

С. Р. КРАЙНОВ

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРНЫХ РАЙОНОВ АРМЕНИИ

Формирование химического состава подземных вод рудных месторождений зависит от многих факторов: геологических, гидрогеологических, металлогенических, почвенно-ботанических и др. Не учет этих факторов может привести и иногда приводит к неудачам в применении гидрохимического метода поисков.

В настоящей статье делается попытка систематизации основных факторов, влияющих на формирование химического состава подземных вод окисляющихся рудных месторождений северной Армении, а следовательно и на применение гидрохимических поисков рудных месторождений в пределах этого региона. Фактическим материалом для составления статьи послужили как результаты регионального изучения химизма подземных вод северных районов Армении, так и результаты изучения гидрохимических условий основных групп месторождений этого региона: Чибухлинской, Леджанской, Привольнинской, Бабаджанской, Шагали-Элиарской и Шамшадинской.

В процессе исследований анализа общего химического состава подземных вод производились по общепринятой методике. Рудные элементы анализировались следующими методами:

Медь определялась колориметрическим методом с диэтилдитиокарбоматом с чувствительностью 0,002 мг/л.

Цинк определялся дитизоном с чувствительностью 0,005 мг/л.

Свинец определялся колориметрическим сульфидным методом с чувствительностью 0,02 мг/л.

Анализы химического состава производились на следующий день после отбора. На месте отбора пробы воды на медь и цинк консервировались подкислением из расчета 5 мл 0,1 НСІ на 1 литр воды.

Территория исследований принадлежит к горной системе, образуемой хребтами Базумским, Сомхетским, Аглаганским, Чибухлинским и Чатындагским. Амплитуда колебаний абсолютных отметок в пределах этой территории достигает величины более 2000 м. Для рельефа северной Армении характерно развитие обширных платообразных поверхностей (Лорийское плато), рассеченных узкими каньонообразными долинами рек (Дебед, Дзорагет и др.). В геологическом строении региона преобладающим распространением пользуются вулканогенные породы юры и эоцена. Меньшее значение

имеют карбонатные породы мелового возраста и четвертичные андезито-базальты. Прорывающие указанные породы интрузии имеют, главным образом, кислый состав и делятся по возрасту на верхнемеловые и верхнеэоценовые. Территория северной Армении располагается в пределах двух почвенно-растительных зон:

- 1) горно-луговой,
- 2) горно-лесной.

Лесные массивы располагаются, главным образом, в пределах правобережья р. Дебед, в бассейнах рр. Марцигет, Шакар-Джур, Сиси-Джур. Преобладающая часть левобережья р. Дебед входит в пределы горно-луговой зоны. В настоящее время в пределах исследуемой части северной Армении наблюдается отступление лесов [2, 5].

Распределение почвенных покровов отражает распространение растительных зон. Горно-луговые почвы на всю глубину промытые известными атмосферными осадками, отличаются суглинистым механическим составом с примесью щебня [2]. Мощность покрова горно-луговых почв, как правило, не превышает 25 см.

Территория распространения лесов характеризуется развитием горно-лесных почв. Характерными признаками этих почв по Б. А. Клоповскому [2] следует считать буровато-коричневый цвет перегнойного горизонта, комковатую структуру и наличие в глубоких ее горизонтах известняков. Последняя, как правило, вскипает от HCl. В настоящее время, благодаря отступанию лесов для горно-лесных почв характерны процессы олугования, которые выражаются в резком уменьшении их мощности, уменьшении карбонатности и оподзоливании. Для описываемой территории характерна карбонатная стадия коры выветривания. Относительно полная мощность коры выветривания наблюдается в пределах горно-лесной почвенно-растительной зоны, где мощная корневая система предохраняет образующиеся рыхлые новообразования от размыва. На территории горно-луговой зоны рыхлые продукты выветривания претерпевают размыв и снос как в механическом, так и химическом отношениях, следствием чего является уменьшение мощности коры выветривания, а также полное удаление из ее состава карбонатов.

Гидрогеологические условия исследуемой территории обуславливаются, главным образом, ее геоморфологическими особенностями, выражающимися в наличии обширной лавовой террасы, сложенной четвертичными андезито-базальтами. Плоская поверхность террасы является местным базисом эрозии. Русло р. Дебед, обладающее узкой каньонообразной долиной глубиной до 800 м является для большей части территории региональным базисом эрозии.

Основная роль в дренировании подземных вод принадлежит указанным базисам эрозии. Последние являются главными факторами, обуславливающими гидродинамический режим на каждом участке.

По отношению к базисам эрозии в пределах региона выделяются следующие вертикальные гидрогеологические зоны:

1. Зона местного стока, происходящего выше местного базиса эрозии.

2. Зона регионального стока, который происходит выше регионального базиса эрозии.

В пределах зоны местного стока выделяются:

а) подзона аэрации;

б) подзона грунтово-трещинных вод.

Подзона аэрации занимает приповерхностную часть коры выветривания, где подземные воды бывают только периодически после выпадения атмосферных осадков.

Основные закономерности распространения грунтово-трещинных вод обуславливаются геоморфологическими и геолого-структурными условиями.

Геоморфологические условия определяют размеры области питания и, как следствие этого, мощность водоносных горизонтов и режим их источников. Геологоструктурные особенности определяют условия циркуляции вод и распределение их выходов на поверхность. Химический состав грунтово-трещинных вод вследствие значительной расчлененности рельефа обладает слабой минерализацией до 300 мг/л.

В формировании особенностей химического состава грунтово-трещинных вод играет роль специфика почвенно-растительных зон. В пределах горно-луговой зоны химический состав грунтово-трещинных вод зависит от принадлежности участка их распространения к определенному литолого-стратиграфическому комплексу (таблица 1).

Таблица

Средние содержания основных компонентов минерализации химического состава грунтово-трещинных вод в зависимости от вмещающих пород в пределах горно-луговой зоны (в мг/л) за 1955 г.

Литологический состав пород	Na+K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	Cu	Zn	pH	Количество анализов
Эффузивные породы	4,3	1,2	8,2	3,7	7,2	31,2	0,005	0,05	7,0	92
Карбонатные породы	3,2	4,4	55,5	3,6	4,2	186,8	0,003	0,010	7,8	20
Интрузивные породы	8,0	2,9	16,7	3,6	19,0	56,3	0,015	0,10	6,9	25

Из таблицы 1 следует, что в пределах горно-луговой зоны каждый литолого-стратиграфический комплекс обладает „своим“ определенным химическим составом грунтово-трещинных вод.

В пределах горно-лесной почвенно-растительной зоны химический состав грунтово-трещинных вод отличается однообразно повышенными содержаниями кальция и гидрокарбонат-иона вне зависимости от принадлежности участка распространения этих вод к определенному литолого-стратиграфическому комплексу. Средний химический состав грунтово-трещинных вод различных почвенно-расти-

тельных зон показан в таблице 2. Источником накопления кальция и гидрокарбонат-иона в водах горно-лесной зоны являются карбонаты кальция коры выветривания и почвенного покрова.

Таблица 2

Средние содержания компонентов минерализации в грунтово-трещинных водах различных почвенно-растительных зон (в мг/л) за 1955 г.

Почвенно-растительные зоны	Na+K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	Cu	pH	Количество анализов
Горно-луговая зона	4,3	1,2	8,2	3,7	7,2	31,2	0,006	7,2	70
Горно-лесная зона	15,0	2,2	90,0	5,2	8,0	290,0	0,008	7,8	60

Воды зоны регионального стока разгружаются в долинах рр. Дебед и Дзорагет. Зона регионального стока характеризуется меньшими возможностями разгрузки своих вод, но большими размерами области питания, поэтому она обладает более стабильным режимом и более устойчивыми во времени ресурсами.

Режим источников этой зоны в течение года подвергается лишь слабым сезонным колебаниям. Водоупором для зоны регионального стока служит древний обожженный песчано-глинистый аллювий. Общая минерализация подземных вод зоны регионального стока достигает 500—600 мг/л (таблица 3).

Таблица 3

Средний химический состав подземных вод зон местного и регионального стока (в мг/л) за 1954 г.

Гидрогеологические зоны	Na+K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	Cu	pH	Количество анализов
Зона местного стока	5,5	0,38	12,1	4,1	4,0	42,0	0,004	6,8	50
Зона регионального стока	6,0	2,1	91,5	16,4	9,9	260,0	0,002	7,1	20

Как видно из этой таблицы, увеличение длительности циркуляции подземных вод зоны регионального стока приводит к нарастанию в них содержаний всех компонентов минерализации.

Обследованные рудные месторождения северных районов Армении исчерпывающе описаны в работах И. Г. Магакьяна [3], О. С. Степаняна и др., поэтому в настоящей статье их характеристика опускается. Зона окисления на большинстве месторождений развита слабо. Исключение составляют некоторые медноколчеданные месторождения, где она выражена достаточно полно (Агвинское месторождение).

В комплексе гипергенных минералов медноколчеданных месторождений горно-луговой зоны преобладающим распространением пользуются гидроокислы железа. На аналогичных месторождениях горно-лесной почвенно-растительной зоны значительную роль приобретают основные карбонаты меди.

Как показали гидрохимические исследования в пределах указанных выше групп месторождений, главными факторами, обуславливающими формирование химического состава подземных вод при окислении их руд являются: минералогический состав окисляющихся руд, принадлежность участка месторождения к определенной почвенно-растительной зоне, литологический состав рудовмещающих пород, гидрогеологические условия, а также растворимость образующихся продуктов окисления*.

Минералогический состав. Наибольшие изменения химического состава грунтово-трещинных вод характерны для подземных вод медноколчеданных месторождений (таблица 4). Это объясняется

Таблица 4

Средний химический состав грунтово-трещинных вод месторождений различных рудных формаций (в мг/л) за 1955 г.

Месторождения	Na+K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	Cu	pH	Количество анализов
Медноколчеданное (Чибухлы)	47,2	18,0	48,0	3,6	171,0	134,0	0,05	6,4	12
Серноколчеданное (Чибухлы)	8,8	2,6	18,0	3,6	19,1	52,7	0,005	6,9	10
Полиметаллическое (Черемша)	3,9	6,1	27,3	3,6	14,5	89,1	0,006	7,4	30

большой интенсивностью процессов окисления в пределах этого минералогического комплекса. Большая интенсивность процессов окисления в пределах медноколчеданных месторождений обусловлена [6]:

1. Возникновением электрохимических реакций на контактах различных сульфидов;
2. Взаимодействием образующихся продуктов окисления с неокисленными сульфидами.

На серноколчеданных месторождениях (Чибухлинская группа), обладающих мономинеральным составом [7], в естественных условиях процессы окисления идут гораздо медленнее, поэтому химический состав подземных вод в их пределах изменяется в меньшей степени.

Наименьшие изменения химического состава характерны для подземных вод полиметаллических месторождений, так как при окислении их основных рудных минералов образуются только сульфаты свинца и цинка без выделения свободной серной кислоты.

Роль особенностей почвенно-растительных зон

* Характеристика процессов окисления, изменяющих общий химический состав подземных вод в пределах сульфидных месторождений приводится в работах С. С. Смирнова [6], А. А. Бродского [1] и др., поэтому в настоящей статье она опускается.

отчетливо проявляется на медноколчеданных месторождениях. Эти месторождения известны как в пределах горно-луговой (Чибухлинская группа), так и горно-лесной (Агви, Полан-Такян, Шагали-Элиарская группа) почвенно-растительных зон. Средние данные по химическому составу грунтово-трещинных вод, обследованных месторождений обеих почвенно-растительных зон, приводятся в таблице 5.

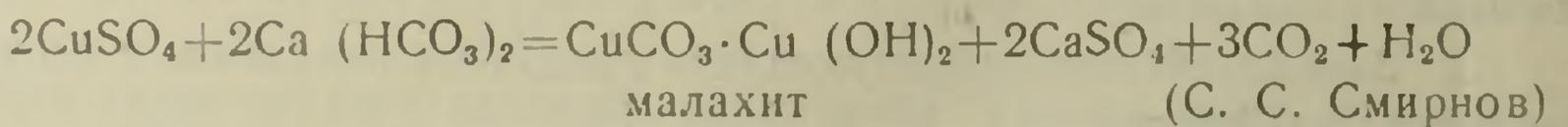
Таблица 5

Средние содержания компонентов минерализации в грунтово-трещинных водах медноколчеданных месторождений различных почвенно-растительных зон (в мг/л)

Месторождения	Na + K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	Cu	pH	Количество анализов
Горно-луговая зона									
Чибухлы	47,2	18,0	48,0	3,6	171,0	134,0	0,05	6,4	12
Рудокон	26,4	21,0	25,0	3,6	108,0	94,9	0,06	6,8	10
Горно-лесная зона									
Полан-Такян	8,4	6,4	40,0	4,4	19,0	154,0	0,004	7,4	25
Агви	—	—	—	5,6	70,0	—	0,02	—	6
Шагали-Элиарская группа	17,2	13,2	85,2	3,7	73,3	276,7	0,002	7,0	40

Как видно из этой таблицы, на медноколчеданных месторождениях горно-луговой зоны наблюдается резкое увеличение содержаний меди и сульфат-иона, в то время как на аналогичных месторождениях горно-лесной зоны изменения химического состава грунтово-трещинных вод выражаются только в увеличении содержаний сульфат-иона.

Сопоставляя приведенные данные с минералогическим составом зон окисления медноколчеданных месторождений различных почвенно-растительных зон, нетрудно прийти к выводу, что отсутствие меди в водах месторождений горно-лесной зоны объясняется ее осаждением в виде основных карбонатов по реакциям типа:



Решающим фактором в образовании основных карбонатов меди на месторождениях горно-лесной зоны является химизм вод этой зоны, отличающийся, как ранее отмечалось, повышенными содержаниями ионов Са и НСО₃.

Роль литологического состава рудовмещающих пород изучалась на примере полиметаллических месторождений (Леджанская, Привольнинская и Шамшадинская группы). Ниже приводятся средние данные по химическому составу грунтово-трещинных вод некоторых месторождений этих групп. Как следует из таблицы, грунтово-трещинные воды полиметаллических месторождений в карбонатных породах обладают содержаниями цинка, не превышающими фоновых значений (таблицы 1, 6).

Причиной отсутствия увеличения содержаний цинка в водах

Таблица 6

Средний химический состав грунтово-трещинных вод полиметаллических месторождений (в мг/л)

Рудовмещающие породы	Na+K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	pH	Zn	Количество анализов
Карбонатные (Мосес)	1,8	13,1	90,0	5,7	16,0	325,0	7,8	0,010	10
Туфоэффузивные (Привольное)	3,9	6,1	27,3	3,6	14,5	89,0	7,4	0,27	30
Эффузивные (Ягдан)	—	—	—	5,2	25,0	—	7,5	0,25	5

этих месторождений, по-видимому, является сорбция его из вод рудовмещающими карбонатными породами.

Роль гидрогеологических условий в формировании химического состава подземных вод под влиянием окисляющихся рудных тел трудно переоценить. В пределах рассматриваемой территории выделяются две группы гидрогеологических условий, которые необходимо учитывать при изучении формирования химического состава подземных вод на месторождениях.

а) региональные гидрогеологические условия.

Влияние этих условий заключается в том, что видимые изменения под влиянием окисляющихся руд происходят только в водах зоны местного стока. В водах зоны регионального стока, несмотря на наличие в пределах их областей питания рудных полей, изменений под влиянием окисляющихся руд не наблюдалось (источники долины р. Дзорагет).

б) локальные гидрогеологические условия.

Влияние этих условий проявляется более узко и наблюдается в пределах отдельных месторождений.

Степень изменения химического состава подземных вод различных подзон зоны местного стока колеблется под влиянием окисляющихся руд. В пределах медноколчеданного месторождения Желтой речки наибольшие изменения характерны для вод подзоны аэрации. Эти воды обладают кислой реакцией и значительными содержаниями сульфат-иона, меди и железа (таблица 7). Спектральным анализом в этих водах обнаруживается кобальт.

Таблица 7

Химический состав вод одного из источников подзоны аэрации (в мг/л)

	Na+K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	pH	Cu	Fe ^{III}	SiO ₂
Средние содержания в грунтово-трещинных водах эффузивных пород участка м-ния	6,1	2,6	13,4	3,7	7,6	44,5	6,9	нет	нет	22,0
Содержания в пробе 510 (медноколчеданное м-ние Чибухлы)	40,0	19,0	29,4	3,7	213,0	нет	3,8	0,2	1,2	44,0

Грунтово-трещинные воды этого же месторождения имеют нейтральную величину рН, обладают повышенным содержанием сульфат-иона и незначительным увеличением содержания меди (таблица 4). Это обусловлено разбавлением вод подзоны аэрации и нейтрализацией их вмещающими породами, следствием чего является протекание процессов гидролиза и адсорбции рудных элементов гидроокислами железа и гелями кремнезема [1].

Роль растворимости образующихся продуктов окисления ясно проявляется на полиметаллических месторождениях. Как известно, окисление сульфидов приводит к образованию сульфатов, различающихся по степени своей растворимости. В общем случае металлы, дающие трудно-растворимые сульфаты при прочих равных условиях в подземных водах, отмечаются в гораздо меньшей степени, чем металлы дающие легко растворимые сульфаты.

Сфалерит — один из наиболее легко окисляющихся сульфидов, разложение которого еще больше усиливается крайне незначительным его потенциалом, образует при своем окислении сульфат цинка, обладающий исключительно большой растворимостью и устойчивостью по отношению к процессам гидролиза [6]. В слабо активной среде (эффузивные породы) цинк достигает в водах некоторых месторождений значительных концентраций. Так, в пределах Привольнинского месторождения нами были повсеместно констатированы его содержания значительно превышающие фоновые значения и составляющие 0,6–0,8 мг/л.

Возможность возрастания содержания цинка до больших значений лимитируется только интенсивным водообменом. Галенит, при своем окислении образует малорастворимый сульфат [6]. Сочетание малой растворимости гипергенных соединений свинца со значительной интенсивностью водообмена, характерной для данного региона приводит к тому, что в пределах полиметаллических месторождений свинец в водах констатировался лишь в единичных случаях.

В заключение приводится таблица гидрохимических поисковых признаков рудных месторождений северных районов Армении, выделенных с учетом отмеченных выше факторов. Практическое использование этой таблицы возможно в 2-х направлениях:

1. Для выбора гидрохимических признаков, на которые необходимо ориентироваться при проведении поисковых гидрохимических работ на каждом участке;

2. Для интерпретации полученных в результате гидрохимического опробования аномалий.

Ս. Ռ. ԿՐԱՅՆՈՎ,

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀՅՈՒՍԻՍԱՅԻՆ ՇՐՋԱՆՆԵՐԻ ՄԵՏԱՂԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ
ՍՏՈՐԵՐԿՐՅԱ ՋՐԵՐԻ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԿԱԶՄԻ ՁԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ
ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Տվյալ հոդվածում փորձ է կատարվում դասակարգման ենթարկել Հայաստանի հյուսիսային շրջանների օքսիդացող մետաղական հանքավայրերի ստորերկրյա ջրերի քիմիական կազմի ձևավորման հիմնական գործոնները:

Հեղինակը առանձնացնում է երկու հողա-բուսական զոնաներ, որոնք հիմնականում պայմանավորում են ջրի ընդհանուր քիմիական կազմի ձևավորումը՝

1. Հեռնա-մարգագետնային,

2. Հեռնա-անտառային:

Հեռնա-մարգագետնային զոնայի պղնձա-կոլչեդանային հանքավայրերի հիպերգեն միներալների կոմպլեքսում գերիշխողը հանդիսանում է երկաթի հիդրօքսիդը:

Հեռնա-անտառային զոնայի նմանօրինակ հանքավայրերում որոշակի գերակշռություն են ձեռք բերում պղնձի հիմքային կարբոնատները:

Ինչպես ցույց են տվել հիդրոքիմիական հետազոտությունները, վերը նշված մետաղական հանքավայրերի սահմաններում, նրանց հանքանյութերի օքսիդացման ժամանակ, ստորերկրյա ջրերի քիմիական կազմի ձևավորումը պայմանավորող գլխավոր գործոններն են հանդիսանում՝

1. Հանքանյութի միներալոգիական կազմը. ամենամեծ փոփոխությունները բնորոշ են պղնձա-կոլչեդանային հանքավայրերի ստորերկրյա ջրերի համար:

2. Հողա-բուսական զոնայի առանձնահատկությունները. դրանք որոշակի կերպով արտահայտվում են պղնձա-կոլչեդանային հանքավայրերում, որոնք տարածված են երկու հողա-բուսական զոնաներում:

3. Հանք պարունակող ապարների լիթոլոգիական կազմը. այդ դիտվում է տվյալ ռեգիոնի կարբոնատային ապարների հետ կապված մի շարք բազմամետաղային հանքավայրերում:

4. Հիդրոգեոլոգիական պայմանները. ուսումնասիրվող տերիտորիայի սահմաններում առանձնացվում են հիդրոգեոլոգիական պայմանների երկու խումբ՝

ա) Ռեգիոնալ հիդրոգեոլոգիական պայմաններ.

բ) Լոկալ հիդրոգեոլոգիական պայմաններ:

Վերջինների ազդեցությունը հանդես է գալիս այլևի նեղ շրջանակներում և դիտվում է առանձին հանքավայրերի սահմաններում:

Ճ. Առաջացած օքսիդացման պրոդուկտների լուծելիությունը. այս գործոնը լայն կերպով արտահայտվում է բազմամետաղային հանքավայրերի սֆալերիտի և գալենիտի հանքանյութերում:

Հողվածի վերջում բերվում է Հայաստանի հյուսիսային շրջանների մետաղային հանքավայրերի հիդրոքիմիական որոնման նշանների աղյուսակը: Այդ աղյուսակը կարելի է օգտագործել հիդրոքիմիական նշանների ընտրության և ստացված անոմալիաների մեկնաբանման համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бродский А. А. Гидрохимический метод поисков рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1957.
2. Клопотовский Б. А. О почвах Северной Армении. Труды Почвенного сектора АН СССР. Грузинский филиал, т. 1.
3. Магакьян И. Г. Алавердский тип оруденения и его руды. Изд. АН АрмССР, 1947.
4. Макаренко Ф. А. Некоторые результаты изучения подземного стока. Тр. ЛГП АН СССР, т. 1, 1948.
5. Мириманян Х. П. Черноземы Армении. Изд. АН СССР, 1940.
6. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. Изд. АН СССР, 1955.
7. Хачатрян Э. А. К минералогии серноколчеданных руд Танзутского и Чибухлинского месторождений Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, серия геолог. и географ. наук, № 3. 1957.