

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ
АРМЕНИЯ

ГЕОХИМИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД
БАССЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН

Ереван

1997

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ
АРМЕНИЯ

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

П.М.Каплянц А.Р. Галстян Л.А. Григорян
А.И. Карапетян Г.В. Шагинян Ц.О. Эксузян

88981

ГЕОХИМИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД БАСЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН

Издательство "Гитутюн" НАН РА

Ереван

1997



Печатается по решению Ученого совета
Института геологических наук НАН РА

Ответственный редактор — кандидат
геол. мин. наук, доцент А.Л. Ананян

Книгу рекомендовали к печати рецензенты:
кандидат хим. наук Е.А. Стравинская,
кандидат геол. мин. наук А.Л. Ананян

Г 367 ГЕОХИМИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД БАСЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН
Ереван. Издательство "Гитутюн" НАН РА, 1997

В работе рассмотрены вопросы закономерностей формирования макро- и микрокомпонентного состава природных вод бассейна озера Севан. С учетом геолого-металлогенических особенностей исследованной территории приведены фоновые содержания компонентов минерализации во всех генетических типах вод.

Выделены группы рудогенных, петрогенных и техногенных элементов, поступающих в озеро. Изучены рудничные воды всех разведанных и разведуемых месторождений, расположенных в пределах исследованной территории с позиций возможного техногенного заражения вод озера компонентами рудной минерализации.

Высказаны соображения о факторах, обуславливающих метаморфизацию озерной воды, о механизме поступления ряда микрокомпонентов в озеро и условиях осаждения с последующим накоплением их в донных отложениях.

Монография предназначена для гидрогеологов, гидрогеохимиков, озероведов, гидрохимиков, гидробиологов и экогеохимиков, занимающихся проблемой озера Севан.

Г 1805040700 48 — 97
703(02)-90

ББК 26.326(2Ар)

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ

ԵՐԿՐԱՔԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Պ.Ս. Ղափլանյան, Հ.Ռ. Գալստյան, Լ.Ա. Գրիգորյան
Ա.Ի. Կարապետյան, Հ.Վ.Շահինյան, Ծ.Հ. Էքսուզյան

ՍԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ԱՎԱԶԱՆԻ ԲՆԱԿԱՆ ԶՐԵՐԻ ԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱՆ

ՀՀ ԳԱԱ "Գիտություն" հրատարակչություն
Երևան 1997

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF
THE REPUBLIC OF ARMENIA

INSTITUTE OF GEOLOGICAL SCIENCES

GEOCHEMISTRY OF NATURAL WATER OF LAKE SEVAN BASIN

P.M.Kaplanyan, H.R.Galstyan, L.A.Grigoryan
A.I.Karapetyan, H.V.Shahinyan, T.H.Eksouzyan,

Հրատարակվում է ՀՀ ԳԱԱ երկրաբանական գիտությունների
ինստիտուտի Գիտական խորհրդի որոշմամբ

Պատասխանատու խմբագիր՝ երկրաբանա-հանքաբանական
գիտությունների թեկնածու, դոցենտ Ա.Լ. Անանյան

Գիրքը հրատարակման են երաշխավորել գրախոսներ,
քննիական գիտությունների թեկնածու Ե.Ա. Ստրավինսկայան,
երկրաբ.-հանքաբ. գիտ. թեկնածու Ա.Լ. Անանյանը

ՍԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ԱՎԱԶՆՆԻ ԲՆԱԿԱՆ ՋՐԵՐԻ ԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱՆ
ԵՐԼԱՆ ՀՀ ԳԱԱ "Գիտություն" հրատարակչություն 1997թ.

Գիրքում քննարկվում են Սևանա լճի ավազանի բնական ջրերի մակրո - և
միկրոբաղադրիչային կազմերի ձևավորման օրինաչափությունները: Ոստ տարածքի
երկրաբանա-մետաղածնական յուրահատկությունների բերվում են հանքայնացման
բաղադրիչների ֆոնային պարունակությունները ջրերի ծագումնաբանական բոլոր տիպերի
համար:

Առանձնացված են դեպի լիճ ներկվող հանքածին, պետրոծին և տեխնոծին տարրերի
խմբերը: Հետազոտված են հետախուզված և հետախուզվող բոլոր հանքավայրերի
հանքավայրային ջրերը, որ գտնվում են ուսումնասիրված տարածքում ի նկատի ունենալով լճի
ջրերի հնարավոր տեխնոգեն աղտոտումը հանքային տարրերով:

Արված են ենթադրություններ այն գործոնների մասին, որոնք պայմանավորում են լճի
ջրերի մետամորֆիզացիան, ինչպես նաև մի շարք միկրոբաղադրիչների դեպի լիճ ներկման և
նրանց մտնեցման պայմանների և հատակային նստվածքներում նրանց հետագա կուտակման
մասին:

Մենագրությունը նախատեսված է Սևանա լճի հիմնահարցով զբաղվող
հիդրոերկրաբանների, հիդրոերկրաքիմիկոսների, լճագետների, հիդրոքիմիկոսների,
հիդրոկենսաբանների և էկոերկրաքիմիկոսների համար:

ПРЕДИСЛОВИЕ

С целью изучения возможного влияния гипергенных процессов, протекающих в бассейне на метаморфизацию вод озера Севан, возникла необходимость проведения специальных исследований состава природных вод, поступающих в акваторию озера. Результаты этих исследований имеют важное значение не только для решения экологических вопросов, в частности, при необходимости предпринять мероприятия по охране вод озера Севан от загрязнения, но и для решения ряда геолого-геохимических задач, а именно — изучение зоны гипергенеза с постановкой биосферного мониторинга для более рационального размещения производительных сил, а также для прогнозной оценки всей территории бассейна оз. Севан в отношении рудоносности и определения направлений поисково-разведочных работ.

Таким образом, основной задачей проведенных исследований являлось изучение возможного сноса поверхностными и подземными водами в акваторию озера Севан гипергенного материала и его воздействия на метаморфизацию озерной воды. Программа работ проводилась с учетом геолого-металлогенических особенностей всей территории бассейна.

Наряду с изучением характера распределения компонентов рудной минерализации была сделана попытка определения в поверхностных водах, поступающих в озеро, фосфора, фтора, нитратов, нитритов, являющихся биогенными компонентами. Помимо отмеченного комплекса элементов и соединений, определялся также макрокомпонентный состав, величина общей минерализации вод, щелочно-кислотные условия среды. Таким образом, исходя из геолого-металлогенических особенностей региона, в водах химическому анализу были подвергнуты содержания никеля, кобальта, хрома, меди, молибдена, цинка, серебра, свинца, мышьяка, ртути, золота, фосфора, фтора, бора, брома, йода, нитратов, нитритов, натрия, калия, магния, кальция, хлора, сульфатов, гидрокарбонатов, величины общей минерализации, pH среды. Спектральным анализом определялись концентрации железа, марганца, никеля, кобальта, титана, ванадия, хрома, молибдена, меди, свинца, цинка, серебра, мышьяка, фосфора, бора. Донные осадки озера были подвергнуты водно-растворимому и кислотно-растворимому выщелачиванию с последующим гидрохимическим и спектральным определением ряда искомых компонентов.

Также были проведены определения макрокомпонентного состава вод (методика работ предусматривала ежемесячное опробование поверхностных вод). Весь объем химических определений проводился в гидрохимической лаборатории ИГН НАН РА (аналитики Ц.О.Экузян, Р.А.Тунянц).

Спектральные анализы проводились в спектрометрической лаборатории ИГН АН АрмССР на спектрографе ДФС-13 с количественным определением искомых компонентов (рук. лаборатории кандидат технических наук Г.М.Мкртчян, аналитик И.Я.Мертиросян).

Для гидрохимического определения отмеченных микрокомпонентов применялись следующие колориметрические методы: медь - карболатным методом с чувствительностью определения - 0,002 мг/л; никель - диметилглиоксимом - 0,002 мг/л; кобальт - с α -нитро- β -нафтолом солью - 0,0015 мг/л; хром - дифенилкарбазидом - 0,002 мг/л; молибден - роданидом с экстрагированием в эфирном слое - 0,002 мг/л; цинк - дитизоном - 0,002 мг/л; свинец - дитизоном с цианистым калием - 0,0015 мг/л; мышьяк - с хлоридом ртути - 0,01 мг/л; серебро - дитизоном - 0,001-0,0005 мг/л; фосфор (в форме PO_4) - молибденоокислым аммонием - 0,01 мг/л; бор-кармином - 0,1 мг/л; фтор - цирконизарином - 0,2 мг/л; бром - фуксинсерной кислотой - 0,05 мг/л; йод - окислением иона йода нитритом натрия - 0,05 мг/л; нитраты - салицилатом натрия - 0,1 мг/л; нитриты - реактив Грисса - 0,01 мг/л; золото - бриллиантовой зеленью с сорбцией толуолом - 0,00005 мг/л.

Для выяснения количественных параметров миграции ряда элементов в описываемых ландшафтно-геохимических условиях на первом этапе детальными гидрохимическими работами исследовались три месторождения, в пределах которых фиксируется подавляющее большинство элементов, характерных для металлогении всего бассейна, - Соткское золоторудное, Шоржинское хромитовое и Тигра-набердское медное. Но, как было отмечено выше, снос рудогенного материала в озеро (по результатам наблюдений за поверхностными водами всего бассейна) не ограничивался отмеченными объектами, и поэтому программе была расширена с включением наблюдений за всеми природными водами бассейна, как потенциальными источниками приноса в озеро тех или иных компонентов. Генетическая связь ряда микрокомпонентов с определенным типом вод вынудила нас для диагностирования поступлений изучить и общий гидрохимический фон - условия формирования макрокомпонентного состава вод.

Таким образом, всестороннему изучению были подвергнуты природные воды всего бассейна, как возможные источники приноса тех или иных компонентов в акваторию озера.

В методическом плане изученная модель представляла следующую систему: порода - компоненты рудных формаций - подземные воды (включая и рудничные) - поверхностные воды (дренирующие эти образования) - озерная вода - донные осадки озера.

По существу такое комплексное изучение отмеченных природных объектов является первой попыткой подвести экосистему бассейна озера Севан под мониторинг и перейти от решения частных статических задач к исследованию динамики общих процессов гипергенеза (в системе порода - руда - почва - флора-природные воды - фауна - озерная вода - донные отложения озера), выполняемых в составе обширной программы экогеохимических исследований.

С этих позиций основные положения данной работы рассматриваются нами как реперный материал по содержанию тех или иных компонентов в различных природных телах в определенный промежуток времени для последующего изучения динамики и направленности процесса.

По породам устанавливались (в основном по литературным данным) средние содержания тех или иных искоемых компонентов, характерные для данных литолого-петрографических образований и, по возможности, формы их нахождения. Эти данные приводятся в сравнении с кларками этих элементов для соответствующего типа пород.

Изучение химического состава подземных вод проводилось по зонам стоков: местному, региональному и водам затрудненного водообмена. По этому разделу использовались материалы наших многолетних исследований, проведенных в связи с гидрогеохимическими поисками рудных месторождений на территории Армянской ССР. Значительное место в исследованиях было отведено изучению поверхностных вод. С этой целью проводились девятимесячные режимные наблюдения за одиннадцатью основными водотоками, круглогодично сбрасывающими свои воды в озеро Севан: рр.Гаварагет, Дзорагет, Цаккар, Личк, Мартуни, Варденис, тоннель Арпа-Севан, Карчахпур, Масрик, Драхтик (Тохлуджа), Дзкнагет.

Пробы озерной воды и донных осадков отбирались с плавсредств Севанского Гидробиологического Института НАН РА,

сотрудники которого оказывали в процессе всех проводимых нами работ большую помощь. Пробы озерной воды отбирались батиметром погоризонтно: с поверхности, с глубины 10-15 м и придонной части озера. Пробы донных осадков отбирались 0,5 м стратометром с последующим делением колонки на три пробы: верхняя часть, средняя и нижняя части разреза. Всего было отобрано и подвергнуто химическому и спектральному анализам 237 проб воды озера и донных осадков. Использовались 342 анализа из работ предыдущих лет, проведенных, в основном, авторами настоящей работы.

Работа была распределена между авторами следующим образом: Каплянян П.М. - гидрогеология и геохимия природных вод Гегамского и Варденисского хребтов, геохимия озерных вод и донных отложений озера (руководитель работ); Галстян А.Р. - гидрогеология и геохимия вод Севанского хребта; Григорян Л.А. - геохимия вод Соткского, Шоржинского и Тигранабердского месторождений, почвенно-гидрохимическая съемка, орогидрография; Карапетян А.И. - геологическое строение бассейна оз. Севан (геология, магматизм, оруденение); Шагинян Г.В. - гидрогеология и геохимия природных вод Арегунийского хребта, режимные наблюдения за химическим составом поверхностных вод бассейна; Эксузян Ц.О. - химический анализ природных вод, донных отложений и почв, разработка и внедрение чувствительных методов определения ряда микрокомпонентов.

В процессе проведения полевых и камеральных работ принимали участие старшие инженеры лаборатории - Р.А.Бурнутян, М.С.Григорян, старшие лаборанты - Р.П.Гуымджян, М.П.Каплянян, лаборант Л.З.Оганесян, водитель А.Т.Туликян. Большую помощь в процессе работ оказывали сотрудники Севанского Гидробиологического Института НАН РА - Р.О.Оганесян, А.А.Симонян, А.С.Парпаров и Института Озероведения РАН - Е.А.Стравинская, Д.С.Ульянова, Б.А.Румянцев. Совместные маршруты, обсуждение полученных результатов во многом способствовали успешному проведению работ.

1. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ОРОГИДРОГРАФИИ, ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И РУДОНОСНОСТИ БАСЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН

1.1. Орогидрография

Бассейн оз.Севан расположен в центральной части Республики Армения и в морфологическом отношении представляет собой межгорную котловину, центральная часть которой занята озером. На западе котловина ограничена Гегамским, на юге - Варденисским, на северо-востоке и севере - Севанским и Арегунийскими хребтами.

Максимальная высота Гегамского хребта достигает 3597 м (г.Аждаак), немного уступают вершины Спитексар и Атис. Южная часть хребта сильно расчленена, здесь берут начало рр.Азет, Веди и ряд небольших притоков. Восточные склоны Гегамского хребта более пологие.

С южной окраины Гегамского хребта, к востоку от г.Гндасар более чем на 80 км протягивается Варденисский хребет - наиболее важная орографическая единица рассматриваемой территории. Наивысшая точка хребта достигает 3522 м (г.Варденик или Гезаддара), затем идут вершины Сандухтсар, Карнатар, Марал, Парик и др., высота которых достигает 3200-3500 м. Среди этих вершин на высоте 2900-3000 м находится горная равнина Арагеллар, площадью порядка 130 кв.км. Северные склоны Варденисского хребта, по сравнению с южными, имеют меньший уклон. На северных склонах Варденисского хребта сильно отразилось следование Валдайского времени. Сохранившиеся здесь формы ледникового рельефа занимают площадь 75 кв.км, центром которой является район Арагелларских озер. Сейчас ледниковый трог покрыт лавами, из-под которых вытекают мощные родники.

К северо-западу граница проходит по водоразделу Севанского хребта, южные склоны которого сильно расчленены долинами и оврагами. Наивысшие точки Севанского хребта достигают 3200-3400 м (Карахач, Гинал). Далее к северо-западу граница бассейна проходит по водоразделу хребта Арегуни, северные склоны которого имеют более пологий уклон. Между Арегунийским и Памбакским хребтами находится котловина, известная под названием "Перевальная".

Среди рек бассейна оз.Севан наиболее важными являются: Масрик, Гаварагет, Аргичи, Варденик, Дзкнагет и вытекающая из озера р.Раздан. Река Масрик берет начало на западных скло-

нах Зейгезурского хребта на высоте 2900 м; направление течения - с востока на запад. До понижения уровня воды в озере река впадала в озеро Гилли, которое было связано с оз.Севан протоком, но после осушения Гилли она непосредственно впадает в оз.Севан. Река Гаваратет берет начало у подножья г.Аждаак Гетамского хребта, течет в северо-восточном направлении и впадает в оз.Севан у Параццского мыса. Река Аргичи берет начало на северном склоне г.Гндасар, на стыке Гетамского и Варденисского хребтов. Течет в северном направлении и впадает в оз.Севан в южной части. Река Варденик образуется слиянием двух рек, берущих начало в пределах Варденисского хребта. Течет в северном направлении и впадает в озеро в средней части его южного берега. Река Дакнатет, берущая начало на стыке Памбакского и Арегунийского хребтов на восточном склоне г.Тони-ел, течет в юго-восточном направлении. На всех отмеченных реках половодье начинается обычно в начале апреля и продолжается до конца мая или начала июня. Ниже приведены основные количественные характеристики этих рек.

Реки	Длина реки, км	Площадь, кв.км	Средняя высота бассейна, м	Средне-годовой расход м ³ /сек	Модуль стока л/сек.км ²
Масрик	40	792	2310	4,14	6,04
Гаваратет	40	467	2430	3,82	8,18
Аргичи	69	366	2770	5,18	14,2
Варденик	27,5	110	2760	1,77	16,1
Дакнатет	21	86,6	2220	1,11	13,1

Реки Арегунийского хребта (Драхтик, Памбак, Сатанахач, Джил и др.) по сравнению с описанными менее значительны. Единственная, берущая свое начало из оз.Севан, река Раздан течет сначала на запад, а потом - на юг-юго-запад и впадает в р.Арекс. Длина ее 146 км, площадь водосбора 2560 км, без оз.Севан.

1.2. Стратиграфия пород, участвующих в геологическом строении бассейна оз.Севан

Стратиграфический разрез начинается с нерасчлененного комплекса верхняя кра-верхний мел (досенонские отложения), представленного вулканогенно-осадочной толщей (с видимой мощностью около 1000 м), состоящей из диабазов, базальтовых и андезитовых порфиритов, спидитов, туфов, туфоконгломератов, туфобрекчий, лавовидных пород грубозернистых песчаников, алавролитов, мраморизованных известняков, развитых, главным образом, между сс.Арпуни (Кюсямен) и Кутакан (Джанахмед). Досенонские отложения максимальное развитие имеют между сс.Кутакан и Гугарыч (Шийка). Известны они также в районе верховьев рр.Сатанехач и Таналыг. На участке между ущельями рр.Мотасар (Буратапе) и Гедаквели, в нижней части этой вулканогенно-осадочной толщи, развиты андезитовые порфириты с подчиненными им прослоями туфоконгломератов, туфов и песчаников, а в верхней - диабазы, базальты, порфириты с широким развитием лавовидных пород, с многочисленными выходами рифовых известняков (водораздельная часть Севанского хребта).

Общая мощность нижнесенонской терригенно-карбонатной толщи достигает 1100 м. Представлена она в нижней части разреза (коньяк) известняками, переходящими вверх (сантон) в терригенную фацию: конгломераты, мергели, песчаные известняки, алавролиты, известково-кремнистые сланцы. Развиты они по всему северо-восточному побережью озера. Грубообломочные образования широко распространены в средних и верхних течениях рр. Гугарыч, Гейсу, Кархачи, Кутакан и Агехуш. По Л.С.Меликяну, в юго-восточной части территории нижнесенонские породы представлены вулканогенными и пирокластическими образованиями (андезиты, андезито-базальты, диабазы, туфы и туфобрекчий), а также терригенными и карбонатными отложениями (внутриформационные конгломераты, линзы карбонатных пород, рифовых известняков, песчаников, алавролитов, радиоларитов).

Отложения верхнего сенона представлены мощной серией (до 1500-1600 м) карбонатных пород. Нижнюю часть разреза (кампен) составляют пелитоморфные и мергелистые известняки. Они развиты вдоль северо-восточного побережья оз.Севан. В нижней части этой толщи (преобладание реки Конгур) залегают туфогенные песчаники, а на юго-западном склоне г.Ковасар (Инакдаг) в ос-

новании мергелистых известняков залегают базальные конгломераты и песчаники.

Верхняя, наиболее мощная свита (маастрихт) представлена органогенными и глинистыми известняками. По Л.С.Меликяну, именно в это время внедрены дайки и штоки кварцевых липарито-дацитов, кварцевых и бескварцевых диорит-порфиров, дацитовых порфиров и спессартитов.

Наиболее широкое распространение в пределах бассейна оз. Севан имеют палеогеновые образования. Они развиты в северо-восточной, северной и северо-западной частях бассейна, на территории всего Арегунийского и значительной части Севанского хребтов. Представлены, главным образом, вулканогенно-осадочными образованиями с подчиненной ролью терригенно-карбонатных отложений. Суммарная мощность этих пород до 3000 м. Разрез палеогеновых отложений начинается с образований нижнего и среднего эоцена. В основании залегают терригенная лусахпурская свита нижнего эоцена мощностью до 1000 м. На нее налагают среднеэоценовые известняки севанской свиты (100 м). Выше идет мощная (до 1300 м) толща вулканогенно-осадочных образований, прослеживаемая от села Шоржа до села Сотк (Зод). Это - туфогенный флиш (шоржинская свита слоистых туфогенов), представленный туфопесчаниками с редкими прослоями и линзами известняков и лавами андезитового состава. Выше по разрезу налагают образования верхнего эоцена, представленные вулканогенной, вулканогенно-обломочной толщами. Это - андезиты, андезито-базальты, базальты, туфогенные конгломераты общей мощностью до 1100 м. Развиты они на склонах Арегунийского хребта, преимущественно к западу и северо-западу от села Цапатах (Бабаджан). Мощные покровы базальтов, андезитов и их пирокластов слагают большие площади на водоразделе Арегунийского и западной части Севанского хребтов.

Разрез палеогеновых отложений в пределах рассматриваемого бассейна завершается образованиями олигоцена. Разрез этих отложений представлен вулканогенной (дилижанской) свитой. Это - липариты, липарито-дациты с туфогенными конгломератами в основании. Мощность свиты не превышает 400 м. Возраст определяется как средний олигоцен-нижний миоцен. Широкое развитие эти породы имеют в пределах Арегунийского хребта.

В пределах бассейна оз. Севан широкое распространение имеют также и неогеновые образования. Они развиты преимущественно

но в пределах Варденисского и Гегамского хребтов. Нижние горизонты стратиграфической колонки пород этого возраста занимает соленосно-гипсоносная подсвита среднего-верхнего миоцена мощностью 500 м. Она перекрыта известняками верхнего миоцена (сармат), образующими небольшие выходы на правом склоне долины р.Гаварагет. Над этими известняками залегают глинистые породы, конгломераты и мергели того же возраста. Мощность их к юго-востоку от села Арцвакар составляет 100 м.

Над сарматскими отложениями залегают образования нижне-среднего плиоцена. Представлены они терригенно-карбонатными отложениями, мощностью 300 м, и вулканогенно-осадочной толщей, мощностью 500 м. Это - туфопесчаники, мергелистые песчаники, туфобрекчии, туфоконгломераты, липарито-дациты, дациты, туфы, андезиты, андезито-базальты. Породы этой толщи перекрыты озерными отложениями, представленными глинистыми песчаниками, конгломератами, диатомитами, диатомитовыми глинами, липарито-дацитами, дацитами. Завершают неогеновый цикл покровы андезитовых и андезито-базальтовых лав.

На западном, юго-западном и южном побережье оз.Севан наибольшее развитие имеют верхнеплиоцен-четвертичные образования, представленные покровами многократных излияний вулканов, расположенных в водораздельной части Гегамского и Варденисского хребтов. Суммарная мощность лавовых покровов достигает 150-200 м, а на участках палеодолин - до 300 м (по данным бурения). Кстати, эти палеодолины продолжают оставаться путями движения подземных потоков вод. Особое место занимают отложения Масрикской равнины, расположенной на юго-восточном побережье озера. Равнина, занимающая обширную площадь (около 300 кв.км), сложена четвертичными песчано-галечными отложениями. Общая мощность разнообломочных образований достигает 260 м. Аналогичными породами сложено большинство прибрежных участков озера, где наиболее развиты галечники, мощностью до 15-20 м. Областями привноса материала служат отроги Севанского, Варденисского и Гегамского хребтов.

1.3. Интрузивные породы

Как было отмечено выше, разные части территории бассейна оз. Севан характеризуются существенными различиями геологического строения, в особенности интрузивного магматизма. В резуль-

тате многолетних исследований (К.Н.Паффенгольц, С.Б.Абовян, Г.А.Казарян, Л.С.Меликян, С.А.Пеланджян и др.) здесь выделяется ряд магматических комплексов и формаций, краткая характеристика которых приводится ниже.

"Среди интрузивных пород наиболее значительны образования гипербазитового комплекса, представленные гарцбургитами, дунитами, серпентинитами, частично перидотитами и пироксенидами. Они слагают Сотк-Кархакский (Зод-Караиманский) и Шоржинский ультрабазитовые массивы. Породы этого комплекса характеризуются однородностью состава. Сумма окислов кремния, магния и железа в них достигает 95 весовых процентов. Отличаются они высокой магнезиальностью, обедненностью кальцием, алюминием, ничтожным содержанием щелочей, резкой обедненностью аксессуориями, отсутствием титановых, редкоземельных, редкометалльных минералов. В качестве специфического геохимического облика отмечается очень ограниченный набор аксессуарных минералов, при резкой обедненности редкими и малыми петрогенными элементами. Постоянно присутствуют элементы группы железа - хром, никель, кобальт, марганец, титан, ванадий, но характерными являются хром и никель, которые устанавливаются во всех пробах в количествах десятых долей процента. Гипербазиты содержат также повышенные количества меди и цинка, но бедны титаном и ванадием. Широко и интенсивно проявлены процессы серпентинизации и лиственизации. При этом, если серпентинизация протекает изохимически в результате привноса H_2O и бора, то при лиственизации происходит привнос углекислого газа, лития, стронция. Местами лиственинты характеризуются повышенными содержаниями ртути, свинца, сурьмы, мышьяка, германия, меди" (Пеланджян, 1971).

Габброидный интрузивный комплекс является многофазным образованием, сложенным из: а) нормальных габбро, б) лейкократовых габбро, в) плагиогранитов и кварцевых диоритов с переходами в диориты и габбро-диориты.

Устанавливаются два направления в дифференциации и изменении химизма габброидной магмы: первое из них привело к образованию серии пород перидит-пироксенит-лейкократовые габбро-анортозит, другое - кислых дериватов - плагиогранитов и кварцевых диоритов. В первом из них устанавливается резкое уменьшение магния, железа (при незначительном изменении содержания кремнезема), хрома, никеля, кобальта, скандия, меди, цинка,

увеличение лития, хрома, галлия. Во втором - с увеличением кислотности происходит увеличение суммы щелочей, падение содержаний магния, железа, кальция. От габбро к кварцевым диоритам и плагиогранитам увеличиваются содержания бериллия, цинка, иттербия, галлия, бария и понижение содержаний титана, марганца, хрома, никеля, кобальта, ванадия. Породы второго ряда широко представлены в пределах Севанского хребта-Соткский, Шекасарский (Саринарский), Сатанахачский, Шоржинский, Арпункский (Кясаманский) массивы.

Среди пород, участвующих в геологическом строении Севанского бассейна, особое место занимает Севанская офиолитовая зона, которая прослеживается более чем на 350 км, при средней ширине 20 км. Характеризуется она широким развитием изоклинальной складчатости и крупными разрывными нарушениями. В приводораздельной части Севанского хребта (верховье басс.р. Шекасар (Саринар) описывается офиолитовый блок протяженностью 9 км и шириной около 2 км. В его составе, по М.А.Сатиану, встречаются мощные пачки радиоларитов и прочих силицитов, чередующихся с типичными шаровыми спилитами, а также спилитовыми порфиритами. Помимо потоков и покровов в разрезе толщи отмечаются внутриформационные секущие тела диабазов и местами кератофиров. По составу радиолариты разнообразны: марганцевисто-кремнистые, глинисто-кремнистые и известковистые. Среди силицитов, по указанному исследователю, обнаруживаются мелкие линзы марганцевых окисных руд. Тектонически эта толща контактирует с ультрамафитами Джил-Сатанахачского массива, с развитием в зоне контакта разнообразных сланцев, в числе их местами и глаукофансодержащих. У подножья Севанского хребта, в районе сс.Гутарыч, Авазан, в составе толщи наблюдаются линзы апобиоморфных кристаллических известняков, песчаников и гравелитов. Вместе с тем, линзы радиоларитов и микрозернистых кремней здесь маломощные, а развитый в кровле толщи горизонт кератофиров и туфов дацитового состава, с линзами известковистых радиоларитов и глоботрункановых известняков, является маркирующим. К востоку, в районе сс.Кархак и Кутакан, М.А.Сатиан (1981) отмечает ограниченный разломами массив диабазов и габбро, среди которых радиолариты крайне редки. Северо-восточнее, в пределах рудного поля Сотского залоторудного месторождения, парагенез спилитов и радиоларитов дополняется апобиоморфными известняками, местами туффитами и

туфами. Эти отложения вмещают крупные тела мафит-ультрамафитов.

В южной и юго-восточной частях бассейна оз.Севан простирается Врденисский хребет, в геологическом строении которого принимают участие главным образом вулканогенные и осадочные образования. Из них средне- и верхнеэоценовые образования составляют полосу северо-западного простираения шириной 15 км и прослеживаются от Зангезурского хребта через Врденисский (частично и Восточно-Севанский) до Гегамского, где перекрываются молодыми лавами.

В бассейне рр.Масрик и Сотк развиты липарито-дацитовые игнимбриты и эксплозивные брекчии с абсолютным возрастом 23-25 млн.лет, которые рассматриваются как синхронные гортунской миоценовой свите. Они в районе Сотского месторождения перекрываются угленосными отложениями нижнего плиоцена (Меликян, 1962).

На юге бассейна оз.Севан значительную площадь занимает т.н. врденисская свита вулканитов (Казарян и др., 1974), состоящая из лав дацитов, липаритов, андезитов, андезито-базальтов и их пирокластических образований. Возраст этой свиты определяется как плиоцен. Она перекрывается лавами андезитов и андезито-базальтов четвертичного периода, образующих в основном потоки, заполняющие речные долины послеплиоценового рельефа. Здесь значительное место занимают магматические образования различной глубинности и генетической принадлежности - субвулканические, жерловые, экструзивные, а также жильные тела. Многочисленные субвулканические и экструзивные тела, широко развитые на северных склонах Врденисского хребта, связаны с плиоценовым магматизмом. По Г.А.Казаряну и др. (1974), с этим магматизмом связано также формирование Вагашенского интрузива в верховьях р.Мартуни.

В сводном стратиграфическом разрезе геологических образований бассейна оз.Севан принимают участие осадочные, вулканогенные, интрузивные, вулканические образования мела, палеогена, неогена и четвертичного времени. Приводимая стратиграфическая колонка (рис.1) составлена О.П.Гульдмяном с использованием данных В.П.Ренгартена, К.Н.Паффенгольца, А.А.Габриеляна, А.Т.Асланяна, А.Г.Казаряна, С.Б.Абовяна, Л.С.Меликяна, Г.А.Саркисяна, К.И.Карапетяна, М.А.Сатиана, С.А.Паланджяна и др.

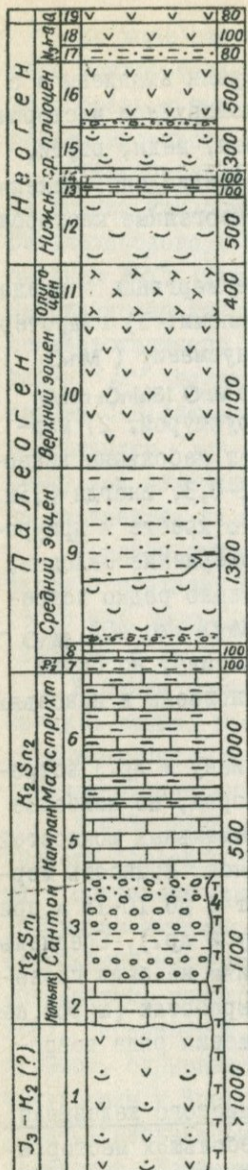


Рис. 1. Стратиграфическая колонка геологических образований бассейна озера Севан: 1 - верхняя юра-верхний мел. Вулканогенно-осадочная толща андезитовых порфиритов с прослойками конгломератов, туфов и песчаников (нижняя часть), диабазы, базальты, порфириты, рифовые известняки (верхняя часть); 2 - верхний мел, коньяк. Андезиты, андезито-базальты, диабазы, туфы и туфобрекчии, терригенные и карбонатные отложения (конгломераты, линзы карбонатных пород, рифовых известняков, песчаников, алевролитов, радиоляритов и яшм); 3 - нижний сенон. Конгломераты, мергели, различные песчанистые и биогенные известняки, песчаники, алевролиты, известково-кремнистые сленцы (терригенно-карбонатная толща); 4 - интрузивные породы основного-ультраосновного состава; 5 - кампан. Пелитоморфные известняки, мергелистые известняки, туфогенные песчаники, базальные конгломераты (карбонатная толща); 6 - маастрихт. Органогенные и глинистые известняки (карбонатная толща); 7 - нижний эоцен. Терригенные глины (лусахпурская свита); 8 - средний эоцен. Известняки (севанская свита); 9 - средний эоцен. Терригенные и карбонатные породы залегают над севанской свитой (вулканогенно-обломочная толща). Верхняя часть представлена туфогенным флишем (песчаники, конгломераты, туфоалевролиты); 10 - верхний эоцен. Андезиты, андезито-базальты, базальты, туфогенные конгломераты (вулканогенная и вулканогенно-обломочная толща); 11 - олигоцен. Липариты, липарито-дациты, в основании туфогенные конгломераты (дилижанская свита); 12 - нижний-средний плиоцен. Песчаники и глинистые породы с пропластками солей и гнездами гипса (соленосно-гипсоносная подсвита); 13 - нижний-средний плиоцен. Известняки, глинистые породы (арцавакская подсвита); 14 - нижний-средний плиоцен. Известняки, мергели, глинистые породы, конгломераты; 15 - нижний-средний плиоцен. Туфобрекчии, туфопесчаники, туфы, туфо-конгломераты; 16 - нижний-средний плиоцен. Липарито-дациты, туфы, андезиты, андезито-базальты (вулканогенно-осадочная толща); 17 - нижний-средний плиоцен. Глинистые породы, конгломераты, диатомиты, диатомовые глины, липарито-дациты, дациты; 18 - верхний плиоцен-антропоген. Андезито-базальты, андезиты; 19 - антропоген. Андезито-базальты, андезиты.

1.4. Рудоносность бассейна озера Севан

В пределах бассейна оз. Севан в настоящее время выявлены и с различной детальностью изучены Соткское золоторудное месторождение и многочисленные рудопроявления золота, меди, ртути, хромистого железняка, марганца, магнетита, молибдена, никеля, кобальта, платиноидов, хризотил-асбеста, экзогенные месторождения аморфного магнетита.

1.4.1. Проявления марганца. Оруденение марганца в пределах бассейна оз. Севан представлено двумя типами: 1) гидротермальные образования: браунит (Mn_2O_3) - гаусманит (Mn_2O_4) - якобит ($MnFe_2O_4$) - криptomелановых ($K_2O \cdot MnO \cdot 15Mn_2O_3 \cdot nH_2O$) руд с колломорфной и кристаллозернистой структурой; 2) марганцевистые радиоляриты. Первый тип образует небольшие линзообразные, гнездообразные тела мощностью 0,1-0,3, иногда 0,5 м, локализованные на многих участках Севанского хребта и приуроченные, в основном, к саринарской толще. Содержание окислов, в основном, невысокие - до 20-25%. Сравнительно редко встречаются и более богатые руды с содержанием MnO_2 до 40%, MnO - до 36,5% (по Л.П. Яшвили). Аналогичные по составу, но более мелкие скопления марганцевых минералов установлены в низовьях р. Авазан.

Марганцевистые радиоляриты (по М.А. Сатиану и др.) встречаются по всей Севанской зоне офиолитовых пород, но наиболее значительные объемы их тяготеют к зоне максимальных мощностей кремнисто-эффузивной формации Севанского пояса. Мощность марганцевистых радиоляритовых тел колеблется от 3 до 10-15 м, при содержании MnO от 3 до 10% (по Г.А. Казаряну и др.). Специальные разведочные работы по этим рудопроявлениям не были проведены. Местами были пройдены мелкие горные выработки (шурфы, канавы), которые, однако, недостаточны для решения ряда вопросов, связанных с их промышленной оценкой.

1.4.2. Месторождения и проявления хромистого железняка. В пределах бассейна оз. Севан известен ряд небольших месторождений и рудопроявлений хромистого железняка - Шоржинское (в связи с Восточно-Шоржинским массивом), "Главная жила", "Ефимовское", "Чатын-Дарасинское", Армутлинское, Кочкаранское, Памбакское, Даринское (в связи с Джил-Сатанахачским массивом), Арпункское (Кясаманское) (в связи с одноименным массивом), Кутаканское, Ковасарское (в связи с одноименным массивом), и др.

Во всех случаях оруденение хромистого железняка приурочено исключительно к дунитам, образующим шпиро-, линзо- и жидообразные тела, ориентированные согласно с общим простираанием массивов (Абовян, 1981).

Химический анализ проб магнохромитов, отобранных вблизи нижних или придонных частей Восточно-Шоржинского, Джил-Сатанахачского и Караиман-Зодского массивов, показал преобладание Mg^{+2} над Al^{+3} . Верхние, или апикальные части этих массивов характеризуются рудами несколько другого состава, соответствующего хромпикотитам и алюмохромитам. В них содержание Al^{+3} почти постоянно преобладает над Mg^{+2} . Исследованием С.Б.Абовяна установлена обратная зависимость между содержанием Al^{+3} , с одной стороны, и Mg^{+2} , Cr^{+3} - с другой, между тем изменения содержаний этих компонентов совершенно не отражаются на содержании Fe^{+2} .

Среднее содержание закиси хрома - Cr_2O_3 в рудах колеблется в пределах от 40-42 до 50-52%, закиси железа FeO - от 13 до 20%, MgO - от 10 до 20%, Al_2O_3 - от 5 до 15% (по Г.А. Казаряну и др.).

В целом устанавливается отчетливое тяготение магнохромитов к южным, сравнительно более глубокоэродированным, и хромпикотитов - к северным или менее эродированным частям отмеченных массивов.

1.4.3. Рудопроявления магнезита. В пределах рассматриваемого бассейна рудопроявления магнезита по существу являются остатками древней коры выветривания и представлены магнезитизированными дунитами, перидотитами, серпентинитами. Главнейший минерал - магнезит, обычно ассоциирует с гидромагнезитом, тальком, тремолит-асбестом, редвискидом (непуитом), гарниеритом, бруситом, ферробруситом, асболоном, пироауритом, бурнъянтелитом, врагонитом, кальцитом, опалом. Они приурочены к Восточно-Шоржинскому (Шоржинское рудопроявление), Джил-Сатанахачскому (Джилское, Цапатахское, Памбакское, Даранакское (Даринское) рудопроявления), Гегамасарскому (Гугарычское, Авазанское рудопроявления), Арпункскому (Арпункское рудопроявление), Керхакн-Сотскому (Ковасарское рудопроявление) массивам. Магнезитизация пород, обусловившая образование этих рудопроявлений, повсеместно охватила лишь поверхностные части верхних горизонтов ультрамафитовых массивов. В общей массе разрыхленной породы количество выделений чистого

магнетита колеблется в пределах от 15 до 50%. По С.Б.Абовяну (1981), Г.А.Казаряну и др., с глубиной в рыхлой магнетитизированной массе содержание MgO уменьшается, содержания SiO_2 и CaO возрастают.

1.4.4. Проявления асбеста. Незначительные по масштабам рудопроявления асбеста установлены среди ультрамафитовых пород на северо-восточном побережье оз.Севан, где они приурочены к Джил-Сатанахачскому (Цапатахское и Даранакское рудопроявления) и Кархаки-Сотскому (Караиман-Зодскому) (Кутаканское рудопроявление) массивам. Первые два рудопроявления, по С.Б.Абовяну (1981), приурочены к плотным серпентинизированным дунитам, сохранившимся в виде крупных останцев среди рыхлой магнетитизированной массы ультрамафитов.

Минерализация асбеста прослежена на глубину 10-12 м. Химический состав асбеста - MgO - 42-44%, SiO_2 - 43-45%, H_2O - 12-13%. В природных водах весьма трудно растворим.

Образование асбеста связывается с процессами серпентинизации, протекавшими под воздействием углекислых и кремнекислых термальных вод.

1.4.5. Проявление титаномagnetита. По С.Б.Абовяну (1981), приурочено к контактовой полосе Центрально-Артанишского габбрового массива с вмещающими известняками кампан-маастрихта, сложенной сильно измененными ожелезненными породами коричнево-бурого цвета. Ширина ее 2-6 м, длина - 80 м. Вблизи от контакта известняки мраморизованы, скарированы. Оруденение представлено мелкой, но весьма густой вкрапленностью титаномagnetита, который ассоциирует с гранатом, представленным идиоморфными, иногда хорошо ограненными кристаллами, размерами до 6 мм. Нередко присутствует также кальцит, образующий ксеноморфные зерна размерами до 3 мм. Выделяется после титаномagnetита и граната. Химический анализ штучных образцов описываемой руды показал: FeO - 46,83%, TiO_2 - 4,17%.

1.4.6. О платиноносности ультрамафитовых пород бассейна оз.Севан. В бассейне оз.Севан платина впервые установлена А.Г.Бетехтиным (1932) в одном из штучных образцов серпентинизированного дунита, где он был представлен иридистой платиной. Содержания платины в штучной пробе с включениями отмеченного минерала составляли 70 г/т; в рыхлых отложениях к югу от Восточно-Шоржинского массива были найдены два маленьких зерна самородной платины.

К настоящему времени, несмотря на наличие данных, свидетельствующих о зараженности массивов ультраосновных пород платиной, специальных исследований на этот металл здесь не проведено.

1.4.7. Рудопроявления меди. Наиболее существенным считается Тигранабердское месторождение меди, которое расположено на левом борту среднего течения реки Гетак (Гетаквели), а рудное поле месторождения охватывает весь бассейн среднего течения указанной речки. Оруденение в своей основной массе приурочено к диабазам, кварцевым диабазам и другим вулканитам офиолитовой ассоциации при подчиненной роли осадочных образований.

Оруденение представлено в виде рассеянно-вкрапленного и ветвящегося прожилково-вкрапленного типов, сложенных, главным образом, халькопиритом, подчиненное значение имеют пирит, карбонат, реже кварц. Локализовано оруденение в зонах низкотемпературной гидротермальной аргиллитизации кварц-карбонат-хлорит-кварцитового состава и окаймляющих (и подстилающих) последние в ареалах безэпидотовой пропилитизации альбит-карбонат-хлоритовой ступени. По данным Г.А.Саркисяна (1979), вулканиты диабазовой толщи, измененные в условиях хлорит-альбит-карбонатной фации, характеризуются следующими концентрациями рудных, редких и рассеянных элементов: марганец (2,6), никель - 52,4 (3), кобальт - 18 (2,5), титан - 6658 (1,3), хром - 121 (1,7), молибден - 1,33 (К), медь - 153 (1,5), свинец - 1,07 (8), цинк - 77,5 (1,6), серебро - 0,08 (1,25), германий - 0,52 (3), олово - 1,65 (К), бор - 6,02 (К), барий - 107,5 (3).

Кроме Тигранабердского месторождения, относимого Г.А.Саркисяном к аргиллитизитовому типу, медная минерализация установлена и в других частях рассматриваемого бассейна. Они представляют собой т.н. эпидотитовый и березитовый типы. Первый из них развит в пределах Соткского рудного поля и, согласно указанному исследователю, представлен эпидотсодержащими кварцевыми и кварцсодержащими эпидотовыми жилами, линзами, прожилками с убогой, местами достаточно интенсивной, рассеянной вкрапленностью пирита (преобладает) и халькопирита, редко пирротина, кубанита, пентландита, борнита, ковеллина, магнетита, сфена.

Березитовый или кварц-пирит-халькопиритовый тип минерализации, по Г.А.Саркисяну (1979), представлен Саринарским ру-

допроявлением, где халькопирит в ассоциации с пиритом, очень редко со сфалеритом, гематитом, магнетитом образует мелкую вкрапленность, небольшие гнезда (до 5 см в поперечнике), прожилки и жилы, мощностью от 0,5 до 4-5 см, иногда до 10 см. В строении последних, кроме рудных минералов, участвуют также кварц, карбонат. Оруденение локализовано в пестроцветных органогенных известняках нижнего сенона. Околорудные изменения представлены карбонатизацией, окварцеванием, серицитизацией.

В составе пирит-халькопиритового концентрата из прожилков установлены высокие содержания никеля (1800 г/т) и кобальта (70 г/т), повышенные концентрации молибдена (150 г/т), наличие серебра (140 г/т), висмута (0,7 г/т), мышьяка (320 г/т), сурьмы (5 г/т), олова (13 г/т), бария (450 г/т), таллия (20 г/т).

Кроме описанных выше типов, в пределах Севанского бассейна в надофиолитовом чехле выделяются также вторично-кварцевый и скарновый типы медной минерализации, которые в пространстве и во времени тесно связаны с умеренно кислыми гранитоидами палеогенового возраста (Саркисян, 1979).

1.4.8. Рудопроявления молибдена. В пределах самой водораздельной части Варденисского хребта установлены рудопроявления молибдена, наиболее интересным из которых является Варденисское рудопроявление. В геологическом строении последнего принимают участие эффузивы андезито-дацит-липаритового состава среднеэоценового и миоплиоценового возраста, липарито-дацитовые экструзии и субвулканические тела, гипабиссальные интрузии гранитоидов, которые в целом слагают вулканическую структуру центрального типа.

Важной особенностью Варденисского рудопроявления является высокая ренийность. В сравнительно бедных молибденом (0,004%) рудах содержание рения иногда достигает 0,19% (Акопян, 1967). В молибденитовых концентратах с содержанием молибдена от 6 до 20% содержание рения достигает 0,94%. В мономинеральной пробе молибденита концентрация рения составляет 1,88% (Фарамазян, 1961). При этом, в отличие от плутогенных медно-молибденовых формаций зоны, в отдельных пробах рядовой молибденитовой руды содержание рения выше, чем молибдена, что дало основание предположить о наличии здесь других концентраторов рения или его собственного минерала (И.Г.Магакян, Г.О.Пиджян, А.С.Фарамазян), а рудопроявление отнести к

рений-молибденовой формации (Карапетян, 1977, 1982). Местами здесь проявлена также медно-мышьяковая минерализация в виде прожилков, пересекающих рений-молибденовую минерализацию. В составе медно-мышьяковых руд участвуют энаргит, теннантит, халькозин, халькопирит, а также люцит, борнит, висмутин, тетрадимит, самородные золото и серебро, разновидности германита и реньерита. Небольшое развитие имеет также полиметаллическая минерализация в виде прожилков кварц-карбонат-полисульфидного состава, характеризующихся повышенным содержанием золота, серебра, теллура, германия, галлия.

Возраст рудовмещающих пород, приуроченность оруденения к экструзивным телам, особенности минерального состава, геохимии руд и структуры рудного поля дали нам основание, вслед за Г.О.Пиджяном и А.Г.Акопяном, оруденение связать с очагом экструзивных тел, считая их глубинно-вулканогенным образованием (Карапетян, 1978).

1.4.9. Проявления ртути. В пределах бассейна оз.Севан в настоящее время известен ряд рудопроявлений ртути, среди которых заслуживают внимания Арпункское (Верхне- и Нижнеарпункское), Мотасарское (Буратапинское), Кутаканское (Джанахмедское), Сараланджское, Конгурское, Памбьякское и др.

Согласно С.Б.Абовяну (1971), участки Арпункского и Мотасарского проявлений сложены вулканогенно-обломочной толщей нижнего сенона, прорванной в северо-западной части габбро Арпункского массива. Вулканогенно-обломочная толща представлена сильно измененными диабазовыми порфиритами, с которыми переслаиваются туфобрекчии, туфоконгломераты, туфолинзы и пачки небольшой мощности. На Арпункском рудопроявлении, согласно указанному исследователю, минерализация ртути приурочена к заохренным известнякам, Ширина оруденелой зоны 1-3 м, длина 35-40 м. На Мотасарском проявлении оруденение приурочено к зонам обохренных кварц-карбонатных пород, мощность которых составляет 10-26 м, длина - 25-40 м.

Ртутная минерализация Кутаканского рудопроявления развита в дайкообразных телах средне- и крупнокристаллических пироксенитов, которые вдоль узкой полосы субширотного простирания гидротермально изменены, превращены в кварц-карбонатные обохренные породы.

Ртутная минерализация Сараланджского проявления приурочена к гидротермально измененным - окварцованным, карбонатизированным туфоконгломератам, туфобрекчиям, которые ассоции-

руют с глинистыми сланцами и мраморизованными известняками. Длина минерализованной зоны 500 м, ширина 50 м.

На участке Конгурского рудопоявления минерализация ртути приурочена к окварцованным, карбонатизированным, слабо пиритизированным породам, которые при ширине 40-50 м прослеживаются более чем на 1,5 км.

Главным и почти единственным минералом ртути является киноварь, которая образует примазки, вкрапленность, тонкие прожилки. С киноварью ассоциируют кварц, кальцит, пирит, халькопирит, магнетит, титаномagnetит, реже хромшпинелиды. Содержание ртути в отмеченных рудопоявлениях колеблется в пределах от 0,01 до 2,5%.

Все рудопоявления рассматриваются как низкотемпературные гидротермальные образования, вероятно связанные с очагами гранитоидных интрузивов.

1.4.10. Месторождение и проявления золота. В пределах бассейна оз. Севан золото образует промышленные концентрации, которые приурочены к Соткскому рудному полю. Сравнительно небольшие концентрации золота установлены также в рудных полях рассмотренных выше месторождений и рудопоявлений марганца, меди, ртути, молибдена. Соткское золоторудное месторождение является не только наиболее важным, но и уникальным по своему минеральному составу руд, которые рассматриваются нами как пример неравномерного распределения оруденения, которое местами характеризуется исключительно сложным (многокомпонентным) составом руд. Главными рудовмещающими породами являются ультрамафиты и габброиды Соткского габбро-перидотитового массива, а также секущие их тела липарито-дацитовых порфиров, в меньшей мере диабазовые порфиры. Здесь проявлена целая группа интрузивов и дайковых тел.

Исследованиями Ш.О.Амиряна (1974), А.И.Карапetyана (1969, 1970), Л.С.Меликяна (1981) и др. установлен многостадийный и полигенный характер оруденения. Оно, по Л.С.Меликяну, сочетает элементы как зональности, так и телескопирования. Гидротермальная минерализация началась с формирования безрудной кварцевой стадии, затем проявляется арсенопиритовая стадия, в минеральном составе которой участвуют также пирит, пирротин, сфалерит, халькопирит, арсениды никеля. Наибольшее развитие имеют руды полиметаллической (полисульфидной) стадии. В эту стадию формировалось большинство рудных тел месторождения и

других участков рудного поля. По Л.С.Меликяну, образование полиметаллических руд имело место в результате ранней кварц-сульфидной и поздней кварц-карбонат-сульфосолевой стадии минерализации. Затем проявляется золото-теллуровая стадия, продукты которой сконцентрированы в пределах главных рудных тел и образуют прожилки, вкрапленность, гнезда, линзы. В большинстве случаев они наложены на продукты предыдущих стадий и во всех случаях отличаются неравномерным, бонанцовым характером проявления.

Главными в этой стадии являются теллуриды золота, серебра, висмута, свинца, никеля, меди, самородное золото, сульфиды, карбонаты, кварц, но в целом стадию относят к малосульфидной.

Завершающей собственно рудообразовательный процесс является антимонитовая стадия, которая местами наложена на продукты предыдущих стадий и нередко образует обособленные тела в виде прожилков, вкрапленности, жил и их комбинаций. Слагающие эту стадию минералы и их парагенезисы существенно отличаются друг от друга в отношении золотоносности. Сульфиды отличаются значительной золотоносностью, а антимонит, наоборот, стерилен в отношении золота.

Гидротермальный этап завершается карбонатной (иногда с кварцем) безрудной стадией. В пределах рудного поля Сотского золоторудного месторождения, кроме отмеченных стадий, с различной интенсивностью проявлены также хромитовая, медная и никель-кобальтовая минерализации, которые, однако, во времени значительно оторваны от собственно золоторудного оруденения и, по всей вероятности, представляют собой продукты более ранних этапов минерализации, обуславливая ее полиэтапно-полиформационный характер (Карапетян, 1969, 1979; Меликян, Саркисян).

Преобладающее большинство промышленных рудных тел месторождений объединяет продукты некоторых из отмеченных стадий минерализации. Они, как правило, имеют субширотное простирание и приурочены к тектоническим разломам. Кроме того, в пределах Сотского месторождения выделяются также участки штокверкового оруденения в габбро. Во всех случаях оруденение проявляется совместно с гидротермальными изменениями, выраженными в окварцевании, карбонатизации, каолинизации, хлоритизации, пиритизации.

Из отмеченных стадий минерализации главную промышленную

ценность в отношении золота, серебра, теллура и висмута представляют руды пирит-арсенопиритовой, полисульфидной и золото-теллуровой стадий. Небольшие содержания золота, серебра и теллура были установлены также в рудах антимонитовой стадии, где они главным образом связаны с пиритом, арсенопиритом, кварцем, другими сульфидами, но в антимоните содержание золота очень низкое и, вероятно, поэтому в нем под микроскопом самородного золота не было установлено (Амирян, 1974). Наибольшее распространение имеют т.н. полисульфидные руды, затем в убывающем порядке идут пирит-арсенопиритовые, золото-теллуровые и сульфoантимонитовые руды. Согласно Ш.О.Амиряну, в составе ранней стадии вместе с кварцем встречается вкрапленность пирита, халькопирита, никелина, миллерита, ильменита, магнетита, появление которых он связывает с переотложением хрома, пирита, железа, никеля, кобальта, меди, заимствованных из вмещающих пород.

В растворах второй стадии основными компонентами являются железо и мышьяк, сера имеет подчиненное значение, из элементов-примесей участвуют марганец, никель, кобальт, медь, свинец, цинк, сурьма, золото, серебро, теллур, висмут.

Важнейшими элементами третьей стадии считаются кремний, магний, кальций, марганец, в особенности железо, медь, цинк, сурьма, мышьяк, сера. Значительную роль играют также никель, кобальт, сурьма, теллур, серебро, олово, золото, висмут, в меньших количествах также селен, германий, кадмий, индий, галлий.

Главными слагающими руды четвертой стадии являются кремний, кальций, железо, марганец, теллур, золото, серебро, висмут, меньшую роль играют свинец, никель, медь, ртуть, еще меньше селен, ванадий, сурьма. Особый интерес представляют теллуриды висмута, никеля, ртути, свинца, серебра, золота, меди.

К числу главных рудообразующих элементов относятся кремний, кальций, магний, железо, алюминий, сурьма, свинец, мышьяк, медь, сера, небольшую роль играют также никель, кобальт, серебро, висмут, хром, цинк, многие из которых, в особенности никель, кобальт, хром, по мнению Ш.О.Амиряна, связаны с вмещающими породами. Таким образом, в ходе процесса рудообразования состав гидротермальных растворов, их характер и условия минералообразования неоднократно менялись. При этом, поскольку

ку оруденение Соткского месторождения представляет собой полигенно-полихронное явление, в рудах встречаются характерные не только для средней кислой магмы элементы, но и такие, которые связаны с основной-ультраосновой магмой.

Устанавливается олигоцен-нижнемиоценовый возраст для собственно золоторудного оруденения. Оно, согласно исследованиям Ш.О.Амиряна, Л.С.Меликяна и др., следовало за становлением серии малых интрузивов, представленных кварцевыми липарито-дацитовыми порфирами.

2. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ БАССЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН

При составлении данной монографии авторы не задавались целью воссоздать исчерпывающую картину гидрогеологического районирования описываемого региона. Этой теме посвящено большое количество работ, проведенных различными исследователями, начиная с двадцатых годов (А.А.Соколов, Б.Д.Зайков, С.Я.Лятти, К.Н.Паффенгольц, А.П.Демехин, позже А.Н.Назарян, А.А.Саркисян, В.А.Аветисян, А.А.Тер-Мартirosян, А.О.Оганян, А.Л.Анамян, А.Р.Галстян, П.М.Каплянян, С.П.Бельян, В.Т.Вегуни, О.А.Агинян, Р.С.Минасян и другие), и которые продолжают по сей день. В конечном итоге все эти исследования направлены на установление количественных параметров приходно-расходной составляющих баланса природных вод всего бассейна. С середины семидесятых годов в связи с разработкой мероприятий, направленных на подъем уровня озерной воды большой объем научно-исследовательских и производственных работ был выполнен различными союзными учреждениями и ведомствами, среди которых следует выделить: Институт озероведения АН СССР (Трешников, Б.А.Румянцев, Е.А.Стравинская; Институт гидробиологии АН АрмССР (Р.О.Оганесян, А.А.Симонян, А.С.Парпаров); Армгеолуправление (В.Т.Вегуни, Г.Б.Ктыкян, О.А.Агинян, А.А.Хачатрян); Институт водных проблем и гидротехники (Л.А.Чилингарян, М.С.Торгошян, Р.С.Минасян, К.А.Оганесян); Ереванский госуниверситет (В.А.Аветисян, С.П.Бельян, П.С.Бошнагян); Институт геологических наук АН АрмССР (П.М.Каплянян, Г.В.Шагинян).

Для обоснования основных гидрогеохимических построений нами приводится лишь схема гидрогеологического деления, предложенная В.А.Аветисяном и В.Т.Вегуни для территории республики. По этому признаку выделяются три типа вод, циркулирующих в различных литолого-петрографических комплексах пород:

1. Покрово-трещинный тип вод, циркулирующий в верхнеплиоцен-четвертичных лавах и их пирокластах (Гегамский и Варденисский хребты).
2. Пластово-трещинный и массиво-трещинный тип вод, приуроченный к осадочным, терригенно-осадочным, интрузивным, метаморфическим, вулканогенным и вулканогенно-осадочным породам (Севанский и Арегунийский хребты).
3. Пластовый тип вод в озерно-речных и континентальных отло-

жениях (Масрикская равнина).

В основу же принятой нами вертикальной гидродинамической зональности положен принцип трехчленного вертикального гидродинамического деления, предложенный Н.К.Игнатовичем и доработанный для горных стран Б.Л.Личковым, характеризующийся зависимостью динамики вод от положения базисов эрозии. В результате отмеченного подхода выделяются различные зоны стоков: местного, регионального и вод зоны глубокой циркуляции. Принимая во внимание, что описываемый регион с гидро-геохимических позиций не составляет единого целого, то и приводимое описание ведется с учетом особенностей каждой из выделяемых морфоструктур, определяющих в конечном счете динамику и химизм вод.

Выделяются крупные морфоструктурные единицы, обладающие, по нашему мнению, "балансовой самостоятельностью" (терминология Макаренко, 1948). Это - Севанский, Варденисский, Гегамский, Арегунийский хребты и Масрикская котловина. Все перечисленные морфоструктурные единицы в разной степени, но непосредственно имеют влияние на гидродинамический и гидрохимический режимы вод бассейна озера Севан. Исходя из опыта многолетних гидрогеохимических работ в бассейне озера Севан, можно отметить, что роль выделенных морфоструктурных единиц в гидродинамическом и гидрохимическом режиме озера далеко не одинакова. Наиболее существенное влияние на режим озерной воды имеют подземная и наземная составляющие стока с Варденисского хребта. Обладая значительной площадью водосбора, большим относительным превышением хребта над уровнем озера, позволяющим на протяжении 6-8 месяцев сохранять снежный покров и регулировать сток, в сочетании с благоприятными рельефно-морфологическими и литолого-петрографическими условиями, Варденисский хребет обеспечивает круглогодичное питание озера поверхностными и подземными водами. Сток северного склона, обращенного к озеру, превалирует над стоком южного склона. Гегамский хребет, смыкающийся с отмеченным на северо-западе, также играет большую роль в питании озера подземным и наземным составляющими стока. Имея аналогичные с вышеописанным климатические и литолого-петрографические условия, Гегамский хребет обладает несколько меньшим бассейном водосбора. В силу рельефно-морфологических условий здесь более равномерно распределен сток на восточный и западный склоны опи-

сываемого массива. Таким образом, на долю бассейна озера приходится по зоне местного стока примерно половина водного баланса.

Значительно уступая по водному балансу вышеотмеченным массивам, воды, формирующиеся в пределах Севанского хребта, имеют, тем не менее, существенное влияние на метаморфизацию химического состава озерной воды. Эти воды обладают минерализацией, как правило, превышающей в 2-3 раза минерализацию вод вышеописанных морфоструктурных единиц.

Наименьшие поступления в озеро как по наземному, так и поподземному составляющим стока приходится на воды, формирующиеся в пределах Арегунийского хребта. Являясь северо-восточным продолжением Севанского хребта, описываемый гидрогеологический массив обладает небольшой площадью водосбора. В рельефе хребет асимметричен - с длинным пологим северо-восточным склоном, обращенным к Куринской депрессии, и крутым - юго-западным, обращенным к озеру. На юго-западном склоне отмечается совпадение местного и регионального базисов эрозии. Поверхностные водотоки весьма кратковременны и характеризуются небольшой минерализацией. Все это характеризует хребет как весьма слабо обводненный.

Значение подземного стока Масрикской котловины на воды озера окончательно не выяснено. Область питания вод котловины располагается в пределах юго-восточной оконечности Севанского и восточной - Варденисского хребтов. Формирование вод котловины происходит за счет вод регионального стока вышеотмеченных гидрогеологических массивов. В самой котловине отмечаются два напорных горизонта подземных вод, имеющих разгрузку в озеро.

2.1. Гидрогеологические условия Севанского хребта

Составляя часть крупного гидрогеологического региона, заключенного между системами рек Кура, Тертер и бассейном озера Севан, описывая область, как крупная морфологическая единица со среднегорным структурным рельефом, характеризующимся множеством эрозионных врезов, играет заметную роль в формировании химического состава вод озера.

Сухой континентальный климат, расчлененный рельеф с большой глубиной эрозионных врезов, незначительность области питания, совмещенность областей формирования и разгрузки,

структурно-литологические особенности слгаемых пород с присущим им характером водопроницаемости, обуславливает прева-лирование наземного стока хребта над подземным и исключает возможность накопления сколько-нибудь значительных запасов подземных вод.

Питание подземных вод, равно как и наземного стока, происходит в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков, причем значительная роль в этом процессе принадлежит снеготаянию. Наибольшее значение имеет продолжительность (до 160 дней) и высота (40-45 см) снежного покрова, выпадающего на отметках, превышающих 2500 м. По существу, этим и обуславливается сезонность многих поверхностных водотоков, пересыхающих к середине июля.

По глубине циркуляции подземных вод в пределах хребта выделяются три гидродинамические зоны: зона местного стока, зона регионального стока, зона вод глубокой циркуляции.

2.1.1. Зона местного стока располагается выше местных базисов эрозии и ограничена эрозионными врезами рек: Арта-ниш, Горуз (Норуз-дара), Хентук (Дали-ага), Джил, Цапатах, Шишкерт, Памбак, Караван-сарай, Сатанахач, Шекасар, Гугарыч, Авазан, Арпунк, Кархакн, Гедаквели, Кутакан, Конгур, Ковасар, Сотк.

Для вод этого, имеющего наибольшее распространение, гидродинамического этежа характерным является неглубокая, кратковременная, разнонаправленная циркуляция, быстро переходящая в наземный сток. В пределах этой зоны выделяются: подзона аэрации, подзона грунтово-трещинных вод, подзона пластово-трещинных вод.

Воды подзоны аэрации циркулируют в молодых, маломощных новообразованиях, покрывающих местами коренные отложения. Благодаря исключительной обнаженности хребта, воды подзоны аэрации имеют весьма ограниченное распространение. Наиболее распространены они в породах ультраосновного комплекса, легко поддающихся процессам выветривания, и теснейшим образом связаны с выпадением атмосферных осадков. В период дождей выходы этих вод весьма многочисленны. Дебиты их колеблются от незначительного до 0,2-0,3 л/сек. Крутизна склона и маломощность корки выветрелых пород не благоприятствуют накоплению значительного количества влаги, в связи с чем продолжительность существования выходов весьма небольшая.

Подзона грунтово-трещинных вод на изучаемой территории имеет большое распространение. Гидродинамика обусловлена исключительно рельефно-морфологическими условиями и проявляется в разнонаправленном движении до выклинивания на поверхность по вышеперечисленным базисам эрозии.

От вод подзоны аэрации они отличаются, как правило, более повышенной минерализацией, что является следствием более длительной подземной циркуляции. Здесь выделяются два комплекса пород с одинаковыми гидродинамическими условиями, но обуславливающие различный гидрохимический режим. Это - порфиры и породы основного и ультраосновного состава. Как правило, дебиты родников, приуроченных к этим породам, небольшие - 0,3-0,6 л/сек. Редко отмечаются расходы до 1,0 л/сек.

Подзона пластово-трещинных вод в отличие от вод вышеописанной подзоны отличается более упорядоченным движением, происходящим по плоскостям напластования туфогенов эоцена и известняков верхнего мела, имеющих широкое развитие на описываемой территории. В гидродинамике пластово-трещинных вод большое значение приобретает структурно-морфологический фактор.

Формирование вод подзоны происходит исключительно за счет инфильтрации атмосферных осадков по многочисленным трещинам. Достигнув горизонта относительно водоупорных пород, эти воды приобретают упорядоченное движение по плоскостям напластования. Слагая значительную площадь, расчлененную эрозионными врезами, породы верхнего мела и эоцена служат средой аккумуляции подземных вод и для более нижних гидродинамических этажей. В среднем расходы родников этой подзоны достигают 2-2,5 л/сек, но в годовом разрезе колебания весьма ощутимы.

2.1.2. Нижней границей зоны регионального стока условно принимается уровень озера Севан. Гидродинамические условия этой зоны подчинены, в основном, структурным факторам. Выходы вод описываемой зоны на поверхность отмечаются на гипсометрических отметках, не намного превышающих границу регионального базиса эрозии. К родникам этой зоны относятся все каптированные выходы вод, служащие целям водоснабжения сел, расположенных на северо-восточном побережье озера. Как правило, все выходы зарегулированы в годовом разрезе. Колебание дебита, физических параметров и химического состава в течение года не превышает 10-15%. Увеличение минерализации вод зоны является следствием более продолжительной (по сравнению с водами зоны

местного стока) подземной циркуляции.

2.1.3. Зона вод глубокой циркуляции располагается ниже регионального базиса эрозии. Проникновение вод на глубину происходит по тектоническим трещинам. Аналогична и разгрузка, проходящая также по тектоническим нарушениям. Естественные выходы вод зоны весьма ограничены. По данным А.Р. Галстяна (1962), удалось зарегистрировать источник, выходящий по правому притоку р. Сотк, вдоль контакта известняков с ультраосновными породами. Остальные выходы вод этой зоны связаны с заложенными здесь скважинами. Физико-химические параметры вод зоны глубокой циркуляции во многом отличны от таковых верхних гидродинамических этажей.

2.2. Гидрогеологические условия Варденисского хребта

Варденисский хребет является одним из крупнейших гидрогеологических регионов на территории Армении. Заключенный между долинами р. Арпа и его притока Ехегис и озером Севан хребет, обладая благоприятными климатическими, рельефно-морфологическими и литолого-петрографическими условиями, регулирует наземный и подземный стоки значительной территории и существенно влияет на водный баланс озера Севан.

Областью питания для вод наземного и подземного стоков в основном является привершинная часть хребта. Отмечается асимметричность распределения вод на северном и южном склонах — большая часть формирующихся здесь вод дренируется северным склоном. Это объясняется орографической асимметричностью положения хребта (более пологий и занимающий значительную площадь — северный, и крутой — южный склоны). Основными источниками питания вод хребта являются атмосферные осадки и, частично, конденсационные воды. Большую роль в регулировании режима играет снежный покров. Низкая температура в привершинной части способствует медленному таянию и регулированию стока почти круглогодично.

Переводу значительного количества воды в подземный сток способствуют трещиноватые андезиты-базальты, покрытые местами "чингилами" (море камней). По подсчетам Ктикяна Г.Б. и др., почти 60% атмосферных осадков, выпадающих в пределах хребта, инфильтрируются, переходя в подземный сток, и только 40% приходится на испарение и поверхностный сток.

Общая схема формирования и движения подземных вод, по

В.А.Аветисяну (1956), следующая: атмосферные осадки и талые воды, проходя через трещины андезито-базальтов, достигают водоупора и, стекая по его кровле (долевоый рельеф), выступают на дневную поверхность по местным или региональному базисам эрозии.

По глубине подземной циркуляции вод в пределах хребта выделяются три гидродинамические зоны: зона местного стока, зона регионального стока, зона вод глубокой циркуляции.

2.2.1. Зона местного стока в пределах описываемого хребта повсеместно связана с верхнеплиоцен-четвертичными андезито-базальтами. Направление стока и водообильность отдельных участков находится в прямой зависимости от ориентировки и степени трещиноватости этих образований. Местными базисами эрозии для вод описываемого стока служат долины рр. Мартуни, Астхадзор, Верденик, Арицванист, Карчакпюр (Макенис). Все описываемые долины имеют строение каньонов, в которых выклиниваются воды, местами в виде концентрированных выходов. Последнее характерно для участков подошвы лавового потока, представленного спекшимися шлаками и являющегося относительным водоупором.

В пределах зоны выделяются: подзона аэрации, подзона грунтового-трещинных вод.

Воды подзоны аэрации циркулируют в почвенном покрове, представленном, в основном, горно-луговыми разностями и супесчано-гравийным делювиальным образованием, обладающим высокими фильтрационными свойствами. В каньонах ручьев воды описываемой подзоны связаны и с аллювиально-пролювиальными отложениями. Все выходы отмеченных вод имеют нестабильный режим и дебит. Однако в отличие от вод аналогичного генезиса, распространенных в пределах Севанского хребта, здесь отмечаются меньшие колебания дебита в сезонном разрезе. Это объясняется большим периодом снегозадержания и, как следствие, частичной зарегулированностью подземного стока вод этого типа. Как правило, аллювиальные родники имеют дебиты, достигающие 1 л/сек, в то время как на склонах расходы почвенных и делювиальных вод не превышают величин 0,2-0,3 л/сек.

Широкое развитие имеют воды подзоны грунтового-трещинных вод. По существу 95% вод зоны местного стока приходится на описываемую подзону. В редких случаях на гипсометрически высоких отметках обнажается подлавоый рельеф с эффузивными по-

родами палеогенового возраста. В большинстве же случаев долины рек сложены андезито-базальтами верхнеплиоцен-четвертичного возраста. Относительными водоупорами являются шлаковые подстилки потоков, вдоль которых отмечаются концентрированные выходы вод.

Дебиты родников колеблются от 0,3 до 150-200 л/сек. Последние имеют выходы в местах выклинивания на поверхность подстилающих шлаков. В водах описываемой зоны также отмечается некоторая зарегулированность стоков, связанная с периодами снеготаяния. Наземный сток отмеченных ручьев большей частью формируется за счет описываемых вод.

2.2.2. В пределах зоны регионального стока выделяются подзоны: грунтово-трещинных и грунтово-пластовых вод.

Гидродинамика грунтово-трещинных вод аналогична вышеописанной. Водовмещающие породы - те же андезито-базальты, местами подстилаемые породами долазового рельефа или спекшимися шлаками лавовых оснований. Принимая за региональный базис эрозии уровень озера Севан, мы по существу на 90% описываемой территории имеем дело с породами вышеотмеченной верхнеплиоцен-четвертичной формации. Отличием от выходов вод вышеописанной зоны является зарегулированность дебита и физико-химических параметров в годовом разрезе. Основные выходы подземных вод этой зоны служат целям водоснабжения всех населенных пунктов, расположенных на северном склоне Варденисского хребта.

Грунтово-пластовые воды имеют более упорядоченное движение и, как правило, выклиниваются на поверхность у сс. Караглух и Цовинар.

Эти воды несколько отличаются по химическому составу и минерализации от вод, циркулирующих в андезито-базальтах.

Воды всей описываемой зоны безнапорные, нисходящие.

2.2.3. Зона вод глубокой циркуляции расположена ниже регионального базиса эрозии и характеризуется напорным восходящим характером вод. Циркулируя в андезито-базальтах, перекрытых относительно водоупорными озерными отложениями, или в породах озерных или палеогеновых формаций, отделенных друг от друга относительно водоупорными породами, эти воды составляют водоносные напорные горизонты, выявленные в результате проведенных буровых работ. По величине минерализации и вариации химического состава выделяются три горизонта напор-

ных вод с некоторыми подгоризонтами. Если верхний горизонт вод глубокой циркуляции по отмеченным параметрам не очень отличается от вод зоны регионального стока, то нижний представляет собой существенно иной тип.

2.3. Гидрогеологические условия Гегамского хребта

Гегамский хребет составляет западную часть описываемого бассейна. На юге стыкуется с Варденисским хребтом, а на севере — с южными отрогами Памбакского. Располагаясь на площади, превышающей 550–600 кв. км, хребет аккумулирует значительное количество водных ресурсов Центрального вулканического поднятия.

Гидрогеологические условия описываемого района весьма сходны с таковыми Варденисского хребта. Только в пределах Гегамского хребта отмечается более симметричное распределение стока (как подземного, так и наземного) по западному и восточному склонам. Этому способствуют одинаковые рельефно-морфологические условия в пределах отмеченных склонов и однородность литолого-петрографического состава пород.

Питание вод наземного и подземного стоков атмосферное, частично конденсационное. Холодный климат привершинной части хребта с большим периодом снеготаяния регулирует сток в течение большей части года.

Сильно трещиноватые, с многочисленными "чингилами", верхнеплиоцен-четвертичные андезито-базальтовые лавы обладают хорошими инфильтрационными свойствами, способствующими переводу в подземный сток значительного количества выпадающих осадков. По данным Шагиняна В.Х. и др., 60% выпадающих осадков переходит в подземный сток. Область питания располагается на значительной части хребта и вследствие относительно спокойного лавового рельефа аккумулирует, переводя в подземный сток большую часть атмосферных поступлений. Формирование наземного стока происходит в значительной степени за счет родниковых вод зоны местного стока. Протекая по подошве лавового потока, представленного, как правило, спекшимися шлаками и другими пирокластами, служащими относительным водупором, подземные воды выклиниваются на поверхность на концах лавовых потоков или в эрозионных долинах по зоне местного стока.

Здесь, так же как и в предыдущих случаях, выделяются три гидродинамических этажа: зона местного стока, зона регио-

нального стока, зона вод глубокой циркуляции.

2.3.1. Воды зоны местного стока имеют, по-видимому, наибольшее распространение в пределах описываемого хребта. Здесь следует выделить: подзону аэрации и подзону грунтово-трещинных вод.

Выходы вод подзоны аэрации имеют повсеместное распространение и вследствие длительности снегозадержания действуют в течение значительной части года. Связаны, как правило, с трещинами в андезито-базальтах, и выходы вод приурочены к участкам выклинивания этих трещин на поверхность. Особое значение воды этой подзоны приобретают с понижением рельефа, где они отличаются от вод подзоны грунтово-трещинных вод лишь только химическими параметрами. Циркулируя, как правило, в делювиальном плаще и почвенном слое, промачивая тем самым лишь верхние горизонты лавовых образований, воды подзоны аэрации несколько "азональны" по своему химическому составу к вмещающим породам.

Динамика подзоны грунтово-трещинных вод имеет гравитационный характер и в зависимости от рельефно-морфологических условий движение потоков разнонаправленное, ограниченное местными базисами эрозии. Дебиты родников колеблются от незначительного (0,1 л/сек) до 200-850 л/сек (Цаккарская группа родников). Отмечаются колебания дебита в годовом разрезе. Местными базисами эрозии описываемого гидродинамического этажа являются долины и каньоны рр. Гаварагет, Дзорагет, Цаккар, Личк, Айриджа и ряд безымянных логов, проработанных в четвертичных андезито-базальтах.

2.3.2. По зоне регионального стока по условиям циркуляции, а также приуроченности к тому или иному комплексу пород выделяются: грунтовые воды, приуроченные к верхнеплиоцен-четвертичному эффузивному комплексу; грунтовые воды, приуроченные к континентально-обломочным и озерно-прибрежным образованиям; напорные пресные воды, приуроченные к лавам, древним озерно-речным образованиям.

Выходы грунтовых вод эффузивного комплекса, как правило, приурочены к подошве лавовых покровов, где они образуют мощные потоки, выклинивающиеся на поверхность недалеко от озера или в экватории озера. Отличаются эти воды по своим физико-химическим параметрам от вод зоны местного стока зарегулированностью дебита в годовом разрезе, относительным постоянством температуры и более повышенной минерализацией при том же

типе воды. С выходами этих родников, являющихся базой питьевого водоснабжения, связаны селения Батикян, Кармир-Гюх, Сарухан, Ланджахпур, Гехаркуник.

Динамика грунтовых вод, связанных с континентально-обломочными и озерными образованиями, носит более упорядоченный характер. Циркулируя в пределах глинистых пород, конгломератов, диатомитов и диатомитовых глин, имеющих напластование, эти воды имеют выходы на дневную поверхность недалеко от прибрежной зоны озера. Отличаются от вод предыдущей группы меньшими расходами и химическим составом.

Напорные пресные воды. Принятие за региональный базис эрозии уровня озера Севан носит несколько условный характер и поэтому отнесение напорных горизонтов вод, выходящих ниже этого уровня, к зоне регионального стока, а не к зоне глубокой циркуляции, вполне обосновано.

В основу этого допущения положен гидрохимический принцип. Грунтовые и напорные воды, вскрытые скважинами в пределах десятков метров ниже уровня озера, имеют, как правило, ту же минерализацию и комбинацию солевого состава, что и воды зоны регионального стока, выходящие на поверхность выше регионального базиса эрозии.

2.3.3. Зона вод глубокой циркуляции. Здесь по генезису следует выделить две подзоны: артезианские глубокозалегающие напорные воды и минеральные воды.

Первая подзона занимает более высокий гидродинамический этаж и обусловлена составом вод, зональным по отношению к вмещающим породам.

В зависимости от структурных условий эти воды располагаются на разных отметках и вскрыты скважинами на глубинах от 160-200 до 550-650 м. Как правило, выходы этих вод высокодебитны, но не повсеместны и, по-видимому, представлены на глубине отдельными потоками, а не сплошным артезианским горизонтом.

Направление движения (приток в озеро или отток) этих потоков - предмет детального гидрогеологического изучения.

Минеральные воды. Состав выходящих на этой территории минеральных вод весьма разнообразен.

В геологическом разрезе месторождения "Гридзор" принимают участие среднеэоценовые вулканогенные породы и четвертичные лавы. Выход источника связан с тектоническим нарушением, про-

ходящим по ущелью р.Гридзор.

Несколько иной генезис у вод "Севан" и "Личк". Поднимающиеся по зонам тектонических нарушений термы в приповерхностных условиях смешиваются с водами, циркулирующими в долазовых образованиях (преимущественно в породах соленосно-гипсоносной толщи). Однотипность химического состава, но двукратная резница в минерализации (минерализация воды "Личк" - 6,8 г/л, "Севан" - 3,6 г/л) позволяют говорить о разбавленности вод месторождения "Севан".

2.4. Гидрогеологические условия Арегунийского хребта

Описываемый хребет является северо-западным продолжением Севанского и стыкуется с Памбакским хребтом. Формирующиеся здесь воды в гидрогеологическом балансе описываемого бассейна играют подчиненную роль.

Незначительность площади водосбора, относительно небольшое превышение хребта над уровнем озера и, наконец, асимметричность хребта, способствующая переводу значительной части формирующихся вод (особенно по зоне местного стока) на северо-восточный склон, определяют эту орографическую единицу, с точки зрения влияния на режим озерной воды, как второстепенную.

Невелика роль и гидрохимического воздействия на воды озера.

Палеогеновые образования, слагающие этот хребет, представлены в основном терригенно-осадочными образованиями, формирующими, как правило, воды гидрокарбонатного кальциевого класса с небольшой минерализацией.

Область формирования подземного и наземного стоков располагается в привершинной части хребта, на породах вышеотмеченной терригенно-осадочной толщи. Слабая трещиноватость пород, значительная изрезанность рельефа в сочетании с вышеотмеченными факторами создают условия для превалирования на юго-западных склонах хребта наземного стока над подземным.

Формирование наземного стока происходит, в основном, за счет талых вод и выпадающих атмосферных осадков. Родниковое питание весьма незначительно. Густая сеть эрозионных врезов с большой крутизной склонов способствует быстрой транспортировке вод наземными водотоками.

Вследствие отмеченных факторов выделение двух верхних

гидродинамических этажей (зона местного и регионального стоков) подземных вод нецелесообразно. Отмечается их совмещение. Региональным и местным базисом эрозии служит уровень озера Севен.

Таким образом, в пределах описываемого хребта выделяются два гидродинамических этажа: совмещенная зона местного и регионального стоков и совмещенная зона регионального стока и вод глубокой циркуляции.

2.4.1. Совмещенная зона местного и регионального стоков.

В отличие от вышеописанных регионов здесь, из-за отсутствия повсеместно развитого почвенно-делювиального покрова и однородности пород, не выделяются гидродинамические подзоны. Однородность литологического состава определяет и однотипность циркуляции вод, носящих в общем плане трещинно-пластовый характер. Проникая по трещинам, воды, достигая пласта, двигаются по плоскостям напластования. Общее падение пород с юго-запада на северо-восток и поэтому формирующиеся подземные воды в основном имеют направленное движение от озера. Выходы подземных вод в описываемой зоне весьма немногочисленны и малодебитны. Отмечаются большие колебания дебита в сезонном разрезе. Большинство родников в летний период пересыхает.

Четко выраженные местные базисы эрозии фиксируются в юго-восточной оконечности хребта - рр. Драхтик и Агберк. Обладая значительной площадью водосбора, они дренируют воды зоны местного стока. В остальных случаях отмечается совпадение зон местного и регионального стоков.

По всему северо-восточному побережью (от селения Агберк до селения Цовагях) зафиксированы пять-шесть выходов родников с дебитом от 2 до 3,5 л/сек, действующих на протяжении всего сухого времени года. Режимные наблюдения отсутствуют, но по косвенным признакам можно говорить о возможном постоянстве расхода в годовом разрезе.

Химический состав вод зон местного и регионального стоков однотипен. Некоторые изменения отмечаются лишь по величине минерализации. Химизм поверхностных вод и вод зоны местного стока также однотипен.

2.4.2. Совмещенная зона регионального стока и вод глубокой циркуляции.

Воды этого динамического этажа циркулируют ниже регионального базиса эрозии и имеют подводный сток в озеро Севен. Здесь также выделяются две подзоны: минерализо-

ванных и минеральных вод.

Минерализованные воды имеют разгрузку непосредственно в озере по полосе СВ побережья Малого Севана. Выходы связаны с выклинивающимися пластами терригенно-осадочных пород палеогена. Выходы концентрированные, но не повсеместные. Некоторые из них отмечаются на откосах вблизи береговой линии.

Минеральные воды имеют выходы в акватории Малого Севана в районе Цовагяхского залива. Связаны они с меридиональными разломами, проходящими и по акватории озера. На суше отмечаются наземные аналоги этих источников. Один из них расположен в каньоне р.Дзкнагет, в 500 м от устья реки, на левом берегу. Аналогично отмеченному, к северо-востоку от описанного на продолжении этой линии разлома отмечается наземный выход еще одного источника (в районе мотеля), характеризующегося аналогичными физико-химическими параметрами.

2.5. Гидрогеологические условия Масрикской равнины

Как отмечалось, Масрикская равнина занимает обширную площадь (около 300 кв.км). Разнообразие петрографического состава пород, слагающих Севанский и Варденисский хребты (основные области сноса и накопления рыхлообломочного материала), интенсивность и сила транспортировки рыхлообломочного материала, различие во времени создали на территории Масрикской равнины переслаивания и даже сложные переплетения водоупорных и водопроницаемых слоев.

В пределах равнины было пробурено более 200 скважин мелкого заложения. По их данным, грунтовые воды залегают на глубине от 0,35 до 3,5 м. Некоторые скважины обладают напором, превышающим один метр. Напор грунтовых вод обусловлен вышеуказанными сложными переплетениями водоупорных и водопроницаемых грунтов и частым выклиниванием или переходом одной фациальной разности в другую, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

Формирование подземных вод равнины происходит, в основном, за счет подземного стока с примасрикских массивов, частичного просачивания поверхностного стока и атмосферных осадков.

Движение подземных вод, по данным скважин, происходит в двух направлениях: от краев равнины к центру и одно общее - в сторону озера Севан. По мере приближения к озеру, скорость

подземного потока намного уменьшается. Основную причину этого следует искать в изменении гранулометрического состава пород, т.е. в увеличении мелкозернистости и содержании илистых компонентов.

Все выходы подземных вод на территории равнины восходящие. Увеличение расходов отмечается в скважинах, расположенных в береговой полосе озера. Это объясняется увеличением гидростатического давления в прибрежной зоне

3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИРОДНЫХ ВОД БАСЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН

По химическому составу, обусловленному литолого-петрографическими особенностями водовмещающих пород, подземные и поверхностные воды бассейна оз. Севан представлены двумя большими классами:

а) Гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-хлоридные кальциевые воды с малой минерализацией. Воды эти формируются, как правило, в пределах Варденисского и Гегамского хребтов. В основном — это подластовые воды с минерализацией, редко превышающей 250–300 мг/л. Некоторое увеличение минерализации — результат длительности подземной циркуляции.

б) гидрокарбонатно-хлоридные магниевые-кальциевые и кальциево-магниевые воды с повышенной минерализацией. Последние развиты в пределах Севанского и части Арегунийского хребтов.

Эти воды обладают минерализацией, превышающей 500–600 мг/л, а химический состав этих вод оказывает более существенное влияние на формирование химического состава вод озера.

В пределах каждого из отмеченных классов отмечаются различные вариации, связанные с принадлежностью тех или иных вод к различным зонам стоков. Поэтому в данном разделе описание общих закономерностей формирования химического состава подземных и поверхностных вод приводится по вышеотмеченным зонам стоков.

3.1. Химический состав вод зоны местного стока

В геологическом строении зоны местного стока Гегамского и Варденисского хребтов принимают участие: миоплиоценовая вулканогенно-обломочная (вохчабердская) толща (туфопесчаники, туфобрекчии, туфоконгломераты, потоки андезито-базальтов); верхнеплиоценовая вулканогенная (цахкуняцкая) свита, представленная, в основном, кислыми вулканическими образованиями (дациты, перлиты, андезито-дациты); верхнеплиоцен-четвертичные породы (андезито-базальты, андезиты и их пирокласты).

Таким образом, все породы отмеченного региона, в которых циркулируют воды зоны местного стока, представлены вулканическими образованиями со значительными вариациями химического состава (от основных до кислых).

Характерная особенность состава описываемых вод в целом

небольшая минерализация, колеблющаяся в диапазоне значений от 70 до 350 мг/л, со среднегодовой величиной, не превышающей 180-200 мг/л.

Несколько большей величиной минерализации характеризуются поверхностные воды, что является результатом длительности циркуляции, пополнением за счет вод зоны регионального стока, поверхностным загрязнением водотоков. Поэтому вполне закономерно увеличение минерализации от водораздела к озеру.

По химическому составу выделяются воды:

- гидрокарбонатные кальциевые;
- гидрокарбонатно-хлоридные кальциевые;
- гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные кальциево-натриевые;
- гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные натриево-кальциево-магниевые или кальциево-натриево-магниевые.

Первые два типа наиболее полно отражают химический состав подземных вод зоны местного стока описываемого региона. По отношению к водовмещающим породам эти типы вод наиболее "зональны". Это свидетельство того, что формирование химического состава проходит исключительно в вулканических породах верхнеплиоцен-четвертичного времени.

Третий и четвертый типы характерны для родников, приуроченных к вулканогенным и гранитоидным образованиям, а также поверхностных водотоков, дренирующих, как отмечалось выше, воды разных гидродинамических этажей.

Наличие некоторого количества компонентов рудной минерализации в водах всех отмеченных групп, циркулирующих в пределах Гегамского хребта, не имеет, по нашему мнению, металлогенической природы. Присутствие таких элементов, как медь, цинк, молибден, серебро, мы склонны скорее связывать с ассимиляцией лавами сульфидсодержащих пород в процессе внедрения с последующим выщелачиванием грунтовыми водами. Это положение до некоторой степени подтверждается данными спектрального анализа андезито-базальтов, в которых спорадически фиксируются вышеотмеченные компоненты. Таким образом, мы считаем, что генезис этих компонентов петрогенный.

Однако возрастание концентраций рудных компонентов в некоторых подземных водах Варденисского хребта связано, по всей вероятности, с разложением сульфидного материала. Выходы гранитоидных интрузивов и генетически связанные с ними проявления сульфидных руд отмечаются в верховьях рр. Астхадзор, Варде-

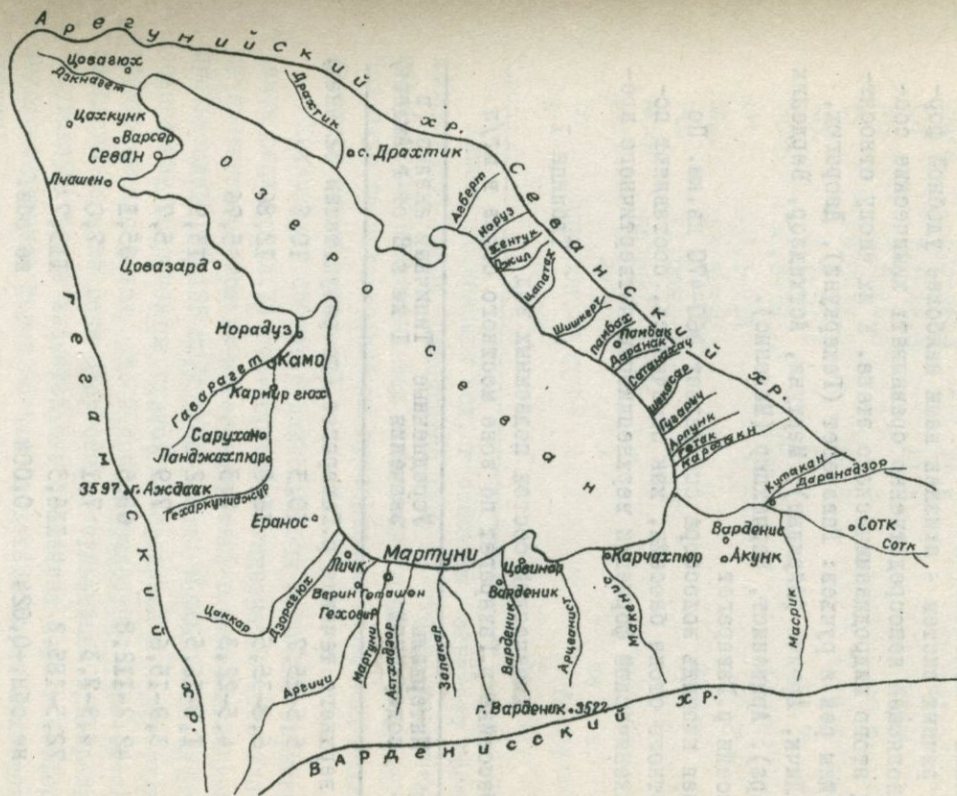


Рис.2. Поверхностные водотоки бассейна оз.Севан.

ник, Арцванист.

Ниже приводятся данные по химическому составу подземных вод основных бассейнов рек, дренирующих массивы Гегамского и Варденисского хребтов и впадающих в озеро Севан (рис. I). Этот принцип - изложение фактического материала по бассейнам основных речных систем - признан нами наиболее удобной формой, позволяющей непосредственно сравнивать химические составы вод этого гидродинамического этажа. К их числу относятся бассейны рек и ручьев: Гаварагет (Гехаркуни), Дзорагях, Цаккар, Личк, Аргичи (Айриджа), Мартуни, Астхадзор, Варденик (Гезалдера), Арцванист, Карчахпюр (Макенис).

Бассейн р. Гаварагет

Общая площадь водосбора составляет 460-470 кв. км. По зоне местного стока бассейн, как отмечалось, составляют породы вулканической формации верхнеплиоцен-четвертичного времени.

Таблица I

Химический состав подземных вод
в бассейне р. Гаварагет по зоне местного стока в мг/л

Элементы и соеди- нения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ (в I км к В от г. Аждаак)
Бассейн верхнего течения р. Гаварагет (по результатам 32 анал.)			
Na+K	5,5-25,7	10,3	10,5
Ca	6,8-35,5	16,8	12,86
Mg	4,5-22,3	8,3	5,76
Cl	1,0-16,5	6,2	13,9
SO ₄	3,9-15,6	7,9	5,7
HCO ₃	42,2-112,8	68,5	65,1
pH	6,9-7,3	7,1	7,0
Мобил.	72,5-185,2	116,3	113,7
PO ₄	не обн. - 0,024	0,004	не обн.
MoO ₄	не обн. - 0,005		не обн.
Cu	не обн. - 0,005	-	не обн.
Zn	не обн. - 0,006	-	не обн.
B	не обн.	-	не обн.

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ (в 2 км к ЮЗ от с. Гехаркуни)
Бассейн нижнего течения р. Гаварагет (по результатам II анал.)			
Na+K	8,3-46,4	19,6	21,0
Ca	7,8-42,3	21,4	24,8
Mg	4,5-24,6	9,8	10,6
Cl	9,3-32,9	16,8	19,3
SO ₄	5,7-52,3	13,9	16,7
HCO ₃	56,8-195,2	114,3	130,0
pH	7,1-7,4	7,2	7,2
M _{общ.}	93,3-322,8	198,9	222,4
PO ₄	не обн.-0,6	0,08	0,24
MoO ₄	не обн.-0,005	-	не обн.
Cu	не обн.	-	не обн.
Zn	не обн.-0,003	-	0,003
B	не обн.	-	не обн.

Химизм родниковых вод, в основном, отражает состав водовмещающих пород. Отмечается лишь некоторое увеличение минерализации подземных вод в бассейне нижнего течения реки. Подобную же метаморфизацию претерпевает и речная вода, дренирующая эти поступления.

Химический состав родниковых вод бассейна верхнего течения реки (табл. I) соответствует гидрокарбонатно-хлоридному кальциево-натриево-магниевому типу с минерализацией, не превышающей 180-185 мг/л (без учета H₂SiO₃). Незначительные содержания компонентов рудной минерализации подтверждают предположение о том, что в приповерхностной зоне бассейна верхнего течения реки отсутствуют сульфидные рудопоявления. Отсутствуют также значительные скопления бора и фосфора в воднорастворимой форме, о чем свидетельствует приведенный анализ.

В химическом составе подземных вод бассейна нижнего течения реки отмечается некоторое увеличение сульфат-иона (до 10-12% состава анионов), соответствующее пропорциональному увеличению величины общей минерализации, что является следствием более длительной подземной циркуляции. В пользу этого положения свидетельствует отсутствие в катионном ряду существ-

венных количеств тяжелых металлов и нейтральное значение pH среды. Воды эти соответствуют гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатному кальциево-натриево-магниевому классу. Минерализация (без данных по содержанию кремнекислоты) колеблется в пределах 200-220 мг/л (табл. I).

Бассейн р.Дзорагях.

По площади водосбора описываемый бассейн-наименьший (28-32 кв.км). Подземные воды зоны местного стока дренируют среднечетвертичные андезито-дациты, дациты, туфовые и пемзовые пески.

Макрокомпонентный состав родниковых вод в значительной степени отражает химизм водовмещающих пород.

При весьма недлительной подземной циркуляции величине минерализации тем не менее достигает 180-200 мг/л. Это в первую очередь объясняется наличием в составе дренируемых пород пемзовых и туфовых песков, материалов, легче поддающихся выщелачиванию, чем плотные андезито-базальты (табл. 2).

В отличие от вод вышеописанного бассейна, несколько изменена и комбинация солевого состава, соответствующая гидрокарбонатно-хлоридному натриево-кальциевому классу. Значительной величины достигает и содержание кремнекислоты, составляющее 55-60 мг/л.

Таблица 2

Химический состав подземных вод бассейна
р.Дзорагях по зоне местного стока в мг/л
по данным 18 анализов

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ (в 6 км к ЮВ от с.Дзорагях)
I	2	3	4
Na+K	5,2-28,9	10,8	10,1
Ca	6,2-38,4	18,9	27,6
Mg	3,4-24,2	8,8	6,9
Cl	2,2-18,4	14,6	7,4
SO ₄	3,8-20,1	13,6	11,2
HCO ₃	51,6-184,8	132,3	118,8
M			182,0
pH	7,0-7,6	7,4	7,2
Молб.	85,5-243,9	176,0	185,0
PO ₄	не обн.-0,08	0,04	0,01

Продолжение таблицы 2

I	2	3	4
MoO ₃	не обн.-0,01	-	0,005
Cu	не обн.-0,005	-	не обн.
Zn	не обн.-0,005	-	0,005
Pb	не обн.	-	не обн.
As	не обн.	-	не обн.
Hg	не обн.-0,0025	-	0,0025
Ag	не обн.-0,0005	-	не обн.

Определенный интерес представляют содержания компонентов рудной минерализации (табл.2). Как отмечалось, в геологическом строении описываемого участка отсутствуют существенные количества сульфидсодержащих минералов. К этому выводу авторы данной работы пришли на основании результатов ранее проведенных ими гидрогесхимических и последующих поисково-съемочных работ. Помимо общей геологической позиции, косвенными показателями отсутствия широких окислительных процессов являются нейтральное значение pH среды подземных вод и отношение сульфат-иона к хлор-иону < 1. Тем не менее, содержания меди, цинка и, частично, молибдена и серебра выходят за пределы норм для околонейтральных маломинерализованных вод (за фон принимаются единичные геммовые содержания этих компонентов). Наиболее вероятная природа таких относительно повышенных значений - выщелачивание металлов из пемзовых песков с последующим накоплением в подземных водах. Возможный механизм заражения вулканитов некоторыми металлами изложен выше.

Бассейн р.Цаккар.

По зоне местного стока вся площадь водосбора (а она достаточно значительна - 200-220 кв.км) сложена верхнечетвертичными базальтами и андезито-базальтами; средне-четвертичными андезито-дацитами, дацитами, туфовыми и пемзовыми песками; нижнечетвертичными базальтами и андезито-базальтами, а также верхнеплиоценовыми андезитами и андезито-дацитами.

В пределах бассейна верхнего течения реки наибольшее распространение имеют среднечетвертичные андезито-дациты и дациты.

Химический состав подземных вод зоны местного стока, дренирующих эту территорию, отвечает гидрокарбонатному кальцие-

Таблица 3

Химический состав подземных вод бассейна
р.Цаккар по зоне местного стока, в мг/л

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Бассейн верхнего течения (по данным 21 анализа)		В 6,5 км к ЮЗ от с.Тазакх	
Na+K	5,1-18,8	13,3	6,9
Ca	7,2-26,4	18,7	20,1
Mg	3,7-14,3	7,2	6,8
Cl	1,0-8,8	7,1	6,6
SO ₄	3,4-16,3	9,2	6,2
HCO ₃	38,7-102,3	68,8	94,2
pH	6,9-7,1	7,0	7,1
М _{общ.}	63,4-156,8	103,4	141,0
PO ₄	не обн.-0,14	0,03	не обн.
MoO ₄	не обн.-0,005	-	не обн.
Cu	не обн.	-	не обн.
Zn	не обн.-0,01	-	0,005
Бассейн нижнего течения (по результатам 14 анал.)		В 1,5 км к западу от с.Цаккар	
Na+K	6,8-23,7	16,3	12,1
Ca	8,8-34,3	23,6	28,6
Mg	4,8-13,8	8,9	7,2
Cl	3,6-13,6	10,2	12,4
SO ₄	3,2-17,8	19,8	11,2
HCO ₃	43,6-116,3	88,6	120,0
pH	7,0-7,2	7,1	7,2
М _{общ.}	72,3-173,8	127,3	190,5
PO ₄	не опред.	-	не опред.
MoO ₄	не обн.	-	не обн.
Cu	не обн.	-	не обн.
Zn	не обн.	-	не обн.

вому, кальциево-натриевому классу, при величине общей минерализации, не превышающей 150 мг/л (без данных по содержанию кремнекислоты). Приведенный типовой анализ соответствует гидрокарбонатному, кальциевому классу с нейтральными значениями pH среды (табл.3).

Содержание компонентов рудной минерализации в этих водах отвечает фоновым значениям. Некоторое увеличение содержания цинка в отдельных пробах (до 0,01-мг/л) носит неповсеместный характер.

Подземные воды бассейна нижнего течения реки в своем составе вообще не содержат рудных компонентов. Вероятно, это объясняется дренированием водами верхнечетвертичных андезитов-базальтов, наиболее стерильных по содержанию металлов.

Комбинация солевого состава отвечает гидрокарбонатному, в некоторых случаях гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатному кальциево-натриевому классу вод с доминирующим содержанием гидрокарбонатов и кальция.

Величина общей минерализации не превышает 180 мг/л, что не намного отличается от таковой вод бассейна верхнего течения реки.

Бассейн р.Личк

На площади водосбора в 35-40 кв.км преимущественно развиты породы вышеописанной верхнечетвертичной андезитов-базальтовой серии.

Сходство геологического строения обуславливает и идентичность химического состава подземных вод зоны местного стока. Здесь также доминирует гидрокарбонатный кальциевый класс вод с аналогичными вариациями компонентов и величины общей минерализации.

В бассейне верхнего течения реки преобладает гидрокарбонатный кальциевый класс, а в бассейне нижнего течения - гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатный кальциево-натриево-магниевый; однако и здесь основными компонентами минерализации являются гидрокарбонат и кальций. Некоторое увеличение общей минерализации в водах бассейна нижнего течения обусловлено более длительной циркуляцией вод (табл.4).

Отсутствие компонентов рудной минерализации в подземных водах бассейнов и верхнего, и нижнего течений свидетельствует об отсутствии минерализации в вышеописанных породах (табл.4).

Бассейн р.Аргичи

Обладает второй по величине (после бассейна р.Гаварагет) площадью водосбора (360-380 кв.км). В отличие от бассейна р.Гаварагет описываемая территория с геологической точки зрения представляет более сложную картину: истоки речки формируются в пределах развития нормальноосадочных терригенных образований (известняки, известковистые песчаники, песчаники)

Таблица 4

Химический состав подземных вод бассейна
р.Личк по зоне местного стока, в мг/л

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Бассейн верхнего течения р.Личк (по результатам 6 анализов)		В 6 км к З от с.Личк	
Na+K	6,8-21,3	14,6	8,2
Ca	8,6-29,8	21,1	20,3
Mg	3,6-16,3	11,1	7,8
Cl	1,4-12,3	7,2	7,9
SO ₄	3,4-14,9	9,3	9,6
HCO ₃	47,2-116,9	78,4	96,0
pH	6,9-7,2	7,1	7,1
М _{общ}	73,4-177,2	134,6	149,8
PO ₄	не обн.	-	не обн.
MoO ₄	не обн.	-	не обн.
Cu	не обн.	-	не обн.
Zn	не обн.	-	не обн.
Бассейн нижнего течения р.Личк (по результатам 8 анализов)		В 1 км к западу от с.Личк	
Na+K	6,6-33,1	20,1	7,2
Ca	8,3-41,0	31,1	30,1
Mg	4,4-14,9	10,6	9,5
Cl	2,9-16,3	11,2	14,0
SO ₄	3,7-16,8	10,6	17,6
HCO ₃	44,6-128,8	79,8	112,3
pH	7,0-7,2	7,1	7,1
М _{общ}	85,2-175,4	144,2	190,6
PO ₄	не обн.	не обн.	не обн.
MoO ₄	не обн.-0,005	-	0,005
Cu	не обн.-0,005	-	0,005
Zn	не обн.-0,01	-	не обн.

карбона; затем речка в среднем течении дренирует верхнеплиоценовые андезиты и андезито-дациты; и, наконец, в нижнем течении - ниже- и верхнечетвертичные андезиты и андезито-базальты.

Далеко не последнюю роль в формировании химического состава подземных вод этой территории играют аллювиально-пролювиальные отложения, локализованные в урочище Айриджа. В сочетании с мощным почвенным покровом они формируют химический состав вод подзоны аэрации, определяя их как гидрокарбонатный натриевый, натриево-кальциевый класс.

Ниже, в пределах развития четвертичных образований, химический состав вод отвечает уже описанному гидрокарбонатному: кальциевому, кальциево-натриевому классу. Приведенные в данном тексте анализы (табл.5) характеризуют подземные воды, циркулирующие в пределах четвертичных вулканических образований, так как воздействие вышеописанных вод на формирование химического состава вод бассейна среднего и нижнего течений реки Аргичи весьма незначительно.

В бассейне верхнего течения реки (в пределах четвертичных вулканитов) макрокомпонентный состав подземных вод соответствует гидрокарбонатному кальциево-натриевому классу с некоторыми вариациями второстепенных компонентов минерализации (хлор, сульфаты, магний). Величина общей минерализации колеблется в довольно широком диапазоне значений (от 80 до 180 мг/л).

В распределении компонентов рудной специализации отмечаются довольно существенные отклонения от фоновых значений. Так, содержания молибдена (в форме MoO_4) в ряде проб достигает 0,01 мг/л, а цинка - 0,03 мг/л. Такие концентрации этих компонентов в подземных водах можно объяснить либо наличием под четвертичными образованиями этого участка небольшого количества сульфидсодержащих компонентов, либо способностью отмеченных компонентов накапливаться в растворе при данных физико-химических параметрах (оба компонента способны удерживаться и мигрировать в околонейтральных растворах). Мы склонны принять второе предположение, учитывая фоновый характер сульфат-иона и слабощелочную среду.

Если подземные воды бассейна верхнего течения реки формируют свой химический состав в пределах разновозрастных пород, обладающих относительным разнообразием состава, то их аналоги

Таблица 5

Химический состав подземных вод бассейна р.Аргичи
по зоне местного стока, в мг/л

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Бассейн верхнего течения р.Аргичи (по результатам 14 анализов)		В 4 км к югу от с.Мадина	
Na+K	6,2-18,4	10,3	7,2
Ca	4,9-22,3	14,8	16,3
Mg	3,8-14,6	8,2	10,4
Cl	3,6-13,6	7,4	11,2
SO ₄	4,5-10,7	6,8	6,1
HCO ₃	43,6-124,3	88,8	79,1
pH	6,9-7,2	7,0	7,0
Мобщ.	79,8-184,6	141,3	130,8
PO ₄	не обн.	-	-
MoO ₄	не обн.-0,01	0,005	0,005
Cu	не обн.-0,005	-	не обн.
Zn	не обн.-0,03	0,01	0,008
Бассейн нижнего течения р.Аргичи (по результатам 10 анализов)		В 1 км к югу от с.В.Геташен	
Na+K	9,4-21,3	13,7	13,0
Ca	6,3-26,8	19,1	20,4
Mg	4,1-11,8	7,9	9,2
Cl	3,4-16,9	8,1	13,6
SO ₄	5,6-14,3	7,3	10,7
HCO ₃	38,9-133,6	97,4	106,0
pH	7,0-7,2	7,1	7,2
Мобщ.	84,6-168,3	103,4	176,2
PO ₄	0,03-0,12	0,06	не обн.
MoO ₄	не обн.	-	не обн.
Cu	не обн.-0,005	-	не обн.-0,005
Zn	не обн.	-	не обн.
B	не обн.	-	не обн.

в бассейне нижнего течения дренируют, в основном, верхнечетвертичные плотные базальты, что определяет их состав как гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатный кальциево-натриевый. Величина общей минерализации этих вод не превышает 160-170 мг/л (табл.5).

Содержание компонентов рудной минерализации в этих водах значительно ниже, чем в вышеописанном случае. Лишь некоторые пробы содержат концентрации меди в пределах гаммовых величин (табл.5).

Последующие бассейны стоков (Мартуни, Астхадзор, Варденик, Арцванист, Карчехпюр) располагаются в пределах Варденисского хребта с более разнообразным геологическим строением. Здесь по зоне местного стока, в пределах различных бассейнов, отмечаются выходы эффузивных и гранитоидных пород, в которых локализуется рудная минерализация (участок Азизнер, верховья рр.Астхадзор, Арцванист).

Бассейн р.Мартуни

Площадь водосбора до 100-120 кв.км. В бассейне верхнего течения речка дренирует верхнемиоценовые андезито-дациты и андезиты с локализованными в них небольшими телами гранодиоритов и перекрывающие их нижнечетвертичные андезито-базальты и базальты. Бассейн нижнего течения сложен преимущественно среднеплиоценовыми дацитами, липаритами, перлитами, обсидианом и пемзой с прослоями диатомитов и перекрывающими их верхнечетвертичными андезито-базальтами и базальтами.

Химический состав подземных вод бассейна верхнего течения реки соответствует гидрокарбонатно-хлоридному кальциево-натриевому классу. В катионном ряду существенную роль играет концентрация натрия, достигающая 30-35% состава катионов. Это, по всей вероятности, определяется выщелачиванием водами гранитоидных пород, содержащих значительные количества щелочей. Величина общей минерализации колеблется в широком диапазоне значений (92,4-193,2 мг/л) (табл.6). Значительных концентраций достигают в этих водах компоненты рудной минерализации. Так, максимальные значения цинка составляют 0,02 мг/л, меди - 0,005 мг/л, молибдена - 0,01 мг/л. Однако нейтральное значение pH среды (7,0-7,1) и низкая концентрация сульфат-иона (отношение сульфат-иона к хлор-иону < 1) не дают основания судить об интенсивном окислительном процессе.

Химический состав подземных вод бассейна нижнего течения

Таблица 6

Химический состав подземных вод бассейна р. Мартуни
по зоне местного стока, в мг/л

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Бассейн верхнего течения р. Мартуни (по результатам 8 анализов)		В 6 км к югу от с. Геховит	
Na+K	5,8-16,9	13,1	12,5
Ca	6,3-23,7	16,6	18,1
Mg	3,8-12,7	7,9	6,6
Cl	1,6-11,9	9,2	9,0
SO ₄	4,2-12,3	8,2	7,4
HCO ₃	62,4-142,3	108,6	96,4
pH	6,9-7,2	7,0	7,1
Мобщ.	92,4-193,2	158,4	151,0
MoO ₄	не обн.-0,01	-	0,008
Cu	не обн.-0,005	-	0,005
Zn	не обн.-0,02	-	0,01
Бассейн нижнего течения р. Мартуни (по результатам 12 анализов)		В 2 км к югу от пос. Мартуни	
Na+K	5,2-21,1	16,7	16,5
Ca	9,1-22,9	19,8	20,3
Mg	4,6-13,2	9,6	13,8
Cl	4,1-14,6	10,7	10,9
SO ₄	5,3-16,1	11,4	14,1
HCO ₃	49,3-152,7	112,6	109,3
pH	6,9-7,3	7,2	7,28
Мобщ.	88,6-201,4	166,2	185,0
MoO ₄	не обн.-0,005	-	0,005
Cu	не обн.-0,005	-	не обн.
Zn	не обн.-0,01	-	0,005

реки не намного отличается от описанного. Комбинация солевого состава позволяет отнести эти воды к гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридному (при почти равном содержании хлора и сульфатов) кальциево-натриевому классу. Аналогично вышеописанному и поведение компонентов рудной минерализации. Некоторое понижение абсолютных концентраций этих элементов в породах компенса-

руется большей частотой встречаемости. Так, в приводимых 12 пробах в девяти отмечаются те или иные содержания молибдена, цинка и меди (табл.6). Однако и здесь не приходится говорить о широких окислительных процессах. Об этом также свидетельствуют: концентрация водородных ионов и относительно малые содержания сульфат-иона.

Бассейн р.Астхадзор

Территория водосбора описываемого бассейна составляет примерно 85-95 кв.км. По зоне местного стока она сложена преимущественно породами четвертичного возраста. Лишь в верхнем течении реки локализуются более древние (палеоген-неогеновые) формации, представленные, как правило, эффузивными образованиями.

В химическом составе вод, циркулирующих в пределах зоны местного стока, преобладают гидрокарбонат-ион и соответствующие ему в катионном ряду кальций и натрий. Наряду с отмеченными компонентами возрастает роль магния, хлора и сульфатов. Таким образом, вода соответствует гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатному кальциево-натриево-магниевому классу, с величиной общей минерализации до 120-130 мг/л (табл.7).

Если в предыдущих случаях наличие компонентов рудной минерализации носило более или менее случайный характер и не отвечало однозначно на возможность локализации соответствующего оруденения, то в бассейне реки Астхадзор концентрации таких компонентов, как молибден, медь и цинк деют право связывать их с зоной оруденения.

Содержания молибдена (0,04 мг/л), цинка (0,05 мг/л), меди (0,01 мг/л) в сочетании с высоким процентом их распространенности указывают на возможную медно-молибденовую и полиметаллическую минерализации. Неблагоприятные условия среды (высокие значения pH), приводящие к быстрому выпадению их из раствора, не позволяют фиксировать эти компоненты в таких же концентрациях на некотором удалении от источника. В результате в поверхностных водотоках, дренирующих эти родники, содержания компонентов рудной минерализации весьма незначительны.

Косвенные показатели возможного оруденения: pH среды и сульфат-ион не свидетельствуют о широком окислительном процессе (pH среды отвечает околонеutralным значениям, а отношение сульфат-иона к хлор-иону ≈ 1).

Таблица 7

Химический состав подземных вод бассейна р.Астхадзор по зоне местного стока в мг/л (по результатам 16 анал.)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ (6,5 км к югу от с.Астхадзор)
Na+K	6,2-21,6	14,9	12,6
Ca	7,3-26,8	18,1	16,9
Mg	3,2-16,3	10,1	9,4
Cl	2,2-14,8	10,3	10,1
SO ₄	3,1-12,8	8,8	8,9
HCO ₃	51,1-133,1	100,4	141,0
pH	6,7-7,1	6,9	6,8
Мобщ.	83,1-186,0	144,6	198,0
MoO ₄	не обн.-0,04	0,003	0,04
Cu	не обн.-0,01	0,002	0,005
Zn	не обн.-0,05	0,006	0,04

Бассейн р.Варденик

Бассейн описываемой реки представляет наибольший интерес с точки зрения возможной металлоносности.

Территория водосбора составляет примерно 110-115 кв.км. Верховья реки сложены эффузивными (туфогенными) образованиями палеогена (среднего эоцена), в пределах которых на южном склоне Варденисского хребта локализуется целый ряд рудопроявлений (Варденисское, Джермукское, Азизнер и др.). Оруденение генетически связано с позднеэоценовыми гранитоидными интрузивами, имеющими выходы на этой территории. Эти образования местами перекрыты вулканогенной формацией неогена (средне-верхнеплиоценовые андезиты, андезито-дациты, перлиты, обсидианы, пемзы). Завершают геологический разрез этой территории нижне- и среднечетвертичные вулканы (базальты, андезито-базальты, дациты, андезито-дациты).

Химический состав подземных вод зоны местного стока не полностью отражает всё разнообразие геологического строения. Весьма нехарактерно поведение сульфат-иона, занимающего третье место в ряду анионов, а концентрация водородных ионов отвечает слабокислой, а чаще - нейтральной среде (6,7-6,9)

Таблица 8

Химический состав подземных вод бассейна р.Варденик
по зоне местного стока в мг/л (по результатам 22 анал.)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ (в 2 км к северу от пос.Азизнер)
Na+K	5,8-22,3	15,1	14,1
Ca	8,1-24,9	20,3	21,7
Mg	5,1-14,1	9,9	9,1
Cl	3,3-15,7	10,0	14,2
SO ₄	3,1-13,7	9,8	11,1
HCO ₃	53,1-129,4	106,2	110,5
pH	6,7-7,1	6,9	6,7
Мош.	91,1-185,5	141,8	180,5
MoO ₄	не обн.-0,035	0,011	0,008
Cu	не обн.-0,008	0,001	0,005
Zn	0,003-0,005	0,009	0,05

(табл.8). Эти факты свидетельствуют о значительном разбавлении вод, дренирующих сульфидсодержащие отложения, водами подлазовыми. В катионном ряду доминируют кальций и натрий, при почти равном их содержании.

Класс воды гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатный кальциево-натриевый с величиной общей минерализации до 180 мг/л (без данных по содержанию кремниеслоты). Содержание компонентов рудной минерализации свидетельствует о наличии медно-молибденового и полиметаллического оруденения. Во всех 22 проанализированных пробах были обнаружены концентрации цинка, колеблющиеся в пределах 0,005-0,055 мг/л. В 80% проб обнаружен молибден, содержание которого варьирует от 0,005 до 0,035 мг/л. Еще большим процентом распространенности (88%) характеризуется медь со значениями до 0,008 мг/л. Принимая во внимание слабую миграционную способность меди в данной среде, можно предположить, что источник разложения и выноса металлов располагается в приповерхностной зоне.

Бассейн р.Арцванист

Площадь водосбора до 170-180 кв.км. Описываемый бассейн характеризуется меньшим разнообразием литолого-петрографического состава. Стратиграфическая колонка начинается с отложе-

Таблица 9

Химический состав подземных вод бассейна
р. Арцванист по зоне местного стока, в мг/л

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Бассейн верхнего течения р. Арцванист (по результатам 14 анализов)		В 2 км к северу от с. Арцванист	
Na+K	5,3-20,9	14,1	10,0
Ca	7,7-26,5	19,2	20,6
Mg	4,1-14,2	10,1	7,6
Cl	1,4-14,1	8,8	12,3
SO ₄	2,8-12,5	9,2	8,1
HCO ₃	54,4-122,8	94,6	95,9
pH	6,7-7,2	6,9	6,8
Мобн.	88,6-179,8	138,7	153,7
MoO ₄	не обн.-0,01	0,001	0,01
Cu	не обн.-0,005	0,001	0,005
Бассейн нижнего течения р. Арцванист (по результатам 9 анализов)		В 1,5 км к югу от с. Арцванист	
Na+K	5,6-22,3	17,1	12,2
Ca	8,4-30,1	23,8	26,1
Mg	3,1-18,0	11,1	10,4
Cl	2,6-18,8	12,9	16,1
SO ₄	3,2-11,3	8,6	8,2
HCO ₃	49,4-157,4	107,3	126,1
pH	6,8-7,1	6,9	6,9
Мобн.	93,1-206,5	186,0	199,2
MoO ₄	не обн.-720,005	-	0,005
Cu	не обн.	-	не обн.
Zn	не обн.-0,01	0,0013	0,005

ний верхнего неогена. Это - андезиты, андезито-дациты, реже галечники. Перекрыты они ниже- и среднечетвертичными базальтами, андезито-базальтами, андезито-дацитами и дацитами.

Химический состав подземных вод бассейна верхнего течения речки соответствует гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатному кальциево-натриево-магниевому классу с весьма малой величиной

общей минерализации (80-90 мг/л) (табл.9). Это - типичные подлазовые воды, характеризующиеся недлительностью подземной циркуляции. Некоторым увеличением подземной циркуляции отмечены воды бассейна нижнего течения реки. Сохраняя тот же класс, воды имеют более высокую минерализацию (до 140 - 150 мг/л).

В распределении компонентов рудной минерализации отмечается уменьшение (по сравнению с вышеописанным бассейном) вышефоновых значений меди и молибдена. В ряде проб продолжают оставаться достаточно высокими содержания цинка, однако процент распространенности этого элемента (по данным 23 проб) не превышает 35%. Еще меньшим процентом распространенности характеризуются медь и молибден (соответственно 13 и 17%, табл.9).

Все это позволяет говорить о том, что зоны рудной минерализации затухают по хребту с запада на восток. Пробы, отмеченные некоторым повышенным содержанием металлов, тяготеют, как правило, к левым истокам реки, т.е. к участкам, расположенным в непосредственной близости от бассейна вышеописанной реки Варденик. Правые рукава реки характеризуются фоновыми или околофоновыми значениями компонентов рудной минерализации.

Бассейн р.Карцахпюр (Мекенис)

Среди рек, дренирующих Варденисский хребет, наиболее значительной площадью водосбора характеризуется бассейн реки Карцахпюр (190-200 кв.км).

Речка на всем своем протяжении дренирует средне- и верхнеплиоценовые дацилы, липариты, перлиты, андезиты, андезитодациты и четвертичные андезитобазальты. Крайние правые притоки дренируют также небольшие выходы палеогеновых эффузивов и прорывающих их гранитоидов, содержащих некоторое количество бора в труднорастворимой форме (турмалин). Рудные сульфидные проявления в этих породах не отмечены.

Химический состав подземных вод зоны местного стока как в бассейне верхнего, так и нижнего течения реки соответствует гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатному кальциево-натриево-магниевому классу с величиной общей минерализации, колеблющейся в пределах 75-190 мг/л. Верхние значения минерализации приходятся, как правило, на воды бассейна нижнего течения, что является показателем более длительной циркуляции (табл. 10).

Таблица 10

Химический состав подземных вод бассейна
р.Карчахпур по зоне местного стока в мг/л

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Бассейн верхнего течения р.Карчахпур (по результатам 8 анализов)		В 1,5 км к югу от с.Макенис	
Na+K	7,4-14,2	11,1	12,3
Ca	8,1-20,3	13,4	15,8
Mg	3,6-8,8	5,8	6,3
Cl	2,2-12,1	9,6	10,3
SO ₄	3,1-14,0	9,2	8,6
HCO ₃	53,7-99,6	78,1	83,8
pH	6,8-7,0	6,9	6,9
Мообщ.	75,0-141,6	103,8	117,1
MoO ₄	не обн.-0,005	-	не обн.
Cu	не обн.	не обн.	не обн.
Zn	не обн.-0,005	-	0,005
Бассейн нижнего течения р.Карчахпур (по результатам 12 анализов)		В 1,0 км к югу от с.Карчахпур	
Na+K	8,1-16,3	13,5	14,5
Ca	9,4-23,7	16,1	14,3
Mg	2,6-10,0	6,3	9,4
Cl	4,4-13,6	9,6	11,7
SO ₄	6,1-14,7	11,3	10,1
HCO ₃	49,4-119,6	91,1	96,5
pH	6,8-7,1	6,9	6,8
Мообщ.	103,2-188,6	161,3	156,8
MoO ₄	не обн.-0,005	-	0,005
Cu	не обн.	-	не обн.
Zn	не обн.	-	не обн.

Весьма характерной особенностью подземных вод этой территории по зоне местного стока является почти полное отсутствие компонентов рудной минерализации. Спорадически отмечаемые околородные концентрации молибдена и цинка - скорее результат накопления этих компонентов в водах за счет разложения

единичных сульфидсодержащих минералов, чем показатель сколько-нибудь существенной зоны рудной минерализации. В незначительных концентрациях фиксируются: медь, цинк, молибден, ртуть, хром, марганец, фосфор, нитраты. Полностью отсутствуют содержания мышьяка, никеля, кобальта, нитритов, бора и свинца.

Таким образом, из всех бассейнов стока, дренирующих Варденисский и Гегамский хребты, наиболее стерильным по содержанию компонентов рудной минерализации является речка Керчехпюр (табл. IОа).

По геолого-литологическим условиям территория Севанского и Арегунийского хребтов значительно отличается от вышеописанного региона. Участие терригенных, нормально-осадочных (преимущественно карбонатных), основных и ультраосновных пород с локализованными в их пределах проявлениями хрома, меди и ртути создает большую пестроту химического состава подземных вод зоны местного стока.

Воды подзоны аэрации характеризуются весьма малой минерализацией (до 180-200 мг/л) и очень высокими питьевыми качествами. По химическому составу они, в основном, гидрокарбонатные кальциево-магниевые-натриевые, в отдельных случаях в катионном ряду наблюдается превалирование натрия или магния над кальцием.

В подземных водах зоны местного стока, циркулирующих в породах туфогенного комплекса, наблюдается некоторое повышение общей минерализации (при аналогичной комбинации химического состава) по сравнению с водами подзоны аэрации. Некоторые расхождения в величинах общей минерализации и химического состава наблюдаются в водах, дренирующих породы нижнего сенона и средне-верхнего эоцена. Эти воды гидрокарбонатные кальциево-магниевые с минерализацией, колеблющейся в пределах 270-340 мг/л.

Подземные воды зоны местного стока, циркулирующие в породах ультраосновного комплекса, характеризуются как гидрокарбонатные магниевые-кальциево-натриевые. Общая минерализация их не отличается от таковой вышеописанных вод. Увеличение общей минерализации наблюдается только в рудничных водах Шоржинского хромитового месторождения, где она достигает 1180 мг/л, а содержание магния в отдельных случаях превышает 90% состава катионов.

Пластово-трещинные воды, дренирующие нормально-осадоч-

Фоновые содержания микрокомпонентов в подземных водах
зоны местного стока Гегамского и Ваденисского хребтов

Наименование бассейнов стоков	Э л е м е н т ы и с о е д и н е н и я в м г / л								
	Cu	Zn	Mo	Hg	Ag	Cr ⁺³	Mn(II)	PO ₄	NO ₃
Гаварагет	не обн.	0,002	0,003	0,003	0,0002?	0,003	не опр.	не обн.-0,02	0,2
Дзорагях	не обн.	0,003	0,003	0,0012	не обн.	не обн.	0,01	не обн.-0,01	0,15
Цаккар	не обн.	0,0012	0,0025	не обн.	не обн.	не обн.	0,012	0,02	0,1
Личк	0,002	0,002	0,0015	0,003	не обн.	0,005	0,008	0,03	0,12
Аргичи	0,003	0,005	0,005	0,003	не опр.	0,005	не опр.	0,06	0,22
Мартуни	0,002	0,004	0,003	0,002	не обн.	0,003	не опр.	0,05	0,32
Астхадзор	0,002	0,006	0,003	0,002	не обн.	не обн.	не опр.	0,06	0,24
Ваденик	0,004	0,009	0,008	0,001	0,0006	не обн.- -0,002	0,022	0,08	0,44
Арцванист	0,002	0,005	0,005	не опр.	не обн.	не обн.	0,01	0,03	0,24
Карцахпюр (Макенис)	не обн.	не обн.	0,002	не обн.	не обн.	не обн.	не опр.	0,02	0,35

ную серию пород верхнего мела, по химическому составу - гидрокарбонатные кальциево-магниевые-натриевые, т.е. полностью соответствуют литологическому комплексу (известняки и мергели), в пределах которого они циркулируют. Общая минерализация вод не превышает 440 мг/л. В зависимости от длительности циркуляции величина общей минерализации несколько меняется, однако соотношение основных компонентов остается неизменным.

Как отмечалось, поступление вод в озеро с Арегунийского и Севанского хребтов далеко не равнозначно. По существу, в годовом разрезе только три реки - Дзкнагет, Драхтик и Агберк - дренируют весь хребет Арегуни. Остальные водотоки имеют сезонный (паводковый) характер и не оказывают существенного влияния на баланс озерной воды.

Второе существенное отличие вод описываемых хребтов - их химический состав. При относительно малом дебите (по сравнению с водами Гегамского и Варденисского хребтов) воды, дренирующие Севанский хребет, играют значительную роль в формировании химического состава вод озера. Воды же, поступающие в озеро с хребта Арегуни, имеют при гидрокарбонатном кальциево-натриевом составе небольшую минерализацию. Таким образом, и по дебиту, и по химическому составу воды, поступающие с хребта Арегуни, играют весьма подчиненную роль в процессе формирования озерной воды.

Бассейн р.Дзкнагет

Обладает наибольшей площадью водосбора - 80-85 кв.км. По зоне местного стока в бассейне верхнего течения реки распространены средне-верхнечетвертичные андезито-дациты, андезиты, андезито-базальты. В нижнем течении река дренирует палеогеновую терригенную и вулканогенно-осадочную формации (песчаники, конгломераты, порфириды, туфобрекчии, туфоконгломераты, местами гидротермально измененные).

Подземные воды бассейна верхнего течения реки характеризуются химическим составом, типичным для вод, циркулирующих в четвертичных вулканических образованиях. Это - гидрокарбонатные кальциевые, кальциево-натриевые воды с минерализацией, не превышающей 150-170 мг/л. Компоненты рудной минерализации в этих водах практически не фиксируются.

Химический состав подземных вод бассейна нижнего течения реки несколько отличается от описанных. Характеризуясь

примерно тем же гидрокарбонатным, гидрокарбонатно-сульфатным кальциево-натриевым классом, эти воды, однако, имеют минерализацию, достигающую порядка 300 мг/л (табл. II).

Таблица II

Химический состав подземных вод бассейна р. Дзкнегет по зоне местного стока в мг/л (по данным 16 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	10,3-21,7	16,6	19,5
Ca	22,1-47,4	34,2	36,2
Mg	3,6-8,2	5,1	4,8
Cl	2,2-6,8	3,7	4,0
SO ₄	6,4-14,5	10,1	9,6
HCO ₃	132,7-194,3	172,8	167,2
pH	7,3-8,8	8,4	7,9
Мообщ.	214,5-296,3	257,3	241,3
Cu	не обн.-0,003(?)	-	0,033(?)
Zn	не обн.-0,008	-	0,005
Mo	не обн.-0,005	-	не обн.
Hg	не обн.	-	не обн.

Весьма незначительна концентрация компонентов рудной минерализации. По проценту распространенности лишь только цинк фиксируется в 25% проанализированных проб с содержаниями, не превышающими 0,008 мг/л. Еще меньшим процентом распространенности (15%) характеризуется молибден, абсолютные значения которого едва достигают предела чувствительности анализа (0,003-0,005 мг/л). Не фиксируются также компоненты, связанные с ультраосновными, основными породами - хром, никель, кобальт.

Бассейн р. Драгтик

Площадь водосбора этой речки не превышает 40-45 кв. км. В геологическом строении бассейна принимают участие среднеэоценовые порфириды, туфобрекчии, туфопесчаники, песчаники с прослоями глин и прорывающие их позднеэоценовые оливиновые габбро-порфириды и габбро-диориты.

Химический состав подземных вод - гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-натриевый, кальциево-натриево-магниевый, с минерализацией до 300 мг/л. Рудные компоненты фиксируются в этих водах в весьма незначительных количествах, Некоторые со-

держания хрома и меди, обнаруженные в ряде проб, имеют, по-видимому, петрогенную природу и связаны скорее с интрузией габбро-диоритов, чем с сульфидным оруденением. В пользу этого свидетельствуют небольшие концентрации сульфат-иона и нейтральные значения pH среды (табл. I2).

Таблица I2

Химический состав подземных вод бассейна р.Драхтик по зоне местного стока в мг/л (по данным II анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	8,3-21,2	16,7	18,8
Ca	18,6-51,2	37,3	34,9
Mg	6,8-19,3	13,1	12,0
Cl	2,0-8,8	4,2	5,8
SO ₄	3,9-14,2	8,9	11,1
HCO ₃	122,6-218,3	172,4	192,3
pH	7,0-7,3	7,2	7,2
М _{общ.}	224,2-337,0	279,2	275,3
Cr	не обн.-0,007	-	не обн.
Mo	не обн.	-	не обн.
Zn	не обн.-0,005(?)	-	не обн.
Cu	не обн.-0,008	-	0,003 (?)

Бассейн р.Агбарк (Агбулаг)

Площадь водосбора насчитывает всего 24-26 кв.км, однако геологическое строение описываемого бассейна разнообразнее вышеописанного. Здесь, наряду с отмеченными породами, локализованными в пределах бассейна р.Драхтик, имеют выходы и гранитоиды. Некоторое влияние на химический состав вод оказывают также основные и ультраосновные породы, имеющие выходы к юго-востоку от описываемого бассейна - в районе полуострова Арганиш.

В силу этого разнообразнее и химический состав подземных вод зоны местного стока. По классу воды гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевые с величиной общей минерализации, достигающей 400 мг/л (табл. I3).

На связь описываемых вод с офиолитами указывает избыток таких компонентов, как магний, хром, никель и, частично, медь. Воды с высокой концентрацией указанных компонентов распреде-

лены по территории неравномерно. Наибольшие содержания их приходятся на родники бассейна левого рукава речки, т.е. на участки, тяготеющие к Артанишскому полуострову.

Таблица 13

Химический состав подземных вод бассейна
р.Агберк (Агбулар) по зоне местного стока в мг/л
(по данным 8 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	4,9-19,1	11,2	8,5
Ca	22,7-52,9	38,6	43,2
Mg	5,6-27,2	16,4	19,8
Cl	3,3-10,8	6,9	7,9
SO ₄	4,7-19,6	12,0	12,3
HCO ₃	147,4-233,9	184,8	223,9
pH	7,0-7,4	7,2	7,3
Мол.м.	275,0-396,9	345,3	353,6
Cr	не обн.-0,018	0,009	0,009
Mo	не обн.	-	не обн.
Zn	не обн.	-	не обн.
Cu	не обн.-0,008	-	не обн.
Ni	не обн.-0,005	0,003	0,005
SiO ₂	27,2-41,4	34,6	38,0

Рудное поле Шоржинского хромитового месторождения.

Шоржинское хромитовое месторождение расположено в северной части Артанишского полуострова. Площадь заражения хромитом, включая зоны распространения вторичных ореолов элемента, достигает 10-12 кв.км. Здесь же отмечаются проявления магнетита и асбеста, также генетически связанные с породами отмеченной формации. Таким образом, по зоне местного стока в геологическом строении этого участка принимают участие ниже- и верхнесенонские известняки, мергели, глины с прорывающими их породами ультрабазитов (дуниты, перидотиты, пироксениты, серпентиниты, листвениты). К северу от участка месторождения локализируются среднеэоценовые вулканогенные образования с прорывающими их позднеэоценовыми оливиновыми таббро-порфиритами и таббро-диоритами.

Область питания подземных вод расположена несколько се-

вернее и северо-восточнее Шоржинского месторождения.

Известняки, составляющие здесь северное крыло антиклинали и падающие на север под углом $40-45^{\circ}$, уводят значительную часть подземных вод в сторону от месторождения.

Значительная часть атмосферных осадков, выпадающих непосредственно на площади развития ультрабазитов, слагающих весь участок месторождения, переходит в подземный сток и по системе трещин направляется в озеро Севан (воды зоны регионального стока).

На территории месторождения отмечено несколько родников с весьма малыми дебитами. Все они приурочены к контактовой полосе ультраосновных пород, в частности, перидотитов с дунитами.

В северо-восточной части месторождения, непосредственно за массивом ультраосновных пород, в продуктах их выветривания зафиксировано несколько групп родников с значительным дебитом. Они дают начало ручью, пересекающему месторождение с северо-востока на юго-запад.

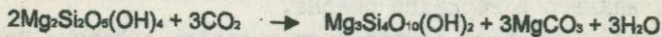
Выделяются два типа вод, циркулирующих в пределах месторождения: трещинные воды, связанные с основными и ультраосновными породами, и трещинные воды, связанные с верхнесенонскими известняками.

К первому типу относятся также рудничные воды, дренирующие горные выработки западного и центрального участков месторождения.

По химическому составу выделяются: гидрокарбонатные магниевые (первый класс вод) (табл. I4) и гидрокарбонатные кальциево-магниевые (второй класс вод) (табл. I5).

Отмечается накопление значительных содержаний карбоната магния в водах первого класса.

Карбонат магния образуется при процессе серпентинизации пород ультраосновной формации и, главным образом, минерала оливина. Процесс серпентинизации главного породообразующего минерала - оливина протекает, по-видимому, по следующей схеме:



и в дальнейшем, при взаимодействии MgCO_3 с водой, обогащенной углекислотой: $\text{MgCO}_3 + \text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg} + 2\text{HCO}_3$

Эта предполагаемая схема, на наш взгляд, наиболее вероятна для всего описываемого района распространения ультраос-

Химический состав подземных вод Шоржинского хромитового месторождения по зоне местного стока в мг/л
(по данным 17 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	2,0-16,4	10,8	7,6
Ca	3,0-45,1	20,3	4,0
Mg	56,3-172,7	96,3	91,5
Cl	5,7-28,4(49,7,1)	19,8	21,3
SO ₄	5,3-53,8	21,3	53,8
HCO ₃	292,0-878,4	439,2	388,0
pH	7,5-7,8	7,7	7,7
M	441-1090,6	738,2	650,8
Cr	0,003-0,752	0,0421	0,03
Ni	0,003-0,01	0,008	0,008
Mn	0,08-0,64	0,2	0,3
Cu	не обн.-0,005	-	не обн.
Hg	не обн.-0,005	-	не обн.
SiO ₂	51,3-96,4	73,2	84,3

Таким образом, в водах гидрокарбонатного магниевого класса происходит накопление ионов магния и гидрокарбоната. Небольшие содержания иона кальция в этих водах объясняется отсутствием соединений кальция в породах, слагающих перидотитовый массив.

С приведенной схемой следует связывать и относительное повышение кремнекислоты в подземных водах описываемого региона.

Воды гидрокарбонатного кальциево-магниевого класса, имеющие распространение в пределах описываемого месторождения, формируют свой химический состав в породах терригенно-осадочной свиты нижнего и верхнего сенона.

Дренаруя, наряду с отмеченными и породы основных интрузивов (оливиновое габбро), воды в катионном ряду, помимо кальция, содержит и повышенные концентрации иона магния.

Величина общей минерализации вод этого класса ниже, чем в гидрокарбонатных магневых, где повышение связано с больши-

ми концентрациями иона магния и соответствующего ему гидрокарбоната.

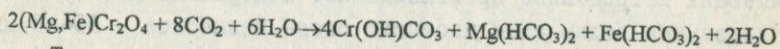
Таблица 15

Химический состав гидрокарбонатных кальциево-магниевых вод Шоржинского месторождения по зоне местного стока, в мг/л (по данным 7 анал.)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	8,0-28,8	20,4	28,1
Ca	44,0-64,0	55,3	46,0
Mg	15,0-36,1	26,0	29,0
Cl	4,2-15,6	9,9	5,6
SO ₄	9,8-32,5	20,1	17,3
HCO ₃	219,6-366,0	331,6	294,0
pH	7,5-7,7	7,7	7,7
M	354,1-541,2	456,0	466,8
Cr	0,029-1,23	0,259	0,65
Ni	0,005-0,04	0,021	0,03
Mn	0,48-2,1	1,0	0,85
Cu	не обн.	-	не обн.
Hg	не обн.	-	не обн.
SiO ₂	48,7-63,8	55,4	53,7

Основными рудными минералами хрома на Шоржинском месторождении являются хромшпинелиды. Как показывают пересчеты весовых данных анализе на молекулярные количества, хромшпинелиды представлены магнхромитом $(Mg,Fe)Cr_2O_4$

Переход хрома в водный раствор осуществляется, по-видимому, следующим образом: при воздействии свободной углекислоты и воды на хромшпинелиды с химическим составом $(Mg,Fe)Cr_2O_4$ образуется т.н. основная соль хрома предполагаемого состава, по схеме:



Так как циркулирующие в пределах месторождения воды имеют, в основном, гидрокарбонатный магниевый состав, то в дальнейшем при взаимодействии этих вод с основной солью хрома возможно образование следующего воднорастворимого комплексного соединения: $2Cr(OH)CO_3 + 2Mg(HCO_3)_2 \rightarrow 2Mg[Cr(OH)_4]_2 + 6CO_2$

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

Таким образом, в условиях слабо выраженной окислительной среды хром переходит в раствор в виде какого-то воднорастворимого комплексного соединения: $2Mg[Cr(OH)_4]$ и в этой форме переносится водами, циркулирующими в районе месторождения. Эта предполагаемая схема перехода хрома в водный раствор распространяется нами на всю полосу ультраосновных пород, в пределах которых локализируются небольшие скопления хромитовых руд (Гейсу, Инкедаг и др.).

Существенных, против фона, концентраций в породах описываемого региона достигает марганец, широко представленный, помимо вышеотмеченных марганцевых рудопоявлений, по полосе офиолитов в виде марганцевистых радиоляритов.

Некоторые родники на территории месторождения содержат гаммовые концентрации меди и ртути, процент распространения которых соответственно равен 22 и 12%. Эти компоненты рудной минерализации распространены как в офиолитах, так и в перекрывающем их чехле.

Бассейн р.Артаниш

Площадь водосбора речки не превышает 20-22 кв.км. Сложен бассейн породами преимущественно нижесенонского возраста (известняки, глины, аргиллиты) с прорывающими их ультрабазитами (перидотиты, пироксениты, дуниты, серпентиниты). В водораздельной части бассейна имеются также выходы вулканогенных образований нижнего эоцена. Как и на Шоржинском хромитовом месторождении, здесь формируется кора выветривания ультраосновных пород, с которыми связаны скопления магнетизированной массы. Следствием отмеченного литологического состава пород является гидрокарбонатный магниевый-кальциевый класс циркулирующих подземных вод зоны местного стока. Характерная особенность этих вод - наличие ряда компонентов (хром, никель, марганец, частично медь), присутствующих в породах ультраосновного состава и имеющих петрогенное происхождение. Содержание кремнекислоты по подземным водам зоны местного стока невысокое - 35-49 мг/л (табл.16). Это свидетельство того, что в выветрелых разностях ультрабазитов содержания MgO и SiO_2 находятся в обратной зависимости (Абоян, 1961).

Бассейн р.Норуз

В геологическом отношении бассейн идентичен вышеописанно-

Таблица 16

Химический состав подземных вод бассейна р. Артемиш
по зоне местного стока в мг/л (по данным 14 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	7,2-16,3	10,1	11,4
Ca	12,6-31,1	23,5	20,5
Mg	16,4-34,7	28,8	25,3
Cl	4,3-15,9	8,9	10,3
SO ₄	9,3-23,1	13,9	15,3
HCO ₃	141,2-204,6	169,8	183,2
pH	7,3-7,8	7,5	7,6
M	288,4-351,2	312,6	304,3
Cr	0,005-0,035	0,012	0,015
Ni	0,001-0,009	0,005	0,005
Cu	не обн.-0,005	-	0,005
Zn	0,05-0,42	0,2	0,35
Hg	не обн.-0,003	-	не обн.
SiO ₂	31,4-49,2	41,6	38,0

му. Располагая примерно такой же площадью водосбора (18-20 кв. км), речка транспортирует подземные воды зоны местного стока того же гидрокарбонатного магниевно-кальциевого состава с величиной общей минерализации, достигающей 300-320 мг/л.

Аналогичная картина наблюдается и в распределении компонентов рудной минерализации. Концентрации хрома, никеля, марганца и меди того же порядка величин, что и в вышеописанном случае (табл. 17). В двух родниках, расположенных к юго-востоку от магистральной речки (верховья левых притоков), класс воды гидрокарбонатный кальциево-магниевый, с величиной общей минерализации до 220 мг/л. Эти воды, по-видимому, дренируют участки, в пределах которых не имеют существенного распространения ультраосновные породы. В этих водах резко занижены содержания хрома и никеля (гаммовые значения), но несколько большими концентрациями (соответственно 0,008 и 0,005 мг/л) характеризуются медь и ртуть. Однако геологическая позиция этого участка не дает основания прогнозировать значительные концентрации соответствующих сульфидов. Отмеченные элементы имеют, по-видимому, петрогенную природу.

Таблица 17

Химический состав подземных вод бассейна р.Норуз
по зоне местного стока в мг/л (по данным 8 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	6,8-19,3	11,8	13,0
Ca	14,6-26,4	20,3	18,2
Mg	18,4-41,1	28,9	27,1
Cl	3,6-14,3	10,3	8,9
SO ₄	5,3-17,6	12,1	10,1
HCO ₃	152,6-217,3	184,4	198,7
pH	7,4-7,8	7,6	7,8
M	293,1-346,8	310,6	318,2
Cr	0,003-0,042	0,021	0,024
Ni	0,001-0,009	0,005	0,005
Cu	не обн.-0,005	-	не обн.
Mn	0,03-0,15	0,085	0,06
Hg	не обн.	-	не обн.
SiO ₂	33,2-51,3	43,4	42,1

Бассейн р.Хентук (Дели-ага)

Характеризуется весьма незначительной площадью водосбора (3,4-4 кв.км). Бассейн сложен среднеэоценовой вулканогенной толщей (туфы, туфобрекчи, туфоконгломераты, порфириды) с подстилающими нижнесенонскими известняками и глинами. В русле среднего течения речки локализуется небольшой выход оливиновых габбро-порфиритов и габбро-диоритов.

Химический состав подземных вод зоны местного стока соответствует гидрокарбонатному кальциево-магниевому-натриевому классу с величиной общей минерализации 300-320 мг/л (табл.18).

Среди компонентов рудной минерализации весьма существенных концентраций (0,012 мг/л) достигает медь, что, по-видимому, объясняется дренированием подземными водами пород габбро-диоритового состава. Однако эта аномалия имеет, по-видимому, петрогенный характер и не может рассматриваться как источник выщелачивания значительных количеств рудного материала. Об этом свидетельствуют и косвенные гидрогеохимические показатели (сульфат-ион, pH среды и др.). Содержание остельных компонентов в водах (особенно имеющих связь с ультраосновными породами)

ми) остается в пределах фона.

Таблица 18

Химический состав подземных вод бассейна р.Хентук
по зоне местного стока в мг/л (по данным 9 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	6,3-16,4	10,1	9,0
Ca	23,6-44,4	29,8	31,7
Mg	12,1-21,6	16,7	18,3
Cl	8,2-14,3	11,3	11,1
SO ₄	9,7-17,4	12,6	13,7
HCO ₃	135,3-211,6	171,6	176,3
pH	7,0-7,3	7,1	7,1
M	275,4-326,3	311,6	301,5
Cr	0,009-0,015	0,010	0,011
Ni	0,001-0,009	0,003	0,003
Cu	не обн.-0,012	0,008	0,010
Zn	не обн.-0,005	-	не обн.
Hg	не обн.-0,005	-	не обн.
SiO ₂	38,3-47,4	43,8	41,4

Бассейн р.Джил

Площадь водосбора бассейна составляет 22-25 кв.км.

Наряду с комплексом вышеотмеченных пород в нижнем течении описываемого бассейна локализуются также позднемерловыя габброиды и верхнеюрские известняки. Породы указанных составов несут на себе элементы медного и марганцевого оруденений. Это - небольшие халькопиритовые прожилки, локализованные в габброидах, и марганцевистые радиоляриты, связанные с известняками верхней юры. Однако неглубокая гипергенная проработка этих, по существу, незначительных скоплений меди, выраженная в слабых процессах окисления, не позволяет рассматривать этот участок, как источник сноса существенного количества металла. Это положение подтверждается и гидрогеохимическими выводами (отсутствие сопутствующих компонентов). Содержание меди не превышает 0,012 мг/л, однако процент распространенности металла достигает 95%. Существенны концентрации марганца, связанного с выщелачиваниями марганцевистых радиоляритов. Напро-

тив, содержание хрома и никеля остается в пределах фона (табл. I9).

Таблица I9

Химический состав подземных вод бассейна р. Деил
по зоне местного стока в мг/л (по данным I7 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	9,4-14,6	12,1	12,6
Ca	31,8-56,7	42,8	43,4
Mg	15,1-29,6	22,3	21,4
Cl	6,8-19,1	14,2	12,3
SO ₄	9,1-30,3	16,4	15,4
HCO ₃	197,6-266,3	239,4	232,1
pH	7,0-7,2	7,1	7,2
M	306,4-431,7	391,8	388,2
Cr	0,001-0,011	0,006	0,009
Ni	0,001-0,005	0,003	0,001
Cu	0,005-0,012	0,007	0,008
Mn	0,01-0,045	-	0,025
Hg	не обн.-0,005	-	0,005
SiO ₂	38,8-56,9	50,7	51,0

По классу циркулирующие подземные воды гидрокарбонатные кальциево-магниевые с величиной общей минерализации до 400мг/л. Постепенное повышение величины общей минерализации - результат более длительной подземной циркуляции вод в пределах описываемого бассейна.

Бассейн р. Цапатах

Площадь водосбора 27-30 кв. км.

Геологическое строение бассейна описываемой реки довольно сложное. Стратиграфический разрез начинается с юрских известняков, содержащих марганцевистые радиолары. Выше залегают известняки, песчаники и мергели верхнего сенона, которые в свою очередь перекрыты среднеэоценовой вулканогенной свитой (туфы, туфобрекчии, туфоконгломераты, порфириды). Широкое развитие имеют породы ультраосновного состава, локализованные в бассейне верхнего течения этого водотока. В русле среднего течения отмечены выходы рабброидов. Такая пестрота литолого-петрографического состава наложила отпечаток и на подземные воды,

циркулирующие в пределах описываемого бассейна. По химическому составу здесь отмечается, по крайней мере, три класса вод, характеризующих дренируемые породы. Это - гидрокарбонатные магниевые-кальциевые; гидрокарбонатные кальциево-магниевые и гидрокарбонатные кальциево-магниевые-натриевые. Все вариации химического состава вод приходится на катионы, в анионном же ряду доминирующим является гидрокарбонат-ион, содержание которого достигает 90% состава анионов. Все же, при всем отмеченном разнообразии, основным классом вод является гидрокарбонатный магниевый-кальциевый, имеющий наибольшее распространение среди вод описываемого бассейна (табл.20).

Таблица 20

Химический состав подземных вод бассейна р.Цапатах по зоне местного стока в мг/л (по данным 21 анализа)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	3,2-12,7	6,6	7,8
Ca	18,4-41,7	30,1	21,3
Mg	23,6-51,2	34,6	34,0
Cl	6,1-14,6	10,3	11,7
SO ₄	10,1-19,7	14,9	16,0
HCO ₃	188,6-273,4	226,5	216,3
pH	7,4-7,8	7,6	7,8
M	308,7-441,2	386,9	349,1
Cr	0,022-0,450	0,095	0,122
Ni	0,005-0,009	0,007	0,008
Cu	не обн.-0,010	0,005	0,005
Mn	0,01-0,2	0,08	0,12
Hg	не обн.-0,005	-	не обн.
SiO ₂	37,4-52,6	44,7	42,0

По сравнению с водами вышеотмеченных бассейнов, величине общей минерализации описываемых вод несколько выше (380-440 мг/л). Более длительная подземная циркуляция, с одной стороны, и наличие рыхлых продуктов гипергенеза, быстрее поддающихся выщелачиванию, - с другой, создают благоприятные условия для повышения концентрации солей в растворе.

В ряду металлов высокими концентрациями отмечены элементы, характерные для различных типов рудной минерализации (медно-ртутной и магнезиально-хромитовой).

Весьма существенных концентраций, при 100% распространенности, достигают хром, никель, марганец. Достаточно высоки для вод подобного типа содержания меди и ртути. Отсутствие мощных зон пиритизации не способствует созданию кислой среды, в условиях которой халькофильные элементы могли бы удерживаться в растворе, а рассеянная халькопиритовая минерализация не способна при окислении существенно воздействовать на изменение химических параметров раствора.

Бассейн р.Шискерт

Площадь водосбора 22-24 кв.км.

За исключением среднеэоценовой вулканогенной свиты (туфы, туфобрекчии, туфоконгломераты, порфириды) в геологическом строении описываемого бассейна участвует тот же комплекс пород, которым характеризовался вышеописанный бассейн. Однако существенного влияния на химический состав подземных вод это частичное изменение литолого-петрографических условий не имело. Здесь также распространены гидрокарбонатные кальциево-магниево-железные и гидрокарбонатные магниево-кальциевые воды с величиной общей минерализации, достигающей 400-420 мг/л. Некоторое отличие заключается в том, что в описываемом бассейне преобладают гидрокарбонатные кальциево-магниево-железные воды при почти равном содержании ионов кальция и магния (табл.21).

Из числа компонентов рудной минерализации следует отметить хром и никель, обладающие 100% распространенностью. Несколько слабее в описываемых водах проявлены аномальные содержания меди и ртути. Хотя интервал содержаний марганца в подземных водах описываемого участка уже, чем в вышеописанном бассейне, тем не менее среднее содержание элемента в пробе здесь в 1,5 раза выше.

Бассейн р.Памбак

Площадь водосбора 26-28 кв.км.

Характеризуется теми же геологическими условиями, которыми отмечен бассейн р.Цапатах. Некоторое различие существует в распространенности того или иного литолого-петрографического комплекса. Воды, дренирующие этот бассейн, больше циркулируют в породах осадочного и эффузивно-осадочного комплекса, чем, вероятно, и обусловлено некоторое уменьшение роли магния. По классу описываемые воды гидрокарбонатные кальциево-магниево-железные, с величиной общей минерализации, не превышающей 400 мг/л (табл.22).

Таблица 21

Химический состав подземных вод бассейна р.Шикерт
по зоне местного стока в мг/л (по данным 18 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	3,2-10,1	6,1	4,6
Ca	28,1-43,9	35,4	34,8
Mg	20,6-41,2	32,7	29,7
Cl	4,9-10,6	7,3	8,1
SO ₄	9,3-18,1	14,2	13,3
HCO ₃	201,4-311,6	252,9	236,5
pH	7,3-7,8	7,6	7,6
M	322,0-416,6	359,8	376,0
Cr	0,035-0,210	0,136	0,142
Ni	0,005-0,009	0,007	0,009
Cu	не обн.-0,008	0,005	0,008
Mn	0,02-0,32	0,12	0,1
Hg	не обн.-0,005	0,001	0,005
SiO ₂	42,6-53,4	47,2	49,0

Уменьшается содержание ряда компонентов, характерных для магнезиально-хромитового оруденения. Так, средние концентрации хрома составляют сотые доли мг/л, а среднее значение никеля не превышает пяти гамм. Вместе с тем возрастает содержание в водах меди и марганца. С приближением к участкам Саринарской медной и марганцевой минерализаций эти компоненты начинают играть в подземных водах более существенную роль. Хотя по проценту распространенности медь не превышает 84%, тем не менее в отдельных пробах концентрация ее достигает 0,01 мг/л. Среднее содержание (при 100% распространенности) марганца в подземных водах описываемого бассейна составляет 0,22 мг/л.

Бассейн р.Даренак (Дара)

Площадь водосбора 32-34 кв.км.

Наряду с аналогичными породами, слегаящими бассейны рр.Памбак и Бабаджан, здесь заметную роль играют также известняки верхней юры-нижнего мела, содержащие марганцевистые радиоляриты. Следствием этого является возрастание содержания марганца в подземных водах зоны местного стока. Класс

Таблица 22

Химический состав подземных вод бассейна р.Памбак
по зоне местного стока в мг/л (по данным 16 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	4,6-11,8	6,9	7,3
Ca	29,8-48,7	36,2	37,4
Mg	15,4-23,9	20,7	19,0
Cl	5,3-9,9	7,1	8,2
SO ₄	6,6-19,6	12,3	10,0
HCO ₃	179,4-243,6	214,8	205,4
pH	7,2-8,0	7,6	7,8
M	304,6-401,3	352,2	335,9
Cr	0,016-0,135	0,062	0,056
Ni	0,003-0,005	0,005	0,005
Cu	не обн.-0,010	0,003	0,005
Mn	0,08-0,35	-	0,025
Hg	не обн.-0,011	0,005	не обн.
SiO ₂	36,3-54,2	49,3	48,0

отмеченных вод гидрокарбонатный магниевый-кальциевый с величиной общей минерализации до 350 мг/л.

В распределении компонентов рудной минерализации отмечается, по сравнению с водами предыдущих бассейнов, увеличение содержания металлов (табл.23). Однако возрастание концентраций таких генетически не связанных друг с другом элементов, как хром, никель, медь, ртуть и марганец, имеет различную природу. Изменение класса воды с кальциево-магниевого на магниевый обусловлено преимущественным дренированием пород ультраосновного состава, с которыми генетически связаны хром и никель. Таким образом, возрастание концентраций этих компонентов является следствием увеличения магнизальности вод.

Повышенные значения меди и, частично, ртути мы склонны объяснять дренированием подземными водами бассейне верхнего течения реки Саринарской взбросо-надвиговой зоны, по всей полосе которой локализуются небольшие проявления минералов отмеченных металлов. Однако неблагоприятные физико-химические параметры раствора препятствуют накоплению в водах значительного количества меди.

Химический состав подземных вод бассейна р.Даранак
(Дара) по зоне местного стока в мг/л
(по данным 14 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	3,4-10,6	5,8	6,4
Ca	18,7-34,9	26,7	28,4
Mg	27,9-49,6	38,1-	36,8
Cl	2,0-6,6	3,9	4,2
SO ₄	6,7-13,6	7,9	8,8
HCO ₃	247,3-306,5	273,8	269,6
pH	7,3-7,7	7,5	7,6
M	283,3-347,2	314,6	388,1
Cr	0,065-0,328	0,154	0,224
Ni	0,001-0,008	0,006	0,006
Cu	не обн.-0,005	0,002	0,005
Mn	0,15-0,55	0,4	0,35
Hg	не обн.-0,003	-	не обн.
SiO ₂	28,4-41,4	35,6	34,0

Наконец, увеличение концентраций марганца, безусловно, связано с выщелачиванием марганцевистых радиоляритов, широко представленных в рассленцованных известняках верхней юр-нижнего мела.

Бассейн р.Сатаняхач (Гюней)

Площадь водосбора 16-18 кв.км.

В составе пород основную роль играют известняки и мергели верхней юр-нижнего мела и верхнего сенона. Лишь истоки правых притоков речки дренируют такие породы ультраосновного состава.

Метаморфизация химического состава вод выражена здесь в увеличении роли иона кальция и, как следствие, класс подземных вод зоны местного стока гидрокарбонатный кальциево-магниевый с величиной общей минерализации до 400 мг/л (табл. 24).

Отмечается увеличение содержаний меди, ртути и, частично, марганца. Несмотря на уменьшение роли иона магния, концентрация хрома продолжает оставаться достаточно высокой -

Таблица 24

Химический состав подземных вод бассейна р. Сатенахач (Гюней) по зоне местного стока в мг/л (по данным 10 анал.)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	5,1-12,3	7,9	8,4
Ca	36,3-51,8	43,7	42,4
Mg	10,8-21,3	15,4	16,8
Cl	4,8-9,9	6,8	7,3
SO ₄	9,6-18,8	11,9	13,1
HCO ₃	193,2-247,6	224,1	206,2
pH	7,2-7,5	7,4	7,3
M	308,8-401,6	352,8	326,5
Cr	0,018-0,085	0,06	0,06
Ni	0,001-0,008	0,005	0,003
Cu	0,005-0,030	0,014	0,025
Mn	0,1-0,6	0,4	0,25
Hg	не обн.-0,015	0,008	0,005
SiO ₂	34,8-49,7	43,6	42,0

0,06 мг/л. Высокие содержания этого элемента связаны здесь с выщелачиванием "главной жилы", локализованной в верховьях описываемого бассейна и являющейся составной частью Джил-Сатенахачской зоны хромитового оруденения,

Бассейн р. Шикасар (Саринар)

Площадь водосбора по зоне местного стока 26-28 кв. км.

В геологическом строении описываемого бассейна, в основном, принимает участие тот же комплекс пород, который развиг в бассейне р. Сатенахач. Существенным дополнением является концентрация рудных проявлений, локализованных в верховьях описываемого бассейна. Саринарское проявление меди (верховья реки), марганца (бассейн среднего течения), маломощные прожилки киновари, повышенные содержания хрома и никеля в ультраосновных породах создают ту типогенную основу, следствием которой является увеличение концентрации отмеченных металлов в водах. По сравнению с водами вышеописанных бассейнов здесь возрастают содержания меди, ртути и марганца. Высокие содержания последнего обусловлены здесь не столько развитием марганцевистых редидоляритов, сколько наличием скоплений окисных минералов этого

элемента (браунит, гаусманит) в бассейне среднего течения реки.

Преобладающим классом циркулирующих подземных вод являются гидрокарбонатный кальциево-магниевый с довольно высокой величиной общей минерализации - до 450 мг/л (табл.25).

Таблица 25

Химический состав подземных вод бассейна р.Шекасар по зоне местного стока в мг/л (по данным 12 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержания	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	6,6-14,3	11,1	9,9
Ca	38,1-67,3	54,6	51,3
Mg	13,7-24,9	17,7	18,9
Cl	6,1-13,9	10,2	9,3
SO ₄	10,1-18,2	15,1	13,6
HCO ₃	207,3-311,4	256,3	243,8
pH	7,4-8,0	7,5	7,7
M	329,7-441,4	374,6	383,9
Cr	0,010-0,085	0,041	0,048
Ni	0,003-0,008	0,005	0,005
Cu	0,015-0,036	0,029	0,022
Mn	0,1-0,8	0,35	0,22
Hg	0,005-0,010	0,007	0,008
SiO ₂	32,3-43,7	36,4	37,0

Бассейн р.Гугарыч (Шижая)^{х/}

Площадь водосбора 12-14 кв.км.

В геологическом строении бассейна реки Гугарыч принимают участие расщепленные известняки верхней юры-нижнего мела, высококарбонатные мергели, известняки и песчаники верхнего сена и внедренные в них ультраосновные породы (перидотиты, пироксениты, дуниты, серпентиниты). Число рудо-

^{х/} Начиная с описываемого все последующие реки - Арпунк, Кархак, Тигранберд (Гедквели), Кутакан, Дариндераси (Конгур) протекают: в верхнем течении - по ущельям с четко оконтуриваемой площадью водосбора, в нижнем - по Масрикской равнине, где по существу нет никаких поступлений и выходов подземных вод, связанных с выделенным базисом эрозии. Поэтому при их описании в площадь водосбора не включаются бассейны нижнего течения этих рек.

проявлений, по сравнению с вышеотмеченным бассейном, заметно уменьшается. Исключение составляют проявления магнезита, связанные с корой выветривания ультрабазитов. Однако в литологическом составе пород преобладают карбонаты, что находит отражение в химическом составе подземных вод, циркулирующих в описываемом бассейне. Богаты ионом магния лишь воды, выходы которых приурочены к ультраосновным породам.

Таким образом, преобладающий класс подземных вод зоны местного стока - гидрокарбонатный, кальциево-магниевый, с весьма существенной величиной общей минерализации - 450 - 480 мг/л (табл.26).

Таблица 26

Химический состав подземных вод бассейна р.Гугарыч по зоне местного стока в мг/л (по данным 8 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	8,3-15,6	11,4	10,3
Ca	39,8-67,3	55,4	56,3
Mg	16,3-28,7	23,9	24,0
Cl	2,7-8,8	6,1	5,3
SO ₄	7,1-13,6	10,9	11,9
HCO ₃	251,1-316,8	273,9	286,6
pH	7,1-7,7	7,4	7,5
M	391,0-485,5	445,7	443,6
Cr	0,008-0,085	0,041	0,042
Ni	0,001-0,005	0,003	0,005
Cu	0,005-0,025	0,011	0,011
Zn	0,08 - 0,45	0,21	0,18
MoO ₄	не обн.-0,015	0,21	0,105
Hg	0,005-0,012	0,009	0,008
SiO ₂	38,4-53,6	46,8	49,2

В ряду компонентов рудной минерализации отмечается некоторое уменьшение содержаний хрома, меди и марганца. Концентрация ртути в подземных водах, напротив, несколько увеличивается (до 0,012 мг/л). Эти содержания свидетельствуют о выщелачивании водами ртутных проявлений.

Бассейн р.Арпунк (Кясаман)

Площадь водосбора 20-22 кв.км.

В геологическом отношении бассейн характеризуется развитием расчленованных известняков верхней юры-нижнего мела с внедренными в них ультраосновными породами.

Лишь в привершинной части хребта узкой полосой обнажаются верхнесенонские известняки и высококарбонатные мергели.

В пределах описываемого бассейна распространены Верхне-кысаяманское и Нижнекысаяманское проявления ртути и Кысаяманское проявление хрома и магнезита.

Широкое распространение карбонатных пород определяет класс подземных вод зоны местного стока как гидрокарбонатный кальциево-магниевый с величиной общей минерализации, достигающей 450-480 мг/л (табл.27).

Таблица 27

Химический состав подземных вод бассейна р.Арпунк по зоне местного стока в мг/л (по данным 15 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	6,6-16,3	10,1	8,4
Ca	35,1-59,6	42,3	49,6
Mg	17,3-31,4	21,9	21,3
Cl	4,6-9,9	6,2	5,6
SO ₄	7,3-14,9	8,8	9,1
HCO ₃	207,9-311,1	261,8	256,3
pH	7,0-7,5	7,3	7,2
M	352,6-471,2	417,3	406,0
Cr	0,012-0,125	0,085	0,048
Ni	0,003-0,010	0,008	0,008
Cu	0,008-0,035	0,027	0,015
Zn	0,05-0,65	0,35	0,22
Hg	0,005-0,025	0,020	0,011
SiO ₂	37,5-61,3	53,9	55,7

В описываемых водах максимального значения достигает содержание ртути (0,025 мг/л). Достаточно высока и концентрация меди, составляющая в среднем 0,02-0,03 мг/л. Такие значения отмеченных компонентов в условиях слабощелочной среды (pH = 7,2-7,5) свидетельствуют об интенсивности окислительных процессов, проходящих по зоне местного стока. Следует отметить, что в речке, дренирующей эти породы, содержа-

ние отмеченных компонентов не превышает фоновых величин (0,002-0,005 мг/л). Достаточно высока и концентрация хрома, связанного с дренированием Кысаменского хромитового месторождения.

Бассейн р.Кархак (Караимен)

Площадь водосбора 10-12 кв.км.

Бассейн сложен известняками верхней юры-нижнего мела и перекрывающими их высококарбонатными мергелями и известняками верхнего сенона. В нижнем течении речка дренирует также небольшой выход ультраосновных пород и четвертичные аллювиально-делювиальные и озерные отложения.

Химический состав подземных вод зоны местного стока отвечает гидрокарбонатному кальциево-магниевому классу с почти равным эквивалент-процентным содержанием кальция и магния. Наибольшая концентрация иона магния приходится на подземные воды бассейна нижнего течения речки. Величина общей минерализации достигает 460-480 мг/л (табл.28).

Таблица 28

Химический состав подземных вод бассейна р.Кархак по зоне местного стока в мг/л (по данным 21 анализа)

Элементы и срединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	7,3-10,1	8,5	8,6
Ca	36,2-55,6	44,8	41,3
Mg	21,1-39,9	27,6	29,4
Cl	6,1-10,6	8,1	7,7
SO ₄	7,6-13,6	8,9	9,8
HCO ₃	241,7-321,8	273,8	270,1
pH	7,1-7,6	7,5	7,4
M	372,6-483,9	423,7	418,7
Cr	0,025-0,095	0,054	0,045
Ni	0,005-0,009	0,007	0,008
Cu	0,003-0,010	0,007	0,008
Mn	0,05-0,20	0,12	0,09
Hg	0,005-0,025	0,016	0,015
SiO ₂	47,3-61,8	53,4	51,8

В распределении компонентов рудной минерализации отмечается уменьшение (по сравнению с водами бассейна речки Кысамен)

содержаний меди, хрома и, частично, ртути. Некоторым повышением концентрации характеризуется никель (максимальные значения - 0,009 мг/л).

Рудное поле Тигранабердского месторождения меди расположено в ущелье р.Гетак (Гедаквали), которое протягивается на север от дороги Кархакн-Кутакан на 4,0-4,5 км. Площадь водосбора по зоне местного стока 12-14 кв.км.

В геологическом строении описываемой территории принимают участие известняки верхней юры-нижнего мела, перекрытые в гребневой части хребта ниже- и верхнесенонскими известняками, аргиллитами и мергелями. В среднем течении этого водотока отмечены выходы ультраосновных пород и габброидов. Месторождение приурочено к нижним диабазовым порфири-там офиолитовой толщи, обнажающейся между сс.Кархакн и Кутакан. Медная минерализация представлена прожилково-вкрапленным и рассеянно-вкрапленным типами, обычно проявленными совместно. В вещественном составе руд главными минералами являются халькопирит и пирит со средним содержанием меди - 0,5%. На отдельных участках содержание меди достигает 1,5-2,0% (Казерян и др., 1981).

Процессы окисления руд на месторождении выражены слабо, прямо с поверхности, в зонах гидротермального изменения фиксируются сульфиды. Это свидетельство того, что эрозионные процессы опережают окисление руд. Небольшое развитие окислительных процессов отмечается в горных выработках, пройденных при разведочных работах. Сейчас штольни завалены и доступ к ним невозможен. Из устья двух штолен отмечен водоприток с весьма незначительным дебитом (0,01-0,1 л/сек).

Разведочные работы с перерывами продолжались до 1975 - 1976 гг. Основной объем приходился на буровые работы. Из горных выработок тяжелого типа пройдены две штольни глубиной 120-140 м. Еще одна штольня имеет небольшую глубину. На склонах есть несколько шурфов, к настоящему времени полузаваленных.

Для установления площади заражения медью продуктов гипергенеза и возможного сноса металла в оз.Севан на территории Тигранабердского месторождения были проведены гидрогеохимические, почвенно-гидрохимические и биогеохимические работы. Однако эти съемка не преследовала поисковые цели. Задачей данных исследований являлось оконтуривание территории с вышефоновыми значениями меди и сопутствующих оруденение

металлов — и поэтому отбор проб проводился не с той детально-
стью, которая обеспечивает выявление новых перспективных уча-
стков.

В пределах месторождения по результатам гидрохимических
работ выделены три типа циркулирующих вод: подземные воды зо-
ны местного стока, рудничные и поверхностные воды. Подземные
воды зоны местного стока наибольшее распространение имеют в
привершинной части Севанского хребта и в большинстве приуро-
чены к выходам верхнесенонских известняков. Значительная
часть выходов связана и с ультраосновными и габброидными по-
родами, локализованными по левому борту ущелья р. Гетак. Деби-
ты родников имеют, в основном, сезонный режим. В связи с при-
уроченностью отмеченных вод к различным литолого-петрографи-
ческим комплексам весьма разнообразен их химический состав.
Воды, циркулирующие в известняках, относятся к классу гидро-
карбонатных кальциево-магниевого с величиной общей минерализа-
ции до 500 мг/л. Весьма незначительно в этих водах содержание
металлов. Исключение составляют марганец (до 0,08 мг/л), свя-
занный с дренированием марганцевистых радиоляритов, и в ряде
проб — содержания ртути, достигающие значения 0,01 мг/л
(табл. 29).

Несколько иным составом характеризуются подземные воды,
формирующиеся в основных и ультраосновных породах. По классу
эти воды гидрокарбонатные магниево-кальциевые, с величиной
общей минерализации, достигающей 550 мг/л. Содержание компо-
нентов рудной минерализации в этих водах выше, чем в предыду-
щей группе. Объясняется это тем, что именно с породами основ-
ного состава связано Тигранбердское меднорудное оруденение.
Повышенными содержаниями характеризуются и металлы, непосред-
ственно связанные с ультрабазитами, — хром и никель. Концен-
трация марганца несколько ниже, чем в водах вышеописанного
типа (табл. 30).

Помимо описанных выходов, зарегистрировано еще несколько
родников со смешанным химическим составом — гидрокарбонатно-
хлоридные кальциево-магниево-натриевые с величиной общей мине-
рализации до 450 мг/л, приуроченные к аллювиальным отложениям
и делювиальному плащу бассейна нижнего течения реки. Однако
действие этих родников весьма кратковременное.

Количество рудничных вод на территории описываемого ме-
сторождения невелико. Всего было отобрано семь проб, из коих

Таблица 29

Химический подземных вод зоны местного стока, циркулирующих в известняках в бассейне р.Гетак в мг/л. (по данным 12 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	8,4-12,7	10,6	11,3
Ca	49,7-74,6	59,3	65,4
Mg	16,3-28,1	20,6	21,4
Cl	6,6-14,7	10,3	10,6
SO ₄	8,7-18,3	14,5	12,3
HCO ₃	271,3-359,2	312,7	302,3
pH	7,1-7,6	7,4	7,3
M	422,1-503,6	472,8	467,9
Cr	0,005-0,012	0,009	не обн.
Ni	0,003-0,005	0,004	0,03
Cu	не обн.-0,007	0,002	не обн.
Mn	0,02-0,08	0,04	0,050
Hg	не обн.-0,01	0,006	0,01
SiO ₂	38,1-49,7	43,6	44,6

три пробы из штолен, три пробы из шурфов и одна проба из скважины. Такое небольшое распространение рудничных вод объясняется тем, что основной объем разведочных работ выполнялся бурением скважин, в то время как за весь период разведки были пройдены две-три штольни, которые в настоящее время завалены и доступ в них невозможен. Пробы отбирались в устьях этих выреботок, где суммарный дебит поступлений не превышает 0,3-0,5 л/сек. Аналогичная картина наблюдается в старых полуразведанных шурфах. Скапливающиеся там воды, обогащаясь металлами, просачиваются по трещинам и обрезают на склоне небольшие выходы (в основном в сезон дождей), характеризующиеся по составу как рудничные. Из всех скважин, пройденных по рудной зоне, лишь одна имеет небольшой самоизлив (0,01 л/сек). Эта вода под действием окисляющихся руд наиболее метаморфизована. Содержание рудных компонентов и сульфат-иона достигает максимальных для данного месторождения значений.

Все рудничные воды по классу гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевого, с величиной общей минерализации до 450-500 мг/л. По целому ряду признаков (относительно небольшое

Таблица 30

Химический состав подземных вод зоны местного стока, циркулирующих в ультраосновных и основных интрузивных породах в бассейне р.Гетек в мг/л (по данным 9 анал.)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	10,6-18,1	14,6	14,2
Ca	19,3-31,4	23,9	26,1
Mg	47,6-63,8	56,7	58,1
Cl	4,4-13,9	9,2	7,9
SO ₄	16,5-33,7	26,3	28,6
HCO ₃	306,2-373,8	359,2	359,0
pH	7,1-7,6	7,5	7,5
M	488,1-547,8	522,6	530,4
Cr	0,011-0,085	0,051	0,038
Ni	0,003-0,007	0,005	0,005
Cu	0,005-0,056	0,012	0,010
SiO ₂	30,4-41,3	33,8	37,5

содержание компонентов рудной минерализации, сульфат-иона, слабощелочная среда) эти воды не соответствуют полной характеристике рудничных вод сульфидных месторождений. Объясняется это, по-видимому, в первую очередь незначительностью процессов окисления руд и, во-вторых, большим разбавлением рудничных вод высококарбонатными и магниевыми фоновыми водами.

В описываемых водах не определялись такие металлы, как хром, никель, марганец. Принимая во внимание металлогенические особенности Севанского рудного района, вместо указанных определению подверглись концентрации золота, серебра и цинка (табл. 31). Как и следовало ожидать, содержание цинка в водах весьма незначительно, что подтверждают данные минералогического анализа, не зафиксировавшего сфалерита.

Интересные и вместе с тем спорные результаты получены по серебру и золоту. Концентрация этих металлов в водах (соответственно 0,005 и 0,018 (!) мг/л) не отвечает минералогическому составу руд. Эти данные подлежат проверке при последующих работах.

Формирование химического состава вод речки проходит за счет смешения вышеописанных двух типов подземных вод.

Таблица 31

Химический состав рудничных вод бассейна
р.Гетак в мг/л (по данным 7 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	8,9-14,3	11,9	12,2
Ca	35,7-51,6	45,8	47,1
Mg	19,9-27,6	23,3	23,9
Cl	8,8-14,9	11,6	12,9
SO ₄	24,4-49,8	36,8	37,6
HCO ₃	194,4-247,6	219,6	225,7
pH	7,3-7,6	7,5	7,6
M	392,8-473,6	431,6	424,3
Ag	не обн.-0,005	0,001	0,002
Au	не обн.-0,018 (?)	?	0,018 (?)
Cu	0,012-0,066	0,043	0,04
Zn	не обн.-0,012	0,007	не обн.
SiO ₂	49,8-71,3	59,7	65,0
Hg	не обн.-0,008	-	не обн.

Подземные воды верховья водотока характеризуются гидрокарбонатным кальциевым классом. В среднем течении, благодаря поступлениям левых притоков, дренирующих основные и ультраосновные породы, химический состав вод реки становится гидрокарбонатным кальциево-магниевым с величиной общей минерализации до 400 мг/л (табл.32). В пробах воды, отобранных в межень и паводок, отмечается большой диапазон колебаний многих компонентов минерализации. Как правило, максимальные содержания отмечены в паводок, когда в воде, наряду с ионными составляющими, многие элементы присутствуют в форме коллоидов и взвесей. Значительных колебаний в макрокомпонентном составе вод достигают содержания кремнезема, магния, гидрокарбонатов, кальция. Большим разбросом содержаний характеризуется также микрокомпонентный состав. Механический снос материала со склонов увеличивает содержание таких элементов, как медь, серебро, ртуть, марганец. Перенос же указанных элементов в межень, когда господствует ионная форма нахождения их в растворе, весьма затруднен из-за высоких значений pH среды (7,4-8,3), в условиях которых большинство из них

Химический состав поверхностных вод бассейна
р.Гетак в мг/л (по данным 14 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	3,9-5,3	4,6	4,8
Ca	38,7-55,9	46,1	47,1
Mg	10,7-18,3	15,9	14,8
Cl	4,4-10,7	6,8	7,2
SO ₄	10,3-21,1	15,7	14,0
HCO ₃	173,6-231,4	214,5	201,3
pH	7,4-8,3	7,9	8,1
M	306,5-398,7	351,4	359,2
Ag	не обн.-0,002	-	0,002
Au	не обн.	-	не обн.
Cu	не обн.-0,035	0,012	0,02
Zn	не обн.	-	не обн.
Hg	не обн.	-	не обн.
SiO ₂	11,3-75,5	32,4	70,0

выпадает в осадок. Обнаружение их в растворе в этот период позволяет полегать миграцию в виде комплексных анионных соединений. Исходя из изложенного, можно утверждать, что наибольшие поступления отмеченных металлов в озеро происходит в весенний период.

Однако самые приближенные расчеты показывают, что максимальный годовой снос р.Гетак таких металлов, как медь, марганец, хром, не превышает 45-50 кг и то в случае, если весь объем отмеченных металлов достигает озера. Попадая в озеро Севан, эти и без того незначительные концентрации немедленно выпадают из раствора, чему способствует гидрохимический режим озерной воды (гидрокарбонатно-хлоридный магниевый-кальциевый класс с pH равным 8,0-8,2).

Таким образом, анализируя приведенный фактический материал, можно утверждать, что рудничные воды описываемого месторождения не имеют существенного влияния на формирование химического состава вод оз.Севан. Забегая несколько вперед, отметим, что в пробах вод озерной воды содержания отмеченных компонентов практически отсутствуют.

Наряду с описанными гидрогеохимическими работами были проведены почвенные и биогеохимические съемки, преследующие цель установления площади гипертенного заражения элементами, связанными с отмеченным оруденением.

В бассейне описываемой речки развиты маломощные горно-степные каштановые почвы, покрытые скудной ксерофитовой растительностью. Профиль почвенного разреза неполный. Зачастую под дерновым слоем (горизонт A_0) отсутствуют четко выраженные генетические горизонты и по всей мощности покрова фиксируется щебень и трухляк подстилающих материнских пород. Отсутствие четко выраженного иллювиального горизонта (горизонта вымывания) определило глубину отбора проб, равную 20 см.

Работы по почвенной съемке предусматривали опробование трех профилей, заданных вдоль р.Гетак, от его истоков до слияния с р.Кутакан (рис.3) с последующим спектральным определением искомых компонентов. Расстояние между профилями - 850 м, расстояние между точками в каждом профиле - 500 м.

Первый профиль проходит по правому склону речки, второй и третий - по левому, в пределах которого локализуется оруденение.

По профилю I-I содержание меди не превышает величин $p \cdot 10^{-3}\%$, что не намного превышает клерки концентрации этого элемента для данного региона ($p \cdot 10^{-4}\%$, где $p > 7$).

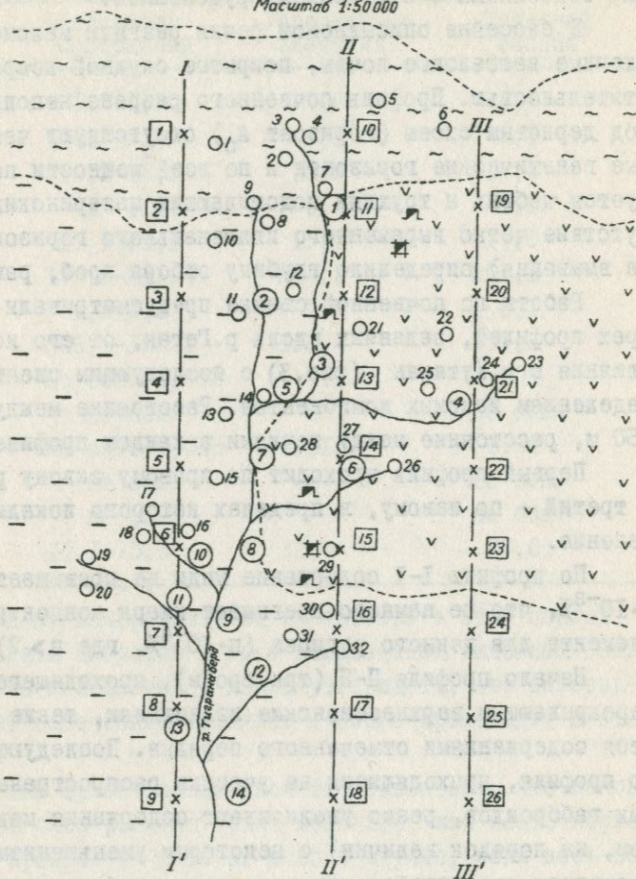
Начало профиля II-II (три пробы), проходящего по почвам, перекрывающим верхнесенонские известняки, также характеризуется содержаниями отмеченного порядка. Последующие пробы этого профиля, приходящиеся на участки распространения оруденных габброидов, резко увеличивают содержания меди (в основном, на порядок величин) с некоторым уменьшением значений в последних двух пробах, приходящихся на безрудную территорию.

Максимальные содержания меди в почвах приходятся на профиль III-III, пересекающий с севера на юг зону оруденения. Здесь средние концентрации элемента достигают величин, равных $p \cdot 10^{-2}\%$. Значительный интерес представляет поведение целого ряда компонентов рудной минерализации, генетически связанных с меднорудной формацией Титранабердского месторождения. Это - свинец, серебро, цинк и ртуть, минеральные формы которых практически отсутствуют, но фиксируются в рудах и рудовмещающих породах спектральным анализом (рис.4а).

Все отмеченные элементы с некоторыми вариациями повторя-

Опробования на Тигранабердском меднорудном месторождении

Масштаб 1:50 000



Условные обозначения

Т₃-К, известняки.

Опробованные родники

К₂Sn, известняки
мергели

Пробы поверхностных вод

Пробы почвы и растительности

Штольня

Ультраосновная
основная порода

Шурф

Рис. 3

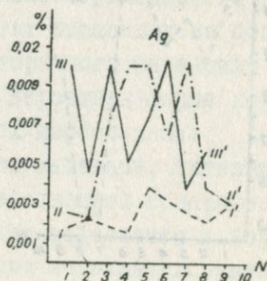
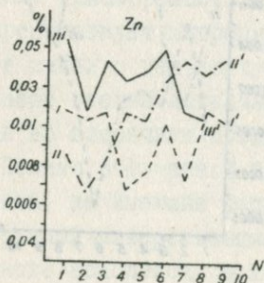
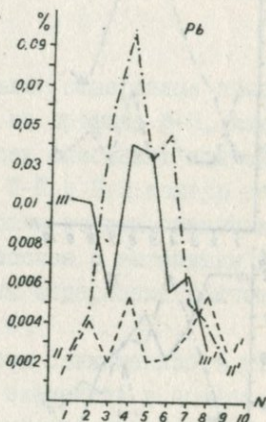
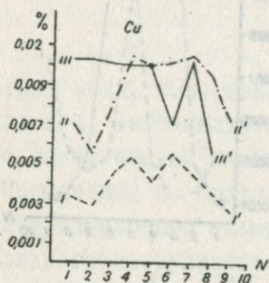
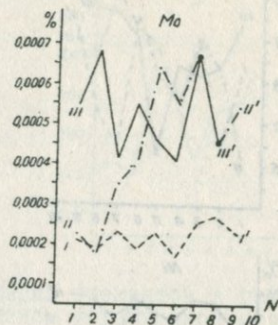
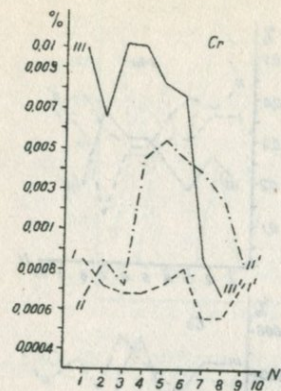


Рис. 4а

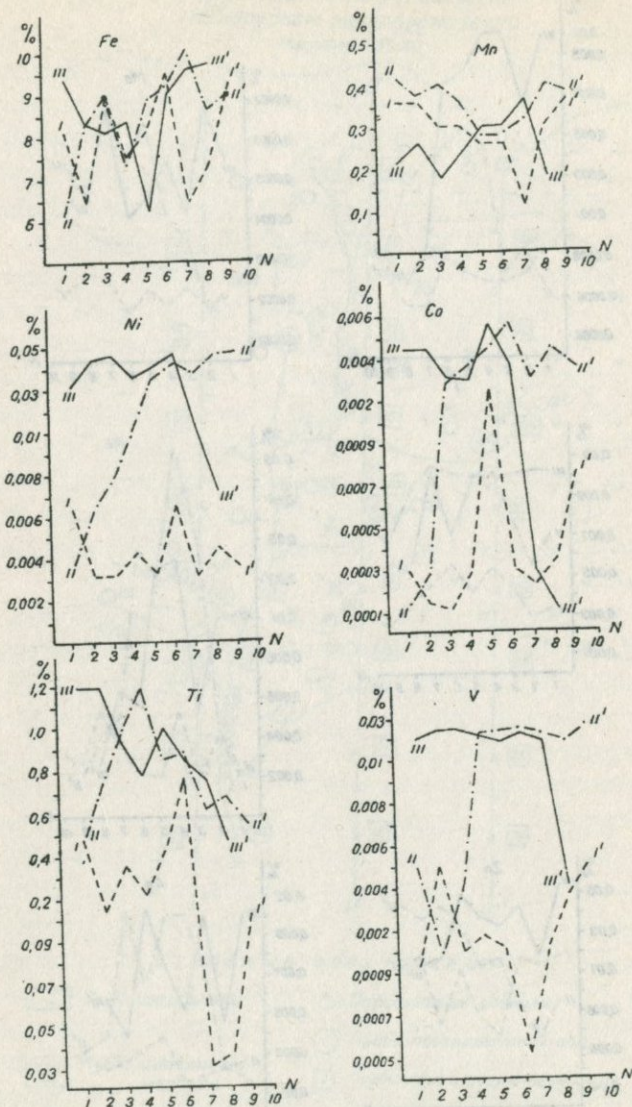


Рис. 46

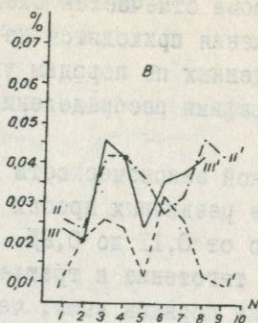
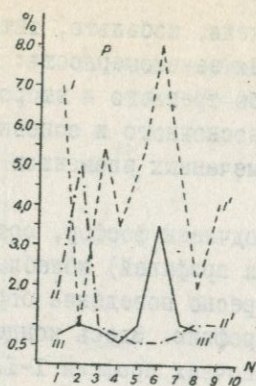


Рис. 4в. Графики содержаний элементов в почвах на Тигранабердском меднорудном месторождении по профилям I-I, II-II, III-III.

ют график меди, т.е. наименьшие содержания приходятся на профиль I-I, максимальные — на профиль III-III, что свидетельствует о генетической связи всех описанных компонентов (рис. 4).

Полученный по профилям II-II и III-III контур повышенных содержаний отмеченных элементов в почвах совмещается с выходом габброидного интрузивного массива с вытянутым к югу шлейфом (внизу по склону) вышефоновых содержаний компонентов рудной минерализации.

Таким образом, отмечается совмещенность вторичного ореола меди и сопутствующих ей элементов в почвах с зоной оруденения. Типоморфность подвижного углекислого кальция и магния препятствует миграции этих элементов на большие расстояния, в связи с чем контур вторичного заражения продуктов гипергенеза весьма локальный. Вероятная форма нахождения элементов во вторичных продуктах — карбонатная.

Помимо отмеченной группы металлов, интерес представляют элементы, не имеющие непосредственной генетической связи с меднорудной минерализацией, но содержатся в породах ультраосновного комплекса, в которых локализуется месторождение. Это — никель, кобальт, титан, ванадий, хром и, частично, молибден, природа которого остается невыясненной. Содержание молибдена в лавах, перекрывающих все типы пород, развитых в пределах описываемой территории, колеблется в узком диапазоне значений ($1,8-7,5 \cdot 10^{-4}\%$) (рис. 4б, 4в).

В распределении в почвах никеля, кобальта, титана, ванадия и хрома отмечается следующая закономерность: максимальные содержания приходятся на пробы третьего и второго профилей, пройденных по породам ультраосновного и основного составов (см. графики распределения отмеченных элементов в почвах) (рис. 4а).

Никакой закономерности не подчинен фосфор, содержание которого в различных пробах (всех профилей) колеблется соответственно от 0,11 до 0,2%. Интересно поведение бора, обнаруживающего тяготение к третьему профилю. Здесь концентрация элемента на порядок выше, чем в почвах профиля I-I, заложенного в породах туфоосадочной свиты (соответственно $p-10^{-3}\%$ и $p-10^{-4}\%$) (см. графики распределения отмеченных элементов в почвах) (рис. 4а).

Так же как и почвенная, биогеохимическая съемка преследовала цель установления контура заражения вторичных продуктов (в данном случае растений) отмеченными элементами.

Как отмечалось, в пределах исследованной территории господствует ксерофитная растительность, развитая на маломощных сухих каштановых почвах.

На отмеченных профилях, наряду с почвенными пробами, отбирались с площади в 1 кв. м и валовые пробы растительного покрова. После озоления эти пробы были подвергнуты спектральному анализу с определением ряда элементов, характерных для металлогении этого региона.

В распределении металлов в зоне растительных остатков вышеотмеченных профилей наблюдается совпадение графиков их концентраций в почвах и растениях. Так, по профилю III-III в растениях отмечаются максимальные содержания никеля, кобальта, хрома, ванадия, связанные с породами ультраосновной формации и меди, цинка, частично, свинца, являющимися продуктами разложения сульфидного оруденения (рис. 5).

Здесь мы не приводим анализа механизма биологического поглощения (или захвата) различных элементов различными растениями, а лишь ограничиваемся констатацией факта.

Затронутые вопросы, безусловно, представляют большой интерес и являются темой самостоятельного изучения в связи с проблемой экологии бассейна озера Севен.

Выведенные коэффициенты биологического поглощения позволили составить ряды биологического поглощения для этого круга элементов. При составлении коэффициентов биологическо-

Графики содержания элементов
в растительном покрове

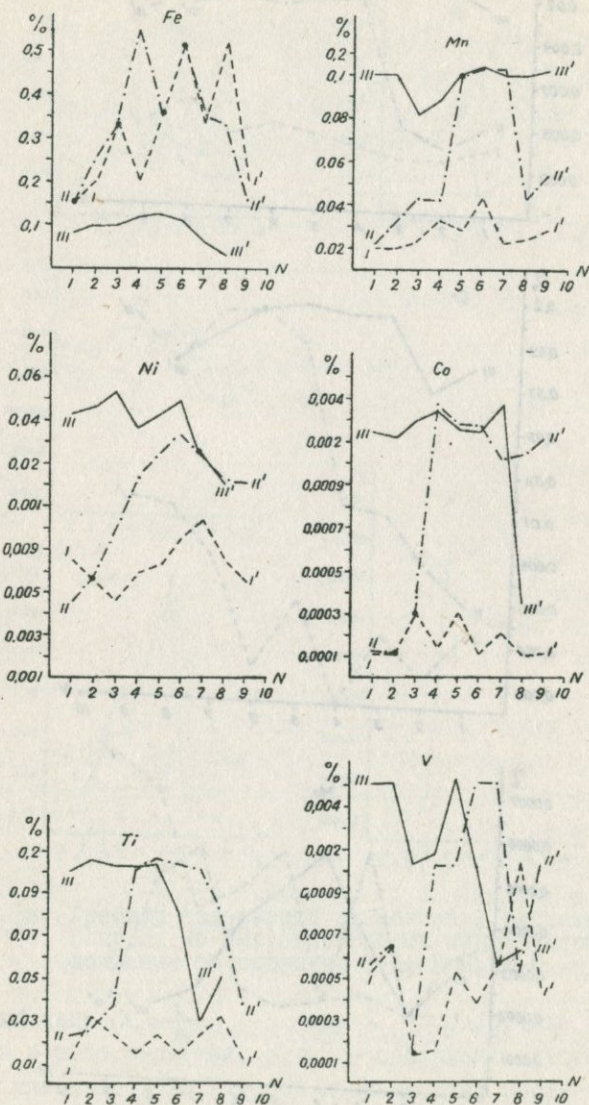


Рис. 58

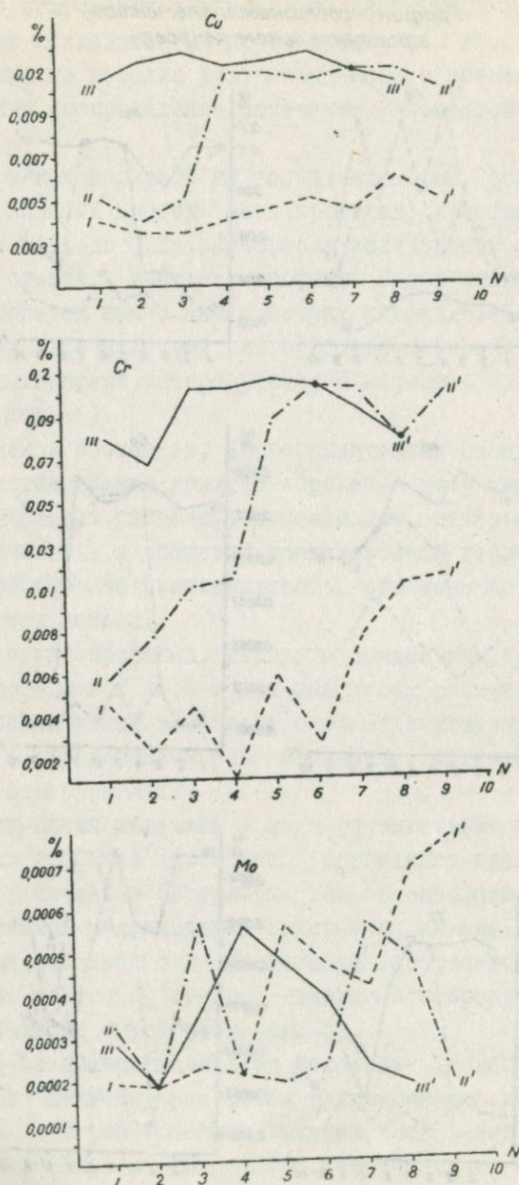


Рис. 56

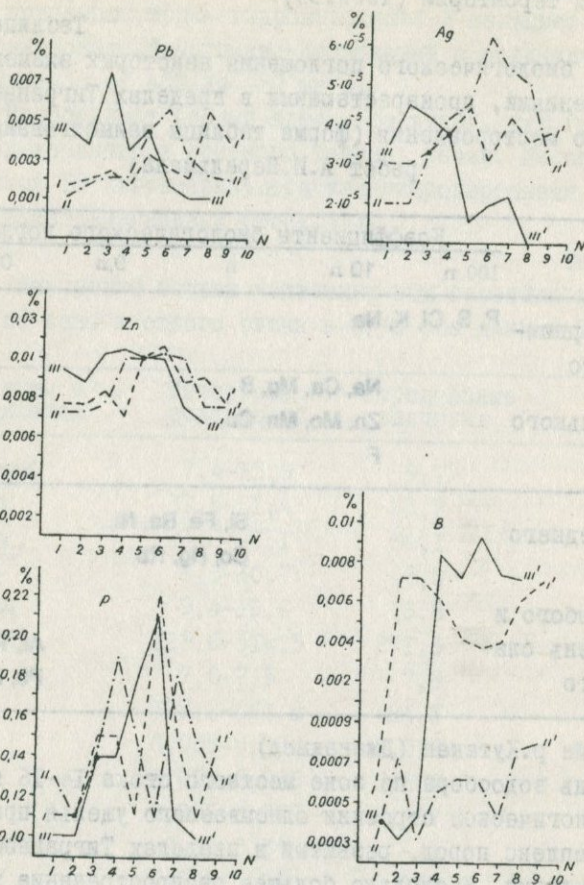


Рис. 5в. Графики содержаний элементов в растительном покрове на Тигранабердском меднорудном месторождении по профилям I-I, II-II, III-III.

го поглощения ($A_x = \frac{l_x}{n_x}$) где l_x - содержание искомого компонента в золе растений, а n_x - содержание этого элемента в породе или почве, на которой произрастает растение) нами использовалось отношение содержания элемента в золе растения к породам, т.к. повышенный фон этих компонентов в почвах нарушает естественное соотношение этих параметров.

Вычисленные таким образом ряды биологического поглоще-

ния в основном согласуются с рядами, выведенными А.И.Перельманом. Некоторые отклонения от этого ряда обусловлены спецификой данной территории (табл.33).

Таблица 33

Ряды биологического поглощения некоторых элементов растениями, произрастающими в пределах Тигранабердского месторождения (форма таблицы заимствована из работ А.И.Перельмана)

		Коэффициенты биологического поглощения				
		100 n	10 n	n	0,n	0.0n - 0.00n
Элементы биологического накопления	Энергичного	P, S, Cl, K, Na				
	Сильного	Na, Ca, Mg, B Zn, Mo, Mn, Cu, F				
Элементы биологического захвата	Среднего	Si, Fe, Ba, Ni, Co, Hg, Rb				
	Слабого и очень слабого	Al, Ti, V, Cr, Pb, Se, W, Sn				

Бассейн р.Кутакан (Джанахмед)

Площадь водосбора по зоне местного стока 14-16 кв.км.

В геологическом строении описываемого ущелья принимает участие комплекс пород, развитый в пределах Тигранабердского месторождения. Несколько большее распространение в пределах ущелья р.Кутакан имеют позднемиоценовые габброиды. В верховьях правых притоков ручья отмечается продолжение Тигранабердской зоны оруденения. Однако проведенными поисково-разведочными работами были обнаружены две-три небольшие зонки с весьма бедной меднорудной минерализацией.

В верховьях водотока, на стыке ультраосновных пород с верхнесенонскими известняками, отмечены небольшие скопления киновари, представленные в виде незначительных примазок. В бассейне верхнего течения речки (левые истоки) локализовано небольшое проявление хромитового железняка, являющееся продолжением Кархаки-Сотской зоны оруденения. В прошлом работы

в пределах описываемого ущелья велись только на поиски медно-рудной минерализации.

По химическому составу отмечаются два класса циркулирующих подземных вод - гидрокарбонатный кальциево-магниевый и гидрокарбонатный магниевый-кальциевый с величинами общей минерализации от 400 до 470 мг/л.

Преобладает первый класс, развитый, как правило, в бассейнах верхнего и среднего течений реки. Из опробованных 27 родников 19 характеризуются как гидрокарбонатные кальциевые и кальциево-магнєвые (табл.34).

Таблица 34

Химический состав подземных вод бассейна р.Кутакан по зоне местного стока в мг/л (по данным 27 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	7,4-13,6	9,1	9,9
Ca	37,5-51,4	43,7	42,8
Mg	24,6-41,1	34,1	31,7
Cl	6,3-10,7	8,0	8,1
SO ₄	9,4-19,6	13,8	12,3
HCO ₃	228,6-314,5	271,3	286,1
pH	7,0-7,5	7,3	7,3
M	397,2-461,8	424,2	436,0
Cr	0,005-0,025	0,012	0,016
Ni	0,001-0,005	0,003	0,005
Cu	0,005-0,015	0,007	0,008
Mn	0,05-0,3	-	0,08
Hg	0,005-0,010	0,011	0,012
SiO ₂	39,2-53,4	47,1	45,0

Значительных величин в этих водах достигают компоненты рудной минерализации, не связанные с габброидами и ультраосновными породами, - марганец и, частично, ртуть. Максимальные концентрации их достигают соответственно 0,3 и 0,01 мг/л. Напротив, в водах, дренирующих габброидные породы, содержание марганца не превышает сотых долей мг/л.

Иное распределение металлов в гидрокарбонатных магниевый-кальциевых водах, циркулирующих в ультраосновных и основных интрузивных породах. Как правило, содержание меди в этих во-

дах не ниже 0,01 мг/л. Высоки также значения хрома и никеля.

Бассейн р.Даранадзор (Клигур)

Площадь водосбора - 20-22 кв.км.

Основное значение в геологическом строении описываемого ущелья имеют интрузивные породы ультраосновного состава (перидотиты, пироксениты, дуниты, серпентиниты). В правом борту бассейна верхнего течения речки имеют распространение верхнесенонские известняки, а в левом - интрузивные габброидные породы. Этот литолого-петрографический комплекс пород и определяет макросостав циркулирующих подземных вод зоны местного стока. В верховьях правого борта ущелья, на стыке верхнесенонских известняков с породами ультраосновной формации, в конгломератах локализуется Сараланджское ртутное проявление. Его рудное поле прослеживается от правобережья р.Сараланджи (правый приток р.Клигур) на северо-западе до правобережья бассейна р.Даранадзор - на юго-востоке, общей протяженностью до 5 км. Рудная минерализация представлена вкрапленностью, примазками и прожилками. На общем фоне рассеянной минерализации в центральной части месторождения выделяются "рудные подзоны", представляющие участки относительно концентрированного проявления оруденения. Из рудных минералов главное место занимает киноварь. Вместе с киноварью в незначительных количествах встречаются халькопирит, пирит и офелерит. Среднее содержание ртути в руде - 0,5%, на отдельных участках - до 1,0%.

По химическому составу подземные воды зоны местного стока преимущественно гидрокарбонатные магниево-кальциевые с величиной общей минерализации до 600 мг/л. Распространение имеет и гидрокарбонатный кальциево-магниевый класс вод, развитый, как правило, в известняках верхнего сенона (табл.35).

В распределении металлов в водах отмечается следующая закономерность: максимальные концентрации ртути сопровождаются наиболее существенными содержаниями меди и хрома, что говорит о совместном нахождении этих элементов в гипогенных условиях. Однако контуры вторичного распространения ртути и меди в пределах Сараланджского ртутного месторождения весьма локальны. Дефицит сульфидов (особенно железа) в сочетании со слабо протекающими окислительными процессами препятствует образованию широких ореолов. Не последнюю роль в этом играют высокоминерализованные карбонатные и магниевые воды,

Таблица 35

Химический состав подземных вод бассейна р.Даранадзор по зоне местного стока в мг/л (по данным 31 анализе)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	7,3-12,6	10,1	10,4
Ca	40,2-51,7	45,4	49,6
Mg	41,7-63,8	51,9	54,3
Cl	5,5-13,6	8,9	7,7
SO ₄	7,6-15,2	11,3	10,1
HCO ₃	376,8-482,1	431,6	425,6
pH	7,3-7,8	7,6	7,6
M	588,3-647,4	612,5	611,1
Cr	0,010-0,095	0,053	0,045
Ni	0,005-0,008	0,006	0,005
Cu	0,005-0,010	0,008	0,005
Mn	0,07-0,5	0,3	0,1
Hg	0,005-0,025	0,012	0,008
SiO ₂	47,1-59,8	52,3	53,4

способствующие выпадению из раствора и без того небольших концентраций отмеченных элементов.

В результате, в речке, дренирующей отмеченные породы (pH = 7,5-7,8), компоненты рудной минерализации практически не фиксируются и, вследствие большого уделения описываемого месторождения от акватория озера (18-20 км), отмеченные металлы не достигают озера Севан.

Рудное поле Сотского золоторудного месторождения

Расположено на западном склоне Севанского хребта, характеризующегося резкой расчлененностью рельефе с ярко выраженными и интенсивно протекающими эрозионными процессами.

Гидрографическая сеть представлена правым притоком р.Сотк, пополняемым многочисленными ручейками, формирующими свои воды в пределах месторождения. Как р.Сотк, так и ее многочисленные притоки в своей верхней части (в основном на территории месторождения) обрезают типичные V -образные ущелья с отвесными бортами, сложенными в основном ультраосновными породами.

Почвенный покров представлен горно-луговыми коричневыми

типичными почвами со значительным гумусовым горизонтом (до 50-80 см). В профиле почв отмечается вынос солей и отсутствие карбонатов во всех горизонтах.

Основу растительного покрова составляют трагентовые эстрогалы и кустарники типа эспарцета, относящиеся к нагорно-ксерофитному типу. Луговая растительность представлена подзоной злакового нагорного дуга или субальпийской степи, характеризующейся невысоким травяным покровом.

Процессы окисления руд на месторождении выражены слабо, что является следствием опережения окисления эрозионными процессами. Слабая пиритизация руд и вмещающих пород препятствует широким окислительным процессам, о чем свидетельствует низкое содержание в растворах водородных ионов, циркулирующих в пределах рудных зон.

Интенсивные разведочные работы, начатые на месторождении в 50-х годах, продолжаются по сей день. Основной их объем приходится на горные выработки тяжелого типа (штольни, полевые штреки, шахты) и буровые скважины. Помимо подземных выработок вскрыты большие объемы карьеров, расположенных, как правило, в привершинной части хребтов, господствующих над рудником. Основные окислительные процессы проходят именно в этих выработках.

Для установления степени зараженности вод и почв отмеченными компонентами рудной минерализации и возможного их сноса в оз.Севан, на описываемой территории были проведены гидрохимические и почвенно-гидрохимические исследования.

Гидрохимическими работами выделяются три генетических типа циркулирующих вод:

- подземные воды зоны местного стока (грунтово-трещинные воды),
- рудничные воды (воды горных выработок),
- поверхностные воды (ручьи, формирующиеся на территории месторождений, включая р.Сотк).

Динамика подземных вод зоны местного стока обусловлена исключительно рельефно-морфологическими условиями. Эти воды на территории месторождения имеют наибольшее распространение. Циркуляция грунтово-трещинных вод происходит, в основном, по комплексу пород основного и ультраосновного состава. Эти породы в изучаемом районе занимают примерно две трети всей площади. Представленные, в основном, перидотитами и серпен-

тинитами, они характеризуются достаточной трещиноватостью. Но трещины, как правило, закальметированы. Дебиты вод, циркулирующих в комплексе вышеуказанных пород, весьма незначительны. Многие родники, приуроченные к породам габбро-перидотитовой формации, носят характер просачивания из мелких трещин. Родники, дебиты которых превышают 1 л/сек, встречаются редко. Чаще расходы их колеблются от 0,2 до 0,3 л/сек.

По химизму выделяются два основных класса вод:

- гидрокарбонатные кальциево-натриевые,
- гидрокарбонатные магниевые-натриевые.

Первые имеют относительно небольшое распространение и приурочены, как правило, к породам меловой формации и горно-луговым почвам, развитым на осадочных и вулканогенно-осадочных породах.

По составу - это гидрокарбонатные кальциево-натриевые воды с величиной общей минерализации, достигающей 530 мг/л.

Содержание компонентов рудной минерализации невысокое. Отсутствуют, как правило, металлы, характерные для ультраосновных пород, - хром и никель. Содержание халькофильных элементов колеблется в весьма низких пределах (табл. 36). Максимальные значения этих компонентов приходится на участки, прилегающие к рудным зонам. Избыток подвижного углекислого кальция быстро нейтрализует растворы и переводит в осадок компоненты рудной минерализации.

Воды комплекса ультраосновных и основных пород по химическому составу гидрокарбонатные магниевые-натриевые с величиной общей минерализации, колеблющейся в пределах 255,5 - 620,3 мг/л. Наибольшее содержание компонентов рудной минерализации отмечается именно в этом классе вод. Почти во всех пробках отмечается то или иное содержание металлов. Так, процент распространенности золота в водах этого генетического типа достигает 93%, серебра - 15, меди - 78, цинка - 80%. Во всех пробках, циркулирующих в пределах ультраосновных и основных пород, присутствуют хром и никель (табл. 37). Несмотря на весьма высокие значения pH среды (8,0-8,2) и карбонатность растворов, значительные количества золота удерживаются в воде, что, по-видимому, свидетельствует о том, что форма нахождения этого элемента - сложный анионный комплекс. Если элемент находился бы в форме, допустим, гидрата хлористого золота ($\text{AuCl}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) или хлористого золота (AuCl_3), то это привело бы к выпадению его из раствора уже при значениях

Химический состав подземных вод зоны местного стока, циркулирующих в осадочных и вулканогенно-осадочных породах Сотского месторождения, в мг/л
(по данным 14 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	25,2-41,1	39,8	44,5
Ca	59,9-87,4	71,2	63,8
Mg	6,2-14,7	8,4	11,1
Cl	9,4-18,3	13,6	15,8
SO ₄	10,1-19,7	17,3	16,9
HCO ₃	273,5-388,7	321,5	319,2
рН	7,2-7,8	7,5	7,6
М	372,4-531,3	459,3	471,4
Cr	не обн.-0,005	-	не обн.
Ni	не обн.-(0,003?)	-	не обн.
Cu	0,001-0,01	0,005	0,01
Zn	0,005-0,045	0,02	0,045
Au	не обн.-0,00008	0,00005	0,00005
Ag	0,001-0,005	0,003	не обн.

Метаморфизация химического состава грунтово-трещинных вод под окисляющим действием рудных тел приводит здесь к формированию нового типа - рудничных вод. Этот тип имеет широкое распространение в пределах описываемого месторождения. Многочисленные горные выработки транспортируют большое количество рудничных вод, суммарный дебит которых достигает по месторождению в целом (без учета шахты ГРЭ) 250-300 л/сек. Химический состав этих вод варьирует в широком диапазоне значений. Формируясь, в основном, за счет метаморфизации гидрокарбонатных магниевых-натриевых или кальциевых-натриевых грунтово-трещинных вод, рудничные воды несут на себе реликты "материнского" химического состава. В основном это относится к составу катионов, менее подверженных процессам метаморфизации. С увеличением или уменьшением концентраций того или иного компонента, воды, как правило, не меняют класса по катионному составу. Резко меняется состав анионов. В основном это происходит за счет изменения концентраций гидро-

Таблица 37

Химический состав подземных вод зоны местного стока, циркулирующих в основных и ультраосновных породах Соткского месторождения, в мг/л (по данным 29 анал.)

Элементы и соединения	Интервалы содержания	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	25,1-66,9	44,5	39,6
Ca	9,4-28,2	23,5	22,5
Mg	9,5-56,7	24,5	24,7
Cl	6,7-II,8	8,4	10,0
SO ₄	5,1-32,4	12,2	5,8
HCO ₃	175,0-465,3	278,3	272,4
pH	7,9-8,2	8,1	8,0
M	255,3-620,85	445,6	427,2
Cr	0,005-0,02	0,01	0,008
Ni	0,001-0,01	0,005	0,003
Cu	0,001-0,025	0,01	0,008
Zn	0,007-0,09	0,05	0,02
Au	0,00005-0,0005	0,0001	0,0001
Ag	0,002-0,007	0,003	0,005
SiO ₂	36,4-68,2	48,7	52,4

карбонат-иона и сульфат-иона. Различные вариации этих компонентов указывают на степень метаморфизации той или иной воды или в геохимической интерпретации на длительность циркуляции той или иной воды по рудным зонам. Характер руд Соткского золоторудного месторождения позволяет полагать, что основная доля сульфат-иона образуется за счет разложения пирита. Больших скоплений таких сульфидов, как халькопирит, сфелерит, молибденит, являющихся после окисления поставщиками значительного количества сульфатов, не обнаружено. Локализованные в большинстве случаев в плотных кварцевых жилах, куда затруднен доступ воды, сульфиды не дают широких зон окисления и поэтому количество сульфат-иона следует считать для такого месторождения небольшим. Подтверждением сказанному является весьма низкая концентрация водородных ионов в рудничных водах.

По химическому составу среди рудничных вод выделяются: гидрокарбонатно-сульфатные магниевые-натриевые и сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые или кальциевые-магниевые.

натриевые.

Величина общей минерализации также колеблется в широком диапазоне значений (от 538 до 783,5 мг/л).

Таблица 38

Химический состав рудничных вод Соткского золото-рудного месторождения, в мг/л (по данным 32 анал.)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	4,6-38,6	21,1	4,6
Ca	29,5-103,1	66,5	78,5
Mg	17,8-98,7	57,3	80,3
Cl	7,9-32,9	19,8	20,0
SO ₄	113,1-353,8	226,3	354,1
HCO ₃	61,0-225,7	159,7	170,1
pH	8,2-8,8	8,4	8,2
M	537,8-783,5	695,8	707,8
Cu	не обн.-0,03	0,008	не обн.
Zn	не обн.-0,05	0,006	не обн.
Mo	не обн.-0,04	0,01	0,02
Ag	не обн.-0,07	0,02	0,02
Au	0,0005-0,023	0,008	0,009
As	0,005-0,18	0,035	0,16
Ni	не обн.-0,006	0,003	не обн.
Cr	не обн.-0,003	0,001	не обн.

Не одинаково распределение и компонентов рудной минерализации. 100%-ной распространенностью характеризуются лишь концентрации золота и мышьяка. Серебро зафиксировано в 85% проанализированных проб. Значительно меньшими процентами характеризуются медь, цинк и молибден. Последний в описываемой металлогенической провинции, по-видимому, сопровождает гидротермальное изменение пород. Весьма низки проценты распространенности никеля (30%) и хрома (26%) - " реликтовых " элементов грунтово-трещинных вод, циркулирующих в ультраосновных породах (табл.38). Приведенный в таблице типичный анализ - рудничная вода транспортной штольни № 40, которая в значительной степени характеризует химический состав большинства рудничных вод Соткского золоторудного месторождения. Некоторое сомнение вызывают большие содержания золота в этой

воде (0,009-0,01 мг/л). В процессе дальнейших работ эти данные подлежат тщательной проверке, ибо приводимая концентрация обеспечивает годовое извлечение металла только из этой выработки до 3 кг.

Химический состав поверхностных вод, формирующихся на территории Соткского золоторудного месторождения, довольно пестрый. Здесь, по крайней мере, можно насчитать три самостоятельных типа вод, сливающихся в единую речку Сотк, в западной части месторождения, т.е. за пределами известного рудного поля. Это - сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциево-натриевые воды, дренирующие горные выработки; гидрокарбонатные кальциево-натриевые воды ручьев, формирующих свой химический состав в осадочных и вулканогенно-осадочных породах верхнего сенона, и, наконец, гидрокарбонатные магниевые-натриевые воды, дренирующие ультраосновные породы. Наиболее минерализованными являются воды первой группы (величина общей минерализации до 630 мг/л), наименее - воды третьей группы (максимальная величина общей минерализации не превышает 350 мг/л).

Также различно и содержание компонентов рудной минерализации. Максимальные концентрации металлов фиксируются в водах первой группы, минимальные - во второй (табл.39).

После смешения уже за пределами территории месторождения, химический состав вод р.Сотк (сформировавшегося, как отмечалось выше, за счет всех поверхностных вод, дренирующих месторождение) постепенно принимает фоновое значение (гидрокарбонатная кальциево-магниевая-натриевая с величиной общей минерализации 320-350 мг/л).

Этому явлению в значительной степени способствует разбавление поверхностных вод месторождения водами боковых притоков, поступающими в речку уже за пределами месторождения. График, составленный по результатам опробования вод речки, от истоков до впадения в р.Масрик, наглядно иллюстрирует сказанное (см.рис.17). Уже на расстоянии 5-6 км от месторождения химический состав (включая макро- и микрокомпоненты) вод р.Сотк имеет фоновое значение. Таким образом, воды Соткского золоторудного месторождения не загрязняют оз.Севан металлами, разрабатываемыми Соткским горнодобывающим комбинатом. К этому выводу мы пришли после режимных наблюдений за водами р.Сотк в течение 10 месяцев с ежемесячными опробованиями речки от истоков до впадения в р.Масрик.

Таблица 39

Химический состав поверхностных вод, формирующихся в пределах Сотского золоторудного месторождения, в мг/л (по данным 19 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	2,1-21,8	10,3	22,0
Ca	23,6-68,7	37,4	47,1
Mg	14,3-76,2	33,3	40,5
Cl	9,3-27,9	16,5	27,9
SO ₄	7,8-231,2	97,5	97,4
HCO ₃	158,6-335,5	213,5	231,8
pH	7,8-84	8,1	8,0
M	315,4-628,6	480,5	466,7
Cu	не обн.-0,008	-	не обн.
Zn	не обн.-0,005	-	не обн.
Mo	не обн.-0,005	0,002	0,005
Ag	не обн.-0,006	0,002	0,004
Au	не обн.-0,009	0,0005	0,012
As	не обн.-0,044	0,008	0,044
Cr	не обн.-0,005	-	0,006

Сказанное, естественно, не подразумевает общие промышленные отходы комбината (нефтепродукты, бытовое и промышленное загрязнение), определение которых не входило в круг решаемых нами задач.

3.2. Химический состав вод зоны регионального стока

Региональным базисом эрозии для вод описываемого гидродинамического этажа служит зеркало воды в озере Саван. Характерная особенность этих вод - более упорядоченное подземное движение, обусловленное литолого-петрографическими особенностями слагающих пород, зарегулированность стока и химического состава в годовом разрезе и увеличение величины общей минерализации по сравнению с водами зоны местного стока, менее разнообразный химический состав. Влияние внешних факторов (смешение с почвенными и поверхностными водами, локальное загрязнение и т.д.) сведено до минимума. Специальные наблюдения за режимом этих вод не проводились. За основу

Таблица 40

Фоновые содержания микрокомпонентов в подземных водах зоны
местного стока Севанского и Арегунийского хребтов

Наименование бассейнов стоков	Элементы и соединения в мг/л											
	Cu	Zn	Mo	Hg	As	Ag	Cr	Ni	Co	Mn	PO ₄	NO ₃
Дзкнагет	0.003	0.005	0.0025	не. обн.	не. опр.	не. обн.	не. обн.	не. обн.	не. обн.	не. опр.	не. обн.	0.2
Драхтик	не. обн.	0.003	0.002	0.001	не. обн.	не. обн.	0.004	0.003	не. обн.	0.008	0.025	0.35
Агбарк	не. обн.	0.002	0.0015	0.002	не. обн.	не. обн.	0.005	0.003	0.001	0.006	0.035	0.55
Шоржа	0.002	не. обн.	не. обн.	0.001	не. обн.	не. обн.	0.03	0.008	0.003	0.08	0.02	0.12
Артаниш	0.003	не. обн.	не. обн.	0.002?	не. обн.	не. обн.	0.011	0.005	не. опр.	0.08	0.04	0.18
Норуз	0.003	0.002	0.002?	0.002	не. обн.	не. обн.	0.02	0.005	0.003	0.06	не. опр.	не. опр.
Хентук	0.003	0.002	0.001	0.003	0.002?	не. обн.	0.011	0.003	0.002	0.04	не. опр.	не. опр.
Джил	0.005	0.003	0.002	0.003	0.003?	не. обн.	0.008	0.001	0.001	0.025	не. опр.	не. опр.
Цапатах	0.005	0.002	0.002	0.003	0.002	0.0001	0.015	0.004	0.001	0.08	не. опр.	не. опр.
Шишкерт	0.008	0.004	0.003	0.004	0.003	0.0004	0.055	0.003	не. обн.	0.12	не. опр.	не. опр.

Продолжение таблицы 40

Наименование бассейнов стоков	Элементы и соединения в мг/л											
	Cu	Zn	Mo	Hg	As	Ag	Cr	Ni	Co	Mn	PO ₄	NO ₃
Памбак	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.0002	0.02	0.005	0.001	0.22	не. опр.	не. опр.
Даранак	0.004	0.001	0.002	0.004	0.002	не. обн.	0.08	0.006	0.002	0.41	не. опр.	не. опр.
Сатанахач	0.005	0.002	0.003	0.004	0.003	0.0002	0.06	0.004	не. обн.	0.04	не. опр.	не. опр.
Шекасар	0.006	0.003	не. обн.	0.005	0.002	0.0001	0.05	0.005	0.003	0.35	0.035	0.12
Гугарыч	0.004	0.002	0.005	0.003	0.002	0.0002	0.02	0.005	0.002	0.2	не. опр.	не. опр.
Арпунк	0.003	0.001	не. обн.	0.003	0.002	не. обн.	0.08	0.003	0.001	0.35	0.04	0.2
Кархакн	0.002	не. обн.	не. обн.	0.002	0.001	не. обн.	0.022	0.005	0.002	0.24	0.05	0.22
Гетик	0.004	0.002	0.002	0.004	0.002	0.0001	0.01	0.002	0.001	0.01	0.04	0.2
Кутакан	0.004	0.002	не. обн.	0.004	не. обн.	не. обн.	0.01	0.001	0.001	0.04	0.06	0.18
Даранадзор	0.003	0.002	не. обн.	0.005	0.002	0.0002	0.01	0.003	не. обн.	0.06	0.03	0.18
Сотк	0.002	0.003	0.002	0.003	0.004	0.0006	0.006	0.004	не. обн.	0.01	0.03	0.2

взяты анализы родников, расположенных недалеко от береговой линии озера и используемых для водоснабжения сел. Эти воды, как правило, характеризуются зарегулированностью стока и постоянством химического состава в годовом разрезе.

В данном разделе, по зоне регионального стока рассматриваются воды Гегамского, Варденисского, Арегунийского, Севанского хребтов и Масрикской котловины.

Если по зоне местного стока Гегамского хребта отмечалось относительно большое разнообразие химического состава вод, циркулирующих в пределах отмеченного хребта, то описываемый гидродинамический этаж характеризуется, в основном, наличием двух-трех типов вод, дренирующих массив, условно разделенный на северо-западную и юго-восточную части. Это деление обусловлено исключительно литолого-петрографическими особенностями состава водонесущих пород, лежащих на территории по зоне регионального стока.

Стратиграфическая колонка северо-западной части Гегамского хребта по зоне регионального стока, помимо верхнеплиоцен-четвертичных вулканитов, включает также нижне-среднеплиоценовые вулканогенно-осадочные отложения (липарито-дациты, андезиты, конгломераты, туфобрекчии, туфопесчаники, песчаники) мощностью до 500 м, подстилающие средне-верхнемиоценовые озерные отложения (глинистые породы, диатомиты, глины, туфобрекчии, туфо-конгломераты). В основании нижне-среднеплиоценовых отложений залегает трехсотметровая толща вулканогенных (туфопесчаники, туфобрекчии, туфы) образований, перекрывающих терригенно-осадочную арцавакарскую подсвиту и залегающую на ней соленосно-гипсоносную подсвиту средне-верхнего миоцена (разрез приведен по данным буровых скважин у с. Арцавакар).

Таким образом, общая мощность пород, в пределах которых циркулируют воды зоны регионального стока, достигает 1600 - 1700 м. Поэтому вполне естественно, что химический состав и величина минерализации в гидродинамическом разрезе даже в пределах зоны регионального стока будут различаться. Воды, циркулирующие в верхних горизонтах разреза, приближаются по своему составу к водам зоны местного стока, а в нижних - значительно отличаются от них по своим физико-химическим параметрам, что обусловлено, по-видимому, частичным дренированием пород соленосно-гипсоносной фации.

Таблица 41

Химический состав подземных вод северо-западной части Гегамского хребта по зоне регионального стока, в мг/л (по данным 8 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержания	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	8,5-43,4	19,4	19,2
Ca	17,3-68,4	43,2	51,4
Mg	6,6-27,8	11,9	12,6
Cl	4,2-21,7	14,3	16,7
SO ₄	8,4-33,1	18,6	21,4
HCO ₃	127,9-284,6	187,3	215,4
M	261,1-377,4	329,2	336,7
pH	7,2-7,4	7,3	7,2
Zn	не обн.-0,002	-	не обн.
Cu	не обн.	-	не обн.
Mo	не обн.-0,005	-	0,001(?)
Hg	не обн.	-	не обн.
Au	не обн.	-	не обн.
Ag	не обн.	-	не обн.

Из приводимых анализов (табл. 41, 42) явствует, что по описываемой гидродинамической зоне нет, по-видимому, вод, полностью циркулирующих в породах соленосно-гипсоносной формации, т.к. основу химизма составляют гидрокарбонат-ион и кальций-ион.

Тем не менее, по классу выделяются гидрокарбонатные кальциевые воды с величиной общей минерализации, не превышающей 280-380 мг/л, и гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные кальциево-натриевые с минерализацией до 450-520 мг/л.

Нет оснований связывать увеличение сульфатов с продуктами окисления металлосодержащих сульфидов, так как в приводимых анализах увеличение этого аниона связано с повышением концентраций хлора и натрия, а в микрокомпонентном составе отсутствуют ионы тяжелых металлов (меди, цинка, молибдена, свинца и др.). Наибольшим распространением характеризуются гидрокарбонатные кальциевые воды.

Эта колонка по мощностям отдельных формаций применима и к юго-восточной части Гегамского хребта. Единственным су-

Химический состав подземных вод северо-западной части Гегамского хребта по зоне регионального стока, в мг/л (по данным 6 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	39,1-58,9	51,1	42,5
Ca	68,3-101,3	89,4	82,4
Mg	5,8-14,9	8,6	9,4
Cl	16,9-33,2	26,1	25,0
SO ₄	28,3-41,7	36,4	39,5
HCO ₃	293,6-325,4	312,6	317,1
M	450,3-520,6	492,4	515,9
pH	7,2-7,6	7,3	7,4
Zn	не обн.-0,004	-	не обн.
Cu	не обн.-0,003	-	не обн.
Mo	не обн.	-	не обн.
Hg	не обн.	-	не обн.
Au	не обн.	-	не обн.
Ag	не обн.	-	не обн.

цественным отличием является отсутствие соленосно-гипсоносной формации по зоне регионального стока. Или эти отложения погружаются на более значительные глубины, или фациально замещаются вулканогенно-осадочными породами.

В результате и химический состав этих вод, и величина общей минерализации идентичны вышеописанным, с той лишь разницей, что в описываемых водах (табл.43) отмечаются некоторые содержания компонентов рудной минерализации (молибден, цинк, частично медь). Довольно высокий процент распространенности молибдена (до 75%), несколько ниже у цинка (45%).

Район Варденисского хребта также условно делится на два региона: западный и восточный, что обусловлено геолого-литологическим составом пород, слагающих эти участки. Если по зоне местного стока отмечается однородность этого фактора, то по описываемой наблюдается дальнейшее увеличение с запада на восток мощности пород четвертичного и миоплиоценового возрастов, представленных, как правило, вулканитами, что до некоторой степени отражается на химическом составе вод зоны регионального стока.

Таблица 43

Химический состав подземных вод юго-восточной части
Гегемского хребта по зоне регионального стока, в мг/л
(по данным II анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	10,1-36,8	22,3	22,1
Ca	16,1-72,2	39,9	41,9
Mg	4,2-16,7	8,8	8,8
Cl	5,6-31,4	19,7	20,4
SO ₄	9,2-36,4	21,7	19,6
HCO ₃	114,3-275,9	201,3	167,1
M	248,1-371,2	289,6	277,2
pH	7,1-7,4	7,3	7,2
Mo	не обн.-0,012	0,008	0,008
Zn	не обн.-0,008	0,006	0,005
Cu	не обн.-0,006	0,001	0,003
Ag	не обн.	-	не обн.
Au	не обн.	-	не обн.
Hg	не обн.	-	не обн.

В стратиграфическом разрезе западной части Варденисско-го хребта доминирующую роль играют вулканиды. По данным многочисленных скважин, пробуренных в районе селений Личк, Дзор-ахпяр, на отметках, едва превышающих зеркало озерной воды, мощность верхнеплиоцен-четвертичных отложений превышает 220-250 м. Следовательно, суммарная мощность их по зоне регионального стока превышает на некоторых участках 800-1000 м. В привершинной области центральной части хребта в виде "окон" под молодыми вулканидами обнажаются гидротермально-измененные породы, возраст которых определяется как олигоцен-миоценовый (урочище Азизнер). К этим зонам изменений приурочены медно-молибденовые и пирит-золоторудные проявления, следы которых фиксировались в водах зоны местного стока.

По химическому составу воды зоны регионального стока - гидрокарбонатные кальциевые, с величиной минерализации, не превышающей 300-350 мг/л (табл.44). Этот класс соответствует водам, циркулирующим, как правило, в относительно инертных молодых вулканидах.

Таблица 44

Химический состав подземных вод западной части
Варденисского хребта по зоне регионального стока,
в мг/л (по данным 9 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	6,7-21,2	16,3	14,9
Ca	12,4-53,7	36,8	40,6
Mg	4,5-15,3	9,2	10,7
Cl	3,4-18,6	11,4	12,1
SO ₄	5,1-21,3	13,6	10,9
HCO ₃	119,3-241,4	182,7	181,8
pH	7,2-7,5	7,3	7,2
M	321,3-326,4	279,2	271,2
Zn	не обн.-0,06	0,009	0,06
Cu	не обн.-0,01	-	-
Mo	не обн.-0,045	0,006	0,012
Hg	не обн.	-	не обн.
Ag	не обн.-0,0005	-	не обн.
Au	не обн.	-	не обн.

По отношению к другим компонентам минерализации несколько повышены содержания сульфат-иона. Отсутствие в стратиграфической колонке (по зоне регионального стока) пород соленосно-гипсоносной формации (наличие которых привело бы к увеличению концентраций также хлора и натрия) позволяет связывать его с разложением сульфидов. В пользу этого факта свидетельствует также наличие в водах зоны регионального стока следов тяжелых металлов. Так, в некоторых пробках концентрация молибдена и цинка достигает сотых долей мг/л, что, несомненно, указывает на связь этих компонентов с разложением концентрированных содержаний сульфидов. Однако широкого процесса окисления и выноса металлов не наблюдается, чему свидетельство нейтральные значения щелочно-кислотного потенциала (pH среды = 7,2-7,5). По-видимому, слабая трещиноватость этих пород препятствует широкому проникновению насыщенных кислородом вод и, как следствие, происходит лишь линейное окисление вдоль определенных тектонических зон.

Зона регионального стока восточной части Варденисского хребта характеризуется развитием молодых вулканических обра-

зований (андезито-базальтовые лавы, их пирокласты, туфобрекчии, туфоконгломераты). Лишь в верховьях речки Карчехпюр об-
нажается небольшой интрузив (Суботанский массив) миоплиоцено-
вого возраста. По составу - это гранитоидная интрузия. Хими-
ческий состав вод остается, как и в вышеописанном случае, гид-
рокарбонатным кальциевым, примерно с такой же величиной об-
щей минерализации (табл.45).

Таблица 45

Химический состав подземных вод восточной части
Варденисского хребта по зоне регионального стока,
в мг/л (по данным 8 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	8,1-23,4	14,9	12,9
Ca	15,2-61,1	39,3	42,4
Mg	4,8-16,2	10,4	10,7
Cl	1,4-16,3	8,9	11,0
SO ₄	2,1-13,6	11,1	12,1
HCO ₃	121,1-233,6	176,8	182,4
pH	7,3-7,6	7,4	7,3
M	211,4-306,2	263,4	271,2
Zn	не обн.-0,005	0,001	не обн.
Cu	не обн.	-	не обн.
Mo	не обн.-0,003	-	0,003
Hg	не обн.	-	не обн.
Ag	не обн.-0,0005(?)	-	не обн.
Au	не обн.	-	не обн.

По мере движения на восток, на участке селений Варденик-Карчехпюр, постепенно уменьшается концентрация компонентов рудной минерализации. Уменьшается и концентрация сульфат-иона, не превышающая в водах крайне восточных участков 5-7мг/л.

Все эти данные согласуются с результатами опробования вод зоны местного стока.

Таким образом, оконтуривается площадь, расположенная между речками Мартуни и Арцванист, с оруденением, локализованным в привершинной части хребта. Однако в силу слабых окислительных процессов снос рудного материала в озеро весь-
ма незначителен (об этом свидетельствуют и данные анализов

донных отложений озера, о чем подробнее будет сказано ниже).

В пределах Аредунийского хребта химический состав вод зоны регионального стока во многом определяют породы вулканогенно-осадочной серии палеогена. В стратиграфическом разрезе пород, составляющих описываемый массив, наибольшее распространение по зоне регионального стока имеют среднеэоценовые: свита, представленная фельзитовыми туфами, туфобрекчиями, туфоконгломератами, туфитами, и базумская свита, сложенная порфиритами, туфопесчаниками, песчаниками с прослоями известняков и глин.

Как отмечалось выше, выделение двух гидродинамических этажей в пределах описываемого массива весьма условно, т.к. небольшое правышение хребта над озером приводит к совмещению регионального и местного базисов эрозии. К тому же СВ падение пород способствует оттоку подземных вод от озера. Таким образом, влияние вод, формирующихся по зоне регионального стока, на поступление в озеро весьма невелико. В связи с этим невелика и роль гидрохимического воздействия на озерную воду.

По химическому составу эти воды, как правило, гидрокарбонатные кальциевые с небольшой величиной общей минерализации (350-400 мг/л) (табл.46). Для сравнения следует отметить, что воды зоны регионального стока, дренирующие подобие образования в других областях, имеют величину общей минерализации, превышающую описываемую в 1,5-2,0 раза.

В анионном ряду некоторым увеличением концентраций характеризуется сульфат-ион, связанный, по-видимому, с выщелачиванием гипсовых желваков, местами отмеченных в прослоях известняков и глин. О нерудной природе основного количества этого аниона свидетельствует и отсутствие компонентов рудной минерализации в большинстве проанализированных проб.

Лишь в одной обнаружены содержания ртути и меди, достигающие соответственно 0,04 и 0,008 мг/л. Именно в этой пробе зафиксировано максимальное содержание сульфат-иона (26,8 мг/л).

Некоторое количество хрома и никеля, отмеченное в трех пробах, как известно, не находится в прямой зависимости от содержаний сульфат-иона. Скорее эти компоненты коррелируются с концентрациями магния, содержание которого в описываемых пробах также выше усредненного значения (18,9-23,6 мг/л).

Если в пределах массивов вышеописанных хребтов химический состав вод зоны регионального стока более или менее ста-

Таблица 46

Химический состав подземных вод Арегунийского хребта по зоне регионального стока, в мг/л
(по данным 9 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	14,2-47,1	27,5	26,1
Ca	21,1-69,8	44,6	49,2
Mg	11,1-23,6	16,9	22,2
Cl	9,1-28,5	16,6	20,3
SO ₄	8,4-26,8	20,7	20,0
HCO ₃	144,6-252,5	198,6	212,2
M	309,3-411,8	351,4	350,1
pH	7,1-7,6	7,4	7,4
Zn	не обн.-0,003	-	0,003
Cu	не обн.-0,008	0,001	0,003
Mo	не обн.-0,004	-	не обн.
Hg	не обн.-0,04(?)	0,006	0,004
Ag	не обн.-0,003	-	не обн.
Au	не обн.	-	не обн.
Cr	не обн.-0,01	0,002	0,01

билиен и различие, в основном, проявлялось в величине общей минерализации, то в условиях Севанского хребта, вследствие большого разнообразия литолого-петрографических особенностей слезающих пород, выделяются, по крайней мере, три типа, дреннирующих различные по составу геологические образования.

Вследствие этого по зоне регионального стока в пределах хребта выделяются три района, характеризующиеся различным химическим составом вод: северо-западный, включающий территорию Артанишского полуострова; центральный, расположенный между ущельями рр.Джил и Шекасар; и юго-восточный, локализованный на территории от ущелья р.Шекасар до ущелья Даренандзор. Отдельно представлены также воды зоны регионального стока двух месторождений, локализованных в пределах отмеченного хребта - Шоржинского хромитового и Тигранабердского меднорудного.

В северо-западной части Севанского хребта наряду с палеогеновыми отложениями развиты также вулканогенно-осадочные

и осадочные образования верхнего мела с внедренными в них породами ультраосновного состава.

В результате, большой пестротой характеризуется и химический состав вод зоны регионального стока. На вышеописанный гидрокарбонатный кальциевый класс накладывается влияние ультраосновных пород, приводящее к существенному изменению химизма вод. Вследствие этого химический состав вод этой части хребта отвечает гидрокарбонатному кальциево-магниевому и, частично, магниево-кальциевому классу с величиной общей минерализации, достигающей 500-550 мг/л (табл.47).

Таблица 47

Химический состав подземных вод северо-западной части Севянского хребта по зоне регионального стока, в мг/л (по данным 8 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	5,8-20,3	14,7	15,1
Ca	41,3-62,9	53,9	61,3
Mg	28,3-51,1	34,2	24,7
Cl	7,2-14,8	10,7	11,8
SO ₄	8,1-16,9	11,2	16,3
HCO ₃	261,1-491,7	358,2	312,2
M	398,7-543,9	472,3	442,0
pH	7,2-7,8	7,6	7,4
Zn	не обн.-0,003	-	не обн.
Cu	не обн.-0,005	0,003	не обн.
Mo	не обн.-0,003	-	0,003
Hg	не обн.-0,008	0,001	0,004
Ag	не обн.	-	не обн.
Au	не обн.	-	не обн.
Cr	0,003-0,05	0,0075	0,006
Ni	не обн.-0,003	-	0,003
Mn	0,03-0,52	0,088	0,52

В микрокомпонентном составе ряда проб существенную роль играет концентрация хрома, достигающая 0,05 мг/л, и марганца, связанного с выщелачиванием марганцевых радиоларитов - 0,52 мг/л.

В трех пробах из восьми фиксируются также продукты

окисления сульфидов меди и ртути (соответственно 0,005 и 0,008 мг/л).

В центральной части Севанского хребта литолого-петрографический состав пород (верхнемеловые известняки и мергели с прорывающими их ультраосновными и основными интрузивами) накладывает отпечаток и на химизм дренирующих их вод. Если по зоне местного стока не формирования химизма вод в значительной степени оказывали влияние гипергенные процессы, то в описываемом гидродинамическом этаже отмечается лишь только влияние литолого-петрографических и структурных факторов (последние, как правило, определяют длительность циркуляции и связанную с ней величину общей минерализации вод). Химический состав вод, циркулирующих по зоне регионального стока - гидрокарбонатный магниево-кальциевый с величиной общей минерализации, достигающей 750-800 мг/л (табл.48).

Таблица 48

Химический состав подземных вод центральной части Севанского хребта по зоне регионального стока, в мг/л (по данным 5 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	4,8-21,4	17,2	19,2
Ca	23,6-61,8	47,3	41,3
Mg	38,4-93,6	66,8	72,1
Cl	8,2-15,7	11,4	10,6
SO ₄	9,4-18,1	16,2	14,5
HCO ₃	296,5-632,8	483,7	538,2
M	512,7-784,3	653,2	696,5
pH	7,0-7,4	7,2	7,2
Zn	0,002-0,005	0,003	0,002
Cu	не обн.-0,02	0,005	0,02
Mo	не обн.-0,002	0,001	не обн.
Hg	не обн.-0,01	0,004	0,01
Ag	не обн.-0,0003	-	не обн.
Au	не обн.	-	не обн.
Cr	0,012-0,35	0,082	0,25
Ni	0,003-0,008	0,005	0,005
Mn	0,03-0,8	0,2	0,45

Значительных содержаний в этих водах достигают компоненты рудной минерализации. Как правило, их концентрации превышают таковые в соответствующих водах зоны местного стока, что, по-видимому, является следствием более благоприятных окислительно-восстановительных условий. Так, в двух пробах содержание хрома достигает 0,35 мг/л, а никеля - 0,008 мг/л. Довольно значительны и содержания продуктов окисления сульфидных руд: концентрация меди достигает 0,02 мг/л, ртути - 0,01 мг/л, цинка - 0,005 мг/л, марганца - 0,8 мг/л. Несомненно, на эти воды оказывают влияние подземные воды Саринарского и Тигранабердского рудопоявлений.

В стратиграфическом разрезе пород юго-восточной части Саванского хребта большую роль играют карбонатные и терригенно-осадочные образования верхнего мела. В результате, химический состав дренирующих их вод подвергается соответствующей метаморфизации.

Доминирующим катионом становится кальций, который не немного превышает содержания магния. В итоге, по химическому составу воды относятся к гидрокарбонатному кальциево-магниевому и, частично, магниево-кальциевому классу, но с несколько меньшей величиной общей минерализации, чем в вышеописанном случае (650-700 мг/л) (табл.49).

Большее значение в этих водах приобретают продукты разложения сульфидного оруденения - медь, ртуть, марганец и, частично, молибден. Эти воды, по-видимому, подвержены влиянию Даранадзорского медно-ртутного и Шекасарского марганцевого проявлений.

Выходы вод зоны регионального стока Шоржинского хромитового месторождения весьма ограничены. Дополнительными источниками вод этого типа являются рудничные воды, дренирующие штольни, заложенные на гипсометрически наиболее низких отметках месторождений.

Общим для всех вод зоны регионального стока этой территории является то, что циркуляция их происходит исключительно в породах ультраосновного и основного составов (перидотитах, дунитах, серпентинитах, пироксенах и габбро).

В результате, по химическому составу воды относятся к классу гидрокарбонатных магниевых и, частично, магниево-кальциевых со значительной величиной общей минерализации (800-900 мг/л) (табл.50). Увеличение содержания магния до 92-93% состава катионов отмечается в рудничных водах, в ко-

Таблица 49

Химический состав подземных вод юго-восточной части
Севанского хребта по зоне регионального стока, в мг/л
(по данным 4 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	20,4-16,8	12,6	13,1
Ca	53,8-69,1	62,1	59,7
Mg	41,4-58,6	50,4	52,3
Cl	5,8-12,9	9,9	9,2
SO ₄	9,1-14,2	10,0	12,4
HCO ₃	386,2-497,3	451,4	447,5
M	543,4-696,8	612,7	594,2
pH	7,0-7,4	7,1	7,2
Zn	не обн.-0,003	-	не обн.
Cu	0,0004-0,01	0,008	0,006
Mo	не обн.-0,005	0,001	0,005
Hg	0,005-0,02	0,075	0,0005
Ag	не обн.-0,0005	-	0,0005
Au	не обн.-0,0005	-	не обн.
Cr	0,008-0,012	0,01	0,01
Ni	не обн.-0,003	-	не обн.
Mn	0,01 - 0,3	0,1	0,3

торы и величине минерализации достигает наивысших значений. В этих водах, как правило, довольно значительные концентрации составляет сульфат-ион (40-42 мг/л). Генезис таких содержаний этого компонента в условиях описываемого месторождения несколько неясен. По-видимому, он связан с разложением сульфидов рассеянной медной минерализации, характерной для пород основного состава этой территории. В пользу этого предположения свидетельствует наличие меди в микрокомпонентном составе рудничных вод (0,006-0,008 мг/л).

Как и следовало полагать, в водах родников и в рудничных водах наивысших значений достигают содержания хрома. Как отмечено одним из авторов настоящей работы (Галстян, 1964), существует корреляционная связь между содержаниями хрома и магния в природных водах этой территории, что подтверждается и нашими работами. Далее А.Р.Галстян (1964) отмечает за-

Химический состав подземных вод Шоржинского хромитового месторождения по зоне регионального стока, в мг/л (по данным 6 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	4,1-23,7	10,7	9,1
Ca	16,5-51,8	30,4	29,4
Mg	59,9-191,2	112,4	133,7
Cl	6,6-32,4	19,8	16,3
SO ₄	5,6-41,1	26,7	21,5
HCO ₃	314,2-1014,6	694,1	574,5
M	706,6-892,1	784,2	784,5
pH	7,5-7,8	7,6	7,7
Zn	не обн.	-	не обн.
Cu	0,006-0,008	0,007	0,006
Mo	не обн.	-	не обн.
Hg	не обн.	-	не обн.
Ag	не обн.	-	не обн.
Au	не обн.	-	не обн.
Cr	0,6 - 1,35	1,12	1,2
Mn	0,8 - 2,5	1,08	1,14

всимость увеличения общей минерализации вод зоны регионального стока этого месторождения от содержания в них магния. Таким образом, можно утверждать, что в водах зоны регионального стока, циркулирующих в пределах описываемых месторождений, увеличение общей минерализации ведет к увеличению концентраций хрома. Содержание этого элемента в водах отмеченного класса колеблется в пределах 0,6-1,35 мг/л.

Из числа других компонентов рудной минерализации следует отметить также содержания марганца, достигающие 2,5 мг/л.

Площадь распространения вод, формирующих свой химический состав в пределах Шоржинского месторождения, довольно значительна.

Большое содержание хрома и относительно высокая его миграция в условиях данного месторождения способствуют довольно ощутимым поступлениям этого компонента в озерную воду. В водах и донных осадках оз.Севан фиксируются содержа-

ния хроме, о чем подробнее будет сказано ниже.

По химическому составу воды зоны регионального стока Тигранабердского месторождения являются разновидностью таких, дренирующих центральную часть Севанского хребта. В отличие от последних здесь отмечается некоторое увеличение содержания сульфат-иона, однако по классу воды остаются гидрокарбонатными, кальциево-магниевыми с величиной общей минерализации, достигающей 800 мг/л (табл. 51). Повышенные содержания сульфат-иона, которые мы связываем с разложением сульфидного материала, недостаточны, чтобы существенно воздействовать на химический тип воды. О связи же этих концентраций с окис-

Таблица 51

Химический состав подземных вод Тигранабердского меднорудного месторождения по зоне регионального стока, в мг/л (по данным 3 анализов)

Элементы и соединения	Интервал содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	18,4-24,3	23,1	23,1
Ca	87,9-98,4	94,4	94,4
Mg	51,1-58,8	51,8	40,4
Cl	9,3-14,2	10,0	10,0
SO ₄	34,2-38,3	35,6	35,5
HCO ₃	468,3-531,7	501,1	489,7
M	488,4-794,6	705,9	695,5
pH	7,2-7,4	7,3	7,2
Zn	не обн.-0,002	-	не обн.
Cu	0,008-0,045	0,021	0,045
Mo	не обн.	-	не обн.
Hg	0,004-0,006	0,005	0,004
Ag	не обн.	-	не обн.
Au	не обн.	не обн.	не обн.
Cr	0,1-0,2	0,2	0,2
Ni	0,003	0,003	0,003
Mn	0,6-1,12	0,85	1,12

лением сульфидов свидетельствуют высокие содержания компонентов рудной минерализации. Ни один источник зоны регионального стока на всей описываемой территории, не связанной с процессом окисления руд, не содержит сульфат-иона в количествах

При рассмотрении макрокомпонентного состава отмечается генетическая связь этих вод с карбонатной серией пород верхнего мела, локализованной в привершинной части хребта, в областях формирования подземных вод. Наложение влияния ультраосновных и основных пород, расположенных гипсометрически ниже, подвергает метаморфизму эти воды, но кратковременность циркуляций в них сказывается фактором, препятствующим смене химического класса воды.

Всего на территории месторождения зафиксировано три источника, отнесенные нами к водам регионального стока. Во всех них отмечено то или иное содержание компонентов рудной минерализации, на порядок величин превосходящие таковые в водах зоны местного стока. Наиболее существенны содержания меди, достигающие 0,045 мг/л. Являясь элементом с невысокой миграционной способностью и выпадающим из раствора при неблагоприятных значениях окислительно-восстановительных и щелочно-кислотных характеристик (рН циркулирующих вод колеблется в пределах 7,2-7,4), медь, фиксируемая в таких концентрациях, позволяет полагать близость источника выноса от мест выходов родников.

Значительно выше фоновых и содержания марганца, накапливающегося в описываемых водах как за счет разложения соответствующих сульфидов, так и выщелачивания элемента из марганцевистых радиоляритов. Содержания ртути в этих пробах укладываются в порядок, отмеченный по водам зоны местного стока.

Высокими концентрациями (до 0,1-0,2 мг/л) характеризуется и хром, связанный, как известно, с породами ультраосновного состава.

Таким образом, в водах этой территории отмечается совместное нахождение высоких содержаний трех различных групп микрокомпонентов, генетически представляющих: сульфидный, собственно-магматический и вулканогенно-осадочный типы оруденения.

Переходя к общей оценке вод зоны регионального стока этой территории, отметим, что вся площадь водосбора, формирующего подземный сток в пределах месторождения, невелика и большого распространения описанные воды не имеют, вследствие чего они не могут оказывать существенного влияния и на

химический состав озерной воды.

В пределах Масрикской равнины выделяются две генетические группы: воды буровых скважин и родники. По химическому составу они существенно отличаются друг от друга.

Воды скважин характеризуются гидрокарбонатным кальциево-натриево-магниевым или кальциево-магниевым составом с величиной общей минерализации, колеблющейся в очень большом интервале значений - 230-880 мг/л (табл.52). Такой диапазон обус-

Таблица 52

Химический состав подземных вод Масрикской равнины по зоне регионального стока, в мг/л (по данным 27 анал.)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	19,9-45,8	34,1	32,2
Ca	28,5-51,3	39,8	33,4
Mg	3,2-16,7	10,4	10,5
Cl	6,7-14,3	11,8	10,7
SO ₄	8,6-15,9	12,1	12,3
HCO ₃	173,8-281,2	226,3	201,4
M	238,5-493,7	423,5	300,8
pH	7,2-7,8	7,6	7,4
Zn	не обн.	-	не обн.
Cu	не обн.-0,005	-	не обн.
Mo	не обн.	-	не обн.
Hg	не обн.-0,003	-	0,003
Ag	не обн.	-	не обн.
Au	не обн.-0,00005(?)	-	не обн.
Cr	не обн.-0,008	0,001	не обн.
Ni	не обн.-0,002	-	не обн.

ловлен, по-видимому, различной длительностью циркуляции вод в пределах изолированных друг от друга горизонтов грунтовых вод. Весьма интересным фактом является то, что увеличение минерализации не связано с глубиной циркулирующих вод. Так, в ряде случаев воды горизонта, вскрытые на отметке 27 м от поверхности, менее минерализованы (410 мг/л), чем вскрытые на 14-метровой глубине (730 мг/л). Эти данные позволяют предполагать достаточно хорошую изолированность горизонтов грунтовых вод. Весьма бедны описываемые воды компонентами рудной

минерализации. Только в двух пробках из 27 были обнаружены гаммовые содержания меди, ртути и хрома. Наиболее типичным представителем вод этой группы является фонтанирующая скважина Гилли. Расход ее равен 35-40 л/сек с температурой воды 12-14°.

Все выходы родниковых вод на территории Масрикской равнины восходящего типа. Характеризуются небольшими дебитами (до 0,5 л/сек). Увеличение расходов наблюдается у родников, расположенных в береговой полосе озера Севан. По сравнению с водами вышеописанной группы в химизме этих вод отмечается увеличение содержаний хлора и магния, несмотря на падение величины общей минерализации.

Химический состав этих вод гидрокарбонатно-хлоридный магниевый-кальциевый с величиной общей минерализации от 160 до 530 мг/л (табл.53).

Таблица 53

Химический состав подземных вод Масрикской равнины по зоне регионального стока, в мг/л (восходящие родники) (по данным 28 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na+K	2,1-11,3	6,4	5,8
Ca	12,4-28,4	26,8	28,4
Mg	19,4-36,1	26,8	28,4
Cl	8,8-23,1	16,4	19,3
SO ₄	1,8-5,9	3,3	3,9
HCO ₃	169,8-405,6	256,3	207,3
M	160,3-532,4	317,6	293,1
pH	7,4-7,8	7,5	7,3
Zn	не обн.	-	не обн.
Cu	не обн.-0,008	-	0,002
Mo	не обн.-0,003	-	0,003
Hg	не обн.-0,001	-	0,001
As	не обн.-0,0005	-	не обн.
Au	не обн.	-	не обн.
Cr	0,005-0,03	0,014	0,02
Mn	0,03-0,06	0,05	0,04

Эти воды также бедны компонентами рудной минерализации. Максимальная концентрация меди, обнаруженная в четырех про-

бах из 28, не превышает 0,008 мг/л. Еще реже встречаемость содержаний ртути, молибдена, серебра. Несколько иное поведение хрома. По проценту распространенности он достигает 45% со средними содержаниями 0,005-0,03 мг/л (табл.54).

3.3. Химический состав вод зоны глубокой циркуляции

Основанием для составления данного раздела послужили материалы по химическому опробованию вод фонтанирующих скважин, имеющиеся в фондах Гидрогеологической экспедиции АрмГУ, Института геологических наук и полученные авторами настоящей работы. Всего использовано 122 анализе по 18 объектам (12 скважин с артезианской напорной водой и 8 скважин и источников минеральной воды - Личк I, Личк II, Севан, Гридзор, Цаккар I, Цаккар II, Сотк, Дзкнегет).

Как отмечалось выше (глава 2), среди вод зоны глубокой циркуляции выделяются две генетические группы источников: глубокозалегающие напорные (артезианские) и минеральные воды.

Формирование химического состава большинства глубокозалегающих (артезианских) напорных вод проходит в неоген-палеогеновых и верхнемеловых осадочных и вулканогенно-осадочных образованиях и прорывающих их интрузивных породах основного и ультраосновного составов. Неодинаковая глубина этого фундамента (если на восточном побережье он выходит на поверхность, то на западном скрыт под мощным чехлом молодых вулканитов), в котором, по нашему мнению, происходит формирование химического состава этих вод, обуславливает некоторые различия (в основном из-за разбавления водами верхних гидродинамических этажей) в химическом составе и величине минерализации. Зачастую, после формирования своего химического состава, эти воды, будучи напорными, в силу гидродинамических условий, занимают более высокие горизонты в стратиграфическом разрезе, достигая уровня вод зоны регионального стока, что приводит к частичному их разбавлению. Так, по ряду скважин, пробуренных в Камо, Мартунинском, Варденисском районах, уже с глубины 120-140 м (что по сути соответствует зоне регионального стока) фиксируются напорные воды с весьма пестрым химическим составом. По мере углубления скважин в более низкие горизонты возрастает минерализация вод и химический состав больше соответствует "первоначальному" хлоридно-гидрокарбонатному кальциево-магниевому типу.

Таблица 54

Фоновые содержания микрокомпонентов в подземных водах зоны
регионального стока бассейна озера Севан

Наименование регионов	Элементы и соединения в мг/л											
	Cu	Zn	Mo	Hg	As	Ag	Cr	Ni	Co	Mn	PO ₄	NO ₃
СЗ часть Гегамского хребта	0.001	0.001	0.001	не. обн.	не. обн.	не. обн.	не. опр.	не. опр.	не. опр.	не. опр.	не. обн.	0.01
ЮГ часть Гегамского хребта	0.002	0.002	0.003	не. обн.	не. обн.	не. обн.	не. опр.	не. опр.	не. опр.	не. опр.	0.02	0.15
Западная часть Вадениского хребта	0.001	0.002	0.003	не. обн.	не. обн.	не. обн.	не. опр.	не. опр.	не. опр.	не. опр.	0.05	0.25
Восточная часть Вадениского хребта	0.001	0.002	0.002	не. обн.	не. обн.	не. обн.	не. опр.	не. опр.	не. опр.	не. опр.	0.02	0.30
Арегунийский хребет	0.002	0.001	0.002	0.003?	0.001	0.0001?	0.002	0.001	не. обн.	0.006	0.035	0.58
СЗ часть Севанского хребта	0.003	0.001	0.001	0.001	не. обн.	не. обн.	0.003	0.001	не. обн.	0.03	0.02	0.18
Центральная часть Севанского хребта	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.0002	0.01	0.003	0.001	0.03	0.045	0.42
ЮВ часть Севанского хребта	0.003	0.001	0.001	0.003	0.004	0.0002	0.008	0.003	0.001	0.01	0.05	не. опр.
Шоржинское месторождение	0.004	не. обн.	не. обн.	не. обн.	не. обн.	не. обн.	0.5	0.008	0.002	0.8	не. опр.	не. опр.
Тигранабердское месторождение	0.005	0.001	0.001	0.004	0.001	не. обн.	0.12	0.003	не. обн.	0.6	не. опр.	не. опр.
Масрикская равнина	0.001	не. обн.	0.002	не. обн.	не. обн.	не. обн.	0.005	0.002	не. обн.	0.3	0.3	0.26

В качестве примера приведем данные по скважине, пробуренной в 500 м к северо-западу от с. Золакар геолого-геофизической экспедицией АрмГУ (Туманян, Вартазарян, 1979). Глубина заложения скважины 850 м (табл. 55).

Такая комбинация химического состава вод (с постепенным повышением содержаний ионов хлора и натрия на глубину) позволяет полагать, что формирование их проходит в пределах соленосных отложений.

И действительно, если предположить, что на глубинах 1000-1500 м, соответствующих формированию вод описываемого гидродинамического этажа, распространены породы офиолитового пояса, то в химическом составе этих вод это нашло бы отражение в увеличении содержаний магния, что мы и имеем по водам зоны глубокой циркуляции, фиксируемым в пределах Севанского хребта.

Вероятно, соленосно-гипсоносная формация нижнего миоцена, локализованная в приповерхностной зоне в северо-западной части Гегамского хребта, постепенно погружается на юго-восток и уже в пределах западной части Верденинского хребта находится на значительных глубинах, участвуя в формировании глубинных вод.

Таким образом, в химическом составе вод этого гидродинамического этажа, по западному побережью оз. Севан, преобладают хлоридно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый (нижние горизонты) или гидрокарбонатно-хлоридный кальциево-магниево-натриевый (верхние горизонты) классы. Величина общей минерализации этих вод колеблется в очень большом диапазоне значений (от 350-400 мг/л до 5200 мг/л), что является результатом смешения их с водами верхних гидродинамических этажей (табл. 56, 57). При рассмотрении гипотетической комбинации солевого состава отмечается следующая зональность - более глубокие горизонты описываемого гидродинамического этажа характеризуются преобладанием хлорида кальция, а расположенные ближе к поверхности - хлорида натрия (табл. 58).

Так, по результатам четырех скважин, заданных в Верденинском районе на различные глубины (от 350 до 650 м), эта зональность проявляется наиболее четко. Несколько иного состава воды глубокой циркуляции, локализованные в пределах Севанского хребта. Влияние ультраосновных и основных пород, в которых происходит формирование их химического состава,

Таблица 55

Погоризонтный химический состав вод в скважине у с.Золотар

Водоносные горизонты	Элементы и соединения в мг/л							Формула Курлова
	Na+K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	Мобщ.	
I								
136 - 138 м	53,36	14,73	12,76	21,3	24,0	183,1	350	$M_{0,35} \frac{HCO^3 80 SO^4 11}{Na 66 Ca 18 Mg 16}$
II								
176 - 178 м	56,81	35,47	19,14	78,1	20,0	195,2	450	$M_{0,45} \frac{HCO^3 66 Cl 27}{(Na+K) 51 Ca 32 Mg 17}$
III								
200 - 203 м	128,11	42,08	16,6	63,9	49,3	378,2	740	$M_{0,74} \frac{HCO^3 77 Cl 13 SO^4 10}{(Na+K) 69 Ca 23}$
IV								
260 - 262 м	89,9	165,2	49,4	412,5	113,5	169,3	1000	$M_{1,0} \frac{Cl 78 HCO^3 17}{Ca 50 Mg 23 Na 22}$
У								
820 - 850 м	1146,7	151,8	1796,3	98,76	1627,6	5200		$M_{5,2} \frac{Cl 51 HCO^3 46}{(Na+K) 70 Ca 21}$

Таблица 56

Химический состав подземных вод зоны глубинной циркуляции (артезианские напорные воды) в мг/л (по данным 69 анализов)

Элементы и соединения	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Na	53,4-1146,7	134,8	137,5
K	7,0-166,2	39,7	32,0
Ca	14,7-407,5	197,4	270,0
Mg	12,7-151,8	73,6	143,3
Cl	21,3-1796,3	814,3	784,0
SO ₄	18,5-987,0	34,3	25,9
HCO ₃	183,1-1627,6	301,3	268,4
M	350,0-5200,0	1624,0	1661,0
pH	7,3-7,8	7,6	7,5
NO ₃	не обн.-8,1	1,42	не обн.
NO ₂	не обн.-0,08	-	0,01
F	не обн.-0,28	0,01	не обн.
Br	не обн.-6,0	1,5	6,0
I	не обн.-0,2	0,006	0,15
B	не обн.-0,22	0,013	0,2
PO ₄	не обн.-0,12	0,01	0,06
Mn	не обн.-0,3	0,01	не обн.
Cu	не обн.-0,008	-	0,008

приводит эти воды к гидрокарбонатно-хлоридному магниево-кальциевому классу с величиной общей минерализации, колеблющейся в пределах 1200-1600 мг/л.

Весьма интересно распределение микрокомпонентного состава описываемых вод. Отмечаются две группы элементов с противоположно направленными тенденциями: с глубиной отмечается увеличение содержаний брома, йода, бора, рубидия, частично лития и фосфатов, что коррелируется с величиной общей минерализации, повышающейся в основном за счет хлора, и, напротив, с уменьшением глубины заложения скважины возрастают концентрации таких компонентов, как медь, серебро, молибден, марганец, цинк.

Если рассматривать эти группы с позиций периодической системы элементов, то с глубиной отмечается увеличение гало-

Таблица 57

Химический состав подземных вод зоны глубинной циркуляции (артезианские напорные воды), в %
(по данным спектрального анализа сухих остатков вод)

Элементы	Интервалы содержаний	Усредненные значения	Типичный анализ
Si	0,42-10,0	3,2	3,2
Al	0,013-0,042	0,018	0,018
Mg	7,5-10	10	10
Ca	10-10	10	10
Fe	0,0018-0,0075	0,0036	0,0024
Na	3,2	3,2	3,2
K	1,3-3,2	3,2	3,2
Mn	0,00024-0,0032	0,00078	0,00042
Ti	0,013-0,075	0,031	0,075
V	не обн.-0,001	-	не обн.
Mo	0,00042-0,0032	0,00077	0,00056
Cu	0,0001-0,0013	0,00061	0,00042
Ag	0,00056-0,0032	0,0016	0,0032
Sn	0,0001-0,0024	-	0,0018
La	не обн.-0,018	-	не обн.
Sr	0,13-0,42	0,31	0,13
Ba	0,0032-0,013	0,0075	0,0042
Rb	0,00042-0,0018	0,0013	0,0018
Li	0,0	-	-

Таблица 58

Содержание основных соединений макрокомпонентного состава вод зоны глубинной циркуляции, в мг/экв

Глубина 650 м		Глубина 500 м		Глубина 420 м		Глубина 350 м	
CaCl ₂	-20,34	CaCl ₂	- 13,47	CaCl ₂	- 7,83	NaCl	-2,34
Hg(HCO ₃) ₂	- 9,60	NaCl	- 5,98	NaCl	- 3,58	Ca(HCO ₃) ₂ -I,90	
NaCl	- 7,13	Mg(HCO ₃) ₂ -	4,40	Mg(HCO ₃) ₂ -	2,8	Mg(HCO ₃) ₂ -I,30	

генов, бор, редких щелочей и фосфатов, ^{х/} в то время как в этом разрезе уменьшаются содержания халькофильных и других компонентов сульфидной минерализации (медь, серебро, молибден, частично цинк и марганец).

Отсюда нетрудно проследить вытекающую закономерность - повышенные содержания компонентов рудной минерализации, связанные с разложением сульфидного материала, локализируются преимущественно во втором гидродинамическом этаже и миграция их приурочена к водам регионального стока. Именно миграция, ибо воды зоны местного стока, более обогащенные кислородом в пределах выщелачиваемых рудных зон, должны содержать более значительные их концентрации. Однако pH среды, соответствующая резко окислительной обстановке, выводит из раствора большую их часть. Воды же регионального стока характеризуются меньшим окислительным потенциалом и, как следствие, удерживают в растворе большие концентрации элементов.

В задачу наших исследований не входило детальное изучение химизма минеральных вод этого региона. Подобные работы проводит режимная станция треста Армгеокаптажминвод. Наши работы преследовали цель определения содержаний микрокомпонентного состава этих вод.

Единственно, что следует отметить в химизме макрокомпонентного состава минеральных вод - это пестрота, обусловленная смешением глубинных вод с водами верхних гидродинамических этажей.

Здесь мы ограничимся лишь приложением формулы Курлова по отмеченным восьми водам (табл. 59), хотя количество выходов минеральных вод в описываемом регионе гораздо больше.

Нелишне отметить, что в ряде точек акватории озера видны грифоны подводной разгрузки минеральных вод, однако отсутствие соответствующей экипировки (специальные пробоотборники, экваланги) не позволило опробовать эти источники. Особенно широко они проявлены в северной части озера (Цонгяхский залив) и на западе, в Мартунинском районе.

^{х/} По-видимому, следует выделить двойную природу концентраций фосфатов в водах: связанную с геологическим строением региона и характеризующуюся весьма небольшими содержаниями (0,0011-0,011 мг/л) и антропогенную, являющуюся, по-видимому, результатом суперфосфатного удобрения почв. Эти величины (0,11-11 мг/л) на два порядка превосходят вышеотмеченные.

Типы минеральных вод бассейна озера Севан

№ № п/п	Наименование водопункте	Формула Курлова	Наличие микроком- понентов
1.	Личк I	$M_{6.3} \frac{HCO^3 51 Cl 49}{(Na+K)62 Mg26 Ca12}$	Cu, Zn
2.	Личк II	$M_{4.6} \frac{HCO^3 49 Cl 38 SO^4 13}{(Na+K)55 Mg29 Ca16}$	Cu
3.	Севан	$M_{0.8} \frac{HCO^3 79 Cl 18 SO^4 2}{(Na+K)49 Mg37 Ca14}$	Zn
4.	Гридзор	$M_{3.5} \frac{Cl 55 HCO^3 43 SO^4 2}{(Na+K)54 Ca23 Mg22}$	Ag, Zn
5.	Цаккар I	$M_{2.2} \frac{HCO^3 73 Cl 23}{Mg45 (Na+K)43 Ca12}$	Cu, Ag, Zn
6.	Цаккар II	$M_{0.33} \frac{HCO^3 68 Cl 17 SO^4 15}{Mg52 (Na+K)26 Ca12}$	Ag
7.	Дзкнагет	$M_{0.43} \frac{HCO^3 75 SO^4 18}{Ca62 Mg31}$	Ag, Ni
8.	Сотк	$M_{0.32} \frac{HCO^3 70 SO^4 24 Cl 6}{Mg40 (Na+K)31 Ca29}$	Ag, Cu, Au, Hg

В распределении микрокомпонентного состава отмечаются следующие особенности. В отмеченных минеральных водах полностью отсутствует ряд металлов — молибден, кобальт, хром, мышьяк, что объясняется различными факторами. Так, отсутствие содержания молибдена обусловлено антагонизмом этого элемента к CO_2 , на что в свое время указывала Н.И.Долуханова (1956) при изучении гидрогеохимии Анкаванского медно-молибденового месторождения.

Отсутствие хрома, кобальта и мышьяка мы склонны объяснить незначительностью их содержаний в дренируемых породах.

Содержание же всех остальных металлов варьирует в весьма узком диапазоне значений и отличается невысоким процентом распространённости (табл. 61).

Завершая раздел, можно отметить, что минеральные воды в описываемом бассейне не являются транспортировщиками ощутимых количеств компонентов рудной минерализации.

Таблица 60

Фоновые содержания микроэлементов в подземных водах зоны
глубокой циркуляции бассейна озера Севан

Наименование типа вод	Элементы в мг/л													
	Cu	Zn	Mo	Hg	As	Ag	Cr	Ni	Co	Mn	B	Br	I	F
Артезианские напорные воды западного побережья оз. Севан	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	не. обн.	0.003	не. обн.	не. обн.	0.01	0.008	0.2	0.008	0.16
Минеральные воды бассейна озера Севан	0.002	0.002	не. обн.	не. обн.	не. обн.	не. обн.	не. обн.	не. обн.	не. обн.	не. обр.	0.01	0.2	0.02	0.22

Химический состав минеральных вод бассейна
озера Севан, в мг/л

Элементы и соединения	Интервалы содержания	Усредненные значения	Частота встречаемости микрокомпонентов
Na+K	22,3-2135	28,2	-
Ca	15,7-359,2	94,6	-
Mg	23,8-154,1	56,8	-
Cl	21,5-1342,4	286,4	-
SO ₄	25,0-96,3	49,8	-
HCO ₃	160,0-2243,8	1150,3	-
M	330-6300	2126,4	-
pH	6,9-7,2	7,0	-
Cu	не обн.-0,02	0,002	4
Ag	не обн.-0,002	0,0003	5
Au	не обн.-0,00008	-	1
Zn	не обн.-0,01	0,002	4
Mo	не обн.	-	0
Hg	не обн.-0,006	-	1
As	не обн.	-	0
Ni	не обн.-0,003	-	1
Co	не обн.	-	0
Cr	не обн.	-	0

3.4. Химический состав поверхностных вод,
поступающих в озеро Севан

При составлении настоящего раздела использованы данные режимных наблюдений в основном по девяти месяцам 1981-1982 гг., включающие определение шестикомпонентного состава, а также меди, цинке, молибдена, ртути, мышьяка, серебра, хрома, никеля, кобальта, частично золота, фосфора, нитратов, нитритов и pH среды.

Данные по шестикомпонентному составу и pH среды по летним месяцам 1981 г. (июнь, июль, август, сентябрь) проводились совместно с сотрудниками Института озераведения АН СССР (аналитик Ульянова Д.С.).

Использовались также и некоторые данные (расходы, содержания нитратов и сравнительная оценка данных по меди и цин-

ку) гидрохимического бюллетеня Армянского УГКС, хотя ряд положений трактуется этой службой иначе и приводимые содержания расходятся с величинами, полученными нами.

Под режимные наблюдения были поставлены следующие реки и крупные ручьи, имеющие круглогодичный сток воды в озеро: Геварагет, Цаккар, Дзорагях (Шахвах), Личк, Аргичи, Варденик, тоннель Арпа-Севан, Карчахпюр (Макенис), Масрик, Драхтик, Дзкнагет. Частичные режимные наблюдения проводились и по реке Разден, о чем будет сказано ниже.

Такой выбор объясняется, во-первых, существенностью расходной части этих поступлений и, во-вторых, полнотой охвата всех наиболее существенных модификаций химического состава вод, дренирующих описываемый бассейн.

Пробы отбирались в устьях рек при впадении их в озеро Севан.

Помимо режима отмеченных водотоков, приводятся данные по некоторым ручьям, дренирующим Севанский хребет (Даранак, Памбак, Цапатах, Сатанахач и др.), но имеющим сезонный характер.

Естественно, приводимый здесь фактический материал не может дать однозначный, исчерпывающий ответ на все вопросы, связанные с процессами, протекающими в зоне гипергенеза всего бассейна. Подобные однозначные выводы следует делать за более длительный период наблюдений и поэтому приводимые рассуждения - лишь попытка (по аналогии с опытом наших работ на других объектах) объяснить ряд явлений, определяющих метаморфизацию солевого состава речных вод.

Река Геварагет

По химическому составу вода гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатная магниевое-кальциевое-натриевая или кальциевое-магниевое-натриевая с минерализацией, колеблющейся в годовом разрезе, в широком диапазоне значений - 220-492 мг/л (табл.62, рис.6):

$M_{0.22-0.49} \text{ HCO}^3\text{60-80 Cl11-26 SO}^4\text{8-24}$
 $\text{Mg6-47 Ca28-42 (Na+K)21-63}$

Как иллюстрируют приведенные таблица и рисунок, максимальная величина минерализации речной воды фиксируется в июле-августе и октябре, что связано с весенним и осенним периодами. Следует отметить, что из-за высокого гипсометрического положения бассейна описываемой реки (в среднем 3000 м над

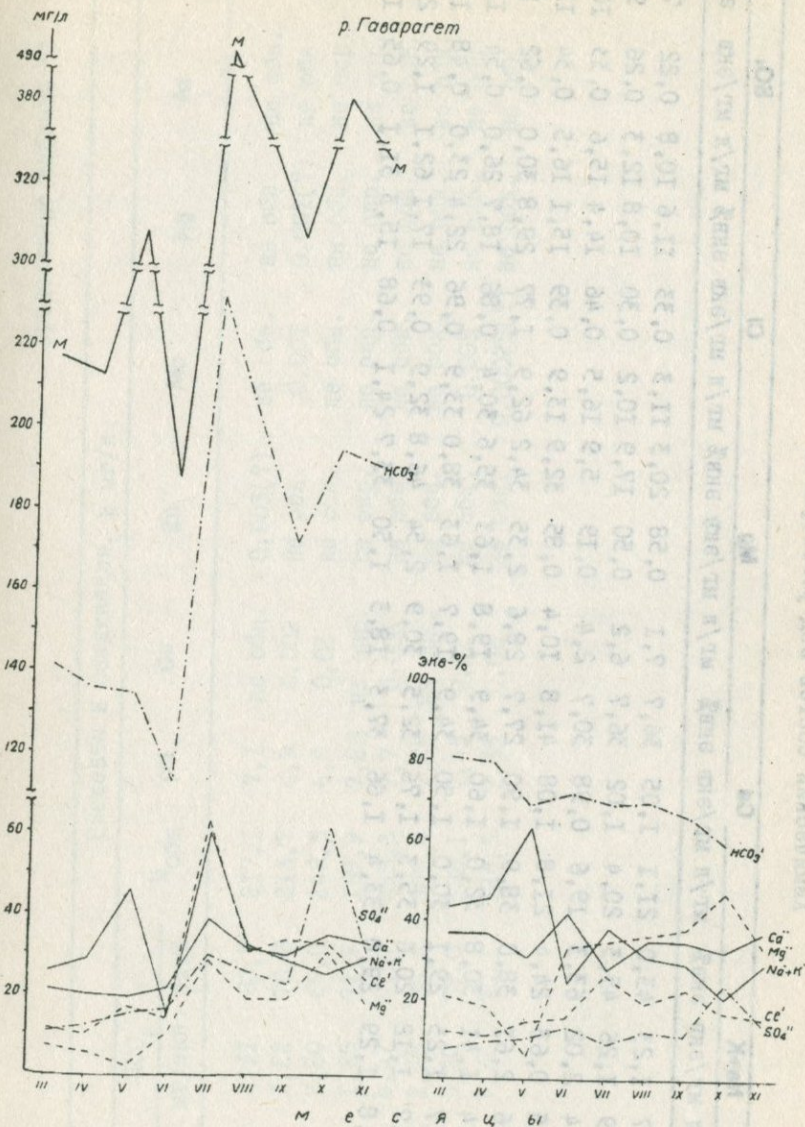


Рис.6. График сезонного колебания компонентов минерализации р.Гаваргет (в мг/л и экв.%).

Таблица 62

Химический состав вод р.Гаварагет

Дата опробования		Na+K			Ca			Mg			Cl			SO ₄		
		мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%
Март	III	25,7	1,23	43,0	21,1	1,05	36,7	7,1	0,58	20,3	11,3	0,33	11,6	10,8	0,22	7,7
Апрель	IV	21,9	1,26	45,3	20,4	1,02	36,7	6,2	0,50	17,9	10,2	0,30	10,8	12,3	0,26	9,3
Май	V	46,4	2,02	63,3	19,6	0,98	30,7	2,4	0,19	5,9	16,5	0,46	14,4	15,6	0,33	10,3
Июнь	VI	14,5	0,63	24,4	21,8	1,08	41,8	10,4	0,85	32,9	13,9	0,39	15,1	16,5	0,34	13,2
Июль	VII	60,6	2,61	38,0	38,9	1,90	27,7	28,6	2,35	34,2	62,9	1,77	29,8	30,0	0,62	9,0
Август	VIII	32,4	1,41	30,8	32,0	1,60	34,9	19,8	1,63	35,6	30,4	0,86	18,7	26,0	0,54	11,8
Сентябрь	IX	28,7	1,25	29,1	30,0	1,50	34,9	19,7	1,63	38,0	33,9	0,96	22,4	23,0	0,48	11,2
Октябрь	X	25,7	1,12	20,6	35,3	1,76	32,5	30,9	2,54	46,8	32,9	0,93	17,1	62,1	1,29	23,8
Ноябрь	XI	29,8	1,29	29,0	33,4	1,66	37,3	18,3	1,50	33,7	24,1	0,68	15,3	31,1	0,65	14,6

Элементы и соединения, в мг/л										
	HCO ₃			M _{общ}	pH	Cu	Zn	Mo	Hg	As
	мг/л	мг/экв	экв%							
III	141,1	2,31	80,7	217,1	7,1	не обн.	0,003(?)	не обн.	не обн.	не обн.
IY	135,7	1,22	70,8	213,7	6,9	0,002	не обн.	0,001	0,001(?)	не обн.
У	134,2	2,20	69,0	248,5	6,9	0,02	не обн.	не обн.	не обн.	не опр.
UI	112,8	1,85	71,7	189,9	7,28	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
УП	272,8	4,47	6,57	493,3	7,7	0,006	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
IX	173,1	2,85	66,4	308,4	7,65	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
X	195,2	3,20	59,0	382,1	7,45	0,02	не обн.	0,005	не обн.	не обн.
XI	191,6	3,12	70,1	328,3	7,35	0,08	не обн.	0,00025(?)	не обн.	не обн.

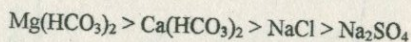
Продолжение таблицы 62

Элементы и соединения, в мг/л									
	Ag	Au	Mn	Cr	Co	Ni	NO ₂	NO ₃	PO ₄
III	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,2	не обн.
IV	не обн.	не обн.	0,008	0,003	не обн.	0,001	не обн.	0,3	0,3
V	0,0005	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	12,4	1,2
VI	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	0,002	12,8	0,8
VII	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,005	4,8	0,6
VIII	0,0002(?)	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,025	3,65	0,8
IX	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,03	0,015	0,6	0,6
X	не обн.	не обн.	0,004	не обн.	не обн.	не обн.	0,002	0,2	не обн.
XI	0,001	0,0007(?)	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,3	не обн.

уровнем моря) весенний сход снежного покрова проходит здесь в апреле-мае. В результате, в озеро поступает значительное количество талых вод с невысокой минерализацией. Однако, спустя месяц, в сезон весенних дождей увеличивается растворение, выщелачивание и миграция компонентов как в ионном и коллоидном, так и во взвешенном состояниях. Как правило, в этот период отмечается разубоживание содержаний микрокомпонентного состава (табл.62).

Второе увеличение минерализации - осеннее - характеризуется несколько меньшими концентрациями, но сопровождается выносом металлов.

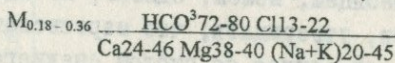
Гипотетический солевой состав представлен следующим рядом:



В микрокомпонентном составе значительных величин достигают нитраты, концентрации которых колеблются в пределах 0,2-12,8 мг/л, и связанные, по-видимому, с сельскохозяйственным загрязнением. Значительны содержания и фосфора, определяемые в форме PO_4^{3-} 0,8-1,2 мг/л, имеющего, вероятно, ту же природу. Среди компонентов рудной минерализации больших величин в определенные сезоны (весна и осень) достигает медь. Эти концентрации сопровождаются иногда наличием в водах некоторых содержаний серебра и золота, что может послужить основой для предположений о рудогенной природе этих аномалий. Вероятно, однако, и техногенное происхождение этих компонентов, связанное с производственными отходами г.Камо. Однозначного ответа по имеющимся материалам мы дать не можем. Таким образом, река Геварагет привносит спорадически некоторое количество компонентов рудной минерализации, а также довольно ощутимые концентрации нитратов и фосфора.

Река Дзорагях (Шахвах)

По химическому составу воды речки Дзорагях - гидрокарбонатно-хлоридные кальциево-магниевые-натриевые с минерализацией от 180 до 360 мг/л (табл.63, рис.7):



По результатам шестимесячных наблюдений по описываемому родотoku отмечается четко выраженный один пик максимальной концентрации минерализации, приходящийся на середину июля, т.е. на весенне-летний период дождей. Не располагая дан-

Рис.7. График сезонного колебания компонентов минерализации р.Дзорагях (в мг/л и экв.‰).

ными по весенним месяцам, можем, однако, по аналогии с режимом соседних ручьев, утверждать, что мартовская и апрельская минерализация вод, связанная со сходом снежного покрова, должна быть минимальной.

Основным компонентом, достигающим 80% состава анионов, является гидрокарбонат-ион. Значительно уступает ему, но также находит место в формуле Курлова - хлор-ион, достигающий в

Химический состав вод р.Дзорагях

Таблица 63

Дата опро- бова- ния	Элементы и соединения														
	Na+K			Ca			Mg			Cl			SO ₄		
	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%
III	не определялись														
IУ	не определялись														
У	23,5	1,02	41,1	11,8	0,59	23,8	11,9	0,98	39,5	20,0	0,56	22,5	5,9	0,12	4,8
УI	нет анализа														
УП	5,01	1,19	44,8	21,8	1,08	22,1	20,9	1,72	35,2	27,5	0,77	15,8	15,0	0,31	6,3
УШ	27,6	1,18	35,6	22,0	1,08	32,3	13,1	1,07	32,1	20,5	0,57	17,1	7,0	0,15	4,5
IX	24,2	1,05	-	19,1	0,95	-	17,1	1,40	23,0	0,65	-	-	7,9	0,17	-
X	11,6	0,50	18,1	25,7	1,27	45,8	12,4	1,00	36,1	18,2	0,52	18,7	9,2	0,19	6,8
XI	11,3	0,49	20,2	20,5	1,04	42,9	10,8	0,89	36,7	11,3	0,91	12,8	15,1	0,31	12,8

Элементы и соединения

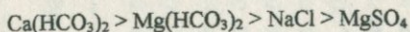
	HCO ₃			M _{общ} мг/л	pH	Cu	Zn	Mo	Hg	As
	мг/л	мг/экв	экв%							
III	-	-	-	-	-	0,01	не обн.	не обн.	не обн.	не опр.
IУ	-	-	-	-	-	не обн.	0,005	0,0025	0,002	не опр.
У	10,98	1,80	72,6	182,9	7,7	0,4	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
УІ	-	-	-	-	-	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
УП	231,9	3,80	77,9	367,2	7,9	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не опр.
УШ	159,2	2,61	78,4	249,4	7,35	0,005	0,012	0,003	не обн.	не обн.
ІХ	126,0	2,06	-	217,3	8,45	не обн.	не обн.	0,001	0,001?	не опр.
Х	126,0	2,06	74,32	203,1	8,35	0,002	0,004	не обн.	не обн.	не обн.
ХІ	110,0	1,80	74,4	179,0	8,25	0,003	0,005	0,006	не обн.	не обн.

Продолжение таблицы 63

Элементы и соединения, в мг/л									
	Ag	Au	Mn	Cr	Co	Ni	NO ₂	NO ₃	PO ₄
III	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,005	0,3	0,01
IУ	0,0005	не обн.	0,004	не обн.	не опр.	0,003	не обн.	0,8	0,15
У	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	7,08	1,00
УI	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	0,00I	3,42	0,55
УП	0,0002?	не обн.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	0,003	2,56	0,23
УШ	не обн.	не обн.	не опр.	0,002	не обн.	не обн.	0,00I	2,85	0,12
IX	не обн.	не обн.	не опр.	0,003	не обн.	не обн.	0,004	2,45	0,15
X	0,008	не обн.	не опр.	не обн.	не обн.	0,00I	0,012	0,40	0,25
XI	не обн.	не обн.	не опр.	0,00I	не обн.	не обн.	0,008	0,3	0,2

отдельные месяцы 18-20% состава анионов. Весьма незначительны содержания сульфат-иона (от 5 до 10% состава анионов).

Довольно ровное поведение у основных катионов. В большом интервале величин (20-45% состава катионов) проходит колебание содержаний кальций-иона и натрий-иона, для которых отмечается обратная связь (рис.7). Колебания содержаний магний-иона протекают в весьма небольшом диапазоне значений (32-39% состава катионов). Гипотетический солевой состав представлен видом:



В микрокомпонентном составе отмечаются содержания ряда биоэлементов, природа которых связана с антропогенным воздействием.

В основном - это компоненты (фосфор и нитрат), являющиеся, вероятно, следствием сельскохозяйственной деятельности. Содержание фосфора в расчете на PO_4^{3-} колеблется в пределах 0,1-1,0 мг/л, а максимальные концентрации приходится на весенне-летние месяцы, что, по-видимому, соответствует времени их внесения в почвенный покров. Также максимальными содержаниями в весенне-летний период (3,5-7,0 мг/л) характеризуются и концентрации нитратов.

Из рудных микрокомпонентов весьма ощутимых величин достигает медь (0,01-0,04 мг/л), связанная в разные месяцы, в основном, с некоторыми концентрациями цинка, молибдена и, частично, серебра. Эти содержания меди - весьма плохого мигранта в условиях высоких значений pH среды (8,0-8,2) - указывают на относительно близко расположенный участок сноса.

Расшифровка природы этих аномальных содержаний весьма затруднительна: по всему бассейну водосбора реки отсутствуют сколько-нибудь существенные производственные мощности, использующие в своей технологии отмеченные металлы. С другой стороны, проведенные геологические и гидрогеохимические поиски в пределах описываемого бассейна исключают наличие сульфидного оруденения. Если в селах, расположенных в бассейне описываемой реки, проводят профилактическое опрыскивание садов медным купоросом, тогда становится объяснимым источник поступления отмеченных компонентов в реку.

Река Цаккар

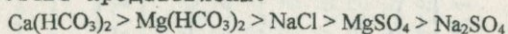
Химический состав вод реки отвечает гидрокарбонатно-хлоридному кальциево-магниевому-натриевому классу с минерализа-

цией от 55 до 250 мг/л (табл.64, рис.8):

$$M_{0.05-0.25} \frac{HCO^3_{56-80} Cl_{13-30}}{Ca_{36-58} Mg_{26-45} (Na+K)_{11-29}}$$

Величина общей минерализации вод реки, по данным девяти месяцев наблюдений, сравнительно невысокая. Однако значительно колебание этого параметра по сезонам. Так, концентрация солевого состава в летние месяцы (290 мг/л) примерно в пять раз превышает эту величину в межень (54 мг/л).

Среди анионов доминирует гидрокарбонат-ион, составляющий, в среднем, 70-73% состава анионов. Значительно меньше хлора и сульфатов. В катионном ряду отмечается некоторое преобладание кальция. Рассчитанные ряды гипотетического солевого состава представлены:



Значительно меньшими величинами характеризуются содержания биоэлементов - фосфора и нитратов. Так, среднее по девяти месяцам содержание фосфора в пересчете на элемент составляет всего 0,03 мг/л (PO^{3-}_4 - 0,1 мг/л). Ниже, по сравнению с водами бассейна реки Дзоребет, и концентрация нитратов (0,1-3,54 мг/л, среднее по девяти месяцам - 1,9 мг/л).

В ряду компонентов рудной минерализации, в водах описываемой реки фиксируются медь, цинк, молибден, серебро, частично хром и никель. По проценту распространенности (45%) доминирует медь с достаточно высокими содержаниями в ряде проб (0,02-0,04 мг/л).

На порядок ниже по содержаниям (0,001-0,005 мг/л), с 30-процентной распространенностью, характеризуются величины цинка, молибдена и серебра (концентрации последнего колеблются в интервале 0,0005-0,001 мг/л). В некоторых пробах фиксируются также невысокие содержания хрома и никеля.

Природа рудогенных компонентов, не сопровождаемых повышенными содержаниями индикатора разложения сульфидных руд - сульфат-иона, и по этой реке продолжает оставаться невыясненной. Правда, в подземных водах (как зоны местного, так и регионального стоков), дренируемых рекой, отмечаются некоторые концентрации этих элементов, но неблагоприятная среда (рН вод реки колеблется в пределах 7,2-8,5, что отвечает слабощелочной обстановке) может удерживать в растворе лишь молибден и цинк - элементы, способные мигрировать в этих условиях. Медь же длительной миграцией в подобной среде не

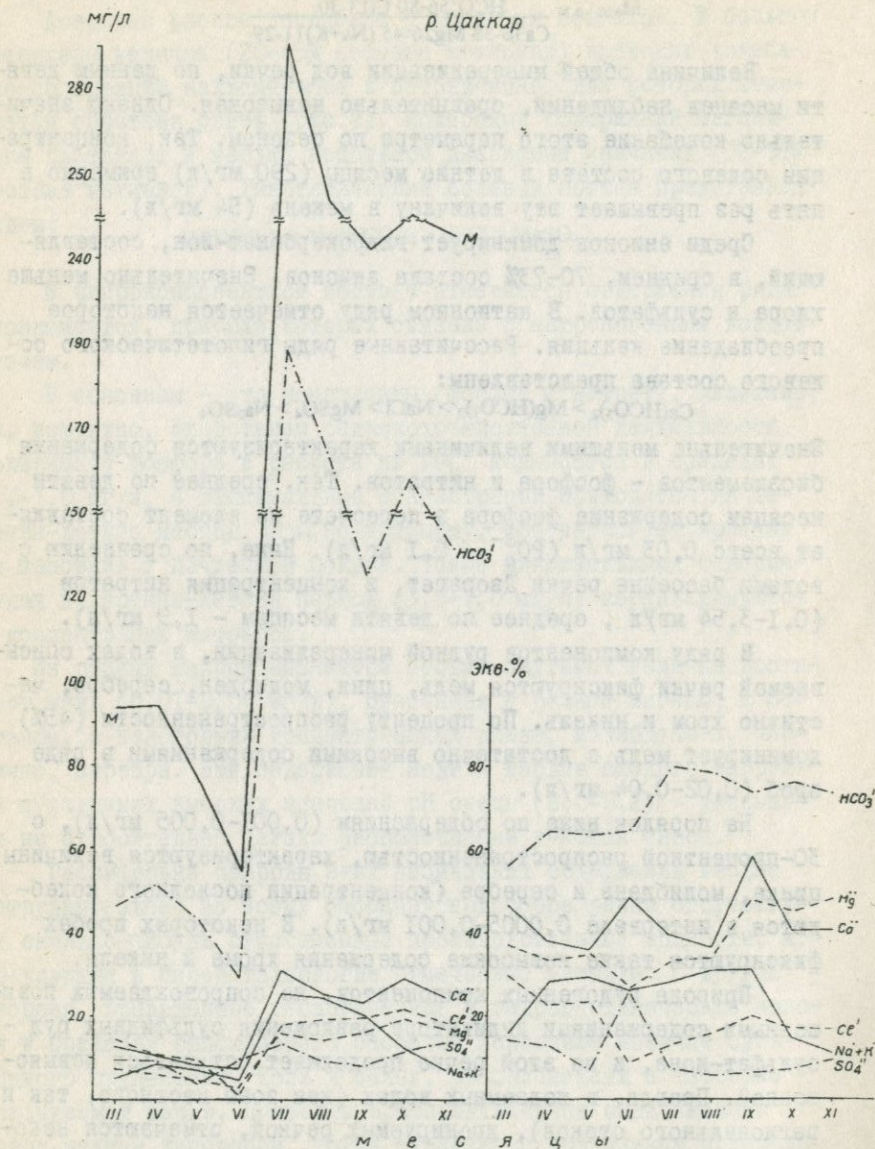


Рис.8. График сезонного колебания компонентов минерализации р.Цаккар (в мг/л и экв%).

Таблица 64

Химический состав вод р.Цаккар

Дата опро- бова- ния	Элементы и соединения														
	Na+K			Ca			Mg			Cl			SO ₄		
	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%
III	5,1	0,22	16,3	12,6	0,63	46,6	6,1	0,5	37,0	14,2	0,4	29,6	9,1	0,19	14,0
IV	8,5	0,37	18,2	10,1	0,50	38,1	5,4	0,44	33,6	10,2	0,30	22,9	8,8	0,17	12,9
V	7,3	0,32	29,1	7,9	0,39	35,5	4,8	0,39	35,4	9,3	0,26	23,6	3,9	0,08	7,3
VI	4,6	0,19	26,2	7,0	0,35	47,9	2,4	0,19	26,2	2,3	0,07	9,8	9,2	0,19	26,2
VII	25,1	10,9	28,1	30,9	1,51	39,0	15,4	1,26	32,9	17,6	0,50	12,9	13,0	0,28	7,2
VIII	24,2	1,05	30,8	24,8	1,23	36,1	14,0	1,15	33,7	18,7	0,53	15,5	9,0	0,19	5,6
IX	20,0	0,87	31,3	23,3	1,61	57,9	16,1	1,32	47,5	19,6	0,55	19,8	8,2	0,17	6,1
X	11,8	0,51	14,6	28,8	1,42	40,6	19,1	1,57	44,8	21,4	0,60	17,1	11,6	0,24	6,8
XI	7,2	0,33	11,1	24,5	1,22	40,9	17,4	1,43	47,9	18,1	0,51	17,1	13,6	0,28	9,4

Элементы и соединения										
	HCO ₃			M _{общ} мг/л	pH	Cu	Zn	Mo	Hg	As
	мг/л	мг/экв	экв%							
III	46,3	0,76	56,3	93,4	7,20	не обн.	не обн.	не обн.	0,003	не обн.
IY	51,2	0,84	64,1	94,2	7,25	0,005	0,003	0,0025	не обн.	не обн.
У	42,7	0,70	63,6	75,9	7,35	0,04	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.
УI	28,8	0,47	64,4	54,3	7,10	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
УП	188,8	3,09	79,8	290,8	8,19	не обн.	не опр.	не обн.	не обн.	не обн.
УШ	164,0	2,69	78,8	254,7	8,16	не обн.	не обн.	0,0025	не обн.	не обн.
IX	126,0	2,06	74,1	213,2	8,45	не обн.	0,005	не обн.	не обн.	не обн.
X	158,3	2,66	76,0	251,0	8,20	0,02	0,001	0,005	не обн.	не обн.
XI	133,1	2,19	73,5	216,5	7,95	0,005	не обн.	0,002	не обн.	не обн.

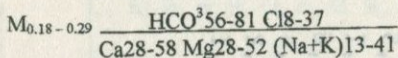
Продолжение таблицы 64

Элементы и соединения									
	Ag	Au	Mn	Cr	Co	Ni	NO ₂	NO ₃	PO ₄
III	не обн.	не обн.	0,00I	0,00I	не обн.	не обн.	0,00I	0,3	не обн.
IY	не обн.	0,0005	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,5	0,1
У	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	3,54	0,12
UI	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	0,004	2,5	0,22
УП	не обн.	не обн.	0,003	не обн.	не обн.	не обн.	0,003	2,1	не обн.
УШ	не обн.	не обн.	0,00I	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	1,8	0,08
IX	0,0005	не обн.	не обн.	0,006	не обн.	не обн.	не обн.	0,4	0,12
X	0,00I	не обн.	0,0I	не обн.	не обн.	не обн.	0,005	0,2	0,2
XI	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,00I	0,1	0,04

характеризуется. И в этом случае, по-видимому, медь, имея техногенное происхождение, поступает в водоток в нижнем течении.

Река Личк

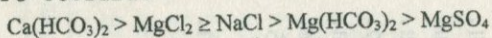
Класс воды - гидрокарбонатно-хлоридный кальциево-магниевый-натриевый с минерализацией 180-290 мг/л (табл.65, рис.9):



Колебание величины минерализации проходит (по данным семи месяцев наблюдений) в ограниченном интервале значений: максимальное превышение достигает двухразовой величины, приходящейся на весенне-летний паводок.

Основой макрокомпонентного состава является гидрокарбонат-ион, график абсолютных содержаний которого совпадает с графиком концентраций величины общей минерализации. Гидрокарбонат-ион составляет в среднем 74-75% состава анионов. В значительно большем диапазоне значений проходит колебание иона хлора (8-37% состава анионов), а абсолютное содержание достигает 25-30 мг/л, а в одном случае - 47,7 мг/л. Низкими содержаниями характеризуется сульфат-ион (от 5 до 13 мг/л). Лишь в двух пробах из семи содержание этого компонента превышает 10% и то на незначительную величину.

По катионному составу выделяются два компонента, доминирующие в водах реки, - ионы кальция и магния, содержания которых находятся в обратной зависимости. Отмечается полное совпадение эквивалент-процентов, преобладающих гидрокарбоната и кальция, что позволяет полагать основу макрокомпонентного состава - диссоциированные ионы бикарбоната кальция. Процентное же содержание магния коррелируется с эквивалент-процентным содержанием хлора, что приводит, по всей вероятности, к образованию диссоциированных ионов хлорида магния. Сказанное в значительной степени подтверждается рядом гипотетического солевого состава:



Среди биоэлементов доминирующим в водах водотока, так же как и в предыдущих случаях, является нитрат, абсолютное содержание которого колеблется в относительно небольшом диапазоне значений (2,8-8,5 мг/л), хотя и в пересчете на элементарный азот эта величина уменьшается примерно в три раза, тем не менее для вод, дренирующих преимущественно четвертичные ан-

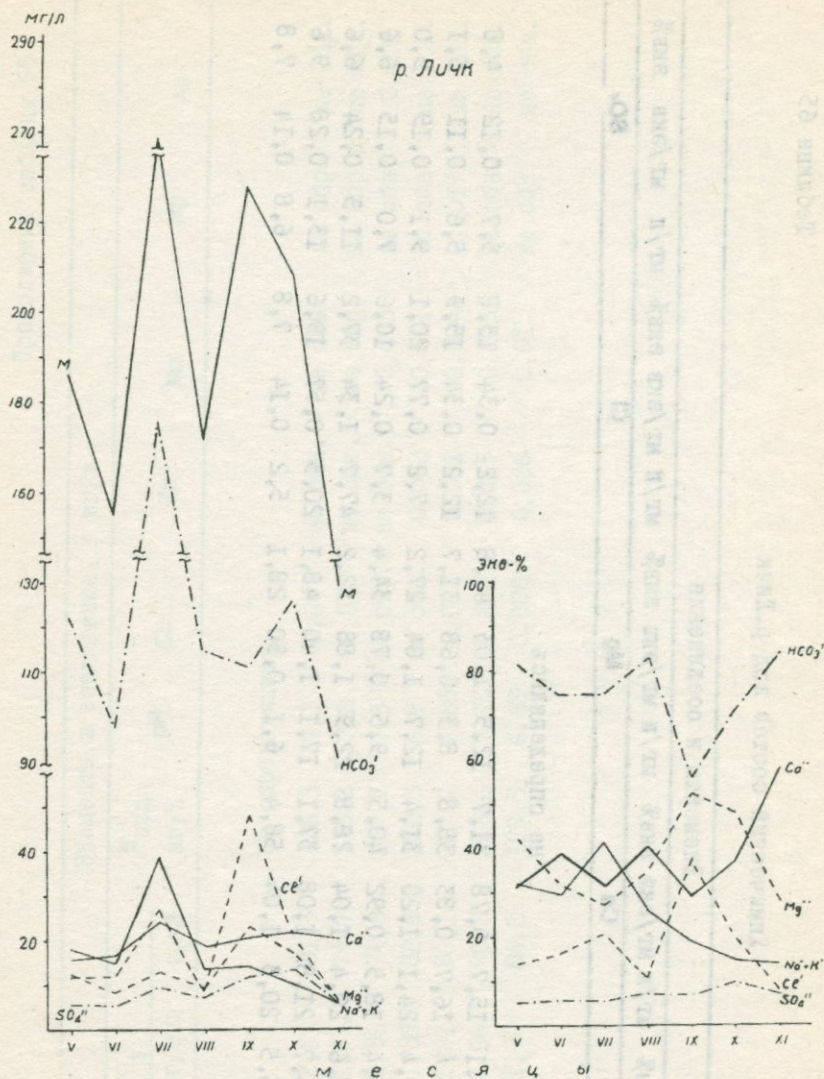


Рис.9. График сезонного колебания компонентов минерализации р.Личк (в мг/л и экв%).

Таблица 65

Химический состав вод р.Личк

Дата (месяцы)	Элементы и соединения														
	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%
	Na+K			Ca			Mg			Cl			SO ₄		
III	не определялись														
IV	не определялись														
У	18,2	0,79	32,1	15,7	0,78	31,7	12,5	1,03	41,8	12,2	0,34	13,8	5,7	0,12	4,8
УІ	14,8	0,63	29,4	16,7	0,83	38,8	8,3	0,68	31,7	12,2	0,34	15,9	5,6	0,11	5,1
УІІ	38,5	1,67	41,4	24,1	1,20	31,4	12,7	1,04	27,2	7,2	0,77	20,1	9,1	0,19	5,0
УІІІ	13,5	0,58	25,4	18,5	0,92	40,5	9,5	0,78	34,4	3,7	0,24	10,6	7,0	0,15	6,6
ІХ	14,0	0,67	18,6	20,4	1,04	28,8	22,9	1,88	52,2	47,7	1,34	37,2	11,5	0,24	6,6
Х	10,0	0,43	14,7	21,8	1,08	37,1	17,1	1,40	48,1	20,5	0,57	19,6	13,1	0,28	9,6
ХІ	5,5	0,24	13,5	20,3	1,04	58,4	6,1	0,50	28,1	5,2	0,14	7,8	6,8	0,14	7,8

Ме- ся- цы	Элементы и соединения, в мг/л									
	HCO ₃			M _{общ} мг/л	pH	Cu	Zn	Mo	Hg	As
	мг/л	мг/экв	экв%							
III	не определялись									
IV	не определялись									
У	122,0	2,0	81,3	186,3	7,1	0,04	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.
VI	97,6	1,6	74,7	155,2	7,2	0,04	не обн.	не опр.	не опр.	не опр.
VII	176,1	2,86	74,8	287,7	7,3	не опр.	не обн.	0,005	не обн.	0,001
VIII	115,1	1,88	82,8	172,3	6,9	не обн.	0,002	0,001	не обн.	не обн.
IX	111,2	2,02	56,1	227,7	6,85	0,008	0,001	0,004	0,0017	не обн.
X	126,1	2,06	70,8	208,6	7,15	0,02	0,015	0,005	не обн.	не обн.
XI	91,1	1,50	84,2	129,5	6,85	0,008	0,006	0,01	не обн.	не обн.

Продолжение таблицы

Меся- цы	Элементы и соединения, в мг/л								
	Ag	Au	Mn	Cr	Co	Ni	NO ₂	NO ₃	PO ₄
III									
IV			не определялись						
V	не обн.	не опр.	0,002	0,005	не обн.	не обн.	не обн.	8,85	0,6
VI	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не обн.	не обн.	не обн.	5,31	0,24
VII	0,0015	не опр.	0,001	не обн.	не обн.	не обн.	0,001	4,88	0,75
VIII	0,0005	не опр.	0,004	0,006	не обн.	не обн.	не обн.	4,35	0,75
IX	0,001	не опр.	не обн.	не обн.	не обн.	0,002	0,002	38,5	0,45
X	0,002	не обн.	0,006	0,001	не обн.	не обн.	0,001	2,25	0,35
XI	не обн.	не обн.	0,03	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	2,00	0,2

дезито-базальты, эти концентрации достаточно высоки и не находят объяснения с геологических позиций. Аналогично поведение фосфора. Диапазон значений, по наблюдениям в течение семи месяцев, превышает 0,5 мг (0,2-0,75 мг/л), что в пересчете на элементарный фосфор в среднем составляет 0,1-0,2 мг/л. Однако полное отсутствие в стратиграфической колонке концентраций фосфорсодержащих минералов позволяет связывать этот элемент, равно как и нитрат, с сельскохозяйственной нагрузкой.

Значительных содержаний в водах описываемого водотона достигают концентрации рудных элементов. Если в предыдущих случаях связь компонентов рудной минерализации между собой была нечеткой, что давало основание рассматривать их природу как возможно антропогенное (техногенное) воздействие, то в данном случае набор компонентов, характерный для медно-молибденового и полиметаллического оруденения, весьма нагляден.

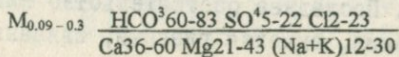
Содержания цинка, молибдена, серебра с точки зрения ПДК, установленных для водоемов, несущественны, но представляют определенный интерес с геологических позиций, указывающих на возможное разложение сульфидного материала. Процент распространенности этих совместно фиксируемых в воде компонентов достигает 70 и более процентов. Однако о незначительности окислительных процессов свидетельствуют низкие содержания сульфат-иона.

Достаточно высоки для данных условий содержания меди, фиксируемые в ряде проб в сотых долях мг/л и превышающие ПДК по данным УГКС для описываемого генетического типа вод на порядок величин. Процент распространенности меди также превышает 70%.

И по проценту распространенности, и по содержанию концентрации в водах реки таких металлов, как хром, марганец, мышьяк и ртуть, весьма незначительны.

Река Аргичи

По химическому составу воды реки Аргичи относятся к гидрокарбонатному, гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридному кальциево-магниево-натриевому классу с величиной общей минерализации, колеблющейся в пределах от 90 до 300 мг/л (табл.66, рис.10):



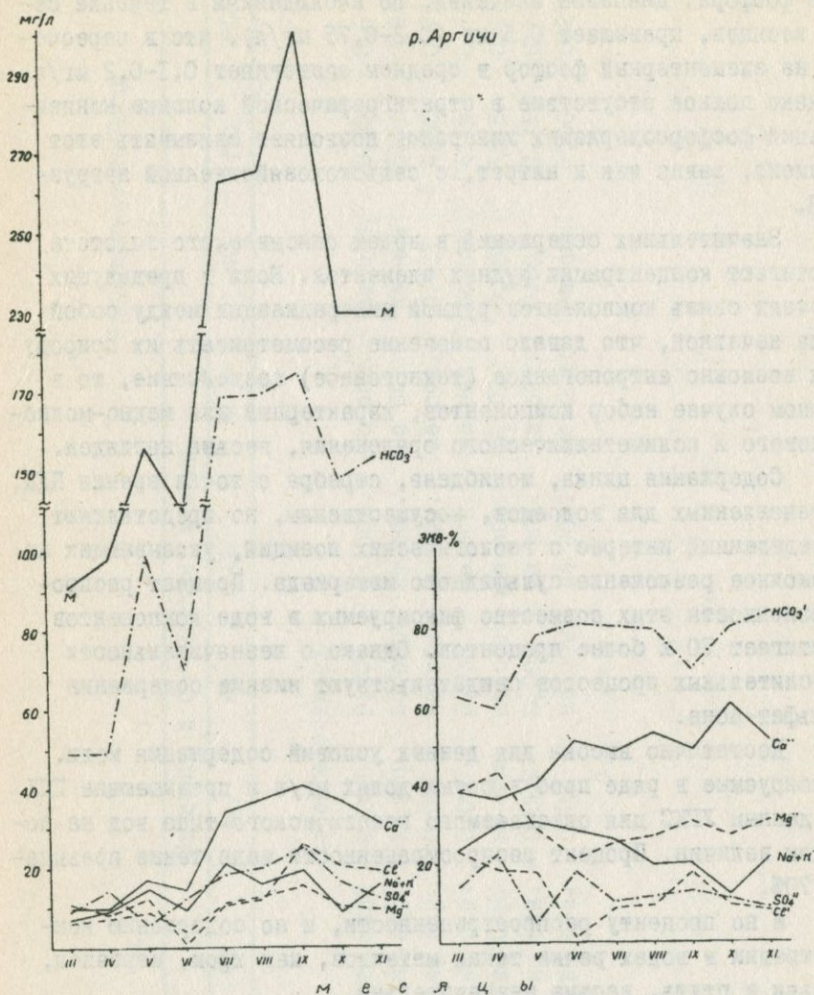


Рис.10. График сезонного колебания компонентов минерализации р.Аргичи (в мг/л и экв%).

Более чем трехкратное колебание величины минерализации в годовом разрезе обусловлено, по-видимому, сезонными вариациями расхода, связанными с периодом паводков, и площадью бассейна водосбора. Последнее обстоятельство нивелирует мелкие сезонные колебания, выделяя главный, связанный с периодом летних дождей. В анионах доминирует гидрокарбонат-ион, до-

Таблица 66

Химический состав вод р. Аргичи

Ме- ся- цы	Элементы и соединения														
	Na+K			Ca			Mg			Cl			SO ₄		
	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%
III	7,0	0,30	23,4	9,8	0,49	38,3	5,9	0,49	38,3	10,7	0,3	23,4	8,8	0,18	14,1
IV	9,2	0,40	29,8	9,8	0,49	36,5	7,1	0,58	43,3	8,6	0,24	17,9	14,4	0,3	22,4
V	14,5	0,63	30,4	16,7	0,83	40,1	8,5	0,69	28,9	12,4	0,35	16,9	5,6	0,11	5,3
VI	9,2	0,40	28,3	14,5	0,72	51,0	3,8	0,3	21,3	0,7	0,02	1,4	12,1	0,25	17,7
VII	20,8	0,90	25,9	3,39	1,68	48,4	10,8	0,89	25,0	10,6	0,30	8,6	18,0	0,37	10,6
VIII	15,9	0,69	19,7	37,2	1,86	53,1	11,6	0,95	27,1	11,2	0,33	9,4	20,0	0,41	11,7
IX	12,1	0,83	20,2	40,6	2,02	49,1	15,3	1,26	30,6	25,9	0,73	17,7	25,0	0,52	12,6
X	8,5	0,37	12,2	36,8	1,83	60,4	10,1	0,83	27,4	10,1	0,28	9,2	16,3	0,34	11,2
XI	15,9	0,69	22,8	31,1	1,55	51,3	9,2	0,78	25,8	8,9	0,25	8,3	12,2	0,25	8,3

Ме- ся- цы	Элементы и соединения									
	HCO ₃			M _{общ} мг/л	pH	Cu	Zn	Mo	Hg	As
	мг/л	мг/экв	экв%							
III	48,8	0,8	62,5	91,0	7,2	0,028	не обн.	0,0008	не обн.	не обн.
IУ	48,8	0,8	59,7	97,9	7,1	0,04	не обн.	0,005	0,001?	0,001
У	98,6	1,60	77,7	156,3	7,2	0,03	не обн.	не обн.	не обн.	не опр.
УI	69,8	1,14	80,8	110,1	6,83	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
УII	169,1	2,78	80,1	263,2	6,65	0,005	не обн.	0,0025	не обн.	не обн.
УIII	169,5	2,79	79,7	265,4	6,42	0,001	0,002	0,003	не обн.	не обн.
IX	174,8	2,86	69,6	300,7	6,42	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
X	147,2	2,41	79,5	230,0	6,5	0,02	0,03	0,008	не обн.	не обн.
XI	153,7	2,52	83,4	230,0	6,6	-	-	-	-	-

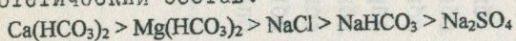
Продолжение таблицы 66

[illegible]

стигающий 80-83% состава анионов. В результате концентрация сульфатов и хлора имеет небольшое влияние на величину общей минерализации воды.

В отличие от вышеописанных рек, в водах р. Аргичи, по катионному составу, отмечается превалирование кальция-иона. Это объясняется, по-видимому, тем, что в верхнем течении водоток дренирует палеозойские известняки (урочище Айриджа). При рассмотрении графике эквивалент-процентного содержания компонентов отмечается генетическая связь ионов гидрокарбоната и кальция. Содержание последнего колеблется в интервале 36-60% состава катионов. Значительно уступает кальцию ион магния, содержание которого характеризуется интервалом 21-43% состава катионов. Еще меньшую в эквивалент-процентном выражении роль играет содержание щелочей (12-30% состава катионов).

Комбинация эквивалент-процентного содержания основных компонентов минерализации предполагает, по-видимому, следующий гипотетический состав:



В микрокомпонентном составе отмечается небольшое увеличение биослементов, особенно нитрита, процент распространенности которого равен 60, при концентрациях 0,001-0,014 мг/л.

Содержание фосфора при 100% распространенности колеблется в пределах 0,16-0,98 мг/л). Несколько увеличена по сравнению с рр. Цаккар, Дзоратух и Личк концентрация нитратов, содержания которых при 100% распространенности колеблются от 4,82 до 8,85 мг/л. Это небольшое увеличение следует, видимо, отнести на счет большой площади бассейна стока. Являясь хорошим мигрантом, нитрат имеет тенденцию к накоплению в проточных водах.

В распределении компонентов рудной минерализации наблюдается более взаимосвязанная парагенетическая ассоциация элементов медно-молибденового и полиметаллического оруденений. Весьма значительные концентрации меди (0,02-0,04 мг/л) связаны совместным нахождением с цинком, молибденом и серебром. Эти данные согласуются с нашими представлениями о выщелачивании рудопроявлений медно-молибденового и полиметаллического составов, погребенных под лавовыми образованиями Варденисского хребта.

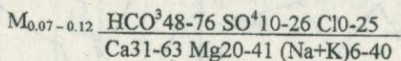
Некоторое повышение сульфат-иона, по сравнению с водами вышеописанных рек, - результат разложения сульфидов.

Однако, как и в вышеописанных случаях, окисление выражено недостаточно интенсивно, что дает нам основание относить эти процессы к разряду второстепенных и не играющих существенной роли в приносе в озеро ощутимых концентраций металлов.

Содержания марганца, хрома и никеля носят спорадический характер и не проявляют закономерной связи с каким-либо определенным оруденением. Они имеют, по-видимому, петрогенное происхождение.

Река Варденик

Химический класс воды - гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный кальциево-натриевый с весьма небольшой величиной общей минерализации - 75-120 мг/л (табл.67, рис.II).



Зарегулированность стока, выраженная в стабильности химсостава, объясняется, по-видимому, преимущественным родниковым питанием этого водотока, сохраняющим относительное постоянство состава в годовом разрезе.

Наибольшими колебаниями содержаний отмечены концентрации гидрокарбонат-иона, составляющего в среднем 65% составе анионов. Довольно значительно (хотя и абсолютные величины колеблются в пределах 10-12 мг/л) возрастает эквивалент-процентное содержание сульфат-иона, достигающее в среднем 15 - 18% состава анионов. Сам факт замещения им хлора - элемента более представительного при выщелачивании андезитов-базальтов - в формуле Курлова, говорит о том, что в некоторые месяцы превалирование сульфатов над хлором имеет не только петрогенную природу. Подтверждением сказанному служит и отношение сульфат-иона к хлор-иону, достигающее 3-4-кратной величины. Концентрация хлор-иона в эквивалент-процентном выражении достигает в среднем 8-10% состава анионов.

В катионном ряду отмечается преобладание кальций-иона, составляющего в среднем 52-55% состава катионов. Значительным увеличением концентраций (по сравнению с вышеописанными речками) характеризуются щелочи (до 40% состава катионов). Поведение магния остается более или менее ровным (в среднем 22-28% состава катионов).

Рассчитанный ряд гипотетического солевого состава выглядит следующим образом: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 > \text{MgSO}_4 > \text{NaCl} > \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \geq \text{Na}_2\text{SO}_4$

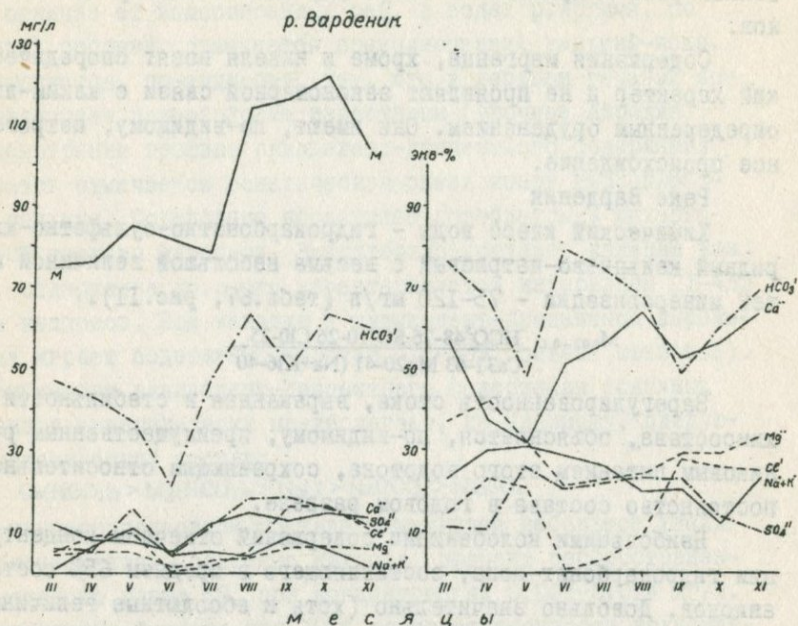


Рис. II. График сезонного колебания компонентов минерализации р. Варденик (в мг/л и экв%).

Содержания биосэлементов, по результатам режимных наблюдений, не дают больших колебаний: нитраты — 2–8 мг/л, фосфор — 0,12–0,88 мг/л, нитриты — 0,01–0,003 мг/л.

Значительный интерес представляют содержания компонентов рудной минерализации. Как известно, в бассейне водосбора реки Варденик располагаются: медно-молибденовое и золототрутно-полиметаллическое проявления (Азизнер), что подтверждается химическим составом описываемых вод. Преобладают в ряду рудных компонентов ионы, связанные с медно-молибденовым оруденением — медь и молибден.

По проценту распространенности (по результатам режимных наблюдений) медь обнаружена в 60% проб, а молибден — в 78%. В сочетании с повышенными против фона содержаниями сульфат-иона эти концентрации дают основание связывать искомые элементы с разложением сульфидов. Кстати, проведенные гидрогеохимические поисковые работы по подземным водам дали контур

Таблица 67

Химический состав вод р.Варденик

Ме- ся- цы	Элементы и соединения														
	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%
	Na+K			Ca			Mg			Cl			SO ₄		
III	2,9	0,06	6,0	11,6	0,57	5,70	4,6	0,37	37,0	5,0	0,14	14,0	5,3	0,11	11,0
IV	6,4	0,28	26,6	7,8	0,39	37,1	5,5	0,44	41,9	8,6	0,24	22,8	5,3	0,11	10,5
V	10,8	0,47	37,6	7,8	0,39	31,2	4,8	0,39	31,2	9,3	0,26	20,8	15,6	0,33	26,4
VI	4,0	0,17	39,5	4,6	0,22	51,1	1,1	0,09	20,9	0,0	0,0	0,0	4,6	0,09	20,9
VII	5,0	0,22	22,5	11,5	0,57	55,8	2,8	0,23	22,5	1,33	0,03	2,9	11,0	0,23	22,5
VIII	4,3	0,18	11,7	19,5	0,97	63,4	4,6	0,37	24,1	5,0	0,14	9,1	17,5	0,36	23,5
IX	8,4	0,37	18,7	17,5	0,87	52,4	5,8	0,48	28,9	16,2	0,46	27,7	18,2	0,38	22,9
X	5,8	0,25	14,5	19,5	0,97	56,4	6,1	0,50	29,0	16,2	0,46	25,9	11,1	0,23	13,4
XI	1,5	0,05	3,4	18,5	0,92	63,4	5,8	0,48	33,1	10,6	0,30	20,7	7,0	0,15	10,3

Продолжение таблицы 67

Ме- ся- цы	Элементы и соединения, в мг/л									
	HCO ₃			M _{общ} мг/л	pH	Cu	Zn	Mo	Hg	As
	мг/л	мг/экв	экв%							
III	46,7	0,76	76,0	75,2	7,25	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
IV	42,7	0,70	66,0	76,2	7,4	0,02	не обн.	0,003	0,005	не опр.
V	36,6	0,60	48,0	84,9	7,4	0,04	не обн.	0,007	не обн.	не опр.
VI	20,9	0,34	79,0	35,2?	7,05	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
VII	46,7	0,76	74,5	78,3	8,2	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
VIII	63,0	1,03	67,3	113,9	7,65	0,005	0,008	0,005	не обн.	0,002
IX	50,1	0,82	49,4	116,2	7,4	не обн.	0,004	0,008	0,004	не обн.
X	62,9	1,03	59,8	121,6	7,15	0,005	0,008	0,005	не обн.	0,002
XI	60,8	1,00	68,9	104,2	7,0	не обн.	0,002	0,028	не обн.	не обн.

Продолжение таблицы 67

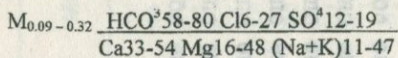
Ме- ся- цы	Элементы и соединения, в мг/л								
	Ag	Au	Mn	Cr	Co	Ni	NO ₂	NO ₃	PO ₄
III	0,001	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,001	2,4	не обн.
IV	0,0005	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	3,98	0,16
V	не обн.	не опр.	не обн.	не опр.	не опр.	не обн.	не обн.	4,0	0,12
VI	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не обн.	5,45	0,22
VII	не обн.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	0,001	4,85	0,46
VIII	не обн.	0,00005?	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	0,003	7,95	0,35
IX	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.	не обн.	не опр.	не опр.	3,18	0,88
X	0,001	не обн.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не обн.	2,52	0,35
XI	не обн.	не опр.	не опр.	не обн.	не опр.	не обн.	0,001	2,04	0,20

аномальных величин отмеченных элементов на северных склонах Варденисского хребта, в бассейне водосбора описываемого водотока.

Другой набор элементов - цинк, серебро, ртуть и частично золото, является показателем типа оруденения - золото-ртутно-полиметаллического. Однако проявление этого типа, по данным гидрогеохимии, менее контрастно.

Тоннель Арпа-Севан

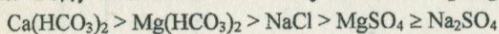
Химический состав вод тоннеля Арпа-Севан соответствует гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатному кальциево-натриево-магниевому классу с величиной общей минерализации, колеблющейся в большом диапазоне значений - 96-325 мг/л (табл.68, рис.12):



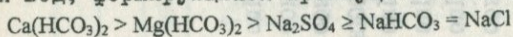
Существенное увеличение минерализации в летний период имеет, по-видимому, следующее объяснение: в течение весны и осени попуск основного стока приходится на воды бассейна р.Арпа, что соответствует периоду схода снега и половодья. В летний же межень в связи с ограничением поступлений из водохранилища возрастает роль речных вод, формирующихся непосредственно в дренируемых породах тоннеля.

Поэтому и в распределении компонентов минерализации отмечаются различия, выраженные вплоть до изменения класса воды с гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатного кальциево-магниево-натриевого на гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный кальциево-натриево-магниевый. Соответственно меняется и гипотетический солевой состав:

а) для вод, связанных с попусками из р.Арпа:



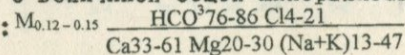
б) для вод, формирующихся преимущественно в тоннеле:



Аналогичная картина наблюдается и в распределении как биоэлементов (нитраты, нитриты, фосфор), так и компонентов рудной минерализации: возрастание содержания первых связано с водами р.Арпа, вторых - с водами тоннеля.

Река Карцахпур (Макенис)

По химическому составу воды описываемой речки относятся к гидрокарбонатному, гидрокарбонатно-хлоридному кальциево-магниевому классу с величиной общей минерализации 120-150 мг/л (табл.69, рис.13):



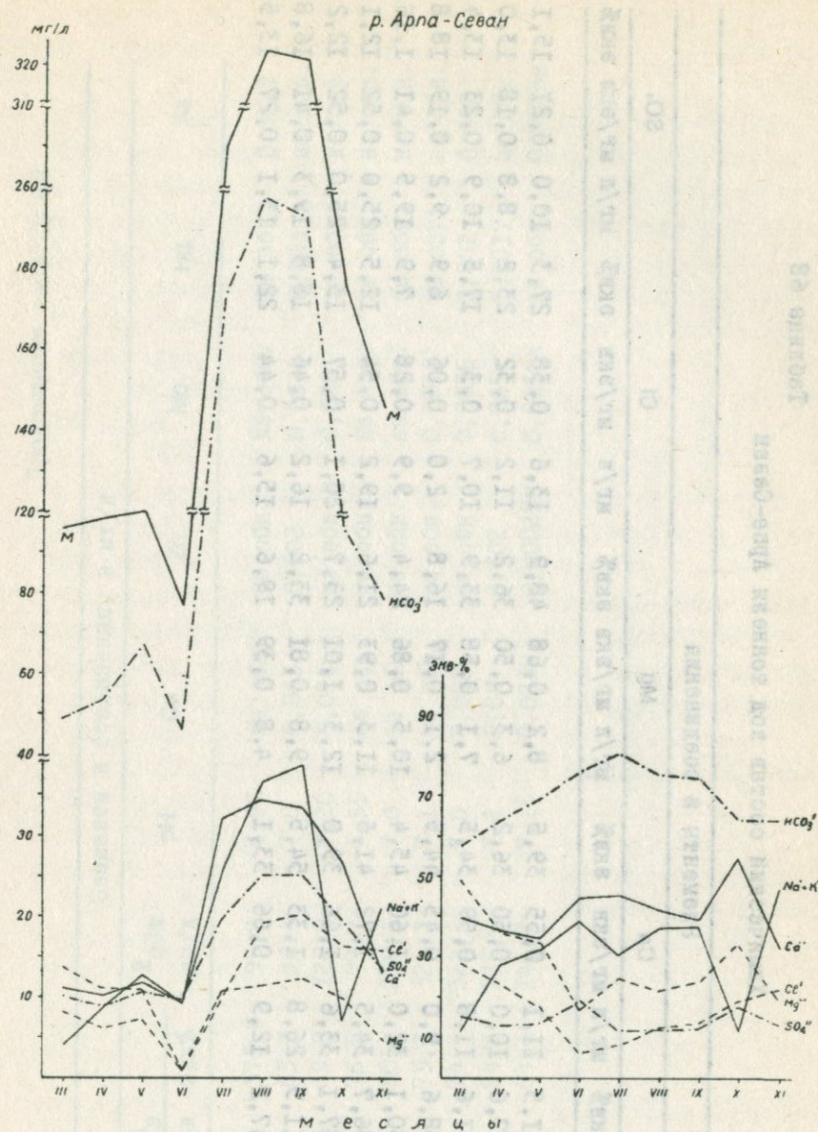


Рис.12. График сезонного колебания компонентов минерализации вод тоннеля Арпа-Севан (в мг/л и экв%).

Таблица 68

Химический состав вод тоннеля Арпа-Севан

Ме- ся- цы	Элементы и соединения														
	Na+K			Ca			Mg			Cl			SO ₄		
	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%
III	3,9	0,16	11,5	11,1	0,55	39,5	8,2	0,68	48,9	13,6	0,38	27,3	10,0	0,21	15,1
IV	8,4	0,38	27,6	10,0	0,50	36,2	6,3	0,50	36,2	11,2	0,32	23,2	8,8	0,18	13,0
V	12,4	0,54	31,6	11,8	0,59	34,5	7,1	0,58	33,9	10,7	0,3	17,5	10,9	0,23	13,4
VI	9,0	0,39	38,6	9,0	0,45	44,5	2,1	0,17	16,8	2,0	0,06	6,9	9,2	0,19	18,8
VII	25,6	1,06	30,1	32,0	1,60	45,4	10,5	0,86	24,4	9,9	0,28	7,9	19,5	0,41	1,16
VIII	36,7	1,58	36,7	34,5	1,72	41,6	11,3	0,93	21,6	19,2	0,54	12,5	25,0	0,52	12,1
IX	38,5	1,67	37,1	33,6	1,66	39,0	12,3	1,01	23,7	20,1	0,57	13,4	25,0	0,52	12,2
X	6,8	0,29	11,9	26,8	1,33	54,5	9,8	0,81	33,2	16,2	0,46	18,8	19,3	0,41	16,8
XI	21,0	0,94	47,2	12,9	0,66	33,1	4,8	0,39	19,6	15,6	0,44	22,1	13,1	0,27	13,5

Продолжение таблицы 68

Ме- ся- цы	Элементы и соединения, в мг/л									
	HCO ₃			M _{общ} мг/л	pH	Cu	Zn	Mo	Hg	As
	мг/л	мг/экв	экв%							
III	49,1	0,80	575,0	95,9	6,95	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,002?
IV	53,7	0,88	63,7	98,4	7,0	0,063	0,002	0,0014	0,003	не обн.
V	67,1	1,10	69,0	120,0	7,20	0,024	не обн.	0,008	не обн.	не опр.
VI	46,4	0,77	76,2	77,7	6,55	не опр.	не обн.	не опр.	не обн.	не опр.
УП	172,9	2,83	80,4	270,4	7,0	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
УШ	197,5	3,24	75,3	324,2	7,1	не обн.	не обн.	0,0018	не опр.	не обн.
IX	193,0	3,16	74,3	322,5	7,0	0,002	не обн.	0,0016	0,002	0,002
X	96,1	1,57	64,3	175,6	7,2	0,08	0,002	0,005	0,001?	не обн.
XI	78,8	1,28	64,3	146,2	7,15	0,023к	0,00025к	0,0016к	не обн.	0,0025к

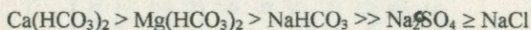
Продолжение таблицы 68

Ме- ся- цы	Элементы и соединения, в мг/л								
	Ag	Au	Mn	Cr	Co	Ni	NO ₂	NO ₃	PO ₄
III	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	3,35	0,035
IУ	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	3,50	0,960
У	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	4,87	0,24
УІ	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	6,65	0,24
УП	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не обн.	3,45	0,18
УІІІ	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не обн.	2,37	0,35
ІХ	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не обн.	2,85	0,42
Х	не обн.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не обн.	4,15	0,42
ХІ	не опр.	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.	0,0005к	не обн.	3,17	0,1

По всем параметрам — это типичная подлаговая вода с преимущественным родниковым питанием. Преобладание гидрокарбонат-иона (в среднем 80% состава анионов) и частичная концентрация хлор-иона (в среднем до 11-12% состава анионов) — таков состав анионов.

В катионном ряду преобладает ион кальция — в среднем 50-52% катионов, а на втором месте — ион магния со средним содержанием 24-25% состава катионов.

Комбинация гипотетического солевого состава представлена рядом:

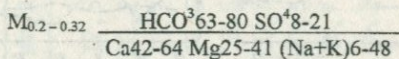


В распределении биоэлементов отмечается максимальное их содержание в весенне-летний период. Абсолютные же их величины сравнительно невысоки. Относительной стерильностью отмечаются воды этой реки и по содержанию компонентов рудной минерализации: спорадические, на грани чувствительности определения, содержания, не связанные друг с другом во времени, носят скорее случайный характер, нежели имеют геологическую или техногенную природу.

Вода этой реки наиболее чистая среди всех вод описываемого бассейна.

Река Масрик (Мазра)

По химическому составу воды описываемой реки относятся к классу гидрокарбонатно-сульфатных кальциево-магниевых с величиной общей минерализации, колеблющейся в пределах 200-315 мг/л (табл.70, рис.14):



Река Масрик обладает наибольшим бассейном водосбора и протекает значительную часть своего пути по Масрикской равнине, вбирая в себя притоки и мелкие поступления.

Значительная часть расхода идет на нужды сельского хозяйства и после орошения, вновь поступая в речную систему, ощутимо меняет химический состав. Воды, сформировавшиеся в пределах распространения андезито-базальтов, претерпевают метаморфизацию, в результате которой место хлора-иона в ани-

р. Макенис (Карчахпюр)

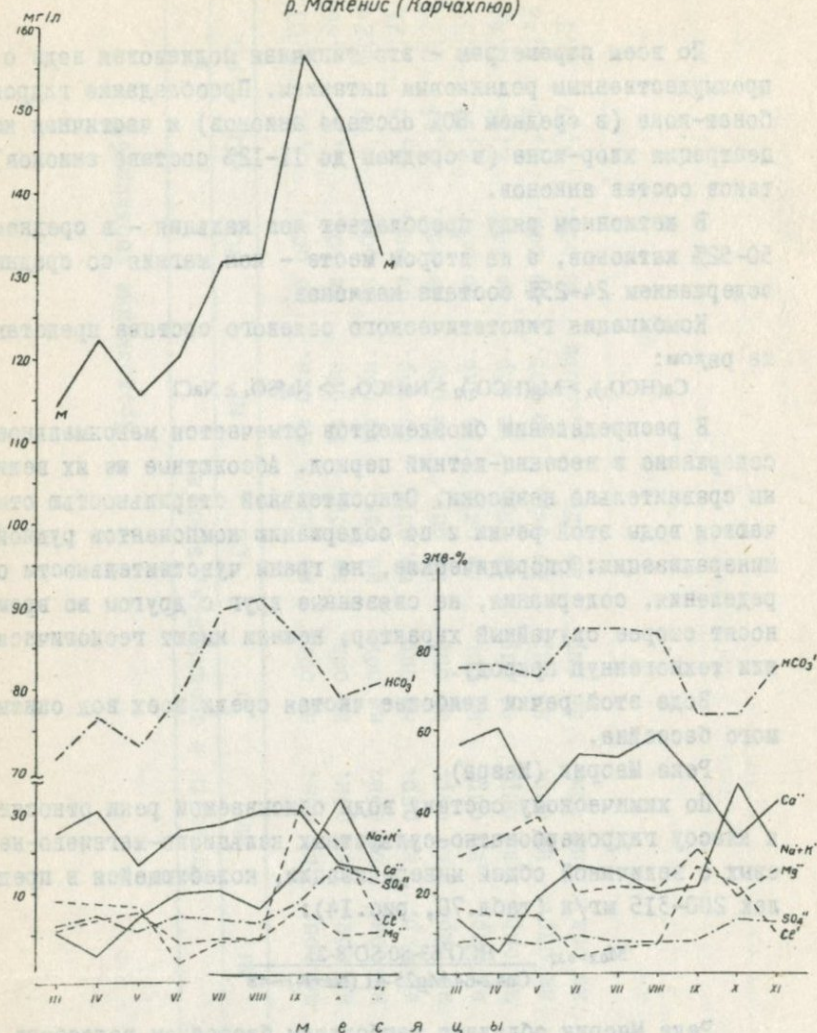


Рис.13. График сезонного колебания компонентов минерализации р.Макенис (Карчахпюр) (в мг/л и экв%).

Таблица 69

Химический состав вод р.Макенис (Картахпюр)

Ме- ся- цы	Элементы и соединения														
	Na+K			Ca			Mg			Cl			SO ₄		
	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%
III	5,1	0,21	13,7	17,5	0,87	56,8	5,5	0,45	29,4	9,2	0,25	16,3	6,1	0,12	7,8
IV	2,8	0,09	5,5	20,1	1,00	60,4	6,9	0,55	33,5	8,8	0,24	14,6	7,3	0,15	9,1
V	7,1	0,31	19,0	13,7	0,69	42,3	7,7	0,63	38,6	8,6	0,24	14,7	5,5	0,12	7,4
VI	10,0	0,43	26,5	27,5	0,87	53,4	4,0	0,33	20,3	2,6	0,07	4,6	7,1	0,15	9,8
VII	10,4	0,43	25,0	18,5	0,92	53,5	4,5	0,37	21,5	4,0	0,11	6,4	7,0	0,14	8,1
VIII	8,2	0,36	20,3	20,3	1,04	58,7	4,5	0,37	20,9	4,5	0,13	7,3	6,6	0,14	7,9
IX	13,1	0,57	21,9	20,3	1,04	47,5	8,2	0,67	30,6	21,0	0,59	26,9	9,0	0,19	8,6
X	21,8	0,95	47,0	13,7	0,68	33,6	4,8	0,39	19,3	15,7	0,44	21,8	13,6	0,28	13,6
XI	12,2	0,54	31,0	15,1	0,75	43,1	5,4	0,45	25,8	6,6	0,18	10,3	11,3	0,23	13,2

Продолжение таблицы 69

Ме- ся- цы	Элементы и соединения, в мг/л									
	HCO ₃			M _{общ} мг/л	рН	Cu	Zn	Mo	Hg	As
	мг/л	мг/экв	экв%							
III	71,1	1,16	76,8	114,5	7,35	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не опр.
IV	76,6	1,25	76,2	122,5	7,35	0,003	0,002	не обн.	не обн.	не обн.
V	73,2	1,20	73,6	115,8	7,40	не обн.	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.
VI	79,5	1,30	85,5	120,8	7,95	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
VII	89,8	1,47	85,5	134,2	8,35	не обн.	не обн.	не обн.	0,0017	не обн.
VIII	91,0	1,57	84,7	135,1	8,15	не обн.	0,004	не обн.	не обн.	не обн.
IX	86,1	1,41	64,4	157,7	7,50	0,002	0,002	не обн.	не опр.	не опр.
X	79,3	1,30	64,3	148,9	6,55	0,08	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
XI	81,1	1,23	76,4	133,1	7,5	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.

Продолжение таблицы 69

Ме- ся- цы	Элементы и соединения, в мг/л								
	Ag	Au	Mn	Cr	Co	Ni	NO ₂	NO ₃	PO ₄
III	не обн.	не обн.	не опр.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	2,22	0,12
IV	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	5,12	0,10
V	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не опр.	не обн.	4,43	0,24
VI	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не обн.	7,35	0,24
VII	не обн.	не обн.	не опр.	не обн.	не опр.	не опр.	не обн.	4,16	0,35
VIII	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.	не обн.	3,45	0,40
IX	не обн.	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.	не опр.	не обн.	2,45	0,9
X	не обн.	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.	не обн.	не обн.	1,87	0,1
XI	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не обн.	2,15	не обн.

Таблица 70

Химический состав вод р.Масрик

Ме- ся- цы	Элементы и соединения														
	Na+K			Ca			Mg			Cl			SO ₄		
	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%
III	4,6	0,2	6,3	39,6	1,97	62,1	12,2	1,00	31,5	15,3	0,43	13,5	21,1	0,44	13,9
IV	8,0	0,35	9,7	41,2	2,06	57,5	14,3	1,17	32,7	11,5	0,32	8,9	26,7	0,56	15,6
V	19,3	0,84	28,1	25,5	1,27	42,4	10,7	0,88	29,5	23,6	0,66	22,1	11,9	0,25	8,3
VI	12,4	0,54	14,9	42,7	2,13	58,8	11,5	0,95	26,2	4,6	0,13	3,9	24,0	0,5	15,9
VII	11,3	0,50	12,7	44,6	2,22	61,5	11,3	0,93	25,7	6,6	0,18	4,9	30,0	0,62	17,1
VIII	4,4	1,92	5,8	44,5	2,22	64,3	12,5	1,03	29,8	7,0	0,19	5,5	25,0	0,52	15,0
IX	12,8	0,57	14,7	40,8	2,03	58,6	11,2	0,52	26,6	8,2	0,23	6,6	34,9	0,72	20,8
X	11,8	0,49	18,2	29,5	1,47	54,6	8,9	0,73	27,1	10,1	0,3	11,1	14,0	0,29	10,8
XI	12,5	0,54	12,6	39,3	1,96	46,0	21,4	1,76	41,3	11,5	0,32	7,5	35,3	0,74	17,3

Продолжение таблицы 70

Ме- ся- цы	Элементы и соединения, в мг/л									
	HCO ₃			M _{общ} мг/л	pH	Cu	Zn	Mo	Hg	As
	мг/л	мг/экв	экв%							
III	142,2	2,3	73,5	235,0	7,55	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
IУ	164,7	2,7	75,4	266,4	7,65	0,003	0,005	0,008	0,001	не опр.
У	115,9	1,29	63,2	206,9	7,46	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
УI	162,7	2,66	80,8	257,9	7,85	не обн.	не обн.	не обн.	0,003	не обн.
УП	171,6	2,81	77,8	275,4	8,20	0,002	не обн.	не обн.	0,001	не обн.
УШ	167,1	2,74	79,4	260,5	7,85	не обн.	не обн.	0,002	не обн.	не обн.
IX	153,0	2,51	72,5	260,9	8,15	не обн.	не обн.	0,001	не обн.	0,001
X	128,1	2,1	78,0	203,0	7,95	0,006	0,005	0,005	0,001?	0,002
XI	195,2	3,2	75,1	315,2	7,85	0,027к	0,02к	0,0029к	не обн.	0,0012к

Продолжение таблицы 70

Ме- ся- цы	Элементы и соединения, в мг/л								
	Ag	Au	Mn	Cr	Co	Ni	NO ₂	NO ₃	PO ₄
III	0,0005	не обн.	не опр.	0,003	0,006	0,006	0,001	10,0	-
IV	0,0005	0,00005	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,001	16,2	0,35
V	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не обн.	не обн.	12,0	0,24
VI	не обн.	не обн.	не обн.	0,001	не обн.	0,005	не обн.	11,2	0,12
VII	0,0005	0,00005	0,005	0,004	не опр.	0,012	0,002	15,4	0,85
VIII	не обн.	0,0007	0,005	не обн.	не обн.	не обн.	0,03	18,3	0,95
IX	0,001	не обн.	не обн.	0,003	0,003	0,007	0,005	9,8	1,00
X	0,003	не обн.	0,001	не обн.	не обн.	0,007	0,01	12,2	0,5
XI	0,0013к	0,0008?	не обн.	не обн.	0,005к	0,008к	не обн.	18,6	0,3

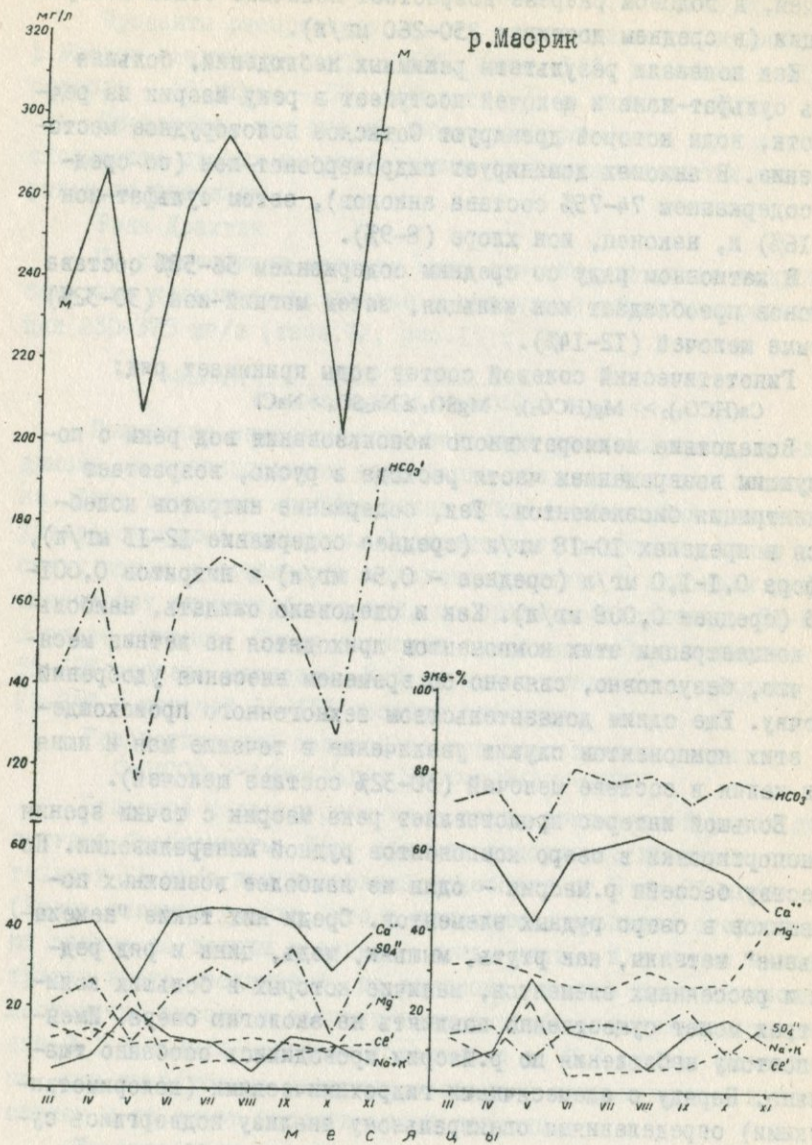


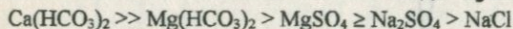
Рис. 14. График сезонного колебания компонентов минерализации р. Масрик (в мг/л и экв.-%).

онном ряду занимает сульфат-ион, увеличивается концентрация щелочей, в годовом разрезе возрастает величина общей минерализации (в среднем достигая 250-260 мг/л).

Как показали результаты режимных наблюдений, большая часть сульфат-иона и щелочей поступает в реку Масрик из речки Сотк, воды которой дренируют Соткское золоторудное месторождение. В анионах доминирует гидрокарбонат-ион (со средним содержанием 74-75% состава анионов), затем сульфат-ион (15-16%) и, наконец, ион хлора (8-9%).

В катионном ряду со средним содержанием 56-58% состава катионов преобладает ион кальция, затем магний-ион (30-32%) и сумма щелочей (12-14%).

Гипотетический солевой состав воды принимает ряд:



Вследствие мелиоративного использования вод реки с последующим возвращением части расхода в русло, возрастает концентрация биогенных элементов. Так, содержание нитратов колеблется в пределах 10-18 мг/л (среднее содержание 12-13 мг/л), фосфора 0,1-1,0 мг/л (среднее - 0,54 мг/л) и нитритов 0,001-0,03 (среднее 0,008 мг/л). Как и следовало ожидать, наибольшие концентрации этих компонентов приходится на летние месяцы, что, безусловно, связано со временем внесения удобрений в почву. Еще одним доказательством техногенного происхождения этих компонентов служит увеличение в течение мая и июня роли калия в составе щелочей (30-32% состава щелочей).

Большой интерес представляет река Масрик с точки зрения транспортировки в озеро компонентов рудной минерализации. По существу бассейн р. Масрик - один из наиболее возможных поставщиков в озеро рудных элементов. Среди них такие "нежелательные" металлы, как ртуть, мышьяк, медь, цинк и ряд редких и рассеянных элементов, наличие которых в больших количествах может существенно повлиять на экологию озера. Именно поэтому наблюдения по р. Масрик проводились особенно тщательно. Наряду с ежемесячными гидрохимическими (колориметрическими) определениями спектральному анализу подверглись сухие остатки вод этих проб, а также отбирались 20-литровые пробы речной воды для концентрирования и последующего определения в них металлов.

Только три элемента - медь, цинк и молибден дают концентрации, достигающие 0,0 мг/л, остальные же, как правило,

фиксируются в величинах, не превышающих 0,0n мг/л, а серебро и золото, соответственно, в 0,000n и 0,0000n мг/л.

Проценты распространенности этих металлов в водах р. Масрик следующие: медь - 50%, цинк - 40, молибден - 60, серебро - 40, хром - 50, кобальт - 35 и никель - 70%.

Интересно, что все перечисленные элементы дают хорошую сходимость данных по результатам гидрохимического и спектрального анализов.

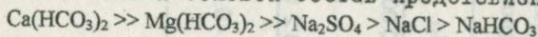
Река Драктик

По химическому составу воды описываемой речки гидрокарбонатные кальциево-натриевые с величиной общей минерализации 230-375 мг/л (табл. 72, рис. 15):

$$\begin{array}{r} \text{M}_{0.23} - 0.37 \quad \text{HCO}_3^{73-88} \\ \hline \text{Ca}43-68 \text{ Mg}20-28 (\text{Na}+\text{K})10-31 \end{array}$$

Повышение минерализации вод этой речки связано, по-видимому, с дренированием терригенно-осадочной толщи палеогена. Лишь верховья крайних левых притоков бассейна сложены ультраосновными породами. Соответствует литологическому составу пород и комбинация солевого состава. В анионном ряду доминирует гидрокарбонат-ион, со средним содержанием 81-82% состава анионов. Среди катионов преобладает ион кальция - 55-58% состава катионов. Ион магния составляет в среднем 22-24% и щелочей 14-15% состава катионов.

Гипотетический солевой состав представлен рядом:



Большого распространения в водах описываемой речки достигают биогенные элементы. Так, среднее содержание нитратов составляет 14 мг/л при интервале колебаний от 8 до 21 мг/л. (Здесь следует учесть, что в приводимых анализах отсутствуют данные по летним месяцам - июнь, июль, - в которых концентрация этого соединения, по-видимому, должна быть наивысшей). Достаточно высоки и концентрации фосфора (интервалы содержания 0,1-0,6 мг/л, среднее содержание до 0,3 мг/л). Несомненно, что приведенные величины связаны с антропогенным воздействием и не имеют геологической природы.

По содержанию компонентов рудной минерализации описываемая речка представлена фоновыми концентрациями, не превышающими тысячных долей мг/л (медь, цинк, молибден, марганец, хром и никель), с процентами распространенности, соответственно, 25, 50, 25, 70, 90, 80.

Таблица 71

Сравнительная оценка данных, полученных по результатам
спектрального и гидрохимического (колориметрического)
анализов (по результатам 8 определений) (при расчете
минерализация вод принята равной 250 мг/л)

Элементы		Cu	Zn	Mo	Ag	Cr	Ni	Co
Гидрохим. анализ	мг/л	0.001 - 0.0027	0.005 - 0.02	0.001 - 0.008	0.0005 - 0.003	0.001 - 0.004	0.006 - 0.012	0.005 - 0.006
	%	4 10 - 1.8 10	2 10 - 8 10	4 10 - 3.2 10	2 10 - 1.2 10	4 10 - 1.6 10	2.4 10 - 4.8 10	2 10 - 2.4 10
Спектро- анализ	%	8.5 10 - 1.9 10	3.1 10 - 9 10	3.4 10 - 9.5 10	1 10 - 1 10	1.4 10 - 2.8 10	1.1 10 - 6.2 10	4 10 - 1.9 10

р.Драхтик

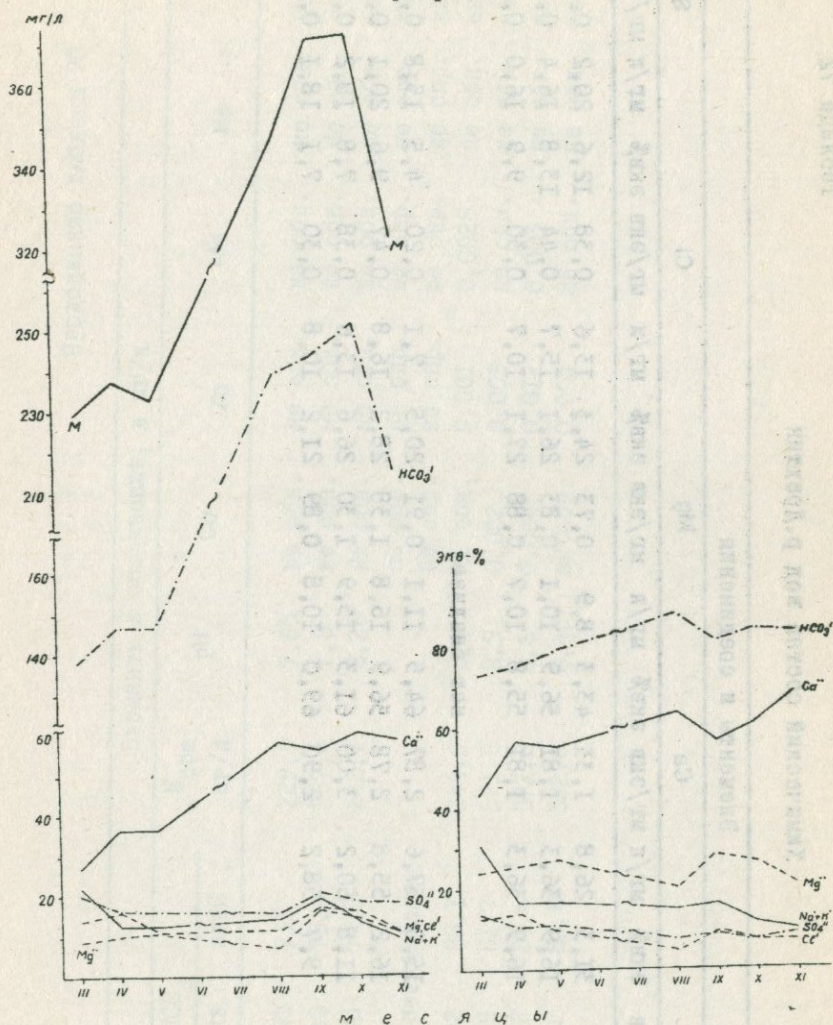


Рис.15. График сезонного колебания компонентов минерализации р.Драхтик (в мг/л и экв.%).

Таблица 72

Химический состав вод р.Драхтик

Ме- ся- цы	Элементы и соединения														
	Na+K			Ca			Mg			Cl			SO ₄		
	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%
III	21,9	0,94	31,3	26,8	1,33	43,3	8,9	0,73	24,3	13,6	0,38	12,6	20,2	0,42	14,0
IV	12,5	0,54	16,9	36,3	1,81	56,9	10,1	0,83	26,1	15,7	0,44	13,8	16,4	0,34	10,7
V	12,6	0,55	16,9	36,3	1,81	55,8	10,7	0,88	27,1	10,7	0,30	9,9	16,0	0,33	10,9
VI	нет анализа														
VII															
VIII	14,0	0,61	15,0	57,6	2,87	64,5	11,1	0,91	20,5	7,1	0,20	4,5	15,8	0,33	7,4
IX	18,7	0,81	16,2	55,8	2,78	56,9	16,8	1,38	28,2	16,8	0,47	9,6	20,1	0,42	8,6
X	13,5	0,58	11,8	60,2	3,00	61,3	15,9	1,30	26,6	13,6	0,38	7,8	18,2	0,38	7,8
XI	9,6	0,41	9,7	58,2	2,90	69,0	10,8	0,89	21,2	10,8	0,30	7,1	18,1	0,38	3,0

Продолжение таблицы 72

Ме- ся- цы	Элементы и соединения, в мг/л									
	HCO ₃			M _{общ} мг/л	pH	Cu	Zn	Mo	Hg	As
	мг/л	мг/экв	экв%							
III	138,1	2,20	733	229,5	7,65	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
IV	146,4	2,40	75,4	237,4	7,8	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
V	146,4	2,40	79,2	232,7	8,28	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
VI	нет анализа					не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
VII						не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
VIII	239,0	3,92	88,1	344,6	8,4	не обн.	0,001	0,0025	не обн.	не обн.
IX	243,6	3,99	81,7	371,8	8,5	0,002	0,003	не обн.	не обн.	не обн.
X	251,3	4,12	84,4	372,8	8,6	0,004	0,012	0,003	не обн.	не обн.
XI	215,1	3,52	83,8	322,6	8,45	не обн.	0,004	не обн.	не обн.	не обн.

Продолжение таблицы 72

Ме- ся- цы	Элементы и соединения, в мг/л								
	Ag	Au	Mn	Cr	Co	Ni	NO ₂	NO ₃	PO ₄
III	0,0005	не обн.	0,005	0,003	не обн.	не обн.	не опр.	11,35	0,1
IV	не обн.	не обн.	0,012	0,008	не обн.	0,005	не обн.	20,26	0,2
V	не опр.	не опр.	0,003	0,015	не опр.	0,007	не обн.	13,28	0,1
VI	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	12,35	не опр.
VII	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	18,91	не опр.
VIII	не обн.	не обн.	не обн.	0,003	не обн.	0,008	0,01	14,85	0,6
IX	0,0003?	не обн.	0,008	0,006	0,003	не обн.	0,009	13,05	0,35
X	не обн.	0,00005	0,014	не обн.	не обн.	0,005	0,04	10,85	0,40
XI	не обн.	не обн.	не обн.	0,008	не обн.	0,007	0,008	7,35	0,35

Такие низкие содержания и незакономерная распространенность (в одних пробах фиксируются цинк, хром, марганец, в других - медь, никель, марганец и т.д.) элементов, составляющих различные парагенетические ассоциации в гипогенных условиях, позволяют полагать их петрогенный генезис в водной среде.

Река Дзкнагет

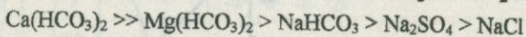
Пожалуй, одной из наиболее стерильных по содержанию "неугодных" компонентов минерализации является описываемая река.

По химическому составу - гидрокарбонатная кальциево-натриевая-магниевая с величиной общей минерализации 110-220 мг/л (табл.73, рис.16):

$$M_{0.11-0.22} \frac{HCO_3^{65-92}}{Ca37-64 (Na+K)9-37 Mg13-28}$$

Основная концентрация анионов приходится на гидрокарбонат-ион, составляющий 90% его состава (среднее содержание 84-86%). В катионном ряду доминирует кальций-ион (среднее содержание - 55-57% состава катионов). Среднее содержание иона натрия и магния, соответственно, равны 25 и 20% состава катионов.

Гипотетический солевой состав выражен рядом:



Содержание биоэлементов в водах описываемой реки - одно из наименьших среди всех вод, поступающих в озеро. Концентрации нитратов - 2,5-3 мг/л, фосфора - 0,25 мг/л, нитритов - 0,001-0,003 мг/л.

Из компонентов рудной минерализации спорадически фиксируются гаммовые содержания меди, цинка и молибдена, связанные, по-видимому, с поступлениями вод из проходимого тоннеля Севан-Дилижан.

Поверхностные воды Севанского хребта

Приведенные в настоящем разделе сведения о химизме поверхностных вод посвящены тем водопритокам, которые, являясь наиболее существенными, были поставлены под режимные наблюдения. Однако, как отмечалось выше, в описываемом бассейне существуют и другие поверхностные водотоки, сбрасывающие свои воды в озеро Севан, с расходами менее стабильными в годовом разрезе, но которые имеют химический состав, несколько отличный от описанных.

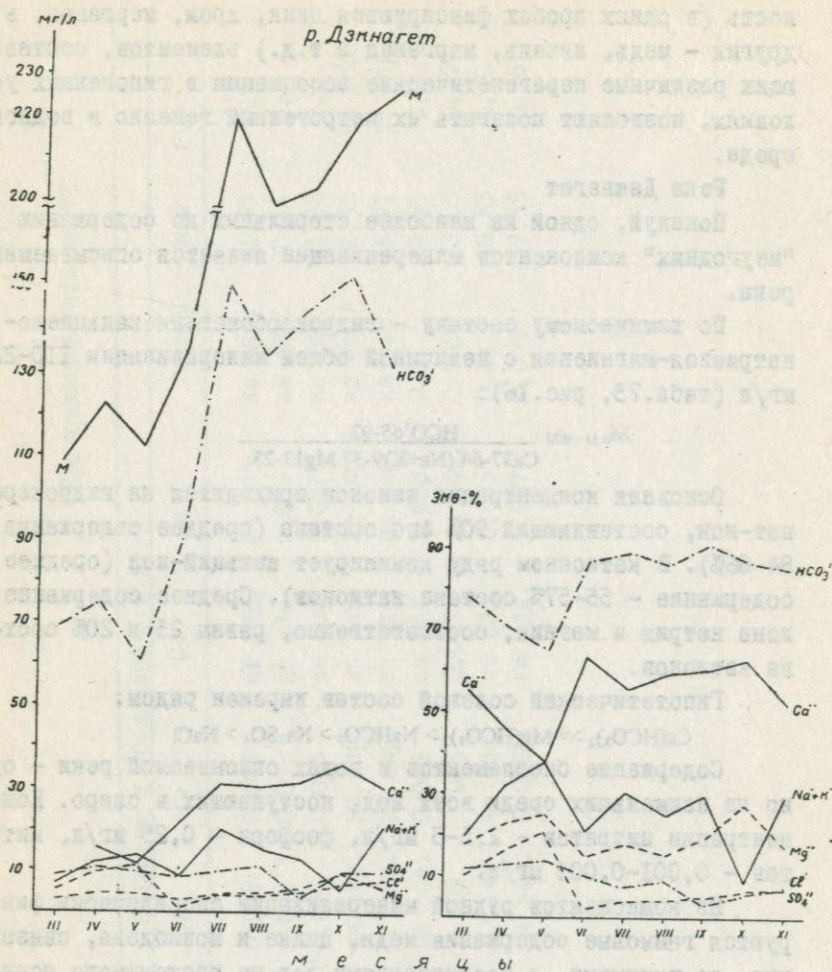


Рис.16. График сезонного колебания компонентов минерализации р.Дзэнагет (в мг/л и экв%).

В основном это мелкие реки и ручьи, дренирующие Севанский хребет. Здесь приводятся их основные химические параметры, полученные в результате одного-двухразового отбора проб, в основном в летний период. Это реки и ручьи - Даранак, Пам-

Таблица 73

Химический состав вод р.Дзкнагет.

Ме- ся- цы	Элементы и соединения														
	Na+K			Ca			Mg			Cl			SO ₄		
	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%
III	6,9	0,29	20,0	16,1	0,8	55,1	3,2	0,26	17,9	5,2	0,15	10,3	8,6	0,17	11,7
IV	12,2	0,55	31,9	15,8	0,78	45,3	4,8	0,39	22,7	9,9	0,28	16,3	10,7	0,22	12,8
V	9,2	0,4	21,4	22,0	1,10	63,6	3,2	0,26	15,0	1,3	0,04	2,3	8,9	0,18	10,4
VI	13,6	0,59	37,5	11,8	0,59	37,5	4,8	0,39	25,0	11,5	0,32	20,9	9,9	0,21	13,7
VII	20,1	0,87	30,9	31,2	1,57	55,8	4,6	0,37	12,8	4,0	0,11	3,9	10,0	0,21	7,5
VIII	15,4	0,67	25,1	30,5	1,52	53,6	4,8	0,33	15,3	4,0	0,11	4,3	11,0	0,23	9,0
IX	12,8	0,56	19,7	31,5	1,57	60,6	60,2	0,51	19,7	4,5	0,13	5,0	4,5	0,09	3,5
X	5,8	0,25	8,7	36,1	1,81	63,3	9,9	0,8	27,9	6,9	0,19	6,6	8,9	0,18	6,3
XI	20,4	0,88	30,2	30,5	1,52	52,2	6,2	0,51	17,5	7,8	0,21	7,2	10,0	0,21	7,3

Продолжение таблицы 73

Ме- ся- цы	Элементы и соединения, в мг/л									
	HCO ₃			M _{общ} мг/л	pH	Cu	Zn	Mo	Hg	As
	мг/л	мг/экв	экв%							
III	68,9	1,13	77,9	208,9	7,40	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не опр.
IV	74,6	1,22	70,9	122,5	7,35	не обн.	0,005	не обн.	не обн.	не опр.
V	91,9	1,51	87,3	136,5	7,40	не обн.	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.
VI	61,0	1,00	65,3	112,6	7,18	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
VII	150,7	2,51	89,3	220,6	7,78	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
VIII	135,2	2,21	86,6	200,9	8,2	не обн.	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.
IX	145,0	2,37	91,5	204,5	9,2	0,002	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.
X	152,1	2,49	97,1	220,7	8,6	не обн.	0,002	0,005	не опр.	не опр.
XI	153,2	2,49	85,6	228,1	8,65	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 73

Ме- ся- цы	Элементы и соединения, в мг/л								
	Ag	Au	Mn	Cr	Co	Ni	NO ₂	NO ₃	PO ₄
III	не опр.	не обн.	0,001	не обн.		не обн.	не обн.	3,55	0,16
IV	не обн.	-	не обн.	0,04?	-	не обн.	не обн.	2,35	0,12
V	не опр.	-	не опр.	не обн.	-	не обн.	не обн.	2,21	0,24
VI	не опр.	-	не опр.	не опр.	-	не опр.	0,001	не опр.	не опр.
VII	не обн.	-	не опр.	не опр.	-	не опр.	не опр.	3,85	0,35
VIII	не обн.	-	не обн.	0,003	-	не обн.	0,003	3,45	0,12
IX	не обн.	-	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	2,85	0,16
X	не обн.	-	не обн.	0,002	не обн.	не опр.	не обн.	3,12	0,22

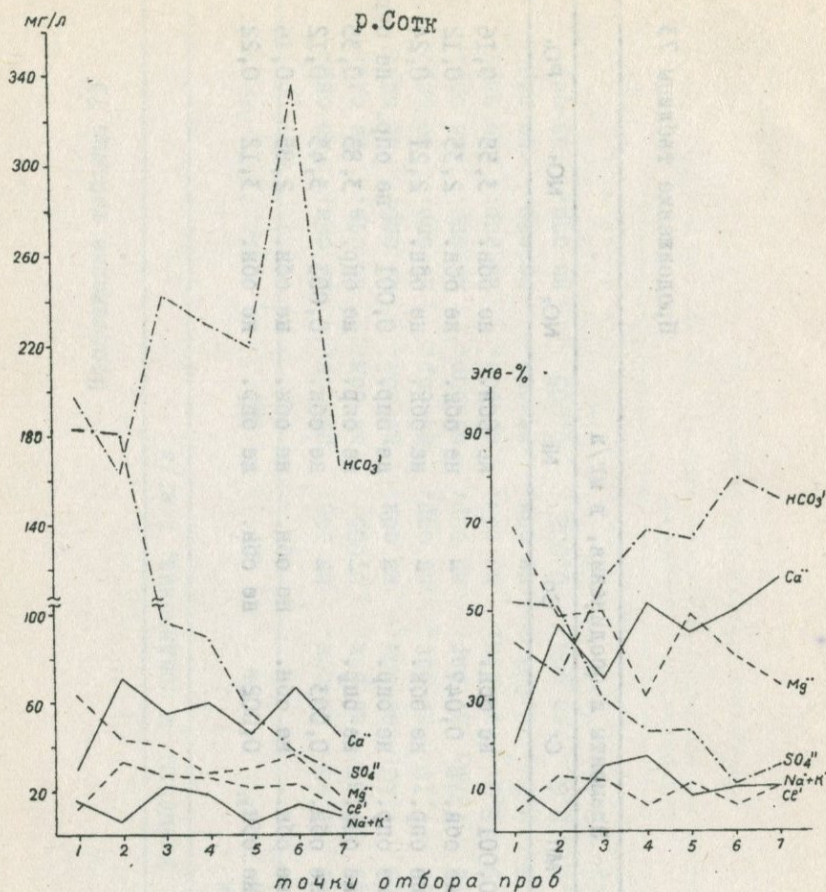


Рис.17. График изменения величины компонентов минерализации р.Сотк вниз по течению (в мг/л и экв.-%).

бак, Цапатах, Гугарыч, Шекасар, Кутакан (табл.74).

Река Сотк

Помимо отмеченных поверхностных водотоков интерес представляет р.Сотк, дренирующая одноименное золоторудное месторождение. Приведенные здесь данные (табл.75, рис.17) иллюстрируют постепенное затухание содержаний компонентов,

Химический состав и содержание микрокомпонентов в поверхностных водах
Севанского хребта

Таблица 74

NN п/п	Наимено- вание рек и ручьев	Химический состав воды в % (формула Курлова, гипотетический солевой состав)	Содержание компонентов рудной минерализации	Содержание биоэлементов.
1	Даранак	$M_{0.23} \frac{HCO^3 84 Cl 12}{Mg 57 Ca 22 (Na+K) 21}$ $Mg(HCO_3)_2 \gg Ca(HCO_3)_2 \gg NaCl > NaHCO_3 > Na_2SO_4$	Cr - 0.002 Mn - 0.005 Ni - 0.001 Mo - 0.001 Cu - 0.008 Zn - 0.002	NO ₃ - 2.66 PO ₄ - 0.02 NO ₂ - 0.001
2	Памбак	$M_{0.28} \frac{HCO^3 81 Cl 15}{Ca 46 Mg 37 (Na+K) 17}$ $Ca(HCO_3)_2 > Mg(HCO_3)_2 \gg NaCl \gg Na_2SO_4 > MgSO_4$	Cr - 0.001 Mn - 0.003 Ni - 0.003 Cu - 0.003 Zn - 0.001	NO ₃ - 6.2 PO ₄ - 0.04 NO ₂ - 0.004
3	Сатанахач	$M_{0.21} \frac{HCO^3 77 Cl 15}{Ca 48 Mg 34 (Na+K) 18}$ $Ca(HCO_3)_2 > Mg(HCO_3)_2 > NaCl > MgSO_4 > Na_2SO_4$	Cr - 0.004 Ni - 0.002 Cu - 0.006	NO ₃ - 3.98 PO ₄ - 0.08 NO ₂ - не. обн.
4	Гутарыч	$M_{0.27} \frac{HCO^3 59 Cl 29 SO^4 12}{Ca 51 Mg 29 (Na+K) 20}$ $Ca(HCO_3)_2 > NaCl > Mg(HCO_3)_2 \geq MgSO_4 > MgCl_2$	Cr - 0.006 Ni - 0.002 Cu - 0.001	NO ₃ - 5.31 PO ₄ - 0.02 NO ₂ - не. обн.
5	Шекасар	$M_{0.24} \frac{HCO^3 79 Cl 18}{Mg 54 Ca 31 (Na+K) 15}$ $Mg(HCO_3)_2 > Ca(HCO_3)_2 > NaCl > MgCl_2 \geq MgSO_4$	Cu - 0.02 Mo - 0.003 Cr - 0.004 Ni - 0.001 Mn - 0.005	NO ₃ - 2.95 PO ₄ - 0.04 NO ₂ - не. обн.
6	Кутакан	$M_{0.26} \frac{HCO^3 82 Cl 11}{Ca 53 Mg 32 (Na+K) 15}$ $Ca(HCO_3)_2 > Mg(HCO_3)_2 > NaCl > MgSO_4 > Na_2SO_4$	Ag - 0.002 Mn - 0.004 Cr - 0.003 Cu - 0.001 Ni - 0.002	NO ₃ - 3.12 PO ₄ - 0.02 NO ₂ - 0.002

NN пп	Место отбора проб	Химический состав воды в % (формула Курлова, гипотетический солевой состав)	Содержание компонентов рудной минерализации, мг/л	Содержание биоэлементов. мл/л
1	Р.Сотк в 30км ниже устья шт. N4	$M_{0.5} \frac{SO^4 52 HCO^3 43}{Mg69 Ca20 (Na+K)11}$ $MgSO_4 > Mg(HCO_3)_2 > Ca(HCO_3)_2 > Na_2SO_4 > NaCl$	Mo - 0.005 Ag - 0.002 As - 0.09 Au - 0.00015 Cu - 0.003	NO_3 - 0.38 PO_4 - не.обн. NO_2 - не.обн.
2	Р.Сотк у забора ГРЭ	$M_{0.5} \frac{SO^4 51 HCO^3 36 Cl13}{Mg49 Ca47}$ $MgSO_4 > Ca(HCO_3)_2 > CaSO_4 > MgCl_2 > NaCl$	Mo - 0.01 Ag - 0.005 As - 0.04 Au - 0.00045 Cu - 0.006	NO_3 - 0.58 PO_4 - 0.03 NO_2 - 0.08
3	Р.Сотк в 1км ниже по течению от ГРЭ	$M_{0.46} \frac{HCO^3 57 SO^4 31 Cl12}{Mg50 Ca35 (Na+K)15}$ $Ca(HCO_3)_2 > MgSO_4 > Mg(HCO_3)_2 > NaCl > Na_2SO_4$	Mo - 0.005 Cu - 0.002 As - 0.044	NO_3 - 2.28 PO_4 - 0.02 NO_2 - 0.05
4	Р.Сотк в 2км ниже рудного поля	$M_{0.4} \frac{HCO^3 68 SO^4 23}{Ca52 Mg31 (Na+K)17}$ $Ca(HCO_3)_2 > Mg(HCO_3)_2 > MgSO_4 > NaCl > Na_2SO_4$	Cu - 0.003 Mo - 0.003 Ag - 0.0002	NO_3 - 4.18 PO_4 - 0.28 NO_2 - 0.083
5	Р.Сотк в 3.5км ниже по течению рудного поля	$M_{0.35} \frac{HCO^3 66 SO^4 23 Cl11}{Mg49 Ca45}$ $Ca(HCO_3)_2 > MgSO_4 > Mg(HCO_3)_2 > NaCl > MgCl_2$	Cu - 0.003 Mo - 0.005 Zn - 0.002	NO_3 - 3.48 PO_4 - 0.35 NO_2 - 0.06
6	Р.Сотк в сел. Сотк	$M_{0.5} \frac{HCO^3 80 SO^4 11}{Ca50 Mg40 (Na+K)10}$ $Ca(HCO_3)_2 > Mg(HCO_3)_2 > MgSO_4 > NaCl > Na_2SO_4$	Ag - 0.0004 Cu - 0.003 Mo - 0.001	NO_3 - 3.25 PO_4 - 0.12 NO_2 - 0.06
7	Р.Масрик после впадения в нее р.Сотк	$M_{0.27} \frac{HCO^3 75 SO^4 15 Cl10}{Ca57 Mg33 (Na+K)10}$ $Ca(HCO_3)_2 > Mg(HCO_3)_2 > MgSO_4 > NaCl$	Zn - 0.005 Mo - 0.005 Au - 0.00005? Ni - 0.006 Co - 0.001	NO_3 - 4.95 PO_4 - 0.22 NO_2 - 0.008

связанных с разложением сульфидного материала. Более того, тип воды, фиксируемый в истоках, где преобладают продукты окисления руд, постепенно меняется ниже по течению речки, принимая при впадении в р. Масрик фоновый состав.

3.5. Геохимические особенности поверхностных вод бассейна озера Севан

Как было отмечено выше, воды Севанского бассейна отличаются малой минерализацией. По химическому составу преобладающими являются гидрокарбонатные кальциевые воды, при подчиненном значении магниевых и реже натриевых.

Кислород. В водах исследуемой области кислород преимущественно атмосферного происхождения. Возможно в некоторых количествах он выделяется водной растительностью в процессе фотосинтеза. Содержание растворимого кислорода в природных водах бассейна озера Севан колеблется в пределах 8-10 мг/л (табл. 76).

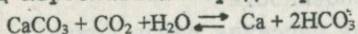
Таблица 76
Содержание O_2 и CO_2 в мг/л в природных водах
Севанского рудного района (при $p = 576$ мм рт.ст.)

Место отбора пробы	$t^{\circ}C$	Общая минера- лизация	O_2	CO_2
1. Родник по правому борту р. Сотк (среднее течение)	9	136,0	9,18	17,6
2. Родник в с. Гугарыч	9	144,0	9,18	13,2
3. Река Гетик (Тигранабед)	13	192,0	8,81	8,8
4. Родник по правому борту р. Сотк (верхнее течение)	9	201,0	8,64	13,2
5. Река Кархакн	13	205,0	8,64	17,4
6. Река Даранек	13	207,0	8,10	4,4
7. Река Малая Балка	14	289,0	7,83	4,4

Существует закономерная связь между величиной общей минерализации и растворимостью кислорода в природных водах - с повышением количества растворенных солей в водах снижается растворимость кислорода.

Углекислый газ. Некоторые данные о содержании углекислоты в водах Севанского бассейна приведены в табл. 76.

Незначительность содержаний углекислого газа в описываемых водах (по литературным данным, в природных водах других районов его содержание достигает нескольких сот мг/л), по всей вероятности, следует объяснить расходом CO_2 водами на перевод карбонатных пород в раствор по схеме:



Своим происхождением CO_2 обязан процессам окисления органического вещества, а также разложению углекислого кальция с последующим образованием CO_2 .

Ион хлор - имеет петрогенную и атмосферную природу. В природных водах Севанского бассейна образуется при выветривании изверженных горных пород (где содержание в вулканитах достигает 0,008%), а также попадает в воды с атмосферными осадками.

В водах сопутствует $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$, частично Ag.

Сульфат-ион - имеет преимущественно рудогенную и, в меньшей степени, петрогенную природу. Образуется, главным образом, при окислении сульфидов и частично поступает из атмосферы. Содержания, не превышающие 10-12 мг/л, имеют, по видимому, петрогенную (в составе изверженных пород содержание серы достигает $3 \cdot 10^{-2}$ - $3 \cdot 10^{-1}\%$) и частично атмосферную природу. Сопутствует катионам: $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$, а также компонентам рудной сульфидной минерализации.

Гидрокарбонат-ион - имеет, в основном, петрогенную природу. В особо благоприятных условиях возможен органогенный генезис. В водах преимущественно связан с $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ и реже

Na. Наиболее распространенный компонент минерализации вод (75-85% состава анионов).

Натрий-ион - петрогенного происхождения. Преимущественно связан с породами, содержащими альбит, анортит, ортоклаз. В водах сопутствует $\text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{HCO}_3$.

Кальций-ион - имеет только петрогенное происхождение. В водах описываемого района имеет широкое распространение и, как правило, сопутствует иону HCO_3^- . В основном его происхождение связано с растворением известняков, мергелей, доломитов, богатых подвижным углекислым кальцием.

Магний-ион - также компонент петрогенного генезиса. Наибольшее распространение имеет в водах Севанского хребта, где образуется при выветривании основных и ультраосновных пород, богатых магнием. В описываемых водах сопутствует $\text{HCO}_3^- > \text{Cl} > \text{SO}_4$.

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ И ЩЕЛОЧНО-КИСЛОТНЫЕ УСЛОВИЯ.

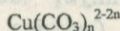
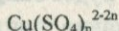
Основная обстановка описываемых природных вод окислительная. Она характеризуется присутствием в водах растворенного кислорода (7,8-10 мг/л) и незначительным содержанием углекислого газа (4,4-17,6 мг/л), окислительно-восстановительным потенциалом $Eh > +0.3v$. Железо находится в водах преимущественно в форме Fe^{3+} , сера — исключительно в форме SO_4^{2-} . В этих условиях наиболее вероятно существование рудогенных элементов в следующих формах MoO_4^{2-} , CrO_4^{2-} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ag^+ , Co^{3+} , Ni^{2+} , VO_4^{3-} и т.д. Величина pH в природных водах колеблется в интервале 7,0-8,7.

Медь — в водах описываемого района имеет рудогенную и петрогенную природу. Как известно, кларк меди равен $4 \cdot 10^{-3}\%$ и петрогенное состояние его (преобладание изоморфных и сорбционных форм) определяет только гаммовые содержания в около-нейтральных маломинерализованных водах. Более высокие содержания обусловлены наличием иных форм меди в составе пород и руд. Безусловно, максимальных концентраций этот элемент достигает при разложении сульфида по известной схеме:

$CuS \rightleftharpoons Cu^{2+}S^{2-}$ (Смирнов, 1947). "Известно, что растворение сульфидов значительно возрастает в присутствии анионов, с которыми элемент образует комплексные соединения, при этом интенсивность растворения увеличивается с ростом прочности этих комплексных соединений. Поэтому максимальное растворение сульфидов происходит в кислых и щелочных средах" (Крайнов, 1980).

Помимо неорганических комплексных соединений, медь образует устойчивые комплексные соединения с органическим веществом природных вод, особенно с фульвокислотами. Поэтому в растворах почвенных кислот скорость окисления сульфидов возрастает в 5-10 раз. Не последнюю роль в процессе окисления сульфидов меди играют микроорганизмы (особенно тио- и ферробактерии).

Преобладающими состояниями меди в приводимых концентрациях (0,00п — 0,п мг/л) в отмеченных маломинерализованных водах являются:



Концентрации меди, фиксируемые в гаммовых содержаниях, имеют петрогенное происхождение. Поэтому большинство обнару-

женных концентраций меди в поверхностных водах описываемого района не играет существенной роли в привносе этого металла в озеро. В этой связи хотим обратить внимание на следующий факт. Официально действующий ГОСТ 2874-73 "ПДК компонентов, нормируемых в подземных водах, используемых для питьевого водоснабжения" (табл.77) устанавливает норму меди для питьевого водоснабжения - 1,0 мг/л. Методическое руководство №12 Министерства геологии СССР (1961) приводит "ПДК неорганических примесей в воде" для водоемов - 0,1 мг/л (табл.78), а служба УГК, представленная Гидрохимическим бюллетенем (Ш квартал 1981 г., № 49), для водоемов санитарно-бытового водопользования - 0,01 мг/л, а рыбохозяйственного - 0,001 мг/л (табл.79). Величина 0,001 мг/л для меди, определяемая колориметрическим (карбонатным или дитизоновым) методом, находится на грани чувствительности определений, и нормирование этого элемента в этих пределах вызывает серьезное недоумение. Как отмечалось выше, медь (в отличие, допустим, от молибдена) в водной среде, при имеющихся значениях pH среды (7,5-8,5), - элемент весьма неустойчивый и быстро выпадает в осадок. Накопление его в водах озера Севан, характеризующихся неблагоприятными для меди условиями, практически исключается. Подтверждением этому служит гидрохимический анализ озерной воды, где практически ни в одной пробе (из 42 определений) не установлены какие-либо концентрации меди. Привнос гаммовых величин этого элемента не создает условий для накопления его в водах озера. Косвенным подтверждением сказанному является и то, что медь, по данным спектрального анализа, в донных осадках озера содержится в количествах, не превышающих кларковые величины.

Очагами сноса меди, связанного, по нашему мнению, с разложением сульфидного материала, являются: участки Тигранбердского и Кутаканского рудопоявлений, часть Севанского хребта, связанная с Шекасарским надвигом, часть Варденисского хребта, тяготеющая к известному проявлению в верховьях реки Варденик (рис.18).

Цинк. В условиях описываемого региона имеет так же, как и медь, петрогенную, частично рудогенную и, возможно, техногенную природу. Среднее содержание цинка в ультраосновных породах данного региона - $3,2 \cdot 10^{-3}\%$, в основных - $1,4 \cdot 10^{-2}\%$, в осадочных - $6,8 \cdot 10^{-3}\%$. В породах цинк находится в изоморф-

Таблица 77

Предельно допустимые концентрации (ПДК)
компонентов, нормируемых в подземных водах,
используемых для питьевого водоснабжения (ГОСТ 2874-73)

Компонент	ПДК	Компонент	ПДК
Be^{2+} , мг/л	0,0002	^{90}Sr кк/л	$4,0 \cdot 10^{-10}$
Mo^{6+} , мг/л	0,5	Cl мг/л	350
As мг/л	0,5	SO_4 мг/л	500
Нитраты (по N), мг/л	10	Fe мг/л	0,3
Pb^{2+} мг/л	0,1	Mn мг/л	0,1
Se мг/л	0,001	Cu мг/л	1,0
Sr мг/л	2,0	Zn мг/л	5,0
F мг/л		Al^{+3} остаточный, мг/л	0,5
Для I и II климатиче- ских регионов	1,5	Гексаметафосфат PO_4 мг/л	3,5
Для III климатического района	1,2	Общая жесткость, мг.экв/л	7,0
Для IV климатического района	0,7	Сухой остаток	1000
Уран природный и уран 238 мг/л	1,7	pH	6,5-8,5
кк/л	$1,2 \cdot 10^{-10}$	Триполифосфат PO_4 мг/л	3,5

Примечание: 1) По согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы допускается сухой остаток до 1500 мг/л, общая жесткость не должна быть более 10 мг.экв/л.

2) При использовании подземных вод без установок по обезжелезиванию воды по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы содержание железа в воде, поступающей в водопроводную сеть, допускается до 1,0 мг/л.

ПДК неорганических примесей в воде (мг/л) ^Ж, по данным ВУМС МГ СССР

Соедине- ния и элементы	Водоем	Сточная вода	Соедине- ния и элементы ^{ЖЖ}	Водоем	Сточная вода	Соедине- ния и элементы ^{ЖЖ}	Водоем	Сточная вода
NO ₃	10(I)	45 (2)	Mn(II)	1,0	1,0	Te	0,01	
NH ₃	2(I)	2,5 (I)	Mn(IV)	1,0		U	0,6	
Al	0,1	0,05-0,5	Cu	0,1	0,5	PO ₄ ⁻³	0,1	6 ³
Ba	4	4	Mo	0,5		F	1,5	1,5
Be	0,0002		As	0,05	0,5-1,0	Cl _{акт.}	отс.	1,0
B	0,5	I	Ni	0,1	3,0	Cl		150
Br	0,2		Nb	0,01	1-3	Cr(III)	0,5	0,1
V	0,1		Sn		2,0	Cr(VI)	0,1	отс
Bi(III)	0,5		Hg	0,005	отс	Zn	1,0	1-5
Bi(V)	0,1		Pb	0,1	1,0	CW	0,5	0,05-0,5
W	0,7		Se	0,001	0,01	Кислотность 4	6,5-8,5	6,0-II
Fe	0,5	2,10	SO ₄ ²⁻	500	500	Сухой остаток		1000
Cd	0,01	0,1	S ²⁻	0,05	0,005-1,0			
Co	1,0		Ag	0,05	0,05-1,0			
Li	5,0		Sr	2,0				
			Sb	0,05	0,2			

^Ж Цифры без скобок - утвержденные в СССР, в круглых скобках - утвержденные ВСЭ или другими международными организациями, в квадратных скобках - рекомендованные различными учреждениями и авторами.

^{ЖЖ} ПДК соединений даны в пересчете на указанный элемент или группу, (I) - в пересчете на ; (2) - в пересчете на ; (3) - при использовании для удобрения почвы; (4) - допустимые интервалы pH.

Таблица 79

Критерии оценки загрязненности, по данным ГРКС

№ № п/п	Наименование ингредиента	Предельно допустимые концентрации для водоемов, мг/л	
		Санитарно-бытового водопользования	Рыбохозяйствен- ного водополь- зования
1.	Растворенный кислород	не менее 4,0	не меньше 6,0
2.	% насыщения		от 70 до 150
3.	Реакция pH	от 6,5 до 8,5	от 6,5 до 8,5
4.	Взвешенные вещества	0,25	0,75
5.	БПК	3,0	3,0
6.	Fe	0,5	
7.	Zn	1,0	0,01
8.	Cu	0,01	0,001
9.	NO ₃ (по азоту)	10,0	9,1
10.	NO ₂ (по азоту)		0,02
11.	NH ₄ (по азоту)	2,0	0,39
12.	Ca		180,0
13.	Mg		40,0
14.	Cl	350,0	300,0
15.	SO ₄	500,0	100,0
16.	Минерализация	1000,0	10000,0
17.	Mo	0,5	
18.	ДДТ	0,1	отсутствие
19.	СПАВ	0,5	0,1
20.	Нефтепродукты	0,3	0,05
21.	Фенолы	0,001	0,001

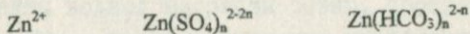
За предельно допустимые концентрации всех ингредиентов приняты нормы рыбохозяйственного водопользования.

ной и сорбционной формах. В водной среде цинк, в основном, фиксируется в содержаниях, колеблющихся в интервале 0,002 - 0,04 мг/л. Распределение этих концентраций по области дренирования происходит преимущественно следующим образом: в ультраосновных породах - 0,003 мг/л, основных - 0,002 мг/л, рудогенных - 0,04 мг/л.

Коэффициент водной миграции цинка, поступающего в раст-

вор из пород ультраосновной формации, равен 0,2 $\times$ /, основных пород (преимущественно четвертичных андезито-базальтов) - 0,08, рудогенных минералов (в основном сфалерита) - 0,09.

Наиболее распространенными формами миграции цинка в данных условиях являются:



Являясь менее подверженным влиянию среды (максимальное значение pH раствора, при котором эти концентрации в мало-минерализованных водах удерживаются в растворе 7,5-8,0), цинк в околонеutralных водах имеет тенденцию к накоплению (Бродский, 1960). Поэтому фиксируемые концентрации цинка в поверхностных водах представляют собой содержания, несколько повышенные по отношению к фоновым величинам этого компонента в водах описываемого региона (за фон принята величина, равная 0,002 мг/л). Так же, как и в случае с медью, отмечается несовпадение нормированных содержаний цинка по различным источникам (табл. 77, 78, 79).

Участком преимущественного сноса цинка в озеро за счет разложения сульфидного материала является часть Варденисского хребта, тяготеющая к бассейну р. Варденик (рис. 19).

Молибден. Аналогично меди и цинку имеет в формациях описываемого района двоякую природу: петрогенную и рудогенную. В пределах Саванского и части Гегамского хребтов молибден представлен в виде изоморфных примесей в породах основного и ультраосновного составов.

Среднее содержание молибдена в породах ультраосновной формации - $4 \cdot 10^{-5}\%$ (что вдвое превышает содержание этого элемента по отношению к кларку для соответствующего типа пород), основного состава - $1,8 \cdot 10^{-4}\%$. В составе руд молибден фиксируется здесь в наиболее распространенной форме - молибдените - MoS_2 , разложение которого в гипергенных условиях протекает с образованием слабой молибденовой кислоты - H_2MoO_4 , дающей в результате стадии диссоциации - HMoO_4 и MoO_4 (Смирнов, 1955).

$\times$ / Коэффициент водной миграции рассчитан по формуле А.И. Перельмана $K_x = \frac{m_x \cdot 100}{n_x \cdot a}$, где m_x - содержание элемента x в воде в мг/л, n_x - содержание элемента x в породах в %, а - сухой остаток воды в мг/л.

Содержание молибдена в водах, дренирующих ультраосновные породы, колеблется в пределах 0,001-0,008 мг/л, основные - 0,001-0,02 мг/л, рудогенные молибденсодержащие образования - 0,004-0,088 мг/л.

Коэффициенты водной миграции равны, соответственно, 2,0; 1,5; 0,8. Такие высокие значения коэффициентов водной миграции - свидетельство, во-первых, характера изоморфизма молибдена в породах, способствующего быстрому переходу элемента в водный раствор; во-вторых, - энергичной миграции в анионной форме в нейтральных и слабощелочных растворах. Преобладающие состояния молибдена в описываемых маломинерализованных водах - HMoO_4 и MoO_4 . Таким образом, обладая высокой миграционной способностью, удерживаясь в растворах при pH от 2 до 8,5 (Долуханова, 1958), молибден, так же как и цинк, имеет тенденцию к накоплению в водном растворе. Не случайно поэтому, что при таких небольших содержаниях в природных водах бассейна (0,001 - 0,01 мг/л) концентрация элемента в озерной воде и донных осадках достаточно высокая.

Участком наиболее интенсивного сноса молибдена в озеро является часть Варденисского хребта с отмеченными рудными скоплениями элемента (рис.20).

Ртуть. Имеет петрогенный и рудогенный генезис.

В пределах пород, слагающих Гегамский и Варденисский хребты, основная форма нахождения ртути - петрогенная. Как отмечалось выше, в пределах Севанского хребта локализуются небольшие скопления сульфидной ртути - киновари, распространенные в породах ультраосновного комплекса, но генетически связанные с небольшими выходами интрузивов более кислого состава. Эти рудопроявления весьма незначительны, а окислительные процессы протекают не очень интенсивно. В результате, в водную среду попадают небольшие количества этого элемента, обладающего к тому же не очень высоким коэффициентом водной миграции. Этим, по-видимому, объясняются весьма небольшие содержания ртути, фиксируемые в природных водах (0,0001 - 0,01 мг/л), причем наиболее существенные концентрации приходится на воды, дренирующие Севанский хребет.

Содержание ртути в породах ультраосновного состава описываемого района - $1,6 \cdot 10^{-6}$, основного - $1 \cdot 10^{-5}\%$ и осадочных пород - $4,8 \cdot 10^{-5}\%$. Все эти цифры несколько превосходят кларковые содержания элементов в соответствующих типах пород.

Коэффициенты водной миграции ртути в водах, дренирующих эти породы, соответственно равны 1,25; 0,3; 0,08.

Для ртутьсодержащих рудогенных образований коэффициент водной миграции достаточно низок - 0,01.

Наиболее преобладающее состояние ртути в маломинерализованных водах - катионное - Hg^{2+} . Любые соединения элемента способствуют переводу его в осадок. Для данных условий, возможно, более значительную роль играют коллоидная и взвешенная миграции.

Область наибольшего сноса ртути в озеро - Севанский хребет (рис.21).

Мышьяк. Процент распространенности этого элемента в водах описываемого региона небольшой. По природе рудогенный и, возможно, петрогенный (нет данных). Обладая кларком на порядок выше, чем у ртути, мышьяк, однако, менее представлен в водах. Вероятно, это объясняется состоянием изоморфизма и степенью сорбированности в породах описываемого района. Отсутствие данных по среднему содержанию этого элемента в соответствующих типах пород, слагающих район, не дает возможности судить о его миграции. Преобладающее состояние мышьяка в этих слабоминерализованных водах, мигрирующего в кислой форме, - $\text{H}_2\text{AsO}_4^{1-}$, $\text{H}_2\text{AsSO}_3^{1-}$, HAsSO_4^{2-} . Возможна и коллоидная миграция в форме H_3AsO_3 . Наибольшее значение для вод данного региона имеет рудогенная форма нахождения элемента - реальгар AsS и аурипигмент As_2S_3 - распространенного в пределах Соткского золоторудного месторождения. Поэтому областью наибольшего сноса мышьяка в воды озера следует считать воды Масрикской котловины, дренирующие Соткское месторождение (р.Сотк, впадающая затем в реку Масрик) и после использования в ирригации вновь поступающие или в реку Масрик, или питающие подземные воды этой котловины, имеющие подводную разгрузку в озере. Кстати, как отмечалось выше, в напорных подземных водах этой котловины отмечаются гаммовые содержания мышьяка (рис.22).

Серебро. В водах описываемого региона фиксируется в довольно значительном диапазоне (0,02-0,0005 мг/л). Преобладающая форма миграции - Ag^+ ; AgCl^+ .

Данные по концентрации серебра в породах описываемого региона отсутствуют, и поэтому судить о петрогенной составляющей этого элемента в водах (включая данные и о коэффици-

енте водной миграции) не представляется возможным.

Серебро известно как хороший мигрант, способный, подобно цинку, мигрировать в маломинерализованных водах при значениях pH среды, достигающих 7,5-8,0. Невысокий кларк этого элемента обуславливает и его небольшие концентрации в водах, зачастую не фиксируемые колориметрическими методами. Однако элемент мигрирует и достигает озера, причем преимущественно в хлоридной форме, о чем свидетельствует значительное превышение концентраций этого компонента (примерно в 2,5-3 раза выше среднего содержания серебра в осадочных породах) в донных осадках озера.

Наиболее вероятными областями сноса являются: Соткское золоторудное месторождение (в водах рр. Сотк и Масрик зарегистрированы наиболее максимальные концентрации этого элемента - 0,002 мг/л) и часть Варденисского хребта, в пределах которого локализованы вышеотмеченные рудопоявления (рис.23).

Хром. В описываемом районе также имеет двойную природу - рудогенную и петрогенную.

Среднее содержание элемента в ультраосновных породах района - 0,1%, основных - 0,09%, осадочных - $3 \cdot 10^{-3}\%$, метаморфических (серпентинитах) - 0,39%.

Наиболее характерными минеральными формами являются хромшпинелиды $(MgFe)Cr_2O_4$ с содержанием Cr_2O_3 от 43 до 51% и $(Mg,Fe)(Cr,Al)_2O_4$ - с содержанием Cr_2O_3 от 28 до 41%.

В пределах Севанского бассейна хром в водах, характеризующихся в основном гидрокарбонатным кальциевым составом, будет переноситься как в трехвалентной, так и в шестивалентной формах. Наиболее вероятная форма шестивалентного хрома -

CrO_4^{4-} выступающего в хромовой кислоте в виде аниона. Наиболее вероятная форма трехвалентного хрома - $Cr(OH)_3$.

В описываемых водах хром может также мигрировать в формах $Cr_2O_7^{2-}$ и Cr^{3+} .

Не исключена возможность нахождения хрома в природных водах изученного района в комплексе с органическими соединениями, а также переноса в адсорбированном состоянии на поверхности мицелл, глинистых минералов, железистых, марганцевых и кремнистых гелей. Кроме того, хром в виде взвесей может мигрировать, входя в решетку неразложенных минералов магматических и метаморфических пород. Эти формы нахождения при-

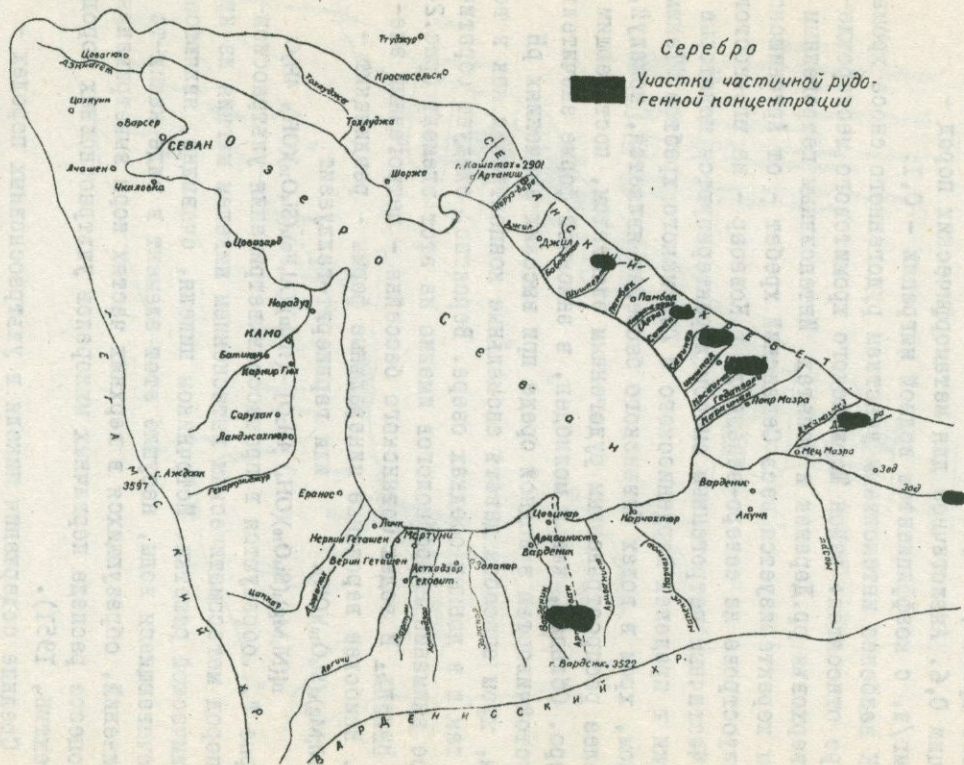


Рис.23. Участки преобладающего сноса серебра в экваторию оз.Севан.

суши, по всей вероятности, покровным вулканитам четвертичного времени, слагающим Гегамский и Варденисский хребты.

Среднее содержание хрома в водах коры выветривания ультраосновных пород - 0,8-1,3 мг/л, с коэффициентом водной миграции, равным 0,1; в водах, дренирующих основные породы Севанского хребта, - 0,05-0,16 мг/л, с коэффициентом водной миграции 0,6. Аналогичное для метаморфических пород - 0,09 мг/л, с коэффициентом водной миграции - 0,1.

К наиболее интенсивным участкам рудогенного сноса хрома в озеро относятся: район Шоржинского хромитового месторождения, верховья рр.Даранак и Цапатах. Интенсивным петрогенным сносом характеризуется весь Севанский хребет - от Артанишского полуострова на северо-западе до г.Ковасар - на юго-востоке.

Частичным петрогенным сносом характеризуются некоторые участки в пределах Варденисского и Гегамского хребтов. Таким образом, хром в водах Севанского бассейна является, пожалуй, наиболее распространенным рудогенным элементом, поступающим в озеро. Обладая, как и молибден, в анионной форме значительной устойчивостью в водной среде при высоких значениях pH среды, хром способен давать аномальные концентрации как в водах, так и в донных осадках озера. Вероятно, следует обратить особое внимание гидробиологов именно на этот элемент (рис.24).

Никель. В водах Севанского бассейна - петрогенный элемент. Наиболее вероятные минеральные формы - ревинскит - $(Ni,Mg)_6(Si_4O_{10})(OH)_8$ или гарниерит-галлуазит

$n[(Ni,Mg)_4(Si_4O_{10})(OH)_4 \cdot 4H_2O] - (100n)[(Al,Fe)_4(Si_4O_{10})(OH)_8 \cdot 4H_2O]$ которые "...образуются в процессе выветривания ультраосновных пород метасоматическим вытеснением никелем магния из кристаллической решетки. Источником никеля, очевидно, являются просачивающиеся воды, несущие этот элемент в виде каких-то соединений, образующихся в верхних частях коры выветривания в процессе распада первичных минералов ультраосновных пород" (Бетехтин, 1951).

Средние содержания никеля в ультраосновных породах - 0,2%, в основных - 0,013%, в метаморфических - 0,07%, в средних - 0,005% и осадочных - 0,006%. Среднее содержание этого элемента в водах, дренирующих все отмеченные типы пород - 0,002-0,005 мг/л. Коэффициенты водной миграции соответственно равны 0,006; 0,1; 0,02; 0,2; 0,2.

Высокими миграционными свойствами, при данных щелочно-

кислотных условиях среды, этот элемент не обладает, чем и обусловлено отсутствие его в озерной воде, быстро переводящей никель в осадок.

Наиболее значительным участком сноса этого элемента в озеро является Севанский хребет, сложенный преимущественно ультраосновными и основными породами.

Частичные поступления никеля в озеро осуществляются водами некоторых рек и ручьев, дренирующих Варденисский и Гегамский хребты. В породах этого региона, преимущественно представленного четвертичными андезито-базальтами, никель присутствует в виде изоморфных примесей в кристаллических решетках магниевых минералов.

