

ГИДРОГЕОХИМИЯ

А. Р. ГАЛСТЯН

К ВОПРОСУ О ГИДРОГЕОХИМИИ ШОРЖИНСКОГО
ХРОМИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Гидрохимический метод при настоящей его разработанности, как указывает А. А. Бродский, может применяться, в основном, для поисков сульфидных месторождений, в той или иной степени затронутых процессами окисления.

Возможность применения гидрохимического метода при поисках месторождений ванадия, кобальта, олова, хрома и других металлов, как предполагает А. А. Бродский в своей работе «Гидрохимический метод поисков рудных месторождений», побудила нас к проведению опытных гидрохимических исследований на Шоржинском месторождении хромита.

Основной задачей наших гидрохимических исследований являлось выяснение (на примере Шоржинского месторождения) закономерностей распределения и концентрации хрома в водах, циркулирующих в пределах развития ультраосновных пород, а также вопросов миграции хрома в природных водных растворах.

Шоржинское месторождение хромита, расположенное на северо-восточном побережье оз. Севан, находится в 1 км к северо-востоку от селения Шоржа Красносельского района Армянской ССР.

Шоржинский перидотитовый массив является составной частью петрогенической провинции ультраосновных пород, проходящей по северо-восточному побережью оз. Севан.

Основную роль в геологическом строении Шоржинского месторождения играют основные и ультраосновные породы послеверхнемелового возраста, а также осадочные и вулканогенные образования.

Площадь Шоржинского массива составляет 1,5—2 км² при длине около 3,0—3,5 км и ширине 0,5—0,7 км. Массив вытянут в широтном направлении. К западу он, постепенно суживаясь, принимает форму дайкообразной пластовой интрузии. В этой части интрузивный массив зажат между верхнесенонскими известняками, поставленными на голову, или крутопадающими на север.

Известняки развиты в северо-восточной, южной и юго-западной частях массива. К востоку массив постепенно расширяется и ограничивается породами эоценовой толщи. Эоценовая толща, главным образом, представлена туфами и туфобрекчиями, и среди них выделяются кристаллические и агломератовые туфы.

К современным геологическим образованиям следует отнести делювиальные отложения и каменные россыпи, распространенные к югу от перидотитового массива.

Шоржинский массив состоит из перидотита, являющегося главной массой интрузива. По минералогическому составу среди перидотита различаются: верлиты, саксониты и лерцолиты.

Дуниты, к которым приурочены месторождения хромита, по занимаемой площади стоят на втором месте. В основном, форма и условия залегания дунитовых участков отвечают общей форме и строению перидотитового массива.

Кроме вышеописанных пород, в геологическом строении участка принимают участие также: пироксениты, троктолиты, серпентиниты, листовиты и др., которые играют весьма подчиненную роль.

Гидрогеологическая обстановка Шоржинского месторождения не отличается сложностью. Слагающие этот участок породы, известняки, ультраосновные породы и др., в той или иной степени трещиноваты, и тем самым создают благоприятную обстановку для просачивания атмосферных осадков на глубину до определенных горизонтов, отличающихся своей водоупорностью.

Известняки, составляющие здесь северное крыло антиклинали и падающие на север под углом $40-45^\circ$, дренируют поверхностные воды в сторону от месторождения. Таким образом, область питания подземных вод расположена несколько севернее и северо-восточнее Шоржинского месторождения. Такая же картина наблюдается в южной части перидотитового массива, где те же известняки падают круто на юг под углом $50-60^\circ$. Атмосферные осадки, выпадающие непосредственно на поверхность ультраосновных пород, поступают в систему трещин и направляются по ним в сторону оз. Севан. На всей площади распространения ультрабазитов отмечены несколько выходов подземных вод в виде родников с весьма незначительными дебитами. Все они приурочены исключительно к контактовой полосе ультраосновных пород, в частности перидотитов с дунитами.

За пределами месторождения, в области распространения меловых известняков, отмечены несколько групп родников с значительным дебитом. Выходы этих вод приурочены к трещиноватым известнякам, где происходит их формирование и дальнейшая циркуляция. Недостаточность числа выходов подземных вод на дневную поверхность на площади месторождения, а главное, отсутствие значительно развитой гидрографической сети не дало нам возможности провести детальные гидрохимические исследования.

