданное месторождение находится в Кироваканском районе Армянской ССР в 12 км к ЮВ от г. Кировакана, на северном склоне Памбакского хребта, в верховьях р. Тандзут, левого притока р. Гарпи. Район покрыт лесом. Склоны хребта в районе месторождения сильно расчленены.

Основные разведочные работы велись в глубоком и узком лесном овраге меридионального направления с крутыми стенками.

Климат района умеренно-холодный, лесной, влажный. Лето прохладное, зима хотя и с глубоким снежным покровом, но не суровая. Среднегодовая сумма осадков колеблется от 500 до 800 мм. Дожди в конце весны и в начале лета носят часто ливневый характер, нередки в это время грозы и град.

Участок месторождения сложен среднеэоценовыми кварцевыми порфирами и альбитофирами, порфиритами, их туфами и брекчиями, протягивающимися полосой близширотного простирания. Ширина полосы достигает 0,5 км и больше. Месторождение представляет собою три линзообразные залежи серного колчедана. Мощность основной линзы достигает в центральной части 20 м. Рудные тела залегают в сильно измененных, разрушенных, серицитизированных, хлоритизированных, эпидотизированных, коалинизированных и рассланцованных кварцевых порфирах и кварцевых альбитофирах. Преобладающим рудным минералом месторождения является пирит. Кроме пирита, в рудах в небольшом количестве встречаются халькопирит, сфалерит, энаргит, ковеллин, станнин, витихенит и др. Нерудные представлены кварцем, каолином и реже гипсом.

Район месторождения сложен породами обладающими только трещинным типом водопроницаемости. Водоносны отдельные трещиноватые участки пород. Водообильны наносные образования — это тесно связано с количеством атмосферных осадков и периодом их выпадения. В районе месторождения, вблизи рудной зоны, имеется несколько родников.

Тандзутское месторождение было открыто в конце XIX столетия. Позднее, начиная с 1903 г. по 1907 г. и с 1910 г. по 1917 г., это месторождение эксплуатировалось обществом Нобель. В 1925 г. Алавердский комбинат в поисках новых месторождений меди проводил на Тандзутском месторождении разведку и небольшую эксплуатацию. С 1929 г. оно снова

стало разведываться б. Геологическим комитетом. Комитет провел на месторождении алмазное бурение с целью выявления медного оруденения на глубине. Разведка дала отрицательные результаты, после чего месторождение было передано ВСНХ Армении для проведения разведки только на серный колчедан.

Дальнейшие работы на месторождении проводились Ереванской базой Закавказского Геологического треста. Разведочные работы были начаты летом 1930 г. инж. К. К. Поповым и закончены в 1933 г., когда месторождение было передано в консервацию. На месторождении было пройдено всего 36 штолен. Шесть штолен были восстановлены в 1930 г. и тридцать пройдены заново. Почти все штольни пройдены вкрест простирания рудного тела. Очень редко задавались наклонки и гезенки. Кроме штолен, месторождение было разведано на глубину при помощи буровых скважин.

Всего на месторождении пробурена 21 скважина с максимальной глубиной до 166 м. Большинство скважин было пробурено в центральной части месторождения. С 1933 г. по 1951 г. Тандзутское месторождение находилось в консервации. С 1951 г. оно снова начало разведываться Закавказской геологической конторой Главгеохимразведки. В 1953—54 гг. бурились скважины, восстанавливались старые штольни, проходились новые горизонтальные выработки.

Вода была встречена при проходке во всех горных выработках, в отдельных скважинах были встречены напорные воды.

В результате описанных разведочных работ большого масштаба, периодически повторявшихся в течение длительного периода времени, на небольшом участке месторождения накопились мощные отвалы рудоносных пород. Отвалы сосредоточены на обоих бортах крутого оврага. Длина разработанной части оврага около 500 м, высота бортов от 50—70 м внизу оврага и до 5—10 м в его верховьях. Во время дождей, частых в районе и носящих весной и в начале лета ливневой характер, отвалы энергично промываются. В овраге протекает небольшой ручей, местами теряющийся под отвальными породами, засыпавшими толстым слоем дно оврага. В этот ручей стекают все мелкие ручейки и сборные струи, вытекающие из заброшенных штолен и промывающих отвалы. Нужно отметить, что в настоящее время вода вытекает только из штолен в нижней и средней частях оврага и только с правого борта. В верховьях оврага штольни сухие, верховья оврага уже дренированы. Основной ручей берет начало за пределами месторождения и протекая через все месторождение, со всей своей системой притоков, энергично его промывает.

