

Л. А. ГРИГОРЯН, Г. Б. АРАКЕЛЯН, П. М. КАПЛАНЯН

## ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПРИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКАХ ПО ВТОРИЧНЫМ ОРЕОЛАМ РАССЕЯНИЯ

(на примере междуречья Дебед-Агстев)

Каждый геохимический ландшафт характеризуется особыми условиями образования вторичных ореолов рассеяния вокруг месторождений полезных ископаемых и своими «фоновыми» содержаниями элементов в почвах, породах, организмах. Поэтому методика геохимических поисков должна быть дифференцирована применительно к отдельным геохимическим ландшафтам.

Изученная нами территория площадью в 300 км<sup>2</sup> сложена разнообразными по возрасту и составу породами, обладающими различными фоновыми содержаниями искомым компонентом.

Месторождения и рудопроявления меди и полиметаллов располагаются в различных биоклиматических зонах, включающих: горные степи, субальпийские луга, умеренно-влажные леса, сухие леса и кустарники. Естественно, что в подобных условиях весьма актуальной задачей является выбор наиболее рационального комплекса геохимических поисков.

В основу предлагаемого нами районирования положен принцип, предложенный А. И. Перельманом (1961). Сущность его заключается в анализе биоклиматических, рельефно-морфологических и геолого-литологических условий с учетом класса водной миграции элементов и соединений.

Типы ландшафта выделяются по биоклиматическому признаку. В пределах типа выделяются классы по водной миграции элементов. В пределах класса — роды по рельефу и виды по геологическому строению.

Всего, таким образом, на данной территории в масштабе 1 : 25 000 было выделено 15 геохимических ландшафтов, каждый из которых характеризуется присущими ему общими геохимическими показателями и определенными фоновыми содержаниями металлов-индикаторов в коре выветривания, почвах, водах, растениях.

На базе этого районирования, а также специфики рудоносности территории были разработаны основы для поисков меди применительно к различным ландшафтам и установлен рациональный комплекс поисковых методов на данном участке с выделением ведущего метода.

Ниже приводится характеристика и общие геохимические показатели выделенных районов.

## I. Сухие горные степи, развитые на горно-каштановых почвах

## А. Кальциевый класс водной миграции

а. В условиях интенсивно расчлененных средних гор, сложенных известняками и мергелями кампан-маастрихта.

Северный склон Иджеванского хребта (верховья ручьев Нобелян, Соух и Тойдолян) (табл. 1).

Таблица 1

Сухие горные степи, развитые на горно-каштановых почвах

Рельеф	Геологическое строение		
	Известняки и мергели кампан-маастрихта	Вулканогенные образования юры и интрузивные породы	Вулканогенно-осадочные породы
Слабо расчлененный 1500— 2000 м	—	Северный склон Иджеванского хребта (ниже известняков кампан-маастрихта). Кальциево-натриевый класс водной миграции	Северный склон Иджеванского хребта (ниже известняков кампан-маастрихта). Кальциево-натриевый класс водной миграции
Интенсивно расчлененный 2000— 2500 м	Северный склон Иджеванского хребта (верховья ручьев; Нобелян, Тойдолян и Соух). Кальциевый класс водной миграции	—	—

Характеризуется как типичная сухая горная степь. Большое содержание углекислого кальция в материнских породах создает избыток его и в зоне гипергенеза. Ландшафт молодой и связь гипергенных процессов с литологическим составом пород очевидна. Рыхлая кора выветривания очень маломощна и представлена трухляком. Мощность почвенного покрова не превышает 35—40 см. Растительный покров скуден.

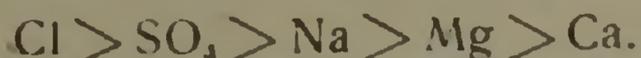
Класс водной миграции, при наличии слабощелочных условий (рН почв и грунтовых вод 7,5—8,0) и окислительной обстановки—кальциевый.

В результате сопоставления валового анализа известняков, образовавшихся на них почв и дренирующих данный ландшафт вод, отмечается значительное увеличение в почве и коре выветривания алюминия и железа. Менее интенсивно, но также накапливаются марганец, кремний и титан.

Сокращаются содержания кальция и натрия.

Высокое содержание калия носит явно выраженный биогенный характер.

Ряды миграции элементов имеют следующий вид:



Аккумуляция элементов в коре выветривания и почвах представлена рядом:  $Al > Fe > SiO_2$ .

Относительно низкая миграционная способность кальция обусловливается избытком его во вмещающих породах и чрезвычайно активным воздействием последних на формирование этого молодого ландшафта. Принимая во внимание широкое обызвесткование продуктов вторичного образования, кальций можно считать типоморфным элементом данного ландшафта.

Распределение металлов по профилю почвенного покрова происходит с увеличением их в верхних частях разреза, причем наибольшая аккумуляция наблюдается у меди, затем у свинца и железа (фиг. 1).

Наиболее рациональными методами поисков в подобных условиях являются: почвенно-гидрохимическая съемка и почвенная металлометрия с глубиной отбора проб до 10 см.

Фоновые содержания меди в почвах и коре выветривания, в силу вышеуказанной аккумуляции, несколько завышены и равны 0,0078\*. Отсутствие меди в водах легко объясняется высокими значениями рН растворов и насыщенностью последних углекислым кальцием, в присутствии которого медь выпадает из раствора. Гидрогеохимическая съемка в данных условиях не перспективна.

#### Б. Кальцево-натриевый класс водной миграции

а. В условиях слабо расчлененных средних гор, сложенных вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями юры.

Северный склон Иджеванского хребта (ниже известняков кампан-маастрихта) (табл. 1).

В биоклиматическом отношении — это сухая горная степь, развитая на коричневых лесных остепненных почвах.

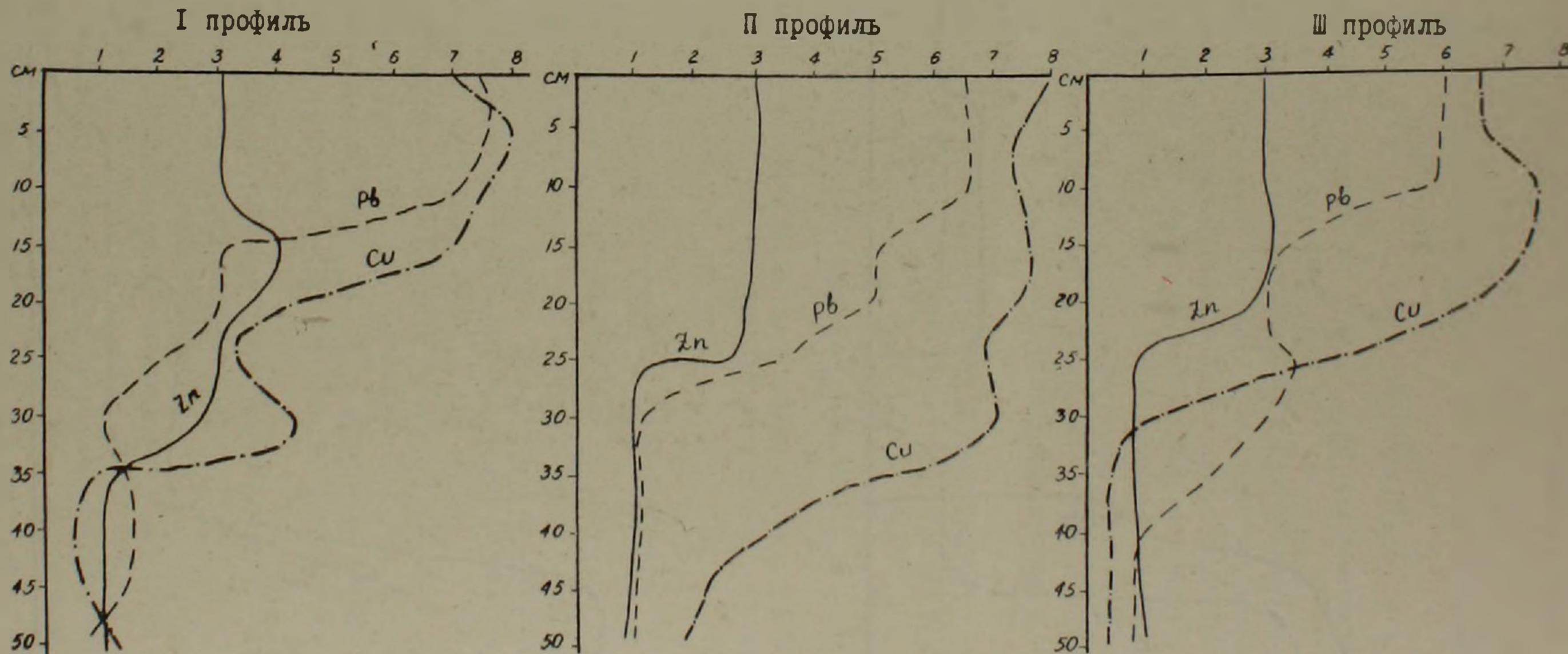
На склонах отсутствуют поверхности выравнивания и висячие долины. Рельеф молодой, эрозионный.

Здесь также наблюдается непосредственная связь гипергенных процессов с литологическим составом пород. Корка выветрелых пород очень маломощна и представлена рыхлым трухляком.

Класс водной миграции, при наличии слабощелочных условий (рН почв и грунтовых вод 7,5—8,0) и окислительной обстановки — кальцево-натриевый.

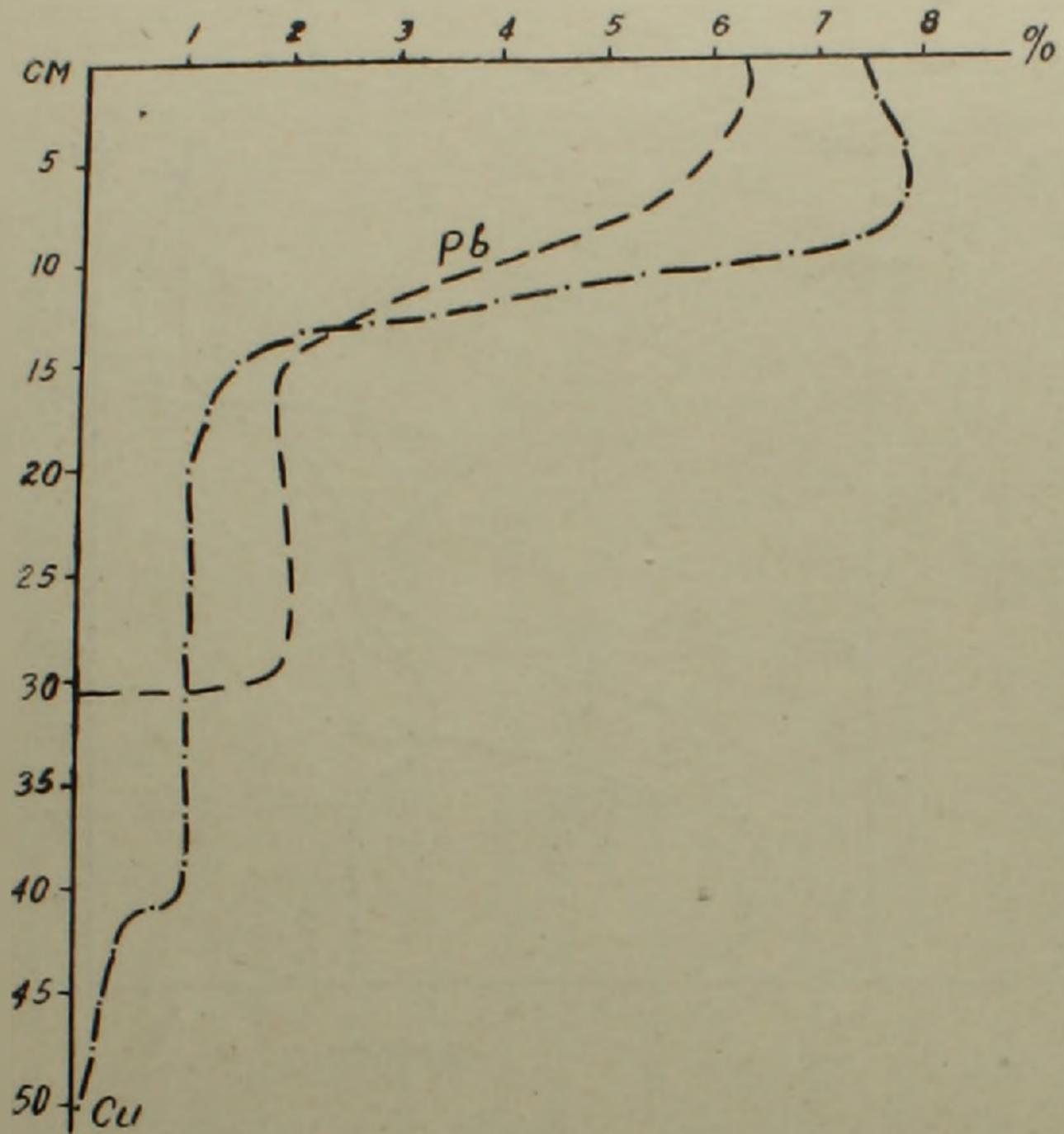
При сопоставлении валового анализа туфобрекчий, являющихся основной материнской породой, почв и дренирующих данный ландшафт вод, отмечается значительное увеличение в почве и коре выветривания алюминия, титана, железа и марганца. Тенденцию к накоплению имеют также кремний и, частично, магний. Резко сокращаются содержания кальция и натрия. Увеличение содержания калия носят, как и в предыдущем случае, биогенный характер.

\* Данные по фоновым содержаниям меди в почвах и породах заимствованы из работы Л. А. Григоряна.

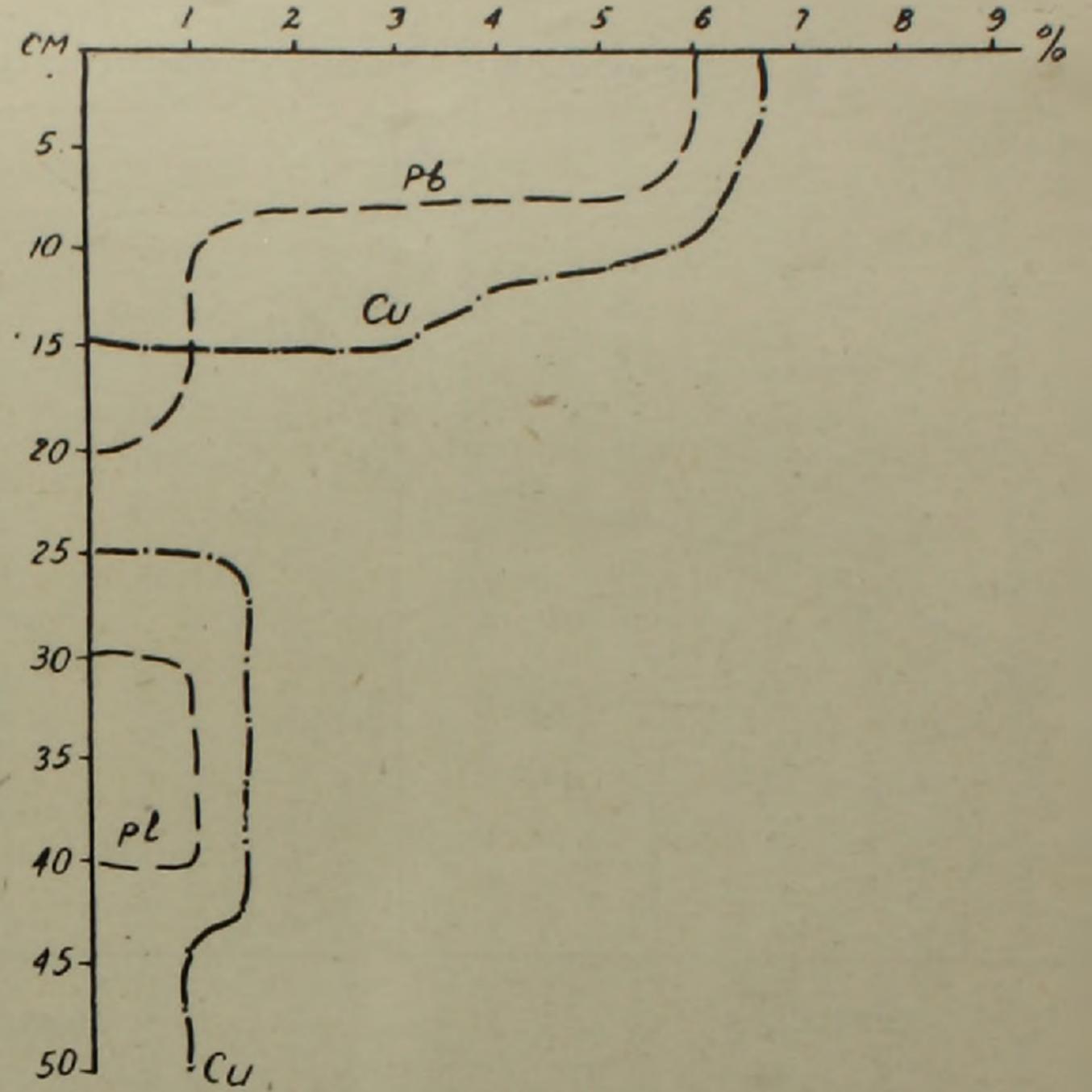


фиг. 1. Распределение металлов по профилям горно-каштановых карбонатных почв в п. 10-3.

Профиль I

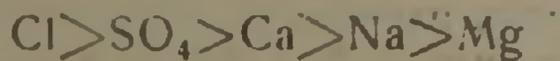


Профиль II

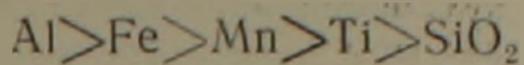


Фиг. 2. Распределение металлов по профилю коричневых лесных остепненных почв в п.  $10^{-3}$ .

Миграция элементов представлена следующим рядом:



Аккумуляция элементов в коре выветривания и почвах представлена рядом:



В почвенном покрове отмечается вынос карбонатов. На поверхности почв видны следы обызвесткования.

Распределение металлов по профилю почвенного покрова проходит с резким увеличением их в верхней части разреза. Начиная с 10—15 см от поверхности, содержания резко уменьшаются (фиг. 2).

Наибольшей аккумуляцией характеризуются медь и свинец. Фоновые содержания меди в почвах и коре выветривания также как и в предыдущем случае несколько завышены и равны 0,074 %.

Наиболее рациональной в подобных условиях является почвенная металлотрия и почвенно-гидрохимическая съемка с глубиной отбора проб до 10 см.

Гидрогеохимическая съемка в условиях данного ландшафта также не перспективна из-за насыщенности растворов углекислым кальцием.

## II. Сухие леса и кустарники, развитые на горно-лесных коричневых почвах

В силу однотипности геолого-литологических разностей пород, слагающих данный тип ландшафта, здесь по классу водной миграции выделяется только:

### А. Кальциевый класс водной миграции

а. В условиях слабо расчлененных средних гор, сложенных вулканогенными образованиями юры и интрузивными породами.

Правый и, частично, левый борт ручья Хач-ахпюр.

б. В условиях слабо расчлененных средних гор, сложенных вулканогенно-осадочными породами.

Правый борт ручья Карахан (северный и южный склоны г. Яных).

в. В условиях слабо холмистых сглаженных гор, сложенных вулканогенными образованиями юры и интрузивными породами.

Правый борт среднего течения р. Агбуга (в 2-х км к северу от г. Далик).

г. В условиях слабо холмистого сглаженного рельефа, сложенного вулканогенно-осадочными породами юры.

Правый борт среднего течения р. Агбуга (табл. 2).

Все перечисленные виды геохимических ландшафтов характеризуются одним классом водной миграции — кальциевым.

Гипергенные процессы здесь имеют одинаковую направленность и интенсивность. Поэтому и геохимическая характеристика этих ландшафтов приводится общая.

Таблица 2

Сухие леса и кустарники, развитые на горно-лесных коричневых почвах  
(кальциевый класс водной миграции)

Рельеф	Геологическое строение	
	вулканогенные образования юры и интрузивные породы	вулканогенно-осадочные породы
Слабо холмистый сглаженный 1500—2000 м	Среднее течение р. Агбуга (правый борт в 2 км к северу от г. Далик)	Среднее течение р. Агбуга (правый борт в 2 км к северу от г. Далик)
Слабо расчлененный 1500—2000 м	Правый борт ручья Хач-ахпюр	Правый борт ручья Карахан (северный и южный склоны г. Яных)

Тощая корка выветрелых пород, подстилающая почвы, характеризуется слабым обызвесткованием (видны налеты и прожилки карбоната кальция).

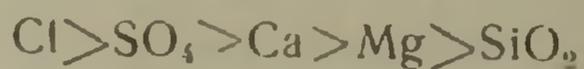
Растительный покров представлен в основном кустарником, карликовым грабом и дубом.

Воды — гидрокарбонатные кальциево-натриевые с минерализацией до 330 мг/л. Класс водной миграции — при наличии слабощелочных условий развития почв и грунтовых вод и окислительной обстановки — кальциевый.

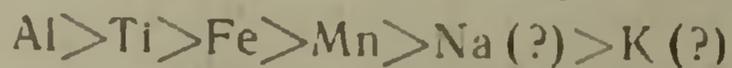
При сопоставлении валового состава кварцевых плагиопорфиров, продуктов их выветривания и почв, развитых на них, и хим. состава вод, дренирующих данный ландшафт, отмечается интенсивное накопление алюминия и титана, а также существенное увеличение содержаний железа и марганца. В почве, по отношению к коре выветрелых пород, резко сокращаются содержания кальция и магния. Это, по-видимому, объясняется тем, что кальций и магний с поверхности почвенного покрова вымываются в нижние горизонты, образуя карбонатный горизонт.

Значительно уменьшается в почве и содержание кремния. Необъяснимым и, на наш взгляд, парадоксальным является увеличение в почвенном покрове содержаний калия и натрия. Если предположить, что увеличение калия носит биогенный характер, то содержание натрия должно было сократиться. Либо это ошибка анализа, либо процесс, объяснение которому мы не нашли.

Таким образом, миграция представлена следующим рядом:



Аккумуляция элементов имеет следующую последовательность:



В пределах горизонта вымывания карбонатов отмечается повышение содержаний тяжелых металлов, осажденных углекислым кальцием.

В почвенном профиле резко увеличивается содержание металлов в карбонатном горизонте (20 см от поверхности). Выше по разрезу содер-

жания уменьшаются, оставаясь, однако, в полтора раза выше фоновых содержаний таковых в исходной породе (содержание меди в кварцплагиопорфирах—0,0034 %).

Как и в предыдущих случаях, наибольшей аккумуляцией характеризуются медь и свинец. В этом же горизонте весьма значительны и содержания железа и марганца, образующие гидроокислы этих элементов (фиг. 3).

Наиболее рациональными в подобных условиях являются: металлометрия по открытым потокам рассеяния (метод донных осадков) и почвенная металлометрия с глубиной отбора проб 20 см. Возможно и применение почвенно-гидрохимической съемки. Однако, при постановке всех вышеуказанных методов поисков следует принимать во внимание, что содержания элементов и, в первую очередь, меди будут несколько завышены (в среднем в два раза против содержаний этих элементов в исходной породе).

Дополняющим методом может служить и гидрогеохимия. Любые содержания меди в водах могут считаться аномальными. Возможности биогеохимического метода для данного типа ландшафта изучены слабо.

### III. Умеренно-влажные леса, развитые на горно-лесных бурых почвах

#### А. Кальциевый класс водной миграции

а. В условиях слабо расчлененных средних гор, сложенных вулканогенными образованиями юры.

Среднее течение р. Сарнахпюр.

Таблица 3

Умеренно-влажные леса, развитые на горно-лесных бурых почвах  
(кальциевый класс водной миграции)

Рельеф	Геологическое строение	
	аллювиально-делювиальные отложения	вулканогенные образования юры и интрузивные породы
Слабо холмистый сглаженный 1500—2000 м	—	Правый борт ручья Хач-ахпюр, напротив Карнута, междуречье Тойдолян и Соух, к северу от р. Соух, к северу от г. Сарнахпюр
Слабо расчлененный 1500—2000 м	—	Среднее течение р. Сарнахпюр
Речные долины и каньоны 1500—2000 м	Верховье и среднее течение рр. Карахан и Сарнахпюр и среднее течение р. Хач-ахпюр	

б. В условиях слабо холмистых сглаженных гор, сложенных вулканогенными образованиями юры.

1) Правый борт ручья Хач-ахпюр (междуречье Тойдолян—Сарнахпюр и восточнее).

2) К северу от г. Сарнахпюр.

3) Верховье и среднее течение р. Карахан.

в. В условиях речных долин и каньонов, еложенных аллювиально-делювиальными отложениями.

1) Верховья и среднее течение рр. Карахан и Сарнахпюр.

2) Среднее течение р. Хач-ахпюр (табл. 3).

Перечисленные виды геохимических ландшафтов имеют широкое распространение в пределах описываемой территории.

Развитие почвенного покрова происходит в слабо кислых и кислых условиях (рН верхних горизонтов почв составляет 6—6,2). Карбонатоз с поверхности нет. Класс водной миграции, при наличии нейтральных и слабокислых условий развития почвенного покрова — кальциевый. Обстановка, в которых протекают гипергенные процессы — резко окислительная.

Происходит интенсивное накопление титана, марганца, алюминия и железа. Чуть замедленнее, но также однозначно повышается содержание кремния. Повышение кальция в выветрелых породах сменяется резким обеднением его в верхних горизонтах почв. Примерно аналогично и поведение магния.

Миграция элементов в данном типе ландшафта представлена следующим рядом:



а аккумуляция:



Накопление металлов происходит в илювиальном карбонатном горизонте, расположенном на глубине 40—45 см от поверхности. Кверху содержания металлов уменьшаются, достигая минимума в интервале 5—15 см от поверхности (фиг. 4).

В пределах подстилки (0—5 см) в некоторых пробах содержание металлов увеличивается.

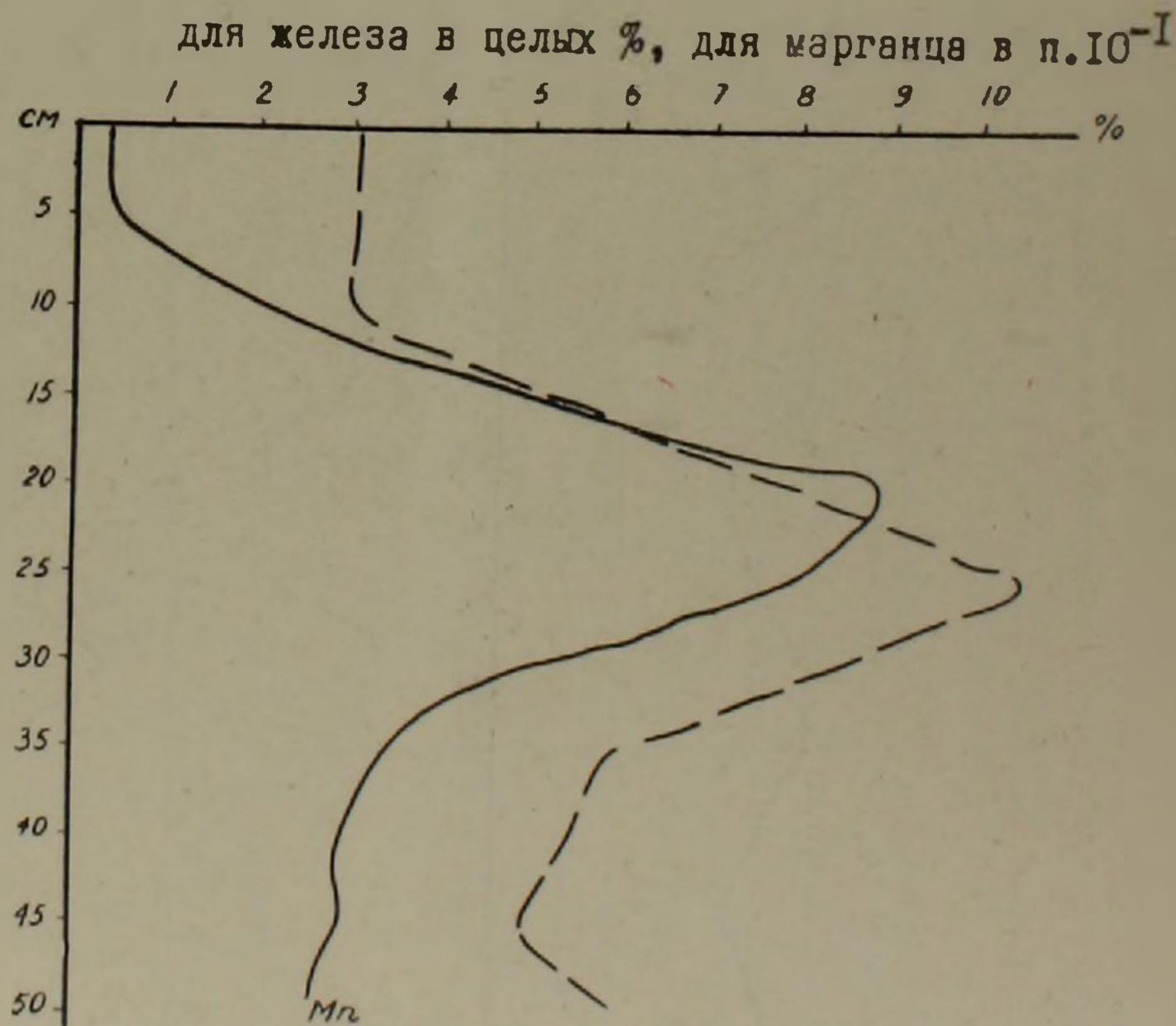
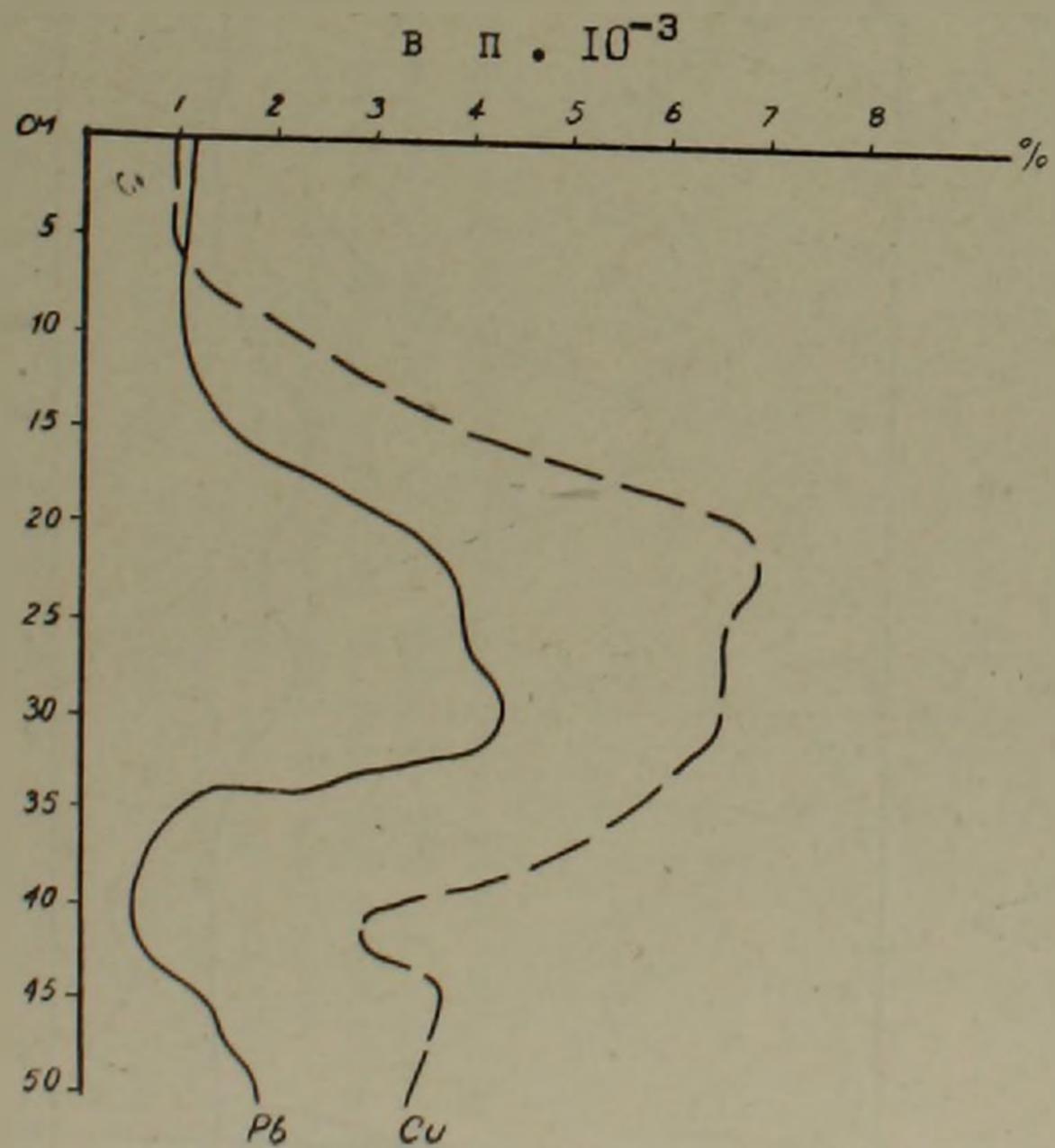
Подвижность металлов и вынос их из верхних горизонтов позволяет считать здесь наиболее перспективным видом геохимических поисков метод донных осадков. В силу значительной глубины илювиального горизонта металлотрия малоэффективна. В комплексе с методом донных осадков возможна постановка почвенно-гидрохимической съемки, в пределах горизонта до 5 см, и гидрогеохимии.

#### IV. Субальпийские луга, развитые на горно-луговых почвах

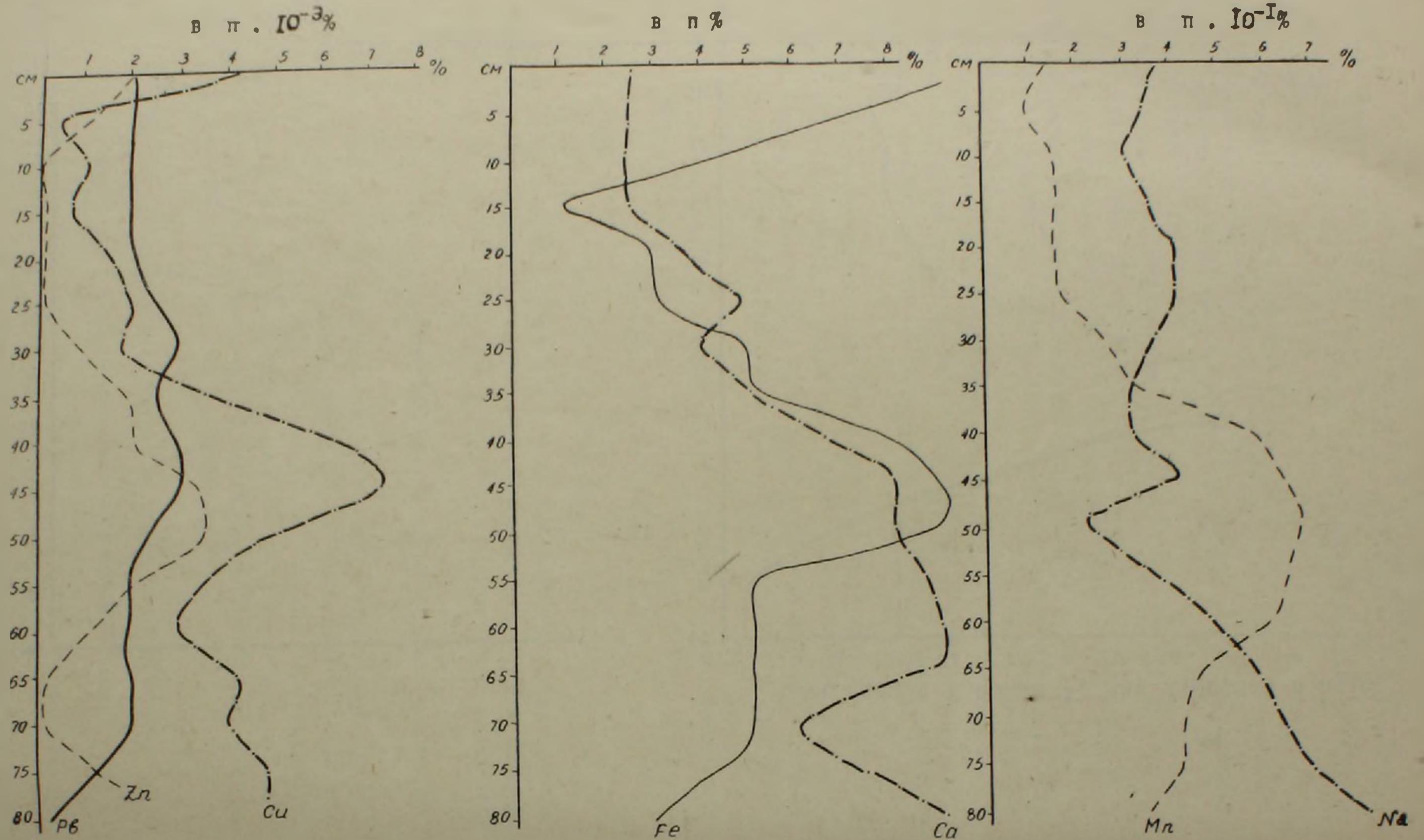
##### А. Кислый, переходящий к кальциевому класс водной миграции

В пределах данного типа выделяются четыре вида геохимического ландшафта, наиболее распространенные в данном районе.

Отмечается однотипность геолого-литологических и рельефно-морфологических условий (табл. 4).



Фиг. 3. Распределение металлов по профилю горно-лесных коричневых почв.

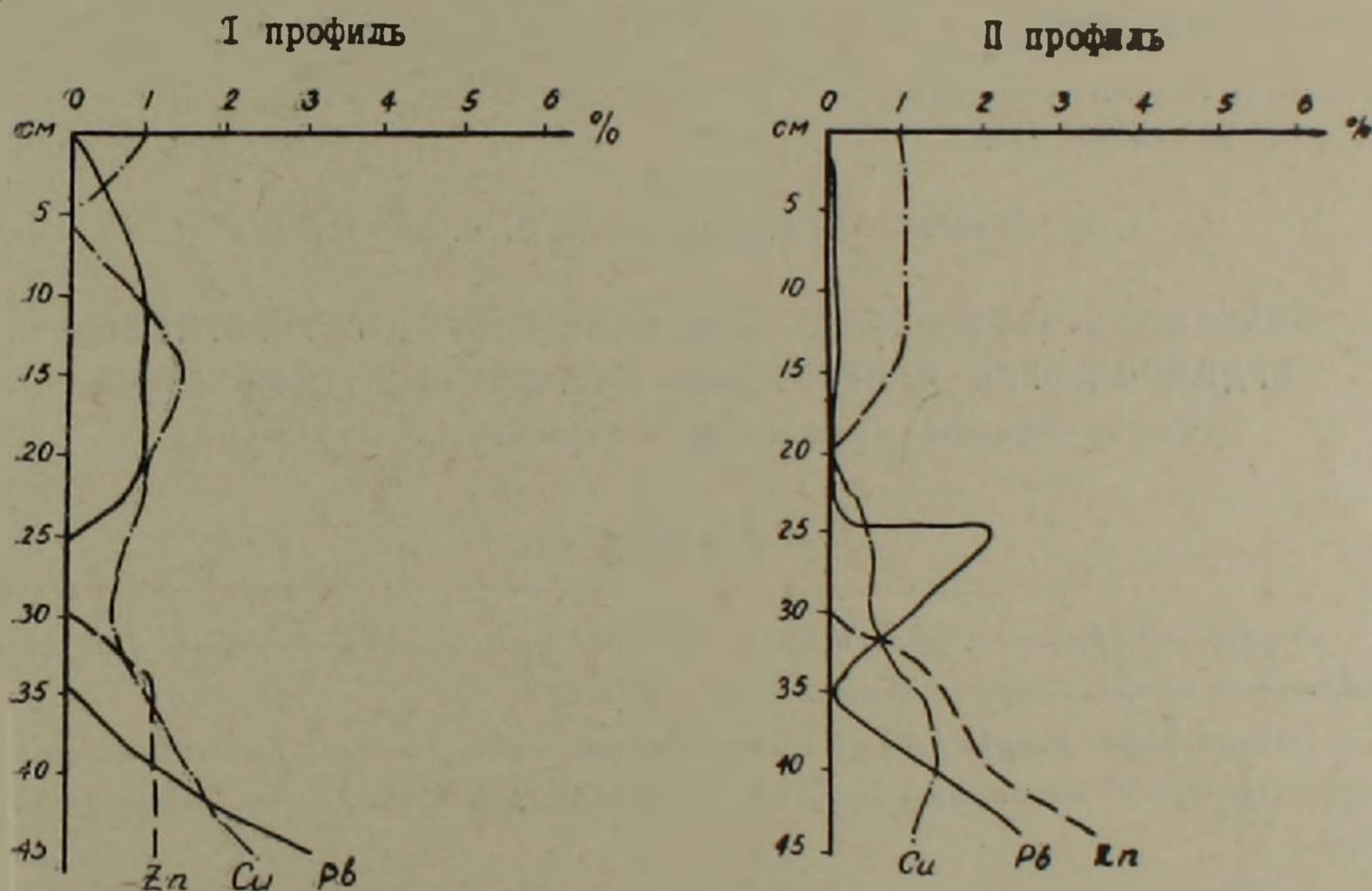


Фиг. 4. Распределение металлов по профилю горно-лесных бурых почв.