Таким образом, южные склоны Севанского хребта, в пределах Шоржинского месторождения, сложенные, в основном, известняками и туфогенными породами, являются невлагоемкими и лишены способности накопления сколько-нибудь значительного запаса подземных вод, заслуживающих внимания.

На Шоржинском месторождении отчетливо выделяются два типа вод:

1. Трещинные воды, связанные с верхнесенонскими известняками.
2. Воды, приуроченные к контакту основных и ультраосновных пород.

Ко второму типу относятся также воды, связанные с разведочными выработками западного и центрального участков месторождения.

По химическому составу также выделяются два типа вод:

1. Гидрокарбонатно-магниевые воды.
2. Гидрокарбонатно-кальциевые воды.

К первому типу вод относятся воды горных выработок месторождения, а также родниковые, выступающие на дневную поверхность в пределах перидотитового массива. Общая минерализация этих вод небольшая, от 200 до 750 мг/л сухого остатка.

В анионном ряду доминирует гидрокарбонат, содержание которого во многих пробах достигает 90 и более процентов. Сульфат-ион составляет 4—8%. Содержание хлора незначительное.

В составе катионов преобладающим является ион магния. В водах этого типа магния содержится не менее 80%. Что касается содержания натрия и кальция, они попеременно в различных пробах доминируют один над другим.

Железо определялось общее, содержание его не превышает 2%, а во многих пробах оно не обнаружено.

К гидрокарбонатно-кальциевым водам относятся родниковые воды, приуроченные к осадочной толще меловых известняков, залегающей за пределами перидотитового массива. Общая минерализация этих вод незначительная, колеблется от 200 до 350 мг/л сухого остатка. Содержание кальция в этих водах превышает 50%.

Далее следует магний (от 29% до 49%). Натрия содержится в среднем 3—4%, за исключением двух проб (№№ 22 и 26), где содержание натрия достигает 20%.

Среди анионов, как и в предыдущей группе, превалирует гидрокарбонат-ион (85%—90%). Содержание сульфат-иона не превышает 9%, оно составляет в среднем 5—6%. Хлор-ион занимает последнее место, его содержание не превышает 7%.

Концентрация водородных ионов (рН) определялась колориметрическим методом, точность которого доходит до 0,1—0,2 рН. Величина рН в водах Шоржинского месторождения колеблется в пределах 7,6—7,7, что отвечает слабо-щелочной среде.

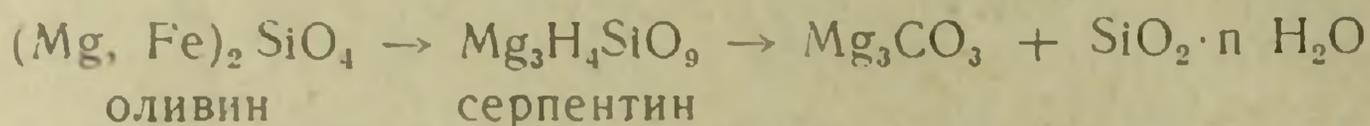
По глубине циркуляции подземные воды района относятся к водам зоны просачивания, т. е. расположены между поверхностью и уровнем грунтовых вод.

В основном, формирование химического состава вод происходит под действием атмосферных осадков, обогащенных кислородом и углекислотой, при взаимодействии с окружающими породами, и, в частности, с корой выветривания ультраосновных пород. Здесь в значительной мере происходят процессы растворения, которые и создают основные черты химического состава вод района месторождения.

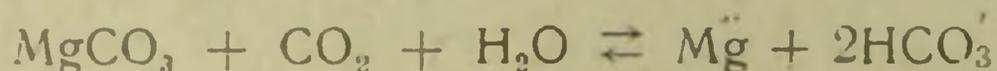
Таким образом, все данные позволяют нам отнести подземные воды Шоржинского месторождения к группе вод выщелачивания.

Окислительные процессы действуют весьма ограничено, даже в пределах района месторождения. Этому обстоятельству прежде всего препятствуют морфолого-тектонические факторы, отрицательно действующие на образование окисленной зоны, а также такие факторы, как общие особенности металлогении района, характер рудных тел и др.

