

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М. В. ЛОМОНОСОВА

Географический факультет

На правах рукописи

Г. Б. ГРИГОРЯН

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ БАССЕЙНА р. ВОХЧИ
АРМЯНСКОЙ ССР**

Автореферат диссертации,
представленной на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель —
доктор географических наук, профессор М. А. ГЛАЗОВСКАЯ

Защита диссертации состоится 24 декабря 1967 г.
на заседании физико-географической секции Ученого совета
географического факультета МГУ.

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук,
профессор А. И. ПЕРЕЛЬМАН,

доктор географических наук,
доцент Г. К. ГАБРИЕЛЯН

Отзывы и замечания просим присылать в 2 экземплярах
по адресу: Москва, В-234, Ленинские горы, МГУ, Географиче-
ский факультет.

858

Геохимия горных ландшафтов пока изучена слабо. Проведенные автором 1963—1966 гг. ландшафтно-геохимические исследования в бассейне р. Вохчи позволили изучить особенности горных ландшафтов и выявить рациональный комплекс методов поисков рудных месторождений с учетом ландшафтно-геохимических условий.

Результаты исследований изложены в работе, состоящей из 234 страниц машинописного текста, 25 иллюстраций (рисунки, графики), 84 таблиц в тексте. Работа состоит из введения, семи глав, заключения, приведен список цитированной литературы, включающей 140 названий. К работе приложены ландшафтно-геохимическая карта бассейна р. Вохчи, карта ландшафтно-геохимического районирования для целей поисков месторождений, схематическая карта типов коры выветривания, картосхемы мощности рыхлых наносов и модальной встречаемости ряда микроэлементов в исследуемых почвах, а также таблицы и рисунки.

Введение

Геохимия ландшафтов изучает миграцию химических элементов в географической оболочке Земли. Это новый, важный метод познания процессов взаимодействия между компонентами ландшафта и между его морфологическими частями. Несмотря на молодость геохимии ландшафтов как научной дисциплины, уже наметились основные направления ее практического приложения в области медицинской географии, сельского хозяйства и поисков месторождений полезных ископаемых. Именно последнему вопросу и посвящена настоящая работа.

Глава I. История ландшафтно-геохимической изученности территории

Геохимические исследования различных компонентов ландшафта для поисковых целей в Армянской ССР начали проводиться только в последние годы. В связи с поисками медных, медно-молибденовых месторождений, на территории бассейна р. Вохчи была проведена крупномасштабная гидро-гео-

химическая съемка (Н. И. Долуханова, 1952; А. И. Германов, 1956; О. Ю. Мерзескул-Сиваченко, 1958; В. А. Аветисян, 1963 и другие). Под руководством Д. П. Малюги (1956—1958) выполнены биогеохимические исследования на территории Каджаранского месторождения. Однако все эти работы выполнены лишь на месторождениях.

Нами же проведено сравнительное изучение как геохимически аномальных, близ месторождений, так и ландшафтов с нормальным геохимическим фоном, по различным высотным природным поясам.

Глава II. Методика исследования

Исследования проведены по методике, разработанной М. А. Глазовской (1961) с несколькими изменениями в соответствии со спецификой исследуемого района.

При проведении полевых работ была составлена общая ландшафтная карта территории, собраны образцы пород, почв, растений и пробы вод для последующих сопряженных анализов. Проведен химический валовой анализ почвообразующих пород, почв и определен макрокомпонентный состав природных вод. Приблизленно-спектральным методом проанализирован весь собранный материал. Химическим путем определены Si и Mo в золе собранных растений, в водных и солянокислых вытяжках из основных типов почв. Для вод и почв определены pH , в почвах — CO_2 —карбонатов, гумус. Для пород, почв, растений и вод подсчитаны: среднее арифметическое и модальное содержание элементов, относительная концентрация — по сравнению с кларком, степень аномальности — для аномальных ландшафтов. Подсчитаны следующие геохимические коэффициенты: 1) биологического поглощения — K_b (отношение модального содержания элементов в золе растений или в их частях к модальному содержанию в почве или породе), 2) элювиально-аккумулятивные — $K_{эа}$ (отношение модального содержания элементов в том или ином почвенном горизонте определенного типа ландшафта к их модальному содержанию в коренной породе или рыхлых наносах), 3) относительной биогенной концентрации — $K_{ок}$ (отношение модального содержания элементов в гумусовом горизонте к модальному — минерального горизонта), 4) водной миграции — K_v (отношение модального содержания элементов в плотном остатке вод к их содержанию в составе дренируемых этими водами пород). На основании полученных коэффициентов выявлены ряды миграции элементов в водах, и аккумуляции — в почвах (в целом и в гумусовых горизонтах), составлены геохимические формулы для отдельных компонентов различных ландшафтов (для почв по $K_{эа}$ и для растений по K_b), установлены гидрогеохимические показатели по каждому типу ланд-

шафтов. Проведено ландшафтно-геохимическое районирование территорий для целей поисков полезных ископаемых.

Глава III. Природные условия и особенности ландшафтных компонентов

Географическое положение, орография и гидрография

Бассейн р. Вохчи охватывает территорию между высокими горными хребтами южной части республики: Баргушатским и Мегринским, протянувшимися с запада на восток почти параллельно друг другу. Исследуемая территория составляет около 1000 км², по середине которой, в субширотном направлении, тянется Хуступ-Катарский хребет. Он является естественной границей, разделяющей верхний бассейн (высокогорье) от среднего (среднегорье). Густой гидросетью эти хребты расчленены на вторичные отроги. Колебание отметок абсолютной высоты территории составляет 3000 метров (980—3907).

Главной водной артерией является р. Вохчи. Средняя мутность воды большая — до 250 гр/м³; она в настоящее время увеличилась во много раз, в связи со спуском хвостовых отходов медно-молибденного комбината.

Климат. Территория находится в субтропической биоклиматической зоне. Однако, в связи с горным характером резко выявляется вертикальная дифференциация климата. Встречаются следующие типы климатов: сухой субтропический, умеренно-теплый полусухой, умеренно-холодный лесной, холодный горный и горно-тундровый.

В работе дается описание гидротермического режима этих типов климата. В таблицах приводятся данные о распределении осадков по месяцам, а также ход изменений температуры по высотным поясам и по сезонам.

Геолого-металлогенические особенности. В геологическом отношении территорию бассейна разделяют на две части: восточную — Кафанскую и западную — Каджаранскую.

Обнажающиеся в пределах Кафанского сегмента наиболее древние вулканогенные породы нижней и средней юры. слагают ядро Кафанской брахиантиклинали. В верхней юре происходят внедрения наиболее кислых продуктов юрского вулканизма — субвулканических образований, с чем и связано медно-колчеданное оруденение региона. На крыльях Кафанского брахиантиклинали сохранились меловые известняки. Третичные отложения отсутствуют. Изредка встречаются четвертичные лавовые потоки андезито-базальтового состава.

В Каджаранском сегменте преобладают интрузивные образования Мегринского плутона. В основу плутона входят раз-

нообразные породы: монзонит, порфировидный гранит, гранодиорит и др. Оруденение (медно-молибденного типа) связано с измененными монзонитами. Наиболее древним образованием в этой зоне являются толщи метаморфических сланцев и порфиров с подчиненными пачками известняков (девон). Они дислоцированы и прорваны интрузиями. На эти отложения налегает вулканогенная толща эоцена. Юрские образования, столь характерные для Кафана, здесь отсутствуют. Четвертичные образования представлены на северных склонах хребтов элювиально-делювиальными маломощными покровами, южные склоны преимущественно обнажены. В долинах рек аккумуляруются аллювиально-пролювиальные отложения.

В работе дается подробное описание всех комплексов ландшафтообразующих пород, их минералогического состава, границ распространения, металлогении и химизма, приводятся характерные ассоциации микроэлементов.

Рельеф. Бассейн р. Вохчи характеризуется многочисленными типами и формами молодого горного рельефа.

По морфологии гор выделяются: высокогорье, среднегорье и предгорье. Высокогорье отличается нивально-гляциальной морфоскульптурой. Среднегорье — эрозионно-денудационной и аридно-денудационной морфоскульптурой с густым расчленением. Предгорье — аридно-денудационной, слаборасчлененной морфоскульптурой.

Аккумулятивный рельеф развит на малых площадях, наиболее распространенными формами рельефа являются водно-эрозионные. В работе приводится подробное описание типов и форм рельефа отдельных морфологических районов.

Гидрохимические особенности. По характеру вмещающихся отложений, циркуляции и отчасти по химизму, природные воды территории нами разделены на два основных типа:

1. Воды наносных образований, с поверхностной циркуляцией, включающие: а) воды делювиальных отложений склонов, б) аллювиальные воды.

2. Воды трещинные с глубокой циркуляцией.

Поверхностные и подземные воды бассейна имеют преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый состав. Общая минерализация вод колеблется в зависимости от ландшафтных условий. Наименее минерализованы воды горно-лугового пояса. Минерализация и pH вод в пределах одного пояса изменяются также в связи с экспозицией склонов.

Приводится классификация вод по Н. И. Толстихину, отдельно описываются воды минеральных источников. Приводятся данные об изменении химизма вод в зависимости от расхода. Для некоторых химических элементов, по высотным поясам, подсчитаны коэффициенты и ряды водной миграции.

Особенности почвенного и растительного покрова.

Почвенно-растительный покров исследуемой территории разнообразен в связи с условиями климата, рельефа и литологии.

В бассейне р. Вохчи встречаются следующие генетические типы и подтипы почв: 1) луговые-аллювиальные на поймах в долинах р. Вохчи и Ачанан; 2) горно-каштановые карбонатные на предгорных отрогах и андезито-базальтовых наклонных плато; 3) горно-лесные коричневые карбонатные на остепненных послелесных территориях среднего и нижнего яруса склонов Кафанского среднегорья; 4) горно-лесные коричневые — типичные на средних ярусах лесистых склонов Кафанского среднегорья; 5) горно-лесные коричневые выщелоченные на верхних (среднегорья) и нижних (высокогорья) ярусах склонов хребтов; 6) горно-луговые коричневые под субальпийскими лугами; 7) горно-луговые коричневые оторфованные под альпийскими лугами; 8) примитивные почвы нивального пояса, на вершинных частях высоких хребтов. В работе приводится подробное описание этих почв, а также их «интрапоясных» разностей.

Растительный покров также изменяется по высотным поясам. В главе описываются доминирующие формы ассоциаций растений отдельных поясов. В таблицах дается структура высотных поясов ландшафтов на склонах хребтов разной экспозиции. В работе приведено чередование ландшафтных поясов — нормальный ряд поясности и «интрапоясные» ландшафты, указана причина их появления.

Геохимические черты ландшафтов.

В разделе коротко характеризуются физико-географические особенности отдельных высотно-ландшафтных поясов и их влияние на формирование химического состава компонентов ландшафтов. Наибольшее внимание уделено изучению химизма почвенного покрова, так как химический состав почв и протекающие в них миграционные процессы являются весьма важными показателями геохимии горных ландшафтов. Поскольку мощность коры выветривания здесь невелика, она вся охвачена процессами почвообразования. При характеристике пояса приводятся детальные сведения о почвенном покрове: морфология, вторичные новообразования, данные по содержанию гумуса, рН; дается степень концентрации микроэлементов в почвах на разных почвообразующих породах и относительная концентрация элементов по отдельным горизонтам почв, в золе растений и в водах. Для аномальных ландшафтов кроме того, подсчитан коэффициент аномальности микроэлементов в почвах, водах и золе растений. На основании вычисленных ландшафтно-геохимических коэффициентов (Кэа, Кб, Кв, Кок) выявлены ряды миграции элементов и составлены геохимические формулы для почв и растительности.

Глава IV. Горно-степной пояс

А. Геохимически нормальные горно-степные ландшафты.

Занимают нижние ярусы южных склонов хр. Баргушатского (Кафанское среднегорье) и отдельные участки Каджаранского высокогорья. Климат сухой-субтропический. Количество осадков 400—500 мм в год. Почвы — горно-каштановые, карбонатные, pH почв высокий (7, 5—8,4). Присутствие карбонатов, щелочная реакция среды не способствует перераспределению большей части химических элементов (Cu, Ni, Ba, Pb, Zn, Co, Ga и др.). Ряд подвижности водно-растворимых макроэлементов в горно-степных условиях таков:

$$\frac{\text{Cl}}{400} > \frac{\text{S}}{15} > \frac{\text{Na}}{8,0} > \frac{\text{Ca}}{5,0} > \frac{\text{Mg}}{1,2} > \frac{\text{Si}}{0,06};$$

Фоновое содержание элементов в горно-каштановых почвах изменяется в зависимости от металлогенических особенностей разных регионов: в горно-каштановых карбонатных почвах Кафана Cu, Co, Ni встречаются в количестве выше кларка, Zr, Mo, Be — ниже кларка. В каштановых почвах Каджаранского высокогорья Mo, Cu, Pb, V, Ba — выше кларка, Ni, Cr, Zr, Be — ниже кларка. В почвах обоих регионов наблюдается некоторое изменение в уровне содержания элементов по отношению к почвообразующим породам. На основании величины Кза составлены геохимические формулы этих почв (табл. 1).

Таблица 1

Геохимические формулы горно-каштановых почв

Почвы	Ассоциация элементов
Горно-каштановые карбонатные на вулканогенно-осадочных породах, Кафанский регион	$\frac{\text{Li, Mo, Mn, Ba, Sr}}{\text{Cr, Be, Ni}} \text{—} \text{Cu, Pb, Zn, Ga, Ti, V}^*$
Горно-каштановые карбонатные на андезитобазальтах, Кафанский регион	$\frac{\text{Sr, Mo, Li, Cu}}{\text{Be}} \text{—} \text{Mn, Ni, Co, Pb, Zn, Ba, Ga, Ti, V, Cr;}$
Горно-каштановые на монцонитах, Каджаранский регион	$\frac{\text{Mo, Mn}}{\text{Be, Ti}} \text{—} \text{Ni, Co, Cu, Pb, Zn, Ga, Li, V, Cr, Sr;}$

* В числителе элементы с $K_{за} > 1,5$, т. е. накапливающиеся в почве, в знаменателе — с $K_{за} < 0,5$, т. е. выносящиеся из почв, в строчке — с $K_{за} \approx 1,4—0,6$, т. е. инертные.

Еще большее отличие по отношению к породам обнаружено в верхних гумусовых горизонтах почв. Элювиально-аккумуля-

лятивные ряды и значения Кэа в гумусовом горизонте почв на различных породах различные:

Породы	Элювиально-аккумулятивные ряды										
Вулкано-генно-осадочные	$\frac{Zn}{3,3} = \frac{Li}{3,3} = \frac{Ni}{3,3} = \frac{Co}{3,3} > \frac{Cu}{3,0} = \frac{Mn}{3,0} > \frac{Ba}{2,5} > \frac{Mo}{2,0} = \frac{Pb}{1,0} > \frac{V}{0,5} > \frac{Ti}{0,2}$										
Андезитобазальт	$\frac{Mo}{2,0} = \frac{Li}{2,0} = \frac{Cu}{2,0} > \frac{Zn}{1,6} > \frac{Mn}{1,5} > \frac{Pb}{1,0} = \frac{Sr}{1,0} = \frac{Ba}{1,0} > \frac{Ni}{0,5} > \frac{V}{0,4} > \frac{Ti}{0,3}$										
Монцитит	$\frac{Mo}{10,0} > \frac{Mn}{1,5} > \frac{Cu}{1,0} = \frac{Zn}{1,0} = \frac{Sr}{1,0} = \frac{Ni}{1,0} = \frac{Li}{1,0} > \frac{Co}{0,7} > \frac{Ti}{0,3} > \frac{V}{0,2}$										

В горно-каштановых почвах низкое содержание гумуса, отсутствие процессов выщелачивания, слабая дифференциация почвенного профиля по распределению микроэлементов дает возможность при геохимических поисках вести опробование почв из верхнего горизонта, но с учетом постоянной биогенной аккумуляции молибдена.

В степных ландшафтах те элементы, которые в гумусовом горизонте почв имеют высокий Кэа, имеют также большую величину биогеохимического поглощения, что указывает на существенность биогеохимических процессов в цикле миграции микроэлементов.

Геохимические формулы растительности горно-степных ландшафтов таковы:

Сухостепные травы на вулканогенно-осадочных породах	$\frac{Zn, Li, Mo, Ag, Ba, Mn}{Ni, Co, Cr} Cu, Pb, Sr, Ti^*$
Ксерофитные кустарники на андезитобазальтах	$\frac{Ba, Mo, Mn, Ag, Zn}{Cr, Co, Ni} Cu, Li, Sr, Ti, Pb;$
Степное разнотравье на монцититах	$\frac{Mn, Mn, Zn, Ag}{Co, Cr} Cu, Ba, Pb, Ni, Sr, Li, Ti;$

* В числителе элементы с К.б.п. > 1,5, в знаменателе с К.б.п. < 0,5, в строчке с К.б.п. ≈ 0,5—1,4.

Особенности ландшафтно-геохимического режима отражаются на минерализации и химическом составе вод. В пределах исследуемой территории самая высокая минерализация вод наблюдается в горных сухостепных ландшафтах Кафана (450—600 мг/л). Воды гидрокарбонатно-кальциевые, редко гидрокарбонатно-натриевые. Кроме макроэлементов в химическом составе сухого остатка вод обнаружены Mo, Cu, Ag, Ba, Li, Ni, Co, Sr и другие микроэлементы. Особенно много Sr (около 0,3% сухого остатка). Ряды водной миграции в степных ландшафтах таковы:

В Кафанском среднегорье
(дренируемые породы вулканогенно-осадочные)

$$\frac{\text{Sr}}{10,0} = \frac{\text{Ag}}{10,0} > \frac{\text{Mo}}{3,0} > \frac{\text{Li}}{1,0} > \frac{\text{Cu}}{0,3} = \frac{\text{Ni}}{0,3} > \frac{\text{Ba}}{0,035} ;$$

В Каджаранском высокогорье (дренируемые породы монцититы)

$$\frac{\text{Sr}}{10,0} = \frac{\text{Ag}}{10,0} > \frac{\text{Mo}}{3,3} > \frac{\text{Cu}}{0,7} > \frac{\text{Pb}}{0,5} > \frac{\text{Ni}}{0,3} > \frac{\text{Co}}{0,25} > \frac{\text{Ba}}{0,15} ;$$

В. Геохимически аномальные горно-степные ландшафты.

Под геохимической аномальностью ландшафта понимается повышенное содержание в его компонентах некоторых рудных элементов, в соответствии с типом металлогении региона и характером оруденения. Геохимия аномальных ландшафтов в разных металлогенических зонах существенно различна. Поэтому описания горно-степных геохимически аномальных ландшафтов Кафанской и Каджаранской зон приводятся отдельно.

1. Кафанская зона. Геохимически аномальные ландшафты приурочены к медно-колчеданным и полиметаллическим месторождениям Кафанского рудного поля. Геологическую основу этих ландшафтов составляют гидротермально измененные вулканогенные породы юры. Первичные руды представлены сульфидными минералами (халькопиритом, пиритом, с незначительной примесью борнита, сфаларита). На восточном фланге месторождения оруденение полиметаллическое (галенит, сфалерит, пирит, халькопирит). От гидротермального изменения пород, окисления вкрапленного пирита и халькопирита, от осаждения вторичных соединений железа в зоне окисления и ряда других причин, продукты выветривания и почвы этих ландшафтов приобрели пеструю окраску (красно-бурую, белесовато-охристую, зеленоватую и др. цвета). Коэффициенты относительной концентрации рудных элементов в каштановых почвах над месторождением следующие: Ba — 4,0, Ni — 2,5, Cu — 50,0, Ag — 20,0, Zn — 6,0, Pb — 10,0.

В отличие от каштановых карбонатных почв в нормальных геохимических условиях, в почвах геохимически аномальных ландшафтов относительной аккумуляции Cu, Pb, Zn (по сравнению с породами) не происходит.

Коэффициент аномальности Cu и Mo в растениях этих ландшафтов также достаточно высок (таблица 2).

В пределах Кафанского аномального степного ландшафта выявлено растение — индикатор медного оруденения — смолевка скученноцветковая (*Silene compacta* F.). В работе приводится описание морфологии, ареала распространения этого индикатора, а также данные химического анализа растения и его отдельных частей.

Таблица 2

Содержание Cu и Mo в золе некоторых растений
горно-степных ландшафтов

Растения	Л а н д ш а ф т ы					
	геохимиче- ски нор- мальные		геохимиче- ски ано- мальные		коэффи- циент ано- мальности	
	Cu	Mo	Cu	Mo	Cu	Mo
Дуб араксинский (<i>Q. araxina</i>)	0,01	0,0003	0,044	0,0027	2,7	9,0
Полынь армянская (<i>Artemisia armeniacum</i>)	0,02	0,0005	0,098	0,003	5,6	6,0
Держи-дерево (<i>Paliurus spina</i>)	0,0092	0,002	0,024	0,00095	2,6	4,7
Дубровник транскавказский (<i>Teucrium transcaucasicus</i>)	0,019	0,0004	0,065	0,0013	3,4	4,2
Бессмертник (<i>Xeranthemum scarrosum</i>)	0,021	0,0004	0,12	0,005	5,9	12,5

Воды месторождения существенно отличаются от вод геохимически нормальных ландшафтов. Трещинные воды обогащены сульфатами и имеют пониженный pH (5—6,8). В сухих остатках этих вод содержание Cu достигает 0,1% (при фоновом 0,01%). Высоко также содержание Ba , Ni , Zn , Pb , Ag . Рудничные воды резко отличаются от трещинно-грунтовых по содержанию микроэлементов и сульфатов. Они содержат промышленную концентрацию Cu , pH понижены до 4, иногда — 2. Минерализация колеблется от 1500 до 2500 мг/л. Поверхностные воды по сравнению с грунтовыми и рудничными имеют незначительную минерализацию (500 мг/л). Содержание Cu в этих водах — 0,05% от сухого остатка. Ввиду того, что в водах геохимически нормальных ландшафтов степного пояса Cu отсутствует (находится в количествах ниже чувствительности химического определения), то всякое нахождение Cu в водах, даже следы ее, имеют поисковое значение. Содержание макро- и микроэлементов в сухих остатках вод, зависит от изменения расходов по сезонам года. Ниже приводятся некоторые гидрохимические показатели горно-степных ландшафтов Кафана для поисковых целей (таблица 3).

2. Каджаранская зона. Геохимически аномальные ландшафты приурочены к медно-молибденовым рудопроявлениям Каджаранского рудного поля на участках: Кармиркар, Каджаранц, Аткаыз, Яглузами. Геологическую основу составляют гидротермально измененные монзониты и порфиры. Характерные черты ландшафтов — маломощность почвенного покрова и яркая выраженность сапролитового типа коры выветривания. Из минералов первичного оруденения широко распространены молибденит, халькопирит, пирит, на северном флан-

Некоторые гидрохимические показатели
степных ландшафтов Кафанского среднегорья

Гидрохимич. показатели	Фоновые значения	Аномальные значения	Примечание
SO ₄ мг/л	10—15	выше 15	Ореолы рассеяния Си имеют небольшую протяженность в связи с быстрым осаждением металла в нейтральной среде
Cu "	нет	следы и выше	
pH "	7,5—7,8	6,5—7,0	
SO ₄ /Cl	< 1	> 1 и выше	

ге — также сфалерит, галенит. Зоны окисления развиты слабо. Причина — активная эрозия, тип оруденения, характер циркуляции грунтовых вод. Из минералов зоны окисления наиболее существенную группу образуют гидроокислы железа (гетит, гидрогетит). Довольно широко распространены ярозит, малахит, в меньшей степени азурит. В почвах этих аномальных участков содержание Мо составляет от 0,003 до 0,08 %, Си — от 0,05 до 0,1 %. Коэффициент аномальности для Мо — больше 100, Си — 10,0.

Дифференциации рудных элементов по профилям аномальных почв почти не наблюдалось. Относительная аккумуляция Мо в верхних горизонтах наблюдается в почвах, развитых на слабоминерализованных породах (с содержанием Мо от 0,003 до 0,02 %). В аномальных почвах увеличивается содержание водорастворимого Мо — от 0,05 до 1,8 мг/100 г (при 0,01 мг/100 г в нормальных условиях). Почвенно-гидрохимическое опробование на Мо дало хороший результат.

На Каджаранском высокогорье, в степных аномальных ландшафтах в связи с изменением пород часто появляются также особые группировки растений. К сильно измененным порфирирам приурочены смолевко-тимьяновая ассоциация, к слабоизмененным — злаково-разнотравная, к сильно оруденелым монцонитам — смолевка-астрагаловая, а к слабо минерализованным монцонитам — тимьяно-трагакантовая группировка с бобовым разнотравьем. Анализы золы растений с одной площадки в зоне оруденения, показали примерно равное содержание Мо во всех собранных видах растений. В среднем зола растений на целый порядок обогащена Мо по сравнению с золой растений геохимически нормальных участков. Наиболее значительная концентрация (высокий коэффициент биологического поглощения) Мо наблюдалась у следующих растений: скабиоза (*Scabiosa micrantha*) — 16,5, астрагал золотистый (*Astragalus aurens*) — 9,0, астрагал склоненный (*Astragalus declinatus*) — 18,5, дубровник белый (*Teucrium alba*) — 5,0, дубровник обыкновенный (*Teucrium orientalis*) —

6,2, тимьян Кочи (*Thumus Kotshyanus*) — 6,0, качим изящный (*Gypsophila elegans*) — 6,6, морковник дикий (*Astrodaucus orientalis*) — 11,0 и ряда других. Фоновые содержания Мо в растениях геохимически нормальных ландшафтов региона — 0,003% от золы.

В работе приводятся данные о распределении элементов в различных частях растений, коэффициенты биологического поглощения и степени аномальности. Приводятся факты морфологического изменения ряда степных растений в связи с большой концентрацией рудных элементов. Так, при высоком содержании молибдена морфологически изменяется: тмин (*Helichrysum armeniacum*), астрарал (*Astragalus declinatus*); при высоких содержаниях меди — смолевка (*Silene compacta*).

Приводится доказательство того, что смолевка скученоцветковая действительно является индикатором медного оруденения. Содержание Мо и Си у смолевки изменяется в зависимости от степени минерализации пород и содержания этих элементов в почве (таблица 4).

Таблица 4

Содержание Мо и Си в золе смолевки в зависимости от степени минерализации пород (в %)

Степень минерализации пород	В почве		В золе растения			
	Мо	Си	Мо	К.б.п.	Си	К.б.п.
Слабоминерализованный	0,0032	0,0055	0,0045	1,4	0,09	1,63
Минерализованный	0,007	0,077	0,012	1,5	0,14	0,81
Рудопоявление	0,022	0,3	0,07	3,15	0,38	1,26

В Каджаранском высокогорье ареалы распространения смолевки ограничены почвами с концентрацией более чем: Си — 0,05%, Мо — 0,001%.

Природные воды аномальных участков Каджарана по химическому составу близки к нормальным ландшафтным водам и относятся к гидро-карбонатно-кальциевому типу. Родниковые воды с водами наносных образований и поверхностных водотоков составляют одну группу (рН вод — 6,5—7,0). Во всех типах вод присутствуют Мо (в поверхностных — от 0,001 до 0,44 мг/л, в родниковых — 0,08 до 1,2 мг/л, в рудничных — от 0,1 до 8,0 и больше мг/л). Спектральный анализ сухих остатков вод показывает присутствие аномального количества также Си, Ag, Zn, As и др. Так как Мо подвижен в горно-степных условиях, то гидрохимические поиски слепых рудных залежей являются наиболее перспективными. Приводятся гидрохимические показатели горно-степных ландшафтов Каджарского высокогорья для поисковых целей (таблица 5).

Некоторые гидрохимические показатели
горно-степных ландшафтов Каджаранского высокогорья

Гидрохимич. показатели	Фоновые значения	Аномальные значения	Примечание
SO ₄ мг/л	17—30	выше 30	Мо — подвижен (размеры вторичных ореолов рассеяния зависят от местных условий: длины речной системы, протяженности склонов, мощности рудопроявления и пр.). Си — очень слабо подвижен.
Мо	следы (0,02)	выше 0,05	
Си	нет	следы и выше	
pH	7,5—7,8	6,5—7,1	

Глава V. Горно-лесной пояс

А. Геохимически нормальные горно-лесные ландшафты.

Горно-лесной ландшафтный пояс занимает около 20% всей территории бассейна р. Вохчи, на высотах от 1450 (1600) м до 2300 м. В работе дается описание геохимических особенностей следующих типов горно-лесных ландшафтов:

1) Остепняющееся редколесье с лесными коричневыми карбонатными почвами на вулканогенно-осадочных породах; 2) горные дубовые леса с лесными коричневыми типичными почвами на вулканогенно-осадочных породах; 3) горные дубово-грабовые леса с лесными коричневыми выщелоченными почвами на вулканогенно-осадочных породах и на монцонитах. Валовый химический анализ показывает значительное обогащение почвенного профиля лесных коричневых почв полуторными окислами. Почвы на различных породах имеют разное модальное значение одного и того же микроэлемента. Содержание воднорастворимых микроэлементов в почвах на разных породах также различно. Наблюдается увеличение содержания воднорастворимых Си и Мо в верхних горизонтах почв, и увеличение растворимых в соляной кислоте Си и Мо в нижних горизонтах.

Наблюдается вымывание из лесных коричневых выщелоченных почв Sr. Молибден, отчасти Zп и Li, в этих почвах подвижны. В связи с карбонатностью в лесных коричневых типичных и карбонатных почвах очень слабо мигрируют Ba, Ni, Pb, Ga, Zn, накапливаются Sr, Co, подвижен Мо, неподвижен Си. Величина Кза микроэлементов в разных почвах различны (таблица 6).

Увеличение количества гумуса в верхнем горизонте лесных коричневых остепненных почв сопровождается увеличением содержания Мо, Zn, Mn, Ba. Содержание Ti, Zr, Be, Cr

Геохимические формулы горно-лесных почв

Почвы	Ассоциация элементов
Коричневые карбонатные, на вулканогенно-осадочных породах, в пределах 1400—1500 м абс. высоты	$\frac{\text{Li, Co, Cu, V, Ni, Ba, Mo}}{\text{Ti}}$ Mn, Zn, Pb, Sr, Ga, Be;
Коричневые выщелоченные, на вулканогенно-осадочных породах, в пределах 1750—2200 м абс. высоты	$\frac{\text{Li, Mo, Ba, Mn, Cu}}{\text{Ni}}$ Pb, Zn, Ga, Sr, Be, V, Ti, Co;
Коричневые выщелоченные, на монцонитах, в пределах 1800—2150 м абс. высоты	$\frac{\text{Mo, Mn, Li, Zn, Ba}}{\text{Sr, Co, V, Cr}}$ Pb, Be, Ga, Ti, Ni, Cu;

в верхнем горизонте очень мало. Элювиально-аккумулятивные коэффициенты и ряды микроэлементов в гумусовом горизонте лесных почв имеют следующий характер:

Карбонатные почвы (на вулканогенно-осадочных породах)	$\frac{\text{Li}}{3,3} > \frac{\text{Mo}}{2,0} > \frac{\text{Ni}}{1,7} = \frac{\text{Zn}}{1,7} = \frac{\text{Ba}}{1,7} > \frac{\text{Mn}}{1,0} =$ $= \frac{\text{Sr}}{1,0} = \frac{\text{Pb}}{1,0} = \frac{\text{Cr}}{1,0} = \frac{\text{V}}{1,0} > \frac{\text{Cu}}{0,5};$
Типичные почвы (на вулканогенно-осадочных породах)	$\frac{\text{Li}}{3,3} > \frac{\text{Ba}}{2,0} = \frac{\text{Mo}}{2,0} = \frac{\text{Mn}}{2,0} > \frac{\text{Cr}}{1,7} > \frac{\text{Pb}}{1,0} =$ $= \frac{\text{Zn}}{1,0} = \frac{\text{Sr}}{1,0} = \frac{\text{Cu}}{1,0} > \frac{\text{Ni}}{0,8} > \frac{\text{V}}{0,7};$
Выщелоченные почвы (на моноцонитах)	$\frac{\text{Mo}}{3,0} > \frac{\text{Mn}}{2,0} > \frac{\text{Ba}}{1,8} > \frac{\text{Be}}{1,5} > \frac{\text{Cu}}{1,0} = \frac{\text{Pb}}{1,0} =$ $= \frac{\text{Zn}}{1,0} > \frac{\text{Ni}}{0,8} > \frac{\text{Ti}}{0,3} > \frac{\text{V}}{0,1} = \frac{\text{Sr}}{0,1};$

В древесных формах растений наибольшего содержания достигают Ba, Mn, Cu и Mo, а наиболее высоким коэффициентом поглощения обладают Mo, Ag, Zn. Геохимические формулы древесной растительности таковы:

Дубовое редколесье на коричневых карбонатных почвах	$\frac{\text{Mo, Li, Mn, Ag, Cu, Zn, Ba}}{\text{Ti, Ni, Co, Cr, V, Be}}$ Pb, Sr;
Дубово-грабовый лес на коричневых выщелоченных иногда типичных почвах	$\frac{\text{Zn, Mo, Mn, Ag, Cu, Ba}}{\text{Ni, Co, Cr, Ti, V}}$ Pb, Sr;
Дубовый лес на коричневых выщелоченных почвах	$\frac{\text{Mo, Mn, Zn, Ag, Ba, Li, Gd}}{\text{Ti, Ni, Co, V, Cr}}$ Sr, Pb;

В золе листьев деревьев содержание Cu и Mo выше, чем в ветвях и коре. Модальное содержание в древесных растениях

составляет: Cu — 0,019%, Mo — для Каджаранского высокогорья — 0,003%, в Кафанском среднегорье — 0,0003% от веса золы. Повышается содержание Cu и Mo в лесном опаде.

Воды в лесных ландшафтах гидрокарбонатно-кальциевые, с небольшой минерализацией (350 мг/л). Воды дренирующие разные литологические комплексы имеют несколько различный химический состав. У верхней границы распространения леса общая минерализация вод уменьшается (250 мг/л). Изменяется также pH вод (от 7,5 до 7,0). В водах геохимически нормальных лесных ландшафтов содержания микроэлементов (Cu, Mo, Zn, Pb и пр.) незначительны, они ниже чувствительности химического определения. В сухих же остатках вод они выявлены спектральным анализом, что позволило подсчитать коэффициенты водной миграции:

Ряды водной миграции

Воды, дренирующие вулканогенно-осадочные комплексы пород

$$\frac{\text{Zn}}{10,0} = \frac{\text{Ag}}{10,0} > \frac{\text{Sr}}{3,3} > \frac{\text{Mo}}{3,0} > \frac{\text{Li}}{3,0} > \frac{\text{Cu}}{1,3} > \frac{\text{Ni}}{1,0} = \frac{\text{Pb}}{1,0} = \frac{\text{Ba}}{1,0} > \frac{\text{Mn}}{0,4} \frac{\text{Ti}}{0,03};$$

Воды, дренирующие монциты

$$\frac{\text{Sr}}{10,0} = \frac{\text{Ag}}{10,0} > \frac{\text{Zn}}{6,6} > \frac{\text{Mo}}{1,6} > \frac{\text{Li}}{1,0} = \frac{\text{Ni}}{1,0} = \frac{\text{Pb}}{1,0} > \frac{\text{Cu}}{0,7} > \frac{\text{Mn}}{0,3} > \frac{\text{Ba}}{0,16} > \frac{\text{Ti}}{0,03};$$

В. Геохимически аномальные горно-лесные ландшафты.

В пределах лесного пояса находятся некоторые участки Кафанского медно-колчеданного и полиметаллического месторождения (Ачанан, Тежадин), а также центральный участок Каджаранского медно-молибденного месторождения (Гандзар).

В Кафанском геохимически аномальном лесном ландшафте модального содержания Cu в почвах составляет 0,08%. Для аномальных же почв полиметаллических рудопоявлений (Ачанан) характерны: Cu (0,05—0,1%), Pb (0,01—0,03%), Zn (0,03—0,1%). Рудные жилы находятся здесь на глубине 20—40 м, что не ограничивает их влияния на почвенный покров. В почвах, развитых на мощных рыхлых образованиях, наблюдается некоторая дифференциация почвенного профиля по величине аномальности. Так, коэффициент аномальности Zn в верхнем горизонте почв участка Ачанан составляет 4,0, в нижних горизонтах — 20,0, Cu — 2,0 — в верхних и 20,0 — в нижних горизонтах.

В геохимически аномальных мощных коричневых типичных лесных почвах Кафана увеличение содержания рудных компонентов наиболее ярко наблюдается с середины (40—50 см) профиля.

На Гандзасарском участке медно-молибденовое оруденение связано с измененными монцонитами. Мощность зоны окисления сравнительно большая — 30 м. В связи с повышенным содержанием Мо в породах отмечается увеличение общего уровня рассеянного Мо в почвах. В горно-лесных коричневых выщелоченных почвах участка Гандзасар наблюдается некоторое повышение Мо в гумусовом горизонте почв, далее — снижение в средней части профиля и новое повышение на глубине, в коре выветривания.

Изучение дифференциации почвенного профиля по распределению микроэлементов позволяет заключить, что для коричневых горно-лесных почв металлотрическое опробование лучше вести ниже гумусового горизонта — на глубине 20 — 30 см.

Растения лесного пояса по сравнению со степными в меньшей степени поглощают рудные элементы, но тем не менее аномальность в древесных растениях хорошо видна. Наблюдается некоторое увеличение Си и Мо в золе листьев и в опаде. Содержание Мо в золе деревьев колеблется от 0,004 до 0,01%. Коэффициент аномальности Мо иногда доходит до 5,0 (таблица 7).

Таблица 7

Содержание Си и Мо в золе отдельных частей деревьев горно-лесных ландшафтов Каджаранского высокогорья, в ‰

Растения, их части	Ландшафты				коэффициент аномальности	
	геохимически нормальные		геохимически аномальные			
	Си	Мо	Си	Мо	Си	Мо
Дуб восточный (<i>Q. macranthera</i>)						
листья	0,023	0,0021	0,056	0,004	2,0	2,0
ветви	0,015	0,0005	0,042	0,002	2,71	4,0
кора	0,01	0,00075	0,036	0,0016	3,6	2,13
опад	0,05	0,003	0,19	0,015	3,8	5,0
Граб обыкновенный (<i>C. betulus</i>)						
листья	0,03	0,0015	0,04	0,0025	1,25	1,67
ветви	0,01	0,0006	0,026	0,002	2,6	3,3
кора	0,01	0,0007	0,025	0,0012	2,5	1,7
опад	0,025	0,002	0,095	0,008	3,9	4,0

Воды, дренирующие лесные аномальные участки Каджарана, по химическому составу близки к водам геохимически нормальных ландшафтов. Они отличаются лишь по величине

pH (6,2—7,5) и по содержанию SO_4 (50—200 мг/л). Из микроэлементов встречается Mo, у которого содержание меняется в связи со степенью оруденения дренируемых пород (от 0,02 до 2,5 и больше мг/л). Коэффициент аномальности Mo в водах — от 20 до 300. Приводятся некоторые гидрохимические показатели горно-лесных ландшафтов для поисковых целей (таблица 8).

Таблица 8

Некоторые гидрохимические показатели горно-лесных ландшафтов

Регионы	Гидрохимические показатели	Фоновые значения	Аномальные значения	Примечание
Кафанское среднегорье	SO_4 мг/л	8—14	выше 15	1) Си — неподвижен в связи с высоким значением pH вод. Мо — мигрирует хорошо образуя водные ореолы растения 2) Си — очень слабо подвижен в связи с высоким pH. Мо — мигрирует хорошо, размеры ореолов рассеяния зависят от протяженности водотоков
	Cu "	нет	следы и выше	
	Mo "			
	pH "	7,5	6,8—7,0	
Каджаранское высокогорье	SO_4 мг/л	15—25	выше 25	
	Cu "	нет	следы и выше	
	Mo "	0,02	выше 0,02	
	pH "	7,0—7,4	5,4—6,8	

Глава VI. Горно-луговой пояс

А. Геохимически нормальные горно-луговые ландшафты.

Горно-луговой ландшафтный пояс занимает верхний ярус склонов хребтов (от 2350 до 3700 м абс. в.). Включает горно-луговые субальпийские в нижней (2300—2700) и горно-луговые альпийские ландшафты в верхней (2700—3700) частях пояса. Преобладают сильно расчлененные склоны с большой крутизной. Климат холодный. Наиболее распространены следующие подтипы горно-луговых почв: горно-луговые темно-коричневые под субальпийскими разнотравными лугами, горно-луговые коричневые оторфованные под альпийскими разнотравно-злаковыми лугами; горно-луговые светло-коричневые под альпийскими лугами ксероморфного характера. Приводятся данные валового химического анализа макроэлементов в почвах на монцонитовых, гранитовых и известковых породах. Расчеты $K_{эа}$ показали, что кальций и магний вымываются из почвенного профиля, а кремнезем накапливается. В верхних горизонтах накапливается также железо. В почвах, на известняках, накапливаются почти все элементы, кроме стронция, что объясняется спецификой почвообразующих пород (таблица 9).

Геохимические формулы горно-луговых почв

Почвы	Ассоциация элементов
Горно-луговые оторфованные на порфировидных гранитах	$\frac{\text{Mo, Mn, Ba, Cu}}{\text{Sr}}$ Pb, V, Ni, Li, Co, Be, Ti;
Горно-луговые оторфованные на вулканогенно-осадочных породах	$\frac{\text{Cu, Mo, Mn, Li, Pb}}{\text{Sr, Ti}}$ Ba, V, Zn, Ni, Co, Be;
Горно-луговые на монцонитах	$\frac{\text{Li, Mo, Zn, Ni}}{\text{Sr}}$ Co, V, Ba, Be, Ti, Cu;
Горно-луговые на известняках	$\frac{\text{Cr, Cu, Ba, Mo, Mn, Li}}{\text{Sr}}$ Be, V, Ni, Ti, Co, Pb, Zn;

В горно-луговых почвах в гумусовом горизонте накапливаются почти все микроэлементы. Происходит вымывание из почвы стронция.

Ниже приводятся элювиально-аккумулятивные ряды микроэлементов в порядке убывания значений $K_{\text{э}}$, для гумусовых горизонтов почв, на различных почвообразующих породах:

на порфировидных гранитах $\frac{\text{Mo}}{2,5} > \frac{\text{Cu}}{2,0} = \frac{\text{Mn}}{2,0} > \frac{\text{Zn}}{1,6} > \frac{\text{Ba}}{1,5} > \frac{\text{Ni}}{1,0} = \frac{\text{Pb}}{1,0} = \frac{\text{Co}}{1,0} = \frac{\text{V}}{1,0} = \frac{\text{Li}}{1,0} > \frac{\text{Ti}}{0,6} > \frac{\text{Sr}}{0,3};$

на вулканогенно-осадочных породах $\frac{\text{Ni}}{3,3} = \frac{\text{Cr}}{3,3} > \frac{\text{Mo}}{3,0} > \frac{\text{Zn}}{1,7} > \frac{\text{Mn}}{1,0} = \frac{\text{Co}}{1,0} = \frac{\text{Cu}}{1,0} = \frac{\text{Pb}}{1,0} = \frac{\text{Li}}{0,8} > \frac{\text{Ba}}{0,7} = \frac{\text{Sr}}{0,7} > \frac{\text{Ti}}{0,5};$

на монцонитах $\frac{\text{Mo}}{5,0} > \frac{\text{Ba}}{2,5} > \frac{\text{Co}}{1,7} = \frac{\text{V}}{1,7} = \frac{\text{Zn}}{1,7} = \frac{\text{Li}}{1,7} > \frac{\text{Cu}}{1,0} = \frac{\text{Pb}}{1,0} = \frac{\text{Mn}}{1,0} = \frac{\text{Ni}}{1,0} > \frac{\text{Ti}}{0,6} > \frac{\text{Sr}}{0,5};$

на известняках $\frac{\text{Cr}}{10,3} = \frac{\text{Cu}}{10,0} > \frac{\text{Ba}}{5,0} > \frac{\text{V}}{3,3} = \frac{\text{Ni}}{3,3} > \frac{\text{Be}}{3,0} = \frac{\text{Mo}}{3,0} = \frac{\text{Mn}}{3,0} > \frac{\text{Zn}}{2,7} > \frac{\text{Ti}}{1,0} > \frac{\text{Sr}}{0,3};$

Здесь наблюдается установленная и для других ландшафтных поясов закономерность относительного накопления элементов в почвах. В тех случаях, когда содержание элемента в почвообразующей породе мало, в почвах идет их относительное накопление и элементы имеют высокий $K_{\text{э}}$. В остальных

горизонтах горно-луговых почв перераспределение микроэлементов происходит слабо и они близки по составу к почвообразующим породам. Исходя из этого, предлагается при металлотометрии вести опробование почв ниже гумусового-одернованного горизонта. Так как верхняя мелкоземистая-гумусовая часть почв образовалась в результате воздействия горно-луговых трав, то элювиально-аккумулятивные ряды в гумусовых горизонтах почв хорошо сходятся с рядами коэффициентов биологического поглощения микроэлементов. Исключение составляет Sr, которое частично вымывается даже из гумусовых горизонтов.

Геохимические формулы горно-луговых трав таковы:

Альпийские злаковые травы на порфировидных гранитах $\frac{\text{Mn, Ag, Cu, Zn, Mn}}{\text{V, Ga, Zr, Ti}}$ Ni, Cr, Sr, Ba, Li, Pb;

Субальпийские разнотравья на монзонитах $\frac{\text{Zn, Mo, Mn, Ba, Cu}}{\text{Ti, V, Cr, Zr}}$ Ni, Pb, Ag, Ga, Sr, Li;

Субальпийские разнотравья на вулканогенно-осадочных породах $\frac{\text{Sr, Mo, Mn, Cu, Zn, Pb}}{\text{Zr, Ti, V, Ga, Li}}$ Ni, Ag, Ba, Cr;

Природные воды горно-луговых ландшафтов слабо минерализованы, имеют гидрокарбонатно-кальциевый состав и богаты кремнием. В сухих остатках этих вод часто отсутствуют Ba, Pb, Cr, V, Ni, Co, Ti и другие микроэлементы. По-видимому, эти элементы в основном находятся в продуктах физического выветривания. Следовательно, при гидрохимическом методе поисков тяжелых металлов правильнее применять шлиховой метод и опробование донных осадков речных пойм. В сухих остатках этих вод обнаруживаются некоторые другие микроэлементы, для которых ряды коэффициентов водной миграции следующие:

Альпийские луга $\frac{\text{Ag}}{3,0} > \frac{\text{Sr}}{2,0} = \frac{\text{Zn}}{2,0} > \frac{\text{Mo}}{1,5} > \frac{\text{Cu}}{1,0} > \frac{\text{Li}}{0,2} > \frac{\text{Ba}}{0,1}$;

Субальпийские луга $\frac{\text{Mo}}{3,3} > \frac{\text{Ag}}{3,0} = \frac{\text{Sr}}{3,0} > \frac{\text{Zn}}{2,5} > \frac{\text{Cu}}{1,0} = \frac{\text{Ba}}{1,0} > \frac{\text{Pb}}{0,7} > \frac{\text{Li}}{0,3}$;

Ряд подвижности макрокомпонентов таков: $\frac{\text{Cl}}{650} > \frac{\text{S}}{200} > \frac{\text{Na}}{5,5} > \frac{\text{Ca}}{5,0} > \frac{\text{Mg}}{1,0} > \frac{\text{Mn}}{0,5} > \frac{\text{Si}}{0,30}$. Кремний активно поглощается злаками, в результате чего им обогащаются верхние горизонты горно-луговых почв и воды. Большому содержанию кремнезема в водах, по-видимому, способствует также первичная стадия выветривания интрузивных пород. Приводятся гидрохимические показатели для горно-луговых ландшафтов (таблица 10).

Некоторые гидрохимические показатели горно-луговых ландшафтов

Гидро- химич. по- казатели	Фоно- вые зна- чения	Аномаль- ные зна- чения	Примечание
SO ₄ мг/л	6—15	выше 15	Мо — подвижен, Си — слабоподвижен. Размеры их вторичных ореолов рассеивания зависят от степени окисления, мощности и типа оруденения, эрозийного среза, а также от протяженности склонов и водотоков
Мо	нет	следы и выше	
Си	нет	следы и выше	
pH	6,5—7,5	4,8—6,5	

В конце главы коротко описываются особенности горно-луговых аномальных почв на Ахмечитском медно-молибденовом рудопроявлении и гидрохимические особенности вод Казангельского рудопроявления.