Таблица 4

Субальпийские луга, развитые на горно-луговых почвах (кислый, переходящий к кальциевому класс водной миграции)

Рельеф	Геологическое строение	
	вулканогенные образования куры и интрузивные породы	вулканогенно-осадочные породы
Слабо холмистый сглаженный 1500—2000 м	Район гг. Сарнахпюр, Гибрасаилых, Гилак, верховья ручья Агбуга ( $H^+ - Ca^{2+}$ )	Район сс. Сарнахпюр, Гибрасаилых, Гилак. Верховья ручья Агбуга ( $H^+ - Ca^{2+}$ )
Слабо расчлененный 1500—2000 м	Ср. течение р. Нобелян. Верховья ручья Хач-ахпюр. Восточные склоны гг. Тактамош и Толваилу. Район г. Кызыл и Далик. Восточные склоны г. Хач-ахпюр ( $H^+ - Ca^{2+}$ )	Ср. течение р. Нобелян. Верховья ручья Хач-ахпюр. Район г. Далик ( $H^+ - Ca^{2+}$ )



Фиг. 5. Распределение металлов по профилю горно-луговых почв в п.  $10^{-3}$ .

Развитие гипергенных процессов, протекающих под влиянием избытка органических кислот, происходит в слабокислой среде. Вследствие кислой реакции тяжелые металлы из почв вымываются либо в свободном состоянии, либо в комплексе с легкоподвижными соединениями. Класс водной миграции—кислый, переходящий к кальциевому. Непосредственно с поверхности преобладает кислая реакция. Постепенно с глубиной возрастает роль кальция.

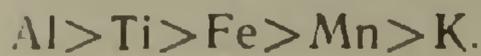
В нижних горизонтах последовательность миграции представлена следующим рядом:  $Cl > SO_4 > K > Na > Mg$ .

Аккумуляция протекает по схеме:  $Al > Ti > Fe > SiO_2 > Ca$ .

В верхних горизонтах почвенного покрова миграция элементов выражена рядом:



а аккумуляция:



Содержание металлов по почвенному профилю весьма низкое с небольшим увеличением в низах разреза (фиг. 5). Вследствие подвижности элементов и выноса их из почвенного горизонта наиболее перспективным можно считать метод донных осадков в сочетании с биогеохимией и, частично, почвенно-гидрохимической съемкой.

Возможности интерпретации гидрогеохимических аномалий несколько ограничены большим количеством воды, поступающей из атмосферы и разбавляющей концентрации искоемых рудных компонентов минерализации.

В результате проведенного районирования составлена карта рационального комплекса геохимических поисковых методов по вторичным ореолам рассеяния.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 9.11.1968..

Լ. Ա. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Գ. Բ. ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ, Պ. Մ. ԿԱՊԵԼՅԱՆ

ԼԱՆԴՇԱՅՏԱ-ԳԵՈՔԻՄԻԱԿԱՆ ՇՐՋԱՆԱՑՈՒՄ ՑՐՄԱՆ ԵՐԿՐՈՐԴԱՅԻՆ  
ՇՐՋԱՊՍԱԿՆԵՐՈՎ ԳԵՈՔԻՄԻԱԿԱՆ ՈՐՈՆՈՒՄՆԵՐԻ ԸՆԹԱՑՔՈՒՄ  
(Դեբեդ-Աղստեվ միջագետքի տերիտորիայի օրինակով)

### Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հոդվածը նվիրված է ցրման երկրորդային շրջաօլսակների հիման վրա գեոքիմիական որոնումների մեթոդների մշակմանը:

Լանդշաֆտա-գեոքիմիական շրջանացման օգնությամբ ուսումնասիրված տերիտորիայում առանձնացվում են գեոքիմիական 4 հետևյալ լանդշաֆտները.

1) Չոր լեռնային տափաստաններ, որոնք զարգացած են լեռնաշղանկազույն հողերի վրա, 2) Չոր անտառներ և թփուտներ, զարգացած լեռնա-անտառային շագանակազույն հողերի վրա. 3) Խոնավ անտառներ, զարգացած լեռնա-անտառային գորշ հողերի վրա. 4) Ալպիական արոտավայրեր, զարգացած լեռնա-մարգագետնային հողերի վրա:

Ապարների, հողերի, թարմ և հողմնահարված տարբերակների և ջրերի զուգակցված անալիզների վերլուծման հիման վրա, առանձնացված յուրաքանչյուր լանդշաֆտային տիպի համար որոշվել են ջրի միզրացիայի կարգերը և սահմանվել են ապարներում, հողերում և ջրերում քիմիական տարրերի միզրացիայի և կուտակման շարքերը:

Վերը շարադրված նյութի վերլուծման հիման վրա առանձնացված յուրաքանչյուր լանդշաֆային տիպի համար առաջարկվում է գեոքիմիական որոնումների ամենից ավելի նպատակահարմար կոմպլեքսը, ցրման երկրորդական շրջապսակների օգնությամբ:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Красников В. И. Основы рациональной методики поисков рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1959.
2. Перельман А. И. Миграционная способность химических элементов в коре выветривания. Сб. «Кора выветривания», вып. 2. Изд. АН СССР, 1951.
3. Перельман А. И. Типоморфные элементы в ландшафте. Природа № 4, 1952.
4. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. Географиздат, 1961.
5. Полюнов Б. Б. Геохимические ландшафты. Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. Изд. АН СССР, 1946.