Нами было отмечено, что в гидрокарбонатно-магниевых водах наблюдается некоторое повышение общей минерализации. Данные химических анализов позволили выявить, что это повышение общей минерализации идет за счет увеличения в водах иона магния. Накопление иона магния в водах гидрокарбонатно-магневого типа происходит в результате растворения карбоната магния. Карбонат магния образуется при процессе серпентинизации пород ультраосновной формации, и, главным образом, минерала оливина.



в дальнейшем, при воздействии на MgCO_3 воды происходит растворение:



Таким образом, повышенное содержание иона магния в водах может служить косвенным гидрохимическим поисковым признаком на хром в пределах развития ультраосновных пород, в частности в перидотитах, а также, по-видимому, на металлы — спутники: ванадий, кобальт и никель.

Другим гидрохимическим поисковым признаком на хром может служить отношение магния к кальцию. Во всех пробах воды гидрокарбонатно-магневого типа района Шоржинского месторождения наблюдается высокое отношение $\frac{\text{Mg}}{\text{Ca}}$, равное 20—28, а в некоторых случаях и более.

Имея такое высокое отношение магния к кальцию в водах, где общая минерализация не превышает 700 мг/л сухого остатка, можно считать коэффициент $\frac{\text{Mg}}{\text{Ca}}$ косвенным гидрохимическим поисковым признаком.

Железо в большинстве проанализированных проб отсутствует. В очень немногих его содержание доходит до 3 мг/л. Дело здесь в том, что при процессе серпентинизации происходит переход закисного железа в окисное, а последнее, при величине рН среды, равной 7,6—7,7, выпадает в осадок. Другой причиной, препятствующей переходу железа в раствор, могут служить также имеющие, по-видимому, место процессы гидролиза.

Одной из главных задач наших гидрохимических исследований являлось выяснение вопросов, связанных с концентрацией, распределением и миграцией хрома в водной среде.

Следует отметить, что о гидрохимии хрома почти нет никаких данных, которые помогли бы нам в решении вышеставленных вопросов. Нам пришлось выяснять все эти вопросы на конкретных, имеющихся в нашем распоряжении фактических материалах, собранных при проведении гидрохимических исследований только в районе Шоржинского хромитоносного месторождения.

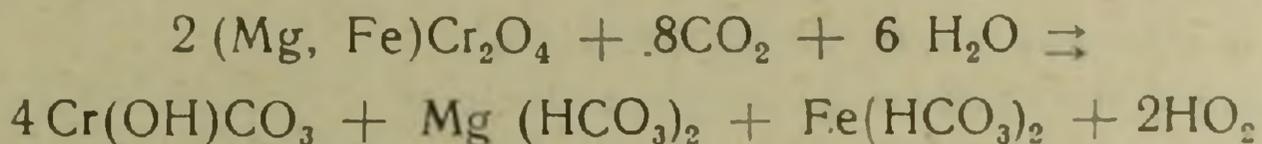
На Шоржинском месторождении нами были опробированы все выходы подземных вод. Результаты химических анализов показывают, что во многих из отобранных проб хром присутствует в виде некоторых хромистых соединений в количестве от нескольких гамм до 1,230 мг на литр.

По литературе известно, что хром, ванадий, сера и другие элементы в условиях окислительной среды в высоких степенях окисления образуют растворимые соединения — хроматы, ванадаты, сульфаты и др.

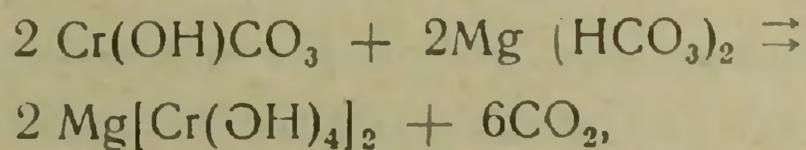
Несмотря на то, что на месторождении очень слабо или почти не выражены окислительные процессы, все же нужно признать, что общая гидрохимическая среда окислительная с последующими более сильно выраженными процессами выщелачивания.

Обращаясь к вопросу о переходе хрома в водный раствор, отметим, что основными рудными минералами хрома на Шоржинском месторождении являются хромшпинелиды, принадлежащие к минеральному виду — магнохромиту $(Mg, Fe) Cr_2O_4$. Переход хрома в водный раствор осуществляется, по-видимому, по следующей схеме.