Основной ручей впадает в ручей Жанг-джур. Последний принимает значительное число притоков и впадает в р. Гарпи.

На западной периферии месторождения в основной ручей впадает с юга небольшой ручей меридионального направления, на своем пути он промывает большой отвал.

Большую роль в промывке месторождения играют дождевые воды, стекающие в овраг по отвалам со всех сторон. В овраге очень интенсивно

идут процессы окисления пиритовой руды. В низовьях оврага трудно дышать от запаха застоявшегося сернистого газа и серной кислоты.

Частично в отдельных отвалах Тандзутского месторождения в поверхностной их части выщелачивание воднорастворимой части рудных элементов уже почти закончено. Такие отвалы можно определить визуально, по их окраске, это белые и желтые отвалы. В серых отвалах рудные элементы еще сохранились. Нами были отобраны пробы из отвалов разной окраски. Результаты анализа водных вытяжек из отвальных пород приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Содержание отдельных элементов в водных вытяжках из отвальных пород Тандзутского месторождения в мг/л

№№ проб	Отвальная порода	Cu	Zn	Fe	SO ₄
15	серая	1,0	0,125	1000,0	1144,0
18	серая	1,5	0,125	800,0	946,0
17	желтая	1,0	0,015	2,6	29,2
16	белая	следы	0,010	1,0	9,8

Воды, вытекающие из штолен месторождения, сульфатно-натриевые, сильно минерализованные, с большим содержанием железа, присутствием меди и цинка. Все воды кислые, рН = 3,3—3,9. Воды, вытекающие из штолен в нижней части оврага, минерализованы сильнее, чем воды, вытекающие из штолен в средней части оврага (табл. 2).

Таблица 2

Интервалы содержания отдельных элементов в рудничных водах Тандзутского месторождения в мг/л

Элементы	Штольни средней части оврага	Штольни нижней части оврага
Na + K	1288,4—4647,6	2935,0—13964,9
Ca	18,0—34,0	18,0—32,0
Mg	7,4—12,2	3,2—19,6
Fe общ.	100,0—780,0	0,4—780,0
Cu	7,0—20,0	6,0—7,0
Zn	0,5—0,8	0,4—0,6
Cl	10,6—21,0	10,0—18,6
SO ₄	3828,0—10084,0	2920,8—15928,0
HCO ₃	нет	нет
MoO ₄	0,17—0,21	0,17—10,6
рН	3,4—3,9	3,3—3,6
Сухой остаток	5610,0—14904,0	12037,0—43331,0

Таким образом, общая минерализация вод, достигает 43 г/л, а содержание в них сульфатов 15,9 г/л, это уже воды, переходные к рассолам. Воды такой минерализации чаще всего бывают хлоридно-натриевые. Здесь мы имеем воды сульфатно-натриевые с большим содержанием железа, появившиеся в результате выщелачивания продуктов окисления пи-

рита. Спектральным анализом сухих остатков в водах установлено присутствие Cu, Bi, Fe, Co, Pb, Ag, As, Sr, Ba.

Из основного Тандзутского ручья в 1955 г. были отобраны 2 пробы: в верховьях до промывки отвалов месторождения и после выхода из района месторождения. Сопоставление результатов анализов (см. табл. 3) представляет значительный интерес.

Таблица 3

Химический состав воды основного Тандзутского ручья в мг/л

Элементы	Верховья ручья до м-ния	Тот же ручей после выхода из м-ния
Na+K	14,1	1196,0
Ca	21,1	7,7
Mg	8,2	2,8
Fe общ.	15,4	603,0
Cu ^v	0,12	0,8
Pb ^v	нет	0,02
Zn	нет	нет
Cl ^v	14,5	14,5
SO ₄ ^{''}	72,8	4048,2
HCO ₃ ^{''}	73,2	нет
pH	7,8	3,4
Сухой остаток	187,6	5876,5

Как видно из таблицы 3, по изменению содержания Na+K, Fe_{общ.}, SO₄^{''}, сухого остатка и pH раствора можно сделать вывод насколько сильны на месторождении процессы окисления и выноса металлов. Расстояние между пробами всего 500—600 м, но здесь нужно учесть, что вода ручья местами течет под отвалами и принимает в себя рудничные воды из заброшенных штолен.

По данным 1957 года тот же основной ручей, вытекающий из месторождения и собравший в себя все воды месторождения, имеет дебит 2,2 л/сек, содержит Fe_{общ.}—280 мг/л и SO₄^{''}—4128 мг/литр.

