

ГИДРОГЕОХИМИЯ

П. М. КАПЛАНЯН

ОСНОВНЫЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
АЙОЦДЗОРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

В проведении гидрогеохимических поисковых работ в горных областях большое значение приобретает выделение площадей, характеризующихся различными условиями миграции элементов. Как показывает опыт, только количественные выражения мигрантов в водной среде недостаточны для правильного установления значений поисковых признаков. Поэтому, необходимо выделение геохимических микроландшафтных зон, характеризующихся определенными фоновыми содержаниями элементов в породах, почвах и водах.

Цель настоящей статьи — на примере Айоцдзора показать значение выделенных зон при определении гидрогеохимических поисковых признаков.

В геологическом отношении район характеризуется развитием вулканогенных образований эоцена с прорывающими их интрузивами гранитоидного состава. Большое распространение имеют покровы андезитобазальтовых лав, слагающие примерно треть всей поверхности исследованного района.

Используя схему трехчленного деления вод в вертикальном профиле, предложенную Ф. А. Макаренко [3], нами в пределах описываемого района выделяются на глубину три гидродинамические зоны: 1. Зона местного стока. 2. Зона регионального стока. 3. Зона вод глубокой циркуляции.

При изучении процессов окисления и миграции компонентов рудной минерализации в водной среде, основное значение имеют воды верхней зоны—зоны местного стока, ограничивающейся в каждом конкретном случае местным базисом эрозии.

В пределах этой зоны в вертикальном разрезе выделяются:

а) подзона аэрации, б) подзона грунтово-трещинных вод, в) подзона пластово-трещинных вод.

Последние развиты в пределах грубослоистых туфогенов и нормально осадочных отложений, где основное движение подземных вод происходит по плоскостям напластования пород. Но такие участки локальны и основным типом для данного района можно считать грунтово-трещинные воды.

В формировании химического состава вод зоны местного стока огромную роль приобретают климатические и геоморфологические факторы. В пределах описываемого района достигает чрезвычайно широкого диапазона вертикальная климатическая зональность и связанная с ней зональность почв. Эти факторы, наряду с глубокой изрезанностью рельефа (что ограничивает циркуляцию вод), обуславливают разнообразие химического состава вод района. Большой процент подземных вод циркулирует в пределах зоны местного стока и, следовательно, подвергается большому влиянию зональности климатов и ландшафтов.

С целью правильной ориентировки гидрогеохимических поисковых работ на территории района выделяются площади с наибольшей однородностью констант геохимического ландшафта.

В основу выделения микроландшафтов были положены следующие основные факторы: почвенно-климатическая зональность, орографические и геолого-литологические особенности с учетом гидродинамического и гидрохимического режима вод в отдельных частях района.

Формирование химического состава вод зоны местного стока находится в тесной связи с формированием зоны выветривания, развитие которой протекает весьма неравномерно. Одинаковым литологическим комплексам, расположенным в различных ландшафтах, соответствуют различные стадии выветривания.

Согласно Б. Б. Полюнову [5], в процессе образования коры выветривания по преобладанию остаточных продуктов выветривания выделяются четыре фазы, каждой из которых присущи определенные механические и химические состояния:

1. Грубообломочный ортоэлювий;
2. Обызвесткованный ортоэлювий;
3. Сиаллитный ортоэлювий;
4. Аплитный ортоэлювий.

Вся описываемая территория претерпевает действие двух первых фаз. Но и в этих двух фазах, в пределах различных микроландшафтных зон, наблюдаются различия в миграционной способности компонентов.

С учетом вышеприведенных особенностей выделяется шесть геохимических микроландшафтных зон, каждая из которых характеризуется миграционной способностью компонентов и фоновыми значениями гидрогеохимических показателей (фиг. 1).

I. Массив г. Тексар.

II. Массивы гг. Амулсар и Гюйсар.

III. Северный склон Айоцзорского хребта.

IV. Южные склоны Варденисского хребта.

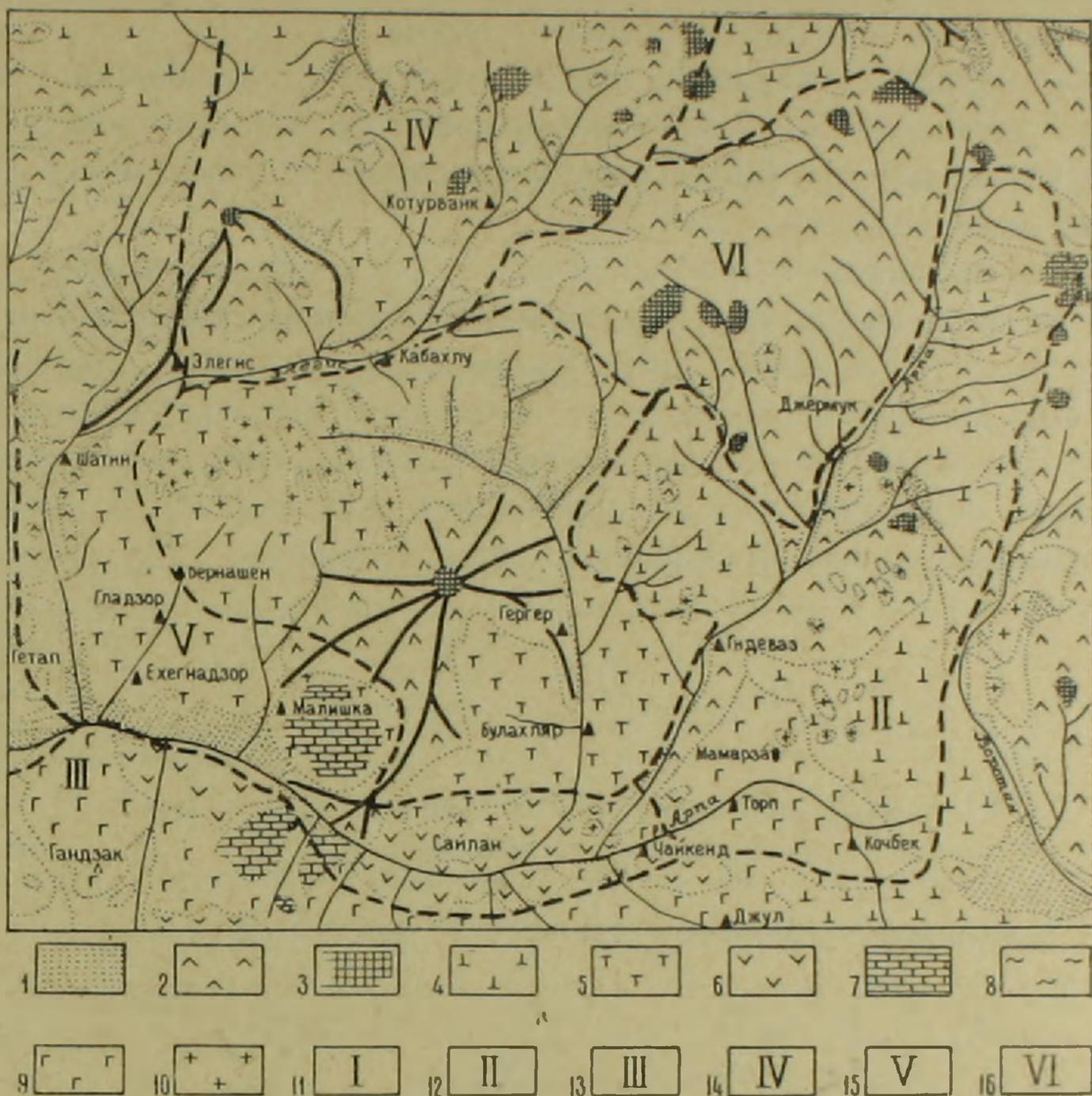
V. Долина среднего течения рр. Арпа и Элегис.

VI. Джермукское вулканическое плато.

I. Массив г. Тексар

Большого диапазона в данной геохимической микроландшафтной зоне достигает вертикальная климатическая зональность: вершина массива располагается в пределах холодного горного климата, а склоны и подножье — умеренно холодного и умеренно-теплого сухого климата.

В пределах почти всей зоны распространены горно-черноземные, карбонатные, малогумусные почвы. На отдельных локальных участках наибольшее развитие имеют и горно-луговые коричневые типичные почвы.



Фиг. 1. Геохимические микроландшафтные зоны Айоцзорского рудного района. Условные обозначения: 1. Аллювиальные отложения. 2. Четвертичные андезито-базальтовые лавы. 3. Вулканические конусы. 4. Олигоцен. Вулканогенная толща. Андезиты, их туфобрекчии, дацито-липариты и др. 5. Средний эоцен. Вулканогенно-осадочная толща. Туффиты, туфопесчаники, туфоконгломераты и др. 6. Вулканогенная толща. Порфириты лабрадоровые, пироксеновые, амфиболовые. 7. Средний эоцен. Известняки, песчанистые известняки. 8. Нижний и средний эоцен. Брекиевидные известняки. 9. Нижний эоцен. Мергели, известняки и песчаники. 10. Интрузивные породы. Гранодиориты, сиениты, монзониты, габбро-диориты и др. 11. Зона массива г. Тексар. 12. Зона массива г. Амулсар. 13. Зона северных склонов Айоцзорского хребта. 14. Зона южных склонов Варденисского хребта. 15. Зона долины среднего течения рр. Арпа и Элегис. 16. Зона Джермукского вулканического плато.

В геолого-литологическом отношении зона в основном характеризуется развитием эоценовых туфогенных образований и четвертичных андезито-базальтовых лав. Последние слагают восточную часть зоны и являются продуктами извержений вулкана Далик.

В районе Газминского свинцово-цинкового месторождения, расположенного в данной зоне, развиты выходы интрузивных пород, представленные различными дериватами гранодиоритовой магмы.

Толща туфогенных пород представлена: туфопесчаниками, местами измененными и эпидотизированными, туфоалевролитами, ожелезненными туфосланцами и агломератовыми туфами.

Таким образом, указанная свита туфогенов, слагающая массив г. Тексар, располагается в пределах различных климатических и почвенно-растительных зон. Следствием этого является и различное состояние коры выветривания.

Кора выветривания туфогенных пород, расположенных на участках с абсолютными отметками свыше 2500—2770 м при сравнительно сильной изрезанности рельефа, представлена весьма малой мощностью (20—25 см). Непосредственно ниже почвенного покрова, мощность которого не превышает 10—15 см, залегает рыхлая однородная грязно-зеленая масса, переходящая в сплошную коренную породу. В почвенном слое, развитом на этих образованиях, накапливаются хлор и карбонат кальция.

Таблица 1

Химический состав туфогенных пород, их почв и вод, дренирующих эти породы (в %)

Компоненты	Туфогены	Почва	Сухой остаток воды
SiO ₂	46,6	42,5	18,7*
Al ₂ O ₃	20,43	13,78	—
Fe ₂ O ₃	4,33	3,69	0,078
Ca	3,54	8,68	20,2
Mg	2,95	2,43	5,4
Na	1,26	0,50	—
K	0,79	0,78	24,3
SO ₄	0,63	0,44	5,9
Cl	0,07	0,08	2,4

* Содержание SiO₂ в водах дается в мг/л.

Из таблицы следует, что в коре выветривания туфогенных пород массива г. Тексар происходит накопление карбонатов кальция. Увеличение содержания хлора в почвах объясняется задержанием его горнолуговыми почвами, на что в свое время указывал Б. Б. Полюнов [6].

Вследствие благоприятных климатических условий данная зона является одним из наиболее обводненных участков района. Движение вод обусловлено рельефно-морфологическими условиями с направлением с севера на юг—юго-запад.

Таблица 2

Коэффициенты водной миграции¹ элементов из туфогенных пород

Отметки	Компоненты	Компоненты						
	Cl	SO ₄	Ca	Na	K	Mg	SiO ₂	Fe ₂ O ₃
Свыше 2500 м	130,3	50,1	10,1	6,2	3,0	1,0	0,27	0,02
До 2500 м	80,3	54,3	3,6	2,5	1,3	2,2	0,17	0,05

Ниже приводится химический состав вод², циркулирующих в различных литологических комплексах³.

Таблица 3

Средние фоновые содержания компонентов минерализации вод, циркулирующих в пределах данной геохимической микроландшафтной зоны (в мг/л)

Наименование литол. компл.	Na+K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	MoO ₄	Cu	Pb	Zn	Величина минерализации
Туфогенные образования	22—42	37—70	14—32	6—14	20—25	110—160	2—3	не обн.	не обн.	2—3	150—200 мг/л
Андезитобазальтовые лавы	1—16	6—18	5—11	6—14	0—12	35—60	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	75—80 мг/л

Аномальные содержания рудных компонентов минерализации для данной зоны выведены в результате изучения геохимии вод, циркулирующих в пределах Газминского свинцово-цинкового месторождения.

¹ Коэффициенты водной миграции определены по известной формуле А. И. Перельмана $K_x = \frac{m_x \cdot 100}{n_x \cdot a}$, где a — величина сухого остатка в мг/л; m_x — содержание данного элемента в сухом остатке воды в мг/л; n_x — содержание данного элемента в исходной породе в %.

² Здесь и далее речь идет о наиболее распространенных грунтово-трещинных водах зоны местного стока.

³ Указанные пробы отбирались с участков, не прилегающих к полям рудной минерализации.

Таблица 4

Гидрогеохимические поисковые признаки в пределах зоны массива г. Тексар

Показатели	Гидрохимические признаки	Основные содержания в мг/л	Аномальные содержания в пределах месторождений в мг/л	Размер ореола за пределы рудного тела в м
Основные	Zn ⁺⁺	до 0,005	≥ 0,01	до 1000—1200
	SO ₄	до 20—25	≥ 50	до 1600—1800
Второстепенные	Pb ⁺⁺	до 0,003	≥ 0,01	до 100—150
	Cu ⁺⁺	до 0,003	≥ 0,008	до 300—400
	Ag ⁺⁺	0,0003‰	≥ 0,001‰	?
	спект.			

II. Массивы гг. Амулсар и Гюйсар

Вся зона располагается в пределах умеренно-холодного лесного и, частично, холодного горного климата. В ее пределах развиты горнолуговые коричневые типичные почвы.

В литологическом отношении зона характеризуется развитием эффузивных образований, (порфириды, туфоконгломераты, туфобрекчии, туфопесчаники), большая часть которых подверглась сильному гидротермальному изменению. Это изменение, выразившееся в алунизации, широко проявившейся непосредственно на массиве г. Амулсар, сопровождалось большим привносом кремния, алюминия и серы, вследствие чего химический состав пород претерпел коренные изменения.

Таблица 5

Сравнительный анализ химического состава порфиритов и гидротермально измененных пород

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca	Mg	Na	K	SO ₄	Cl
Порфириды	53,30	17,78	4,29	6,27	2,18	0,60	0,56	0,78	0,06
Гидротермально измененные породы	61,52	22,63	5,00	0,15	0,12	0,20	0,84	1,22	0,06

Естественно, значительному изменению подверглись и воды, дренирующие эти породы.

Интересны результаты сопоставления данных химического анализа пород и вод с Амулсарского массива, к отрогам которого приурочено Гюмушханское полиметаллическое месторождение.

Таблица 6

Химический состав гидротермально измененных пород и вод Амулсара (в %)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca	Mg	Na	K	SO ₄	Cl
Порода	61,52	22,63	5,00	0,15	0,12	0,20	0,84	1,22	0,06
Вода	11,6 мг/л	—	0,01	29,0	5,5	15,5	—	10,8	6,6

Порода сильно изменена гидротермальными процессами. Первоначальный химический состав породы сильно нарушен. Процессы выщелачивания и образование коры выветривания протекают весьма интенсивно (массив приподнят над окружающей территорией и хорошо промывается поверхностными и подземными водами). Однако, из-за крутизны и изрезанности склонов, полных мощностей рыхлых образований коры выветривания не наблюдается—снос материала весьма высокий. большей частью обнажается свежая коренная порода, или же мощности коры выветрелых пород не превышают 5—10 см. Это—рыхлые продукты, перемешанные со щебенкой коренных пород.

Коэффициенты водной миграции элементов из измененных пород Амулсарского массива не отвечают положениям Б. Б. Полюнова [5] о рядах миграции элементов.

Таблица 7

Cl	Ca	Na	K	Mg	SO ₄	SiO ₂	Cu	Zn	Pb	Fe ₂ O ₃
128,6	110,5	40,1	—	38,1	19,2	0,16	0,1	0,07	0,04	0,03

Напрашивается парадоксальный вывод: миграционная способность серы ниже миграционной способности кальция, натрия и магния. Казалось бы, при таких благоприятных условиях, как интенсивные процессы выщелачивания, содержание серы в воде должно было достигать весьма значительных величин (содержание ее в исходной породе достигает 1,22%).

Однако, при весьма низком содержании кальция в исходной породе (0,15%) содержание его в воде достигает 20—30%, а содержание серы в водах не превышает 18—20%.

Такое несоответствие между содержанием серы в исходной породе и воде можно объяснить нерастворимостью соединений серы, т. е. тем, что сера входит в состав практически нерастворимых (в природных условиях) соединений. Таковыми являются алуниг, широко развитый по всему массиву и, по-видимому, ярозит, который при описаниях часто принимают за гидроокись железа. Оба эти соединения, по данным, приведенным А. Г. Бетехтиным [1], нерастворимы не только в воде, но и в кислотах.

Фоновые содержания сульфат-иона достигают 45—50 мг/л, что при содержаниях серы в породе 1,22% составляет весьма малые величины.

Несколько завышены и фоновые содержания металлов-индикаторов полиметаллического оруденения. Если в предыдущей зоне фоном явились содержания в водах: цинка—0,005 мг/л, свинца—0,003 мг/л, меди—0,003 мг/л, то в данной — за фон принимаются величины, соответственно 0,008 мг/л, 0,005 мг/л, 0,005 мг/л. Это объясняется повышенным «кларком концентрации» (терминология В. И. Вернадского) этих элементов в пределах данной зоны.

Так, против общекларковых значений содержания свинца, цинка и меди в породах зоны завышены соответственно в 4,2 и 4 раза. В водах, дренирующих порфириды и туфогены, не подвергшиеся гидротермальному изменению, химический состав близок к составу аналогичных образований, развитых в пределах других зон.

Таблица 8

Средние фоновые содержания компонентов минерализации вод, циркулирующих в пределах зоны г. Амулсар (мг/л)

	pH	Na ⁺ +K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cu ⁺⁺	Pb ⁺⁺	Zn ⁺⁺	MoO ₄ ⁻	Величина минерализации
Туфогены	7,2	6,5	45,1	13,8	13,6	34,2	144,1	0,003	не обн.	0,005	не обн.	250
Порфириды	7,2	21,3	41,4	6,8	13,6	38,2	146,1	0,002	0,002	0,005	—	200
Гидротермально изменен. породы	6,8	34,2	61,1	11,5	8,8	53,9	224,7	0,005	0,005	0,008	—	275

Значительному изменению подвергаются воды под действием окислительных процессов, протекающих на Гюмушханском полиметаллическом месторождении.

Аномальные значения гидрогеохимических показателей, а также размеры их ореолов рассеяния от источника сноса, в пределах данной зоны, даны на основании изучения геохимии вод Гюмушханского месторождения.

Таблица 9

Гидрогеохимические поисковые признаки в пределах зоны массива г. Амулсар

Показатели	Гидрогеохимические признаки	Фоновые содержания мигрантов в мг/л	Аномальные содержания мигрантов в мг/л	Размер ореола за пределы месторождения в метрах
Основные	Zn ⁺⁺	< 0,008	> 0,01	до 1200—1500
	SO ₃ ⁻	45—50	55—60	до 2000—2200
Второстепенные	Pb ⁺⁺	≤ 0,005	> 0,005	до 400—450
	Cu ⁺⁺	< 0,005	> 0,005	до 250—300
	pH	6,8—7,7	5,8—6,0	50—100 местами до 300
	Ag (спектр)	0,0003‰	0,003‰	до 2000

III. Северный склон Айоцзорского хребта

Из всех описанных зон наибольшей однородностью элементов ландшафта отличается данная геохимическая микроландшафтная область.

Указанная территория располагается в пределах зоны сухого континентального климата с относительно небольшой амплитудой колебания абсолютных отметок.

Почвенный покров, развитый повсеместно, представлен исключительно горно-каштановым типом.

В геологическом отношении вся зона представлена нормально осадочным комплексом. Литологически—это разнообразные известняки, известковые мергели, песчанистые известняки, песчаники.

В силу климатических и литолого-морфологических условий зона исключительно бедна водными ресурсами. Основной водной артерией изученной территории является р. Грав (левый приток р. Арпа), имеющая немногочисленные притоки и протекающая по глубоко эродированному ущелью. Хотя глубокая и густая изрезанность рельефа и ограничивает подземную циркуляцию вод зоны местного стока, создавая отдельные орографические единицы со своим гидрогеологическим режимом, тем не менее в силу однородности литологического состава химический состав вод по всей зоне однообразен. По типу—это гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевые воды. В силу высокой карбонатности растворов фоновое содержание компонентов рудной минерализации равно нулю.

В связи с этим в пределах данной зоны большое значение могут приобрести почвенно-гидрохимические поиски [2].

Любые проявления в водах и почвах элементов рудной минерализации могут указывать на соответствующее оруденение, причем, если в описанных выше зонах наличие металлов в водах предполагает поисковые работы в радиусе до 700—800 м, то в условиях данной зоны расстояние сокращается до десятков метров.

Для проведения региональных поисковых работ гидрогеохимическим методом надежным индикатором может служить сульфат-ион. Фоновые содержания этого компонента в силу высокой выщелачиваемости пород значительно завышены. Поэтому, правильнее рассматривать не количество мг/л сульфат-иона в пробе, а его процентное выражение, причем, весьма надежно использовать отношение $SO_4^- : HCO_3^-$.

В случае, когда это отношение будет равным или более 1:3, можно предполагать связь сульфат-иона с разложением сульфидов. В противном случае повышение содержания сульфат-иона является следствием длительности циркуляции вод.

Аномальные значения гидрогеохимических показателей были установлены в результате изучения гидрогеохимии Енгиджинского свинцово-цинкового проявления.

Таблица 10

Средние фоновые содержания компонентов минерализации вод, циркулирующих в пределах зоны (в мг/л)

	Na+K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	Cu	Pb	Zn	pH	Величина минерализации
В известняках	10,2	109,7	20,1	18,0	50,2	254,7	не об-нар.	не об-нар.	не об-нар.	7,4	380
В песчаниках и мергелях	10,2	80,2	14,7	11,3	37,8	284,4				7,2	320

Таблица 11

Значения поисковых признаков и величины ореолов рассеяния индикаторов, в пределах III зоны

Показатели	Гидрогеохимические признаки	Фоновые содержания мигрантов в мг/л	Аномальные содержания мигрантов в мг/л	Размер ореола за пределами рудного тела
Основные	SO ₄	45—50	75—80	до 1000—1200
Второстепенные	Zn	Отсутствует	Любые опр. величины	практич. равен 0
	Pb	Отсутствует	.	.
	Ag (спектр)	Отсутствует	.	.
	Cu	Отсутствует	.	.
	Fe (общ.)	Отсутствует	.	.

IV. Южные склоны Варденисского хребта

В климатическом отношении вся зона располагается в пределах холодного горного климата. Сравнительной однотипностью характеризуется и почвенно-растительный покров зоны. Широкое развитие имеют здесь коричневые типичные и торфянистые горно-луговые почвы. Почвенный покров отличается относительной маломощностью (до 30—40 см) и промытостью.

Значительным разнообразием характеризуются геолого-литологические элементы зоны. Это — туффиты среднего эоцена-олигоцена, развитые в западной части, андезиты, порфириды, гидротермально-измененные и, частично, интрузивные породы, слагающие, преимущественно, восточную часть зоны. Довольно широкое распространение имеют и четвертичные андезито-базальты, представленные довольно значительными потоками.

В коре выветривания андезитов, слагающих значительную площадь в пределах Варденисского хребта, рыхлые продукты выветривания почти отсутствуют.

Процесс выветривания проходит по трещинам и по обнаженным плоскостям свежих пород, где под действием экзогенных агентов меняется облик породы.

Вследствие крутизны склонов и расчлененности рельефа наблюдается интенсивный снос материала.

В химическом составе породы протекают следующие изменения: происходит накопление магния, натрия и железа. Значительному выносу подвергаются сера, хлор и кремнезем.

Таблица 12

Химический состав измененных пород и дренирующих их вод района Варденисского хребта (в %)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca	Mg	Na	K	SO ₄	Cl
Порода	70,36	17,22	1,31	0,33	0,33	1,18	1,1	1,08	0,07
Вола	26,2 мг/л	—	0,05	22,8	5,7	5,7	21,3	10,3	5,7

Здесь отмечается высокое содержание кремнезема в исходной породе, причем, он присутствует не только в виде аморфного кремния, но и включений кварца нерастворимого в природных условиях. Поэтому, несмотря на большое содержание его в породе, в водах его значение невелико.

Здесь также, как и во второй зоне, наблюдается несоответствие между содержанием серы в исходной породе (1,08%) и воде. Причины, по видимому, те же, что и в описанном выше случае. Правда, здесь не отмечаются процессы широкой алунитизации, как на Амулсаре, но сера входит в состав сложных и нерастворимых соединений. Об этом свидетельствует также и ряд миграционной способности элементов, где коэффициент водной миграции серы уступает кальцию.

Порода по облику сильно измененная, обеленая, с охристым налетом. Массив, расположенный в зоне с резко окислительной средой, исключительно промыт и процессы выщелачивания имеют широкое

Таблица 13

Коэффициенты водной миграции элементов

Cl	Ca	SO ₄	Na	K	Mg	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Mo pH=3,5	Fe (пирит) pH=3,5	Mo pH=5,8	Fe (пирит) pH=5,8	Mo pH=7,0	Fe (пирит) pH=7,0
97,1	45,4	28,8	19,0	?	7,0	0,18	0,02	2,0	1,6	0,4	1,14	0,008	0,2

развитие. Однако, из-за крутизны и изрезанности склонов значительных скоплений рыхлых продуктов выветривания не наблюдается.

Из всех выделенных данная зона характеризуется наибольшей обводненностью. Количество годовых осадков здесь достигает 550—600 мм. Однако глубина эрозионных врезов создает обособленность циркуляции вод в пределах небольших участков, характеризующихся однородностью литологического состава. Таким образом, воды, циркулирующие

в пределах этой зоны, будут иметь химический состав, присущий каждой геолого-петрографической формации.

В связи с этим в зоне по химическому составу выделяются четыре группы циркулирующих вод: 1. В пределах туфогенных образований. 2. В порфиритах и андезитах. 3. В гидротермально измененных породах. 4. В четвертичных андезито-базальтах.

Наибольшими содержаниями рудных компонентов отличаются всды, циркулирующие в пределах порфиритов.

Количество сульфатного иона, отвечающее фоновому значению, достигает 15—18% сухого остатка (30—35 мг/л).

Такое же содержание сульфатного иона отмечается и в водах, циркулирующих в пределах гидротермально измененных пород.

Таким образом, при проведении гидрогеохимических поисковых работ в пределах этой зоны, основной упор должен делаться на воды, приуроченные к порфиритам и гидротермально измененным породам.

В результате гидрогеохимических исследований, проведенных на Варденисском молибденовом месторождении, расположенном в пределах данной зоны, установлены аномальные значения гидрогеохимических поисковых показателей, величины их миграции в условиях данной зоны и коэффициенты водной миграции (табл. 15).

V. Долина среднего течения рр. Арпа и Элегис

В климатическом отношении зона располагается в пределах сухого континентального и, частично, умеренно-теплого сухого климата. Однородностью отличается и почвенный покров зоны. Здесь широко развиты горные каштановые и горные пестроцветные гипсоносные почвы. Последние распространены на юго-западе описываемой зоны (к запад-северо-западу от с. Вернашен). Общая мощность почвенного покрова местами достигает 80—100 см. Вследствие неблагоприятных климатических усло-

Таблица 14

Средние фоновые содержания компонентов минерализации вод, циркулирующих в пределах данной зоны (в мг/л)

Литологические комплексы	Элементы и соединения												Величина минерализации
	pH	Na ⁺ + K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cu ⁺⁺	Pb ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Ag	MoO ₄ ⁻	
Андезито-базальты	7,2	6,0	16,5	6,5	12,5	9,5	63,2	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	65
Туфогены	7,2	5,8	24,3	9,2	10,1	27,3	82,1	0,003	не обн.	0,005	0,0003	0,002	120
Порфириты	7,0	9,5	23,1	6,8	10,1	24,2	75,1	0,002	не обн.	0,005	0,0003	0,002	150
Гидротермально измененные породы	6,4	24,1	50,0	8,2	7,5	48,21	84,5	0,003	0,002	0,006	0,0005	0,004	220

Таблица 15

Показатели	Гидрогеохимические признаки	Фоновые содержания мигрантов в мг/л	Аномальные содержания мигрантов в мг/л	Размер ореола, в м
Основные	MoO_4	0,002	0,005—0,02	800—1000 м
	SO_4	20—25	> 40 мг/л или 20% сухого остатка	до 1500
Второстепенные	pH (косвенный)	7,0—7,2	≤ 6,6	50—100 м
	Zn^{++}	0,005	0,01	1000—1200 м
	Ag (спект)	0,0003%	0,00п%	800—1000 м
	Pb^{++}	—	Любые проявления	?
	Cu^{++}	0,003	> 0,005	?

вий (сухой континентальный климат с годовым количеством осадков, не превышающим 250—300 мм в год), растительный покров весьма скуден и развит неповсеместно. Значительным однообразием по всей зоне характеризуются геолого-литологические и рельефные особенности. Наибольшее развитие здесь имеют туфогены среднего эоцена, с прорывающими их местами интрузивными породами (последние носят весьма локальный характер). Весьма подчиненное значение имеют и порфириды, локализованные, как правило, на участках рудопроявлений (Азатек, Чирахлу).

В коре выветривания порфиридов, слагающих эти участки, наблюдаются обызвесткованные рыхлые продукты, перемешанные со щебенкой измененных пород. На некоторых пологих участках мощность выветрелых пород достигает 25—30 см.

В гидрогеологическом отношении вся зона характеризуется как одна из наиболее бедных водными ресурсами.

По химическому составу воды относятся к гидрокарбонатно-магниево-кальциево-натриевому типу.

На западе, где развиты гипсоносные почвы, характер вод зоны местного стока приобретает сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевый тип. Фоновое содержание свинца в водах всех химических групп по всей зоне равно нулю. По цинку установлен фон, равный 0,003 мг/л. Весьма незначительно в этих водах и фоновое содержание сульфат-иона—20—25 мг/л (8—10% сухого остатка). Исключение составляют воды отмеченной полосы, приуроченные к гипсоносным породам и почвам. На этом участке трудно выделить аномальные содержания иона SO_4 связанного с разложением сульфидного материала. На этой площади сульфат-ион не может выступать как поисковый признак. Единственными показателями тут могут служить прямые поисковые признаки.

Таблица 16

Средние содержания компонентов минерализации вод,
циркулирующих в пределах V зоны (в мг/л)

Литологич. комплексы	pH	Na+K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Pb ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Cu ⁺⁺	MoO ₄ ⁻²	Величина минерализации
Туфогены	7,2	21,5	36,2	26,2	7,5	20,5	261,1	не обн.	0,003	не обн.	не обн.	210
Порфириты	7,2	12,5	34,2	48,1	11,1	22,1	287,2	не обн.	0,003	не обн.	не обн.	268
Участки с загипсованными породами и почвами	7,2	35,2	294,4	34,1	13,1	700,3	73,2	не обн.	0,003	не обн.	не обн.	1000—1200

Аномальные содержания гидрогеохимических показателей для зоны, а также величины их миграции выведены на основе изучения геохимии вод Азатекского свинцово-сурьмяного месторождения.

Таблица 17

Показатели	Гидрогеохимические признаки	Фоновые содержания мигрантов в мг/л	Аномальные содержания мигрантов в мг/л	Размер ореола в м
Основные	Pb ⁺⁺	0—0,0003	0,005	650—700 м
	Sb (спектр)	—	0,01%	500 м
	Zn ⁺⁺	0,003	0,005	700—800 м
	SO ₄ ⁻²	10—12% сухого остатка	16—18% сухого остатка	Более 1000 м
Второстепенные	Cu ⁺⁺	0,003	0,005	200 м
	Ag (спектр)	0,0001%	0,001%	500—550 м

VI. Джермукское вулканическое плато

В пределах данной зоны исключительной однородностью отличаются биоклиматические и геологические элементы ландшафта.

Вся зона располагается в пределах холодного горного климата со среднегодовым количеством осадков до 500—550 мм.

Почвенный покров представлен, в основном, горно-луговыми коричневыми типичными почвами с общей мощностью, достигающей 60 см. Наблюдается отсутствие карбонатов во всех горизонтах. Небольшое распространение в пределах данной зоны имеют и горно-луговые торфянистые почвы альпийских ковров. Локализуются они в пределах участков, тяготеющих к вулканам Качалсар и Мурадсар.

Еще большей однородностью характеризуются геолого-литологические элементы ландшафта.

Вся зона представляет собой слабо всхолмленное вулканическое плато, сложенное четвертичными андезито-базальтовыми лавами. Эро-

зионные процессы почти не затронули поверхности плато. Небольшое развитие имеют здесь и процессы выветривания.

Основная фаза ортоэлювия базальтов—обломочная, определяемая механическим составом рыхлых новообразований (чингилей). Гипсометрически в наиболее высоких частях, благодаря морозному выветриванию, наблюдается рассланцевание с образованием плитняковых чингилей.

Незначительны изменения и в химическом составе пород.

Таблица 18

Химический состав свежих и выветрелых базальтов ущелья Дара-юрт и вод, дренирующих эти породы (в ‰)

Компоненты	Свежие андезитобазальты	Выветрелые андезитобазальты	Сухой остаток вод в ‰
SiO ₂	54,26	53,40	10,1 мг/л
Al ₂ O ₃	19,67	19,72	не определяется
Fe ₂ O ₃	5,82	6,21	0,45 мг/л
Ca	4,38	4,23	17,3
Mg	2,11	2,05	10,4‰
Na	1,40	1,23	22,3‰
K	1,12	1,04	
Cl	0,05	0,03	7,5‰
SO ₄	0,55	0,38	5,2‰

Из таблицы следует, что в четвертичных андезитобазальтах данной зоны формирование коры выветривания находится в начальной стадии. Наибольшим выносом характеризуются хлор, сера и кальций, содержания которых уменьшились соответственно на 40%, 31% и 14%.

Основным типом почв, образовавшихся на андезитобазальтах, являются горно-луговые коричневые типичные. В них происходит накопление хлора.

В гидрогеологическом отношении зона характеризуется развитием грунтово-трещинных вод с основным направлением движения наземного и подземного стока с севера на юг-юго-запад. Воды эти формируются и циркулируют в андезитобазальтовых покровах.

По химическому составу — это гидрокарбонатно-хлоридно-магниевые кальциевые воды. Сульфатный ион отсутствует полностью, а если отмечается, то в весьма незначительных количествах. Увеличение в водах магния, кальция и хлора увязывается с характером выветривания андезитобазальтов. Величина минерализации, зависящая от длительности циркуляции, колеблется в пределах 50—120 мг/л.

В ряду элементов и соединений, являющихся поисковыми критериями, фоновые содержания равны нулю.

Любое проявление компонентов рудной минерализации в водах или содержания сульфатного иона, превышающие 10—15 мг/л, несомненно должны указывать на разложение сульфидов. В пределах данной зоны нами не отмечены рудные проявления и поэтому вопросы миграции рудных компонентов и их аномальных содержаний не выяснены.

Таблица 19

Химический состав вод, циркулирующих в пределах Джермукского вулканического плато (в мг/л)

	pH	Na+K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	Cu	Pb	Zn	MoO ₄	Величина минерализации
Интервалы со- держ.	6,8—7,2	2—16	4—18	5—16	14,2	0—5,0	24—85	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	50—120
Усред- ненные значен.	7,0	8,0	9,0	9,5	14,2	2—3	62	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	70

Таким образом, на основе данных, приводимых в статье, можно сделать следующий вывод: проведению детальных гидрогеохимических поисков должны предшествовать работы по выделению отдельных площадей, характеризующихся определенными условиями миграции элементов, фоновыми и аномальными значениями мигрантов.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 22.II. 1962.

Պ. Մ. ԴԱՓԼԱՆՅԱՆ

ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՀԱՅՈՑՁՈՐԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ՀԻՊՐՈՔՆԻՄԻԱԿԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Այս հոդվածի նպատակն է ռեսպուբլիկայի Հայոցձորի հանքային շրջանի հիման վրա ցույց տալ գեոքիմիական միկրոլանդշափտային զոնաների անջատման նշանակությունը հիպրոքիմիական որոնումների համար: Նշված զոնաները անջատվել են շրջանի կլիմայական, հողային, մորֆոլոգիական, երկրաբանական և հիդրոերկրաբանական պայմանների հիման վրա:

Համեմատելով թարմ ու հողմնահարված ապարների, հողերի ու ջրերի քիմիական անալիզների արդյունքները, որոշված են ջրերում տարրերի միգրացիայի գործակիցները և կադմված են տարրերի միգրացիոն շարքերը: Դրանց հիման վրա անջատված է վեց զոնա, որոնք միմյանցից տարբերվում են հիպրոքիմիական որոնողական հատկանիշների ֆոնային և շեղումնային պարունակությունների նշանակությամբ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бетехтин А. Г. Курс минералогии, Госгеолтехиздат, 1956.
2. Долуханова Н. И. Опыт применения гидрохимической съемки на медно-молибденовых м-ниях АрмССР. АН АрмССР, 1957.
3. Макаренко Ф. А. Некоторые результаты изучения подземного стока. Тр. ЛГГП АН СССР, т. I, 1948.
4. Перельман А. И. Очерки геохимии ландшафта. Географиздат, 1955.
5. Полюнов Б. Б. Кора выветривания. АН СССР, 1934.
6. Полюнов Б. Б. Геохимические ландшафты. Вопросы минерологии, геохимии и петрографии. АН СССР, 1946.