При воздействии на минералы-хромшпинелиды с химическим составом $(Mg, Fe) Cr_2O_4$ свободной углекислоты и воды образуется так называемая основная соль хрома предполагаемого состава по уравнению:



Так как циркулирующие в пределах месторождения воды носят, в основном, гидрокарбонатно-магниевый характер, то в дальнейшем при взаимодействии этих вод с основной солью хрома возможно образование следующего воднорастворимого соединения:



в виде которого хром содержится в водном растворе и им переносится.

Таким образом, в условиях слабо выраженной окислительной среды хром переходит в раствор в виде воднорастворимого комплексного соединения $2Mg[Cr(OH)_4]_2$ и в этом же виде мигрирует.

К сожалению, неравномерность распределения выходов подземных вод на дневную поверхность не позволила составить гидрохимическую карту, где можно было бы оконтурить отдельные рудные поля и тела.

По содержанию хрома в водах Шоржинского месторождения можно считать, конкретно для данной зоны, содержание его в водах от слабых следов до порядка 10 гамм — 0,01 мг на литр фоновым, а более 0,01 мг на

литр аномальным, которое и может служить прямым гидрохимическим поисковым признаком на хром.

На Шоржинском месторождении нами также была проведена почвенно-гидрохимическая съемка. Почвенно-гидрохимический метод поисков рудных месторождений был предложен Н. И. Долухановой в 1951 г. и с успехом был проведен на медно-молибденовых, полиметаллических, медно- и серноколчеданных месторождениях Армянской ССР. Методика почвенно-гидрохимической съемки заключается в изучении интересующих нас металлов в воднорастворимой части почвы, путем отбора пробы в любой точке земной поверхности из наносов и в проведении анализов водных вытяжек.

На участке месторождения была разбита прямоугольная сетка со стороной квадрата в 100 м. Пробы отбирались по профилям строго через каждые 100 м. При проведении почвенной съемки основой служила геологическая карта крупного масштаба.

Приготовление почвенных вытяжек и определение хрома в них колориметрическим методом производились в гидрохимической лаборатории ИГН АН Армянской ССР.

При приготовлении вытяжек на хром почва прокаливалась до полного сгорания органических веществ, мешающих определению хрома.

Почвенный покров на месторождении незначительный и равномерно покрывает весь участок. Отсутствует он на скалистых выходах по неглубоким ущельям. В основном, на участке месторождения почва представлена материалом выветривания ультраосновных пород и, отчасти, наносами алювиально-делювиального характера.

Растительный покров почвы отсутствует, если не считать отдельных кустиков в северной части месторождения.

Прежде чем перейти к интерпретации результатов почвенно-гидрохимической съемки, кратко остановимся на характеристике структуры рудного поля месторождения.

Разведочными работами на Шоржинском месторождении выявлено, что рудные тела имеют линзообразные и гнездообразные формы, причем, они бывают часто вытянуты в одном направлении (преимущественно вертикальному).

Все обнаруженные участки оруденения приурочены исключительно к дунитам, которые среди перидотитовых масс распределены спорадически.

Размеры рудных тел невелики, отдельные гнезда часто измеряются всего лишь 1—3 м (в поперечнике). Линзообразные тела достигают длины 10—20 м при мощности 1—2 м.

Химические анализы почвенных вытяжек показали присутствие хрома во всех пробах (за исключением 8 проб из 129, где хром не был обнаружен) в количестве от слабых следов до 2,720 мг/100 г почвы.

Эти данные позволили составить карту полей равного содержания хрома в воднорастворимой части почв. На этой карте выделено пять интервалов содержания хрома в мг на 100 г почвы: 1—хром не обнаружен;

2—от 0,001 до 0,100; 3—от 0,100 до 0,300; 4—от 0,300 до 0,500 и; 5—от 0,500 и более.

Фоновым содержанием является содержание хрома от 0,100—0,300 мг на 100 г почвы. На общем фоне выделяется несколько значительных аномалий.

Результаты анализов почвенных вытяжек позволили нам выделить на месторождении аномальные участки, большинство которых исключительно хорошо увязывается с геологической обстановкой района и накладывается на дунитовые тела с приуроченными к ним хромитовыми гнездами. На некоторых участках выделенные аномалии, возможно, связаны с залегающими на глубине слепыми рудными телами.