Таким образом, основной Тандзутский ручей выносит, как видно из таблицы 4, в сутки 51,3 кг железа и 784,6 кг сульфатов, что, если не считаться с сезонными колебаниями дебита и хим. состава ручья, составит в год 18,7 т железа и 286,4 тонн сульфатов.

Согласно вычисленному гипотетическому солевому составу, в сутки выносятся 935,4 кг глауберовой соли (Na₂SO₄) и 216,5 кг железного купороса (FeSO₄), что с теми же допущениями составит в год 341,4 тонн глауберовой соли и 79 тонн железного купороса.

Такие внушительные цифры говорят о разубоживании месторождения и о заражении гидрографической сети района продуктами окисления. Так, речная вода р. Гарпи содержит повышенные количества железа и сульфатов на протяжении до 10 км от месторождения.

Из сравнения химического состава воды р. Гарпи до впадения и после впадения в нее р. Жанг-джур видно, что до впадения ручья Жанг-джур железо в воде р. Гарпи отсутствовало, а после впадения его содер-

Таблица 4
Вынос элементов и солей из Тандзутского месторождения. Дебит общего водопритока 2,2 л/сек

Элементы и соли	Содержание в мг/литр	Вынос за сутки в кг	Вынос за год в тоннах
Fe общ.	270,0	51,3	18,7
SO ₄ "	4128,0	784,6	286,4
NaCl	52,0	9,9	3,6
Na ₂ CO ₃	4921,0	935,4	341,4
CaSO ₄	53,8	10,2	3,7
MgSO ₄	125,5	23,8	8,7
FeSO ₄	1139,1	216,5	79,0
CuSO ₄	1,5	0,3	0,1
ZnSO ₄	1,2	0,2	0,08

жится 5 мг/л, что составляет 7,3% химического состава воды. Сульфатов в р. Гарпи до впадения в нее ручья Жанг-джур содержалось 16,4 мг/л, что составляло 9,7% химического состава воды. После впадения р. Жанг-джур содержание сульфатов увеличилось до 53,9 мг/л, что составляет 30,6% химического состава воды, т. е., вода из гидрокарбонатной стала сульфатной.

Таблица 5
Химический состав воды основного Тандзутского ручья в мг/л

Элементы	18.VIII 55 г.	25.VII 57 г.
Na·X·K·	1196,0	1637,8
Ca ⁺⁺	7,7	16,0
Mg ⁺⁺	2,8	9,0
Fe общ.	603,0	270,0
Cu"	0,8	0,7
Zn"	нет	0,4
Cl'	14,5	0,6
SO ₄ "	4048,2	4128,0
HCO ₃ '	нет	нет
pH	3,4	3,3
Сухой остаток	5876,5	6121,0

Теперь рассмотрим процесс выщелачивания и выноса продуктов окисления серноколчеданных руд во времени. Для этого в нашем распоряжении имеются анализы, отобранные в 1955 г. и 1957 г. в основном Тандзутском ручье после выхода его из района месторождения.

Из сопоставления результатов анализа (табл. 5) этих вод видно, что процессы окисления и выноса элементов продолжают в течение длительного периода времени и остаются почти постоянными (кроме выноса железа). Такое естественное выщелачивание Тандзутского месторождения может быть поставлено на службу народному хозяйству. Идущие на месторождении активные процессы окисления, растворения и выноса ме-

таллов могут быть использованы для получения глауберовой соли, серной кислоты и железного купороса.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 10.1.1960.

Ն. Ի. ԴՈԼՈՒԽԱՆՈՎԱ, Լ. Ա. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

ՏԱՐՐԱՆՈՒԾՄԱՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԸ ՏԱՆՉՈՒՏԻ ԾԾՄԲԱԿՈՂՉԵԴԱՆԱՅԻՆ
ՀԱՆՔԱՎԱՅՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Տանձուտի ծծմբակոլչեղանային հանքավայրը գտնվում է Հայկական ՄՍՌ-ի Կիրովականի շրջանում, Կիրովական քաղաքից 12 կմ հարավ-արևելք, Փամբակի լեռնաշղթայի հյուսիսային լանջում:

Հանքավայրի շրջանը ունի բարեխառն—ցուրտ, անտառային խոնավ կլիմա: Ամառը այստեղ մեղմ է, իսկ ձմեռը չնայած ձյան խոր շերտի առկայությանը խիստ չէ: Տեղումների տարեկան միջին քանակը հասնում է 500—800 մմ: Անձրևները դարձան վերջին և ամռան սկզբին կրում են հեղեղային բնույթ, տարվա այդ ամիսներին բնորոշ է ամպրոպ և կարկուտ:

Հանքավայրի սերիտորիան կազմված է էոցենի հասակի կվարցային ալքիտոֆիրներից և լավային բրեկչիտներից: Հանքավայրում հանքային միներալներին գերիշխողը պիրիտն է, խալկոպիրիտը և սֆալերիտը հանդիպում են խառնուրդի ձևով:

Տանձուտի ծծմբակոլչեղանային հանքավայրը սկսած 1903 թ. ընդմիջումներով հետախուզվել է, սկզբում առանձին ընկերությունների, իսկ Հայաստանում սովետական կարգեր հաստատվելուց հետո տարբեր հիմնարկների կողմից: Հանքավայրի առանձին տեղամասերը բացված են շատ խիտ լեռնային փորվածքներով, հորատման անցքերով և հետևապես օդի և ջրի ներգործության համար կան բոլոր բարենպաստ պայմանները:

Մեր հիմնական խնդիրն է եղել ուսումնասիրել հանքավայրում կատարվող ինտենսիվ տարրալուծման երևույթները և պարզաբանել մետաղների դուրս բերման պրոցեսները:

Առաջին աղյուսակից երևում է, որ հանքավայրի փորվածքներից դուրս եկող ջրերի ընդհանուր միներալացումը շատ բարձր է և նրանք պարունակում են մեծ քանակի երկաթ, համեմատաբար քիչ պղինձ և ցինկ: Բոլոր ջրերի $pH = 3,3 - 3,9$:

Երկրորդ աղյուսակը ցույց է տալիս, որ հանքավայրի շրջանի ձորակի միջին մասի փորվածքներից դուրս եկող ջրերը ավելի ուժեղ են միներալացված քան վերին փորվածքների ջրերը: Ջրերի ընդհանուր միներալացումը հասնում է 43 գ/լ, իսկ նրանց մեջ սուլֆատների պարունակությունը 14,9 գ/լ, սրանք արդեն հագեցած լուծույթներին անցնող ջրեր են: Այդպիսի միներալացում ունեցող ջրերը մեծ մասամբ լինում են քլորիդա-նատրիումային, իսկ այստեղ մենք ունենք սուլֆատա-նատրումային ջրեր, երկաթի մեծ պարունակությամբ՝ որը պիրիտի օքսիդացման պրոդուկտների տարրալուծման արդյունք է:

Երրորդ աղյուսակում բերված լուծույթի $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Fe ընդհանուր, $\text{SO}_4^{''}$, չոր նստվածքի և pH -ի պարունակությունների փոփոխությունից երևում է, թե որքան ուժեղ է հանքավայրում օքսիդացման և մետաղների դուրս բերման պրոցեսների ընթացքը:

1957 թ. տվյալներից երևում է, որ հանքավայրից դուրս եկող գետակը, որ հավաքում է հանքավայրի շրջանի բոլոր ջրերը և ունի 2,2 լ/վ դերիտ, պարունակում է Fe ընդհանուր 270 մգ/լ և $\text{SO}_4^{''}$ —4128 մգ/լ:

Այսպիսով, Տանձուտի հիմնական գետակը մեկ օրվա ընթացքում դուրս է բերում 51,3 կգ երկաթ և 784,6 կգ սուլֆատ (աղյուսակ 4): Եթե հաշվի չառնենք գետակի գերիտի և ջրի քիմիական բաղադրությունը սեզոնալին տատանումները, ապա գետակը տարեկան դուրս է բերում 18,7 տոննա երկաթ և 286,4 տոննա սուլֆատ:

Ելնելով ջրի աղային պայմանական բաղադրությունից մեկ օրվա ընթացքում գետակը դուրս է բերում 835,4 կգ դլաուբերյան աղ (Na_2SO_4) և 216,5 կգ երկաթի արջասպ (FeSO_4), որը նույն պայմաններում տարեկան կազմում է 34,1 տոննա դլաուբերյան աղ և 79 տոննա երկաթի արջասպ:

Նշվածից պարզ երևում է, որ բնական օքսիդացման և տարրալուծման պրոցեսների հետևանքով առաջացած նյութերից հնարավոր է տեղում կազմակերպել դլաուբերյան աղի, ծծմբական թթվի և երկաթի արջասպի ստացում: