

*Э. С. Халатян*

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОРА  
В МИНЕРАЛЬНЫХ ВОДАХ  
АРМЯНСКОЙ ССР**

*Ереван*

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ  
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Է. Ս. ԽԱԼԱԹՅԱՆ

**ԲՈՐԻ ԲԱՇԽՈՒՄԸ  
ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ  
ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՋՐԵՐՈՒՄ**

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԱ ՀՐԱՏԱՐԱԿՉՈՒԹՅՈՒՆ  
ԵՐԵՎԱՆ 1980

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

553.7:59

Э. С. ХАЛАТЯН

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОРА  
В МИНЕРАЛЬНЫХ ВОДАХ  
АРМЯНСКОЙ ССР**

3  
3182

ИЗДАТЕЛЬСТВО АН АРМЯНСКОЙ ССР  
ЕРЕВАН

1980



В работе охарактеризована бороносность пород, минералов, почв, растений, поверхностных и подземных вод Армянской ССР, однако основное внимание уделено выявлению закономерностей распределения бора в минеральных водах. На фоне гидрогеохимической зональности Армении рассмотрено поведение бора в главнейших углекислых минеральных водах.

Изучено формирование и обогащение бором минеральных вод в связи с тектоно-магматическими, структурно-фациальными, геоморфологическими, стратиграфическими, гидрогелогическими, гидрогеохимическими и другими особенностями территории Армении и смежных областей.

Работа рассчитана на широкий круг геохимиков, гидрогеологов, гидрохимиков, а также работников здравоохранения, сельского хозяйства и плановых организаций.

Ответственный редактор  
академик АН Армянской ССР  
И. Г. МАГАКЬЯН

Книгу рекомендовали к печати рецензенты:  
член-корреспондент АН СССР, профессор Н. И. ХИТАРОВ,  
кандидат геолого-минералогических наук А. Л. АНАНЯН

X  $\frac{1904020000}{703(02)-80}$  91 - 79

©Издательство АН Армянской ССР, 1980.

## В В Е Д Е Н И Е

По своему геологическому строению и металлогении территория Армянской ССР имеет много общего с Ираном и Турцией и примыкает к Широкому борному поясу, располагаясь в южной его полосе.

В представленной работе рассмотрены бороносность пород, почв, растений и природных вод Армянской ССР. Особое внимание уделено выявлению закономерностей поведения бора в углекислых минеральных водах.

Изучением бороносности территории Армянской ССР и смежных с нею регионов многие годы занимались сотрудники Управления геологии при СМ Армянской ССР, Института геологических наук (ИГН) АН Армянской ССР, а также многих республиканских и союзных научно-производственных организаций. Из-за недостаточной надежности анализов, имеющих методическое основание, в работе приводится далеко не полный перечень результатов ряда исследований.

В работе широко применялись количественные и приближенно-количественные спектральные определения бора. Спектральные анализы в основном выполнены в ИГН АН Арм. ССР Г. М. Мкртчяном и М. Я. Мартиросяном с использованием безборных углей марки ОСЧ/с-1/ на спектрографах ИСП-28/30/ и ДФС-13 (чувствительность - 0,0003%).

Химические определения малых количеств бора проводились колориметрическим методом с применением кармина (чувствительность - 0,001 мг/), а для определения больших количеств применялся объемный метод титрования бора щелочью в присутствии маннита (чувствительность - 0,02 мг/).

В 540 минеральных источниках химически был определен бор, а в некоторых из них - медь, молибден, свинец, цинк, фтор, бром, йод, литий, мышьяк, барий, стронций, рубидий, цезий и др.

Как известно, в Армении было всего зафиксировано около 700 минеральных источников, используя алгоритмы классификации и "автоматического прогнозирования", охарактеризована также бороносность источников, где непосредственно определение бора не проводилось.

Статистическая обработка результатов химических анализов и применение алгоритмов классификации и прогнозирования выполнены совместно с сотрудником Вычислительного центра АН Арм. ССР и Ереванского государственного университета Д. Г. Асатрян.

Рентгеноструктурные исследования минералов проводились в лаборатории Института геологических наук Э. Х. Хуршудян.

Отобранные нами растения определялись в Ереванском государственном университете Т. Г. Цатурян.

Анализы в основном выполнены в химических и гидрохимических лабораториях Института геологических наук АН Арм. ССР (Э. А. Кюрегян, Ц. О. Эксюзян и Р. А. Тунянц), в лабораториях Управлении геологии, в НИИ курортологии и физиотерапии Министерства здравоохранения Арм. ССР (О. А. Бозоян, Л. Г. Дарбинян). Контрольные анализы проводились также во ВСЕГЕИ (А. А. Резников, Е. П. Муликовская), ИМГРЭ (Е. А. Фабрикова, Н. Е. Семенова), в МиО АН Каз. ССР (Н. Л. Бабенко и др.).

Автор признателен чл.- корр. АН СССР Н. И. Хитарову, академику АН Арм. ССР И. Г. Магакьяну, кандидату геолого-минералогических наук Н. И. Долухановой, доктору геолого-минералогических наук Г. О. Пиджяну за советы и ценные замечания.

При проведении полевых и камеральных работ автора поддерживали и оказывали содействие кандидаты геолого-минералогических наук В. А. Аветисян, А. Л. Ананян, А. Р. Галстян, П. М. Каплян и В. А. Игумнов, а также работники производственных организаций - Р. Б. Ядоян, М. П. Ходжоян, Д. Я. Симонян, В. А. Явруян, В. Х. Миджиферджян, Г. Г. Мкртчян и др.

Считаю приятным долгом выразить глубокую благодарность всем перечисленным товарищам, а также сотрудницам гидрохимической лаборатории ИГН АН Арм. ССР Р. А. Бурнутян, А. А. Геворкян, К. А. Рашмаджян.

## Глава 1

### ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ АРМЯНСКОЙ ССР

#### 1. Физико-географическая характеристика

Армянская ССР занимает северо-восточную часть обширного Армянского нагорья, которое с севера окаймлено Понтийскими горами и Малым Кавказом, с юга — системами Армянского Тавра и Загроса. На востоке и западе оно постепенно переходит в Иранское и Малоазиатское нагорья. Это типичная горная страна, 90% территории которой лежит на высоте более 1000 м над уровнем моря. Высшая точка Армянской ССР — г. Арагац (4095 м), а низшие отметки — в Ноемберянском районе (Баграташен) — 371 м, а также в Мегринском ущелье.

Рельеф республики отличается многообразием форм и типов, что обусловлено сложностью геологического строения и физико-географических условий. Он создан отдельными блоками и складчатыми структурами, подвергшимися сводово-глыбовым поднятиям Малого Кавказа. Последние сопровождались активными проявлениями вулканизма.

Начало формирования современного рельефа было заложено в олигоцене, с этого времени центральная часть Малого Кавказа, освободившаяся от моря, вступила в континентальную фазу развития.

Учитывая рельефообразующие факторы и формы рельефа, А. А. Габриеляном и С. П. Бальяном (1952) на территории Армянской ССР выделены следующие главнейшие типы: 1) структурно-тектонический и горно-эрозионный — складчато-глыбовые эрозионные хребты с долинами и ущельями (Базумский, Памбакский, Севанский, Зангезурский и др.); 2) аккумулятивный — аллювиально-пролювиальные и озерно-речные долины (Арагатская, Ширакская, Севанская, Памбакская, Лорийская и др.); 3) вулканический и тектоно-вулканический — центр

Антикавказ, где образован ряд вулканических плато (Джавахетское, Лорийское, Октемберянское, Егвардско-Канакерское, Ераблурское и др.), приподнятых тектоническими движениями массивов (г. Арагац, Гегамское нагорье) и вулканических аппаратов; 4) гляциальный – развит только в вершинных частях в виде троговых долин, цирков, по периферии их в виде моренных и флювиогляциальных отложений.

Поверхность республики расчленяется на три области: 1) северо-восточную и юго-восточную с преобладанием структурно-тектонического горно-эрозионного рельефа; 2) центральную с господством вулканического рельефа и 3) юго-западную – аккумулятивный рельеф Араратской котловины.

Речная сеть. Более 215 рек Армении имеют протяженность свыше десяти км. Речная сеть сильно развита в горах (особенно там, где распространены водонепроницаемые или плохо проницаемые образования) и менее – в низинных районах.

Речная сеть Армянской ССР принадлежит бассейну Каспийского моря. Бассейн реки Куры охватывает только север Армении, составляя 26,5% ее территории, а основную ее часть включает в себя бассейн р. Аракс. Притоками Аракса являются Ахурян, Раздан, Азат, Веди, Арпа, Мегри, Охчи, Воротан и другие менее крупные реки.

Из-за большой разницы высотных отметок, реки Армении отличаются крутизной продольного профиля, каменистостью и большой эрозионной способностью. Реки разработали преимущественно глубокие, узкие ущелья и, реже, широкие долины.

Питаются реки талыми, ливневыми и грунтовыми водами. Максимум паводков наблюдается в мае, а менее слабый – в сентябре-октябре. Из-за быстроты течения реки Армении почти не замерзают.

Густота гидрографической сети с северо-востока на юго-запад падает, что прежде всего предопределяется климатическими особенностями территории Армянской ССР.

Сток рек Армянской ССР подчиняется вертикальной зональности природных условий и ее территории.

В зависимости от биоклиматических условий четко выражена вертикальная зональность генетических типов почв. Расположение почвенных зон предопределяется высотой и рельефом и в связи с этим они различны для северных и южных частей Армянской ССР (см. табл. 1).

Таблица 1  
Генетические типы почв Армянской ССР

Почвенные пояса	Высота над уровнем моря	
	север	юг
Пустынный	-	600-800
Полупустынный	-	800-1200
Сухо-степной	600-800	1200-1800
Горно-степной	800-1900	1400-2200
Горно-лесной	600-1800	1000-2300
Горно-луговой	1900-2500	2400-3500
Высокогорный	выше 2500	выше 3900

Интересен растительный покров территории республики. Здесь смыкаются геоботанические провинции: Армяно-Иранская пустынно-полупустынная и фриганоидная, и Кавказская мезофильная - леса и дуга.

Растительность Армении также образует вертикальные пояса, которые соответствуют почвенным.

Полынная полупустыня развита в Араратской равнине. Фриганоидная растительность характерна для предгорий Араратской котловины. Степная растительность развита на Ширакском и Лорийском плоскогорьях и в бассейне оз. Севан (ковыльные степи), а также в Зангезуре, Айоцдзоре (злаково-разнотравные степи). Ксерофильное редколесье характерно для больших высот - Зангезур, Айоцзор, Арегуни, Туманянский район. Альпийские дуга приурочены к высокогорным областям Арагаца и Гегамского хребта.

Республика бедна лесами, они покрывают лишь 10% ее территории, в основном в северной части.

Армянская ССР отличается и многообразием климатических условий. В согласии с орографией Армении и циркулирующей воздушных течений, А. Б. Багдасарян (1958) выделяет три типа таких условий: 1) климат склонов долин и плато, открытых для западных и восточных вторжений; 2) климат замкнутых склонов долин и плато; 3) климат высокогорных плато, не ограниченных высокими горными хребтами, для которых важное значение имеют западные и восточные вторжения

Сложный рельеф республики определяет и ярко выраженное чередование вертикальных климатических зон.

Распределение осадков на территории республики соответст-

вует ее орографии. Максимум осадков в Армянской ССР выпадает на западных склонах Джавахетских (Мокрых) гор, Арагацском массиве и Гегамском хребте – 800 мм в год. Во внутренних районах количество осадков убывает в соответствии с защищенностью горами и с убыванием высоты, составляя в предгорьях долины р. Аракс 400 мм, в Араратской равнине – 250–300 мм в год.

Повсеместно, исключая некоторые северные районы и оз. Севан, в годовом распределении осадков различаются два максимума – весной и осенью и два минимума – зимой и летом.

Табл. 2 иллюстрирует распределение осадков на территории республики.

Таблица 2

Распределение осадков в Армянской ССР

Годовая сумма осадков в мм	Площадь в % ко всей территории Арм. ССР
250–300	6
300–400	9
400–500	23
500–600	35
600–700	16
700–800	9
800 и более	2

Как видно из таблицы, на 58% территории Армении выпадает 400–600 мм осадков в год.

Рельеф оказывает существенное влияние и на распределение влажности. Абсолютная влажность уменьшается с увеличением высот и мало зависит от характера склона и экспозиции. Наивысшая величина относительной влажности наблюдается в районе Джавахетских гор, северной части Лори-Памбакского района и склонах гор с отметками 2000–3000 м.

2. Особенности геологического строения и металлогении

Отдельные вопросы геологии и металлогении Армении освещены многими исследователями.

Особенности региональной геологии Армении описаны в мо-

нографиях К. Н. Паффенгольца, А. Т. Асланяна, А. А. Габриеляна и др.

История формирования современной сложнопостроенной многоярусной структуры страны охватывает большой отрезок времени от докембрия—нижнего палеозоя до современной эпохи включительно.

Исследователями выделяются несколько структурных ярусов и подъярусов: а) Байкальский — каледонский охватывает дислоцированные и метаморфизированные образования, являющиеся субстратом варисцийских и альпийских структур; б) Варисцийский ярус включает отложения девона, карбона, перми и триаса. Этот структурный ярус делится на подъярусы: нижний (девон—нижний карбон) и верхний (пермь—триас); в) Нижнеальпийский ярус охватывает юру и неоком; г) Среднеальпийский ярус охватывает верхний мел, палеоцен, эоцен и нижний — средний олигоцен. Внутри этого яруса выделяются подъярусы: альбмаастрихтский, даний—палеоценовый, ниже—среднеэоценовый и и верхний эоцен—среднеолигоценый; д) Верхнеальпийский ярус охватывает отложения верхнего олигоцена, миоцена, плиоцена и антропогена. Он делится на подъярусы: 1) нижний, сложенный молассовыми красноцветными образованиями верхнего олигоцена — нижнего миоцена, несогласно перекрывающими более древние образования (последние обрамляют Среднеараксинский прогиб с востока и северо—востока); 2) средний, охватывающий соленосно—гипсоносные отложения среднего — верхнего миоцена; 3) верхний, представленный озерно—речными и вулканогенными образованиями верхнего плиоцена—антропогена, которые спокойно перекрывают отложения предыдущих ярусов и подъярусов.

А. Т. Асланяном (1958) в пределах Армянской ССР выделяются три ортотектонических пояса: 1) Антикавказский, включающий Прикуруинскую мегасинклинальную и Алавердскую мегаантиклинальную тектонические зоны; 2) Севанский, состоящий из мегасинклинальной Присеванской осевой зоны, Ахтинской мегаантиклинальной зоны, в которые на юге вклинивается Кафанская моноклинальная зона; 3) Араксинский, включающий Приараксинскую донжнемиоценовую мегаантиклинальную и Ереванскую мегасинклинальную зоны. Граничат тектонические пояса по крупным разломам или глубоким флексурам.

По А. А. Габриеляну (1968), Малый Кавказ делится на три

структурно-фармационных комплексов: 1) раннеальпийской (киммерийской) складчатости (Сомхето-Кафанская зона); 2) среднеальпийской складчатости (Аджаро-Триалетская и Центрально-Армянская, или Севано-Ширакско-Ордубадская зона); 3) позднеальпийской или верхнеальпийской складчатости (Приараксинская зона). Эти комплексы отличаются друг от друга стратиграфическими разрезами, возрастом и типом складчатости, магматизмом и металлогенией, характером гравитационного поля и др.

Геотектонические комплексы соответствуют структурно-металлогеническим зонам, выделенным И. Г. Магакьяном и С. С. Мкртчяном (1957). Ими установлено, что для киммерийской складчатости характерно медное и серноколчеданное оруденение, а среднеальпийской складчатости соответствует Памбак-Зангезурская металлогеническая зона, где особенно широко развито медно-молибденовое оруденение (а также выявлено и золоторудное).

В Приараксинской тектонической зоне развиты соленосные отложения и почти нет магматогенных месторождений.

Структурные комплексы ограничиваются продольными (Севанским, Анкавано-Сюникским и Приараксинским (Ереванским - по А. Т. Асланяну)<sup>х</sup> глубинными разломами, контролирующими формации горных пород, изменения мощностей, металлогенические особенности, сейсмическую активность и магматизм.

Помимо отмеченных разломов северо-западного простирания, существенна роль субмеридиональных (Абул-Самсарский, Арагац-Арагатский, Гегамский) и северо-восточных (Разданский, Джрвеж-Севанский и др.) разломов. Разломы приурочены к зонам поперечных поднятий и прогибов, контролируя неогеновый и антропогеновый вулканизм Армянского нагорья.

Выделенные региональными исследованиями структурно-формационные комплексы не совсем однородны по своему строению. Так, область киммерийской складчатости делится на Сомхето-Карабахский мегантиклинорий (сложен в основном терригенно-вулканогенным лейасом и догерром) и Кафанский анти-

---

х Известны разногласия в выделении отдельных тектонических зон, глубинных разломов и в их наименовании (А. Т. Асланян, 1958, стр. 272; А. А. Габриелян, 1968, стр. 58).

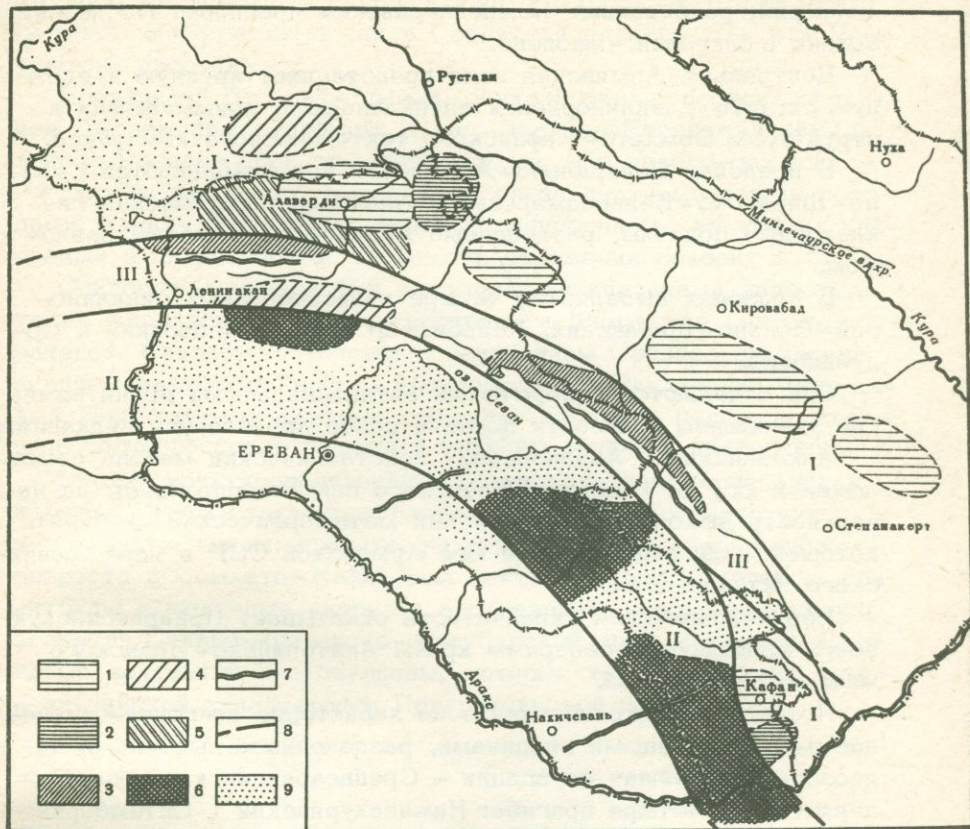


Рис. 1. Структурно-металлогенические зоны территории Армянской ССР и смежных районов по И. Г. Магакьяну. Структурно-металлогенические зоны: I—I Алаверди-Кафанская, II—II Памбак-Зангезурская, III—III Севано-Амассийская. Размещение оруденения в пределах отдельных стадий и металлогенических эпох: Киммерийская эпоха: 1—колчеданное оруденение  $J_1 - J_3$  (ранняя стадия); 2—железо, золото  $J_3 - Cr_1$  (средняя стадия). Альпийская эпоха: 3—хромитовое оруденение  $Cr_2 - Pp_2^3$  (ранняя стадия); 4—колчеданное оруденение  $Cr_2 - Pp_2$  (ранняя стадия); 5—медь, полиметаллы  $Pp_2^3$  (средняя стадия); 6—медно-молибденовое оруденение  $Pp_3 - N_1$  (поздняя стадия); 7—золото-ртутно-сурьмяно-мышьяковое оруденение  $N_1 - N_2$  (конечная стадия); 8—границы рудных зон; 9—площади, перекрытые покровами лав.  $N_2 - Q$

клинорий, разделенные Нижнеакеринским прогибом. Последний возник в олигоцен-миоцене.

Центрально-Армянская зона представляет крупную и сложную систему синклинориев и антиклинориев, примыкающих к структурам Сомхето-Кафанского тектонического комплекса.

В пределах Центрально-Армянской зоны выделяются Севано-Ширакско-Кельбаджарская и Айоцзор-Ордубадская синклинорные подзоны, разделенные Анкавано-Сюникским разломом.

В подзонах выделяется четыре кулисообразных синклинория-Севано-Ширакский, Кельбаджарский, Айоцзорский и Ордубадский.

Они отделяются поперечными антиклинальными поднятиями, где уменьшены мощности пород и слабо проявляется вулканизм.

Анкаванский (Арзаканский) кристаллический массив расположен к югу от Севано-Ширакского синклинория. Здесь на поверхность выходит докембрийский метаморфический субстрат, который обнажается и на юге Армянской ССР в ядре Сюникского антиклинория.

Верхнеальпийская складчатость охватывает Приараксинскую зону, являющуюся северным краем Анатолийско-Иранского межгорного прогиба.

Последняя тектоническая зона характерна олигоцен-миоценовыми наложенными впадинами, разделенными выступами палеозоя. Крупнейшая из впадин - Среднеараксинская - подразделяется на четыре прогиба: Нижнеахурянский (Октемберянский), который Паракар-Енгинджинским горстом отделяется от Ереванского прогиба; Садаракский и Ереванский прогибы разделяются Араратским поднятием; Волчьи ворота отделяют Нахичеванский прогиб от Садаракского.

В олигоцен-миоцене по Анкаван-Сюникскому разлому возникла Севанская впадина. Соленосные отложения миоцена, вулканогенные и озерные отложения плиоцена и антропогена синхронны с аналогичными отложениями Ереванского бассейна, что, по мнению А. А. Габриеляна, свидетельствует о сообщении этих двух бассейнов в миоцене и плиоцене. Возможно, Севанская впадина являлась северо-восточным заливом Ереванского миоценового соленосного бассейна. В пользу последнего предположения свидетельствуют также и гидрохимические показатели: однотипные по химизму воды, преимущественно хло-

ридного натриевого и гидрокарбонатно-хлоридного натриевого состава, обнаруженные как в Севанской впадине, так и в Ереванском бассейне.

Ереванский бассейн-грабен-синклиорий, с востока ограничен Джрвежским разломом, с юга-Паракар-Енгинджинским, с запада Раздан-Араилер-Аштаракским, а с северо-востока - Гегамским разломом. Бассейн выполнен верхнемеловыми породами, даний-палеоценом, эоценом, олигоценом, миоценом, плиоценом и антропогеном. Мощность отложений доходит до 5000м.

Олигоцен-миоценовыми наложенными впадинами являются также Акеринская (на юго-востоке) и Ширакская (на юго-западе). Северо-восточным ограничением Среднеараксинской впадины являются Урцско-Айоцдзорский антиклинорий, сложенный карбонатными фациями среднего-верхнего палеозоя, который трансгрессивно перекрыт верхним мелом и палеогеном.

Эпохи структурообразования обусловили заложение впадин и мульд. Трём структурообразующим эпохам соответствуют интрузивные циклы: гранитоиды верхнеюрского-неокомского возраста в Сомхето-Кафанском тектоническом комплексе; гранитоиды и щелочные интрузии верхнеэоцен-нижнемиоценового возраста Севано-Ширакско-Ордубадской зоны и нижнеплиоценовые лакколиты и субвулканы, которые характерны для позднеальпийской складчатости Приараксинской зоны.

## Глава 2

### БОР В ПОРОДАХ, ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ

#### 1. К истории изученности бороносности территории Армянской ССР

Специальные работы по бору в Армении до 1958 г. не проводились. Отрывочные сведения о бороносности касались лишь смежных областей. Еще в дореволюционное время К. Лофтусом ( 1852 ) и Г. Абигом ( 1862 ) отмечалась повышенная бороносность источников у оз. Урмия; кроме того, А. А. Стояновым и В. Г. Хлопиным ( 1914 ) в Западной Армении, близ г. Олты были описаны бороносные углекислые воды. Позже В. Е. Хлопин ( 1927 ) отмечал, что таковые могут быть встречены и в СССР.

Первые сведения о бороносности некоторых углекислых вод Армении были даны в работах А. П. Демехина, Н. И. Долухановой, А. А. Тер-Мартirosяна, однако приведенные содержания бора были невелики; некоторые из них, как оказалось позднее, были занижены.

В 1953 г. в ГИГХС проводились работы по изучению бороносности Закавказья. И. М. Курманом отмечалась возможность применения геохимических и гидрохимических методов при поисковых работах на бор.

А. Ф. Горбов ( 1960 ), обосновывая поиски месторождений бора вулканогенно-осадочного типа в СССР, выдвигает для поисков бора и территорию Малого Кавказа.

С 1958 г. в Армянской ССР изучением бороносности занимается коллектив Даралагезской партии ( начальник Р. Б. Ядоян, гл. геолог Д. Я. Симонян ), большой заслугой которого является выявление в республике высокобороносных вод.

Примерно в это же время изучение бороносности пород За-

кавказья проводилось сотрудниками КИМС Р. И. Шубладзе, Г. Н. Мелитаури, которые работали и в отдельных районах Армении. С 1959 г. изучением борораспределения в породах и водах республики занимались в Институте геологических наук АН Армянской ССР, в ИМГРЭ.

Сотрудники ВСЕГИНГЕО С. Р. Крайнов и М. Х. Королькова (1962) изучали бороносность минеральных вод Малого Кавказа.

Ценными в работе этих исследователей являются сведения о содержании целого ряда микроэлементов во многих минеральных водах Закавказья.

Территория Армянской ССР в отношении бороносности изучена не в одинаковой мере, но, судя по многим данным, более всего заслуживают внимания ее центральная и южная части.

Некоторыми исследователями были описаны турмалинизированные породы и отдельные участки с проявлениями турмалинизации. Известны турмалины в палеозойских отложениях, но особенно часто связаны они с пост-среднеэоценовыми интрузиями Мегринского и Памбакского плутонов (Б. М. Меликсетян, 1971). В северной Армении известны выходы вторичных кварцитов у г. Лалвар, в которых обнаружены джумортьериты. Последние описывались К. Н. Озеровым и В. Г. Грушевым (1935), а позже более детально — Э. Г. Малхасяном (1962).

Весьма интересно, что в северной Армении интрузии более древнего возраста не содержат бора, в то время как третичные интрузии содержат бор и его минералы.

## 2. Некоторые черты геохимии бора

В таблице Менделеева бор занимает порядковый номер 5. Соседями бора являются амфотерные элементы — бериллий и алюминий, с одной стороны, и металлоиды — углерод и кремний — с другой, что и предопределяет металлоидные свойства бора. По своим свойствам бор ближе к кремнию, чем к алюминию. Так, например, очень сходны галогениды бора и кремния, которые хорошо растворимы в воде. Сходны также и кислородные соединения бора и кремния: в присутствии воды образуются ортокислоты  $H_3BO_3$  и  $H_4SiO_4$ . Эти молекулярные соединения полимеризуются, что важно для кристаллохимии и минералогии бора.

Значительная величина века ( $\nu_{O-B}^- - 0,55$  определяет слабо



кислотные свойства комплекса и гидролиз солей, вытеснение в гипергенных условиях радикала борной кислоты даже такой слабой кислотой, как угольная.

В классе боратов насчитывается более ста минералов, а среди силикатов известно тридцать минералов, представленных боросиликатами и алюмоборосиликатами.

Бор образует не только самостоятельные минералы, но встречается и в рассеянном виде. В частности, в виде изоморфной примеси он входит в различные силикаты<sup>х</sup>.

Кординационное число бора в борных стеклах меняется с изменением температуры. Так, при высоких температурах оно равно трем, а при низких температурах — четырем. Н. В. Белов ( 1954 ) связывает с подобной перестройкой легкую выщелачиваемость бора, присутствие его в фумаролах и в водах областей распространения молодых лав.

Исследователи показали некоторые различия в химизме бор-содержащих минералов, образовавшихся в различных условиях. Так, катионная составляющая часть гипогенных и экзогенных боратов отличима: у экзогенных боратов катионами являются  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Na}^+$ , а у гипогенных преимущественно  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и в низкотемпературных условиях редко  $\text{Ca}^{2+}$ , но не  $\text{Na}^+$  ( табл. 3 ).

Таблица 3

Катионы, осаждающие бор

Катионы, осаждающие бор в экзогенных условиях	Катионы, осаждающие бор в гипогенных условиях
$\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Na}^+$	$\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ в низкотемпературных условиях редко $\text{Ca}^{2+}$

Установлено влияние изменения физико-химических условий на форму нахождения и миграцию бора в растворах. М. Г. Валяшко и Г. К. Годе ( 1960 ) экспериментально показали, что с изменением pH насыщенного раствора в системах  $\text{Me}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$  меняется форма равновесных боратов. С уменьшением pH в осадке растет отношение  $\text{B}_2\text{O}_3 : \text{Me}_2\text{O}$

х Вопрос изоморфного вхождения бора в силикаты неоднократно дискутировался ( В. И. Лебедев и В. Л. Барсуков, Н. В. Белов ).

Применяя инфракрасную спектроскопию, М. Г. Валяшко и Е. В. Власова (1967) выяснили, что из всех борокислых комплексов наиболее устойчивым в широком интервале изменений условий pH и времени оказывается тетраборат-ион.

### 3. Содержание бора в породах

Изучением распространения бора в различных типах горных пород занимались многие отечественные и зарубежные исследователи.

Средние содержания бора (в %) в главных типах горных пород по А. П. Виноградову (1962) представлены в табл. 4.

Таблица 4  
Содержание бора в породах (по А. П. Виноградову, 1962)

Породы	Содержание бора
Каменные метеориты	$2 \cdot 10^{-4}$
Ультраосновные породы	$1 \cdot 10^{-4}$
Основные породы (базальты, габбро)	$5 \cdot 10^{-4}$
Средние породы (диориты, андезиты)	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Кислые породы (граниты, гранодиориты)	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Осадочные породы (глины, сланцы)	$1 \cdot 10^{-2}$
Две части кислых + одна часть основных пород	$1,2 \cdot 10^{-3}$

Таблица 5  
Содержание бора в различных типах изверженных пород

Ультраосновные породы	Основные породы	Средние породы	Кислые породы	Исследователи
$6 \cdot 10^{-5}$ (10)	$1,8 \cdot 10^{-4}$ (8)	-	-	Мельницкий
$9 \cdot 10^{-4}$ (1)	$9 \cdot 10^{-2}$ (3)	$7,8 \cdot 10^{-4}$ (10)	-	Гетлинг
$3 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$ (2)	$4,5 \cdot 10^{-4}$ (8)	$3 \cdot 10^{-4}$ (6)	Савинова Барсуков
-	$7 \cdot 10^{-4}$ (2)	$7 \cdot 10^{-4}$ (2)	$1 \cdot 10^{-3}$ (37)	Савинова Ставров
-	-	$6 \cdot 10^{-4}$ (2)	-	Хитров (1962)
-	-	-	-	Лисицын Хитров (1959)

## Содержание бора в различных типах изверженных пород

Ультраосновные породы	Основные породы	Средние породы	Кислые породы	Исследователи
-	-	$14 \cdot 10^{-4}$ (2)	$2 \cdot 10^{-3}$ (2)	Дунаев 1959
-	-	$7 \cdot 10^{-4}$ (10)	$1 \cdot 10^{-3}$ (25)	Ковалев
$1,9 \cdot 10^{-4}$ ( $14 \cdot 10^{-4}$ )	$4 \cdot 10^{-4}$ $2 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$ $11 \cdot 10^{-4}$	$10 \cdot 10^{-4}$ $13 \cdot 10^{-4}$	Среднее Среднее с учетом данных А.П. Виноградова

Из цифровых данных табл. 4 и 5 видно, что в изверженных породах с возрастанием кислотности намечается общая тенденция к увеличению содержания бора. Менее всего обогащены бором основные и ультраосновные породы. В ультраосновной группе пород по степени обогащенности бором резко разнятся отдельные представители. Так, например, в дунитах бора содержится  $10^{-4}\%$ , в перидотитах  $5 \cdot 10^{-4} - 10^{-3}\%$ , а в пироксенитах даже  $3 \cdot 10^{-3}\%$ . В группе основных пород амфиболиты содержат бора значительно больше, чем в габбро (бора в габбро содержится  $7 \cdot 10^{-4}\%$ , а в амфиболитах  $6 \cdot 10^{-3}\%$ ). В то же время высокие содержания бора в основных и даже ультраосновных породах были отмечены Т. Г. Сахама (1952), С. Р. Нокколдсом и Р. Л. Митчеллом (1952), П. Лундергардтом (1946). Так, по данным Т. Г. Сахама, в некоторых ультраосновных породах Лапландии содержание бора достигает  $0,003\%$ . В Шотландии в каледонских породах комплекса Гарабал-Хилл и Гленфайн основные и средние породы более бороносны, чем кислые, что было показано Нокколдсом и Митчеллом.

Из советских исследователей И. С. Курман (1958) отмечал, что порфириды, габбро, дуниты, некоторые змеевики, базальты и диабазы из отдельных районов (Закавказье, Забайкалье, Средняя Азия и Красноярский край) более бороносны, чем граниты этих же районов. Так, в гранитах содержатся тысячные доли

х Повышенные содержания бора в магматических породах ряд авторов связывает с борной минерализацией, предполагая специализацию на бор.

процента бора, а в упомянутых породах содержание его достигает десятых долей процента. Эта особенность характерна и для некоторых районов офиолитового пояса Армянской ССР, что отметим несколько ниже.

Значительное количество бора содержат метаморфические и гидротермально измененные породы. Богаты бором древние метаморфические породы Южной Якутии, Тимана, Малого Хингана (Д. П. Сердюченко, 1961), центрального Казахстана (Абдуллаев, Исамухамедов, Хамрабаев, 1953) Кореи (Watanabe, 1963) и др. районов.

Скарны, связанные с гранитоидными интрузиями, часто обогащены бором. Особо благоприятной средой для фиксации бора являются карбонатные и карбонатно-силикатные породы (Л. И. Шабнин и др.).

Высокие концентрации бора в зонах скарнирования обусловлены образованием гипогенных борных минералов, таких, как датолит, людвигит, а также обогащением бором ряда скарновых минералов — диопсида, гиперстена, роговой обманки, граната и др. (В. Л. Барсуков, 1960).

Д. П. Сердюченко (1960) различает две возможности обогащения бором метаморфических пород: 1) когда скарны связаны с воздействием гранитов на вмещающие породы с привнесением многих элементов, в том числе и бора, и 2) при образовании метаморфических комплексов за счет осадочного материала, обогащенного бором. В последнем случае привнос бора из магмы либо не осуществляется, либо незначителен. При глубинном метаморфизме первично-осадочный бор с увеличением температуры образует метаморфогенные минералы. Как полагает Д. П. Сердюченко, в это время не только образуются гипогенные бораты и боросиликаты, но и силикаты (амфиболы, гранаты и др.) также обогащаются бором.

Г. Хардер (1965) справедливо отмечает, что уровень содержания бора зависит не только от исходной породы, но и от вновь образующихся минералов. Так, например, при образовании хлоритов только незначительная часть бора включается в кристаллическую решетку. Бор породы не входит также в биотитовые новообразования. Не случайно, что биотитовые сланцы содержат бора значительно меньше, чем мусковитовые.

Обычно усредняя содержания бора в горных породах, исследователи не учитывают влияния постмагматических процессов, а последние сказываются на перераспределении бора. Для Армянской ССР наши данные так же, как и литературные источ-

ники, свидетельствуют в пользу представления об обогащенности бором серпентинизированных участков ультраосновных пород (Т. Г. Сахама, 1952; В. Л. Барсуков и Г. Е. Курильчикова, А. С. Варлаков и М. Ф. Жужгова, 1964).

Приведенные данные о содержании бора в основных и ультраосновных породах северо-восточного побережья оз. Севан сведены нами совместно с С. А. Паланджяном в табл. 6, свидетельствующую об общей зараженности бором гипербазитовых и габброидных комплексов.

Необходимо отметить, что породы, затронутые постмагматическими процессами, содержат бора значительно больше. Возможно, повышенное содержание бора в некоторых гарцбурггитах вызвано попаданием серпентинизированного материала.

Содержание бора в 0,005% для гарцбурггитов превышает данные Т. Г. Сахама и В. Л. Барсукова.

В серпентинизированных гарцбурггитах и серпентинитах установлено 0,001–0,03% бора (среднее – 0,008%), что также превышает данные упомянутых авторов.

Серпентинизированные дуниты также содержат повышенные концентрации бора (среднее – 0,005%). В отдельных пробах установлено до 0,01% бора.

Более низкие содержания бора в верлитах (среднее – 0,002%) вызваны тем, что моноклинные пироксены в них не серпентинизированы. В апагарцбурггитовых серпентинитах, где наблюдаются псевдоморфозы серпентина по ромбическому пироксену – баститу, естественно, происходит увеличение бора в породе.

Серпентинизированные разности перидотитов габброидного комплекса в среднем содержат 0,021% бора. В то же время заслуживает внимания тот факт, что в отдельных породах обнаружены десятые доли процента бора, что свидетельствует о возможном нахождении здесь борных минералов.

Значительно меньше бора в пироксенитах габброидного комплекса (среднее – 0,002%).

Бор в основных, средних и кислых породах габброидного комплекса также в несколько раз превышает общепринятые кларки. В основных породах бора содержится до 0,005%, а в средних и кислых – до 0,015%.

Очень высокими содержаниями бора отличаются анортозиты северо-восточного побережья оз. Севан.

В кислых породах (без жильных разностей), развитых на северо-восточном побережье оз. Севан, содержание бора не

Таблица 6

Средние содержания бора в гипербазитовых и габброидных комплексах северо-восточного побережья оз. Севан

Породы	Содержание бора в %	Число анализов
Гипербазитовый комплекс		
Гарцбургиты	0,005	19
Серпентинизированные гарцбургиты и апогарцбургитовые серпентиниты	0,008	24
Серпентинизированные дуниты и аподунитовые серпентиниты	0,005	9
Серпентинизированные верлиты	0,002	6
Габброидный комплекс		
Перидотиты	0,021	24
Пироксениты	0,002	10
Габбро (1 фаза)	0,001	28
Жильные породы (1 фаза)	0,003	3
Лейкократовые габбро (2 фаза)	0,003	21
Анортозиты	0,018	5
Плагиограниты (3 фаза)	0,002	16
Кварцевые диориты, диориты, габбродиориты (3 фаза)	0,002	18
Жильные породы (3 фаза)	0,007	9

превалирует над содержанием его в основных породах. Нами исследовались также основные и ультраосновные породы Сваранцкого железорудного месторождения; в магнетитовых оливинитах, габбро-пироксенитах и габбро определено 0,001% бора. В жильных же дериватах основной магмы (габбро-диабазы, диабаз-порфириты и прочие породы), отобранных из кафанского и каджаранского рудных полей, бора не было обнаружено.

А. Х. Мнацаканян (1968) изучала вулканические серии северной Армении и связанное с ними минералообразование. Ею отмечается присутствие бора только в андезитах и липаритах верхнемелового возраста, в которых он содержится в пределах 0,001-0,004%. Данные А. Х. Мнацаканян превышают кларк для

кислых пород почти вдвое. Характерна тенденция к накоплению бора в поздних кислых дифференциатах верхнемеловой серии. Некоторый материал был собран нами по кислым интрузивным породам, в частности по гранитоидам Мегринского плутона (юг Армянской ССР). Анализы показали падение содержания бора от пород первой фазы к последующим, что, как нам представляется, связано с ассимиляцией вмещающих осадочных пород.

Опробованные нами пегматитовые породы, в том числе крупнозернистые пегматиты Мегринского плутона, в районах г. Дамирдаш, с. Сваранц, как и пегматитовая порода в районе с. Сваранц (участок Топлицкадзор), не содержали бора.

В Кафанском районе пегматит с крупночешуйчатым биотитом (басс. р. Гехи) и среднезернистый пегматит с биотитом (район с. Шванидзор) содержали бор в тысячных долях процента.

В скарнах Мегринского района нами установлены самые высокие содержания бора, достигающие 0,05% (гранатовые скарны в районе с. Ньюади). В Ньюадинских скарнах Б. М. Меликсетяном впервые был обнаружен датолит. В то же время гранат-пироксеновые скарны в Кафанском районе, в районе с. Кейфашен и гранат-пироксеновые скарны в бассейне р. Гехи не содержали бора.

В верхнеэоценовых-олигоценовых эффузивных образованиях щелочной серии Памбакского и Базумского хребтов Р. Т. Джарбашьяном (1964) отмечается содержание бора  $2,3 \cdot 10^{-3}$  (среднее значение). В них же отмечено содержание фтора до 0,14% и фосфора до  $2 \cdot 10^{-3}$ %, что превалирует над средними содержаниями по А. П. Виноградову (1962) в 1,5-3 раза.

Б. М. Меликсетян (1971) приводит некоторые данные по борораспределению в породах для щелочных интрузивов северной Армении - Тежсарского, Бундукского и Гарнасарского табл. 7. В первом интрузиве верхнеэоценового возраста содержания бора колеблются в пределах 0,001-0,005%, причем нефелиновые сиениты более бороносны, чем щелочные. Усредненные значения по распределению бора для эффузивного комплекса равны  $2,3 \cdot 10^{-3}$ %, интрузивного массива  $2 \cdot 10^{-3}$  и жильных дифференциатов -  $4,4 \cdot 10^{-3}$ %.

В ходе эволюции щелочной магмы наблюдается почти двух-трехкратное обогащение бором жильных микросиенитов и пегматитов, особенно фельдшпатоидных (0,003-0,006%).

Содержание бора в щелочных породах  
Тежсарского комплекса ( по Б. М. Меликсетяну, 1971)

Породы	Содержание бора в %
Трахиандезиты	0,002
Эпилейцитовый порфир, эффузивный	0,001
Эпилейцитовый сиенит-порфир ( дайка )	0,001
Богатый нефелином нефелиновый сиенит	0,002
Нефелиновый сиенит	0,003
Псевдолейцитовый сиенит	0,001
Щелочной сиенит	0,001
Гибридный сиенит	0,003
Жильный нефелиновый сиенит	0,003
Жильный щелочной сиенит	0,005
Пегматит полевошпатовый	0,003
Пегматит фельдшпатоидный	0,006
Пегматит альбитизированный	0,005
Мусковитизированный сиенит	0,003
Флюорит-биотитовая порода	0,002
Керсантит, монзонит ( дайки )	не обн.

Средние содержания бора в породах щелочного комплекса в полтора раза превалируют над его кларком в изверженных породах.

Аналогично Тежсарскому массиву, бором обогащены и щелочные породы Мегринского плутона, особенно щелочные пегматиты. В последнем случае происходит обогащение бором за счет ассимиляции вмещающих вулканогенно-осадочных пород, где содержание бора составляет 0,005-0,006%.

Для Тежсарского комплекса Б. М. Меликсетян (1971) отрицает ассимиляционное происхождение бора в щелочных породах. Накопление бора, происходящее в приконтактных и апикальных частях интрузивов, по-видимому, является следствием эманационно-магматической дифференциации.

Отмечено, что в мусковитизированных сиенитах количество бора составляет 0,003%, в флюорит-биотитовых зонах - 0,002%, что согласуется с данными Г. Харцера (1965). В пег-

матитах бор обнаружен в пределах 0,005–0,006% и связан с аксессуарным турмалином.

В Зангезурской рудоносной области проводилось изучение борораспределения в интрузивных жильных и даечных породах, в эффузивных и вулканогенно-осадочных, метаморфических и скарновых породах.

Аналитические данные по борораспределению свидетельствуют об общей зараженности пород бором. До сотых долей процента бора обнаружено в эффузивных и вулканогенно-осадочных породах, развитых в пределах Кафанского рудного поля.

Из пород, обнажающихся в бассейне р. Вохчи, представленных плагиоклазовыми, кварцевыми, авгитовыми порфиритами и туфопесчаниками, наивысшие содержания бора, достигающие сотых долей процента, обнаружены в кварцевых порфиритах, в то время как в отдельных туфопесчаниках содержание бора достигает 0,05% (Кафан, р. Каварт).

Сопоставляя цифры по содержанию бора в изверженных породах, приходим к выводу об относительно большей зараженности бором пород эффузивной формации Кафанского рудного поля в сравнении с интрузивными (более чем в 10 раз). По нашим данным, в метаморфических сланцах басс. р. Гехи бор содержался в тысячных долях процента, такая же цифра характерна для оталькованного габбро в районе с. Сваранц. Высокие концентрации бора в Армянской ССР связаны с щелочными интрузивными породами верхнеэоцен-нижнеолигоценового времени.

Из эффузивных образований миоплиоцена нужно отметить только единственную пока находку турмалиновых "солнц" в липаритовых образованиях Аттиса (С. Г. Карапетян).

Очень интенсивная турмалинизация во вмещающих породах и в рудных жилах, как и в самих гранодиоритах, характерна для медно-мышьякового проявления Мецзор в Степанаванском районе (И. Г. Магакьян).

Остановимся на борораспределении в осадочных породах. Первыми исследователями, изучавшими распределение бора в горных породах, и, в частности, в осадочных породах, были В. Гольдшмидт и К. Петерс (1968). Что касается цифровых характеристик, приводимых этими авторами, то они, как показали дальнейшие исследования, были завышены.

К. Ранкама и Т. Г. Сахама (1950) определили следующие

содержания бора: в песчаниках 9–31 г/т, в известняках – 3 г/т, в глинистых сланцах до 310 г/т.

Г. Хардер (1959, 1965) приводит содержание бора: в песчаниках – 35 г/т, глинистых сланцах – 100 г/т (согласуется с данными К. К. Турекяна и Х. Г. Ведеполя, 1961).

Сопоставляя различные цифровые характеристики содержания бора в отдельных типах осадочных пород, приводимые многими исследователями, видно, что более всего обогащены бором глины и глинистые породы. Как полагает Г. Хардер (1965), носителями бора в упомянутых породах являются, помимо слюды, тонкозернистые иллиты. Что касается песчаников и мергелей, то основным носителем бора в этих породах являются слюды. Еще первые исследователи, изучавшие распределение бора в горных породах – В. М. Гольдшмидт и К. Петерс, назвали бор талассофильным элементом. Отличия в содержаниях бора в водах соленых и пресных водоемов накладывают свой отпечаток также и на различия борораспределения в осадках. Следует отметить преимущественное обогащение бором тонкозернистых разновидностей пород морского генезиса.

Соленосные глины содержат бора больше, чем морские и пресноводные. Так, например, в Ереванском соленосном бассейне наивысшие концентрации бора обнаружены именно в пропластках глин внутри соленосной толщи, в то время как в самой соли содержание бора гораздо меньше.

Изучением бороносности территории Армянской ССР и смежных областей занималась поисковая партия, руководимая Э. К. Буренковым. Наши исследования, как и результаты опробования, проведенного указанным автором, показали, что отложения морского генезиса более обогащены бором, чем озерного происхождения (рис. 2).

Таблица 8

Бороносность пород Октемберянского прогиба  
( по Э. К. Буренкову, 1971 )

Порода	Число проб	Содержание бора в %		
		среднее	минимальное	максимальное
Песчаник :	19	0,0042	0,0020	0,0090
Алевролит	42	0,0061	0,0020	0,0160
Глина	33	0,0057	0,0033	0,0100
Известняк	2	0,0034	0,0034	0,0038

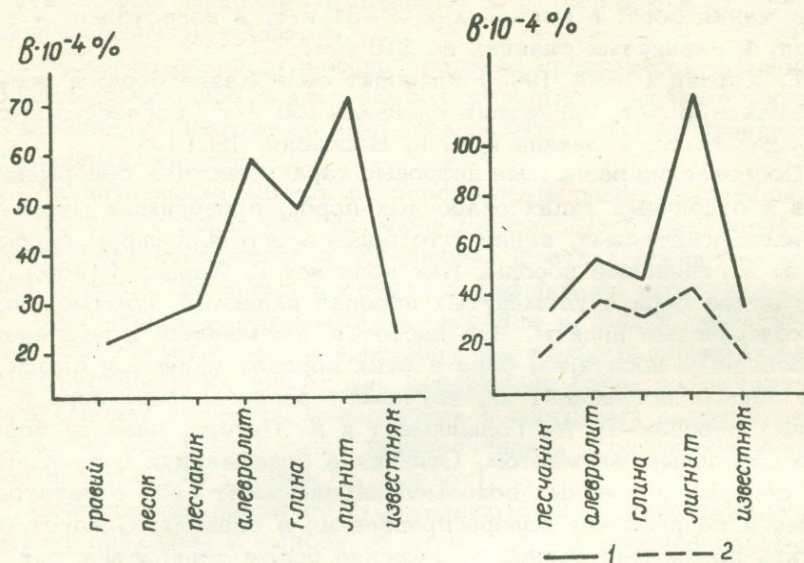


Рис. 2. а) Распределение бора в различных литологических разновидностях пород, по Э. К. Буренкову (1971); б. Распределение бора в различных литологических разновидностях пород морского (1) и озерного (2) генезиса,

Нами была опробована Арташатская глубинная скважина № 1, показавшая, что в разных фракциях пород содержание бора различно. Более всего бора содержится в тонкозернистом материале. Эта зависимость была показана нами также для пород Арташатского и отдельных частей Приереванского района (Э. С. Халатян, 1962, 1965).

Сопоставляя данные по борораспределению в породах и водных вытяжках из них, можно заключить, что бор входит не только в растворимую водную часть глин, но и в нерастворимую.

Ввиду того, что в грубых фракциях борные минералы не были обнаружены, следует предполагать, что растворимый бор был адсорбирован глинами. Благодаря легкой выщелачиваемости сорбированного глинами бора и происходит обогащение водной вытяжки метаборной кислотой до 30,0 мг/на 100 г породы (Приереванский район).

Сопоставляя цифры извлекаемого подвижного, воднораство-

римого бора из пород, слагающих Приереванский район, следует отметить различную обогащенность бором отдельных пород. Нами был установлен следующий нисходящий порядок степени обогащения пород бором: глинистые породы — мергели — известняки. Легко извлекаемый из глин подвижный бор подчиняется климатической зональности территории республики; в такой же мере он, очевидно, подчинялся палеоклиматической зональности и в геологическом прошлом.

Иммобильный бор находится в решетке глинистых минералов.

Особенность вхождения бора в кристаллическую решетку иллита дала возможность некоторым исследователям (Р. Г. Рейнольдс и др.) пользоваться бором при палеографических реконструкциях.

Отдельные вопросы, выдвигаемые исследованиями указанного автора, весьма дискуссионны, но в целом они правильны и заслуживают внимания. Небезынтересна в этом аспекте полемика Р. Г. Рейнольдса и К. Б. Грегора (1965), где полемизирующие стороны, основываясь на данных по борораспределению, каждый по-своему подходит к вопросу об эволюции океана и образовании континентов в свете геохимического цикла бора. Упомянутые исследователи справедливо отметили возможность двойственной интерпретации результатов, полученных Р. Г. Рейнольдсом.

Данные по борораспределению в глинистых породах Армянской ССР также свидетельствуют что этапы осолонения водоемов очень хорошо фиксируются повышением концентраций бора в осадках.

Бороносность осадочных пород Армянской ССР весьма разнообразна, и необходимо отметить, что пределы колебаний в них велики. Так, например, карбонатные породы палеозоя и верхнего мела характерны близкларковыми содержаниями бора, а породы третичного возраста (нормально-осадочные и гипсоносно-соленосные) порою содержат более 0,1% бора.

В самой соленосной толще Приереванского района известны базальтовые прослои мощностью до 200 м (Аванская глубинная скважина), которые могли поставлять в водоем определенную, возможно и незначительную часть летучих элементов, в том числе и бора. В этот водоем вовлекался обломочный материал с окружающих поднятий, где из боросодержащих

устойчивых минералов обнаружен турмалин.

Мы не придерживаемся мнения исследователей, которые предполагают, что турмалины могут явиться источником обогащения подземных вод бором. Бор очень прочно входит в турмалины и вынос его из упомянутого минерала в обычных условиях маловероятен.

Резюмируя материал по бороносности пород Армянской ССР, необходимо отметить, что наивысшие колебания содержаний бора характерны для осадочных и вулканогенно-осадочных толщ.

Внутри последних наивысшие концентрации бора обнаружены в глинистых породах и алевролитах. В упомянутых породах часто определялись сотые и десятые доли процента бора.

Наш фактический материал, как и литературные данные, свидетельствует об общей тенденции повышения содержаний бора в Армянской ССР в направлении с севера на юг, с переходом от полосы раннеальпийской складчатости к полосе средне- и позднеальпийской складчатости. Выделяются разнобогатенные бором пояса. В пределах Севанского офиолитового пояса кислые породы менее бороносны, чем основные и ультраосновные. Высокие содержания бора характерны для щелочных и субщелочных пород Армянской ССР, выходы которых, как известно, тяготеют к разломам глубокого заложения.

#### 4. Содержание бора в минералах и минералы бора, обнаруженные в Армянской ССР

Бор в изверженных породах находится в изоморфной и акцессорной формах (первая форма преобладает). Вопрос изоморфизма неоднократно дискутировался, что было отмечено выше.

В. Л. Барсуков (1958) отмечал повышенную концентрацию бора в плагиоклазах, объясняя ее изоморфизмом бора и алюминия в радикале, в котором алюминий находится в четверной координации. Повышенное содержание бора в плагиоклазах отмечалось и другими исследователями. Г. Хардер (1960, 1965), А. Фредерксон и Р. Рейнольдс, Ф. Стубикон и Р. Рой приводят данные о боронакоплении в слоистых силикатах. А. Фредерксон и Р. Рейнольдс нашли, что в структуре иллита бор очень крепко связан. Эксперименты Ф. Стубикона и Р. Роя также показали, что в структуре синтезированных флогопитов и сапонитов, богатых бором, наблюдается гетеровалентный изоморфизм. Происходит изоморфизм бора с кремнеземом ( $SiO_4$ )<sup>4-</sup>

- ( $\text{VO}_4$ )<sup>5-</sup>. Подобное замещение возможно и при низких температурах.

Приведем некоторые сведения по содержанию бора в породообразующих минералах и несколько подробнее охарактеризуем минералы бора, обнаруженные в Армянской ССР.

Б. М. Меликсетяном (1971) приводятся следующие цифры по содержанию бора в отдельных породообразующих минералах щелочных пород Тежсарского комплекса: плагиоклаз - 0,003%, нефелин - 0,001%, биотит - 0,001, эгирин - 0,001%, гасдингстит - 0,001%.

Наши анализы мономинеральных фракций изверженных пород юга Армении, подтверждая данные Б. М. Меликсетяна, свидетельствуют о преимущественном концентрировании бора в плагиоклазах (табл. 9).

Таблица 9  
Содержание бора в некоторых породообразующих минералах Мегринского и Кафанского районов.

Порода	Место отбора	Содержание бора в минералах		
		роговая	пироксен	плагиоклаз обманка
Габбро (габ- бродиорит)	Мегринский плутон, р-н г. Каладаш	-	-	0,001
Кварцевый диорит	р-н с. Гехи	-	-	0,005
Авгитовый порфирит	Кафан, с. Ка- варт	-	0,001	-
Альбитофир	Кафан, уш. Галидзор, шт. 6	-	-	0,003

По данным А. Х. Мнацакян (1968), в минералах-вкрапленниках пород вулканических серий северной Армении бор обнаружен только в плагиоклазах, где содержание его доходит до 0,001%. Бор накапливается преимущественно в продуктах поздних этапов кристаллизации - в стекловатом или раскристаллизованном мезостазице липаритов (0,002%).

При изучении бороносности офиолитовых образований Арме-

ний нами совместно с С. А. Паланджяном (1969), было установлено, что основными концентраторами бора в основных и ультраосновных породах являются в первую очередь серпентины (0,003–0,03%). Бор определен в моноклинных пироксенах (0,001–0,01%), плагиоклазах (0,001–0,01%) и гроссуляре (0,001–0,02%). В оливинах и ромбических пироксенах бор не зафиксирован.

Из борсодержащих минералов в Армянской ССР обнаружены турмалины, дюмортьериты, ридмерджнерит, датолит, а также бораты.

Процессы турмалинизации широко развиты на территории республики. А. Т. Асланян (1958) выделяет особую рудную формацию – боросиликатную, в которую включает турмалиновую минерализацию. Турмалины известны в позднеэоценовых дайках и кислых образованиях в Разданском, Азизбековском, Сицианском, Кафанском, Мегринском, Гугаркском и Красносельском районах.

На участках турмалинизированных пород отмечается метасоматическая зональность. В турмалинизированных породах повышены содержания пирита, халькопирита, молибденита. Спектральным анализом установлены сотые доли меди, свинца, олова, висмута, молибдена, мышьяка и лития.

В Армении дюмортьериты впервые отмечены в Гугаркском районе В. Г. Грушевым и К. Н. Озеровым (1935) и описаны позже Э. Г. Малхасяном (1962). Вторичные кварциты г. Лалвар обогащены этим минералом. Во вторичных кварцитах в убывающем порядке, кроме кварца и дюмортьерита, были обнаружены: андалузит, силлиманит, альбит, апатит, серицит. Содержание дюмортьерита в породе доходит до 5–8%, а иногда составляет 10% объема вторичных кварцитов.

Дюмортьерит обнаружен также и в Приереванском районе в глинистых отложениях верхнетретичного возраста.

Борные минералы нами были обнаружены на северо-восточном побережье оз. Севан. Так, например, близ устья штольни № 1 Даринского участка выявлены гидроборатит, иньонит и ашарит.

В Айоцдзоре, в районе Каялинской интрузии, прорывающей среднеэоценовую вулканогенно-осадочную толщу, в контакте развиты различные роговики, в том числе и турмалинизированные. Интенсивной турмалинизации подвергались наиболее раздробленные участки, что наряду с отсутствием турмалина в ин-

трузиях свидетельствуют о турмалинизации в постмагматическую стадию.

В гидротермально измененных породах Айюндзора близ Каялу был обнаружен ридмерджнерит. Надо отметить, что это одна из первых находок упомянутого минерала в СССР, хотя известно его более позднее описание по Таджикистану (В. Д. Дусматов, 1967), представленное как первая находка в СССР. Вообще этот минерал редко встречается и впервые описан К. Милтоном с соавторами (1960).

Кроме рассмотренных находок некоторых борсодержащих минералов, мы полагаем, что в Айюндзоре на участке выходов Ехегис-Горбатехских бороносных углекислых минеральных вод возможна и датолитовая минерализация. В пользу такого предположения могут свидетельствовать отобранные нами и определенные А. Х. Мнацаканян кальциевые цеолиты и апофиллит, а также вторичные кальциты. Как известно, упомянутые минералы часто сопровождаются датолитом, а благодаря его выщелачиванию подземные воды обогащаются бором и кремнекислотой.

Б. М. Меликсетяном в породах Мегринского плутона был описан датолит. Этот минерал, как нам представляется, явился источником обогащения бором некоторых углекислых вод (Личк, Таштун), хотя мы не отрицаем и возможности эндогенного бора.

Л. А. Игнатъевой (1965) при литолого-петрографическом изучении Сисианской озерно-диатомитовой толщи в стекловатой массе туфодиатомитов были обнаружены призматические и игольчатые кристаллы буры.

В верхней части разреза туфов и туфодиатомитов ею установлены также тинкалконит, улуксит и гидроборатит.

Бура в туфодиатомитах зафиксирована у с. Шамб, где известны и бороносные углекислые минеральные воды.

Трудно согласиться с мнением Л. А. Игнатъевой, предполагающей, что источником кремнекислоты и бора является новейший вулканизм. Наличие многих солоноватых диатомитовых форм, как и гипсоносность пород, могут говорить о выносе бора как из древних аномально соленых образований, так и из диатомей. Известны многочисленные случаи, когда повышенные концентрации бора и кремнезема обнаружены в областях, где четвертичный магматизм не проявлялся.

## 5. Особенности накопления бора в почвах и растениях

Ввиду многообразия геологических и геохимических процессов химический состав почв и природных вод имеет мозаичный характер, который отражается на представителях растительного и животного мира.

Благодаря избытку или недостатку микроэлементов, в том числе и бора, в растительных и животных организмах возникают определенные биологические отклонения.

Бор имеет существенное значение в развитии растений и, как полагал А. Е. Ферсман (1934), его полезные и ядовитые свойства в отношении многих растений выдвигают этот элемент на одну из ведущих ролей в понимании ряда проблем процессов земной поверхности".

Нами установлено, что в Армянской ССР по продвижению с севера на юг наблюдается увеличение бора в почвах, что связано с биоклиматической зональностью и с особенностями геологического строения республики.

В табл. 10 приведены усредненные значения содержания бора в различных типах почв Армянской ССР. Сопоставление их с данными А. П. Виноградова (1957) показывает, что почвы Армянской ССР отличаются повышенной бороносностью.\*

Таблица 10

Содержание бора в почвах Армении  
(по Е. С. Казаряну и др.)

Почвы	Содержание бора в %
Бурые	$1,9 \cdot 10^{-3}$
Каштановые	$1,8 \cdot 10^{-3}$
Черноземы	$1,7 \cdot 10^{-3}$
Горно-лесные	$1,2 \cdot 10^{-3}$
Горно-луговые	$1,2 \cdot 10^{-3}$
Солонцы и солончаки	$n \cdot 10^{-2}$

\* В различных научных и производственных организациях проводилось изучение закономерностей распределения бора в почвах и растениях.

Высокие содержания бора в почвах сопровождаются высокими содержаниями его в природных водах.

В почвах Армянской ССР наивысшие содержания валового бора, как и наивысшие его водорастворимые концентрации, встречаются в южных и юго-западных районах республики с аридным климатом, где выделяются аллювиально-луговые засоленные и солонцеватые почвы.

Пустынный почвенный пояс развит в Араратской долине. Почвы развиты на озерно-аллювиальных образованиях и представлены солончаками, солонцами, такырами, сероземами. Наличие здесь соленосных глин и гипсов, перекрытых аллювиально-пролювиальными отложениями, а также вод надозерного водоносного горизонта, близких к поверхности, способствует образованию солончаков.

Летом уровень грунтовых вод понижается и при выпадении осадков соли в солончаках растворяются и временно уносятся в глубину. В подобных случаях на месте солончаков образуются солонцы. Распространены солончаковые и солонцовые почвы в Октемберянском, Арташатском, Араратском районах Армянской ССР (у сел. Суренаван, Армаш, Араздаян, Шаумян, Агамзалу и др.).

В солонцеватых почвах обнаружено значительное содержание бора, а на отдельных территориях (окрестности Двина, Араздаяна и др.) наблюдаются сплошные участки с белыми бор-содержащими налетами и корками.

На этих участках (к одному из них приурочены выходы Двинских углекислых бороносных вод) на поверхности были обнаружены горько-соленые белые налеты, реагирующие с хинализарином (макроскопически устанавливается наличие бора). В водных вытяжках из почв, отобранных нами, установлено до 75-80 мг метаборной кислоты в 100 г почвы.

Образование отмеченных корочек и налетов легко объясняется капиллярным поднятием вод. Обычно скорость движения вод меняется в обратном соотношении с величиной частиц пород; кроме того, скорость поднятия снижается с увеличением общей минерализации вод и зависит от состава последних.

Сезонные колебания климатических условий способствуют расщеплению бора, что, в свою очередь, связано с движениями уровня грунтовых вод.

Полупустынные почвы развиты в южных и юго-западных районах Армянской ССР. На положительных элементах релье-

фа образуются маломощные, очень каменистые карбонатные горно-бурые почвы, а на пониженных участках горно-бурые почвы малокаменисты.

В поясе развития полупустынных почв вместе с механическим выветриванием происходит и химическое, благодаря чему происходит накопление карбонатов. Последнее обстоятельство сказывается на обогащении почв бором, так как кальций высаливающе действует на борсодержащие соединения и уводит их в осадок.

В Араратской долине бурые почвы местами содержат большие количества бора - 40-50 мг/кг почвы.

По И. Р. Юзбашян и Н. Р. Мелконян (1964), воднорастворимого бора содержится в бурых почвах от 0,38 до 0,45 мг/кг. Авторы показали, что в бурых почвах общий бор и воднорастворимый ведут себя разнозначно. Так, в карбонатной почве с Бамбакашат (Октемберянский район), имеющей тяжелый суглинистый состав, было мало общего бора, но содержание доступного бора по всему профилю было однородно (0,45-0,40 мг/кг). Бурая, бескарбонатная, среднесуглинистая почва, подстилаемая валунно-галечными и песчаными наносами (Эчмиадзин), содержала меньше доступного бора, большая часть которого накапливалась в перегнойном среднесуглинистом горизонте (0,38-0,23 мг/кг).

Типичными почвами сухо-степного пояса являются каштановые почвы, маломощные на юге Армении и сформировавшиеся на более древних осадочных и интрузивных породах. Ввиду того, что последние менее бороносны, чем молодые образования, естественно, что развитые на них почвы содержат меньшие концентрации бора. Вместе с этим надо отметить, что по сравнению с бурыми почвами каштановые почвы карбонатами обеднены, что, по нашему мнению, также должно отражаться на борораспределении в почвах этого типа. В каштановых почвах содержится воднорастворимого бора от 0,15 до 0,17 мг/кг, а в горных черноземах от 0,15 до 0,65 мг/кг. Высокие содержания бора в светло-каштановых почвах обнаружены в Талинском и Аштаракском районах, на Арагацских и Кармрашенских настибищах.

Доступный бор в малых содержаниях в каштановых почвах наблюдается у с. Егвард (Аштаракский район), где каштановая бескарбонатная почва содержит воднорастворимого бора 0,17-0,12 мг/кг (общее содержание бора, независимо от глу-

бины, равно 2,73 мг/кг). Карбонатная эродированная, сильно скелетная почва на территории совхоза Спитак содержит 0,15–0,13 мг/кг воднорастворимого бора. Наивысшие содержания воднорастворимого бора встречены в горном черноземе опытного поля в Лениакане (0,60–0,33 мг/кг) и с. Бардаблур, где в черноземах бор накапливается в перегнойных горизонтах. Содержание бора незначительно убывает с глубиной. По мнению А. П. Виноградова (1950), подвижность бора усиливается с увеличением выщелоченности почвы и при понижении рН почвенного раствора.

Итак, повышенные концентрации бора могут возникнуть двояким путем: адсорбцией бора горными породами, через которые проходят воды, и второй путь – концентрирование солей при выпадении их в осадок в зонах активного испарения<sup>х</sup> (низменная часть Араратской равнины).

Что касается воднорастворимого или подвижного бора усваиваемого растениями, то последний связан и с генетическими особенностями почв и, в первую очередь, с климатическим фактором.

Ввиду того, что в Армении количество выпадающих атмосферных осадков увеличивается с увеличением абсолютных высот, не случайно, что аномально повышенные содержания бора в почвах приходится именно на низменные участки (Октемберянский, Эчмиадзинский, Арташатский, Араратский, Ноемберянский, Ахурянский и др. районы).

Таким образом, распределение бора в почвах подчиняется и вертикальной поясности природных условий Армянской ССР, вместе с изменениями которых наблюдаются колебания в концентрациях бора в почвах, а также в растениях, произрастающих на них.

В отдельных случаях повышенные концентрации бора обнаружены в почвах и растениях высокогорных областей; это обстоятельство также отражает металлогенические особенности района (преимущественное тяготение этих областей к территориям развития третичных вулканогенно-осадочных отложений, как и к областям молодого вулканизма Армянского нагорья).

Наблюдаются морфологические изменения растений, произрастающих на богатых бором почвах. Например, изменения ге-

<sup>х</sup> "Испарительный барьер" по А. И. Перельману (1968).

бепии можно применять в качестве поискового признака, что подтвердилось в Армянской ССР на участках Двина и Советашена.

Содержание бора более 0,6% на аномальных участках Вохчаберда вызвали патологические изменения у *Goebelia alopesuroides*, наблюдаемые у соцветий и листьев (К. И. Кузина, 1965). Подобные изменения известны в литературе, но не объяснена их причина (характерны и для отдельных участков на Северном Кавказе, что, по нашему мнению, очевидно, связано с датолитовым оруденением).

Растения нуждаются в определенных дозах бора и его отсутствие отражается на их состоянии. Так, к примеру, при отсутствии бора и невнесении его в качестве удобрений, очень часто у сахарной свеклы наблюдается гниль корнеплода. Несмотря на то, что в Шираке, где разводится эта сельскохозяйственная культура, бор в качестве подкормки не вносится, тем не менее болезнь эта там отсутствует<sup>х</sup>. Интересно, что И. Р. Юзбашян и Н. Р. Мелконян (1964) в указанном районе установили повышенные содержания бора. Очевидно, не только морфологические изменения в растениях, разнообразные уродства и отклонения, но и отсутствие болезней также могут свидетельствовать об обогащенности почв бором. В. В. Ковальским и его сотрудниками описаны реакции организмов на накапливание бора и зафиксированы: эндемические борные энтериты. Последними обычно болеют овцы и верблюды, но может заболеть и человек.

В Армянской ССР пока еще не установлено, что является причиной болезни овец, аналогичной борному отравлению/Е. С. Казарян и др./.

Небезынтересно отметить, что одна из вспышек болезни овец в юго-западных районах республики наблюдалась в особенно дождливый год. По всей вероятности, это в какой-то степени повысило выщелачиваемость бора, его усваиваемость растениями, что в конечном счете не могло не отразиться и на представителях животного мира.

Обильное выпадение атмосферных осадков, вслед за сухой погодой сказывалось, по всей вероятности, двояко: произошло разбавление вод, а также выщелачивание и промывание борсо-

х В некоторых минеральных водах этого района нами обнаружено высокое содержание бора.

державших растворимых солей, которые накапливались до этого в почве в течении сухого периода.

По градации, предложенной А. И. Перельманом (1961), исходя из коэффициента биологического поглощения-КБ (отношение содержания элемента в золе растения к содержанию его в почвообразующей породе в почве), бор входит во вторую группу-сильно накапливаемых элементов. В растениях содержание бора повышено-в пределах  $1,5 \cdot 10^{-4}$  -  $1 \cdot 10^{-1}$ %, кроме злаковых не концентрирующих бор ( по С. Г. Цейтлину и В. В. Ковальскому).

С. Г. Цейтлин (1939.) и Е. В. Бобко (1940) справедливо отмечали, что злаки и лилейные содержат наименьшие количества бора -  $2,3 \cdot 10^{-4}$ % в сухом веществе. Высокие концентрации бора в сухом веществе наблюдаются в молочае, маке, одуванчике, т.е. в растениях с млечным соком. Нельзя согласиться с одним из выводов С. Г. Цейтлина (1939) о том, что одинаковые растения, растущие на разных почвах, содержат равные количества бора, что позже поддерживалось и другими исследователями. Отдельные растения одного и того же рода, произрастающие в Армении на разнообогатенных бором почвах, содержат далеко не одинаковое количество бора.

На территории республики выявлены многие растения-накопители бора, которые отмечаются в работах В. В. Ковальского и его сотрудников по борной биохимической провинции северо-западного Казахстана. Из них характерные для зимних пастбищ Армении *Artemisia*, *Kochia*, *Euphorbia* и др. (Е. С. Казарян и др.).

Растения-накопители бора, произрастающие в низменных районах Армении, содержат его в больших количествах, чем растения высокогорной полосы.

В Арташатском районе, на Двинском участке, к северу от выходов бороносных углекислых вод, были встречены растения с содержанием бора до десятых долей и даже до целых процентов.

Как известно, выделяются растения универсальные и локальные индикаторы: если первые приурочены строго к определенной среде, которая обогатена некоторыми химическими элементами, то вторая группа растений может приспособиться к повышенным концентрациям элемента в породе и почве и чаще встречается над рудными зонами.

Э. К. Буренковым и К. И. Кузиной (1965) проводились работы по выявлению индикационных свойств растений при поисках борной минерализации. Ими отмечаются косвенные индикаторы бора — эспарцет, акантолимон. В Армении осадочные породы, преимущественно глинистые и песчано-глинистые, особенно перспективные для борной минерализации, фиксируются эспарцетом. Ультрасосновые породы, отличающиеся повышенной бороносностью, картируются акантолимоном (по побережью оз. Севан).

Изучение растительных проб показало, что для Севанского бассейна характерен повышенный фон бора (0,01–0,03%). Близ с. Дара известны содержания бора до процента. Растительный покров представлен смешанным лесом с элементами трагантовой и злаково-разнотравной степи.

В трагантовой степи очень распространены астрагалы. В 2,5 км. к северо-востоку от с. Дара на магнетитированных и серпентинизированных дунитах также отмечена борная аномалия, так называемый биогеохимический барьер А.И. Перельмана (1968). Аномалия хорошо выражена астрагалами, можжевельником.

К северо-западу от с. Шишкая также отмечена аномалия, где широко распространены астрагалы, эспарцет. Указанные растения широко развиты также в пунктах северо-восточнее с. Кясаман и в 2 км северо-восточнее с. Инакдаг, где в них отмечено до 0,3% бора

Индикационные свойства астрагалов, по мнению Э. К. Буренкова и К. И. Кузиной (1965), позволят использовать их в виде прямых индикаторов борной минерализации. Вместе с тем отметим, что эти растения в совершенно однотипных условиях накапливают повышенные концентрации никеля, хрома на северном побережье оз. Севан, а в южных районах республики (Зангезур) содержат медь и молибден.

Повышенные концентрации бора в почвах и растениях почти повсеместно сопровождаются повышенными содержаниями его в водах. Наблюдая за растениями, можно не только составить представление о типе почвы, недостатке или избытке определенного химического элемента, но и судить о химическом составе подземных вод, которыми питаются растения.

Таким образом, аномальные содержания бора в растениях сингенетичны, отражают не только бороносность рыхлых покровов или коренных пород, но и состав циркулирующих подземных вод.

Исходя из изложенного, можно заключить, что не всегда растения, накапливающие в себе значительные концентрации бора, являются индикаторами скрытого твердого борного оруденения.

В Араратской котловине известны солонцы, солончаки и широко наблюдается обычная картина известкования. Благодаря известкованию кальций не только сам уходит в осадок, но и уносит за собой энергично мигрирующие в водной среде элементы (хлор, сера, бор). Естественно, что в таком случае при образовании в почве карбонатного прослоя в последнем будет накапливаться вместе с другими легко мигрирующими элементами и бор. По нашему мнению, возникновение таких ложных аномалий, их предварительная расшифровка имеют прикладное значение, так как они связаны с геохимическим микробарьером (А. И. Перельман, 1968) и почвенным ипловиальным горизонтом.

Глубинность обнаружения скрытого оруденения по биохимическому методу предопределяется геологическими, геоморфологическими, климатическими и ботаническими условиями. Глубинность может возрасти благодаря капиллярному поднятию грунтовых вод, сезонным колебаниям уровня их, условиям подтока трещинных и других вод из тектонических зон, что хорошо проявляется вдоль полосы Ереванского глубинного разлома. Вдоль последнего образуются своеобразные "разломные солончаки", отличимые повышенными содержаниями бора.

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК АРМЯНСКОЙ ССР<sup>x</sup>

Ценные сведения по гидрогеологии Армянской ССР содержатся в монографиях А.П. Демехина, Н. И. Долухановой, А. А. Тер-Мартirosяна, К. Н. Паффенгольца, А. Т. Асланяна, Л. Н. Барабанова, а также в многочисленных статьях и рукописях (А. Т. Асланян, В. А. Аветисян, А. Л. Ананян, А. Е. Амроян, С. П. Бальян, В. Т. Вегуни и др.).

Обобщение материалов упомянутых авторов и новейшей гидрогеологической литературы в сочетании с собственными исследованиями по отдельным районам Армянской ССР позволили нам охарактеризовать некоторые особенности гидродинамической и гидрогеохимической зональности ее территории.

Сложнейшие гидрогеологические условия Армянской ССР обусловлены разнообразием геологического строения республики, биоклиматическими, геоморфологическими и другими условиями. В ее геологическом строении участвуют различные по возрасту, генезису, литологическому составу и условиям залегания осадочные и магматические породы, в различной степени водопроницаемые. Водоносные горизонты преимущественно приурочены к палеозойским известнякам, верхнеюрским известнякам и песчаникам, к верхнемеловым известнякам и мергелям, к известнякам, мергелям и песчаникам среднеэоценовых вулканогенно-осадочных образований. Большой водообильностью на территории Армянской ССР отличаются молодые лавы, аллювиальные отложения и водоносные горизонты, заключенные в отложениях верхнемелового возраста.

<sup>x</sup> В главе рассмотрены гидрогеологические условия, приведены сведения о боронности минеральных вод в связи с гидродинамической и гидрогеохимической зональностью Армянской ССР.

Химическое наименование воды дано в нисходящем порядке т.е. расстановка анионов и катионов дана от наибольших к наименьшим.

К. Н. Паффенгольц (1959) отмечал, что "известково-мергельная толща верхнего мела играет заметную роль в гидрогеологии Малого Кавказа"; вследствие трещиноватости пород она является коллектором большого количества осадков. К этой толще, особенно близ контакта ее с водонепроницаемой вулканической толщей нижнего сенона, нередко приурочены источники с большим дебитом.

Огромна роль основных гидрогеологических структур-артезианских бассейнов и гидрогеологических массивов. Если в артезианских бассейнах преимущественно распространены пластовые подземные воды, то в гидрогеологических массивах-трещинные и трещинно-жильные воды.

В артезианских бассейнах различаются безнапорные грунтовые воды, межпластовые напорные и безнапорные воды, а в основании бассейнов-трещинные напорные и трещинно-жильные напорные воды фундамента.

Как известно, для упомянутых структур характерны зональность и смена с глубиной условий водообмена. И. К. Зайцевым и Н. И. Толстихиным (1963) отмечалось, что в размещении гидродинамических зон артезианских бассейнов главная роль принадлежит геологическому строению и соподчиненная-рельефу. Ведущая роль в размещении гидродинамических зон в гидрогеологических массивах в противоположность артезианским бассейнам принадлежит уже рельефу.

В гидрогеологических массивах основное значение для интенсивности и направленности стока имеют трещиноватость пород, рельеф. В этом случае такие факторы, как слоистость и литологический состав пород, имеют для водообильности пород уже подчиненное значение.

Наиболее крупные артезианские структуры являются бассейнами накопления подземных вод, а гидрогеологические массивы являются системами их преимущественного стока.

Известны случаи, когда для выделения гидрогеологических структур трудно отдать предпочтение трещиноватости или слоистости геологических образований. Такие гидрогеологические структуры из-за неоднородности строения нельзя отнести ни к типичным артезианским бассейнам, ни к гидрогеологическим массивам, хотя они и стоят ближе всего к артезианским бассейнам.

Подобные промежуточные структуры выделяются по И. К. Зайцеву и Н. И. Толстихину в артезианские мульды, адарте-

зианские бассейны пластово-трещинных вод, т. е. бассейны, близкие к артезианским. Адартезианские бассейны выделяются как среди типичных артезианских бассейнов, так и гидрогеологических массивов.

На гидрогеологические массивы и артезианские бассейны могут накладываться специфические гидрогеологические структуры, названные И. К. Зайцевым и Н. И. Толстихиным (1963) вулканогенными супербассейнами. Н. И. Долуханова и Н. И. Толстихин (1967) выделяют на территории Армении ряд таких супербассейнов. По нашему мнению, детальное гидрогеологическое районирование позволит в дальнейшем расчленить и супербассейны, выделив для них подтипы: воды вулканов, долинных лавовых потоков, вершинных плато, вулканических поднятий.

Границы отдельных бассейнов наиболее правильно очерчиваются по пьезоизогипсам, но их можно установить также и по тектоническим и орографическим признакам.

Помимо пресных вод, в этих структурах широко распространены минеральные воды.

Гидрогеологические исследования позволили выделить в Армении нижеследующие водовмещающие породы и подземные воды, приуроченные к ним: 1) осадочные породы с трещинными, трещинно-пластовыми гидрокарбонатными кальциевыми водами, минерализация которых не более 1 г/л; 2) вулканогенно-осадочные и интрузивные породы с трещинными и реже трещинно-пластовыми водами верхней зоны коры выветривания, где распространены преимущественно гидрокарбонатные кальциевые и гидрокарбонатно-хлоридные кальциевые с минерализацией 1 г/л; 3) лавы с трещинными водами, гидрокарбонатными и хлоридно-гидрокарбонатными. Низкая минерализация (0,15 г/л) и низкая температура (6-9°C), большие дебиты потоков и хорошие вкусовые качества позволяют считать эти воды наилучшими для водоснабжения; 4) озерно-речные отложения с пластово-трещинными и пластово-поровыми гидрокарбонатными кальциевыми и реже хлоридно-гидрокарбонатными водами. Минерализация этих вод до 1,0 г/л, а температура достигает 14°C; 5) рыхлообломочные породы (воды долинного аллювия, конусов выноса, ледниковых, пролювиальных и делювиальных отложений). Воды этой группы имеют самую разнообразную минерализацию и состав; 6) разновозрастные карбонатные фации синклинальных структур, для которых характерны пластовые, пластово-трещинные и карстовые гидрокарбонатные кальциевые воды с различ-

ной минерализацией; 7) особую группу составляют трещинно-жильные воды глубокой циркуляции, связанные с тектоническими зонами. В отличие от всех рассмотренных групп, эти воды обладают повышенной минерализацией и разнообразным химическим составом.

Учитывая структурно-литологические особенности и характер водоносности пород, представляется возможным выделить на территории Армянской ССР три гидрогеологических этажа.

Фундамент, представляющий нижний гидрогеологический этаж, сложенный кристаллическими, метаморфическими сильно измененными образованиями, в свою очередь можно расчленить на два яруса. Нижний ярус представлен кристаллическими сланцами, метаморфическими образованиями и интрузивными породами докембрия-палеозоя. Для него характерны трещинно-грунтовые, трещинно-напорные и трещинно-жильные воды, а для слоисто-кристаллических и осадочных пород также и пластово-трещинные воды. Верхний гидрогеологический ярус фундамента представлен более молодыми трещиноватыми дислоцированными породами; для них характерны трещинно-грунтовые воды зоны выветривания, пластово-трещинные, трещинно-пластовые и трещинно-жильные воды.

Породы нижнего структурного яруса фундамента образуют типичные гидрогеологические массивы с положительными формами рельефа, а породы верхнего структурного яруса фундамента, кроме сложных гидрогеологических массивов, образуют адартезианские бассейны, приуроченные к синклинальным структурам (адбассейны), и гидрогеологические адмассивы, приуроченные к антиклинальным структурам с положительными формами рельефа.

В этих промежуточных структурах распространены трещинно-пластовые, пластово-трещинные, карстовые и трещинно-жильные воды, связанные в единую водонапорную систему многочисленными тектоническими трещинами.

В настоящее время адартезианские бассейны и гидрогеологические адмассивы выделены в пределах Большого Кавказа, в Донбассе, в Сибири, Казахстане, на Дальнем Востоке и северо-востоке Сибири.

Второй гидрогеологический этаж - чехол состоит из осадочных пород, которые представлены рыхлыми и сцементированными разновозрастными породами. Учитывая уплотненность и обводненность пород чехла, внутри последнего также выде-

пляют гидрогеологические ярусы. В нижнем ярусе развиты трещинно- и карстово-пластовые воды, в среднем - трещинно-пластовые и порово-пластовые воды и, наконец, в верхнем ярусе чехла развиты порово-пластовые воды.

Верхний гидрогеологический этаж представлен потоками и покровами лав, являющимися вулканогенными супербассейнами.

По обилию разнообразных вулканогенных бассейнов Армянская ССР занимает исключительное место в Советском Союзе. Водообильность ее вулканогенных супербассейнов подчеркивается их большим модулем подземного стока и наличием мощных источников, приуроченных к вулканогенным супербассейнам, в том числе одним из наиболее мощных в СССР Айгерличским источником.

Основные артезианские бассейны и их системы следующие. Севано-Ширакская система артезианских бассейнов составляет их северный ряд, в который входят наиболее крупные бассейны - Верхне-Ахурянский, Памбакский, Налбандский, Ширакский, Севанский. К Ереванскому грабен-синклинорию приурочен одноименный артезианский бассейн. Южнее него расположены Чатминский и Шагапский артезианские бассейны. Сложную систему адбассейнов представляет Айоцдзор. В бассейне р. Воротан известен ряд котловин, выполненных озерно-диатомитовыми и речными отложениями верхнего плиоцена и плейстоцена - Акнадашская, Ангекахотская, Сисианская и Шамбская котловины. Крупным артезианским бассейном является Средне-Араксинский.

Крупнейшими гидрогеологическими массивами являются Сомхето-Карабахский на севере республики, Арзаканский в ее центральной части и Мегринский - на юге. Сложены они преимущественно метаморфическими, вулканогенными и интрузивными образованиями.

По гидродинамическим условиям выделяются нижняя, средняя и верхняя зоны. В общем балансе подземных вод Армянской ССР эти зоны не равнозначны. Основное место в балансе подземных вод занимает верхняя гидродинамическая зона - грунтовые безнапорные воды.

Наряду с гидродинамическими зонами выделяются гидрохимические, отличимые не только по величине общей минерализации состава воды, температуре, но и по газогидрогеохимической зональности, наличию определенного набора микрокомпонентов.

Таблица 11

## ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД АРМЯНСКОЙ ССР

Гидрохимические зоны	Тектонические области	Тип воды	Источники	Водовмещающие породы
<b>I Зона</b> Минерализация до 5 г/л Преимущественно холодные (тах. $t$ 26°С)	Раннеальпийская складчатость и область питания артезианских бассейнов средне- и позднеальпийской складчатости	$HCO_3-Ca$	Арарат, Арени, Татев и др.	Карбонатные породы
		$HCO_3-Mg$	Севкар, Ноябрьян, Зод	Доломиты, основные и ультраосновные породы
		$HCO_3-SO_4$ <small>разного катионного состава</small>	Алаверди, Мартуни, Лернашен	Гидротермально измененные породы и зоны с сульфидной минерализацией
<b>II Зона</b> Минерализация до 10 г/л Встречаются субтермальные и термальные (тах. $t$ 64°С)	Средне- и позднеальпийская складчатость	$HCO_3-Na$	Бжни, Арзакан, Дилижан	Метаморфические породы и эффузивы
		$HCO_3-Cl-Na$	Анкаван, Личк, Карашен	Метаморфические породы, песчано-глинистые породы
		$HCO_3-SO_4-Na$	Джермук, Дали, Гридзор	Изверженные, вулканогенно-осадочные породы
<b>III Зона</b> Минерализация до 100 г/л Встречаются субтермальные и термальные (тах. $t$ 83°С)	Средне- и позднеальпийская складчатость	$HCO_3-Cl-Na$	Горбатех, Екегис, Саят-Нова	Вулканогенно-осадочные породы
		$Cl-HCO_3-Na$	Азатаван, Двин, Кара-Кала	Терригенно-карбонатные флишевые фации (данний-палеоцен и зоцен)
		$Cl-Na$	Арзни, Птгни, Раздан	Соленосные породы

Особенно ярко наблюдается совпадение зональности газового и химического состава вод с тектонической зональностью для минеральных вод республики. Весьма показательно, что зональность газового состава минеральных вод Армении, как и химизм подземных вод, является своеобразным отражением тектонической зональности ее территории. Наибольшая часть газовой составляющей приходится на углекислый газ. Последний составляет 97–99% от общего состава газов. В некоторых минеральных водах наблюдаются азот, кислород, обнаружены сероводород, метан и тяжелые углеводороды. Зона метановых газов характерна для Октемберянской и Ширакской котловин. По всей вероятности, генезис метана связан с процессами нефтеобразования. Зоны с метаном обрамляют зону углекислых газов. В промежуточных зонах встречаются газы смешанного состава. Самые многодебитные источники Армянской ССР – Араратские – относятся к азотно-углекислым.

Азот в минеральных источниках республики, по-видимому, имеет преимущественно воздушное происхождение. На участках, примыкающих к крупным впадинам, азот биогенный. В пользу последнего предположения говорит парагенетическая связь азота с метаном в водах, наблюдаемая в Ширакской, Октемберянской и Чатминской (отдельные определения на Двинском участке) структурах.

В Армянской ССР в общем плане наблюдается с глубиной зональная смена  $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \rightarrow \text{HCO}_3 - \text{Na} \rightarrow \text{HCO}_3 - \text{Cl} - \text{Na} \rightarrow \text{Cl} - \text{HCO}_3 - \text{Na}$  вод.

Вертикальная и горизонтальная гидрохимическая зональность минеральных вод вызвана увеличением общей минерализации и сменой состава при движении вод по породам (табл. 11).

1 Гидрохимическая зона включает воды  $\text{HCO}_3 - \text{Ca}$ ,  $\text{HCO}_3 - \text{Mg}$ ,  $\text{HCO}_3 - \text{SO}_4$  разного катионного состава с общей минерализацией до 5,0 г/л.

Температура воды не более 26°C (Татев). Воды данной зоны грунтово-трещинные, пластово-трещинные, трещинно-жильные. В газовом составе некоторых вод к  $\text{CO}_2$  присоединяется азот (Арарат, Аргичи).

2 Зона  $\text{HCO}_3 - \text{Na}$ ,  $\text{HCO}_3 - \text{Cl} - \text{Na}$ ,  $\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Na}$  воды с минерализацией до 10,0 г/л. Этих вод нет в Сомхетско-Кафанской тектонической зоне.  $\text{HCO}_3 - \text{Na}$  воды в осадочных породах образуются, по-видимому, при катионном обмене Ca и Na. В аффузивах (Дилижан), интрузиях (Мегри) и метаморфических породах (Бжни, Арзакан, Агверан) обогащение

щелочными элементами идет за счет разложения полевых шпатов. Температура воды до  $42^{\circ}$ – $50^{\circ}$  (Бжни, Арзакан, Анкаван) и  $64^{\circ}$  (Джермук). Водообмен этой гидрохимической зоны происходит в течение десятков лет.

3. Зона  $\text{HCO}_3$ – $\text{Cl}$ – $\text{Na}$ ;  $\text{Cl}$ – $\text{HCO}_3$ – $\text{Na}$ ;  $\text{Cl}$ – $\text{Na}$  вод с минерализацией до 100 г/л. Высокоминерализованные воды присущи областям наибольшего погружения и бассейнам, сложенным соленосными отложениями. Формирование вод этой зоны связано со смещением древних инфильтрационных гидрокарбонатных натриевых вод с древними седиментационными хлоридными натриевыми водами. Возобновление вод этой зоны происходит в течение десятков тысячелетий. Воды 3 зоны – пластово–трещинные с температурой до  $83^{\circ}$  (Кара–Кала). Глубина их формирования достигает 500–3000 м.

Соответствие герцетектонических комплексов структурно–металлогеническим зонам накладывает существенный отпечаток на химизм и обогащенность рудными микроэлементами подземных вод соответствующих зон и до некоторой степени предопределяет горизонтальную гидрохимическую зональность. Закономерно, что воды в полосе киммерийской складчатости обогащены сульфатами, медью, в то время как в среднеальпийской зоне чаще наблюдается обогащенность вод медью и молибденом. Небезынтересно отметить, что такие элементы, как титан, ванадий и медь, являющиеся ведущими микроэлементами интрузий в области раннеальпийской складчатости, почти повсеместно присутствуют в углекислых водах этой зоны.

В Приараксинской зоне, где развиты соленосные отложения и отсутствуют магматогенные месторождения, распространены самые высокоминерализованные воды в Армянской ССР. Здесь обнаружены углекислые рассолы (Птгни, Раздан, Азатаван, Двин, Кара–Кала и др.), отличающиеся разнообразием микрокомпонентного состава.

Большая часть минеральных вод Армении находится в полосе среднеальпийской и позднеальпийской складчатости. Здесь расположены все крупные месторождения углекислых вод республики. В упомянутых зонах сосредоточены эксплуатирующиеся месторождения минеральных вод (Арзни, Севан, Дилижан, Джермук, Бжни, Личк, Анкаван, Арарат, Арпи, Лори).

Для отдельных месторождений минеральных вод характерна смена гидрохимических фаций с глубиной. Последнее обстоятельство является прямым отражением геологического строе-

ния отдельных территорий. Подобная смена типов воды выявлена при бурении, проведенном за последние годы на ряде месторождений углекислых вод (Анкаван, Лячк, Ехегис, Горбатех, Саят-Нова и др.).

Так, на Анкаванском месторождении воды с глубиной меняли свой облик: из гидрокарбонатно-хлоридных кальциево-натриевых становились гидрокарбонатно-хлоридными натриевыми а глубже - хлоридно-гидрокарбонатными натриевыми. Соответственно росла и общая минерализация вод. На Ехегис-Горбатехском месторождении гидрокарбонатно-хлоридные воды с глубиной сменялись хлоридно-гидрокарбонатными, возрастала минерализация и параллельно с ней - содержание многих компонентов.

Изменение с глубиной состава вод от гидрокарбонатных через ряд промежуточных форм к хлоридным с одновременным возрастанием минерализации установлено к настоящему времени в Карпатах, в Крыму, в Яснополянском районе Большого Кавказа и во многих других местах, где происходили молодые горообразовательные процессы.

Вследствие новейших тектонических движений на территории Армении, в отдельных гидрогеологических структурах выпадают некоторые гидрогеохимические зоны. Соленосные породы, развитые в республике, также накладывают свой отпечаток на химизм подземных вод и затушевывают зональность вод.

Продольные глубинные разломы - Севанский, Анкавано-Зангезурский и Ереванский, разделяющие отдельные тектонические зоны Армении, контролируя магматизм, эндогенную минерализацию, гидрогеологические и гидрохимические показатели отдельных зон, имели исключительно большое значение.

По мнению А. А. Габриеляна (1968), "... Анкаван-Сюникский глубинный разлом отражает север-северо-восточную границу распространения средне-верхнепалеозойских и триасовых отложений и одновременно очерчивает южную границу Сомхето-Кафанской юрской эвгеосинклинальной зоны". Данные по спектральным анализам сухих остатков углекислых источников, например, по распределению микроэлементов в водах, а в частности - и бора, свидетельствуют об обогащении ими именно областей к югу от предполагаемой зоны разлома. Так что не только химизм источников, но и специфика их микрокомпонентного состава свидетельствуют о различных формационных условиях. Исходя из этих условий, можно полагать, что поставщиком

сравнительно небольшого числа компонентов химического состава вод и их незначительных концентраций (хлор, бор, мышьяк и др.) являются глубинные процессы, возможно, обогащающие углекислые воды вдоль Анкаван-Сюникского глубинного разлома (Личк, Таштун, Анкаван и другие источники). Одновременно эти же специфические элементы могут выноситься также и из осадочных пород, где содержание их часто превышает концентрации в изверженных породах.

В пользу этого положения свидетельствует присутствие этих элементов в водных вытяжках из пород.

Параллельными разломами ограничено Паракар-Енгиджинское погребенное горстовое поднятие. Разломы эти описаны А. Т. Асланяном (1958) и А. А. Габриеляном (1959). Самый южный глубинный разлом на территории Армянской ССР - Ереванский. К полосе последнего тяготеют высокоборносные воды Октемберянского (Кара-Кала) и Арташатского (Дзинские и Азатаванские источники) районов, а на территории Нахичеванской АССР - Джульфинские.

На востоке разлом прослеживается по южному склону Урцского и Айоцзорского хребтов, ограничивая северную полосу распространения миоценовых молассовых и соленосных отложений Среднеараксинской депрессии. К этой полосе приурочены хлоридно-гидрокарбонатные натриевые и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые воды, отличающиеся повышенными концентрациями брома, йода, бора, редких щелочных металлов, фтора, мышьяка и других микроэлементов. Ввиду того, что оконтуривающий эту полосу магматически "мертвый" Ереванский разлом, не был поставщиком этих компонентов, а они установлены в породах и в водных вытяжках из них, то, несомненно, поставщиком многих элементов являются породы оконтуриваемой территории.

Упомянутые разломы, как показали региональные исследования, неравнозначны по своей геологической роли; порою ими предопределены различия в геологических разрезах отдельных блоков и они контролируют магматизм (Анкаван-Сюникский разлом), а в других случаях контролирующая магматизм роль разлома ослаблена (Ереванский глубинный разлом). Однако и в том, и в другом случае гидрогеологическая роль их весьма существенна.

Значительная часть территории Малого Кавказа покрыта лавами. По данным геофизических исследований и по гидрохими-

ческим показателям можно проследить под броней лав продолжение отдельных гидрогеологических структур, образованных двумя нижними этапами и установить наличие разломов. Обычно вдоль разломов воды нижних гидродинамических зон проникают в верхние, создавая гидрохимические аномалии, а поэтому последние можно использовать для установления разломов. Так, например, на забронированных лавами территориях, кроме упомянутых продольных разломов, намечаются субмеридиональные разломы поперечного направления, сопровождаемые выходами углекислых минеральных вод. Отметим, что именно разнотипное развитие отдельных гидрогеологических структур способствует отклонению от обычной прямой гидрохимической зональности. Сложность геологических и гидрогеологических условий Армянской ССР, наличие мощного новейшего вулканизма и рудной минерализации приводят к большому разнообразию и широкой распространенности углекислых минеральных вод на ее территории. В республике зафиксировано около 700 минеральных источников.

Многие минеральные источники Армении по своему химическому составу и температуре близки к водам прославленных курортов - Карловы Вары (Джермук, Арпи, Гридзор), Боржоми (Дилижан, Арзакан, Бжни), Ессентуки (Анкаван, Личк, Мартуни), Кисловодск (Татев, Арагац), Цхалтубо (Арагат и Фиолетово). Воды Зоден-Антаунс, Киссенген, Висбаден, Наугейм, Зельтер и Роя имеют такие армянские аналоги, как Арзни, Гюмуш, Авазан, Птгни, Раздан, Двин, Азатаван, Норашен, Ехе́гис, Орбатех, Саят-Нова и др. источники.

Особенно многодебетны минеральные воды Арарата, Арагаца, Джермука, Анкавана, Арзни, Татева, и др.

Температура минеральных источников Армянской ССР колеблется в широких пределах - от  $4^{\circ}\text{C}$  (Гридзор) до  $64^{\circ}\text{C}$  (Джермук) и  $83^{\circ}\text{C}$  (Кара-Кала). Большинство вод - холодные, с температурой до  $20^{\circ}\text{C}$ .

Выделяются четыре группы вод: 1) холодные, с температурой от  $4$  до  $20^{\circ}\text{C}$  (Гридзор, источники Мегринского плутона, высокоборозносные источники Двина, Горбатеха, Ехе́гиса, и др.); 2) слаботермальные, с температурой от  $20^{\circ}\text{C}$  до  $37^{\circ}\text{C}$  (источники Арарата, Саят-Нова, Воротанской впадины); 3) термальные, с температурой от  $37^{\circ}$  до  $50^{\circ}\text{C}$  (Анкаван, Арзакан, Азатаван, Бжни, источники Ереванской впадины). Наиболее борозносны воды Азатаванские ( $42^{\circ}$ ); 4) гипертермальные источники с темпера-

турой до  $64^{\circ}\text{C}$  (Джермук) и  $83^{\circ}$  (Кара-Кала). Джермукские источники в отличие от высокобороносных вод Кара-Кала (Октемберянский прогиб), малобороносны.

Источники с более высокой температурой развиты в гидрогеологических структурах в полосе средне и позднеальпийской складчатости. В полосе раннеальпийской складчатости, не испытывавшей новейшего вулканизма, термальных источников не обнаружено.

По газовому составу минеральные воды Армянской ССР подразделяются на: 1) углекислые – основная масса источников; 2) азотно-углекислые, расположенные в краевых частях прогибов; 3) смешанная группа, не образующая отдельных зон.

В пределах распространения гипсоносных отложений и сульфидного оруденения распространены сероводородные воды – Воскапар, Гюмуш, Сарцали, Сеит-Кетанлу, источники и скважины Ширакской и Октемберянской котловин.

Кратко остановимся на отдельных составляющих углекислых минеральных вод Армянской ССР. Прежде всего отметим макрокомпоненты вод.

Хлор. Наивысшие концентрации хлора приурочены к высокоминерализованным водам Армении. Главный источник его – среднемиоценовые соленосные отложения.

В углекислых источниках Арзаканского и Мегринского гидрогеологических массивов, очевидно, помимо незначительной части глубинного хлора, связанного с поступлением его из недр, имеет место также выщелачивание его из гидротермально измененных зон, из хлорсодержащих минералов (содалитов, хлорапатитов и др.), а также из возможных газовой-жидких включений.

Хлор, выносимый Анкаванскими, Бжнинскими и Зарскими источниками, приуроченными к Анкаванскому глубинному разлому, и Личкскими, Мегригетскими, Шванидзорскими, Таштунскими источниками, приуроченными к Дебаклинскому глубинному разлому, генетически связан с жизнью этих разломов и выносом его из гидротермально измененных зон.

Хлор, поступающий в Шамбские и Урутские углекислые источники, связан с выщелачиванием его из озерной диатомитовой толщи, где он находится в сорбированном виде, и с выносом его из соленосно-гипсоносных образований.

Во многих источниках, таких, как Личкские (озерные) и Ширакские (южный тип), формирующихся в континентальных ус-

повиях, поступление хлора связано с проникновением его из нижних миоценовых соленосных отложений.

Поступление хлора в высокобороносные углекислые источники Азатазана, Двина, Горбатеха связано с выносом его из образовавшихся в аномально соленых условиях даний-палеоценовых отложений, а также выносом из третичных вулканогенно-осадочных пород.

Богатые сульфатами углекислые источники связаны с распространенной на юге Армянской ССР гипсоносной толщей. С растворением гипсов и ангидритов связан вынос сульфатов в Советашенских, Нор-Барцрашенских, Джрашенских, Джрвежских, Битлиджинских, Ацаванских и других источниках.

Появление сульфатов в водах Арзаканского гидрогеологического массива и в рудных районах вызвано, очевидно, окислением сульфидов. Сульфиды, взаимодействуя с кислородом и водой, образуют сульфаты металлов и свободную серную кислоту.

Сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатные воды связаны с выщелачиванием рассеянного пирита-Лернашен, Таштун, Личкасар, Кирс, (Мегринский плутон); Маймех, Памбак, (Памбакские интрузии); Арегуни, Джанитапа, Нор-Башгюх, Алачух (северо-восточное побережье оз. Севан) в гидротермально измененных породах.

Гидрокарбонатно-сульфатные и гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные источники (Агарак, Дастакерт, Желтая речка, Ягдан, Алаверди и др.) связаны с сульфидными месторождениями.

Гидрокарбонат и карбонат-ион почти повсеместно присутствуют во всех водах, исключая источник Сарцали, где в составе анионов присутствуют только сульфаты.

Появление гидрокарбонат-ионов в водах связано со следующими факторами: 1) насыщением вод углекислым газом; 2) растворением различных карбонатов при взаимодействии их с водой и углекислым газом (Арарат, Атташ, Шахвердляр, Татев, Агарцин, Арени, Салли, Агаракадзор); 3) гидрокарбонат-ионы появляются также и при углекислотном выветривании алюмосиликатов изверженных пород. Примером их являются формирующиеся в метаморфических и изверженных породах такие источники, как Дилижанские, Анкаванские, Арзаканские, Бжнинские, Джермукские и целый ряд источников Арзаканского и Мегринского гидрогеологических массивов.

Натрий - главный катион высокоминерализованных вод. Натрий, подобно хлору, выносится из соленосных пород (Арзни, Птгни, Карашен, Личк, Арцвакар, Сурп Ованес, некоторые

Горисские источники и др.). Выносятся натрий и из изверженных пород, и с особой интенсивностью в приразломных зонах. Источники, выходящие вдоль Анкаван-Сюникского глубинного разлома (Арзаканский и Мегринский гидрогеологические массивы) содержат много натрия. Появление натрия в подземных водах может быть связано и с катионным обменом кальция на натрий в глинистых отложениях. К последнему примеру относится большая группа Сисианских источников, формирующаяся в глинисто-диатомитовых образованиях, а также Приереванские источники, отличающиеся повышенными содержаниями сульфатов натрия - Советашен, Джрашен, Нор-Барцрашен, Ацаван, Гохт, Джрвеж и др.

Кальций в высокоминерализованных углекислых водах Армянской ССР стоит после натрия на втором месте. В слабоминерализованных водах его значительно больше. Хлоридные и сульфатные кальциевые воды в республике не обнаружены.

Основным источником кальция в минеральных водах являются карбонатные фации.

Источником поступления кальция в воды являются такие кальцийсодержащие алюмосиликаты, как анортит, диопсид, авгит, роговая обманка и др. Благодаря углекислотному выветриванию воды обогащаются гидрокарбонатом кальция и кремниевой кислотой. Так можно объяснить появление кальция в гидрокарбонатных кальциевых и гидрокарбонатных кальциево-магниевых водах.

Магний почти никогда в углекислых водах Армении не преобладает над другими катионами. Значительная часть магния поступает в подземные воды при выщелачивании доломитов и мергелей.

Обычно повышенными концентрациями магния, отличаются континентальные отложения. Пример повышенных концентраций магния, характерных для этих отложений, - некоторые источники Сисианского типа. Однако повышенные содержания магния главным образом характерны для углекислых вод, формирующихся в ультраосновных породах. Это прежде всего источники Севанского офиолитового пояса (Зодский), а также Амасийского района, также связанные с ультраосновными породами. Кроме того, магний, подобно кальцию, выносятся из диопсидов, авгитов и роговых обманок.

Железо очень часто встречается в углекислых минеральных водах. Содержится железо в закисной и окисной формах.

Первая может находиться в виде карбоната и в безкислородных водах. На поверхности с потерей углекислоты и под воздействием кислорода образуется малорастворимый гидрат закиси железа.

Большинство выходов углекислых минеральных вод Армении сопровождаются красными и оранжевыми железистыми отложениями.

Воды Армянской ССР отличаются повышенными содержаниями кремниевой кислоты. Как известно, последняя в природных водах находится в различных состояниях. Соотношение форм кремнекислот в водах в основном преопределяется значениями рН среды

В следующих углекислых источниках кремнекислоты обнаружено более 100 мг/л: Техут, Цахкашен, Дамир-Магара, Анкаван, Арзни, Азатаван, Ехегис, Саят-Нова, Двин, Джермук, Кечут, Улашик, Зар.

Большинство минеральных вод Армянской ССР относится к кремнистым, если считать, что к таковым относятся воды, где ее содержится более 50,0 мг/л ( В. В. Иванов, Г. А. Невраев, 1964).

## БОР В ГИДРОСФЕРЕ

Бор присутствует во всех природных водах. Содержание бора в океанической и морской воде различно и предопределяется колебаниями температур, солености и другими физико-химическими факторами.

В морской воде содержится в среднем  $4,02 \cdot 10^{-4}\%$  бора с пределами колебаний в  $(0,83-9,32) \cdot 10^{-4}\%$ . Некоторые исследователи полагают, что отношение бора к хлору в морской воде почти постоянно и равно примерно  $2,42 \cdot 10^{-4}\%$  (М. Г. Валяшко, 1960).

Другие исследователи считают, что в морях соотношения между бором и хлором непостоянны. Необходимо отметить, что в морях со значительно сниженными концентрациями хлора (Азовское, Черное), естественно, борхлорные коэффициенты выше, чем в воде океана. Борхлорные коэффициенты различаются и в водах открытого океана: для вод северных широт (более пресные) величина этого коэффициента колеблется в пределах 25,0-26,0; для южных, с большей соленостью, величина борхлорного коэффициента достигает 23,0-24,0.

Большой интерес представляют цифры по содержанию бора в грунтовых растворах из различных осадков Тихого океана: из красных глин (В 0,0063 г/кг, С/В 19,50 г/кг, В/С  $\cdot 10^{-4}$  3,2), иловых вод из диатомитового ила (В 0,0044 г/кг, С/В 19,46 г/кг, В/С  $\cdot 10^{-4}$  2,3), иловых вод из глобигеринового ила (В 0,0046 г/кг, С/В 19,41, В/С  $\cdot 10^{-4}$  2,4) и грунтовых растворов из глинисто-известкового ила (В 0,0062 г/кг, С/В 19,61 г/кг, В/С  $\cdot 10^{-4}$  3,15)<sup>х</sup>.

Х Приведенные усредненные цифры по содержанию бора, хлора и отношения бора к хлору заимствованы нами из монографии "Химия Тихого океана". (М., 1966). Содержания бора и хлора приведены по В. В. Сапожникову и В. В. Мокиевской (1966).

Содержание бора в грунтовых растворах из красных глин и глинисто-известковых илов выше, чем в океанской воде. Концентрация бора в грунтовых растворах глобигериновых илов равна содержанию его в океанской воде.

Меньше всего бора содержится в грунтовых растворах из диатомитовых илов. Небезынтересно отметить, что в диатомитовых илах бора больше, чем в других осадках (101 мг/кг сухого ила, или  $1,01 \cdot 10^{-2}\%$ ). По-видимому, обломки диатомей при сорбции извлекают бор из грунтового раствора. В. М. Гольдшмидтом (1954) отмечалась способность кремниевых организмов извлекать бор из морской воды.

Переход бора в раствор происходит при выщелачивании и разложении диатомитовых водорослей. Этим явлением, как нам представляется, можно объяснить бороносность Сисианских вод. В распределении бора в грунтовых растворах по вертикали закономерностей нет. Бор постоянно переходит из морских вод в осадки, накапливаясь в осадках, а не в грунтовом растворе.

Значительные концентрации бора характерны для "гипсовых шляп", в которых обнаружены вторичные бораты.

Химический состав воды бессточных озер зависит от источников питания и климата. Бессточные озера аридных областей содержат повышенные концентрации бора и отличаются повышенной общей минерализацией вод.

Значительные содержания бора характерны для газово-нефтяных месторождений. В хлоридно-гидрокарбонатных натриевых (содовых) водах Западного Предкавказья бора обнаружено до 350 мг/л (А. В. Шербаков, 1961). Группы бороносных источников тяготеют к межгорным впадинам и краевым прогибам. Высокими содержаниями бора отличаются воды грязевых источников Румынии, Керченского полуострова, Апшерона. В водах газово-нефтяных месторождений платформенного типа, количество бора низкое.

Повышенным содержанием бора отличаются озера Армянского нагорья (Ван, Урмия и др.).

Большая часть территории Армянской ССР, где обнаружены сравнительно повышенные содержания бора, отличается аридной обстановкой, наложившей свой отпечаток на состав пресных вод. Общая минерализация вод этой группы находится в пределах 1000-1500 мг/л, что с некоторой условностью позволяет относить их к пресным водам.

По степени бороносности трещинные воды и воды наносных образований отличаются (первые более бороносны).

Полученные аналитические данные по содержанию бора в породах и природных водах рассматриваемой территории свидетельствуют о примыкании последней к выделенному И. М. Курманом (1958). Широтному (Средиземному) борному поясу.

Нами были опробованы речные воды и родники некоторых районов Армении (наиболее перспективных в отношении бороносности), атмосферные осадки, а также вода оз. Севан.

## 1. Бор в атмосферных осадках

Изучая химический состав атмосферных осадков, исследователи, как правило, редко приводят сведения о микрокомпонентном составе последних. Данные по содержанию бора в атмосферных осадках в литературе довольно скудные. Приведем некоторые сведения (табл. 12) по содержанию бора в атмосферных осадках, заимствованные нами у С. Р. Крайнова (1964).

Таблица 12

Содержание бора в атмосферных осадках

Территория	Вид осадка	Содерж. бора мг/л	Автор
Памир	снег	нет	Крайнов
Кавказ	дождь	нет	-
Приморский край	-	нет - следы	-
Япония	-	0,005 - 0,02	Муто

Химический состав атмосферных осадков Армянской ССР исследовался Г. К. Габриеляном, О. А. Бозояном (1964), Э. И. Сардаровым и Г. С. Хачатрян (1967). Спектральные и химические определения бора в атмосферных осадках отдельных районов республики в первом приближении позволяют отметить намечающуюся поясность в их распределении: содержание бора в осадках низменных районов превосходит содержание бора в осадках, выпавших над высокогорными районами (табл. 13).

Таблица 13

Содержание бора в атмосферных осадках Армянской ССР

Место отбора	Вид осадка	Общая минерализация	Содержание в %
Арагац, в/г	снег	37,04	0,006
Арагац, в/г	дождь	21,61	0,015
Арагац	град	90,0	0,006
Арагац, сев. склон	снег	16,7	0,0017
Апаран	-	90,1	0,015
Апаран	дождь	22,9	0,017
Гюлидуз	снег	110,	0,015
Ереван	-	97,72	0,005
Ереван	-	101,62	0,01
Варденис	снег	60,0	нет-следы
Раздан	-	91,0	нет-следы
Севан	-	200,0	нет-следы
Ехегнадзор	-	100,0	нет-следы
Кошабулаг	-	90,0	нет-следы

## 2. Бор в поверхностных водах

Содержание бора в речных водах предопределяется климатической зональностью и наличием его в горных породах. Наложение этих двух факторов хорошо отображается на борораспределении в подземных и поверхностных водах южных районов территории Советского Союза, примыкающих к Широкому (Средиземному) борному поясу. Эта особенность характерна и для Армянского нагорья, в частности, для территории Советской Армении.

Сезонные климатические колебания очень существенно отражаются на отдельных источниках питания рек, а также на минимальных и максимальных расходах рек, общей минерализации воды, колебаниях в их химическом составе и содержаниях микрокомпонентов.

Содержания бора, брома, йода в поверхностных водах подвержены колебаниям и предопределяются химическим составом вод, величиной общей минерализации, а также характером гор-

ных пород, дренируемых реками. В зависимости от того, в какой мере обогащены породы тем или иным химическим элементом, от величины коэффициентов водной миграции их происходит соответственно обогащение вод разными микрокомпонентами.

Элементы вносятся в речные воды из горных пород, почв и растений. Надо отметить, что переход элементов в речные воды обуславливается физико-химической обстановкой, периодически меняющейся с сезонными колебаниями, газовым составом (количествами растворенных углекислоты и кислорода), и наличием органического вещества.

Опробованные нами речные воды Севанского бассейна по анионному составу гидрокарбонатные. Разнообразие катионного состава обусловлено литологией пород. Так, например, реки, бассейны которых сложены лавами, характерны гидрокарбонатным кальциево-натриевым и натриево-кальциевым составом воды. Эти воды ультрапресные, с рН от 6,8 до 8,3. Реки, бассейны которых сложены эоценовыми вулканогенно-осадочными породами, характеризуются гидрокарбонатным кальциево-магниевым и кальциевым составом. Речные воды бассейнов, где развиты ультраосновные породы, имеют гидрокарбонатный магниевый и магниевый-кальциевый состав. На водосборной площади, сложенной известняками, в водах преобладает кальций.

Вода оз. Севан имеет сравнительно постоянный и однородный состав. Благодаря меньшему количеству речек, впадающих в Малый Севан, вода в последнем более минерализована, чем вода Большого Севана. Литология водосборных бассейнов существенно влияет на химический состав поверхностных вод и отражается также и на химическом составе вод. На северном берегу в воде озера обнаружено до 5,0 мг/л метаборной кислоты.

Севанская вода имеет гидрокарбонатный магниевый-натриевый и натриево-магниевый состав. У северо-восточных берегов озера магний превалирует над натрием, а у южных берегов картина обратная. Содержание бора почти не подвергается изменениям (наивысшие концентрации у с. Гюней - 4,8 мг/л). На северном побережье Севана, в р. Джалад обнаружено до 2,52 мг/л метаборной кислоты. Боросодержание рек южных берегов Севана, очевидно, обусловлена разгрузкой минеральных вод у гг. Камо, Мартуни).

Поверхностные воды Ехегнадзорского района преимущественно

но гидрокарбонатные кальциевые. Бороносные гидрокарбонатно-хлоридные воды известны в бассейне р. Ехегис и в устье р. Селим, что вызвано сбросом в реки минеральных вод, обогащенных бором.

Бассейн р. Ехегис преимущественно сложен среднеэоценовыми туфопесчаниками и лишь местами четвертичными лавами. Вода рек пресная, а в верховьях рр. Ехегис и Горбатех — ультрапресная. Вместе с гидрокарбонатными кальциевыми и гидрокарбонатными натриевыми водами известны и гидрокарбонатно-хлоридные натриево-кальциевые.

Повышенные содержания бора связаны с разгрузкой минеральных вод. Река Ехегис до впадения в р. Алаяз содержит от 1,4 до 2,6 мг/л бора. В р. Алаяз распределение борного ангидрида таково: "не обн." — 6 проб; следы — 2; 1,0 мг/л в 2 пробах. В р. Селим борный ангидрид изменяется от "не обн." до 1,0 мг/л "не обн." — 5 проб; следы — 3; 0,13 мг/л — 1; 1,0 мг/л — 1. В гидрокарбонатной кальциевой речной воде Горс обнаружены следы борного ангидрида.

Река Гергер содержит борного ангидрида от следов до 1,0 мг/л; повышенные концентрации связаны с подтоком минеральных вод (участок Булахлар).

В р. Арпа выше впадения р. Эллин содержится 0,32 мг/л борного ангидрида. Сравнительно высокая бороносность воды характерна для среднего течения р. Арпа (до 0,5 мг/л в р. Грав выше с. Аяр). Вода гидрокарбонатная кальциево-магниевонатриевая. Повышенная бороносность связана с извлечением бора из дренируемых осадочных и вулканогенно-осадочных пород, где спектрально обнаружено до сотых долей процента бора.

В Арташатском и Вединском районах нами были опробованы речные воды Гарни, Хосров (ручей, река), а также р. Веди. В упомянутых речных водах обнаружены небольшие содержания бора: в р. Гарни у монастыря Гегард содержание метаборной кислоты достигает 0,20 мг/л, а в гидрокарбонатно-сульфатных кальциевых водах р. Веди и Хосровском ручье обнаружены только следы бора (территория Хосровского заповедника).

### 3. Бор в пресных подземных водах

В главе о природных условиях Армянской ССР показана географическая поясность ее территории. Особенно ярко отражаются изменения этих условий на химическом составе подлаговых вод, входящих в верхнюю гидродинамическую зону. Значи-

тельная часть территории республики покрыта лавами. В подземных водах верхней гидродинамической зоны ярко проявляется вертикальная поясность химического состава вод, которая отображается и на борораспределении. Так, например, в высокогорной полосе (абсолютные отметки более 2000 м) усредненные концентрации бора в мг/л достигают 0,008 мг/л, в то время как в среднегорной полосе (1200–2000 м) они достигают 0,011 мг/л, а в предгорной (1200 м) – в 0,132 мг/л.

В Севанском бассейне воды меловых комплексов содержат максимальное количество метаборной кислоты (до 0,32 мг/л – Кясаман). Воды в этом районе преимущественно гидрокарбонатные кальциевые с общей минерализацией до 350 мг/л.

В водах севернее с. Дары, приуроченных к известнякам, но формирующимся и в ультраосновных измененных породах, обнаружено до 1,3 мг/л метаборной кислоты.

К северо-востоку от с. Иландаг воды родников, имеющих гидрокарбонатный кальциевый состав, также содержат сравнительно высокие концентрации бора – до 2,0 мг/л.

Отметим, что в Севано-Амасийской зоне для вод, формирующихся в габбро, преобладает в катионном составе кальций, тормозящий водную миграцию бора. Здесь же воды, связанные с ультраосновными породами, характеризуются гидрокарбонатным магниевым составом.

Серпентинизированные породы обычно более бороносны и, как следствие этого, воды, дренирующие их, также содержат большие концентрации бора. В этом отношении характерно сопоставление результатов отдельных определений бора в Амасийском районе и на северо-восточном побережье оз. Севан. На Севанском побережье породы более серпентинизированы, и воды, связанные с ними, сравнительно обогащены бором.

У некоторых из этих источников в полосе офиолитового пояса, хотя и не наблюдаются сравнительно высокие абсолютные значения бора, но при сопоставлении отношений содержаний бора к общей минерализации отмечают источники, которые можно отнести к бороносным ( $\frac{B}{M} \cdot 10^4 > 7,14$ )

В водах интрузивных пород Севанского офиолитового пояса связанных с габбро, кальций в катионном составе преобладает. Воды, формирующиеся в измененных ультраосновных породах, порою характерны преобладанием магния. Наивысшие значения рН 8,2–9,6 определены для вод участков Даря и Шоржа, где породы серпентинизированы.

Воды вулканогенно-осадочных пород эоцена опробовались в районе с. Шоржа на юго-восточном побережье оз. Севан в районе с. Акунк и на Амасийском участке. Выявилось, что воды Амасийского участка безборны.

Воды лавовых образований Севанской котловины содержат следы бора. Формирование химического состава лавовых вод происходит в условиях слабой растворимости водовмещающих пород и быстрого передвижения вод по трещинам.

Южнее полосы протяжения Анкаван-Сюникского глубинного разлома встречены высокие содержания бора в подземных водах. Отметим, что некоторые борные гидрохимические аномалии возникли в результате подтока углекислых вод со сравнительно высокими содержаниями бора (близ гор. Камо, сс. Башкенд, Личк, в южных отрогах Гегамского хребта, а также подземные воды вдоль полосы Ереванского глубинного разлома).

Нами изучены и пресные подлавовые воды некоторых вулканогенных супербассейнов Армении; и весьма интересно, что, если воды третичных лав безборные, то этого нельзя сказать о водах, связанных с четвертичными лавами. Казалось бы, что в этом случае можно высказаться в пользу глубинного магматического бора, но это совсем не так. Как было показано в предыдущей главе, различное поведение бора в молодых и древних лавах, по-видимому, может быть объяснено только перерождением стекол. В связи с этим изменяется подвижность и выщелачиваемость бора.

В Айоцдзоре, в пределах Ехегнадзорского района нами опробовались подземные воды в ряде пунктов. В низах среднего эоцена бор был встречен в подземных водах от следов до 1,0 мг/л. В водах верхней части среднего эоцена в единичных пробах (Горадис, Агавнадзор) бор был встречен в максимальных содержаниях - 1,5 мг/л. Обогащение вод бором происходит за счет песчаников и гидротермально измененных зон. В водах, формирующихся в верхах среднего эоцена (песчаники и глины), выделяются повышенные концентрации бора, что позволяет выделить эти породы, как перспективные на бор. Воды, формирующиеся в низах верхнего эоцена в районе сс. Агавнадзор и Горадис, содержат 1,0 и 2,0 мг/л борного ангидрида.

Изучены были и воды вулканогенно-осадочных отложений миоплиоцена. В водах, формирующихся в туфубрекчиях, максимальные концентрации борного ангидрида достигают 4,5 мг/л; воды гидрокарбонатные с различным катионным составом. Вы-

соки содержания бора в водах на участке сс. Агавнадзор, Ринд и Зовашен – борного ангидрида в них до 1,2 мг/л.

Воды "белесоватой толщи" в районе с. Агавнадзор пресные (с общей минерализацией до 300 мг/л), с содержанием борного ангидрида от следов до 0,3 мг/л. В этом же районе ультрапресные воды, связанные с андезитами, не содержат бор.

Воды порфиритов гидрокарбонатные, со сложным катионным составом, опробовались в районе сс. Гомур – Гябут – Мартирос; бор в этих водах установлен от следов до 0,3 мг/л.

Надо отметить общую зараженность миоплиоценовых отложений к северу от сс. Агавнадзор, Ринд, Элпин, что, естественно, отразилось и на борораспределении в подземных водах.

Нами опробовались также воды, формирующиеся в интрузивных породах. Оказалось, что воды, формирующиеся в Вернашенской граносиенитовой интрузии безборны. Родники Каялинской интрузии содержали до 1,0 мг/л борного ангидрида, что вызвано, очевидно, сернокислотным выветриванием боросиликатов.

Воды четвертичных лавовых образований, преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, являются ультрапресными, малобороносными или безборными. Амплитуды колебаний бора в водах вызваны не составом лав, а подтоком минеральных вод, либо зависят от бороносности подстилающих лавы пород.

Воды четвертичных рыхлообломочных отложений в основном гидрокарбонатные кальциевые. Сравнительно высокие содержания бора (до 6,0 мг/л) известны в аллювиальных отложениях р. Ехегис, в плейстоценовых галечниках у сс. Гладзор, Агавнадзор, Мартирос. Сравнительно высокие содержания бора (до 1,5 мг/л) обнаружены в воде родника у с. Малишка и в подрусловой воде у с. Вернашен.

Приведем некоторые сведения по Среднеараксинскому бассейну. Во многих фонтанирующих скважинах Араратской котловины, вскрывших воду в песчано-галечниковых и песчано-глинистых отложениях, обнаружено бора до 4,0 мг/л.

Сравнительно высокие содержания бора известны в районе сс. Масис, Замхат, Заггиляр, Мхчян, Неджрлу, Шаумян, Мргаван, Арташат. Нами было показано, что в юго-западных районах Армянской ССР, которые находятся в аридных климатических условиях, реки отличались относительно повышенной общей минерализацией.

В некоторых бессточных впадинах порою происходит повышение общей минерализации воды и увеличение содержаний микрокомпонентов. Повышение общей минерализации почвенных и грунтовых вод ведет к засолению отдельных площадей, что ярко выражено в Араратском, Арташатском и Октемберянском районах.

В Арташатском районе опробовались родники, приуроченные к нарушенным зонам и к наносам сухих русел – селевым отложениям, причем первые более бороносны. Химический состав вод соответствует гидрокарбонатному хлоридному натриевому и хлоридно-гидрокарбонатному натриевому типу.

В некоторых областях Армянской ССР, где интенсивно идет испарение, снижается уровень грунтовых вод, накапливаются соли (низменная часть Араратской равнины, западная часть Нахичеванской котловины). С увеличением глубины залегания грунтовых вод испарение уменьшается, мало влияя на химизм вод. Испарение – эндотермический процесс, отражающийся не только на физических, но и на химических свойствах воды. Так, с повышением температуры возрастает растворяющая способность воды, следовательно, идет увеличение общей минерализации, параллельно с которой возрастает и количество бора в воде.

Наиболее высокие содержания бора в воде наблюдаются в водопунктах Эчмиадзинского питомника, в районах сел Цахкашен (0,64), Мхчян (0,7) Масис (3,20), Неджерлу (1,92) и т.д. Воды преимущественно гидрокарбонатно-сульфатные со сложным и весьма пестрым катионным составом.

Во многих скважинах Араратской котловины основным источником обогащения вод бором являются миоплиоценовые и даний-палеоценовые осадочные образования, подстилающие аллювиальные отложения р. Аракс.

Порою, как, например, у с. Мхчян, наблюдается подток минеральных углекислых вод, обогащенных бором. По нашему мнению, вода эта связана с даний-палеоценовыми терригенно-карбонатными фациями. Последние содержат повышенные концентрации не только валового, но и водорастворимого бора.

Таким образом, повышенная бороносность подземных вод Армении обусловлены особенностями дренируемых отложений, которые в разной степени обогащены бором и сопутствующими элементами.

#### 4. Бор в минеральных водах

Выделенные по химическому составу группы минеральных вод разнятся между собой своей боросодержащестью. Повышенной боросодержащестью отличаются воды хлоридные натриевые, хлоридно-гидрокарбонатно натриевые и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые.

Учитывая геологическую обстановку формирования углекислых минеральных вод Армянской ССР, их химический состав и степень обогащенности бором, можно выделить нижеследующие группы:

1. Минеральные воды предгорных и межгорных артезианских бассейнов. Сюда входят наиболее высокоборосодержащие углекислые минеральные воды, отнесенные нами к слабым, некрепким углекислым рассолам. Это источники Арташатского района – Азатаванские, Двинские, Норашенские, обнаруженные бурением в Октемберянском районе, термальные углекислые воды Кара-Кала, а также менее минерализованные воды Ехегнадворского (Ехегис, Горбатех) и Азизбековского (источники Саят-Нова) районов.

Сюда входят и менее боросодержащие углекислые источники – Личкские (озерные), Ширакские, Сисианские, Арзнинские, Птгнинские, Разданские и др. Воды этой группы по химическому составу относятся к гидрокарбонатно-хлоридным, хлоридно-гидрокарбонатным натриевым и хлоридным натриевым углекислым.

2. Трещинно-жильные воды приразломных зон. Воды формируются в различных по возрасту и литологии осадочных, метаморфических и изверженных породах. Представлены эти воды Анкаванскими, Зарскими, Личк-Мегригетскими, Таштунскими, Фиолетовскими, Дилижанскими, Лалигюхскими, Вединскими и другими источниками.

Группа отличается разнообразием химического состава и представлена гидрокарбонатно-хлоридными, гидрокарбонатными и гидрокарбонатно-сульфатными углекислыми водами.

Наиболее высокие концентрации бора здесь приурочены к гидрокарбонатно-хлоридным натриевым источникам. Сюда надо отнести источники Мегринского гидрогеологического массива (Личк, Мегригет, Таштун) и источники Арзаканского гидрогеологического массива – Анкаванские. Все эти источники тя-

готеют к Анкавано-Сюникскому глубинному разлому, к его северным и южным оперениям.

3. Минеральные воды, приуроченные к отдельным синклиниориям, выполнены разнообразными отложениями палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Сюда относятся Араратские, Татевские и Джермукские углекислые воды. Группа эта представлена гидрокарбонатно-сульфатными натриевыми и гидрокарбонатными кальциевыми водами; общая боросодержательность невелика.

4. Последняя, почти "безборная" группа углекислых минеральных вод представлена трещинными водами, формирующими свой химический состав в зоне выветривания изверженных и метаморфических пород. Воды этой группы представлены единичными, разрозненными выходами. По анионному составу воды гидрокарбонатные, а в районах с рудной минерализацией представлены гидрокарбонатно-сульфатными и сульфатно-гидрокарбонатными источниками. Более всего распространены эти углекислые источники в Сомхето-Карабахском гидрогеологическом массиве, для которого нехарактерны повышенные концентрации бора в водах.

Все высокособоросодержательные источники республики являются наиболее минерализованными. Это, как было уже отмечено, воды хлоридно-натриевые и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые; максимальная общая минерализация их достигает 92,0 г/л. (табл. 11).

Химический состав углекислых минеральных вод в нисходящих разрезах претерпевает следующие изменения: гидрокарбонатные кальциевые воды замещаются гидрокарбонатными натриевыми, а те в свою очередь гидрокарбонатно-хлоридными натриевыми и хлоридно-гидрокарбонатными натриевыми водами. Такая смена химических типов вод отражается и на борораспределении: наивысшие концентрации бора приходятся на хлоридные натриевые и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые источники. Прямая вертикальная гидрохимическая зональность — следствие, в первую очередь, движения воды по пласту, сопровождаемого увеличением общей минерализации воды, параллельно с которой возрастает и содержание бора.

Обычно в структурах, где план складчатости не претерпевает существенных изменений, наблюдается прямая вертикальная гидрогеохимическая зональность, отсутствующая или отклоняющаяся от нее при разноплановом развитии складчатости региона. Инверсионные гидрохимические разрезы могут возникнуть и

при вздымании отдельных областей.

В гидрогеологических структурах Армянской ССР можно выделить три гидрогеохимические зоны, различающиеся друг от друга величинами температур, общей минерализацией, химическим составом и борораспределением.

В первой зоне широко распространены гидрокарбонатные магниевые, порою сульфатные кальциевые и сульфатные натриевые воды, общая минерализация которых не превышает 5,0 г/л.

Воды первой, верхней гидрогеохимической зоны более всего распространены в Сомхето-Карабахском гидрогеологическом массиве, в полосе раннеальпийской (киммерийской) складчатости. Сравнительно невысокая общая минерализация вод и неблагоприятная для накопления бора обстановка приводит к небольшой бороносности углекислых вод этой зоны. Помимо этого гидрогеологического массива, воды первой группы распространены также и в промытых структурах, относимых к полосе средне- и позднеальпийской складчатости.

Вторая гидрогеохимическая зона характерна распространением более минерализованных (до 10 г/л) гидрокарбонатно-хлоридных натриевых вод, отличающихся более повышенными концентрациями бора. Последние развиты в артезианских бассейнах, выполненных осадочными и вулканогенно-осадочными образованиями. Воды относимые к этой гидрогеохимической зоне, характерны также и для Арзаканского и Мегринского гидрогеологических массивов, и более бороносны, чем воды первой зоны. Отмеченное обстоятельство вызвано более высокой общей минерализацией воды и благоприятной химической обстановкой.

Третья гидрогеохимическая зона характеризуется распространением гидрокарбонатно-хлоридных натриевых и хлоридно-гидрокарбонатных натриевых вод. Воды этой группы отличаются наибольшим содержанием бора.

Общая минерализация воды достигает 100 г/л. Формируются воды в прогнутых, менее всего промытых, горных артезианских бассейнах.

Воды этой группы пользуются распространением только в полосе среднеальпийской и позднеальпийской складчатости Армянской ССР.

Воды преимущественно пластово-трещинные имеют наивысшую температуру в 83°C (Кара-Кала), в 42°C (Азатаван), а глубина формирования их превышает 3000 м.

Таким образом, в Армении с переходом от области раннеальпийской складчатости к позднеальпийской, в направлении с севера на юг происходит увеличение концентрации бора в углекислых минеральных водах. Обусловлено это обстоятельство главным образом обогаченностью бором вмещающих пород.

Повышенные концентрации бора, как и отношений его к общей минерализации, характерны только для полосы средне- и позднеальпийской складчатости. Так, например, ни в одном из источников в полосе раннеальпийской складчатости (в Туманянском, Ноемберянском районах) не обнаружено концентраций бора, превышающих 5 мг/л; нет в этих районах и высокоборосодержащих вод по отношению бора к общей минерализации.

Нами, по результатам 540 анализов, подсчитано среднее содержание метаборной кислоты в минеральных водах Армянской ССР, которое оказалось равным 39,03 мг/л или 9,64 мг/л бора. Эту величину можно условно назвать "местным кларком" бора для минеральных вод Армении.

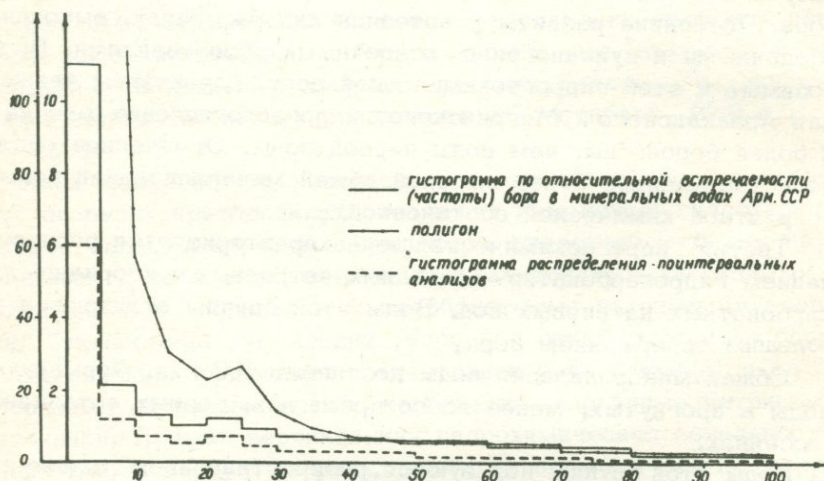


Рис. 3. Распределение содержаний  $\text{HBO}_2$  в минеральных водах Армянской ССР.

Ниже приводится краткое описание отдельных высокоборосодержащих углекислых минеральных вод. Ввиду того, что групповые выходы боросодержащих углекислых минеральных вод известны только в двух структурах: в Чатминской и в Вайке (Айодзор), ниже более подробно остановимся на их описании.

## Глава 5

### МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ ЧАТМИНСКОГО БАССЕЙНА И ИХ БОРОНОСНОСТЬ

Чатминский синклиниорий занимает междуречье Азат-Веди. Территория его в основном очерчена выходами верхнемеловых структур. С севера Чатминский синклиниорий ограничивается Ераносским антиклинальным поднятием, а с юга - Ерахским (Бозбурунским).

Внутри этого синклинория выделяются субпараллельные антиклинали, дугообразно изогнутые и обращенные выпуклостью к северу и северо-западу. На востоке ограничивающими структурами являются куполовидные складки Верхнего Кетанлу, Кетуза, Шугайба, а на западе - северо-восточные нарушения, окаймляющие Приараксинскую депрессию.

В восходящем геологическом разрезе Чатминского прогиба и его обрамления участвуют метаморфические и метаморфизованные породы докембрия - нижнего палеозоя, верхнемеловые, палеогеновые, неогеновые и четвертичные образования. Выполнен этот прогиб преимущественно верхнемеловыми и нижнепалеогеновыми отложениями. Следует отметить, что благодаря средне- и верхнеальпийским тектоническим движениям отложения верхнего мела и палеогена дислоцированы единым планом.

В южной прибортовой части Чатминской структуры линейно выходят щелочные экструзии. Они постскладчатые и относятся А. Т. Асланяном (1958) к верхнемиоценовому возрасту.

С запада и юга прогиб ограничивается нарушениями. По ущелью р. Гарни проходит сброс. Он осложняет северо-западное крыло антиклинали второго порядка, расположенной на северо-западном крыле Ераносской антиклинали. Плоскость нарушения круто падает на северо-запад а местами пласты вертикальны. У с. Зовашен разлом скрыт под наносами, а к северо-востоку уходит под андезито-базальты. Северное крыло Агбаш-

– Зовашенского сброса опущено. Сброс этот является естественной тектонической границей между Чатминским и Ереванским бассейнами.

Вдоль нарушения наблюдаются мощные купола травертинов. К этой полосе тяготеет и Гарнийский углекислый минеральный источник.

По южному склону Ерахсского хребта проходит одноименный субширотный разлом в направлении Веди–Анастасаван (Даргалу). Южное крыло Ерахсской антиклинали сброшено и южнее его развит мощный покров наносов. Под наносами иногда обнажаются карбонатные фации эоцена или же глины олигоцен – нижнего миоцена (выходы на берегах Арташатского канала, на южном склоне г. Бердасар и др.).

Нарушению сопутствуют травертиновые отложения. Очевидно, с разломом связана крутизна южных склонов Ерахсской антиклинали, а также мелкие складки с вертикальными крыльями.

Геологическое строение территории, как и смежных областей, освещено в работах К. Н. Паффенгольца (1959), А. Т. Аслаяна (1958), А. А. Габриеляна (1964) и других исследователей. Детальные литологические работы в рассматриваемом районе проводили А. А. Садоян (1965), М. А. Сатиан, Ж. О. Степанян, Л. С. Чолахян (1967).

Структура района осложнена трещинами и мелкими сбросами, к которым приурочены выходы источников. Разрывные нарушения очень часто перекрываются наносами.

Учитывая данные бурения и геофизических исследований на территории Армении, А. Т. Аслаян (1958) проводит Ереванский глубинный разлом вдоль следующей полосы: устье р. Дигор (нижнее течение р. Ахурян) – ст. Кармрашен – с. Агавнатун – с. Паракар – с. Тазагюх (южнее г. Еревана) – с. Абоян – с. Двин – с. Анастасаван (Даргалу) – с. Веди – с. Джаргы – гор. Джульфа. Упомянутый автор считает, что признаки для выделения глубинных разломов здесь классические: мощности мезозойских и третичных отложений к югу от зоны разлома, по сравнению с таковыми северного крыла, незначительные, разрезы весьма неполные и, кроме того, в зоне отмечен ряд крупных, хорошо картируемых разрывных нарушений.

Следует отметить, еще то обстоятельство, что северо-восточнее линии разлома складки меловых и третичных пород имеют северо-восточное простирание, а складки этих же пород

юго-западнее Ереванского глубинного разлома имеют северо-западное простирание. К разлому приурочены основные и ультраосновные интрузии в бассейнах рр. Веди и Джагры-чай турон-коньякского (по А. Т. Асланяну) возраста, субвулканические интрузии миоплиоцена и большое количество минеральных источников.

Описывая гидрогеологию Чатминского синклинального прогиба, нельзя не отметить, что известково-мергелистые породы верхнесенонского возраста в Армении особо водоносны. Имея в виду, что в ядре Ераносского антиклинального массива верхнемеловые породы подстилаются водоупорными метаморфическими образованиями докембрия - палеозоя, а сверху перекрыты мощными флишевыми фациями дания-палеоцена, эоцена, олигоценowymi и нижнемиоценовыми глинами, все отмеченное превращает Чатминский синклиорий в хорошо выраженный артезианский бассейн.

Области питания Чатминского артезианского бассейна находятся преимущественно на северо-восточных приподнятых участках, где обнажаются верхнемеловые породы. Если в северо-восточных областях Чатминского артезианского бассейна выпадает более 450 мм осадков в год, то несколько южнее среднегодовое количество выпадающих осадков колеблется в пределах 230-300 мм/год, преимущественно в виде кратковременных ливневых дождей.

Междуречье Гарни - Веди представляет собою пустынную местность с исключительно малым количеством родников. Аридная климатическая обстановка накладывает свой отпечаток на химизм поверхностных вод (они отличаются относительно повышенной минерализацией и хлоридно-гидрокарбонатным натриевым составом).

С удалением от областей питания возрастает общая минерализация вод, очень четко проявляется горизонтальная и вертикальная гидрохимическая зональность.

В Чатминском артезианском бассейне отмечаются многочисленные выходы минеральных вод. Разгрузка минеральных источников преимущественно происходит в краевых частях синклинального прогиба, по тектоническим нарушениям. Минеральные источники в большинстве случаев выходят из песчано-глинистых отложений: углекислые источники сс. Анастасаван (Даргалу), Кетанлу, Шагаиб.

Среди углекислых вод Чатминского синклиория более все-

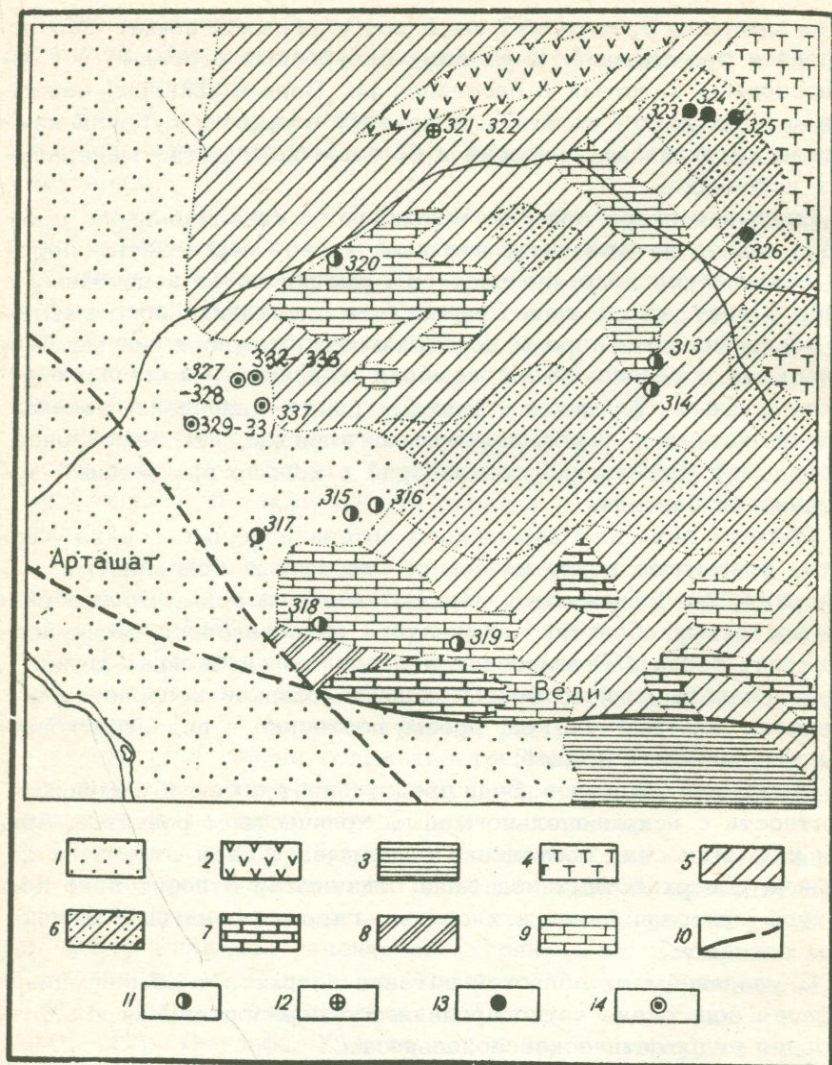


Рис. 4. Схематическая карта минеральных вод Чатминского бассейна и смежных областей (по "Геологии Арм. ССР", т.9 - "Минеральные воды").

1 - четвертичный период: аллювиальные, пролювиальные и делювиальные отложения;

2 - четвертичный период: базальты, андезито-базальты и др.;

го минерализованы Двинские. Естественные выходы их известны издавна. В царской России источники исследовались Струве и Андриасовым. Струве (1894) Двинские источники отнес к соленым водам минеральных грязей. В 1914 г. Андриасов отмечал, что Двинский источник бьет ключом из трещины. Главный источник расположен в овраге у подножия предгорья, а другие выходы — на травертиновом плато. Местные жители издавна лечились водой этих источников от кожных и ревматических заболеваний.

Общий дебит всех выходов, по данным В. Ф. Захарова (1927), составлял около 42.000 л/сут. Дебит одного главного источника около 28.000 л/сут. Однако обследования Л. А. Оганесова в том же году показали незначительность дебита.

Более полное описание Двинских, или Дегюнских, источников приводится в работе Л. А. Оганесова (1936). Им отмеча-

- 3—средний—нижний олигоцен: песчано—глинистые отложения (шорахпюрская свита);
- 4—средний плиоцен—верхний миоцен: туфобрекчии, туфоконгломераты, агломератовые туфы и др.;
- 5—верхний эоцен: глины, песчаники, конгломераты, известняки
- 6—средний эоцен: песчано—глинистый флиш Ереванского прогиба;
- 7—средний—нижний эоцен: известняковая свита бассейна р. Веди — известняки, известковые песчаники;
- 8—верхний мел: вулканогенно—осадочные образования — песчаники, мергели, глины, порфириты и др.;
- 9—верхний мел: известняки и мергели;
- 10—разрывные нарушения. Выходы минеральных вод:
- 11—маломинерализованные гидрокарбонатные и гидрокарбонатно—сульфатные (при небольшом содержании сульфатов) кальциево—натриево—магниевые воды;
- 12—слабоминерализованные гидрокарбонатно—сульфатно—хлоридные натриево—магнево—кальциевые воды (при небольшом содержании кальция);
- 13—слабо минерализованные гидрокарбонатные—хлоридные натриево—магнево—кальциевые воды;
- 14—сильно минерализованные хлоридно—гидрокарбонатные и хлоридные натриевые воды.

лось более двадцати выходов источников, часть которых ныне пересохла.

В дальнейшем источники у с. Двин описывали в разное время А. П. Демехин, В. А. Аветисян, сотрудники "Нефтеразведки", Даралагезской партии АрмГУ и др.

Наиболее полно микрокомпонентный состав Двинских углекислых минеральных вод изучался С. Р. Крайновым, М.Х. Корольковой (1962), Э. С. Халатяном (1960, 1962, 1965) и др.

Старые источники Двина в настоящее время не сохранились. Они выходили в 3 км к север-северо-востоку от с. Двин. Все выходы находились на западном склоне возвышенности г. Еранос. Весь этот склон покрыт травертиновым шитом. На склоне травертин чистый, однородный, а ниже места выхода источников травертин напоминает сцементированную известью массу делювия с разноцветными обломками песчаников. Дебит источников был большой, температура 22,5–25°С. Газовый состав представлен в табл. 14, 15.

Таблица 14

Состав газа Двинских источников по данным газовой лаборатории нефтеразведки

Выходы	H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	He+Ne
1	-	79,1	-	4,4	-	-	-	16,5	0,005
2	-	99,6	-	-	-	-	-	0,4	0,0005

В настоящее время сохранился один источник Двин (№328) (дебит 0,4 л/сек, температура 18°С), выходящий на юго-восточной окраине с. Двин, в виноградниках. Место выхода источника покрыто четвертичными наносами.

Скважины на Двинском участке бурились конторой "Нефтеразведки". С 1960 г. несколько скважин было пробурено Даралагезской партией Управления геологии СМ Арм. ССР. В последних проводились гидрогеологические наблюдения. В настоящее время скважины закрыты.

В газовой лаборатории "Нефтеразведки" был произведен анализ свободного газа в водах у с. Двин.

Химический состав борсодержащих вод представлен в табл. 16 и 17.

Химический состав Двинских минеральных вод, как и мине-

## Состав газа в Двинских скважинах

Пункт отбора	Содержание газов в %			
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	тяжелые углеводороды	инертные газы
Скважина №2	68,25	2,11	2,4	27,24
Скважина №3	1,1	0,15	7,9	90,85

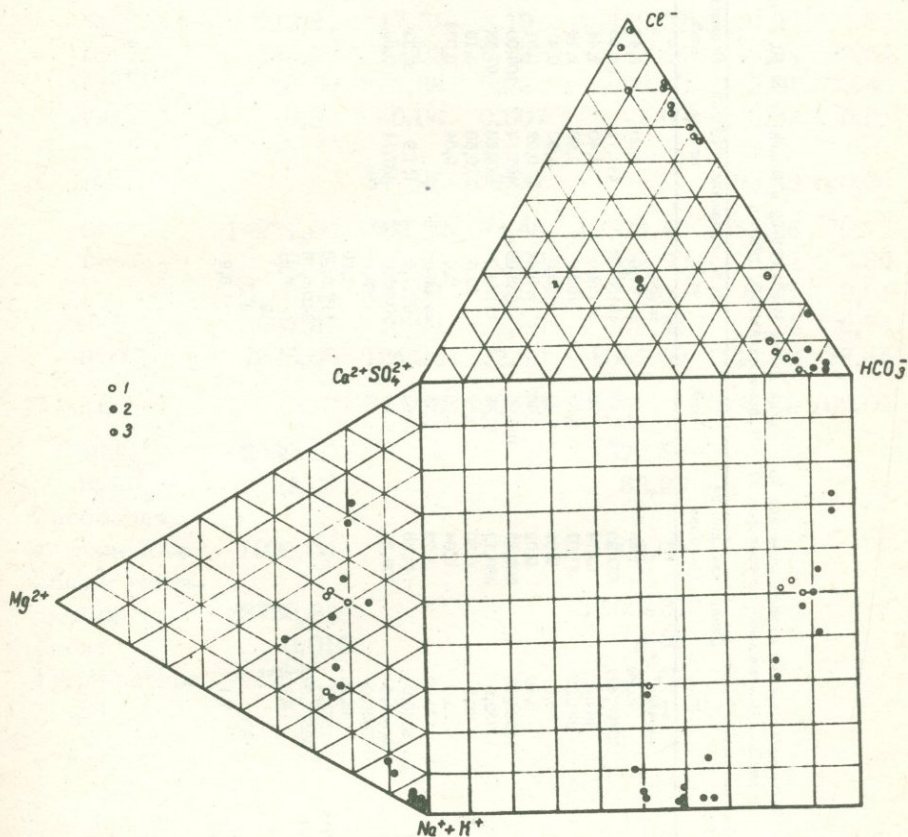


Рис. 5 Диаграмма С. А. Дурова для углекислых минеральных вод Чатминского бассейна.  
 1 - малобороносные воды; 2 - среднебороносные воды; 3 - высокобороносные воды.

Таблица 16

Химический состав минеральных вод из скважин Двина №24, 31/62 и Норашена № 50,  
по данным Центральной лаборатории УГ СМ Армянской ССР, 1969 г.

Компоненты	Двин, скважина 24			Двин, скважина /№31/62			Норашен, скважина 50		
	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	не обн			не обн.			20,0	1,1	0,16
K <sup>+</sup>	75,30	1,93	0,37	87,0	2,20	0,47	149,6	3,8	0,57
Na <sup>+</sup>	10893,49	437,63	93,17	10159,56	441,72	94,55	12879,08	559,96	83,95
Mg <sup>2+</sup>	166,80	13,74	2,72	138,0	11,40	2,44	431,40	35,50	5,32
Ca <sup>2+</sup>	341,20	17,02	3,35	199,0	9,90	2,12	1279,80	63,80	9,56
1 c <sup>2+</sup>	56,0	2,01	0,39	50,0	1,90	0,41	28,0	0,98	0,14
Fe <sup>3+</sup>	0,40	0,02	0,003	0,4	0,02	0,01	38,60	1,98	0,30
Сумма	11533,19	508,35	100,00	10633,96	467,14	100,00	14824,68	667,12	100,00
Cl <sup>-</sup>	12732,0	359,12	70,65	11193,0	315,60	67,58	17139,20	483,3	72,44
Br <sup>-</sup>	40,0	0,50	0,10	40,0	0,50	0,10	50,0	0,63	0,10
J <sup>-</sup>	5,0	0,04	0,007	5,0	0,04	0,008	12,0	0,09	0,02
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	179,40	3,73	0,73	не обн.			3233,6	67,10	10,06
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8845,0	144,96	28,52	9211,0	151,0	32,32	7076,0	116,0	17,38
Сумма	21801,4	508,35	100,00	20449,0	467,14	100,00	27510,8	667,12	100,00
HVO <sub>2</sub>	1620,0			1539,0			1620		
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	46,80			41,60			26,0		
Свободная углекислота	1571,2			1529,60			1500,0		
Общая минерализация	36572,59			34193,16			45481,48		
Дебит	0,005			0,01			0,02		
Температура	13 °C			12 °C			13,5 °C		
pH	7,1			6,9					

Химический состав минеральной воды  
из Двинских скважин №№ 7 и 23 по данным Центральной ла-  
боратории геологического управления Армянской ССР

Компоненты	Двин, скважина 7			Двин скважина 23		
	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв	экв%
$\text{NH}_4^+$	не обн.			не обн.		
$\text{K}^+$	107,78	2,76	0,50	161,50	4,13	0,82
$\text{Na}^+$	11707,33	509,24	92,96	10741,97	467,25	93,55
$\text{Mg}^{2+}$	212,81	17,51	3,19	113,28	9,37	1,87
$\text{Ca}^{2+}$	341,24	17,03	3,12	333,44	16,64	3,34
$\text{Fe}^{2+}$	38,50	1,38	0,23	56,90	2,01	0,40
$\text{Fe}^{3+}$	0,80	0,04	0,007	1,60	0,09	0,02
Сумма		547,96	100,00		499,49	100,00
$\text{Cl}^-$	14271,00	402,52	73,46	12524,40	353,26	70,72
$\text{Br}^-$	40,00	0,50	0,09	37,50	0,47	0,09
$\text{J}^-$	5,40	0,04	0,007	8,00	0,06	0,01
$\text{SO}_4^{2-}$	957,97	19,94	3,65	179,41	3,74	0,74
$\text{HCO}_3^-$	7625,00	124,96	22,80	8662,00	141,96	28,44
Сумма		547,96	100,00		499,49	100,00
$\text{HVO}_2$	2430,00			1822,50		
$\text{H}_2\text{SiO}_3$	52,00			83,20		
Свободная углекислота	1000,00			1500,00		
Общая мине- рализация	38789,83			36225,37		
Дебит	0,015			0,02		
Температура	15°С			13,5°С		
pH	6,8			7,1		

Формулы химического состава  
минеральных вод из Двинских буровых скважин

№№ скв.	Формула химического состава аналитик О. А. Бозоян, 1968	PH	Eh	Т°С
Скв. 26	$CO_{1,9}^2 M_{33,0}$ $Cl_{80,9} HCO_{18,2}^3 SO_{0,9}^4$ $Na_{90,2} Mg_{1,7} Ca_{1,5} K_{0,6}$	7,5	283,8	17
Скв. 50	$CO_{2,2}^2 M_{3,27}$ $Cl_{77,1} HCO_{17,0}^3 SO_{5,9}^4$ $Na_{91,8} Ca_{5,6} Mg_{1,9} K_{0,7}$	6,4	263,8	16
Скв. 31/62	$CO_{2,2}^2 M_{23,9}$ $Cl_{63,9} HCO_{33,9}^3 SO_{2,3}^4$ $Na_{97,7} Ca_{1,6} K_{0,6} Mg_{0,1}$	6,8	273,8	16
Скв. 24	$CO_{1,9}^2 M_{29,8}$ $Cl_{88,6} HCO_{30,3}^3 SO_{1,1}^4$ $Na_{96,6} Ca_{1,9} Mg_{1,7} K_{0,6}$	6,8	286,8	18
Скв. 7	$CO^2 M_{34,8}$ $Cl_{71,3} HCO_{24,1}^3 SO_{4,0}^4$ $Na_{95,8} Ca_{2,1} Mg_{1,9} K_{0,2}$	6,5	275,8	16

ральных вод всего Чатминского бассейна, иллюстрируется диаграммой С. А. Дурова (рис. 5). На диаграмму С. А. Дурова мы нанесли три группы вод, разнообразных бором, взяв в основу отношения ( $\frac{B}{M} \cdot 10^4$  до 7,14);  $\frac{B}{M} \cdot 10^4 - 7,14 - 27$ ;  $\frac{B}{M} \cdot 10^4 > 27$ ) бора к общей минерализации. Как видно из диаграммы, высокоборосные воды сконцентрированы группой и отличаются высокими концентрациями щелочных элементов и хлора.

Химически Двинские минеральные воды представлены единым типом сильно минерализованных до 40,0 г/л хлоридно-гидрокарбонатных (с преобладанием хлора) натриевых и хлоридных натриевых вод. Относительно генезиса минеральных вод в районе с. Двин существует ряд предположений.

Исследователи, изучавшие Двинские углекислые боросные минеральные воды, обычно связывали их с распространенной в Армянской ССР среднемиценовой соленосной толщей. То обстоятельство, что последняя прослеживается и в Севанский бассейн, где обнаружены хлоридно-гидрокарбонатные натриевые источники, дало повод даже сопоставлять источники Двина и Личка (Мартунинский район) объясняя отличия в микрокомпонентном составе, величинах общей минерализации различными положениями упомянутых областей по отношению к базису эрозии.

Накопленный новый фактический материал показал ошибочность этих представлений.

Если ранее не могли объяснить, с какими отложениями были связаны высокобороносные воды Двина ввиду того, что в старых скважинах, пробуренных на Двинской площади (скв. 2,3 "Нефтеразведки"), не проводились гидрогеологические наблюдения и, более того, не было известно, откуда шел подток углекислой воды, то значительно позже, после буровых работ в Азатаване, стало возможным осветить это вопрос по-новому.

В результате бурения на Азатаванской площади (скв. №11) были вскрыты неизвестные ранее в Арташатском районе термальные высокобороносные углекислые рассолы, отличающиеся сравнительно высокими содержаниями бора, брома, йода, лития, рубидия, цезия, мышьяка, кремнекислоты. Связаны эти воды с даний-палеоценовыми терригенно-карбонатными отложениями.

Еще до этих гидрогеологических наблюдений, по данным исследований микрофауны, - Н. А. Саакян, Ю. А. Мартиросян, С. А. Бубикян (1967), споро-пыльцевому анализу, - Е. Д. Заглинская, Я. Б. Лейе (1968), по литологическим работам многих исследователей - А. А. Садоян (1965), М. А. Сатиан, Ж. О. Степанян, Г. М. Мкртчян (1966), можно было в какой-то мере охарактеризовать возможности выноса бора именно из образовавшихся в аномально-соленых условиях даний-палеоценовых пород.

Однако отнесение вод к неогеновому комплексу приводило некоторых исследователей к ошибочному мнению о связи вод с соленосными отложениями. Другие же авторы из-за тяготения вод к зоне Ереванского глубинного разлома пришли к выводу о ювенильном происхождении бора.

Е. В. Орлова (1963) связывала с магматическими эманациями даже некоторые из высокобороносных источников Турции и Ирана, примыкающих к Ереванскому глубинному разлому.

В противоположность А. Ф. Горбову (1960), исследователи высказывались отрицательно о бороносности Армянской ССР, основываясь на спорных и весьма противоречивых сведениях о срединном массиве, якобы не продолжающемся в пределах Армении.

Если А. Ф. Горбов полагает, что срединные массивы благоприятные структуры для борных месторождений и признает наличие такого массива в Армянской ССР, то Е. В. Орлова это отрицает.

Новейшие данные по геологии смежных с Арменией областей Турции – И. Кетин (1966), К. Эрентоз (1967) и Ирана – Д. Ж. Штеклин, (1966) показали отсутствие срединного массива и на упомянутых территориях (И. Кетин, 1966.) Не разбирая этот спорный вопрос, детально освещенный Л. А. Яншиным (1965) и исследователями Ирана и Турции, отметим, что именно сходство фаций и должно было привести к однотипным условиям для обогащения вод бором и сопутствующими ему микрокомпонентами. Судя по новым данным, срединный массив отсутствует не только в пределах Армянской ССР, но и в значительной части Анатолийско-Иранской бороносной провинции.

Двинские углекислые минеральные источники, как и некоторые источники вне Чатминской структуры, тяготеющие к Ереванскому глубинному разлому, отличаются повышенной минерализацией (табл. 19), наличием таких специфических элементов, как бром, йод, редкие щелочные металлы, мышьяк, фтор и др.

Воды приразломной зоны по составу своему хлоридно-гидрокарбонатные натриевые повышенной минерализации (до 45 г/л). Углекислота в них термометаморфического происхождения.

В таблице 19 сведены наши данные по бороносным углекислым минеральным водам Армянской ССР и Нахичеванской АССР, которые тяготеют к Ереванскому глубинному разлому.

Как показали наши исследования и стационарные наблюдения, проведенные сотрудниками Армянского геологического управления, Двинские воды, исключая скв. №50 (Норашен), отличаются низкими содержаниями сульфат-иона. Норашенская вода с более разнообразным газовым составом: если в других скважинах углекислота составляет почти 100%, то в этой скважине углекислый газ составляет 8%, аммоний – 8%, а оставшаяся часть приходится на азот и инертные газы, составляющие 84%.

По нашему мнению, отличия в газовом составе и химизме вод могут быть вызваны близостью к одному из ответвлений разлома.

Некоторые элементы в отобранных нами пробах определялись пламенно-фотометрическим методом и были выполнены в лаборатории Института минералогии и геохимии редких и рассеянных элементов АН СССР аналитиком Н. Е. Семеновой (табл. 20).

Результаты спектральных анализов сухих остатков двинских вод представлены в табл. 21 (по данным лаборатории ИГН).

Поставщиком микроэлементов в углекислые воды являются в первую очередь вулканогенно-осадочные и осадочные образования, часть которых откладывалась в условиях повышенной солености в даний-палеоценовое время.

Таблица 19

Состав хлоридных натриевых углекислых вод вдоль полосы Ереванского глубинного разлома

Компо- ненты	Кара- Кала	Азата- ван	Двин скв. 23	Норашен скв. 50	Джультфа
	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л
Na <sup>+</sup>	15453,3	12140,6	10728,3	12861,5	6421,6
K <sup>+</sup>	387,1	238,1	161,5	149,6	
Ca Ca <sup>2+</sup>	209,6	949,3	333,4	1279,8	268,8
Mg <sup>2+</sup>	42,2	170,9	113,9	431,4	116,0
Cl <sup>-</sup>	18700,0	19170,0	12524,4	17139,2	6922,5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1913,5	716,0	170,4	3233,6	910,2
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7808,0	2440,0	8662,0	7076,0	530,7
Br <sup>-</sup>	55,0	32,0	37,5	50,0	55,9
J <sup>-</sup>	15,0	9,5	8,0	12,0	14,4
HVO <sub>2</sub>	680,0	2400,0	1822,5	1620,0	700,0
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	98,8	338,0	83,2	26,0	31,2
Общая мине- рализация	45362,5	38606,6	34711,7	43963,3	20777,6
Свободная углекислота		1000,0	1525,0	1595,4	1700,0
pH		7,3	7,1	6,7	7,2
Формула химического состава	Cl <sub>76</sub> HCO <sub>3</sub> <sup>3</sup> <sub>18</sub>	Cl <sub>91</sub> HCO <sub>3</sub> <sup>3</sup> <sub>7</sub>	Cl <sub>71</sub> HCO <sub>3</sub> <sup>3</sup> <sub>28</sub>	Cl <sub>73</sub> HCO <sub>3</sub> <sup>3</sup> <sub>17</sub>	Cl <sub>65</sub> HCO <sub>3</sub> <sup>3</sup> <sub>29</sub>
	Na <sub>97</sub>	Na <sub>89</sub> Ca <sub>7</sub>	Na <sub>94</sub>	Na <sub>84</sub>	Na <sub>92</sub> Ca <sub>5</sub>

В заключение отметим, что ближайшими аналогами двинских углекислых некрепких рассолов являются воды, вскрытые скважинами у сс. Азатаван, Дмитрово, а также на территории НахАССР - Джультфинские. Упомянутые углекислые воды близки не только по химическому составу, но и по геологическим и гидрогеологическим условиям формирования.

Описываемые Двинские углекислые минеральные воды, как и их ближайшие аналоги, могут найти применение в бальнеологии, благодаря фармакологическому воздействию многих химических элементов, обнаруженных в этих водах. Кроме того,

Таблица 20

Химический состав некоторых двинских скважин

Пункт отбора	Содержание элементов в %/мл					
	K <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	Rb <sup>+</sup>	Cs <sup>+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ba <sup>2+</sup>
Скв. № 24	118,8	7,4	0,78	0,05	11,2	-
Скв. № 7	123,8	8,2	0,62	0,12	16,7	-
Скв. № 31	109,4	6,4	0,62		1,7	н/о

Таблица 21

Результаты спектральных анализов сухих остатков двинских углекислых минеральных вод

Элементы	Скв. № 31	Скв. № 26	Скв. № 7	Скв. № 24	Скв. № 50
Al	0,01	0,003	0,003-0,01	≥0,003	>0,003
Fe	0,003	0,003	0,01	0,01	0,03
Mn	0,0003	0,003	0,0003-0,001	-	0,3-1
Ti	0,0003	0,0003-0,001	0,0003	0,0003	0,0003
Cu	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

эти воды после соответствующих разбавлений можно применять в сельском хозяйстве в качестве дополнительных микроудобрений.

Большинство минеральных источников Чатмы и ее обрамления сопровождается травертиновыми шитами, покровами и куполами. Перемены в химизме травертинов вызваны изменениями химического состава углекислых минеральных вод.

Макроскопически травертины различных шитов отличимы друг от друга. Внутри одного и того же шита также наблюдаются разновидности, разнящиеся структурными и текстурными особенностями и химизмом. К примеру, большой травертиновый шит в районе с. Двин в основном сложен белесоватыми арагонитами, сменяющимися выше по разрезу аморфными рыхлыми травертинами. Увенчан шит заохренными разностями траверти-

нов, богатых окисью железа. Известно, что при выпадении извести, в осадок, при изменении окислительно-восстановительной обстановки среды, одной из первых выпадает в осадок гидроксид железа. Вместе с последней происходит осаждение и других элементов, преимущественно рудных. Травертины и арагониты у с. Двин вблизи Арташатского канала в центральной части представлены уплотненными разностями, которые в краевых частях щита переходят в желтовато-рыхлые разновидности. Травертины здесь кремовые, желтовато-белые, зеленые. Хорошо выражена ясная, тонкая слоистость. Среди плотных арагонитов различаются плотные, мутноватые арагониты с примесью глинистого материала. При отложении последних углекислая минеральная вода содержала значительную примесь глинистого материала. Травертины с глинистым материалом отличались повышенным содержанием некоторых микроэлементов, в частности бора. Заслуживает внимания, что в некоторых травертинах спектральные определения показали 0,001 - 0,003 % германия.

## МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ ВАЙКА И ИХ БОРНОСНОСТЬ

Вайк (Айоцдзор, Вайоцдзор или Даралагез) расположен в центральной части Армянской складчатой зоны, занимая среднее и верхнее течение р. Арпа и морфологически входит в Арпа-Воротанскую зону новейших прогибаний и частично зону поднятий Варденисского и Карабахского вулканических нагорий.

Вайк окольцован горными хребтами: с севера обрамлен Варденисским хребтом, с юга - Вайоцдзорским, с запада - отрогами Гегамского хребта, а с востока - водоразделом рр. Арпа, Воротан.

Расположен Вайк в полосе среднеальпийской складчатости и представляет собой синклиорий, который в основном выполнен мощными толщами вулканогенно-осадочных образований палеогена; менее распространены неоген и верхнемеловые карбонатные породы (рис. 6).

По мнению А. А. Габриеляна (1959), Вайк тяготеет к полосе Анкавано-Сюникского глубинного разлома.

Согласно тектоническим воззрениям А. Т. Асланяна (1958), Вайк расположен в Ахтинской мегаантиклинальной зоне Севанского оротектонического пояса и в Ереванской мегасинклиальной зоне Араксинского оротектонического пояса. Упомянутые оротектонические пояса отделяются по разлому, проходящему вдоль полосы Агмаган - Шатин - Ехегнадзор - Азизбеков - Ордубад.

Область сочленяется с Севано-Ширакским синклиорием в районе Варденисского хребта. Разделяющее их антиклинальное поднятие скрыто под третичным и постплиоценовыми лавовыми покровами. На юге-востоке Вайк сочленяется с Ордубадским

синклинирем через поперечное поднятие в водоразделе Айц-дзорского хребта.

Древнейшими породами, обнажающимися в бассейне р. Арпа, являются известняки девона. Последние пользуются незначительным распространением и покрыты карбонатными фациями карбона, перми и триаса (?)<sup>x</sup>.

Меловые отложения представлены главным образом верхним отделом. Выходы их не занимают больших площадей и представлены мергелями, известняками, мергелистыми известняками, песчаниками с прослоями известняков, песчанистыми известняками.

Выходы меловых пород распространены в ядрах антиклиналей, обрамляющих Вайк.

Незначительным распространением пользуются и даний-палеоценовые фации, представленные в северной части терригенно-карбонатными фациями, а на юге - карбонатными.

В Вайке широко распространены эоценовые образования. Последние относятся в основном к среднему отделу эоцена и отличаются большим разнообразием и изменчивостью фаций.

Отложения эоцена занимают почти весь бассейн р. Арпа, за исключением его верховья. Лишь в краевых водораздельных частях бассейна на северо-западе в бассейне р. Селим, на западе несколько ниже с. Арени, юго-западнее в бассейне р. Гнишик и на юге у с. Артаван (Агхач) из-под эоцена обнажаются более древние породы мела, девона и перми.

Отложения вулканогенной толщи олигоцена<sup>xx</sup> в Вайке по данным К. Н. Паффенгольца, довольно широко распространены, слагающая водораздельные части между бассейном оз. Севан и бассейном рр. Арпа, Воротан, а на юге водораздел рр. Арпа и Нахичеванчай. Представлена олигоценовая толща разнообразным комплексом пород, от базальтов до липаритов и обсидианов, включая

---

х В расчленении отдельных стратиграфических комплексов известны разногласия.

xx Имеются расхождения в стратиграфическом расчленении отдельных образований рассматриваемого региона. Так, например, по данным А. А. Габриеляна, эта толща должна быть отнесена к плиоцену в силу ее трансгрессивного и несогласного залегания на различных отложениях эоцена и олигоцена в бассейне р. Шагап (с северо-запада от данного района).

синклиниорием через поперечное поднятие в водоразделе Айцдорского хребта.

Древнейшими породами, обнажающимися в бассейне р. Арпа, являются известняки девона. Последние пользуются значительным распространением и покрыты карбонатными фациями карбона, перми и триаса (?)<sup>х</sup>.

Меловые отложения представлены главным образом верхним отделом. Выходы их не занимают больших площадей и представлены мергелями, известняками, мергелистыми известняками, песчаниками с прослоями известняков, песчанистыми известняками.

Выходы меловых пород распространены в ядрах антиклиналей, обрамляющих Вайк.

Незначительным распространением пользуются и даний-палеоценовые фации, представленные в северной части терригенно-карбонатными фациями, а на юге - карбонатными.

В Вайке широко распространены эоценовые образования. Последние относятся в основном к среднему отделу эоцена и отличаются большим разнообразием и изменчивостью фаций.

Отложения эоцена занимают почти весь бассейн р. Арпа, за исключением его верховья. Лишь в краевых водораздельных частях бассейна на северо-западе в бассейне р. Селим, на западе несколько ниже с. Арени, юго-западнее в бассейне р. Гнишик и на юге у с. Артаван (Агхач) из-под эоцена обнажаются более древние породы мела, девона и перми.

Отложения вулканогенной толщи олигоцена<sup>хх</sup> в Вайке по данным К. Н. Паффенгольца, довольно широко распространены, слагающая водораздельные части между бассейном оз. Севан и бассейном рр. Арпа, Воротан, а на юге водораздел рр. Арпа и Нахичеванчай. Представлена олигоценовая толща разнообразным комплексом пород, от базальтов до липаритов и обсидианов, включая

---

х В расчленении отдельных стратиграфических комплексов известны разногласия.

хх Имеются расхождения в стратиграфическом расчленении отдельных образований рассматриваемого региона. Так, например, по данным А. А. Габриеляна, эта толща должна быть отнесена к плиоцену в силу ее трансгрессивного и несогласного залегания на различных отложениях эоцена и олигоцена в бассейне р. Шагап (с северо-запада от данного района).

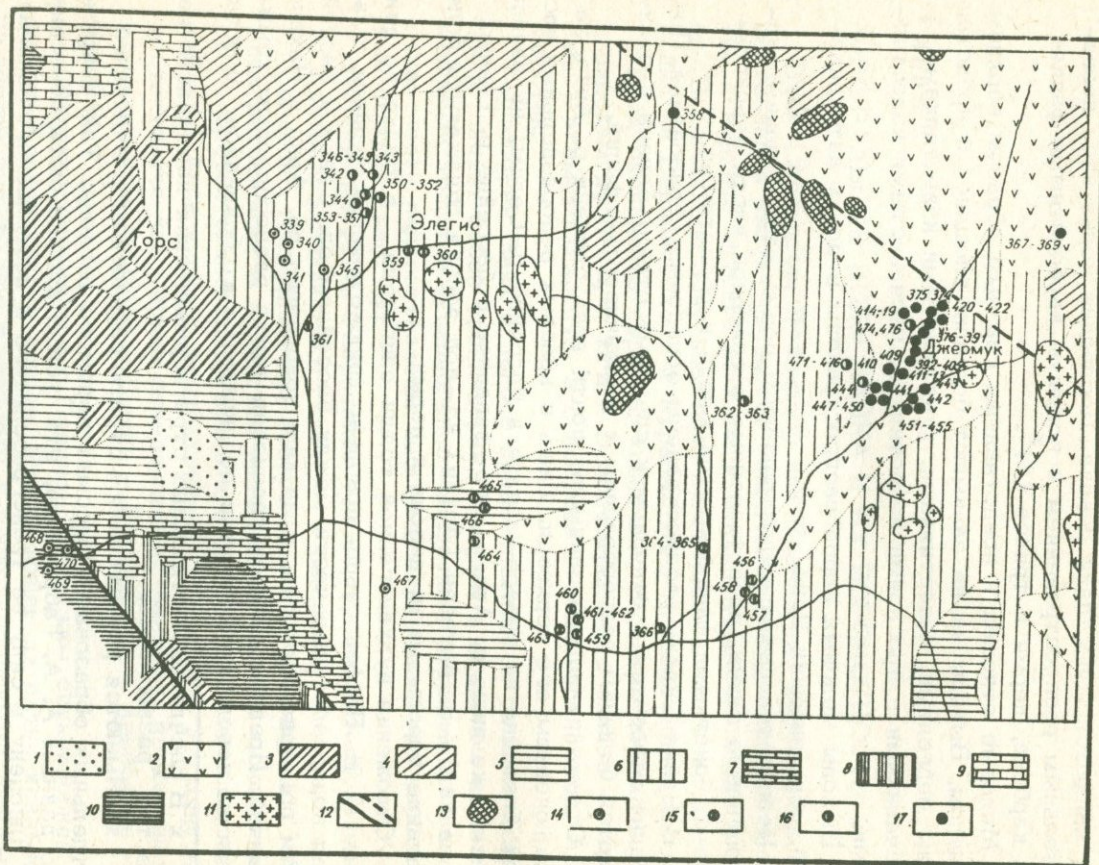


Рис. 6. Схематическая карта минеральных вод Вайка (по "Геологии Арм. ССР", том 9, "Минеральные воды").

1 - четвертичный период: аллювиальные, пролювиальные и делювиальные отложения, травертины; 2 - четвертичный период - лавовые покровы: базальты, андезито-базальты; 3 - плиоцен-олигоцен: песчано-глинистые отложения; 4 - плиоцен-олигоцен: вулканогенная толща - порфириты и др.; 5 - эоцен: песчано-глинистые отложения; 6 - эоцен (средн. - нижний): вулканогенно-осадочная толща - туфопесчаники, мергели, песчаники, туфобрекчии, порфириты, андезиты и др.; 7 - эоцен (средн. - нижний): известняки известковые песчаники; 8 мел (верхн. - нижний): вулканогенно-осадочные образования; 9 - мел (верхний - нижний): известняки и мергели; 10 - палеозой (пермь, девон): известняки, алевролиты; 11 - предверхнеолигоценовые интрузии гранитоидного состава; 12 - крупные разрывные нарушения; 13 - центры вулканических извержений; 14 - выходы минеральных вод 1 подгруппы: гидрокарбонатно-хлоридные и гидрокарбонатные кальциево-натриевые; 15 - выходы минеральных вод 2 подгруппы: гидрокарбонатно-хлоридные и гидрокарбонатно-натриево-кальциевые; 16 - выходы минеральных вод 3 подгруппы: хлоридно-гидрокарбонатные - натриево-кальциевые; 17 - выходы минеральных вод 4 подгруппы: гидрокарбонатно-сульфатные натриево-кальциевые.

сюда все промежуточные разности.

Отложения постплиоцена представлены аллювиальными, делювиальными и пролювиальными наносами, лавами и отложениями минеральных источников – травертинов. Аллювиальные отложения образуют речные террасы.

Травертины получают в пределах р. Арпа более широкое развитие, чем в других районах Армянской ССР, за исключением соседнего Араратского района, на что обращал внимание А. П. Демехин (1958).

Травертины, образующие отдельные куполы, покровы, а иногда и целые поля, разбросаны в различных уголках исследуемой области. Многочисленные современные и древние очаги разгрузки углекислых минеральных вод почти всегда сопровождаются шитами и куполами травертинов. Интересно, что в некоторых травертиновых шитах снизу вверх по разрезу уменьшается количество кремнезема, несомненно указывающее на понижение температур минеральных вод со временем.

Значительные поля травертинов известны в верховье р. Селим, в долине р. Арпа, у пос. Сойлан, с. Арени и т.д.

В бассейне р. Арпа К. Н. Паффенгольцем констатировано пять лавовых покровов четвертичного времени.

К. Н. Паффенгольц увязывает эпейрогенетические движения и лавовые излияния Вайка с периодами оледенений и межледниковыми эпохами, рассматривая то обстоятельство, что исследованные лавовые покровы бассейна р. Арпа расположены на различных речных террасах, образование которых связано с крупными палеоклиматическими колебаниями.

Меловые и палеогеновые отложения, образующие складки обычно северо-западного и юго-восточного направления, рвутся интрузиями гранодиоритового состава.

Последние представлены третичными интрузиями, широко распространенными в бассейне р. Арпа.

По территориальному признаку интрузивы бассейна р. Арпа были подразделены на следующие группы: Зирак, Кечут, Гюмушхана, Каялу и Газма.

Исследованиями Р. Х. Гукасяна и Б. М. Меликсетяна (1965) возраст интрузий датируется как верхнеэоцен-нижнемиоценовый.

Характерно присутствие щелочных интрузий в восточной части региона и эффузий этого же состава в западной части Вайка.

Районы выходов интрузий, как и весь Вайк, характеризуются интенсивной дизъюнктивной тектоникой. Рассматриваемые нами ниже группы бороносных вод Вайка – углекислые минеральные воды Горбатехского и Саят–Новинского участков – приурочены к нарушениям северо–восточного простирания.

Магматизм области завершился четвертичным вулканизмом ареального типа; центры извержений, поставляющие продукты андезито–базальтового и андезитового состава, выражены 30 шлаковыми и лавовыми конусами. В течении антропогена интенсивность вулканизма закономерно понижалась; последние наиболее слабые вспышки происходили уже в голоцене. Все вулканы области питались единым очагом, залегающим на глубине порядка 2–3 км (К. И. Карапетян, 1963).

Благодаря тектонической активности, третичному интрузивному магматизму и четвертичному эффузивному, Айодздорская структура раздроблена и разобщена, что позволяет в ее пределах выделить особые гидрогеологические структуры – адартезианские бассейны и вулканогенные супербассейны.

Как уже было отмечено, под адартезианским бассейном И. К. Зайцев и Н. И. Толстихин (1963) понимают структуру, "близкую к артезианской, но не типично артезианскую", а выделение вулканогенных супербассейнов обусловлено приподнятостью вулканогенных структур и их гидрогеологическими особенностями.

В происхождении минеральных вод Вайка некоторые исследователи (А. П. Демехин, 1958; В. Л. Егоян, 1955; А. Л. Анамян, 1963; Л. Н. Барабанов, 1961, и др.) особую роль отводят охватывающему его артезианскому бассейну, выделяя в нем наиболее водообильные верхнемеловые известняки. С этим нельзя согласиться уже по той причине, что меловые известняки в значительной степени были "съедены" очагом четвертичных вулканов. Даже если бы вулканический очаг залегал ниже меловых известняков, то и в этом случае при таком послемеловом магматизме и тектонике наличие единого артезианского бассейна было бы невозможным, почему нам представляется желательным рассматривать ряд адартезианских бассейнов и вулканогенных супербассейнов. Небезынтересно в связи с этим отметить, что, изучая область, К. Н. Паффенгольд (1946) одним из первых, еще до работ многих гидрогеологов, ставил вопрос о возможности существования артезианских вод восточнее ушелья Джахачадзор, в районе сс. Кабахлу, Азатек, Агаракадзор, но

пришел к отрицанию этого положения.

Вайк чрезвычайно богат углекислыми минеральными водами, очень разнообразными по составу и температуре. Здесь находятся известные термальные джермукские воды (до 64°C) и уникальные по своему химическому составу сероводородные источники Сарцали (Сарыерсырчали), в которых анионный состав целиком представлен сульфатами, а преобладающими катионами являются железо и алюминий.

Одними из первых исследователей гидроминеральных богатств Вайка были Г. Воскобойников и Г. Абиx, изучавшие джермукские углекислые минеральные воды.

Значительно позже некоторые углекислые минеральные источники региона исследовались сотрудниками Управления геологии Армянской ССР, Института геологических наук Академии наук республики, Института курортологии и физических методов лечения Армении.

Минеральные воды Вайка изучались рядом исследователей (А. П. Демехин, Н. В. Тагеева, Н. И. Долуханова, В. А. Аветисян, А. Л. Ананян, А. Т. Тер-Мартirosян, О. А. Бозоян, Л. Н. Барабанов и др.).

Особенно надо отметить исследования А. П. Демехина, выделившего отдельные группы вод по химическому составу и показавшему пути их метаморфизации. Им было описано 72 минеральных источника. В настоящее время в Вайке зафиксировано 137 естественных выходов и буровых скважин, фонтанирующих минеральной водой, ценные сведения о которых приводятся в монографии "Минеральные воды" ("Геология Армянской ССР" т. 9).

Не будем детально рассматривать и описывать многочисленные выходы углекислых минеральных вод Вайка, а остановимся только на сравнительно высокоборозных.

Углекислые минеральные воды Вайка А. П. Демехин (1958) разбил на четыре группы, исходя из химического состава и геологической обстановки формирования вод.

Обычно выходы минеральных источников, относимых даже к одной группе, расположены в значительном отдалении. Выходы источников связаны с тектоническими нарушениями и разрывами при хорошей фильтрующей способности пород.

Первая подгруппа минеральных источников включает в себя источники Салли 1 и 2, Артабун - 3, Агаракадзор, Аяр, а также три источника у Арени. Рассматриваемая подгруппа мине-

ральных вод наименее бороносная в Вайке, что прежде всего объясняется сравнительно низкой общей минерализацией (последняя не достигает 2 г/л), а также неблагоприятной для миграции бора обстановкой: в анионном составе преобладающим компонентом является гидрокарбонат-ион, а в катионном составе преобладает кальций. Высаливающее действие последнего относительно бора общеизвестно (О. Я. Самойлов, Д. С. Соколов, 1960).

Рассматриваемые источники преимущественно тяготеют к обрамлению Вайка и приурочены к карбонатным образованиям. Низкая общая минерализация вод объясняется близостью областей разгрузок к областям питания.

Более бороносна вторая подгруппа источников, находящаяся преимущественно на южных и западных отрогах массива Тексар (Теке - Долдуран). Источники в основном расположены на правом берегу р. Арпа и включают естественные выходы и скважины у сс. Элегис, Шатин, Булахляр, Мамарза, Азатек, Дайлахлу, Малишка.

Вторая подгруппа вод генетически связана с первой, являясь продуктом ее дальнейшей метаморфизации.

В этой подгруппе углекислых минеральных вод наблюдается увеличение общей минерализации, которая порою превосходит 4,0 г/л (источники Азатека, Малишка и др.), характерно уменьшение доли гидрокарбонатов, содержания которых хотя и преобладают над хлором, но не в такой мере, как в первом случае.

Во всех водах преобладают в катионном составе уже щелочные элементы.

Увеличение общей минерализации сопровождается уменьшением доли гидрокарбонатов, увеличением хлора и натрия, что благотворно сказывается на бороносности, которая по сравнению с первым случаем возрастает.

Наиболее бороносные углекислые воды Вайка являются представителями дальнейшего этапа метаморфизации вод. В водах третьей, наиболее высокоборной подгруппы наблюдается дальнейшее увеличение общей минерализации вод (максимальная общая минерализация порою превышает 15,0 г/л и характерна для Горбатехских скважин), сопровождающееся обеднением гидрокарбонатами, щелочноземельными элементами и резким возрастанием щелочных элементов и хлора.

Термальные углекислые воды Джермука вместе с Дали и Кечутом составляют четвертую подгруппу вод, характерную зна-

чительными концентрациями гидрокарбонатов и щелочноземельных элементов.

Хотя в джермукских водах по абсолютным содержаниям бора не столь много (не более 5,0 мг/л), но по отношению бора к общей минерализации воды эти следует отнести к среднебороносным.

За последние годы в Вайке были выявлены и новые выходы углекислых минеральных вод, в окрестностях которых Управлением геологии проводились буровые и разведочные работы. Благодаря этим работам число известных углекислых источников намного пополнилось. Новые борсодержащие углекислые минеральные воды встречены и при проходке тоннеля Арпа-Севан.

Из всех перечисленных групп наибольший интерес представляют высокобороносные минеральные воды Ехегис-Горбатехского участка.

Еще Л. А. Оганесов (1936) и А. П. Демехин (1958) описывали в бассейне Ехегис (Артабун) гидрокарбонатно-хлоридные натриевые углекислые источники со сравнительно повышенной общей минерализацией. Сотрудниками Даралагезской партии близ них проводились гидрогеологические изыскания, благодаря которым и были обнаружены бороносные воды.

Горбатехское месторождение<sup>x</sup> бороносных углекислых вод расположено в Ехегнадзорском районе. С районным центром Ехегнадзор месторождение и расположенный близ него участок выходов Ехегисских углекислых минеральных источников соединяются грунтовой дорогой протяженностью в 18 км. От ближайшей железнодорожной станции Араздаян они отстоят на 85 км. Месторождение находится на абс. отм. 1700-2100 м, что определяет умеренно-континентальную климатическую обстановку. Среднегодовая температура воздуха составляет 6-7°C.

В геологическом строении Горбатехского месторождения углекислых вод участвуют среднеэоценовые и олигоценовые вулканогенно-осадочные образования и прорывающие их интрузивные породы. На северной окраине месторождения, а также в центральной части его развиты потоки и покровы четвертичных андезито-базальтов.

Видимая мощность среднеэоценовых образований более 2000 м, состоит толща из переслаивающихся тонкозернистых туфоалев-

х Как наиболее перспективное на бор (что будет видно из дальнейшего), месторождение описывается несколько подробнее.

ролитов, разномерных туфопесчаников и туфоконгломератов.

На участке месторождения, в осевой части антиклинали, среднеэоценовые туфогенные образования изменены, что особенно ярко проявляется на контакте с интрузиями.

Вулканогенно-осадочные олигоэоценовые образования, мощностью в 500-600 м, обнажаются в верховьях р. Ехегис. Разномерные песчаники и туфопесчаники, туфоконгломераты и плитчатые туфоалевролиты олигоэоцена несогласно залегают на дислоцированных отложениях среднеэоценового возраста и несогласно перекрыты четвертичными образованиями. Последние представлены андезито-базальтами, травертинами, аллювиальными, пролювиальными и элювиальными образованиями. Из интрузивных пород следует отметить силлы диорит-порфиров, внедрившиеся в туфогенные породы.

На участках Ехегис и Горбатех Даралагезской партией Геологического управления АрмССР было пробурено много скважин. Однако водоносные зоны были вскрыты не всеми буровыми; некоторые из них оказались сухими, в других уровень воды находился на различных глубинах от устья, часть скважин самоизливается и фонтанирует.

В районе Горбатехского месторождения углекислых минеральных вод известны две системы нарушений: это нарушения северо-восточного и северо-западного направлений. Как было установлено А. П. Демехиным и геологами Даралагезской партии, выходы углекислых минеральных вод связаны с нарушенными зонами, имеющими северо-восточное направление. В зонах нарушений распространены травертины, наблюдаются ожелезненные, карбонатизированные, цеолитизированные участки. (Среди отобранных нами минералов А. Х. Мнацаканян определила кальциевые цеолиты и апофиллит; на цеолитах наблюдаются пластинки самородной меди.)

В центральной части и на северной окраине Горбатехского месторождения северо-восточные разрывные нарушения менее распространены (простираются их 0-10°). Нарушенные зоны порою достигают 35 м мощности и выполнены травертинами. В отдельных трещинах осаждались арагониты, кальцит, анкерит.

Северо-западные нарушения (азимут 320-330°) падают на северо-восток под углом 60-85°. В нарушенных зонах наблюдаются перемятые участки, опрокинутые складки, флексуры.

Таблица 22

Химический состав Ехегис-Горбатехских углекислых минеральных вод по данным гидрохимической лаборатории ИГН АН Арм. ССР /аналитики Ц. О. Экузян и Р. А. Туниянц/

Компоненты	Горбатех, скв. 4			Ехегис скв. 5			Горбатех скв 208-а			Горбатех скв. 66			Горбатех скв. 58			Горбатех, скв. 201		
	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%	мг/л	мг/экв	экв%
Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	2432,02	105,74	90,79	1079,85	46,95	80,03	3030,21	131,80	87,09	3150,77	136,99	84,38	1722,49	74,92	86,50	4090,33	177,92	88,38
Ca <sup>2+</sup>	137,20	6,85	5,88	196,00	9,78	16,67	294,00	14,67	9,70	294,00	14,67	9,04	117,60	5,87	6,78	254,80	12,71	6,31
Mg <sup>2+</sup>	47,20	3,88	3,33	23,60	1,94	3,30	59,00	4,85	3,21	129,80	10,68	6,58	70,80	5,82	6,72	129,80	10,68	5,39
As <sup>3+</sup>	0,003			0,003			не обн.			не обн.			не обн.			не обн.		
Cl <sup>-</sup>	не обн.			не обн.			0,003			0,003			0,003			0,004		
Сумма		116,47			58,67			151,32			162,34			86,61			201,30	
Si <sup>-</sup>	2220,20	62,62	53,77	894,20	25,22	42,99	2828,80	79,78	52,72	3196,00	90,14	55,53	1533,40	43,24	49,93	4358,80	122,93	61,06
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	559,64	11,65	10,00	255,13	5,31	9,05	692,45	14,42	9,53	773,50	16,10	9,92	156,50	3,26	3,77	1014,35	21,12	10,49
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2562,00	41,99	36,06	1708,0	28,00	47,73	3477,00	56,99	37,66	3416,00	55,99	34,49	2440,00	99,90	46,07	3477,00	56,99	28,31
F <sup>-</sup>	0,28	0,02	0,01	1,20	0,06	0,10	0,52	0,03	0,02	0,28	0,02	0,01	0,72	0,04	0,04	1,00	0,05	0,02
Br <sup>-</sup>	15,00	0,19	0,16	6,00	0,08	0,13	8,00	0,10	0,07	7,00	0,09	0,05	6,00	0,08	0,09	17,00	0,21	0,10
J <sup>-</sup>	0,40	0,003	0,0025	не обн.			0,52	0,004	0,0026	0,50	0,004	0,002	0,20	0,002	0,002	0,60	0,005	0,02
MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	не обн.			не обн.			0,17	0,002	0,0013	не обн.			0,29	0,004	0,154	0,15	0,002	
Сумма		116,47			58,67			151,32			162,34			86,61			201,30	
HVO <sub>2</sub>	190,00			100,00			260,00			360,00			200,00			400,00		
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	143,00			143,00			84,50			84,50			117,00			84,50		
Общая минерализация	8246,94			4406,98			10735,67			11412,35			6365,03			13828,33		

Между сс. Горбатех и Ехегис геолого-разведочной партией УГ СМ Армянской ССР, начиная с 1960 г., пробурено на минеральную воду ряд буровых скважин<sup>х</sup>. Ограничимся приведением химических анализов вод скв. №№ 58, 66, 201 и 208а (табл. 22). (Анализы выполнены в гидрохимической лаборатории Института геологических наук Ц. О. Эксузян.) Разрезы некоторых скважин приводятся на рис. 7.

У устьев скважин №№ 58 и 201 были замерены рН и ЕН. рН = 6,75, а ЕН соответственно + 180 мв и + 190 мв. Результаты спектральных анализов сухих остатков вод приведены в табл. 23.

Таблица 23

Результаты спектрального анализа сухих остатков Горбатехских скважин

Элементы	Скв. 58	Скв. 201-а	Скв. 208-а	Скв. 66	Скв. 4	Скв. 5
Mn	0,03	0,03	0,003	0,0003	0,0003	0,01
Ti		0,0003	0,001	0,001	0,001	0,03
Mo	0,001	0,0003	0,0003			0,0003
Mo	0,003	0,001	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Ag		0,0001	0,001			0,001
Sr	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
	0,3		0,3	0,3	0,3	

Бороносные термальные воды Саят-Нова (Даринские) расположены в Азизбековском районе. Приведем краткое описание Саят-Новинских углекислых минеральных вод.

По берегам реки Дара на протяжении примерно 0,5 км, кроме естественных выходов углекислых минеральных вод, последние были вскрыты и буровыми скважинами. Выходы углекислых минеральных вод Саят-Нова приурочены к сбросу северо-восточного простираня. В районе выходов источников широко распространены мощные покровы травертинов. Естественные выходы этих углекислых минеральных вод стали предметом исследований гидрогеологов только в недавнее время. В районе выходов источников Армянским геологическим управлением проводились буровые работы, благодаря которым были вскрыты и вы-

х Некоторые скважины были закрыты.

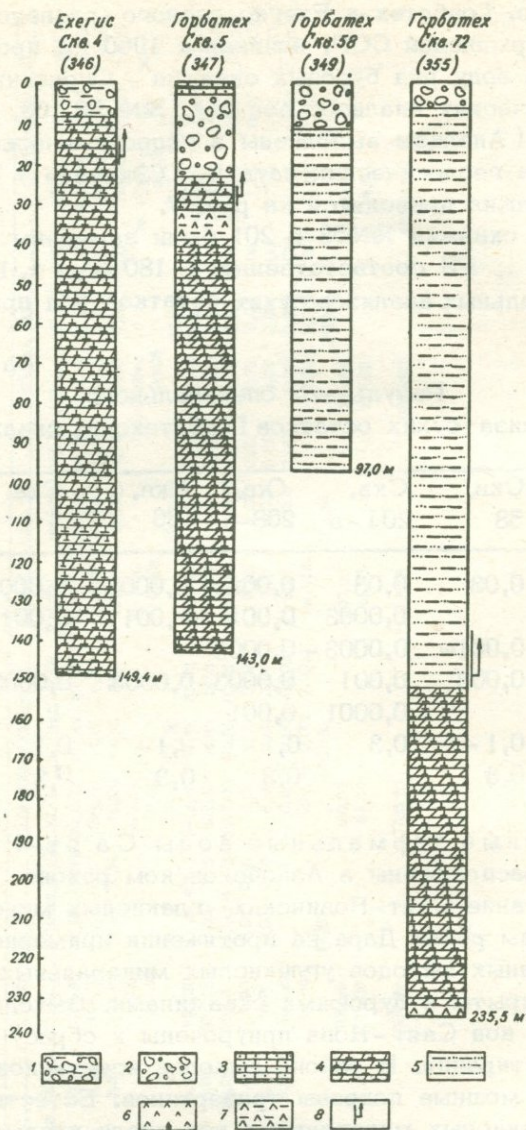


Рис. 7. Геологические разрезы Ехегис-Горбатехских буровых скважин.

1 - глина с включениями галек и валунов; 2 - валунно-галечные отложения; 3 - травертин; 4 - туфогенный песчаник; 5 - туфоалевролит; 6 - порфирит; 7 - цеолитизированный порфирит; 8 - приток фонтанирующей воды.

дены на поверхность более горячие углекислые минеральные воды. Последние более минерализованы (общая минерализация их достигает 10,0 г/л), чем воды естественных выходов.

Вода была встречена скважинами на различных глубинах, некоторые скважины с пульсирующим фонтанирующим режимом.

Преобладающими породами в разрезе, пройденном скважинами, являются осветленные гидротермально измененные среднеэоценовые порфириды.

Источники приурочены к порфиритам среднеэоценового возраста, но химический состав углекислых минеральных вод и наличие специфического набора микрокомпонентов позволяет предполагать, что воды циркулировали и по более древним образованиям – вулканогенно-осадочным третичным отложениям и флишевым фациям даний-палеоэоценового времени. Последние в Армении откладывались в условиях повышенной солености морского бассейна, что, естественно, должно было отразиться на химическом составе подземных вод, формирующихся в этих отложениях.

Углекислые минеральные воды Саят-Нова по своему химическому составу являются хлоридно-гидрокарбонатными натриевыми. В них обнаружены многие химические элементы, в том числе бром, йод, фтор, бор, кремниевая кислота и др. Свободного углекислого газа в них содержится более 1,0 г/л. рН Саят-Новинских термальных углекислых вод равен 6,5,  $E_{h} + 265 \text{ мВ}$ .

Минеральные воды Саят-Нова являются термальными. Эти воды в Айоцдзоре являются наиболее горячими после джермукских, Температура воды в скважинах достигает  $38^{\circ}\text{C}$ . Углекислые минеральные воды Саят-Нова по своему химическому составу близки к водам Горбатеха, отличаясь большей температурой и меньшей общей минерализацией и бороносностью. Химический состав описываемых вод отображает табл. 24 (анализы выполнены химиками О. А. Бозояном, Р. А. Туняц, Ц. О. Эксузян), а также табл. 25.

В сухом остатке углекислых минеральных вод Саят-Нова спектрально были обнаружены в процентах следующие элементы: алюминий – 0,01; железо – 0,03; марганец – 0,03 – 0,1; титан – 0,003; медь – 0,001; стронций – 0,3 – 1.

Таким образом, подобно Чатминскому бассейну, в Вайке наиболее минерализованные углекислые воды – хлоридно-гидрокарбонатно-натриевые либо гидрокарбонатно-хлоридные натриевые. На диаграмме С. А. Дурова источники эти хорошо группируют-

ся (проведено их разбиение согласно отношению бора к общей минерализации).

Гидрокарбонатно-хлоридные натриевые углекислые воды Горбатыха, Ехегиса и Саят-Нова являются одними из высокоминерализованных вод Вайка и формируются в примерно однотипных

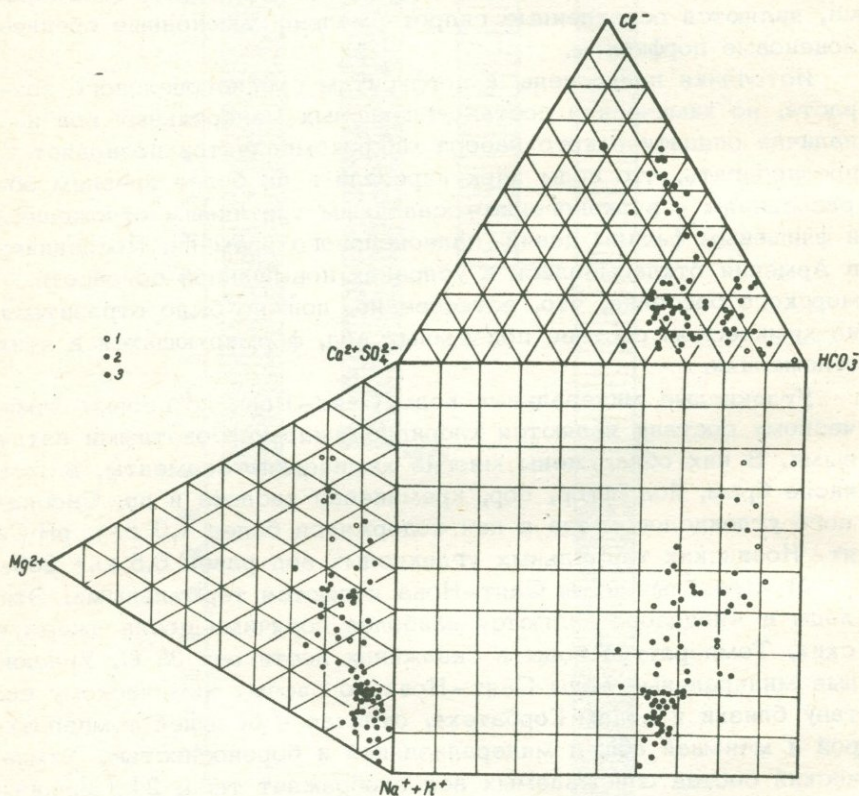


Рис. 8 Диаграмма С. А. Дурова для углекислых минеральных вод Вайка 94.

1 - малобороносные воды; 2 - среднебороносные воды; 3 - высокобороносные воды.

геологических условиях. Наличие данных - палеоценовых и третичных вулканогенно-осадочных фаций южнее Ехегис-Горбатыхского участка и предположительное их присутствие на участке Саят-Нова способствовало формированию близких по химизму

## Химический состав минеральных вод Саят - Нова

Элементы	Скважина			Источник		
	мг/л	мг/экв	экв%	мг/л	мг/экв.	экв.%
Li <sup>+</sup>	не опр.	-	-	3,5	0,5	0,5
Na <sup>+</sup>	2191,7	95,3	70,8	2069,1	90,1	84,0
K <sup>+</sup>	200,0	5,0	3,7	86,0	2,2	2,1
Mg <sup>2+</sup>	117,7	9,7	7,2	51,1	4,2	3,9
Ca <sup>2+</sup>	493,9	24,6	18,3	168,0	8,4	7,9
Str <sup>2+</sup>	не опр.	-	-	6,0	0,1	0,1
Fe <sup>2+</sup>	не опр.	-	-	не обн.	-	-
Fe <sup>3+</sup>	не опр.	-	-	30,0	1,6	1,5
Сумма	-	134,6	100,0	-	107,1	100,0
Cl <sup>-</sup>	2099,5	59,2	43,9	1771,5	49,9	46,6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1332,9	27,7	20,6	460,6	9,6	9,0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2928,0	47,7	35,5	2897,5	47,6	44,0
Сумма	-	134,6	100,0	-	107,1	100,0
HVO <sub>2</sub>	80,0	-	-	не опр.	-	-
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	184,0	-	-	87,0	-	-
Общ. минер.	9627,7	-	-	7630,3	-	-
Своб. CO <sub>2</sub>	1200,0	-	-	не опр.	-	-
pH	7,0	-	-	не опр.	-	-

и в том числе и по микрокомпонентному составу, углекислых минеральных вод. Как известно, даний-палеоценовые образования в Армении откладывались в аномально соленых водоемах, что, естественно, нашло свое отражение и в химическом составе углекислых минеральных вод.

Это сказалось и на обогащенности вод однотипными микроэлементами. (табл. 26).

Следует отметить, что вообще в водах гидрокарбонатно-хлоридных натриевых и хлоридно-гидрокарбонатно натриевых особо разнообразно представлен микрокомпонентный состав. Абсолютные содержания многих микроэлементов резко возрастают с увеличением количества растворенных в воде солей.

Интересно происхождение отдельных компонентов в минеральных водах Вайка. Исследования последних лет позволили пересмотреть многие устоявшиеся взгляды. Так, например, если ра-

Химический состав минеральной воды  
Саят-Нова (Аналитик Ц. О. Эксузян, 1970)

Эле- мен-	Скв. Саят-Нова правый берег р. Дара			Скв. Саят-Нова, левый берег р. Дара		
	мг/л	мг/экв.	экв.%	мг/л	мг/экв.	экв.%
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	1658,07	72,09	67,26	1954,47	84,99	67,47
Ca <sup>2+</sup>	529,20	26,41	24,60	607,60	30,32	24,06
Mg	106,20	8,74	8,14	129,80	10,68	8,47
Cu <sup>2+</sup>	не обн.			не обн.		
As <sup>3+</sup>	0,003			0,003		
Сумма		107,24			125,99	
Cl <sup>-</sup>	1462,00	41,23	38,45	1768,00	49,86	39,58
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1150,14	23,94	22,32	1394,99	29,04	23,05
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2562,00	41,99	39,15	2867,00	46,99	37,30
F <sup>-</sup>	1,00	0,05	0,05	1,20	0,06	0,04
Br <sup>-</sup>	2,50	0,03	0,03	3,00	0,04	0,03
J <sup>-</sup>	0,20	0,002	0,001	0,30	0,002	0,001
MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	не обн.			не обн.		
Сумма		107,24			125,99	
HVO <sub>2</sub>	100,0			140,0		
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	247,00			286,0		
Общ. минер.	7818,31			9152,69		

нее повышенную сульфатность вод Джермука пытались объяснить наличием гидротермально измененных пород, пиритизацией, то в последнее время работы В. И. Виноградова и А. Л. Ананяна (1968) по изотопному анализу серы привели к противоположному мнению. Как полагают эти исследователи, в термальных условиях за счет восстановления сульфатов образуются сульфиды. Разные предположения были высказаны и о происхождении других составляющих минеральных вод.

Относительно происхождения хлора, как и ряда микрокомпонентов углекислых вод Вайка, были высказаны самые противоречивые мнения. Так, например, Н. В. Тагеева (1948) соединяла бор и фтор в одну группу, характерную для углекисло-щелочных вод, связанных с вулканизмом. А. П. Демехин (1958) также был склонен приписывать этим элементам ювенильное происхождение.

Таблица 26  
Микрокомпоненты и  $H_2SiO_3$  в бороносных водах Вайка

Место от- бора (№ сква- жины)	Общая минерал. г/л	Мг / л				
		F <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	HVO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>
31	9.49	1.00	3.00	0.15	210.0	117.0
60	16.60	1.08	13.00	0.60	380.0	169.0
59	16.70	1.01	65.00	0.90	380.0	169.0
67	15.50	0.60	10.00	0.25	360.0	208.0
94	12.59	1.08	5.00	0.25	320.0	234.0
66	5.94	0.40	16.00	0.20	100.0	78.0
58	10.77	1.00	1.40	0.45	320.0	182.0
90	10.45	0.60	3.00	0.25	300.0	182.0
4	10.41	1.00	6.40	0.32	320.0	182.0
87	14.31	0.80	13.00	0.80	360.0	182.0
89	7.26	0.68	3.40	0.25	240.0	143.0
6	7.29	0.60	3.00	0.40	200.0	169.0
85	12.42	1.00	4.00	0.40	340.0	169.0
88	10.03	0.12	3.40	0.40	210.0	104.0
71	5.77	0.12	-	0.60	40.0	169.0
83	10.01	0.80	3.00	0.15	210.0	78.0

Таблица 26а

Место отбора	Zn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup> Cu <sup>2+</sup>	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HVO <sub>2</sub>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>
	МГ/Л						
скв. Саят-Нова	-	-	0.197	90.0	0.60	0.32	1.16
пр. берег р. Дара	-	-	0.247	90.0	1.60	0.15	1.00
скв. Ехегис	0.05	0.007	0.148	150.0	4.00	0.40	0.76

Таким образом, как видим, нет единого мнения в вопросе о происхождении минеральных вод, в особенности хлоридных натриевых и гидрокарбонатно-хлоридных натриевых (группы Ехегис, Горбатех, Булаглар, Саят-Нова). Эти последние являются наиболее минерализованными (до 15-16 г/л) и отличаются разнообразием микрокомпонентного состава (барий, стронций, литий, бром, йод, фтор, бор, мышьяк и др.).

Нам представляется, что воды эти связаны в основном с выщелачиванием даний-палеоценовых терригенно-карбонатных и вулканогенно-осадочных пород эоцена, обогащенных отмеченными выше элементами.

Благодаря постсреднеэоценовому и более молодому магматизму происходил интенсивный вынос многих химических элементов из вулканогенных и осадочных пород. Основным источником летучих, в том числе и бора, являются, таким образом, осадочные и вулканогенно-осадочные образования.

Обычно в происхождении минеральных вод Вайка, как и других районов Армении, значительная роль отводится четвертичному и даже третичному магматизму. С вулканическими явлениями и отдельными центрами извержений, в частности, связывается присутствие в минеральных водах многих летучих компонентов.

Вулканы, которыми так богата территория Армянской ССР являются своеобразными очагами разгрузки подземных вод. Как было показано исследованиями В. И. Кононова (1965), в начале возникновения теплового очага подземные воды растекаются от него. Позже, после вывода паров и газов на поверхность, движение подземных вод в зоне теплового очага приобретает обратную направленность.

Близ вулканических аппаратов из-за высоких температур разлагается вода и растворенные в ней соли. Опыты Н. И. Хитарова (1954) показали неустойчивость хлоридов при высокой температуре и позволили обосновать вывод о возможном заимствовании хлора в гидротермальном процессе из минерализованных пластовых вод.

Позже к такому же выводу пришли некоторые зарубежные исследователи (Ч. Давидсон, 1966, и др.).

Некоторые соединения, в том числе и газы (фтористый водород, соединения мышьяка, бор и др.), возможно, заимствованы из подземных вод и поровых растворов. Не совсем обязательно, чтобы гидротермальный раствор имел ювенильное происхождение, о чем писал и А. А. Сауков (1960).

Между тем, вслед за Н. В. Тагеевой (1948) и А. П. Демехиным (1958), которые наличие хлора, фтора, бора, брома, йода в джермукских термах связывают с эксгаляциями близрасположенного джермукского кратера, к подобному же выводу пришли и другие исследователи, и не только по джермукским термальным водам.

Так, например, В. И. Кононов (1965), на основании данных Л. И. Барабанова (1961), выводит химическую зональность минеральных вод, ставя ее в зависимость от отдельных четвертичных вулканов. По представлениям последнего, основанным на примере Даринских (группа Саят-Нова) гидрокарбонатно-хлоридных натриевых вод, сульфатные воды должны располагаться близ вулканов, а хлоридные - в значительном удалении от них. Отметим, что наши совместные с К. И. Карапетяном (1969) наблюдения показали ошибочность этих представлений. Уже сами Даринские источники находятся в непосредственной близости от вулкана Кармир-глух. Нет такой закономерности и в западной части области, где независимо от близости к вулкану Смбагар (группа Горбатехских углекислых источников отстоит от вулкана в 5 км, а Шатин - 12 км) в анионном составе углекислых вод преобладает хлор. Исходя из всего этого, зональность надо искать в связи с фациальной изменчивостью пород, со структурными особенностями территории, а не в связи с близостью к вулканам, которыми так богат Вайк.

По нашему мнению, роль четвертичного вулканизма в формировании состава минеральных вод в значительной степени преувеличена; это относится и к Армении в целом.

Упомянутое, как и сопоставление результатов спектральных анализов пород, водных и кислотных вытяжек из них и химических анализов источников, не позволяет отводить магматическим эксгаляциям важную роль в формировании состава углекислых минеральных вод. Нам представляется, что решающую роль здесь играют процессы термометаморфизма и выщелачивания осадочных и вулканогенно-осадочных пород, которые и приводят к образованию различных типов углекислых минеральных вод.

В. В. Красинцевой (1960) экспериментально была доказана возможность выделения бора из осадочных пород в виде летучих соединений. При температуре около  $200^{\circ}\text{C}$  водяным паром в присутствии углекислого газа отгоняются 80% растворимого бора породы, хлориды и аммоний. С повышением температуры вынос бора увеличивается, что сопровождается появлением и других элементов: при  $500^{\circ}\text{C}$  в отгонах появляются сера и сероводород, а при температурах  $600-800^{\circ}\text{C}$  из песчаников выделяется и мышьяк.

Привлекая результаты этого эксперимента, можно объяснить наличие ряда микрокомпонентов в гидрокарбонатно-хлоридных натриевых минеральных водах Вайка (Ехегис, Горбатех, Саят-Нова). Очень возможно, что формирование айоц-

дзорских углекислых минеральных вод хлоридных натриевых по составу и обогащенных многими микрокомпонентами, связано с породами, отлагавшимися в аномально соленом морском бассейне. Таковыми могут быть образования даний-палеоценового времени, выраженные терригенно-карбонатными фациями; "палеоценовая" часть этой толщи обнажается у с. Шатин.

Известно, что даний-палеоценовые отложения в Армянской ССР отлагались именно в таких условиях и обогащены барием, стронцием, бором, мышьяком, что отражено в наших анализах.

Ближих к нашим представлениям взглядов на происхождение углекислых минеральных вод придерживаются А. Л. Ананян (1968), С. Р. Крайнов и М. Х. Королькова (1962), А. А. Тер-Мартirosян (1968). Отметим, что некоторые из них связывают формирование вод с соленосными отложениями олигоцена или миоцена, которые, однако, непосредственно в Вайке отсутствуют.

Роль четвертичного вулканизма в формировании углекислых минеральных вод ограничивается прогревом осадочных и вулканогенно-осадочных пород, возбуждением геохимической активности, способствующей отгону многих летучих элементов в подземные воды. Только незначительная часть летучих может быть ювенильной, непосредственно связанной с вулканическим очагом.