Преимущественная его миграция в отмеченных условиях, по-видимому, взвесь, где элемент входит в решетку неразложенных магниевых минералов. Не исключена и связь с органическим веществом, где никель может образовать металлоорганические формы (рис.25).

Кобальт. В условиях бассейна озера Севан - петрогенный элемент. Имеет весьма незначительное распространение в природных водах. Единственным, более или менее существенным участком сноса, является Севанский хребет, где кобальт генетически связан с породами ультраосновного состава (рис.26).

В заключение несколько слов о биоэлементах - фосфоре и нитратах.

Фосфор. В результате изучения литолого-петрографического разреза отложений бассейна озера Севан вопрос о геологической природе элемента отпадает, т.е. по геологическим данным в бассейне оз.Севан нет фосфорсодержащих отложений, могущих явиться поставщиками ощутимых концентраций этого элемента в природные воды. Единственным существенным источником поступлений этого компонента в природные воды является техногенез, связанный с внесением удобрений. Фосфор в природных водах мигрирует преимущественно в форме PO_4^{-3} (анионная составляющая фосфорной кислоты). Среднее содержание фосфора в природных водах, как правило, увеличивающихся в весенне-летний период - 0,2-0,5 мг/л, что гораздо выше нормируемых содержаний для водоемов (0,1 мг/л) (см.табл.80, 82, 83). Правда, в подавляющем большинстве природных вод содержания его не превышают гаммовых концентраций. И в составе озерной воды фосфор содержится в концентрациях, не превышающих тысячные, редко

сотые доли мг/л. Тем не менее постепенное увеличение этого компонента в озерных образованиях (о чем будет сказано ниже) весьма очевидно.

В прямой корреляционной связи с фосфором находятся нитраты, что подтверждает их антропогенную природу. Содержание NO_3 в природных водах колеблется в большом диапазоне значений (0,2-18,5 мг/л). Наибольшие концентрации фиксируются в весенне-летний период: "Увеличение концентрации нитратов в природных водах происходит в связи с тем, что в почвах часть аммиачного азота удобрений в результате нитрификаций переходит в нитратную форму, которая плохо связывается компонентами почвы и в связи с этим поступает в инфильтрующие воды" (Крайнов, 1980) (рис.27).

Наиболее интенсивный снос биоэлементов в озеро происходит с Масрикской равнины, бассейна рр.Драхтик, Аргичи, Дзоре-гет и др.

3.6. Химический состав вод и донных отложений озера Севан

3.6.1. Распределение элементов в озерной воде

Для определения макро- и микрокомпонентного состава озерной воды авторы совместно с сотрудниками Гидробиологического института АН АрмССР и Института озераведения АН СССР проводили опробование вод Малого и Большого Севана, которое осуществлялось по станциям, установленным для режимных наблюдений Гидробиологическим институтом АН АрмССР.

Были опробованы три станции в экватории Малого Севана - № № 2, 4, 9 и пять - Большого Севана - № № 18, 22, 24, 27, 30 (рис.28). Пробы отбирались, в основном, с трех горизонтов - приповерхностных, срединных и придонных вод.

Данные макрокомпонентного состава приведены по результатам анализов гидрохимической лаборатории ИГН АН АрмССР (аналитики Ц.О.Эксузян и Р.А.Тунянц) и химической лаборатории Института озераведения АН СССР (аналитик Д.С.Ульянова), микрокомпонентного - вышеотмеченной лаборатории ИГН АН АрмССР.

Как отмечалось, класс озерной воды - гидрокарбонатно-хлоридный магниевый-натриево-кальциевый с минерализацией 680-760 мг/л.

При рассмотрении микрокомпонентного состава как по экве-

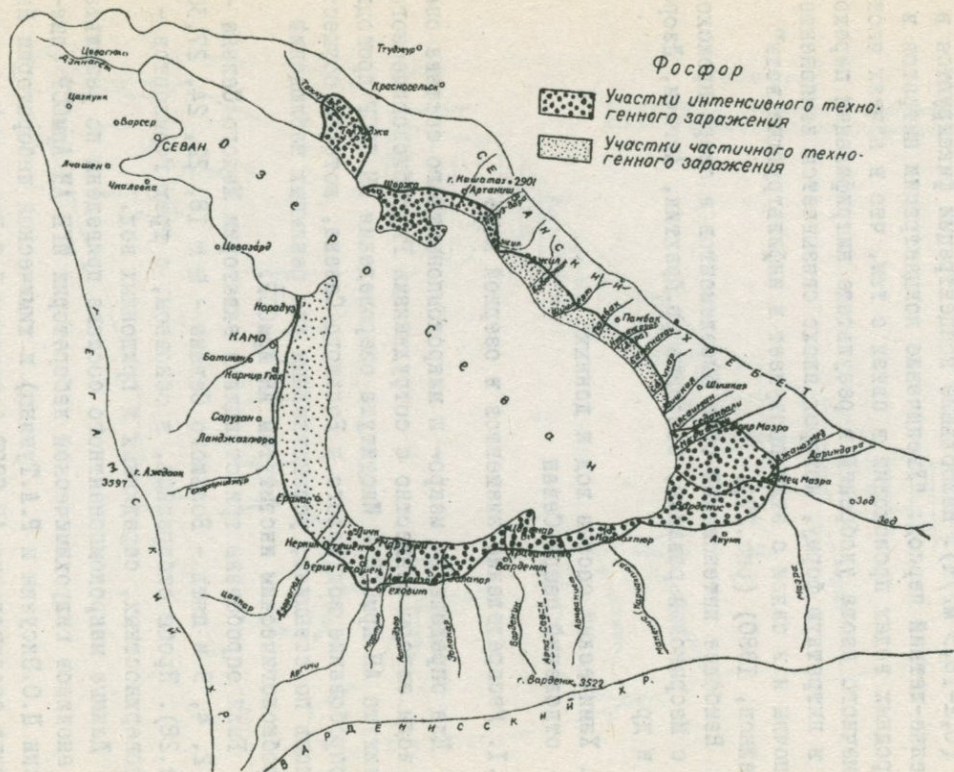


Рис.27. Участки преобладающего сноса фосфора в акваторию оз.Севан.

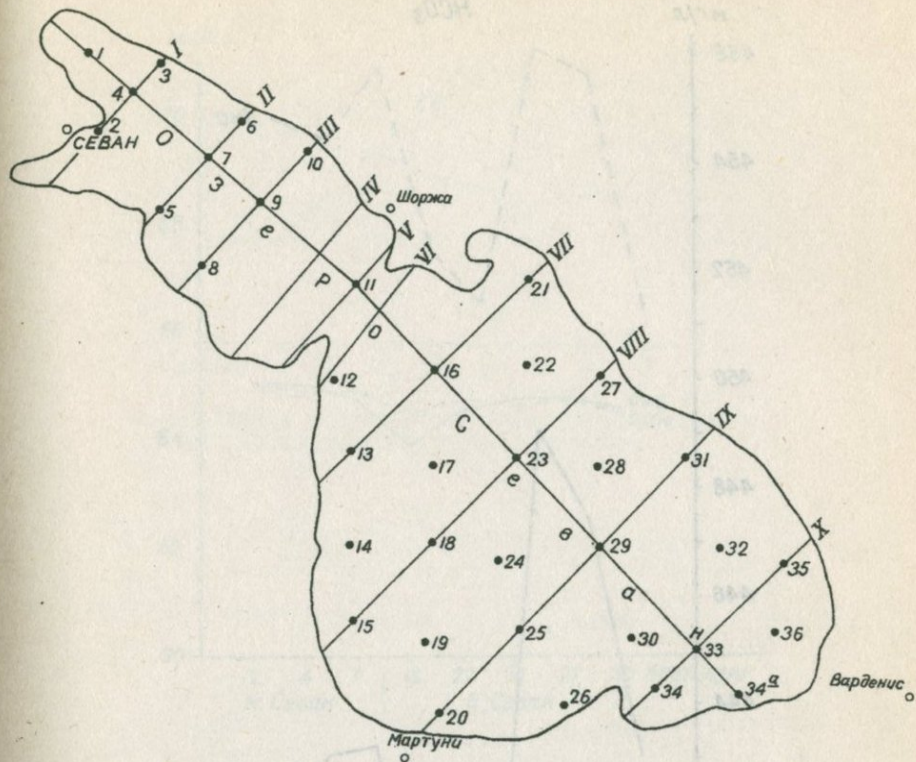


Рис.28. Точки отбора проб воды и донных отложений в акватории оз.Севан.

тории озера, так и с изменением глубины отмечается следующая картина.

Гидрокарбонат-ион. Как иллюстрирует рис.29, содержание гидрокарбонатного иона достигает наивысшей концентрации в акватории Малого Севана. Отмечается также повышение содержания с глубиной, что, по-видимому, является следствием его осаждения.

Хлор-ион. По акватории озера и с глубиной поведение этого компонента наиболее ровное. Отмечается некоторая концентрация компонента в поверхностных водах (рис.30).

Сульфат-ион. Распределение сульфатного иона (рис.31) сопоставимо с характеристиками хлор-иона, при более или менее ровном содержании по акватории озера (с некоторым увеличени-

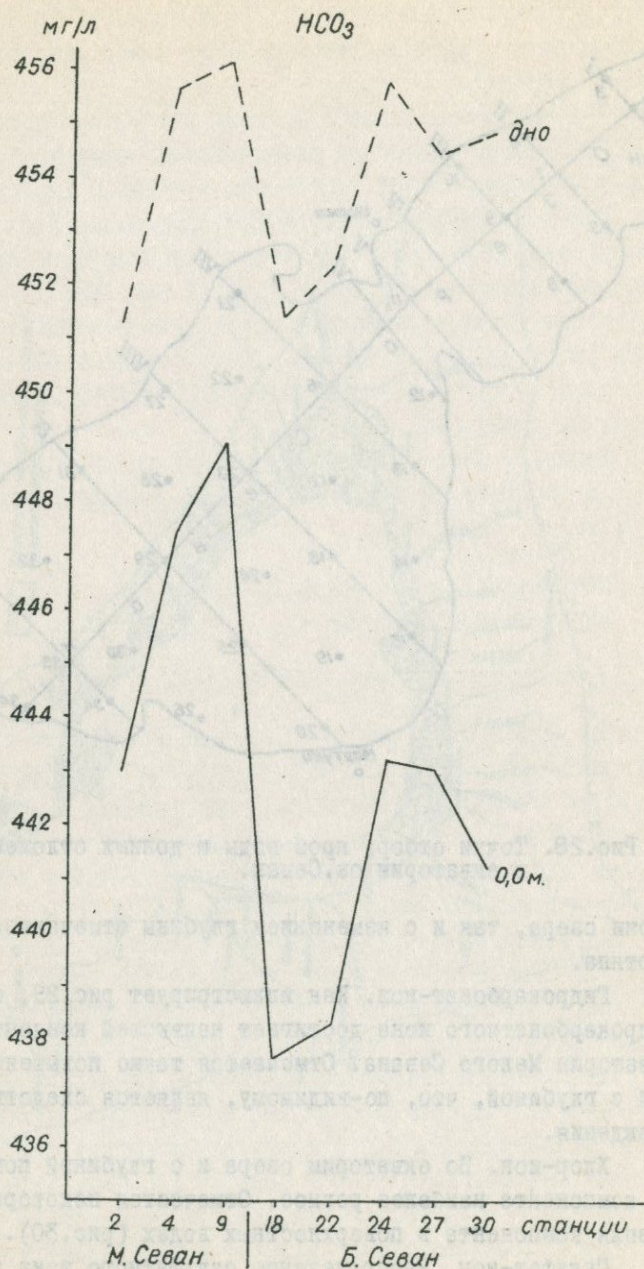


Рис.29. Содержания гидрокарбонат-иона в приповерхностных и придонных водах оз.Севан.

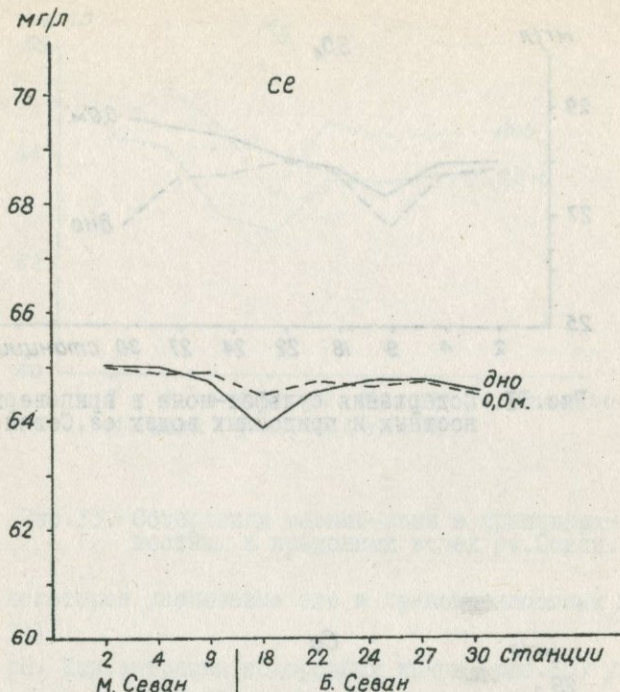


Рис. 30. Содержания хлор-иона в приповерхностных и придонных водах оз. Севан.

ем в поверхностной пробе станции № 30); отмечается и некоторое накопление соединения в пробах, отобранных с поверхностного горизонта.

Кальций. Большими колебаниями как по акватории, так и по глубине характеризуется концентрация кальций-ион, хорошо коррелируемого с гидрокарбонатным ионом. Отмечается увеличение содержаний в придонных пробах, что, по-видимому, свидетельствует о преимущественном осаждении этого компонента (рис. 32).

Магний. Характеризуется меньшими, чем кальций-ион, колебаниями как по акватории озера, так и с глубиной (рис. 33). Отмечается некоторое увеличение содержаний ионов магния с глубиной, однако менее контрастное, чем кальций-ион.

Натрий. Поведение этого компонента больше соизмеримо с поведением хлор-иона и частично сульфат-иона. Обладая более или менее равным распределением по акватории озера, отмеча-

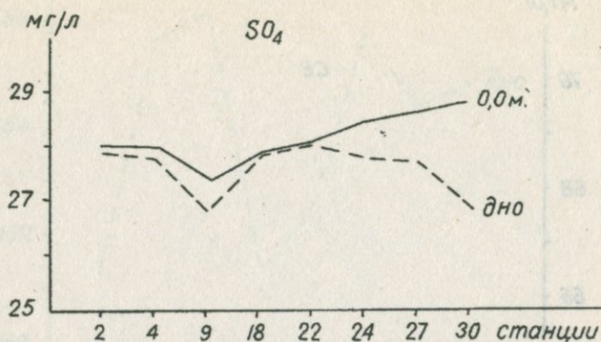


Рис. 31. Содержания сульфат-иона в приповерхностных и придонных водах оз. Севан.

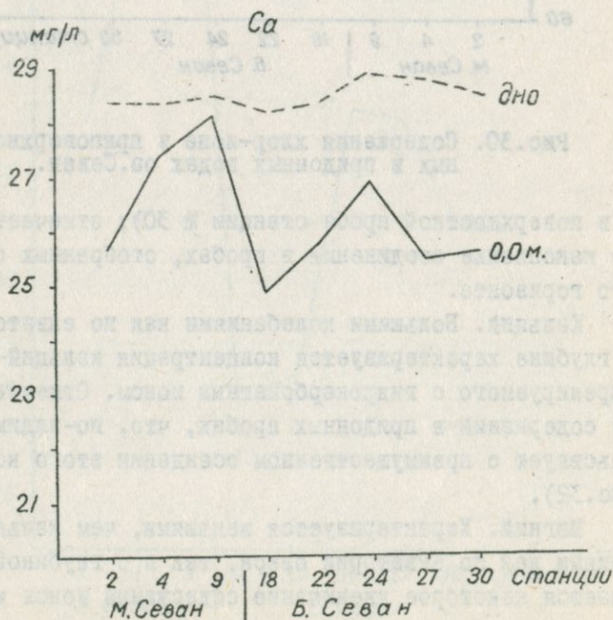


Рис. 32. Содержания кальций-иона в приповерхностных и придонных водах оз. Севан.

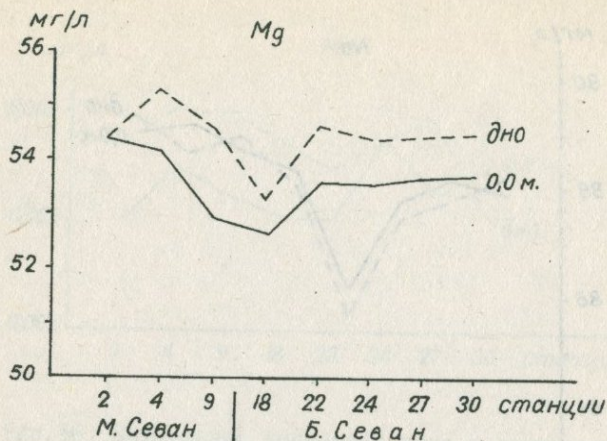


Рис.33. Содержания магний-иона в приповерхностных и придонных водах оз.Севан.

ется некоторое увеличение его в приповерхностных горизонтах (рис.34).

pH. Концентрация водородных ионов (рис.35) увеличивается с глубиной. По экватории озера отмечается некоторое уменьшение значений pH (увеличение концентрации водородных ионов) в Большом Севане.

Отмечается преимущественное осаждение компонентов Ca^{2+} HCO_3^{-} и частично Mg^{2+} в экватории Большого Севана.

Среди микрокомпонентного состава во всех пробах отмечены те или иные содержания трех компонентов - молибдена, фосфора и фтора.

Молибден. Будучи аниогенным элементом, молибден способен удерживаться в водном растворе при высоких значениях pH среды, искусственно накапливаясь за счет отмеченных свойств. Наблюдается четкая вертикальная зональность - в придонной части количество компонента возрастает (рис.36). Однако максимальные концентрации молибдена в озерной воде в 50 раз меньше ПДК, нормируемого для водоемов.

Фосфор. О природе фосфора в озерной воде было отмечено выше. Здесь отметим, что содержание элемента резко возрастает в придонной части озера (рис.37), значительно превосходя при этом ПДК, установленные для водоемов. Наибольшие концен-

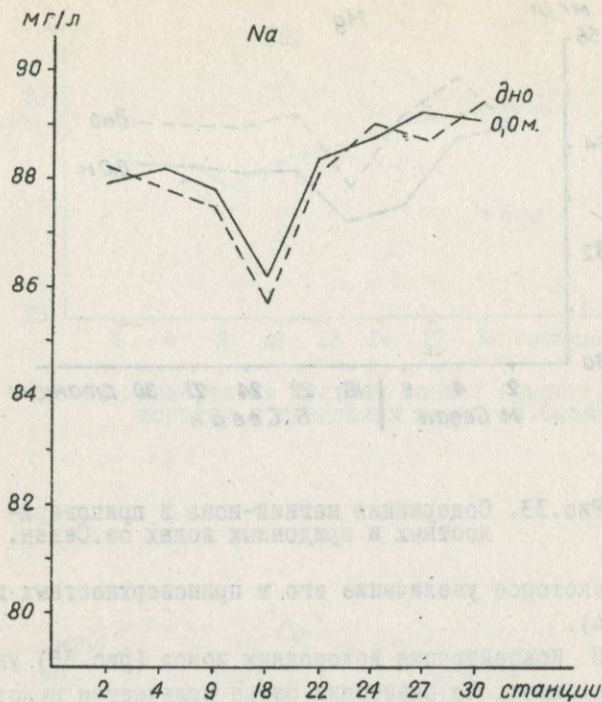


Рис.34. Содержания натрий-иона в приповерхностных и придонных водах оз.Севан.

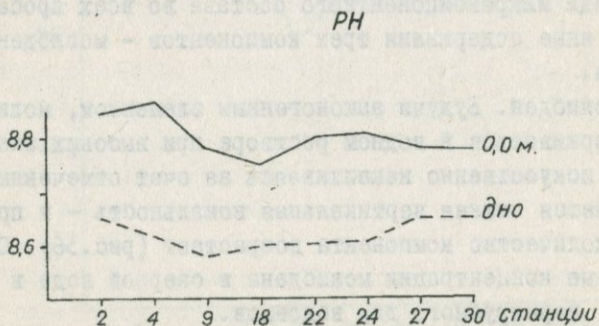


Рис.35. Величины рН в приповерхностных и придонных водах оз.Севан.

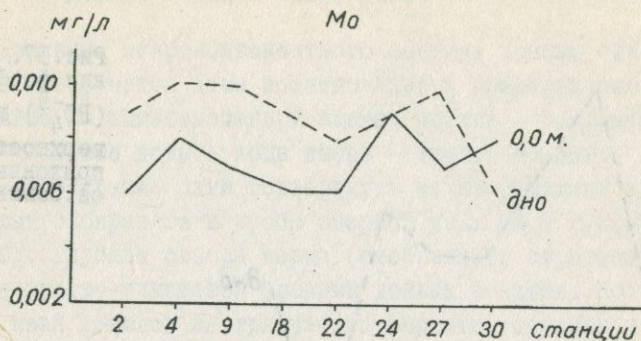


Рис. 36. Содержания иона-молибдена в приповерхностных и придонных водах оз. Севан.

трации отмечаются в акватории Малого Севана (в два-три раза превосходящие ПДК). В приповерхностных водах содержание элемента значительно ниже.

Фтор. Природа этого элемента остается неясной. Возможно связан с апатитами $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ входящими в состав как удобрений, так и апатитовых и/или апатит-магнетитовых рудопоявлений типа Абовянского месторождения. В пользу этого свидетельствует тесная связь фтора с фосфором, фиксируемая в водах озера Севан.

Будучи анионогенным элементом (образует простые анионы F^- и анионные комплексы CaF_2 при значительных содержаниях кальция), в водах озера коррелируется с фосфором. Содержания в озерной воде весьма высоки: в приповерхностных пробах его концентрации почти достигают нормируемых величин, а в придонных — превосходят их (рис. 38).

Из числа других микрокомпонентов в водах озера sporadически, без всякой закономерной связи, отмечаются содержания цинка, меди, никеля, хрома в гаммовых величинах. Первые три элемента — катионогенные, быстро выпадают в осадок. Процент встречаемости этих компонентов в водах, соответственно, 18, 11, 9, 23% (по результатам 44 определений).

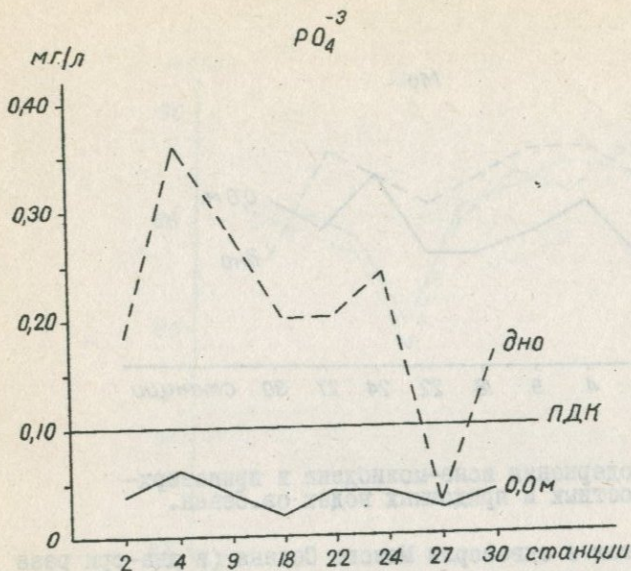


Рис.37. Содержа-
ния фосфора-иона
(PO_4^{-3}) в припо-
верхностных и
придонных водах
оз.Севен.

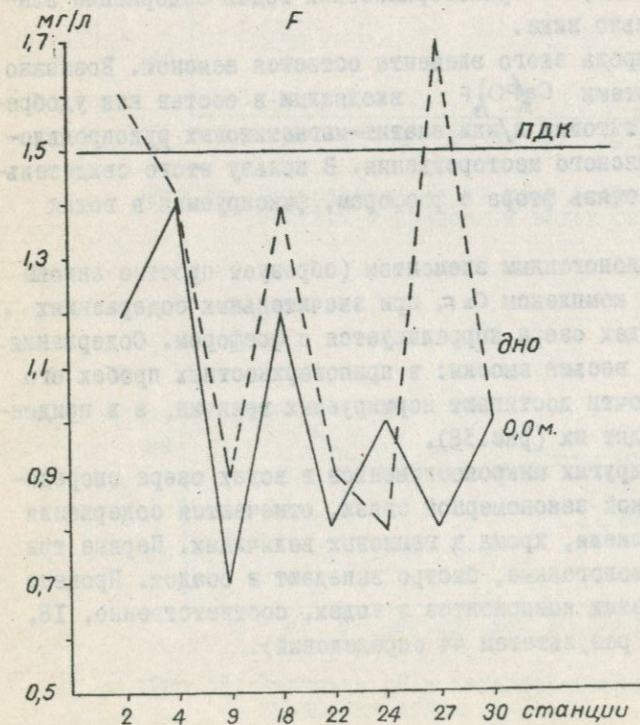


Рис.38. Содержа-
ния фтор-иона в
приповерхностных
и придонных во-
дах оз.Севен.

3.6.2. Распределение элементов в донных осадках озера Севан

Определением микрокомпонентного состава донных отложений озера завершается цикл исследований в пределах описываемого бассейна по вышеотмеченной схеме: порода - подземные воды - поверхностные воды - вода озера - донные осадки.

Опробованию были подвергнуты те же режимные пункты, в которых отбирались и пробы озерной воды (№ № 2, 4, 9, 18, 22, 24, 27, 30). Глубина отбора керна (отобранного стратометром) - 0,5 м илисто-глинистой фракции донных осадков. После отбора этот керн делился на три части: верхнюю, среднюю и нижнюю. Определение искомых компонентов проводилось раздельно для каждой из отмеченных составляющих керна. Кроме того, проводился и анализ валового содержания компонентов в одной смешанной пробе. При отборе проб отсутствовали замеры окислительно-восстановительного потенциала придонной части озера. Естественно, для более или менее исчерпывающего ответа на вопросы, связанные с равномерностью распределения элементов по ложу дна озера, формами нахождения их по вертикальной составляющей, соотношением аутигенного и терригенного материалов осадков, эти данные недостаточны, и приводимые здесь рассуждения во многом носят предварительный характер.

Принимая во внимание геолого-петрографические и металлогенические особенности описываемого региона, определялись: железо, марганец, никель, кобальт, хром, молибден, медь, мышьяк, ртуть, цинк, серебро, титан, ванадий, свинец, бор, фосфор, из коих спектральному анализу подвергнут весь отмеченный ряд, за исключением ртути, а химическому - первые десять элементов.

По данным спектрального анализа установлены средние содержания искомых компонентов (по результатам 62 определений для каждого элемента) в донных отложениях, в их сравнении с кларками этих элементов в соответствующих типах пород (преимущественно, осадочных, ультраосновных) и кларком литосферы. Данные по среднему содержанию взяты по А.П.Виноградову (кларк литосферы), А.А.Беусу, Турекьяну и Ведеполу (кларк глин и сланцев); А.П.Виноградову и А.А.Беусу (кларк ультраосновных пород).

Химические анализы, проведенные вышеотмеченными колори-

метрическими методами, заключались в получении солянокислых (10%-ный раствор) и водных вытяжек, с последующим определением в них искомых компонентов. Этот анализ преследовал цель разделения аутигенного и терригенного составляющих элементов. Как правило, аутигенные рудные компоненты переходят в раствор при воздействии на них 10% соляной кислоты, в то время как терригенная составляющая, согласно В.А.Ковалеву и В.А.Генераловой (1968), не извлекается. Соотношение этих данных с валовым содержанием компонента, по-видимому, в значительной степени приблизит нас к решению поставленной задачи. Это положение в полной мере относится к железу, но, по-видимому, и другие, преимущественно катионогенные, элементы, представленные в донных отложениях отмеченными составляющими, подвержены той же закономерности. О возможности существования в этих условиях подвижных легкорастворимых аутигенных форм свидетельствует водная вытяжка из тех же проб.

Ниже приводятся сведения по содержаниям и возможным формам нахождения отдельных элементов.

Железо. Валовое содержание элемента в донных отложениях озера колеблется в пределах 2,0-5,5%, со средним содержанием 3,32%, что ниже кларковых величин железа для осадочных пород и среднего состава литосферы примерно в 1,5 раза (табл.80).

В поверхностном стоке, направленном в озеро, железо в подавляющем большинстве проб обнаружено не было (поэтому эти данные не фигурируют в таблицах анализов). Окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные условия, господствующие в поверхностных водах, не способствуют переносу железа истинными растворами в ионной форме (Fe^{+2}). Наиболее вероятная форма их нахождения в отмеченной среде - гидроокисная, которая, как известно, не удерживается в подобных растворах. Перенос его возможен в виде взвесей и коллоидов, где оно сорбируется преимущественно глинистыми частицами и мигрирует в виде гидрозолей. Значительное количество железа поступает в озеро с терригенным материалом. Поэтому снос основного количества железа в озеро происходит в паводки, когда энергия потока достигает максимальной силы. Таким образом, из общего количества железа, обнаруженного в донных отложениях, одна составляющая - терригенная, представленная механическим переносом, а другая - связана с миграцией в водной среде (как отмечалось, в виде взвесей и коллоидов). Достигая акватории озера, желе-

Сравнительные содержания элементов в %

Эле- мен- ты	Донные осадки оз. Се- ван	Средний сос- тав литосфе- ры (по А.П. Виноградову)	Осадочные по- роды (по Ту- рекьяну и Ве- деполю)	Ультрасосновые породы (по А.П. Виноградову и А.А.Беусу)
Fe	3,33	4,65	4,72	9,85
Mn	$1,6 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$	$8,5 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$
Ni	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$6,8 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-1}$
Co	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Ti	$3,7 \cdot 10^{-1}$	$4,5 \cdot 10^{-1}$	$4,5 \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-2}$
V	$9,4 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-3}$
Cr	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-1}$
Mo	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$
Cu	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
Pb	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Ag	$2,45 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$
As	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Hg	не опред.	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$
Zn	$7 \cdot 10^{-3}$	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$9,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
P	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$9,3 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$
B	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$

зо, связанное с коллоидной миграцией, коагулируется и осаждается, образуя в илесто-глинистой фракции аутигенные минералы. Таким образом, в водоеме возможно нахождение железа в двух минеральных видах – аутигенного и терригенного. Оценка составляющих проводилась вышеотмеченным методом. В итоге устанавливается, что вероятная аутигенная составляющая представляет менее одной трети (до 1%) всего железа донных отложений. Распределение элемента по площади озерного ложа далеко неравномерно. В пределах Малого Севана оно составляет 0,4%, Большого Севана – 1,0–1,2%. По-видимому, последующие процессы десульфуризации и органическое вещество донных отложений становятся факторами восстановления железа и его рассеяния по площади озерного ложа, но процесс этот, особенно в верхних горизонтах осадков, далеко не законченный. Соотношение солянокислой и водной вытяжек указывает на преобладание труднорастворимых форм железа. По-видимому, ряд перехода железа в донных отложениях соответствует схеме:

$\text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{FeCO}_3 \rightarrow \text{FeS}$ (гидротроилит). Частичным подтверждением этой схемы служит наличие сероводорода, связанное с разложением органики и фиксируемое при подъеме керна.

Марганец. Среднее содержание марганца в донных отложениях соответствует кларку элемента в ультраосновных породах ($1,6 \cdot 10^{-1}\%$) (табл. 80). Такая концентрация превышает содержание элемента в осадочных породах в 2 раза. Высокая концентрация обусловлена, по-видимому, тем, что основной снос материала (как в механической, так и хемогенной составляющих) приходится на СВ побережье, где, как отмечалось, локализованы марганцевые рудопроявления.

В солянокислой вытяжке концентрация марганца составляет, в среднем, 0,047–0,049%, т.е. примерно в два раза меньше валового содержания элемента в осадках (табл. 81).

Таблица 81

Валовое (В) и кислотновыщелоченное (КВ) содержание марганца в донных отложениях оз. Севан, в %

Анализ	ст. 30	ст. 24	ст. 27	ст. 18	ст. 22	ст. 4	ст. 9
КВ	0,016	0,083	0,044	0,054	0,044	0,04	0,006
В	0,14	0,14	0,14	0,12	0,14	0,08	0,08

Это положение допускает мысль о существовании (наряду с аутигенными минеральными образованиями) терригенных форм. Косвенным доказательством этого предположения служит тот факт, что наибольшие концентрации марганца приходятся на пробы, отобранные у СВ побережья.

Распределение элемента по вертикали и горизонтали (площадь озерного ложа) весьма неравномерное: наименьшие содержания приходятся на донные отложения Малого Севана, максимальные – на участки Большого Севана, тяготеющие к СВ побережью. В водных вытяжках из тех же проб марганец не фиксируется. Соотношение воднорастворимых и солянокислых вытяжек предполагает, по-видимому, нахождение марганца в труднорастворимой форме. Вероятные формы нахождения аутигенных марганцевых минералов: MnO_2 (практически не растворимый в воде), MnCO_3 и, вероятно, как продукт процесса десульфуризации – MnS . В поверхностных водах, аналогично железу, марганец за-

фиксирован не был. Транспортировка его в водоем осуществляется, по-видимому, также в коллоидной форме, т.к. pH конца осаждения марганца в ионном состоянии в истинных растворах 6,0-6,2.

Никель. Значительное среднее содержание никеля в донных отложениях ($2 \cdot 10^{-2}\%$), что соответствует 3-кратному превышению кларков элемента в литосфере и осадочных породах, - свидетельство большой роли ультраосновных пород - основного поставщика элемента (со средним содержанием $2,3 \cdot 10^{-1}\%$) в озере (табл.80). Как и в предыдущих случаях, существуют, по-видимому, две формы поступления минералов никеля в донные осадки - аутигенная и терригенная. Принадлежность элемента к группе железа определяет сходные с ними условия поведения в зоне гипергенеза. Соотношение валовой и солянокислой концентраций элемента позволяет сделать следующий вывод: в акватории Большого Севана (особенно вблизи СВ побережья) превышение валового содержания над солянокислым составляет примерно 2 раза (соответственно 0,0093% и 0,0050%). Иное наблюдается в распределении никеля в донных отложениях Малого Севана. Одинаковые величины отмеченных составляющих позволяют полагать, что накопление никеля проходит там только хемогенным путем с образованием аутигенных минералов (табл.82).

Таблица 82

Валовое (В) и кислотновыщелоченное (КВ) содержание никеля в донных отложениях оз.Севан, в %

Анализ	ст.30	ст.24	ст.27	ст.18	ст.22	ст.4	ст.9
КВ	0,0053	0,0072	0,03	0,0072	0,0072	0,0040	0,0050
В	0,0093	0,016	0,037	0,015	0,016	0,0041	0,0060

Об относительно легкорастворимых минеральных формах нахождения элемента свидетельствуют водные вытяжки, в которых содержание никеля достигает сотых долей мг/л.

Содержание элемента по площади озерного ложа - весьма неравномерное. Неравномерна также концентрация его и по разрезу донных отложений.

Кобальт. Относясь к группе железа, этот элемент, так же как и никель, связан с ультраосновными породами. Однако среднее содержание его в этой формации на порядок меньше

никеля (табл.80).

Таким образом, низким кларком и труднорастворимостью минеральных форм кобальта в породах характеризуется его пассивная роль в гипергенных процессах. Средние содержания элемента отвечают кларковым концентрациям - $1,4 \cdot 10^{-3}\%$ (табл.80). Весьма показательно то, что солянокислые вытяжки не обнаружили в пробах даже следов кобальта. По-видимому, это следствие преобладающего терригенного сноса в озеро кобальтсодержащих пород. Можно полагать, что хемотренная садка элемента в водоеме практически отсутствует. Валовое содержание кобальта по площади озерного ложа - довольно равномерное. Относительно равномерно его распределение и по разрезу донных отложений.

Хром. Основное поступление хрома в озеро также связано с породами ультраосновной формации. Существующие Шоржинское месторождение и ряд рудопроявлений (Дара, Кясамен и др.) являются основными поставщиками этого элемента в водоем.

Согласно данным Турекьяна и Ведыполя, кларк элемента в осадочных породах составляет $9 \cdot 10^{-3}\%$, среднее же содержание хрома в донных отложениях оз.Севан в 1,5 раза превосходит эту величину и, примерно, в 2 раза - средний кларк литосферы (табл.80).

Такие величины достаточно велики для элемента, не обладающего высокой миграционной способностью.

Соотношение солянокислой и валовой концентраций (табл. 83) свидетельствует и наличии двух форм минеральных состояний этого элемента в донных отложениях - аутигенной и терригенной.

Таблица 83

Валовое (В) и кислотновыщелоченное (КВ) содержание хрома в донных отложениях оз.Севан, в %

Анализ	ст.30	ст.24	ст.27	ст.18	ст.22	ст.4	ст.9
КВ	0,0023	0,0068	0,023	0,0123	0,0136	0,0008	0,0004
В	0,0071	0,009	0,025	0,0120	0,0170	0,006	0,0006

Как иллюстрирует таблица, среднее содержание предполагаемых аутигенных минералов составляет примерно 70-75% всей концентрации хрома в донных отложениях.

Преобладающие формы нахождения аутигенных минералов, по-

видимому, труднорастворимые, о чем свидетельствует полное отсутствие хрома в водных вытяжках.

Молибден. Весьма сложно трактовать поведение этого элемента в донных отложениях озера Севан.

Трехкратное превышение кларка литосферы и $1,5$ - кларка молибдена в осадочных породах не имеет объяснения с точки зрения геологического строения описываемого бассейна (табл. 80). Если при описании металлов группы железа или хрома источник сноса определяется довольно просто и однозначно, то в данном случае определение генезиса молибденсодержащих образований в озере - задача весьма сложная. Исходя из геологического строения бассейна, механический снос практически исключен, и поэтому не вызывает сомнений, что все минеральные формы, образовавшиеся в донных отложениях озера, аутигенные. Наиболее близко расположенные к береговой линии ультраосновные породы содержат этот элемент в кларковых величинах ($1,6 \cdot 10^{-5}\%$). Правда, молибден, как отмечалось выше, обладает высокой миграционной способностью и удерживается в растворе при большом диапазоне значений pH. Но выпадением из раствора только этих концентраций объяснять существующее содержание металла в озере не убедительно. Следует отметить, что большие содержания молибдена отмечены и М.А.Сатианом (1967) в разрезе донных отложений, отобранных до глубины 3м. Им отмечено, что наибольшая концентрация фиксируется в пробах, тяготеющих к южному побережью озера.

И по нашим данным максимальные валовые содержания отмечены в пробах станции № 30 и устья тоннеля Арпа-Севан, тяготеющие к Варденисскому хребту (южному побережью). Соотношения кислотновыщелоченного и валового содержания (табл. 84) показывают, в среднем, пятикратное превышение последнего.

По-видимому, современные минеральные образования молибдена в озере аутигенные, т.к. механический снос молибденсодержащих минералов в озеро исключается, и поэтому интерпретация этого соотношения, как преобладание терригенной составляющей, не состоятельна.

Вероятно, формы нахождения молибдена в донных отложениях озера не поддаются кислотному выщелачиванию.

Трактовка этого вопроса осложняется еще и тем фактом, что воднорастворимая составляющая молибдена в несколько раз превосходит солянокислую! Для выяснения этих вопросов сле-

Таблица 84

Валовое (В) и кислотновыщелоченное (КВ) содержания
молибдена в донных отложениях оз.Севан, в %

Ана- лиз	Место опробования						
	ст.30	ст.24	ст.27	ст.18	ст.22	ст.4	ст.9
КВ	0,0001	0,00005	0,00005	0,00007	0,00005	0,00005	0,00005
В	0,0005	0,00024	0,00028	0,00034	0,00028	0,00041	0,00025

дует исследовать минералогический состав донных отложений и диагностировать наиболее вероятные формы его нахождения. Безусловно одно - такие концентрации элемента в водах и донных отложениях озера имеют рудогенную природу.

Медь. Довольно однозначно решается вопрос о форме нахождения этого элемента в донных отложениях озера. Среднее содержание меди в донных отложениях ($3 \cdot 10^{-3}\%$) хорошо согласуется с кларком этого элемента и в литосфере, и в осадочных и ультраосновных породах (табл.80). Основное поступление меди в озеро, по-видимому, связано с СВ побережьем. При рассмотрении валовых содержаний и солянокислой составляющей отмечается полное их совпадение, что, безусловно, свидетельствует в пользу хемогенного осаждения с последующим образованием аутигенных медьсодержащих минералов (табл.85).

Таблица 85

Валовое (В) и кислотновыщелоченное (КВ) содержания
меди в донных отложениях оз.Севан, в %

Ана- лиз	ст.30	ст.24	ст.27	ст.18	ст.22	ст.4	ст.9
КВ	0,0028	0,0018	0,002	0,0008	0,002	0,0024	0,0024
В	0,0022	0,0018	0,0022	0,0019	0,001	0,0024	0,0024

Относительно ровным содержанием характеризуется распределение меди по площади озерного ложа.

По разрезу отмечается некоторое увеличение концентраций элемента в верхних частях разреза. Значительные концентрации меди в воднорастворимой вытяжке позволяют полагать относительно нестойкие минеральные формы этого элемента в донном материале. Возможно, это карбонатные или металлоорганические минеральные формы.

Цинк. Среднее содержание цинка в донных отложениях озера соответствует кларковым величинам ($7 \cdot 10^{-3}\%$) (табл.80). В солянокислой вытяжке содержание цинка колеблется в большом диапазоне значений (0,0002-0,0012%) (табл.86) с концентрациями на порядок ниже, чем валовые значения.

Таблица 86

Валовые (В) и кислотновыщелоченное (КВ) содержания цинка в донных отложениях оз.Севан, в %

Анализ	ст.30	ст.24	ст.27	ст.18	ст.22	ст.4	ст.9
КВ	0,0012	0,0006	0,001	0,0005	0,0002	0,0002	0,00092
В	0,0095	0,0072	0,012	0,0095	0,0072	0,0093	0,012

Объяснять этот факт наличием большого количества терригенной составляющей было бы неверно. В данном случае (как и при рассмотрении поведения молибдена) осаждение цинка, по-видимому, хемогенное и не связано (в широком смысле этого слова) с поступлением механического материала в озеро с цинксодержащими минералами. Водные вытяжки только в двух пробах из 62 отметили содержание элемента, что, по-видимому, свидетельствует о труднорастворимых минеральных формах нахождения цинка в донных отложениях. Поэтому и в данном случае следует обратить в дальнейшем внимание на формы нахождения этого элемента.

Распределение цинка по поверхности ложа озера довольно неравномерное. Отмечается некоторое увеличение содержаний в пробах, тяготеющих к Варденисскому хребту.

Титан. Среднее содержание титана в донных отложениях озера Севан - $3,7 \cdot 10^{-1}\%$ - ниже кларковых величин этого элемента в литосфере и осадочных породах (табл.80).

Распределение титана по площади озерного ложа - довольно равномерное. Относительной равномерностью содержаний он характеризуется и по разрезу.

Титан - типичный элемент-комплексобразователь. Поступление его в озеро (благодаря высокому кларку он присутствует во многих природных водах) происходит, по-видимому, в виде металлоорганических соединений. Принимая во внимание его относительную инертность, химические определения элемента в

донных отложениях. не проводились.

Ванадий. Ниже кларковых величин и среднее содержание ванадия в донных отложениях озера ($9 \cdot 10^{-3}\%$) (табл.80). Распределение металла в донных отложениях как по горизонтали, так и по вертикали равномерное. Будучи аниогенным элементом, ванадий поступает в озеро, по-видимому, в составе комплексных соединений. Специальные исследования по этому элементу не проводились.

Свинец. Концентрация свинца в донных отложениях озера укладывается в кларковые величины ($1,5 \cdot 10^{-3}\%$) (табл.80). Содержание металла не характеризуется большим разбросом величин. Распределение его довольно равномерное. Геохимические особенности свинца в зоне гипергенеза (быстрое реагирование на изменения и pH среды) определяют низкую миграционную способность его в природных растворах. Этим, видимо, и объясняется его относительно маленькие содержания в водах района. Находясь в гипогенных условиях в паратенезисе с цинком и часто с медью, с содержаниями одного с ними порядка, в водной среде, как правило, фиксируется в количествах, уступающих на порядок или два порядка величин отмеченным элементам.

Поступление в озеро и последующая садка (не вызывает сомнения хемогенный характер аутигенных минералов) происходит в виде комплексных соединения, т.к. существующие окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные условия всех природных вод, включая озерную, не способствуют миграции этого компонента.

Серебро. Среднее содержание серебра ($2,4 \cdot 10^{-5}\%$) в донных отложениях озера в 2,5 раза превосходит кларк элемента в осадочных породах и в 3,5 раза - кларк литосферы (табл.80).

Отсутствие солянокислых вытяжек не дает возможности определить его минеральное состояние. Тем не менее, можно полагать, что основные поступления серебра в озеро связаны с хемогенной миграцией. Наиболее вероятные формы переноса его - хлоридная и металлоорганическая. Основными источниками приноса этого металла в озеро являются Соткское месторождение и Варденисский хребет. Распределение элемента по площади озерного ложа и по разрезу более или менее равномерное.

Мышьяк. Установленные средние содержания этого элемента в донных отложениях озера вызывают сомнения. По далеко недоверенным данным, среднее содержание мышьяка составляет -

$1 \cdot 10^{-2}\%$ (?), что на два порядка величин превосходит кларковые концентрации. Соотношение солянокислой вытяжки с валовым содержанием (табл.87) позволяет полагать довольно устойчивые минеральные образования, о чем свидетельствуют и водные вытяжки. Однако приведенные по мышьяку данные нельзя считать достоверными и требуют повторного тщательного изучения, тем более, что нормируемая величина (ПДК) составляет довольно маленькую величину (0,05 мг/л). Во всех природных водах бассейна определение этого элемента проводилось нерегулярно и поэтому приводимые данные не могут явиться основанием для однозначных суждений.

Таблица 87

Валовое (В) и кислотновыщелоченное (КВ) содержания мышьяка в донных отложениях оз.Севан, в %

Анализ	ст.30	ст.24	ст.27	ст.18	ст.22	ст.4	ст.9
КВ	0,0004	нет данных	0,00048	0,00036	нет данных	0,0012	0,0002
В	0,0287	0,022	нет данных	0,018	—	0,022	0,018

Ртуть. Спектральные определения по этому элементу отсутствуют. Солянокислые вытяжки дают весьма высокие содержания - $1 \cdot 10^{-4}\%$, что в 2,5 раза превосходит кларк этого элемента в осадочных породах (табл.80). Однако полученные результаты подлежат повторной проверке. Хотя ртуть и не нормируется в природных водах, тем не менее полученные результаты по донным отложениям озера чрезвычайно высокие и требуют уточнения. Наибольшая концентрация элемента отмечается в донных отложениях устья водотока Арпа-Севан.

Бор. Среднее содержание бора в донных отложениях озера составляет $3,7 \cdot 10^{-3}\%$, что значительно (в 3,0-3,5 раза) выше кларковых концентраций элемента (табл.80). Природа поступлений бора в донные отложения, по всей вероятности, хемогенная. Являясь анионогенным элементом, он довольно устойчив в водной среде и мигрирует с кальцием, магнием, натрием. Один из наиболее вероятных источников поступлений элемента в озеро - углекислые минеральные воды, содержащие высокие концентрации бора (Халетян, 1980).

Фосфор. Среднее содержание фосфора в донных отложениях озера весьма высокое ($1,2 \cdot 10^{-1}\%$), примерно в 1,5 раза превышающее кларковые величины (табл.80).

О природе этого элемента в продуктах гипергенеза бассейна озера Севан сказано выше. Здесь лишь еще раз отметим, что исключается связь таких содержаний с литолого-петрографическим составом пород бассейна. Было высказано предположение о техногенном генезисе фосфора в водах и донных отложениях озера. Попытаемся некоторыми приводимыми фактами доказать это положение. При рассмотрении анализов донных осадков отмечается четкое преобладание элемента в верхней части разреза, что свидетельствует о последнем периоде интенсивного поступления фосфора в озеро. Если бы природа этих концентраций элемента носила рудогенный или петрогенный характер, то и по разрезу, с некоторыми отклонениями, содержания фосфора были бы примерно равными. О хемогенном характере минерального состояния фосфора в донных отложениях свидетельствуют высокие содержания фосфора и в водах бассейна, кстати, коррелирующиеся с концентрациями фтора.

Высказанное сотрудником Института озероведения В.Б.Румянцевым и поддержанное нами предположение о возможном перемещении элемента со дна осушенной части озера в водоем не подтвердилось. Проведенные анализы зафиксировали концентрации фосфора в этих отложениях в содержаниях ниже кларковых величин.

Распределение элемента по площади ложе озера довольно равномерное.

В заключение отметим, что приведенные в настоящем отчете сведения по ряду элементов требуют дополнительных исследований.

Таблица 88

Микрокомпоненты в природных водах бассейна оз.Севан

Рудогенные	Петрогенные	Техногенные
Cu, Mo, Zn, As, Hg, Ag, Cr, Mn, Au, Te частично Pb	Ni, Co, Mg, Mn, Hg, Cr, Cu частично B, Br, I	P, F, Cu, Zn, Ag нитраты

3.7. Факторы, определяющие метаморфизацию озерной воды

Рассмотрев химизм большинства природных вод, поступающих в озеро, а также состав собственно озерной воды, перейдем к изложению наших взглядов на вопросы метаморфизации химического состава этих вод, приводящих к весьма сложному типу современной воды озера Севан.

Сущность проблемы заключается в том, что на фоне подавляющего гидрокарбонатного кальциевого состава поступлений в озеро происходит метаморфизация вод, приводящая к коренному изменению ее химических параметров. При сравнении с другими водоемами, как у нас в республике (оз. Арпи, Парзич и др.), так и за ее пределами (преимущественно северные озера), отмечается преобладание состава озерной воды от химизма поступлений. Иная картина наблюдается в водах озера Севан: гидрокарбонатные кальциевые воды с минерализацией до 250 - 300 мг/л, поступающие в озеро, метаморфизуются до гидрокарбонатно-хлоридных магниевых-натриево-кальциевых с нарастающей величиной общей минерализации, достигающей в последнее время 750 мг/л. Такое коренное преобразование химических параметров - результат ряда процессов, накладывающих отпечаток на изменение количественных показателей основных компонентов. В данном разделе мы попытаемся рассмотреть наиболее существенные из них.

Следует оговориться, что, не располагая количественными показателями природных поступлений и выпадающих в осадок соединений, все приводимые соображения носят гипотетический характер.

Среди основных процессов, приводящих к такой метаморфизации, следует, по нашему мнению, выделить: испарительную концентрацию, привнос компонентов с атмосферными осадками, осаждение и подток высокоминерализованных глубинных вод.

Действие перечисленных факторов на количественные показатели основных компонентов минерализации - ионы хлора, сульфатов, гидрокарбонатов, натрия, магния, кальция и величину общей минерализации - избирательно.

Испарительная концентрация. Исключительная роль в повышении величины общей минерализации вод озера принадлежит испарению.

По данным Ф.Ю. Левинсона-Лессинга (1929), И.В. Егiazаро-

ва (1933) и др., примерный расход воды на испарение в конце 20-х - начале 30-х гг., исчислялся величиной в 1100 млн. куб. метров в год, в то время как наземный сток в озеро плюс атмосферные осадки, приходящиеся на зеркало воды, составляли немногим больше, чем количество испаряющейся воды. Естественно, этот фактор не может не играть существенной роли в перегруппировке ионов, приводящей к повышению минерализации озерной воды. Увеличение минерализации выражено, в частности, в повышении концентрации ионов хлора, натрия и магния, беспрепятственно увеличивающих содержание в ненасыщенном растворе, в связи с тем, что произведения растворимости их соединений достаточно высоки.

Отмеченные авторы высказывали мнение о том, что с сокращением зеркала озерной воды испарительная концентрация будет замедляться и, как следствие, практически прекратится повышение минерализации.

Тем не менее, результаты анализов последних лет не подтвердили высказанного предположения. Напротив, несмотря на значительное сокращение акватория озера, минерализация озерной воды возросла за последние 20-25 лет до 750-780 мг/л, сопровождая этот процесс заметным нарушением первоначального типа воды, выразившимся в тенденции к увеличению ионов хлора и магния.

Объясняется это, по-видимому, следующим: уменьшение столба воды на 15-18 метров и, как следствие, сокращение акватория озера привело к повышению удельного объема подземной (придонной) составляющей, имеющей, за счет циркуляции в породах офиолитовой формации, высокоминерализованный хлоридный натриево-магниевый состав. Повышение роли этих поступлений связано, по-видимому, и с уменьшением статического давления столба воды, приводящим к более интенсивной разгрузке в придонной части озера вод зоны глубокой циркуляции.

Привнос компонентов с атмосферными осадками. Если испарительная концентрация - это по сути то же количество растворенных солей, но в меньшем объеме воды, то другие вышеотмеченные факторы способны привести к привносу-выносу тех или иных компонентов минерализации.

Одним из таких факторов являются атмосферные осадки. Основное выражение они имеют в увеличении содержания хлор-иона, величина которого, в результате нарастающего техногенного за-

ражения атмосферной среды, достигает уже 3,5-4 мг/л, т.е. значений, не меньших, чем концентрация этого компонента в целом ряде поверхностных водотоков, впадающих в озеро.

Осаждение. Приведенная схема осаждения растворенных веществ в водной массе современных морей (по Н.М.Страхову), естественно, не может в полной мере относиться к условиям малых пресноводных водоемов, каким является озеро Севан. Различия в минерализации, в биогенных, термодинамических, физико-химических процессах не создают адекватных условий, тем не менее общая направленность процессов осаждения совпадает.

Биогенное осаждение карбонатных солей кальция обуславливает, по нашему мнению, то, что кальций, преобладающий в поступающих водах над магнием в 2,5 раза, в озерной воде представлен обратным соотношением, т.е. = 2,5-3,0.

Для иллюстрации сказанного ниже приводятся (табл.89) химические анализы донных осадков, образовавшихся в водоеме, а сейчас, после спуска вод озера, оказавшихся на осушенных участках, и современных донных осадков озера.

Таблица 89

Соединения в %	Травер- тин ЮВ побе- режья	Травер- тин СВ побе- режья	Травертин зап.побе- режья	Травертин по анализу А.П.Соко- лова	Грунт по анали- зу Арноль- да
SiO ₂	1,36	0,73	0,91	-	1,65
Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	1,12	0,85	0,93	1,16	0,66
CaO	37,24	34,82	35,69	35,34	52,02
MgO	0,81	1,74	1,01	0,81	1,59
CO ₂	56,72	56,81	57,23	56,03	43,65

Таким образом, в результате преимущественно биогенного осаждения карбонатов кальция в водном растворе происходит накопление абиогенных элементов и соединений - ионов хлора, натрия и магния.

Чрезвычайно незначительное хемогенное осаждение этих элементов (в условиях резко ненасыщенной среды) позволяет наращивать их концентрацию в озерной воде.

Химическое осаждение имеет существенное значение и для катиогенных металлов. Большая часть их, вследствие высоких значений pH среды, сорбируясь коллоидами, быстро переходит в

осадок, образуя, как правило, карбонатные соединения. Протекающие в придонной части процессы десульфуризации способствуют восстановлению ряда сульфидов (особенно железа до формы гидротроилита). Не располагая достаточным количеством анализов, сегодня трудно сказать о реально существующем окислительно-восстановительном потенциале верхнего слоя донных отложений; но наличие гидротроилита говорит о значительной деятельности анаэробных бактерий.

Кстати, направленность этого процесса в значительной степени может обуславливать экологические изменения природы, обитающей в придонной части фауны и флоры.

Слабее протекает осажждение анионогенных элементов - молибдена, мышьяка, частично хрома, что приводит к некоторому накоплению молибдена в озерной воде.

Подток высокоминерализованных глубинных вод. Один из наиболее существенных факторов, воздействующих на процесс метаморфизации озерной воды, - это подток в озеро глубинных вод.

Эту составляющую приходной части баланса озерной воды оценить весьма и весьма трудно.

Аналогичные воды имеют разгрузку в виде грифонов и в акватории озера. Как правило, их опробование - технически довольно трудная задача.

Среди этих вод следует выделить: минеральные воды, связанные с зонами тектонических нарушений, и высокоминерализованные воды зоны глубокой циркуляции. Принимая во внимание плстово-трещинный характер разгрузки последних, удельный объем их в процессе метаморфизации озерной воды, по-видимому, более существенный.

Как показали исследования последних лет, минеральные воды представлены двумя классами: углекислыми и метановыми.

Углекислые воды представлены следующими классами: гидрокарбонатно-хлоридным натриево-магниевым (Личк, Севан); хлоридно-гидрокарбонатным натриево-кальциево-магниевым (Гридзор); гидрокарбонатно-хлоридным магниевым-натриевым (Цаккар).

Метановые хлоридные натриево-магниевые воды имеют преимущественную разгрузку в северной и северо-восточной частях акватории озера.

Судить о минерализации этих вод весьма трудно, т.е. при отборе не исключено смешение их с озерной водой.

Как отмечалось, большое влияние на процесс метаморфизации озерной воды оказывают, по-видимому, воды зоны глубокой циркуляции, имеющие разгрузку в озере. Выше было отмечено, что удельный объем этих поступлений возрос: с одной стороны, в связи с уменьшением объема воды, и с другой — с вероятным увеличением их дебита, связанным с изменением гидростатического давления.

Один из выходов, действующий в прибрежной части недалеко от села Цовек, удалось опробовать. Как показал анализ, содержание растворенных солей, при хлоридно-гидрокарбонатном кальциево-магниевом-натриевом классе с отсутствием газа, достигает в этой воде 0,98 г/л.

Не располагая количественными величинами расхода и состава, трудно судить о масштабах влияния этих вод на процесс метаморфизации озерной воды. Однако приведенные косвенные показатели дают основание полагать определенную степень воздействия этих вод на общий процесс формирования химизма вод в современном озере.

Переходя к общей оценке перечисленных факторов, следует обратить внимание на целый ряд качественных преобразований, протекающих в озере под их воздействием. Это — дальнейшая метаморфизация, выраженная в увеличении минерализации и перераспределении микрокомпонентного состава, возрастание роли процессов десульфуризации, приводящих к существенным экологическим изменениям и др.

Касаясь вопроса возраста воды, отметим, что в бассейне современного озера Севан, как показывает анализ истории его формирования, неоднократно создавался озерный режим и затем терялся.

Вопрос изменений уровня воды в озере не нов и изложен во многих исследованиях. В работах С.С.Кузнецова, Е.Е.Милановского, А.Т.Асланяна, С.П.Бальяна, Ю.В.Саядяна и др. приводятся факты, указывающие на колебания уровня воды в процессе геологического времени. Однако о трансгрессивно-регрессивном режиме озера в исторический период отмечено лишь в некоторых из них (С.П.Бальян, А.Т.Асланян, Ю.В.Саядян), в которых охвачен 6-тысячелетний период, А.Т.Асланян /10/ отмечает: "Исследования послеледниковых отложений и археологических памятников (древние поселения у сс.Лчашен и Норашен) побережья оз.Севан, обнажившихся после спуска вековых зап-

сов вод, показывают, что за последние шесть тысяч лет имели место неоднократные колебания уровня озера, связанные с изменением климата. Так, по крайней мере, произошли четыре трансгрессии Севана, которые соответствуют голоценовым трансгрессиям Каспия и периодам значительной обледенности всего Кавказа".

По данным С.П.Бальяна, "...в связи со спуском озера на глубинах 9-10 м от его прежнего уровня были обнаружены могильники, следы древней искусственной дамбы, соединяющей остров Севан с берегом, и другие остатки ранней бронзы и медного века. Допуская, что отметки могильников должны были быть не менее 20-25 м над уровнем соседних населенных пунктов, С.П.Бальян предполагает, что в период ранней бронзы уровень оз.Севан находился между изобатами 30-35 м. На дне Большого Севана древнее речное русло и окружающие озеро конусы выноса и дельта рр.Масрик, Варденис и Аргичи располагаются до изобат 48-49 м, а субаэрельные известковистые конкреции - до глубины 45-46 м. Поэтому С.П.Бальян считает, что уровень оз.Севан приблизительно 5000 лет тому назад совпадал с изобатами 45-46 м.

Таким образом, в это время размеры озера были немного меньше, и можно было предполагать, что в Большом Севане в это время существовали разделявшие его острова и полуострова", (Геология Армянской ССР, т.І, с.514, Ереван, 1962).

Принимая изложенное за исходное, попытаемся продолжить рассуждения о возможности существования озерного режима в период наименьшего уровня воды в озере, обратившись при этом к ландшафтно-геохимическим и археологическим данным.

Наблюдаемая в последние годы евтрофия озера справедливо связывается с целым рядом процессов, протекающих как в самом озере, так и в бассейне в целом. При этом основными факторами, приводящими к увеличению ряда биогенных элементов и в первую очередь соединений азота, принято считать понижение уровня воды в озере и процессы антропогенного загрязнения ряда водотоков, впадающих в озеро.

В данной работе авторы, не опровергая этих точек зрения, все же основную причину существующего положения склонны видеть в региональном изменении всей системы процессов гипергенеза, протекающих сегодня в бассейне озера.

В связи с этим обратимся к природной биоклиматической обстановке, господствовавшей в пределах всего бассейна еще 50 лет назад, а также существующей ныне.

Для природных ландшафтов бассейна озера Севан характерен сухой континентальный климат с прохладным летом и морозной зимой. Максимум дождей выпадает весной и в начале лета, вторая половина лета — засушливая. Растительность — злаковая и разнотравная, характерная для семиаридного пояса.

Преобладающими почвами являются горные черноземы со средней мощностью 50–60 см. Количество катионов в почвенном покрове превосходит количество анионов органических кислот. Поэтому возникающие кислые гумусовые вещества полностью нейтрализуются кальцием и магнием, что обеспечивает неподвижность гумуса и определяет слабощелочную и нейтральную среду. Избыток кальция поступает в нижние горизонты почв и осаждается в виде углекислого кальция, образуя известковый горизонт (последний образуется и на бескарбонатных породах). Поступающие сюда элементы и соединения задерживаются преимущественно в этом горизонте. Вымыванию подвержены лишь хлориды и сульфаты натрия и калия. Катионы металлов также преимущественно мигрируют с хлором и сульфатами. Нейтральная и слабощелочная реакция раствора, слабое промывание почв обуславливают накопление в них целого ряда металлов. Кора выветривания верхнеплиоцен-четвертичных вулканических пород представлена обычно обызвесткованным суглинком со щебнем, которая названа Б.Б.Полыновым, проводившим здесь исследования в составе экспедиции Ф.И.Левинсона-Лессинга в 1931–1932 гг., обломочно-обызвесткованной. Типоморфным соединением почвы и коры выветривания, естественно, является углекислый кальций.

Описанная природная обстановка не способствует широкому сносу материала (особенно компонентов органических кислот) в акваторию озера, хотя геолого-гидрогеологические условия береговой зоны (трещиноватые андезиты-базальты со слабым наклоном, обращенным к озеру) весьма благоприятны для подобного механизма. В результате ионная составляющая процессов гипергенеза, поступающая в акваторию озера, была небольшой и сбалансированной с составом ионного материала самого озера.

Основным занятием местного населения (кстати, довольно немногочисленного) являлось животноводство и рыболовство. Земледелие же носило спорадический характер и ограничивалось культивацией злаковыми небольшими участками на склонах.

Какова же геохимическая обстановка, господствующая в прибрежной зоне бассейна спустя 50–60 лет после упомянутых

работ Б.Б.Полынова?

После понижения уровня озера на 18 метров высвободилась полоса прибрежной зоны, достигающая местами (из-за пологости рельефа) ширины 4-5 км, которая и стала культивироваться многократно возросшим населением под сельскохозяйственные угодья. Для повышения продуктивности как вновь образованного на донных отложениях почвенного слоя, так и природных почв бассейна в целом стала применяться интенсивная технология по созданию горизонтов с высоким содержанием органики. Таким образом, был сделан первый шаг по созданию почвенного покрова, не характерного для данной биоклиматической зоны. По времени эта деятельность совпала с гидротехническими работами, обусловившими понижение уровня озера. Стала возрастать мощность продуктивного горизонта почвенного покрова с богатым перегноем и увеличивающейся концентрацией водородных ионов. Биологический круговорот уже обуславливает не свойственное данной биоклиматической обстановке кислое выщелачивание из верхних горизонтов почвенного покрова. Класс водной миграции становится кислым. В результате мощность этого насыщенного органикой слоя постоянно увеличивается. И если иллюминальный горизонт (горизонт вымывания) в естественных условиях находился от поверхности почвенного покрова на расстоянии 40-50 см, то интенсивное возделывание пахотного слоя увеличило это расстояние до 70-80 см. В итоге мы сегодня наблюдаем увеличение влияния кислого класса миграции в пределах значительной части почвенного профиля. Этому процессу в основном способствует характер засеваемых здесь сельскохозяйственных культур - корнеплодов: картофеля, лука, моркови, капусты, свеклы, обладающих способностью увеличивать концентрацию органики.

В результате многие компоненты и, в первую очередь, биогенные (нитраты, Фосфор) приобретают высокую подвижность и транспортируются в озеро. Вместе с биогенными компонентами в акваторию озера поступают также некоторые металлы - железо, марганец, цинк, молибден, медь и др. - приобретшие подвижность вследствие повышения концентрации водородных ионов.

Механизм поступления всего этого материала в озеро весьма простой. Как отмечалось, большая часть бассейна сложена трещиноватыми вулканическими образованиями. В период

дождей образуются как временные поверхностные водотоки, так и подземный сток, направленные в озеро. Разгрузка этого гидродинамического этажа в озеро очевидна.

Таким образом, антропогенное воздействие на природную среду в бассейне озера Севан привело к нарушению экологически устойчивого состояния. И, естественно, озеро не выдерживает этого мощного техногенного фактора, приводящего к заболачиванию.

Помимо чисто лимнических последствий евтрофия озера имеет и другую важную негативную особенность. Как известно, хозяйственно-питьевое водоснабжение г.Еревана осуществляется эксплуатацией родниковых вод, общая минерализация которых колеблется в пределах 200-250 мг/л с устранимой жесткостью I, 5-2,0 мг/экв, что обуславливает эндемию сердечно-сосудистых заболеваний и детского рахита. Смешение же в БСР этих вод с водами озера Севан, обладающими величиной общей минерализации до 670-680 мг/л в пропорции 3:1 и даже 4:1 увеличит концентрацию растворенных солей питьевых вод до 300-350 мг/л, что в итоге позволяет рассматривать воды озера как естественный резервуар питьевого водоснабжения города в недалеком будущем.

Примером подобного антропогенного воздействия на существующую природную ландшафтно-геохимическую обстановку может служить Араратская долина, характеризующаяся в естественных условиях как солонцовая и солончачковая пустыня и переведенная в результате орошения в поливной сухостепной тип. И если антропогенное воздействие на Араратскую долину сегодня еще не приводит к негативным последствиям, то бассейн озера Севан, по-видимому, построен на более тонком равновесии и вышесмещенные процессы играют существенную роль в евтрофировании озера. Изложенным механизмом и можно объяснить постоянное увеличение концентраций, в частности нитратов, в озерной воде. Сегодня мы располагаем данными о количественной составляющей этого процесса. В нижеприведенной таблице приведены данные по содержанию ряда биогенных компонентов в почвах, находящихся как в естественных условиях, так и используемых в земледелии.

Несложно подсчитать, что на одном гектаре такой пашни образуется до 350-400 кг только нитратов, что примерно в 1000 раз превосходит содержание этого компонента в целинных почвах. А ведь намечается тенденция к еще более интенсивному

сельскохозяйственному освоению бассейна.

Таблица 90

Содержание подвижных форм азота в горных черноземах
бассейна оз. Севан

№ № п/п	Место отбора пробы, почва	Содержание компонентов в мг/1000 гр почвы		
		NH ₄	NO ₂	NO ₃
1.	Горные черноземы с куль- тивированными злаковыми растениями	II-22	0,35-14	I,1-6,2
2.	Горные черноземы под куль- тивированными корнеплода- ми (картофель)	I7-3I	I,5-58	74-122
3.	Горные черноземы целинные	0,4-2,8	не обн.-	0,2 не обн.- -0,3I

Приводимые аргументы о том, что увеличение концентраций биогенных компонентов минерализации связано с вводимыми удобрениями нам представляется неполным. Естественно, этот компонент загрязнения усугубляет процесс эвтрофирования, но, как нам представляется, не настолько, чтобы только этим объяснить процесс заболачивания озера.

Не последнюю отрицательную роль играют и зеленые насаждения вдоль береговой полосы. Ежегодный опад и гниение стволов деревьев-дополнительный источник органики в озеро.

Несостоятельны, на наш взгляд, и категоричные заявления о связи процессов заболачивания с понижением его уровня - как единственной причине эвтрофирования. Как нам представляется, этот фактор в комплексе с вышеотмеченными имеет свое отрицательное значение, но не является основной причиной.

Как отмечалось в цитированных работах, археологические памятники Лчашена (некрополь древнего поселения) имеют возраст 4-4,5 тысяч лет. В настоящее время остатки акрополя существуют на возвышенности, расположенной к западу от погребений. Факт нахождения захоронения на низких по отношению к городищу отметках вызывает сомнение и поэтому можно предположить о существовании еще одного поселения, расположенного гипсометрически ниже и, по-видимому, находящегося

сейчас в акватории озера. Вызывает сомнение, что погребения, даже в то историческое время, закладывались в непосредственной близости от воды. Если принять, что расстояние от захоронений до кромки воды было равным 250-300 м, то уже это составило бы по вертикали 7-8 метров. Тогда столб воды в Большом Севане составил бы 18-20 м.

О том, что зеркало воды находилось на более низком уровне и 3000 лет тому назад, свидетельствует и Урартская стелла, возведенная между Лчашеном и Норадузом. Этот период, датированный I тыс. до н.э., по отношению к описанному уже характеризовался трансгрессией. А то, что стелла, имеющая 3000-летнюю историю, еще не полностью освободилась из-под воды, говорит о том, что даже в это время уровень воды по отношению к современному был ниже (по устному утверждению академика АН Армянской ССР Б.Н.Арекеяна, высота пьедестала стеллы под водой должна была быть равной не менее одного-полутора метров).

Таким образом, уровень воды в озере 4-4,5 тыс. лет назад был ниже существующего сегодня. Самая глубокая отметка Большого Севана в настоящее время равна 26-27 м, а средняя величина - 22-24 м. По оценке озероведов, эта отметка считается критической, т.е. понижение столба воды в Большом Севане еще на 6-8 м приведет не к уменьшению уровня воды на эту величину, а к потере озерного режима и к евтрофии озера. Доказательством возможности подобного процесса являются торфяники, вскрытые на юго-восточном побережье озера. Возраст этих торфяников старше и связаны они, по-видимому, с более древней регрессией. Как считает А.Т.Асланян, колебания уровня проходили и в более ранние эпохи (по данным радиоуглеродного анализа, приведенного Ю.В.Саядяном /62/, возраст озерных отложений на участке озера Гилли насчитывает 10-12 тыс. лет), которые, по-видимому, также приводили к потере озерного режима с образованием болота. Таким образом, наблюдается цикличность этого процесса, которая по Ю.В.Саядян /62/, вызвана рядом факторов, среди которых основным является изменение климата.

Рассматривая вопрос наполнения долины водой и новый переход ее в озерный режим отметим, что по К.Н.Паффенгольцу и Е.Е.Милановскому, Большой Севан отделен от Малого Артанишским и Норадузским мысами, которые под водой образуют вал, сложенный породами верхнеплиоцен-четвертичного времени. На карте изображений, в центральной части этого вала отмечен проток, соединя-

ющий оба озера; однако конкретное место его в настоящее время неизвестно. Если в результате неотектонических движений, имевших место 4-4,5 тыс. лет тому назад, этот проток был закрыт, то наполнение долины могло идти следующим образом: сначала наполнялась чаша Большого Севана, а затем перекатом Малого. В случае же, если проток остается открытым, то наполнение чаши озера шло от Малого к Большому. Поэтому вполне вероятно, что в определенные промежутки времени Большой и Малый Севан имели самостоятельные озерные режимы.

Таким образом, эта долина, как в прежние геологические эпохи, так и в историческое время теряла и затем вновь nasledовала озерный режим. Количество подобных явлений отвечает циклам, отмеченным в статье А.Т.Асланяна. Дальнейшие детальные исследования помогут выяснить, насколько правомерны подобные суждения. С их решением связано выяснение вопросов соотношения вода - дно (распределение макро- и микрокомпонентного состава по горизонтам донных отложений, возможность их одновременной катастрофической садки в условиях потери озерного режима, или, напротив, обогащение ими воды в отдельные периоды с последующим хемогенным осаждением в условиях усиленного сноса их с различных массивов и т.д.). Бесспорно лишь то, что нынешний уровень озера является критическим.

Поэтому вполне справедлив А.Т.Асланян, отмечая, что "Поднятие уровня озера Севан хотя бы на несколько метров, совершенно необходимое для предотвращения угрозы катастрофического ухудшения гидрологического и биологического режима озера, будет равносильно новой трансгрессии и, естественно, улучшит условия дальнейшего существования озера и развития жизни в нем и использования его вод для хозяйственного и, особенно, питьевого водоснабжения".

Резюмируя вышеизложенное, можно прийти к выводу, что бассейн озера претерпевает стадию интенсивно возделываемого культурного земледелия с обрезаемением большого количества оргеники, что нарушает естественное состояние гипергенного цикла и влечет за собой изменение природного баланса целого ряда элементов, в том числе и биогенных. Процесс этот усугубляется как понижением уровня воды, так и сбросом в озеро всевозможных отходов.

Естественно, рост населения в бассейне за последние 60-70 лет и приобретенная традиция земледелия не позволяют

в одночасье делать директивные указания по перепрофилированию экономики всего бассейна. Наивно говорить и о приоритете рекреационного использования бассейна - слишком мало земли в республике.

Единственно разумной альтернативой, по нашему мнению, является постепенный перевод экономики всего бассейна на промышленную основу. Этот вариант, по-видимому, наименьшее из зол. Разумеется, этот переход должен осуществляться постепенно с тем, чтобы земледельцы смогли бы переориентироваться. Стратегия же направленности процесса должна быть именно такой - приоритет промышленности с ограниченным земледелием, причем в последнем - уменьшение плантаций корнеплодов и увеличение площади злаковых.

Р Е З Ю М Е

1. Бассейн озера Севан сложен преимущественно породами двух геолого-структурных формаций, определяющих металлогенические особенности региона:

а) Ультраосновные породы, локализованные в осадочной и вулканогенно-осадочной сериях меле и палеогена с прорывающими их небольшими телами габброидных и гранитоидных интрузивов (Севанский и, частично, Арегунийский хребты). С формацией связаны месторождения и проявления хрома, меди, марганца, ртути, никеля и магнетита.

б) Осадочные и вулканогенно-осадочные образования палеоген-неогена с прорывающими их гранитоидными интрузивами, перекрытые мощной серией молодых (верхнеплиоцен-четвертичных) вулканитов (Варденисский и Гегамский хребты). Этот регион характеризуется наличием месторождений золота, серебра, мышьяка, теллура, полиметаллов, молибдена, частично меди.

2. Различие геологического строения описываемого региона обуславливает разнообразие химического состава природных вод бассейна.

3. Изучение закономерностей формирования химического состава подземных вод проведено на основе вертикальной гидродинамической зональности по зонам: местного, регионального стоков и вод глубокой циркуляции.

а) Химизм вод верхнего гидродинамического этажа (зона местного стока) зонален по отношению к водовмещающим породам. Наибольшее количество микрокомпонентов, поступающее в поверхностные водотоки и достигающее акватория озера, связано с водами зоны местного стока. По химическому составу в пределах описываемой зоны выделяются два больших класса вод с небольшой величиной общей минерализации: гидрокарбонатный кальциевый (воды Варденисского и Гегамского хребтов) и гидрокарбонатный магниевый (воды Севанского и, частично, Арегунийского хребтов). С первым классом вод генетически связаны молибден, цинк, медь, частично серебро, золото, ртуть и мышьяк, а со вторым - хром, никель, кобальт, марганец, медь, ртуть.

б) Химический состав вод зоны регионального стока менее зонален по отношению к водовмещающим породам. Типы вод такие же, как и в верхнем гидродинамическом этаже, но с большей величиной общей минерализации. Некоторая азональность наблюда-

ется и в содержании микрокомпонентного состава вод, что является результатом более длительной подземной циркуляции, в условиях которой повышается устойчивость ряда элементов в растворе.

в) Химический состав вод зоны глубокой циркуляции аэонален по отношению к водовмещающим породам. Генетически выделяются минеральные воды и глубокозадегающие артезианские напорные воды. Содержание микрокомпонентов в этих водах весьма пестрое и не подчинено вышеотмеченной метеллогенической зональности. Влияние этих вод на процесс метаморфизации озерной воды не изучено.

4. Химический состав поверхностных вод, дренирующих Гетамский, Варденисский и Арегунийский хребты, - гидрокарбонатный кальциевый; Севанский хребет - преимущественно гидрокарбонатный магниевый. Эти поступления являются основными поставщиками в озеро микрокомпонентов.

5. В микрокомпонентном составе природных вод выделяются три генетические группы элементов, имеющих различную природу: рудогенные, петрогенные и техногенные. Однако некоторые элементы имеют двоякую (хром, марганец, никель, ртуть), а в ряде случаев (медь, цинк) и тройственную природу.

а) Рудогенные элементы представлены следующим рядом: медь, молибден, цинк, мышьяк, ртуть, серебро, хром, марганец, теллуриды, золото.

б) Среди петрогенных элементов наиболее существенными являются никель, кобальт, магний, частично марганец, ртуть, хром.

в) Основные компоненты техногенного загрязнения (фосфор, фтор, нитраты) связаны с сельскохозяйственной деятельностью. Техногенными являются и некоторые количества меди и цинка, фиксируемые, как правило, в водах рр. Гаварагет, Дзорагях, Личк.

Помимо отмеченных элементов, в природных водах sporadически определялись также концентрации свинца, бора, брома, йода. Однако из-за низких содержаний эти компоненты не подвергались детальному изучению.

6. Из многочисленных рудопроявлений и месторождений, локализованных в бассейне озера Севан, геологоразведочные и эксплуатационные работы претерпели только Шоржинское хромитовое, Тигранабердское медное и Соткское золоторудное месторож-

дения. В результате техногенного воздействия в пределах этих месторождений увеличилась площадь окисляющихся руд и, как следствие, образовались рудничные воды с высокими содержаниями компонентов рудной минерализации.

а) Площадь распределения вод, формирующих свой химический состав в пределах Шоржинского хромитового месторождения, довольно значительна (10-12 кв.км). Большие содержания хрома (0,6-1,35 мг/л) и относительно высокая миграционная способность его в условиях данного месторождения способствуют довольно ощутимым поступлениям этого элемента в акваторию озера Севан. Препятствием более интенсивному сносу является слабая обводненность месторождения. Локализация месторождения на берегу озера предполагает в паводок значительный механический (селевые потоки) снос материала. В результате, в водах и донных осадках озера фиксируются содержания хрома. Из числа других компонентов рудной минерализации следует также отметить содержания марганца в рудничных водах, достигающие 2,0-2,5 мг/л. Воздействие рудничных вод Шоржинского месторождения на озеро наиболее значительно из всех месторождений описываемого бассейна.

б) Площадь формирования вод в пределах Тигранбердского медного месторождения составляет примерно 8-10 кв.км. Формирование р.Гетак, дренирующего месторождение, проходит за счет подземных рудничных вод, претерпевших метаморфизацию под действием окисляющихся руд. Однако небольшие размеры рудных тел, незначительность процессов окисления, слабая обводненность ограничивают образование большого количества рудничных вод. К тому же перенос компонентов рудной минерализации (наряду с медью фиксируются содержания серебра, ртути, марганца) в ионной составляющей весьма затруднен из-за высоких значений pH среды (7,4-8,3) магистрального водотока.

Самые приближенные расчеты показывают, что рудничные воды описываемого месторождения не имеют существенного влияния на химический состав озерной воды.

в) В пределах некоторых участков Соткского рудного поля наблюдаются интенсивные процессы окисления. В пределах большого числа горных выработок образуется генетически новый тип - рудничные воды. Высокие содержания компонентов рудной минерализации позволяют предусмотреть здесь постановку специальных работ по утилизации металлов (золота, серебра,

меди). Формирующийся в пределах Соткского рудного поля магистральный водоток Сотк (один из притоков р.Масрик) - единственная водная артерия, транспортирующая воды месторождения в акваторию озера Севан, отстоящего от рудного поля на расстояние 18-20 км. Систематическое опробование водотока от истоков до впадения в р.Масрик показало, что уже на расстоянии 5-6 км от месторождения химический состав (включая макро и микрокомпоненты) вод р.Сотк принимает фоновое значение. Этому в значительной степени способствуют боковые поступления, разубоживающие рудничные воды.

Таким образом, воды Соткского золоторудного месторождения не загрязняют озеро Севан металлами, разрабатываемыми горнодобывающим комбинатом. Это подтверждается также режимными наблюдениями за водами р.Сотк, проведенными в течение десяти месяцев с ежемесячным опробованием ее от истоков до впадения в р.Масрик. Естественно, сказанное не подразумевает общие промышленные отходы комбината (нефтепродукты, бытовые и промышленное загрязнение), определение которых не входило в круг решаемых нами задач.

7. Проведенные режимные наблюдения позволили установить принос вышеотмеченными водотоками различных микрокомпонентов, наиболее существенными из которых являются:

а) Медь. В водах описываемого района имеет рудогенную, петрогенную и, частично, техногенную природу. Очагами сноса меди, связанного с разложением сульфидного материала, являются часть Севанского хребта, связанная с Саринарским надвигом, участки Тигрнебердского и Кутаканского рудопоявлений, часть Варденисского хребта, тяготеющая к известному проявлению, локализованному в верховьях р.Варденик. Петрогенный снос наблюдается по всему севаро-восточному побережью озера Севан. Участками поступлений элементов возможного техногенного (?) генезиса являются рр.Геварагет, Аргичи, Мартуни, Астхадзор.

б) Цинк. В условиях описываемого региона имеет, в основном, петрогенную, частично рудогенную и, возможно, техногенную природу. Участком преимущественного сноса в озеро за счет разложения сульфидного материала является часть Варденисского хребта, тяготеющая к бассейну р.Варденик. Петрогенный снос связан преимущественно с ультраосновными породами Севанского хребта (содержание цинка в них составляет $3,2 \cdot 10^{-3}\%$). Частичный техногенный принос цинка в озеро отмечен в реках Марту-

нинского района (рр. Аргичи, Мартуни, Астхадзор).

в) Молибден. В формациях описываемого региона имеет двоякий генезис - петрогенный и рудогенный. В пределах Севанского и части Варденисского хребтов молибден представлен в виде изоморфных примесей в пределах пород основного и ультраосновного состава. Участком наиболее интенсивного рудогенного сноса молибдена является часть Варденисского хребта с отмеченными рудными скоплениями элемента.

г) Ртуть. Имеет петрогенный и рудогенный генезис. В пределах пород, слагающих Гегамский и Варденисский хребты, основная форма нахождения ртути петрогенная. Область наибольшего сноса ртути в озеро (преимущественно рудогенного генезиса) - Севанский хребет.

д) Мышьяк. По природе рудогенный. Снос элемента преимущественно водами, поступающими с Соткского золоторудного месторождения, весьма незначительный.

е) Серебро. В описываемом регионе имеет рудогенную природу. Наиболее вероятными областями сноса являются Соткское золоторудное месторождение и часть Варденисского хребта, в пределах которого локализуется вышеотмеченное рудопроявление.

ж) Хром. В исследованном регионе - рудогенный и петрогенный. К наиболее интенсивным участкам рудогенного сноса хрома в озеро относятся район Шоржинского хромитового месторождения, верховья рр. Даранак и Цапатах. Интенсивным петрогенным сносом характеризуется весь Севанский хребет. Частичным петрогенным сносом выделяются некоторые участки в пределах Варденисского и Гегамского хребтов. Таким образом, в природных водах Севанского бассейна хром является наиболее распространенным элементом, на что, вероятно, следует обратить особое внимание гидробиологам.

з) Никель. В природных водах Севанского бассейна - петрогенный элемент. Наиболее значительными участками сноса этого элемента в озеро является Севанский хребет, сложенный преимущественно ультраосновными и основными породами, в которых содержание никеля достигает 0,013-0,2%.

и) Кобальт. В условиях бассейна озера Севан - петрогенный элемент. Имеет весьма незначительное распространение в природных водах. Единственным участком сноса является Севанский хребет, где кобальт генетически связан с ультраосновными породами.

к) Фосфор. По геологическим данным в бассейне озера Севан нет фосфорсодержащих отложений, могущих явиться поставщиками ощутимых концентраций этого элемента в природных водах. Единственным существенным источником поступлений этого компонента в природные воды является техногенез, связанный с сельскохозяйственной деятельностью.

В прямой корреляционной связи с фосфором находятся фтор и нитраты, что предполагает двоякую - естественную и антропогенную - природу этих компонентов (фтор-апатиты -). Наиболее интенсивный снос этих биоэлементов в озеро происходит с Масрикской равнины, из бассейнов рр. Драхтик, Аргичи, Дзорагет и др.

8. На процессы метаморфизации химического состава озерной воды оказывают действие: испарение, атмосферные осадки, биогенное (и частично хемогенное) осаждение и подток глубинных вод. Действие перечисленных факторов на количественные показатели основных компонентов минерализации - избирательно. В результате класс озерной воды - гидрокарбонатно-хлоридный магниевый-натриевый-кальциевый с минерализацией 680-760 мг/л. Среди микрокомпонентного состава во всех пробах отмечены содержания в основном трех компонентов - молибдена, фосфора и фтора.

- Максимальные концентрации молибдена в озерной воде в 50 раз меньше ПДК, нормируемого для водоемов.

- Содержание фосфора резко возрастает в придонной части озера, значительно превосходя ПДК, установленные для водоемов.

- Содержание фтора в озерной воде весьма высоки: в приповерхностных пробах его концентрация достигает нормируемых величин, а в придонных - превосходит их.

Из числа других микрокомпонентов отмечаются содержания цинка, меди, хрома и никеля, однако концентрации их ниже ПДК, нормируемых для водоемов.

9. Принимая во внимание литолого-петрографические и метаталлогенические особенности описываемого региона, в донных осадках озера спектрометрически определялись следующие элементы:

Концентрации отмеченных элементов в донных осадках озера сравниваются со средними содержаниями этих компонентов в соответствующих типах пород, слагающих описываемый регион.

- Железо. Валовое содержание элемента в донных осадках

ниже кларковых величин для осадочных пород.

- Марганец. Среднее содержание марганца в донных отложениях озера соответствует кларку элемента в ультраосновных породах.

- Никель. Отмечается трехкратное превышение элемента по сравнению с кларком осадочных пород.

- Кобальт. Среднее содержание элемента соответствует кларку.

- Хром. Среднее содержание элемента в донных отложениях озера Севан в 1,5 раза превосходит кларк.

- Молибден. Среднее содержание элемента в три раза превосходит кларк литосферы и в 1,5 раза кларк осадочных пород.

- Медь. Среднее содержание элемента в донных отложениях озера соответствует кларку в осадочных, ультраосновных породах и литосферы в целом.

- Цинк. Среднее содержание элемента соответствует кларковым величинам.

- Титан. Среднее содержание титана в донных осадках озера ниже кларковых величин.

- Ванадий. Среднее содержание ниже кларковых величин.

- Свинец. Среднее содержание элемента укладывается в кларковые величины.

- Серебро. Среднее содержание элемента в донных отложениях озера в 2,5 раза превосходит кларк серебра в осадочных породах и в 3,5 раза - кларк литосферы.

- Мышьяк. Установленные средние содержания этого элемента в донных осадках озера вызывают сомнение. По непроверенным данным среднее содержание мышьяка на два порядка величин превышает кларковые концентрации.

- Ртуть. Спектральные определения по этому элементу отсутствуют. Солянокислые вытяжки дают весьма высокие содержания, в 2,5 раза превосходящие кларк этого элемента в осадочных породах. Полученные результаты подлежат проверке.

- Бор. Среднее содержание бора в донных отложениях озера в 3,0-3,5 раза выше кларковых концентраций элемента.

- Фосфор. Среднее содержание фосфора в донных отложениях озера примерно в 1,5-2,0 раза превышает кларковые величины.

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

1. Սևանա լճի ավազանը կազմված է հիմնականում երկու երկրաբանա-կառուցվածքային ֆորմացիաների ապարներից, որոնք որոշում են տա-րածքի մետաղանական յուրահատկութունները.

ա/ Ուլտրահիմքային ապարներ, որոնք լոկալիզացվում են կավճի և պալեոզենի նստվածքային և հրաբխածին-նստվածքային սերիաներում և պատված են զաքրոիդային և զրանիտոիդային ինտրուզիաների ոչ մեծ մարմիններով /Սևանա և մասամբ՝ Արեգունու լեռնաշղթաներ/: Ֆոր-մացիայի հետ կապված են հանքավայրեր և քրոմի, պղնձի, մանգանի, սնդիկի, նիկելի, մագնեզիտի երևակումներ:

բ/ Պալեոզեն-նեոզենի նստվածքային և հրաբխածին-նստվածքային ա-ռաջացումներ՝ պատռոզ զրանիտոիդային ինտրուզիաներով և ծածկված երիտասարդ /վերին պլիոցեն-չորրորդական/ վուլկանիտների հզոր սերիայով /Վարդենիսի և Գեղամա լեռնաշղթաներ/:

Այս տարածքը բնութագրվում է ոսկու, արծաթի, արսենի, թե-լուրի, բազմամետաղների, մոլիբդենի և մասամբ՝ պղնձի հանքավայ-րերի առկայությամբ:

2. Նկարագրվող տարածքի երկրաբանական կառուցվածքի տարաբնույթ լինելը պայմանավորում է բնական շրերի քիմիական կազմի խայտաբե-ղեությունը:

3. Ստորերկրյա շրերի քիմիական կազմի ձևավորման օրինաչափու-թյունների հետազոտությունը կատարվել է ուղղահայաց հիդրոգինա-միկական գոնալականության հիման վրա՝ ըստ տեղական, ռեզիդուալ հոսքերի և խորքային շրջապտույտի շրերի գոնաների:

ա/ Վերին հիդրոգինամիկական գոնայի շրերի քիմիզմը /տեղական հոսքի գոնա/ համապատասխան է շրատար ապարների կազմին: Միկրոբա-ղադրիչների առավելագույն քանակը, որ ներկրվում է դեպի մակե -

ընդհանրապես չընդունելու և հետևաբար չլինելու լծի շրջագծի, կապված է տեղական հոսքի զոնայի շրջերի հետ: Ըստ քիմիական կազմի առանձնացվում են շրջերի երկու մեծ դասեր՝ հանքայնացման ոչ մեծ արժեքով. հիդրոկարբոնատային կալցիումային /վարդենիսի և Գեղամա լեռնաշղթաների շրջեր/ և հիդրոկարբոնատային մագնեզիումային /Սևանա և մասամբ՝ Արեգունու լեռնաշղթաների շրջեր/: Առաջին դասի հետ կապված են հեռույալ տարրերը. մոլիբդեն, ցինկ, պղինձ, մասամբ՝ արծաթ, ոսկի, սնդիկ և ուրան, երկրորդի հետ՝ քրոմ, նիկել, կոբալտ, մանգան, պղինձ, սնդիկ:

բ/ Ռեզիդուալ հոսքի զոնայի շրջերը ավելի քիչ են համապատասխանում ջրատար ապարների կազմին: Դասերը նույնն են, ինչ վերին հիդրոդինամիկական հարկում, սակայն ընդհանուր հանքայնացումն ավելի քաղցր է: Որոշ անհամապատասխանությունն նկատվում է նաև շրջերի միկրոքաղադրիչային կազմում, ինչը արդյունք է շրջերի առավել տեղական ստորերկրյա շրջապտույտի, երբ լուծույթում քաղցրընտելում է մի շարք տարրերի կայունությունը:

գ/ Խորքային շրջապտույտի զոնայի շրջերի քիմիական կազմը չի համապատասխանում ջրատար ապարների քիմիական կազմին: Գենետիկորեն անջատվում են հանքային շրջեր և խորը տեղադրված արտեզյան մնշումային շրջեր: Միկրոքաղադրիչների պարունակությունն այս շրջերում տարաբնույթ է և չի ենթարկված վերը նշված մետաղածնական զոնալականություն: Այս շրջերի ազդեցությունը լծի շրջերի մետամորֆիզմի վրա չի ուսումնասիրված:

4. Գեղամա, վարդենիսի և Արեգունու լեռնաշղթաները դրենացնող մակերևույթային շրջերի քիմիական կազմը հիդրոկարբոնատային կալցիումային է, Սևանա լեռնաշղթայի շրջերինը՝ առավելապես հիդրոկարբոնատային մագնեզիումային: Այս հոսքերը միկրոքաղադրիչներով լիժը սնուցող հիմնական գործոններն են:

5. Բնական ջրերի միկրոքաղաղրիչային կազմում անջատվում են տարրերի երեք զենետրվական խմբեր, որոնք ունեն տարբեր բնույթ. հանքածին, պետրոօին և տեխնոօին: Սակայն որոշ տարրեր ունեն երկակի /քրոմ, մանգան, նիկել, սնդիկ/, իսկ մի շարք դեպքերում՝ եռակի բնույթ /պղինձ, ցինկ/:

ա/ Հանքածին տարրերը ներկայացված են հետևյալ շարքով. պղինձ, մոլիբդեն, ցինկ, արսեն, սնդիկ, արծաթ, քրոմ, մանգան, թելուր - ըրդներ և ոսկի:

բ/ Պետրոօին տարրերից առավել էականներն են. նիկել, կոբալտ, մագնեզիում, մասմբ՝ մանգան, սնդիկ, քրոմ:

գ/ Տեխնոօին աղտոտման հիմնական տարրերը /Փոսֆոր, ֆտոր, նիտրատներ/ կապված են գյուղատնտեսական գործունեությունների հետ: Տեխնոօին են նաև պղնձի ու ցինկի որոշ քանակություններ, որոնք, որպես կանոն, ի հայտ են բերվել հավառագետ, ճորագյուղ և Լիսք գետերի ջրերում:

Բացի նշված տարրերից, բնական ջրերում երբեմն-երբեմն որոշվել են նաև կալարի, բորի, բրոմի, յոդի պարունակությունները: Սակայն, քանակների աննշան լինելու պատճառով, այս բաղադրիչները մանրամասնորեն չեն ուսումնասիրվել:

6. Սևանա լճի ավազանում լուղալիզացված բազմաթիվ հանքանյութերից և հանքավայրերից երկրաբան-հետախուզական և շահագործողական աշխատանքների ենթարկվել են միայն Շորձայի քրոմիտի, Տիգրանաբերդի պղնձի և Սոթքի ոսկի-բազմամետաղային հանքավայրերը:

Տեխնոօին աղեցողության արդյունքում այս հանքավայրերի սահմաններում ընդարձակվել է օքսիդացվող հանքանյութերի տարածքը և, որպես հետևանք, կազմավորվել են հանքավայրային ջրեր՝ հանքայնացման բաղադրիչների բարձր պարունակություններով:

ա/ Շորժայի քրոմիտի հանքավայրի սահմաններում իրենց քիմիական կազմը ձևավորող ջրերի տարածման մակերեսը բավականին մեծ է /10-12 կմ²/: Քրոսի բարձր պարունակությունը /0,6-1,35 մգ/լ/ և համեմատաբար բարձր միզրացիոն ունակությունը նպաստում են նրա զգալի ներկրմանը դեպի Սևանա լճի շրջագիծ: Որոշ արգելակիչ դեր այս պրոցեսում խաղում է հանքավայրի շրակավածությունը: Հանքավայրի լճին մոտ տեղադրվածությունը ենթադրում է նյութի զգալի մեխանիկական ներկրում /սեղավային հոսքեր/: Արդյունքում՝ լճի ջրերում և հատկապես նստվածքներում դիտվում են քրոմի պարունակություններ: Հանքայնացման մյուս քաղաղրիչներից հարկ է նշել նաև մանգանի պարունակությունները հանքավայրային ջրերում /2,0-2,5 մգ/լ/: Շորժայի հանքավայրի հանքավայրային ջրերի ազդեցությունը լճի վրա առավել զգալի է նկարագրվող տարածքի բոլոր հանքավայրերի ջրերից:

բ/ Տիգրանաբերդի պղնձի հանքավայրի սահմաններում ձևավորվող ջրերը զբաղում են 8-10 կմ² տարածք: Գեոսկզեոի ջրերի կազմվող - րումբը, որը դրենաջնում է հանքավայրը, ընթանում է ստորերկրյա հանքավայրային ջրերի ռաշվին, որոնք մեռաժորժիզացվում են օքսիդացվող հանքանյութի ազդեցության տակ: Սակայն հանքային մարմինների ոչ մեծ չափերը, օքսիդացման պրոցեսների անշանությունը, թույլ շրակավածությունը սահմանափակում են հանքավայրային ջրերի մեծ քանակի առաջացումը: Դրա հետ մեկտեղ հանքային նյութի քաղաղրիչների տեղափոխումը /պղնձի հեռ միասին դիտվում են նաև արծաթի, սնդիկի, մանգանի պարունակություններ/ իոնային մասում շատ դժվարացված է մագնիսառալային ջրհոսքի միջավայրի րԻ-ի բարձր արժեքների /7,4-8,3/ պատճառով:

Ամենամոտավոր հաշվարկները ցույց են առիւս, որ նկարագրվող հանքավայրային ջրերը լճի ջրերի վրա չունեն էական ազդեցություն:

զ/ Սոթքի հանքային դաշտի որոշ տեղամասերում դիտվում են ին -
տենսիվ օքսիդացման պրոցեսներ: Լեռնային շատ փորվածքների սահ-
մաններում ձևավորվում է ջրերի գեներտիկական նոր տիպ՝ հանքավայ-
րային ջրեր: Հանքայնացման բաղադրիչների պարունակությունները
թույլ են տալիս այստեղ նախատեսել մետաղների կորզման հատուկ
աշխատանքների կազմակերպում /ոսկի, արծաթ, պղինձ/: Սոթքի հան-
քավայրի սահմաններում ձևավորվող Սոթք մայր ջրհոսքը /Մասրիկի
վտակներից մեկը/ միակ ջրային երակն է, որ հանքավայրի ջուրը
տեղափոխում է դեպի լիժ, որը հանքավայրից հեռու է մոտ 18-20
կմ: Ակունքներից մինչև Մասրիկի մեջ թափվելու կետն ընկած տեղա-
մասում կատարված համակարգված նմուշառկումները ցույց են տվել,
որ հանքավայրից 5-6 կմ հեռավորության վրա Սոթք գետի ջրերի քի-
միական կազմը /ներառյալ մակրո - և միկրոբաղադրիչները/ ձեռք է
բերում Փոնային արժեքներ: Դրան զգալիորեն նպաստում են կողային
հոսքերը:

Այսպիսով, Սոթքի ոսկու հանքավայրի ջրերը չեն աղտոտում
Սևանա լիժը մետաղներով, որոնք մշակվում են լեռնաարդյունահան-
ման կոմբինատում: Դա հաստատվում է նաև ռեժիմային դիտարկումնե-
րով, որ կատարվել են 10 ամիսների ընթացքում և ամենամսյա նմու-
շառկումներով՝ ակունքներից մինչև Մասրիկի մեջ լցվելը: Բնակ -
նաբար, ասվածը չի վերաբերվում կոմբինատի ընդհանուր արդյունա -
բերական թափոններին /նավթային, կենցաղային և արդյունաբե-
րական աղտոտում/, որոնց որոշումները դուրս էր մեր կողմից լուծ-
վող խնդիրների շրջանակից:

7. Կատարված ռեժիմային դիտարկումները թույլ են տվել բացահայ -
տել վերը նշված ջրհոսքերով տարբեր բաղադրիչների ներկրումը,
որոնցից առավել էականներն են.

Պ 1 հ ն 2. Նկարագրվող շրջանի շրեբում ունի հանքածին, պետրո-
ծին և մասամբ՝ տեխնոծին բնույթ: Պղնձի կրման օջախները, կապ -
ված սուլֆիդային նյութի քայքայման հետ, հանդիսանում են Սևանա
լեռնաշղթայի մի մասը, կապված Սարինարի վրաշարժի հետ, Տիգրա -
նաքերդի և Կուտականի հանքերակումների տեղամասերը, Վարդենիսի
լեռնաշղթայի մի մասը, որ հակվում է դեպի հայտնի երևակումը
Վարդենիկ գետի վերին հոսանքներում: Պետրոգեն կրումը դիտվում
է Սևանա լճի ամբողջ հյուսիս-արևելյան ափում: Հնարավոր տեխնա-
ծին բնույթի կրման տեղամասերը Գավառագետ, Արգիշի, Մարտունի և
Աստղածոր գետերն են:

ՄՈԼԻԲԴԵՆ. Նկարագրվող տարածքի փոքրացիաներում ունի երկակի
բնույթ՝ պետրոծին և հանքածին: Սևանա և մասամբ՝ Վարդենիսի լեռ-
նաշղթաների սահմաններում մոլիբդենը ներկայացված է իզոմորֆ
խառնուրդների ձևով /հիմքային և ուլտրահիմքային ապարներում/:
Առավել ինտենսիվ մատակարարումը կատարվում է Վարդենիսի լեռնա-
շղթայի մոլիբդենի հանքային կուտակումներ ունեցող տեղամասերից:

Ց հ ն 3. Նկարագրվող տարածքում ունի հիմնականում պետրոծին
մասամբ՝ հանքածին և, հնարավոր է տեխնոծին բնույթ: Սուլֆիդա -
յին նյութի քայքայման արդյունքում դեպի լիժ տեղափոխման հիմնա-
կան տեղամասը Վարդենիսի լեռնաշղթայի դեպի Վարդենիկ գետի ավա-
զանը հակված մասն է:

Պետրածին կրումը հիմնականում կապված է Սևանա լեռնաշղթա-
յի ուլտրահիմքային ապարների հետ /ցինկի պարունակությունը նը-
րանցում $3,2 \times 10^{-3}$ օ/օ է/: Մասնակի տեխնոգեն կրում դեպի լիժ
դիտվում է Մարտունու շրջանի որոշ գետերով /Արգիշի, Մարտունի,
Աստղածոր/:

Ս ն 7 հ ն 4. Ունի պետրոծին և հանքածին բնույթ: Գնդաձև և վար-
դենիսի լեռնաշղթաները կազմող ապարների սահմաններում սնդիկի

գտնվելու հիմնական ձևը պետրոծինն է: Դեպի լիճ ներկրման հիմնական մարզը /առավելապես հանքածին բնույթի սնդիկի/ Սևանա լեռնաշղթան է:

Ա Ր Ս Ե Ն. Բնույթով հանքածին է: Տեղափոխումը առավելապես Սոթքի հանքավայրերի շրջերով է և կազմում է աննշան քանակ:

Ա Ր Ծ Ա Թ. Ունի հանքածին բնույթ: Մատակարարման առավել հավանական մարզերը Սոթքի ոսկու հանքավայրն է և Վարդենիսի լեռնաշղթայի մի մասը, որի սահմաններում լուրջ խզացվում է վերը նշված հանքաերևակումը:

Բ Ր Ո Մ. Նկարագրվող շրջանում հանքածին է և պետրոծին: Առավել ակտիվ մատակարարման տեղամասերն են Շորժայի քրոմիտի հանքավայրը, Դարանակ և Ծափաթղ գետերի վերին ակունքները: Ինտենսիվ պետրոծին կրամք բնութագրվում է ամբողջ Սևանա լեռնաշղթան: Մասնակի պետրոծին կրումն ընթանում է Վարդենիսի և Գեղամա լեռնաշղթաների ուրոշ տեղամասերից: Այսպիսով, Սևանի ավազանի բնական շրջերում քրոմը առավել տարածված տարր է, ինչի վրա, հավանաբար, հարկ է հրավիրել շրակենսաբանների հատուկ ուշադրությունը:

Ն Ի Կ Ե Լ. Սևանի ավազանի շրջերում պետրոծին է: Տարրի կրման առավել նշանակալի տեղամասը Սևանա լեռնաշղթան է, որի երկրաբանական կառուցվածքում հիմնականում մասնակցում են ուլտրահիմքային և հիմքային ապարներ, որոնցում նիկելի պարունակությունը հասնում է 0,013-0,2 տոկոս/:

Կ Ո Ք Ա Լ Տ. Սևանի ավազանի պայմաններում պետրոծին է: Բնական շրջերում ունի աննշան տարածում: Մատակարարման տեղամասը Սևանա լեռնաշղթան է, որտեղ կոջալար գետնտիկորեն կապված է ուլտրահիմքային ապարների հետ:

Ֆ Ո Ս Ֆ Ո Ր. Ըստ երկրաբանական ավյալների, Սևանա լճի ավա -

զանում Հիան Փոսֆոր պարունակող այնպիսի գոյացումներ, որոնք կարողանային զգալի պարունակություններ մտակողարել քնական ջրերին: Միակ զգալի աղբյուրը տեխնոգենեզն է՝ կապված գյուղատնտեսական գործունեության հետ:

Փոսֆորի հետ կապի ուղիղ կորելյացիայի մեջ են գտնվում նիտրատները, ինչը ենթադրում է երկակի՝ քնական և անօրոգոգեն քնույթ այս բաղադրիչների համար /Փոսր-ապատիտներ - $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3$ /: Այս կենսաաարների առավել ինտենսիվ կրումը դեպի լիճ ընթանում է Մաս-րիկի հովտից, Դրախտիկ, Արգիչի և Ջորագետ գետերի ավազաններից:

8. Լճի ջրերի քիմիական կազմի մետամորֆիզացիայի վրա ազդում են գոլորշիացումը, մթնոլորտային տեղումները, կենսածին /և մասամբ՝ հեմոֆին/ նստեցումը և խորքային ջրհոսքերը: Այս գործոնների ազդեցությունը հանքայնացման հիմնական բաղադրիչների քանակական ցուցիչների վրա ընտրովի է: Արդյունքում՝ Լճի ջրի դասը մազնեզիում-նատրիում-կալցիումային է 680-760 մգ/լ հանքայնացմամբ: Բոլոր նմուշների միկրոբաղադրիչային կազմում նշվել են հիմնականում երեք բաղադրիչների պարունակություններ՝ մոլիբդեն, Փոսֆոր և Ֆոսր:

- Լճի ջրում մոլիբդենի առավելագույն պարունակությունը 50 առգամ ցածր է ջրամբարների համար նորմավորված թՄԱ-ից / ՌՁԿ /:

- Փոսֆորի պարունակությունը կտրուկ աճում է Լճի մերձհատակային մասում, զգալիորեն գերազանցելով ջրամբարների համար նախատեսված թՄԱ-ն:

- Ֆոսրի պարունակությունը Լճի ջրում շատ բարձր են: Մերձակերևութային շերտում հասնում են նորմավորված մեծություններին, իսկ մերձհատակային մասում գերազանցում են նրանց:

Մյուս միկրոբաղադրիչներից նշվում են ցինկը, պղինձը, քրոմը

և նիկելը, սակայն նրանց թվում-ները ցածր են ջրամբարների համար նորմավորված արժեքներից:

9. Նկատի առնելով նկարագրվող տարածքի լիթոլոգ-պետրոգրաֆիա - կան և մետաղածնական յուրահատկութունները, լճի հատակային նըստվածքներում սպեկտրաչափական որոշումների են ենթարկվել հետևյալ տարրերը.

Fe, Mn, Ni, Ti, Co, V, Cr, Mo, Cu, Pb, Ag, As, Zn, P, B: Այս տարրերի պարունակութունները լճի հատակային զոյացումներում համապատասխանում են նկարագրվող տարածքի ապարների համապատասխան տիպերում եղած պարունակութուններին:

- Երկաթ: Հնդհանուր պարունակութունը հատակային զոյացումներում ցածր է նստվածքային ապարների կլարկային պարունակութունից:

- Մանգան: Պարունակութունը հատակային նստվածքներում համապատասխանում է ուլտրահիմքային ապարների կլարկային պարունակութւյանը:

- Նիկել: Նկատվում է պարունակութւյան եռակի աճ՝ նստվածքային ապարների կլարկի համեմատութւյամբ:

- Պղնձ: Միջին պարունակութւյունը համապատասխանում է կլարկին:

- Բրոմ: Միջին պարունակութւյունը 1,5 անգամ գերազանցում է կլարկը:

- Մոլիբդեն: Միջին պարունակութւյունը 8 անգամ գերազանցում է լիթոսֆերայի կլարկը և 1,5 անգամ՝ նստվածքային ապարների կլարկը:

- Պղինձ: Միջին պարունակութւյունը համապատասխանում է նստվածքային, ուլտրահիմքային ապարների կլարկին և լիթոսֆերայի կլարկին ընդհանրապես:

- Ցիւկ: Միջին պարունակութիւնը համապատասխանում է կլարկային արժեքներին:

- Տիտան: Միջին պարունակութիւնը ցածր է կլարկային մեծութիւնից:

- Վանադիում: Միջին պարունակութիւնը ցածր է կլարկային մեծութիւնից:

- Նսպար: Միջին պարունակութիւնը կլարկային մեծութեան սահմաններում է:

- Արծաթ: Միջին պարունակութիւնը լճի հատակային զոյացումներում 2,5 անգամ գերազանցում է նստվածքային ապարների կլարկը և 3,5 անգամ՝ լիթոսֆերայի կլարկը:

- Արսեն: Որոշված միջին արժեքները կապած են հաբուցում և ըստ չստուգված տվյալների երկու կարգով գերազանցում են կլարկային պարունակութիւնները:

- Սնդիկ: Այս տարրի սպեկտրալ որոշումներ չեն կատարված: Աղաթթվային մզվածքը տալիս է արժեքներ, որոնք 2,5 անգամ գերազանցում են նստվածքային ապարների կլարկը: Ստացված տվյալները ենթակա են ստուգման:

- Բոր: Միջին պարունակութիւնը հատակային զոյացումներում 3,0-3,5 անգամ գերազանցում է տարրի կլարկային պարունակութիւնը:

- Փոսֆոր: Միջին պարունակութիւնը մոտ 1,5-2,0 անգամ գերազանցում է կլարկային մեծութիւնները:

Conclusions

1. Lake Sevan's basin is formed mainly by rocks of two geological-structural formations, which define the metalogenic specific features of the region:
 - a) Ultrabasic rocks localized in the sedimentary and volcanogenic-sedimentary series of the Cretaceous and the Palaeogene with small bodies of gabbroid and granitoid intrusions breaking through them (Sevan and Aregouni ranges). Deposits and manifestation of chromium, copper, manganese, mercury, nickel and magnesite are related to this formation.
 - b) Sedimentary and volcanogenic-sedimentary formations of the Palaeogene-Neogene with granitoid intrusions breaking through them, and covered with thick series of young (the Upper Pliocene-Quaternary) volcanites (Vardenis and Gegama ranges). This region is characterized by deposits of gold, silver, arsenic, tellurium, complex metal ores, molybdenum and partly copper.
2. The diversity of the geological structure of the region under study causes a diversity of chemical composition of the basin's natural water.
3. The regularities of underground water's chemical composition are studied based on a vertical hydrodynamic zonation in accordance with the zones: local and regional run-off and deep-circulation water.
 - a) The chemistry of the upper hydrodynamic stage (the local run-off zone) is zoned with respect to water-enclosing rocks. The highest content of microcomponents falling into surface water streams and reaching the lake's water is related to the local run-off zone's water. Two large classes of water with low value of general mineralization are distinguished in accordance with chemical composition within the zone under question: hydrocarbonate calcium (water from the Vardenis and Gegama ranges); and hydrocarbonate magnesium (water from the Sevan and partly Aregouni ranges). Molybdenum, zinc, copper, and partly gold, silver, mercury and arsenic are genetically related to the first zone, and chromium, nickel, cobalt, manganese, copper and mercury - to the second one.
 - b) The chemical composition of the regional run-off zone's water is less zoned with respect to the water-enclosing rocks. The water types are the same as in the upper hydrodynamic stage, but a general mineralization value is higher. A non-zonality to a some degree is observed in the microcomponent composition of water, what is a result of a longer lasting underground circulation; this circulation conditions increase a stability of a number of elements in solution.
 - c) There is no zonality in the chemical composition of the deep circulation water zone's water with respect to the water-enclosing rocks. Mineral water and deep artesian pressure water are distinguished genetically. Microcomponents content in

these waters is very diverse and does not subject to the metallogenetic zonality mentioned above. Impact of these waters on a metamorphization process of the lake's water has not been studied yet.

4. The chemical composition of the surface waters draining the Gegama, Vardenis and Aregouni ranges is hydrocarbonate calcium one; that for the Sevan range is mainly hydrocarbonate magnesium. These run-offs are the basic suppliers of microcomponents into the lake.

5. Three genetic groups of elements of various natures are distinguished in the microcomponent composition of the natural water: orogenous, petrogenous and man-made. However some elements are of double nature (chromium, manganese, nickel, mercury), or even triple nature (copper, zinc).

a) The orogenous elements are represented by the following series: copper, molybdenum, zinc, arsenic, mercury, silver, chromium, manganese, tellurides and gold.

b) Of the petrogenous elements the most important ones are nickel, cobalt, magnesium, partly manganese, mercury and chromium.

c) The basic components of man-made contamination (phosphorus, fluorine, nitrates) are related to farming activity. Some amount of copper and zinc that are also man-made are found in the waters of the rivers of Gavaraget, Dzoragyugh and Lichk.

Besides the elements mentioned above, concentrations of lead, boron, bromine and iodine were found sporadically in the natural waters, but these were not studied in detail because of their low concentrations.

6. Of numerous ore manifestations and deposits localized in Lake Sevan's basin only the Shorzha chromite deposit, the Tigranaberd copper deposit and the Sotk gold-ore deposit were explored and developed. In the result of man-made impact within these deposits an area of oxidizing ores increased and in consequence mine water with high content of ore mineralization components was formed.

a) The distribution area for the water forming its chemical composition within the Shorzha chromite deposit is quite large (10 to 12 sq. km). High concentration of chromium (0.6 to 1.35 mg/l) and relatively high migration ability in the conditions of this deposit support a quite significant input of this element into Lake Sevan's water. A more intense drift is prevented by a low water content of the deposit. The deposit localization on the lake's shore supposes a significant mechanical (mudflows) drift of material during a flooding. And in the result chromium content is found in the lake's water and bottom sediments. Of other components of ore mineralization, the manganese content reaching up to 2.0 - 2.5 mg/l in mine water

should be noted. The mine water of the Shorzha deposit has an impact on the lake's water most significantly of the all deposits of the region under study.

b) The water formation area within the Tigranaberd copper deposit is about 8 to 10 sq. km. The Getak river, which drains the deposit, is formed due to underground mine water metamorphized by oxidizing ores. However, the small sizes of ore bodies, weak oxidizing process and low water content of the deposit restrict forming of large amount of mine water. In addition ore mineralization component's transfer (besides copper, silver, mercury and manganese are also present) in the ion component is significantly hindered because of high pH (7.4 to 8.3) in the basic water stream.

Very approximate calculations show that mine water of the deposit in question does not impact the chemical composition of the lake's water.

c) Intense oxidization processes are observed within some sites of the Sotk deposit. Within numerous mine workings a genetically new type of water, mine water, is formed. High concentrations of ore mineralization components allow to arrange special works for utilization of metals (gold, silver and copper). The basic water stream of Sotk (one of the tributaries of the Masrik River) which is formed within the Sotk ore field, is the only water artery transporting the deposit water into Lake Sevan's water, which is situated at the distance of 18 to 20 km from the ore field. Systematic testing of the water stream from its source to the confluence with the Masrik River showed that at the distance of 5 to 6 km from the deposit the chemical composition (including micro- and macrocomponents) of the Sotk River's water had the background values. This was substantially supported by side inflows that diluted the mine water.

Thus, the Sotk gold-ore deposit's water does not contaminate Lake Sevan with metals, which are developed by the mining works. It is confirmed by the regime observation in the Sotk River water carried out for ten months with monthly testing of the Sotk River from the source to the confluence with the Masrik River. It is natural that this is not applied to general industrial wastes of the works (oil products, household and industrial contamination), which are not included in the tasks of this book.

7. The carried out regime observations allowed to determine inflow of various microcomponents by the above mentioned water streams. The most significant microcomponents are:

a) Copper. This element has oreogenous, petrogenous and partly man-made nature. The copper drift sources related to sulfide material decomposition are a part of the Sevan Range confined to the Sarinar overthrust, the sites at the Tigranaberd and Koutakan ore manifestations, a part of the Vardenis Range confined to the known manifestation which is localized at the Vardenik River upstream. Petrogenous drift

is observed throughout the northeastern shore of Lake Sevan. The sources of possibly man-made-genesis elements' inflow are the rivers Gavaraget, Argichi, Martouni, and Astkhadzor.

b) Zinc. In the conditions existing in the region in question this metal is mainly of petrogenous, partly orogenous and, probably, man-made nature. Site of dominating drift to the lake because of sulfide material decomposition is apart of the Vardenis Range confined to the Vardenik River basin. The petrogenous drift is related mainly to ultrabasic rocks of the Sevan Range (zinc content is $3.2 \cdot 10^{-3}$ %). Partial man-made inflow of zinc to the lake is found in the rivers of the Martouni region (the rivers of Argichi, Martouni, and Astkhadzor).

c) Molybdenum. It has double genesis - petrogenous and orogenous - in the formations of the region under study. Within the Sevan range and a part of the Vardenis Range molybdenum is represented as isomorphous impurities in basic- and ultrabasic-composition rocks. The most intense orogenous drift site for molybdenum is the part of the Vardenis Range with the mentioned ores' accumulations of the element.

d) Mercury. It has petrogenous and orogenous genesis. Within the rocks forming the Gegama and Vardenis Ranges, the main form of mercury is petrogenous. The site of most intense drift (mainly of orogenous genesis) is the Sevan Range.

e) Arsenic. It is orogenous by its nature. The element is drifted mainly by water coming from the Sotk gold-ore deposit. It is insignificant.

f) Silver. It has orogenous nature in the region under study. The most probable drift sites are the Sotk gold-ore deposit and the part of the Vardenis Range where the above mentioned deposit is localized.

g) Chromium. It is of petrogenous and orogenous genesis in this region. The sites of the most intense drift of chromium into the lake are the region of the Shorzha chromite deposit, and the Daranak and Tsapatakh rivers' upstreams. The intense petrogenous drift is characteristis to the entire Sevan Range. Partial petrogenous drift is intrinsic to some sites within the Vardenis and Gegama Ranges. Thus, chromium is the most wide spread element within the natural water of the Sevan basin, to what hydrobiologists should pay a special attention.

h) Nickel. It is a petrogenous element in the natural water of the Sevan basin. The most significant site of its drift into lake is the Sevan Range, which is formed mainly by ultrabasic and basic rocks, where the nickel concentration is reaching 0.013 to 0.02%.

i) Cobalt. It is a petrogenous element in the conditions of the Sevan basin. It is spread insignificantly in the natural water. The only drift is the Sevan Range where cobalt is genetically related to ultrabasic rocks.

j) Phosphorus. According to geological data there is no phosphorus-containing deposits which could be a source of phosphorus significant concentrations to the natural water. The only substantial source of this element to the natural water is man-made genesis related to farming.

Fluorine and nitrites are directly correlated to phosphorus what specified the double nature (natural and man-made) of these components (fluorine-apatites). The most intense drift of these bioelements occurred from the Masrik plain, from the basins of the rivers of Drakhtik, Argichi, Dzoraget, etc.

8. The metamorphization processes of the lake's water chemical composition had an impact on by evaporation, precipitation, biogenic (and partly chemogenic) deposition and inflow of deep water. Influence of the enumerated factors on the quantitative indices of mineralization basic components is selective. In the result the lake's water class is a hydrocarbonate-chloride and magnesium-sodium-calcium one with mineralization of 680 to 760 mg/l. Three components of microcomponent composition are mainly found in all the tested samples: molybdenum, phosphorus and fluorine.

- the maximum concentration of molybdenum in the lake's water less than the maximum tolerance concentration (MTC) which is rated for water storages by a factor of 50;
- phosphorus content is drastically increasing towards the lake's bottom, exceeding the MTC specified for water storages significantly;
- fluorine content in the lake's water is rather high: in the near-surface samples its concentration reaches to the rated values, and in the bottom ones it exceeds them.

Of other microcomponents, zinc, copper, chromium and nickel are found but their concentrations are lower than the MTC specified for water storages.

9. Taking account to the lithological- and -petrographical specific features of the region under study, the following elements were determined spectrometrically in the bottom sediments of the lake.

The concentrations of the mentioned elements in the lake's bottom sediments were compared with the average concentrations of these components in the corresponding rocks forming the region under study.

- *Iron*. The total content of this element is lower than the clark values for sediments.

- *Manganese*. The average content of manganese in the lake's bottom sediments corresponds to the clark of the element in ultrabasic rocks.
- *Nickel*. It exceeds the clark value for sediments by a factor of 3.
- *Cobalt*. The average content of the element corresponds to the clark.
- *Chromium*. The average content of chromium in the lake's bottom sediments exceeds the clark by a factor of 1.5.
- *Molybdenum*. The average content of the element exceeds the clark of the lithosphere by a factor of 3 and that for sediments by a factor of 1.5.
- *Copper*. The average content of the element in the lake's bottom sediments corresponds to the clark of sedimentary, ultrabasic rocks and the lithosphere as a whole.
- *Zinc*. The average content of the element corresponds to the clark values.
- *Titanium*. The average content of the element in the lake's bottom sediments is lower than the clark values.
- *Vanadium*. The average content is lower than the clark values.
- *Lead*. The average content of the element corresponds to the clark values.
- *Silver*. The average content of the element in the lake's bottom sediments exceeds the silver clark of the lithosphere by a factor of 3.5 and that for sediments by a factor of 2.5.
- *Arsenic*. The found average values of this element in the lake's bottom sediments are doubtful. According to the non-verified data, the average concentration of this element in the lake's bottom sediments exceeds the clark concentrations by two orders.
- *Mercury*. There is no spectral determination for this element. Hydrochloric acid extractions give rather high concentrations, exceeding this element clark in the sediments by a factor of 2.5. The result obtained should be verified.
- *Boron*. The average content of the element in the lake's bottom sediments exceeds the clark concentrations by a factor of 3.0 to 3.5.
- *Phosphorus*. The average content of the element in the lake's bottom sediments exceeds the clark values by a factor of 1.5 to 2.0.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Абовян С.Б. К вопросу о петрографическом составе Кясаменского массива основных и ультраосновных пород в Армянской ССР. Изв.АН АрмССР, геол. и геогр.науки, том XVI, № 2, 1963.
2. Аветисян В.А., Ветуни В.Т. Гидрогеологическое районирование. "Геология Армянской ССР", том УШ, "Гидрогеология". Ереван: Изд.АН АрмССР, 1974.
3. Аветисян В.А. К вопросу о формировании вод андезито-базальтовых лав Армении. В сб.: Вопросы геологии и гидрогеологии Армянской ССР, Ереван: Изд.АН АрмССР, 1956.
4. Амирян Ш.О. Зодское золоторудное месторождение. Ереван: Изд.АН АрмССР, 1974.
5. Аслаян А.Т. Региональная геология Армении. Ереван: "Ам-петрат", 1958.
6. Аслаян А.Т. К вопросу о происхождении озера Севан. Изв. АН АрмССР, серия естественных наук, № 8, 1947.
7. Аслаян А.Т. Проблема происхождения озера Севан в свете современных данных. Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, № 3, 1979.
8. Бадьян С.П., Бошнякян П.С. Палеогеография и гидрогеология бассейна оз.Севан. В кн.: Вопросы геологии Кавказа. Ереван: Изд.АН АрмССР, 1964.
9. Бетехтин А.Г. О платиноносности Гокчинских перидотитовых массивов (в Армении). Изд."Цветные металлы", № 3, 1932.
10. Бродский А.А. Основы гидрогеохимического метода поисков сульфидных месторождений. М.: Недра, 1964.
11. Галстян А.Р. К вопросу о гидрогеохимии Шоржинского хромитового месторождения. Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, т.ХУ, № 2, 1962.
12. Галстян А.Р. Результаты применения гидрогеохимической съемки для поисков хрома, кобальта и никеля в Армянской ССР. Труды ВСЕГИНГЕО, 1963.
13. Гужмудян С.П. Схематическая стратиграфическая колония бассейна оз.Севан (составлена по изданию "Геология Армянской ССР", т.П.

14. Долуханова Н.И. Опыт применения гидрохимической съемки на медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР. Ереван: Изд.АН АрмССР, 1958.
15. Долуханова Н.И., Галстян А.Р., Каплянян П.М. Воды рудных месторождений Армянской ССР. "Геология Армянской ССР", т.УШ, "Подземные воды", 1974.
16. Долуханова Н.И., Галстян А.Р., Игумнов В.А., Каплянян П.М., Сардаров Э.И. Результаты гидрогеохимического прогнозирования на территории Армянской ССР. Тезисы Всесоюзного совещания по геохимии. М., 1974.
17. Долуханова Н.И. Основные черты гидрогеологии Армянской ССР. Тезисы докладов заседания Международной ассоциации гидрогеологов, Белград, 1963.
18. Игнатович И.К. О закономерностях распределения и формирования подземных вод. ДАН СССР, т.ХІУ, № 3, 1944.
19. Каплянян П.М. К проблеме загрязнения вод озера Севан. Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, т.Х І, № 3, 1988.
20. Каплянян П.М. Принципы нормирования концентраций элементов в питьевых водах территории Республики Армения. Изв.НАН РА, Науки о Земле, т.Х УП, № 2-3, 1995.
21. Каплянян П.М. Основные причины увеличения трофности оз.Севан. ДАН РА, № 6, 1996.
22. Карапетян А.И. К вопросу выделения рудных формаций на примере эндогенных месторождений Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 5, 1969.
23. Карапетян А.И. О полиэтапности минерализации на примере некоторых эндогенных месторождений Армянской ССР. Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, № І, 1970.
24. Карапетян А.И. Генетические группы рудных формаций Памбак-Зангезурского пояса. Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, № 4-5, 1977.
25. Карапетян А.И. Эндогенные рудные формации Памбак-Зангезурской металлогенической зоны Малого Кавказа. Ереван: Изд.АН АрмССР, 1982.
26. Ковалев В.А., Генералова В.А. О взаимодействии гуминовых и фульвокислот торфяных почв с железом. Почвоведение, № 9, 1966.

27. Крайнов С.Р., Швец В.М. Основы геохимии подземных вод. М.: Недра, 1980.
28. Кузнецов С.С. О гидрогеологии бассейна оз.Севан. Сб.: Бассейн озера Севан (Гокча), том III, вып. I, Изд. АН СССР, 1930.
29. Левинсон-Лессинг Ф.Ю., Куплетский Б.М., Кузнецов С.С. и др. Бассейн оз.Севан (Гокча), Научные результаты экспедиции, 1927.
30. Личков Б.Л. К вопросу о значении местных базисов эрозии в гидрогеологии. Тр. ЛГГП АН СССР, т. III, 1948.
31. Лукашев К.И., Ковалев В.А. и др. Геохимия озерно-болотного литогенеза. Минск: изд. "Наука и техника", 1971.
32. Лятти С.Я. Материалы по исследованию оз.Севан, ч. IV, вып. I. Материалы гидрохим. исследований. Л., 1932.
33. Лятти С.Я. Поливные качества вод оз.Севан и Занги. Матер. по использованию оз.Севан и его бассейна, ч. IV, вып. 3, Тбилиси, 1933.
34. Магакьян И.Г. Основные черты металлогении Армении. "Советская геология", № 6, 1959.
35. Магакьян И.Г., Пиджян Г.О., Фарамазян А.С. Рений в медно-молибденовых месторождениях АрмССР. ДАН АрмССР, т. 37, № 2, 1963.
36. Макаренко Ф.А. Некоторые результаты изучения подземного стока. Тр. ЛГГП АН СССР, т. I, 1948.
37. Макаренко Ф.А. О подземном питании рек. Тр. ЛГГП СССР, т. I, 1948.
38. Милановский Е.Е. История формирования впадины оз.Севан. Бюлл. МОИП, отд. геологии, т. XXXVII, вып. 3, 1952.
39. Методические рекомендации, № 12, Мингео СССР (ВИМС), М., 1981.
40. Павлов Н.В., Соколов Г.А. Некоторые закономерности в размещении хромитовых месторождений в Кемпирсайском ультраосновном плутоне, включая скрытые рудные тела. Госгеолиздат, М., 1963.
41. Паланджян С.А. Петрология гипербазитов и габброидов Севанского хребта. Изд. АН АрмССР, 1971.

42. Пеффенгольц К.Н. Геологический очерк Армении и прилегающих частей Малого Кавказа. Ереван: Изд.АН АрмССР, 1948.
43. Перельман А.И. Геохимия эпигенетических процессов. М.: Недра, 1968.
44. Перельман А.И. Геохимия. М.: Недра, 1980.
45. Резников А.А., Муликовская Е.И. Методы анализа природных вод. Госгеолиздат, М., 1954.
46. Саркисян Г.А. Типы медной минерализации Севанской офиолитовой зоны. Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, № 4, 1979.
47. Саркисян Г.А. Саринарское медное рудопоявление в Присеванской офиолитовой зоне. Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, № 3, 1978.
48. Саркисян Г.А., Ананян Э.В., Танашян М.А., Карахчян А.С. О рудоконтролирующей роли Памбак-Саринарского разлома (Севанский хребет). Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, т.35, № 3, 1982.
49. Сатян М.А. Геология Севана. Изд.НАН РА, Ереван, 1994.
50. Саядян Ю.В., Алешинская З.В., Ханзадян Э.В. Последниково-отложения и археология побережья оз.Севан. В кн.: Геология четвертичного периода. Ереван: Изд.АН АрмССР, 1977.
51. Саядян Ю.В. Путеводитель экскурсии XI Конгресса ИНКВА. М., 1981.
52. Смирнов С.С. Зона окисления сульфидных месторождений. М.: Наука, 1955.
53. Фарамазян А.С., Акопян А.Г. Рений в некоторых молибденовых рудопоявлениях Айодзорского рудного района. Изв.АН АрмССР, серия геол.-геогр.наук, т.XVI, №3, 1963.
54. Халатян Э.С. Распределение бора в минеральных водах Армянской ССР. Ереван: Изд.АН АрмССР, 1980.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
I. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ОРОГИДРОГРАФИИ, ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕ- НИЯ И РУДОНОСНОСТИ БАСЕЙНА ОЗ.СЕВАН	9
I.1. Орогидрография	9
I.2. Стратиграфия пород, участвующих в геологическом строении бассейна оз.Севан	11
I.3. Интрузивные породы	13
I.4. Рудоносность бассейна озера Севан	18
I.4.1. Проявления марганца	18
I.4.2. Месторождения и проявления хромистого же- лезняка	18
I.4.3. Рудопроявления магнезита	19
I.4.4. Проявления асбеста	20
I.4.5. Проявление титаномagnetита	20
I.4.6. О платиноносности ультрамафитовых пород бассейна оз.Севан	20
I.4.7. Рудопроявления меди	21
I.4.8. Рудопроявления молибдена	22
I.4.9. Проявления ртути	23
I.4.10. Месторождение и проявления золота	24
2. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ БАСЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН	28
2.1. Гидрогеологические условия Севанского хребта ...	30
2.2. Гидрогеологические условия Варденисского хребта	33
2.3. Гидрогеологические условия Гегамского хребта ..	36
2.4. Гидрогеологические условия Арегунийского хребта	39
2.5. Гидрогеологические условия Масрикской равнины ..	41
3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД БАСЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН	43
3.1. Химический состав вод зоны местного стока	43
3.2. Химический состав вод зоны регионального стока..	112
3.3. Химический состав вод зоны глубокой циркуляции	132
3.4. Химический состав поверхностных вод, поступающих в озеро Севан	141
3.5. Геохимические особенности поверхностных вод бас- сейна озера Севан	203
3.6. Химический состав вод и донных отложений озера Севан	225

3.6.1. Распределение элементов в озерной воде ..	225
3.6.2. Распределение элементов в донных осадках озера Севан	235
3.7. Факторы, определяющие метаморфизацию озерной воды	247
РЕЗЮМЕ	260
ЛИТЕРАТУРА	267

Павел Михайлович Каплянц, Арутюн Рубенович Галстян,
Леонид Артаваздович Григорян, Аллот Илоевич Карапетян,
Грачя Варданович Шагинян, Цагик Овакимовна Эксузян

ГЕОХИМИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД БАССЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН

Редактор издательства А.А.Хачатрян
Художник А.М.Цатурян
Тех. редактор Р.Х.Геворкян
Корректор З.Е.Аракелян

ИБ. N 1617

Сдано в производство 28.08.1997г.
Подписано к печати 31.07.1997г.
Формат 60x84 1/16 бумага N1
Печ.л. 17,25. Усл.печ.л. 16,04
Учетно-изд. л. 15,25. Тираж 100
Зак. N Изд. N 7789
Цена договорная

Издательство "Гитутюн" НАН РА
375019, Ереван, пр.Маршала Баграмяна, 24г.

18688