В заключение следует отметить, что проведенная на Шоржинском месторождении опытная почвенно-гидрохимическая съемка на хром дала весьма положительные результаты и в дальнейшем с успехом может применяться при поисках месторождений хрома на площадях, где отсутствуют выходы воды.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР.

Поступила 8.1. 1962.

Ա. Ռ. ԳԱԼՍՏՅԱՆ

ՇՈՐՃԱՅԻ ՔՐՈՄԻՏԻ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ՀԻԴՐՈԳԵՈՔԻՄԻԱՅԻ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՋԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Շորճայի քրոմիտային հանքավայրում կատարած հիդրոքիմիական հետազոտությունների հիմնական խնդիրն է եղել պարզել ուլտրահիմքային ապարների զարգացման սահմաններում շրջանառվող ջրերում քրոմի բաշխման օրինաչափությունը և կոնցենտրացիան, ինչպես նաև բնական ջրային լուծույթներում քրոմի տեղաշարժման հարցերը:

Այս հետազոտությունների շնորհիվ պարզվել է, որ Շորճայի հանքավայրում հիմնականում շրջանառվում են երկու տիպի ջրեր՝ հիդրոկարբոնատային-կալցիումային, որոնք գտնվում են կրաքարերի շրջանում, և հիդրոկարբոնատային-մագնեզիումային ջրեր, որոնք շրջանառվում են ուլտրահիմքային ապարների տարածման սահմաններում:

Շորճայի հանքավայրի ջրերի քիմիական բաղադրության ձևավորումը հիմնականում կատարվում է ագրեսիվ մթնոլորտային տեղումների և շրջապատի ապարների փոխներգործության ազդեցությամբ:

Այստեղ տեղի ունեցող լուծման պրոցեսների մեծ մասը, որոնք և ստեղծում են ջրի քիմիական բաղադրության հիմքը, թույլ են տալիս Շորճայի հանքավայրի ստորերկրյա ջրերը վերագրել ալկալիացման ջրերի խմբին:

Ըստ միևնրալիզացման աստիճանի հիդրոկարբոնատային-մագնեզիումային ջրերը զգալիորեն տարբերվում են հիդրոկարբոնատային-կալցիումային

ջրերից: Այդ ջրերում շոր մնացուկը հասնում է 750 մգ/լիտրի, այն դեպքում, երբ կալցիումային ջրերում այն չի անցնում 350 մգ/լիտրից:

Հիդրոկարբոնատային-մագնեզիումային ջրերի ընդհանուր բարձր միներալիզացիան սերտորեն կապված է մագնեզիումի բազադրիչի պարունակություներից, որի ներբերումը կատարվում է ուտրահիմքային ապարներից:

Այս տիպի ջրերը կարող են ծառայել ինչպես քրոմի, այնպես էլ ուղեկից մետաղների՝ վանադիումի, կոբալտի և նիկելի հիդրոքսիմիական որոնման անուղղակի հատկանիշ:

Քրոմի անցումը լուծույթի մեջ, ըստ երևույթին, կատարվում է նշված սխեմայով և $Mg[Cr(OH)_4]_2$ և ջրում լուծվող կոմպլեքսային միացությունների ձևով տեղաշարժվում է հանքավայրերի սահմաններում շրջանառվող ջրերում:

Ջրի լուծամղուկների միջոցով կատարած քիմիական անալիզի արդյունքների հիման վրա առանձնացվել են շեղումային տեղամասեր: Սրանց մեծ մասը լավ կապվում է շրջանի երկրաբանական կառուցվածքի հետ: Դրանից բացի, այն եզրագծված տեղամասերը, որտեղ հողա-հիդրոքսիմիական նկարահանումները ցույց են տալիս քրոմի բարձր պարունակություն հողում, հանդիսանում են հեռանկարային և արժանի են հետազոտման:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бетехтин А. Г. Хромиты СССР. Изд. АН СССР, 1937.
2. Бродский А. А. Гидрохимический метод поисков рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1957.
3. Долуханова Н. И. Опыт применения гидрохимической съемки на медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, 1958.
4. Кюрегян Э. А. Реакция вытяжек при поисковой почвенно-гидрохимической съемке. Изв. АН АрмССР, т. XI, № 5, 1958.