В связи с резким преобладанием механических процессов в миграции элементов геохимические особенности горно-ни-
вальных ландшафтов в работе не рассматриваются.

Глава VII. Ландшафтно-геохимическое районирование бассейна р. Вохчи для целей поисков полезных ископаемых

Основанием такого районирования служит сходство внешних условий миграции элементов, связанных с физико-географическими и ландшафтно-геохимическими особенностями. В пределах бассейна р. Вохчи выделены два ландшафтно-геохимических района (Кафанский, Каджаранский), четыре пояса (горно-степной, горно-лесной, горно-луговой, горно-ни-
вальный) и десять типов ландшафтов.

При выделении ландшафтно-геохимических районов принимались во внимание следующие признаки: принадлежность к структурно-металлогенической зоне; сходство истории развития территории и современных типов рельефа; особенности высотной дифференциации биоклиматических условий.

При разделении на пояса учитывались характер климата и почвенно-растительной формации; тип и амплитуда биологического круговорота веществ. При разделении же типов ландшафтов дополнительно учитывались: генетический под-
тип почв в совокупности с растительной ассоциацией; особенности миграционных процессов; литологический состав пород; частные структурно-металлогенетические и геоморфологические особенности территории.

В главе даются геохимические различия и особенности выделяемых регионов: характер химизма почв, растительности, тип коры выветривания, типоморфные элементы и соединения,

класс водной миграции, реакция среды и пр. Исходя из ландшафтно-геохимической особенности отдельных регионов, предлагается рациональный комплекс методов поисков рудных залежей по первостепенности их применения, а также в соответствии с частной металлогенией регионов, приводятся элементы индикаторы.

Заключение

1. Геохимические особенности горных ландшафтов бассейна р. Вохчи определяются, с одной стороны, геологической спецификой территории, с другой — всей совокупностью физико-географической обстановки.

а) Геологические условия формирования ландшафтов и прежде всего химизм пород во многом определяют состав поступающих в ландшафт элементов и уровни их содержания.

Во всех ландшафтных поясах района минерализация пород отчетливо проявляется в аномальном содержании рудных элементов в почвах, водах и золе растений. Минерализация пород отражается также во внешних чертах ландшафта: в цвете почв, коры выветривания, в совокупности растительных ассоциаций, в морфологическом изменении строения растений и пр.

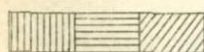
б) Физико-географические различия отдельных высотных поясов появляются в различии типов коры выветривания, почв, минерализации природных вод, реакции среды, вторичных образований, их распределении в почвах, классе водной миграции и подвижности элементов.

2. В целом по исследованному району можно отметить следующие общие геохимические закономерности: в геохимически нормальных ландшафтах, во всех типах почв, наблюдается относительное накопление некоторых микроэлементов в верхних гумусовых горизонтах. Предельными границами, при которых происходит относительное накопление элемента в почвах, являются следующее содержание элементов в почвообразующих породах: $\text{Cu}—0,05\%$, $\text{Ba}—0,1\%$, $\text{Zn}—0,01\%$, $\text{Li}—0,003\%$, $\text{Pb}—0,001\%$, $\text{Ni}—0,005\%$. Исключение составляет Mo . Относительное накопление Mo в гумусовых горизонтах наблюдается даже на месторождениях, когда его содержание в нижних горизонтах почв доходит приблизительно от 0,003 до 0,05%.

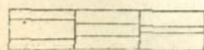
Уровни содержания большинства микроэлементов в остальных горизонтах почв приближаются к содержанию их в самих почвообразующих породах. Процессы почвообразования в целом не вносят значительных изменений в абсолютное содержание микроэлементов. Заметную роль в перераспределении элементов в почвах играют избирательное биологическое поглощение отдельных микроэлементов растениями и их накопление

КОМПЛЕКС РАЦИОНАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ В СООТВЕТСТВИИ С ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕС- КИМИ УСЛОВИЯМИ И МЕТАЛЛОГЕНИЕЙ ТЕРРИТОРИИ (бассейн р. Вохчи)

районы	ЛАНДШАФТЫ	Поисковые методы						МЕТАЛЛОГЕНИЯ
		Гидрохим. с опробова- нием донных осадков	Почвенно- гидрохими- ческий	Поверхност- ная метал- лометрия	Биогеохи- мический	Геобота- нический	Визуаль- ный	
Кафанский	ГС _c			3-10 см				Cu, Zn, Pb (Ag)
	ГКР _c			15-20 см				Cu, Pb, Zn
	ГЛ _c			20-30 см				Cu
Наджаранский	ГС _v			5-10 см				Cu, Mo, Pb Zn
	ГЛ _v			10-15 см				Cu, Mo
	СГЛ _v			ниже определен- ного гори- зонта				Cu, Mo
	АГЛ _v			ниже определен- ного гори- зонта				Cu, Mo
	ГН _v							Cu, Mo
Индикаторы		Mo, Cu, Ag Zn, So ₄	Cu, Mo, Zn	Cu, Mo, Zn Pb, Ag	Mo, Cu, Zn, (Ag)	Морфо-из- менен и приурочен ассоциации	Рудные минералы из окисле- ния	



Ряд по первостепенности
применения поискового
метода



Степень необходимости
применения методов



Метод не показателен

3-10 см - Глубина опробования
почв при металлометрии

ГЛС - Индекс ландшафта

после разложения органических остатков. Так как гумусовые горизонты по химическому составу наиболее отличаются от почвообразующих пород, то желательно, при металлометрическом методе поисков опробование почв вести ниже гумусового горизонта на глубине, где содержание микроэлементов наиболее сходно с содержанием их в породах.

3. Проведенные исследования позволили провести ландшафтно-геохимическое районирование данной территории и выработать основные рекомендации по рациональным методам геохимических поисков, применительным к местным ландшафтным условиям (рис. 1).

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Характер распределения химических элементов в каштановых почвах бассейна реки Вохчи. Известия с/х наук, Министерство с/х Арм. ССР, 7, 1966.

2. К вопросу о содержании и распределении микроэлементов в почвах бассейна реки Вохчи. Известия с/х наук, Министерство с/х Арм. ССР, 2, 1967.

3. Некоторые геохимические особенности «нормальных» ландшафтов бассейна верховьев реки Вохчи. Известия АН Арм. ССР, серия науки о земле, 1—2, 1967.

4. Молибден и медь в ландшафтообразующих растениях на безрудных и рудных участках р. Вохчи. Вестник МГУ, серия география, 3, 1967 г.

Находятся в печати:

5. Смолевка скученоцветковая — индикатор медного оруденения. Сб. «Вопросы геохимии», вып. 2, 1967.

6. Некоторые геохимические особенности горных ландшафтов бассейна р. Вохчи. Известия АН Арм. ССР, серия науки о земле, 6, 1967.

858