В пользу высказанной точки зрения могут говорить ранние "кварцевые" травертины, которые характеризуются высоким содержанием компонентов рудной минерализации (преимущественно полиметаллического состава), а верхние, чисто карбонатные отложения - весьма скудными их концентрациями. Сказанное хорошо согласуется с закономерным понижением интенсивности четвертичного вулканизма Вайка во времени. При рассмотрении влияния вулканизма на формирование состава минеральных вод в любом виде необходимо учитывать тип вулканической деятельности. В случае ареального вулканизма, каковой мы имеем в Вайке и большинстве районов Армении (К. И. Карапетян, 1963), такое влияние нужно искать в связи с самим близповерхностным очагом в целом помня всегда, что он является общим, единым для всех вулканов. Различного рода увязки с отдельными центрами извержений, как это делают многие исследователи в Армении, принципиально неверны, ибо последние являются моногенными недолгоживущими вулканами и оказывать непосредственное влияние на формирование состава вод не могут.

## Глава 7

### ЕДИНИЧНЫЕ БОРОНОСНЫЕ УГЛЕКИСЛЫЕ ВОДЫ

В Ереванском грабен-синклинии наиболее значительные концентрации бора приурочены к углекислым хлоридным натриевым водам, вскрытым буровой скважиной № 5 ПТГНИ на глубинах порядка 1200 м. Эти воды наиболее минерализованы из всех вод, обнаруженных в Ереванской впадине (табл. 27). Концентрации бора превосходят кларк бора для минеральных вод Армянской ССР в 3 раза

Таблица 27

Химический состав скв. № 5 ПТГНИ (аналитик  
О. А. Бозоян, 1961)

Катионы мг/л	мг/экв	экв%	Анионы мг/л	мг/экв	экв%
Li <sup>+</sup>	10,5	1,50	0,2	F <sup>-</sup>	не опр.
K <sup>+</sup>	205,0	5,25	0,7	Cl <sup>-</sup>	20981,0 591,0 77,7
Na <sup>+</sup>	14551,44	632,67	82,5	Br <sup>-</sup>	120,0 1,5 0,3
Ca <sup>2+</sup>	1260,0	63,0	8,2	I <sup>-</sup>	44,5 0,35 0,1
Sr <sup>2+</sup>	21,0	0,48	0,1	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1800,0 37,50 4,9
Mg <sup>2+</sup>	766,1	63,0		HCO <sub>3</sub>	8296,0 136,0 17,7
Fe <sup>2+</sup>	не обн.				
Fe <sup>3+</sup>	7,5	0,45	0,1		
Mn <sup>2+</sup>	0,05				
Cu <sup>2+</sup>	следы				
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> -					
850 мг/л					
HVO <sub>2</sub> -					
1200 мг/л					
Общая минерализация -					
48,3					

На примере Арзнинских, Авазанских углекислых минеральных источников видна зависимость концентраций бора от общей минерализации ( табл. 28 )

Таблица 28

Общая минерализация и содержание метаборной кислоты в гидрокарбонатных хлоридных углекислых водах Авазана и Арзни

Место отбора	Общая минерализация мг/л	Содержание $\text{HBO}_2$ мг/л
Авазан	8575,88	66,0
Авазан	15902,19	80,0
Авазан	4373,12	18,0
Арзни	3539,08	12,0

Минеральные воды Ереванской впадины связаны с песчано-глинистыми отложениями миоцена. Благодаря наличию соленосных фаций углекислые воды обогащены хлором и натрием. Сравнительно низкая бороносность этих вод при высокой минерализации вызвана бедностью солей бором, им обогащены только отдельные пропластки глин внутри солей.

В углекислых водах Арзаканского гидрогеологического массива высокие концентрации бора, редких щелочных металлов связаны с Анкаванскими гидрокарбонатно-хлоридными натриевыми водами, являющимися аналогами Ессентуки №4 и №17. Как показали данные бурения, на Анкаванском участке с глубиной росла минерализация воды, параллельно возрастала доля щелочных элементов и хлора, что сопровождалось повышением концентрации бора в воде, а также лития, рубидия и цезия.

Концентрации бора в водах Анкаванской группы иногда превосходят усредненную величину бороносности минеральных вод Армянской ССР более чем в три раза.

Нами опробованы на бор некоторые углекислые минеральные воды Арзаканского гидрогеологического массива. Результаты этих анализов сведены в табл.29, иллюстрирующую изменение общей минерализации и концентрации метаборной кислоты.

В Севанской впадине, по южному берегу оз. Севан (Мартунинский район), наиболее бороносны источники Личкской группы ( 210, 211, 212 ), сходные по своему химическому составу с Анкаванскими минеральными водами, но связанные с песчано-глинистыми диатомитовыми и валунно-

Таблица 29

Общая минерализация и  $\text{HCO}_2$  в гидрокарбонатно-хлоридных натриевых водах Арзаканского гидрогеологического массива

Пунт отбора	общая минерализация, мг/л	$\text{HCO}_2$ , мг/л
Кармир Овит	1707,8	12,0
Анкаван, завод	8333,68	120,0
Анкаван, скв. у завода	8430,33	100,0

Таблица 30

Химический состав и бороносность Анкаванских скважин

Место отбора	Формулы химического состава	$\text{HCO}_2$ , мг/л
Скв. 4/52	$\text{CO}_{2,5}^2 \text{M}_{7,3} \frac{\text{HCO}_{52}^3 \text{Cl}_{44}}{(\text{Na} + \text{K})_{64} \text{Ca}_{29}}$	110,0
Скв. 17/53	$\text{CO}_{2,1}^2 \text{M}_{6,5} \frac{\text{HCO}_{67}^3 \text{Cl}_{23}}{(\text{Na} + \text{K})_{52} \text{Ca}_{30} \text{Mg}_{18}}$	100,0
Скв. 1/63	$\text{CO}_{1,3}^2 \text{M}_{5,0} \frac{\text{HCO}_{60}^3 \text{Cl}_{38}}{(\text{Na} + \text{K})_{63} \text{Ca}_{25} \text{Mg}_{10}}$	64,0

галечными образованиями. В табл. 31 приводятся формулы химического состава этих вод и усредненные значения отношений  $\frac{\text{B}}{\text{M}} \cdot 10^4$

Таблица 31

Химический состав Личкских источников

Место отбора	Формулы химического состава	$\frac{\text{B}}{\text{M}} \cdot 10^4$
Личк 210	$\text{M}_{2,3} \frac{\text{HCO}_{60}^3 \text{Cl}_{39} \text{SO}_4^2}{(\text{Na} + \text{K})_{49} \text{Mg}_{28} \text{Ca}_{23}}$	54
Личк 211	$\text{M}_{3,4} \frac{\text{HCO}_{79}^3 \text{Cl}_{25} \text{SO}_4^2}{(\text{Na} + \text{K})_{44} \text{Mg}_{29} \text{Ca}_{25}}$	40,5
Личк 212	$\text{M}_{4,6} \frac{\text{HCO}_{82}^3 \text{Cl}_{37} \text{SO}_4^2}{(\text{Na} + \text{K})_{47} \text{Ca}_{28} \text{Mg}_{25}}$	75,0

По нашим данным абсолютные концентрации бора в углекислых водах этой группы превалируют над кларком бора для углекислых вод Армянской ССР в 2–3 раза.

В Зангезурском (Мегринском) гидрогеологическом массиве, представляющем полифазный батолит, в центральной части его вдоль разлома идет разгрузка углекислых минеральных вод.

Наиболее высокие концентрации бора приурочены к гидрокарбонатно-хлоридным натриевым Личкским источникам. Расход их от 0,2 до 5,0 л/сек, температура в 10-11<sup>0</sup>С, рН в пределах 6,4-6,6. Максимальная минерализация достигает 6,0 г/л.

В максимально обогащенных бором водах содержание его более чем в 3-4 раза превышает кларк бора для углекислых вод всей республики, равный 39,03 мг/л. Единичные определения бора в водах этого массива показали (наши данные) концентрацию метаборной кислоты, не превышающую 150-160 мг/л.

Нам представляется, что обогащенность этих вод бором можно объяснить углекислотным выветриванием датолита<sup>х</sup>. Этим же явлением мы склонны объяснять и повышенную бороносность Таштунских углекислых минеральных вод.

Увеличение общей минерализации и содержания щелочных элементов сопровождается увеличением концентрации бора в минеральных водах Зангезурского (Мегринского) гидрогеологического массива.

Наиболее высокие концентрации бора установлены в минеральных водах, связанных с Ереванским глубинным разломом. На протяжении этого разлома нами опробовались углекислые воды Кара-Кала, Азатавана, Джульфы, а также детально описанные воды Двинской группы. В наиболее горячей из всех обнаруженных пока на территории Армянской ССР термальных вод (Кара-Кала с температурой 83<sup>0</sup>С), по нашим данным, содержание метаборной кислоты достигает 680,0 мг/л. Эта цифра более чем в 17 раз превосходит кларк бора для углекислых вод Армянской ССР (табл. 32). Вода выведена с глубины 3100 м из терригенно-карбонатных пород эоцена.

В настоящее время Кара-калинская скважина не фонтанирует. Эта единственная высокобороносная углекислая термоминеральная вода, пока что обнаруженная в Октемберянском районе.

Интересна также другая минеральная вода Арташатского района - Азатазанская (Мхчян, скв. №11), близкая по своему составу к описанной выше и также термальная. В последней обнаружены наивысшие концентрации метаборной кислоты - до 2400,0 мг/л, что примерно в 60 раз превосходит кларк бора для углекислых минеральных вод Армянской ССР.

Азатаванская термальная вода (температура ее 42<sup>0</sup>С) выведена с глубины 2638 м из даний-палеоценовых терригенно-кар-

х Впервые Б. М. Меликсетяном в Мегринском плутоне был описан датолит.

бонатных пород. Дебит при пульсирующем режиме скважины составляет примерно 1,0 л/сек

Таблица 32<sup>x</sup>

Химический состав термальной углекислой минеральной воды Кара-Капа (скв. № 11, Октемберянский район)

Ионы	мг/л	мг/экв	экв%
Na <sup>+</sup>	15453,33	672,15	96,57
K <sup>+</sup>	387,09	9,90	1,42
Ca <sup>2+</sup>	209,62	10,46	1,5
Mg <sup>2+</sup>	42,20	3,47	0,49
Pb <sup>2+</sup>	не обн.		
Сумма		695,98	
Cl <sup>-</sup>	18700,00	527,39	75,77
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1913,50	39,83	5,72
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7808,00	127,96	18,38
Br <sup>-</sup>	55,0	0,68	0,09
I <sup>-</sup>	15,0	0,12	0,01
Сумма		695,98	
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	98,80		
HVO <sub>2</sub>	680,00		
Общ. минерализация	45362,54		

В воде повышенные концентрации брома, йода, мышьяка, лития, рубидия, цезия и др.

Бороносная углекислая термальная вода, которую можно отнести к слабым рассолам, является близким аналогом Двинских бороносных вод.

В сухом остатке азатаванской углекислой минеральной воды спектрально были обнаружены (в процентах) следующие элементы: алюминий - 0,03-0,1; марганец - 0,001; медь - 0,003; цинк до 0,01; стронций - 0,03-0,1; барий - 0,1.

Азатаванская углекислая минеральная вода по составу своему близка к Джульфинской, которая также содержит незначительную долю щелочноземельных элементов и сульфатов. Азатаванская термальная вода более минерализована и содержит значительно больше бора (табл. 33) и мышьяка.

<sup>x</sup> Анализ выполнен в гидрохимической лаборатории ИГН АН Арм. ССР Э. А. Кюрегян.

## Химический состав Азатаванской минеральной воды.

Ионы	Азатаванская скважина		
	мг/л	мг/экв	экв%
Li <sup>+</sup>	8,5	1,23	0,21
Na <sup>+</sup>	12148,96	528,45	88,57
K <sup>+</sup>	213,00	5,45	0,98
Ca <sup>2+</sup>	949,29	47,37	7,89
Mg <sup>2+</sup>	170,85	14,06	2,35
Rb <sup>+</sup>	0,5	0,006	-
Cs <sup>+</sup>	4,7	0,03	0,005
Сумма	-	596,59	100
Cl <sup>-</sup>	19170,00	540,72	90,63
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	716,00	14,91	2,49
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2440,00	40,00	6,73
F <sup>-</sup>	1,60	0,08	0,01
Br <sup>-</sup>	60,00	0,75	0,12
J <sup>-</sup>	16,00	0,13	0,2
MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	не обн.	-	-
Сумма	-	596,59	100,00
Ge	0,035		
B	599,14		
As	108,00		
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	338,00		
Общ. минерализация	36944,54		

Для бороносных вод, примыкающих к Ереванскому глубинному разлому (углекислых минеральных вод Октемберянского, Арташатского районов и Нахичеванской АССР), намечается связь бороносности с температурой, ростом общей минерализации и увеличением концентрации щелочных элементов, мышьяка и хлора.

х Анализ выполнен в гидрохимической лаборатории ИГН АН Арм. ССР Ц. О. Эксузян, редкие щелочные металлы определены в ИМГРЭ (зав. лабораторией Е. А. Фабрикова).

На территории Армянской ССР широко распространены минеральные воды, в газовом составе которых преобладает углекислый газ. Сероводородные воды в республике редки и в основном сосредоточены в пределах Ширакской котловины, где известны также и метановые воды.

Ширак – наложенный прогиб, занимающий среднее течение р. Ахурян. Котловина выполнена преимущественно озерно-речными, песчано-глинистыми отложениями, которые прослаиваются лавами и туфобрекчиями верхнего плиоцена, постплиоцена. Озерные отложения подстилаются вулканогенно-обломочными породами миоплиоцена и песчано-глинистыми отложениями сармата.

В Ширакской котловине в песках и валунно-галечных отложениях Ленинанканской озерной толщи были вскрыты напорные фонтанирующие минеральные воды с высокими концентрациями сероводорода и углекислотных газов.

Сведения о минеральных водах Ширака содержатся в работах А. Т. Асланяна, И. М. Агаджановой и В. Т. Вегуни.

А. Т. Асланян (1958) сопоставлял химический и газовый состав минеральных вод Ширакской котловины с водами нефтеносных провинций и нашел много сходных черт с нефтяными водами Чечено-Ингушетии, Дагестана, Урала и Эмбы. Исследования, проведенные нами показали, что в пределах Ширака выделяются разновидности минеральных вод, отличимые по своему газовому и ионному составу, наличию определенного набора микрокомпонентов (табл. 34, 35).

Таблица 34

Микрокомпонентный состав некоторых минеральных вод Ширакской котловины

Место отбора	Формула химического состава	B	I	F	Li	Zn
		мг/л				
Ахурик	$\frac{HCO_3^-, Cl_{28}, SO_4^+}{M_{2,0}(Na+K)_{58} Mg_{35} Ca_7}$	1,1	0,9	0,5	0,08	0,03
Еразговорс	$\frac{Cl_{58}, HCO_3^+}{M_{3,3}(Na+K)_{77} Mg_{14} Ca_{13}}$	4,0	3,0	1,2	0,4	0,02
Норабер-1	$\frac{HCO_3^-, Cl_{36}, SO_4^+}{M_{5,2} Ca_{35}(Na+K)_{34} Mg_{30}}$	15,0	3,5	0,5	0,6	0,03
Исаакян	$\frac{HCO_3^-, Cl_{36}, SO_4^+}{M_{2,5} Ca_{36}(Na+K)_{36} Mg_{30}}$	3,0	0,05	не	не	не
				обн.	опр.	опр.

Химические анализы выполнены в гидрохимической лаборатории ИГН АН Арм. ССР аналитиками Ц. О. Эксузян, Р. А. Тунянц и в НИИ курортологии и физиотерапии Министерства здравоохранения Армении аналитиком Л. Г. Дарбинян.

Таблица 35

Химический состав Нораберской минеральной воды - 2

Ионы	мг/л	мг/экв	эф в%
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	637,74	27,74	36,40
$\text{Ca}^+$	488,98	24,40	32,02
$\text{Mg}^{2+}$	291,84	24,00	31,50
$\text{Fe}^{2+}$	0,8		
$\text{Mn}^{2+}$	1,60	0,06	0,08
$\text{Cu}^{2+}$	0,08		
$\text{Cl}^-$	1079,20	30,40	39,90
$\text{SO}_4^{2-}$	95,47	2,0	2,62
$\text{HCO}_3^-$	2671,80	43,80	57,48
$\text{HNO}_2$	259,0		
Общая ми- нерализация	5528,17		

Приведенные таблицы показывают, что с увеличением общей минерализации вод возрастает абсолютное содержание ряда микрокомпонентов. Особо заслуживает внимания многодебитная и высокобороносная Нораберская минеральная вода, которая наиболее минерализованная из опробованных вод.

По химическому составу минеральных вод в Ширакской котловине выделяются две разновидности: 1) гидрокарбонатно-хлоридные натриево-магниевые и кальциево-натриевые воды, приуроченные к крупнозернистым озерным отложениям, отличающиеся сравнительно высокими дебитами; 2) гидрокарбонатные воды натриево-магниевые, кальциево-магниевые, связанные с верхними горизонтами озерной толщи. Территориально первая группа вод приурочена к южной части Ширакской котловины (Исаакян, Ахурян, Норабер, Ширакаван), где встречены более высокоминерализованные углекисло-сероводородные минеральные воды. Последние возможно связаны с нескрытыми миоценовыми соленосными породами.

Вторая группа минеральных вод обнаружена скважинами в Еразговорсе, Ахурике, Баяндуре и Гусангюхе и представлена менее минерализованными разновидностями.

По содержанию сероводорода минеральные воды Ширакской котловины можно отнести к слабосульфидным, где содержание сероводорода согласно классификации В. В. Иванова и Г. А.

Невреава (1964) в пределах 10-50 мг/л; к сульфидным средней концентрации (сероводорода в пределах 50-100 мг/л), а также к крепким сульфидным водам с концентрацией сероводорода выше 100 мг/л до 250 мг/л.

Очень крепких сульфидных вод с концентрацией сероводорода свыше 250 мг/л в Ширакской котловине встречено не было.

В заключении следует отметить, что углекисло-сероводородные и метановые минеральные воды в Ширакской котловине можно рекомендовать для применения в бальнеологических целях, учитывая их газовый состав и наличие микрокомпонентов, имеющих фармакологическое значение. После использования этих вод в бальнеологических целях их можно использовать и для поливочных нужд, учитывая высокое содержание бора, дающего прирост в урожайности сельскохозяйственных культур, улучшении их качественных показателей.

## УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БОРОНОСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

Условия образования и закономерности размещения месторождений борного сырья освещались в работах многих отечественных и зарубежных исследователей.

И. М. Курман (1958) выделяет два борных пояса: Тихоокеанский и Широтный (Средиземный). В Тихоокеанском поясе расположено подавляющее большинство месторождений борного сырья. В упомянутом борном поясе отсутствуют месторождения, связанные с солеродными бассейнами. На территории СССР внутренняя зона Тихоокеанского борного пояса охватывает Сихотэ-Алинь, где известны аксиниты, данбуриты, датолиты.

В выделенных борных поясах известны месторождения разнообразных генетических типов. Из них наибольший промышленный интерес представляют вулканогенно-осадочные месторождения. Последние известны в Северной Америке (штаты Орегон, Айдахо, Невада, Калифорния). В Южной Америке известны вулканогенно-осадочные месторождения, относимые И. М. Курманом (1958) к современно-озерным и вторичным типам. Это месторождения в Перу (Лагуна-де-Салинас), Чили (Салар-де-Аскатан, Салар-деКаркоте, Салар-де-Марикунга). Детальные описания многих американских месторождений бора приводились не только в работах иностранных геологов, но и отечественных исследователей (И. М. Курман, А. Ф. Горбов, М. Г. Вальяшко, Е. В. Орлова, А. В. Шербаков, С. Р. Крайнов и др.). Е. А. Басков и С. Н. Сурков (1975) приводят ценные сведения о гидротермах Тихоокеанского сегмента Земли.

Широтный борный пояс намечается только для Евразии. В этом поясе месторождения бора менее крупные, чем в Тихоокеанском. В Широтном поясе выделяются: северная и южная зоны. В первой известны преимущественно гипогенные место-

рождения бора, а во второй – месторождения вулканогенно-осадочного типа. К южной зоне тяготеют Малый Кавказ, в ней находятся крупнейшие месторождения боратов Турции и Ирана.

В литературе господствует мнение о приуроченности крупных боратовых месторождений к срединным массивам. Порою даже проводится аналогия и даются рекомендации для поисков бора именно на основании наличия или отсутствия срединных массивов.

Разбирая представления различных исследователей, вкладываемые в понятие " срединный массив ", А. Л. Яншин ( 1965 ) предлагает ограничить применения этого термина. Так, например, рассматривая вопрос о срединных массивах и межгорных впадинах, следует отметить неприемлемость выделения срединных массивов по орфографическим соображениям и порою отождествлять их с межгорными впадинами. Последние возникают на заключительном, орогенном этапе развития геосинклинальных областей и выполняются молассовыми формациями, как и в предгорных прогибах. Но по окраинам межгорных впадин наблюдаются вулканогенные толщи, чего нет в краевых прогибах. Межгорные впадины могут накладываться на срединные массивы, поглощать их, но прямого отношения к ним не имеют. Исходя из этого, нам представляется неправильным в какой-то мере отождествлять межгорные впадины со срединными массивами. Так, например, в ветвях складчатых сооружений Альпийско-Гималайского пояса на территории Ирана расположены плоскогорья и бессточные впадины, занятые песчаными и солончаковыми пустынями ( Деште-Луг, Деште-Кевир и др. ). Следует отметить, что некоторые западноевропейские и советские исследователи включают их в полосу Иранского, или Ирано-Афганистанского, срединного массива. Как известно, в этой полосе, в частности в некоторых бессточных впадинах, известны боратовые месторождения. Полоса эта тянется и на территорию Советской Армении, где обнаружены борсодержащие воды.

Работы последних лет свидетельствуют об отсутствии в Иране срединного массива даже в палеозое и триасе, так как в Иране повсеместно в центральной части, а также в горах Загроса и Эльбруса, развиты платформенные формации. Не было срединного массива в Центральном Иране и в мезозое. Небезынтересно, отметить, что гнейсы некоторых областей Ирана, относимые к докембрию, оказались метаморфизованной юрой.

Интересно, что приводимые А. Л. Яншиным (1965) представления турецких и немецких геологов свидетельствуют о том, что в районе северо-востока пустыни Деште-Кевир и в районе Центрального Ирана северо-западнее г. Керман все геологические наблюдения противоречат наличию срединного массива. Литературные источники свидетельствуют о наличии в этих районах боратовых месторождений, однако наши исследователи - А. Ф. Горбов, Е. В. Орлова, С. Р. Крайнов причисляют эти месторождения к боратовым месторождениям срединных массивов.

По всей вероятности, межгорные впадины Анатолийско-Иранской полосы (сюда можно включить южную часть Армянской ССР - полосу средне- и позднеальпийской складчатости) линейно вытянуты благодаря разнонаправленным глубинным разломам, возникавшим еще с палеозоя.

Однозначного мнения о специфичной металлогенической характеристике срединных массивов не существует, рудоносность их зависит от того, в какую геосинклинальную область она входит. Исходя из этого, нам представляется неуместной оценка перспектив боратосности Малого Кавказа в связи с наличием или отсутствием срединного массива.

Как свидетельствуют представления наших и зарубежных исследователей, по всей вероятности, Мендересский и Киршехирский массивы в Анатолии не срединные массивы, а горст-антиклинории (А. Л. Яншин, 1965; А. А. Габриелян, 1970).

Наблюдения геологов Турции и Ирана (И. Кетина, Э. Эрен-тоза и Д. Ж. Штёклина) также свидетельствуют об ошибочности выделения срединных массивов.

Структурно-фациальный анализ мезокайнозойских отложений, проведенный А. Т. Асланяном (1958), позволил ему в Армянской геосинклинали выделить два типа развития: эвгеосинклинальный и миогеосинклинальный. А. Т. Асланян разграничивает эвгеосинклиналь и миогеосинклиналь дугой по развалинам гор. Ани-г. Арагац-г. Армаган - с. Ехегнадзор-гор. Ордубад. Тектонические пояса прослеживаются и в соседние регионы. Так, например, Понтиды и две тектонические зоны Малого Кавказа представляют единую складчатую систему во внутренней части альпийской геосинклинали. Северо-Анатолийский глубинный разлом, протягивающийся на западе к Балканскому хребту, продолжается и на восток. Восточным продолжением этого разлома за пределами Турции являются парные глубинные разло-

мы, проходящие по территории Советской Армении - Севано-Акеринский и Анкавано-Сюникский.

Как на территории Турции, Ирана, так и на Малом Кавказе эти разломы долговечны, к ним приурочены выходы углекислых минеральных вод, часть которых высокоборонсна.

С разломами связана офиолитовая зона, в полосе которой вне пределов территории Армянской ССР известны боратовые месторождения, а в Советской Армении наблюдаются отдельные источники со сравнительно повышенными содержаниями бора и повышенные концентрации бора в измененных ультраосновных породах.

И. Кетин (1966) присоединяется к А. А. Габриеляну (1964), полагая, что выделенные им тектонические пояса северный и средний являются продолжением Понтида.

Согласно представлениям И. Кетина (1966), тектоническое развитие Анатолии происходило последовательно с севера на юг: первые и наиболее сильные орогенические движения начались в северной зоне (охватили Понтиды), затем переместились в Центральную Анатолию, а позже в Таврию и в конце сместились в юго-восточную краевую зону.

То обстоятельство, что зона Анатолид сформировалась в конце мела и интрузивная деятельность в ней закончилась к началу третичного времени, не дает основания полагать, что источники, обогащенные бором, связаны с нескрытыми, неостывшими интрузиями. Последнее предположение, как известно, выдвигается Е. В. Орловой (1963) и нам представляется необоснованным, так как не согласуется с новыми региональными данными: в этой зоне не было молодого вулканизма (Кетин, 1966; К. Эрентоз, 1967), нет и молодых интрузий.

А. Ф. Горбов (1960) и Е. В. Орлова (1963) приводят описание многих зарубежных месторождений бора осадочного и вулканогенно-осадочного типов, включая сюда и месторождения Северо-западной Анатолии (наиболее богатая борная провинция, которая проходит через города Бигадич, Эмет, Кютахья, Бурса и месторождение Султан-Чаир). Описаны боропроявления в северо-восточной Анатолии и северо-западном Иране. В этой провинции распространены бороносные углекислые источники.

Так, например, у г. Олты в Турции издавна известно несколько выходов углекислых бороносных вод, крупнейший из которых Бура-Хана. Второй бороносный район восточной подпровинции включает источники на территории Ирана, на севере от

оз. Урмия. Как Олтинские углекислые источники, так и источники у оз. Урмия, тяготеют к крупному разлому, проходящему и по территории Советской Армении. Небезынтересно отметить, что общая минерализация воды и содержание в ней бора падает в северо-западном направлении.

Боратовые месторождения областей, примыкающих к Армянской ССР, залегают в основном в миоценовых осадочных и вулканогенно-осадочных толщах. Что касается высокоборосных источников, то они формируются и в более древних отложениях.

Боропроявления известны и в центральной части Иранского плато. Они приурочены к депрессиям, выполненным четвертичными и современными отложениями. Боратовые месторождения известны в провинции Керман, в Сирджанской степи, где расположены бессточные впадины. Месторождения боратов известны около пос. Париз, Шехребабека, а также севернее Сирджана.

Сведения об иранских месторождениях бора весьма скудны. По предположению А. Ф. Горбова (1960) и Е. В. Орловой (1961, 1962), они однотипны с боросодержащими маршами и плейсами Северной Америки, часть которых описана упомянутыми авторами.

Региональными исследованиями И. Г. Магакьяна и С. С. Мкртчяна (1957) было показано продолжение металлогенических поясов Малого Кавказа в Турцию и Иран, что, как и изложенный в предыдущих главах материал, дает основания предполагать вхождение территории Армянской ССР в Анатолийско-Иранскую боросодержащую провинцию.

Накопленный фактический материал по боросодержащести территории Армянской ССР позволяет выделить здесь два пояса, отличающихся друг от друга. В Анкаванско-Сюникском поясе боросодержащность обуславливалась главным образом эндогенными процессами. При этом весьма вероятна мобилизация осадочного бора при формировании интрузивных комплексов и, в особенности, ранних фаз: габброидов, монзонитов и щелочных пород.

В Приараксинском поясе, вдоль Ереванского глубинного разлома, преобладающим фактором в борораспределении являлись экзогенные процессы. В этой полосе боронакопление сингенетичное и связано с формированием разновозрастных осадочных и вулканогенно-осадочных образований, из которых в дальнейшем и происходит вынос бора.

Что касается Вайка, расположенного в промежуточной зоне где широко развит третичный интрузивный и четвертичный эффузивный магматизм, то для этой структуры боросодержащность свя-

зана как с теми, так и с другими процессами, с преобладанием процессов выщелачивания.

Магматические условия. Нами было показано, что для отдельных магматических пород Армянской ССР не характерна четкая зависимость содержания бора от кислотности пород. Так, например, в Севанском поясе, в основных и ультраосновных породах, бора содержится больше, чем в кислых породах. Повышенные концентрации бора часто связаны с основными породами также в Турции и Америке.

В пределах Армянской ССР констатируется приуроченность высокоборосных вод к выходам щелочных и субщелочных пород, принадлежащих габбро-монзонит-сиенитовой формации<sup>х</sup>. Выходы щелочных магматических образований известны, например, на южном обрамлении Чатминского бассейна, в Вайке, близ выходов Анкаванских термальных вод, наконец, в Мегринском массиве. Во всех отмеченных районах известны высокоборосные источники. Здесь очевидно, можно проследить парагенетическую связь выходов боросных вод с массивами щелочных и субщелочных пород. Мы склонны считать, что источником хлора, бора, фтора, брома, йода в водах являются не глубинные процессы (им придается подчиненное значение), а процессы происходящие в верхних структурных этажах, где в настоящее время в Армении и смежных областях преобладают процессы выщелачивания.

Таким образом, наблюдается парагенетическая структурная связь между магматизмом и боросностью, контролируемая спокойной тектонической обстановкой и тяготением к глубинным разломам. Генетическая же связь с магматизмом определенного состава не установлена.

Геоморфологические условия. Совпадение крупных тектонических единиц территории Армянской ССР с геоморфологическими элементами позволяет кратко характеризовать тектоно-геоморфологические условия, благоприятные для боронакопления.

Наивысшие концентрации бора в подземных водах Армянской ССР встречены в центральных областях, где господствует вулканический рельеф, и в юго-западных областях (аккумулятивный рельеф Араратской котловины).

---

<sup>х</sup> Б. М. Меликсетян (1971) относит эту формацию к производным щелочно-оливиново-базальтовой магмы.

Бороносные источники преимущественно разгружаются в пониженных частях рельефа: в озерных впадинах и долинах рек. Помимо открытых источников, которые выходят по берегам речных долин, известна разгрузка вод, обогащенных бором, в речной аллювий, что наблюдается в Вайке (Ехегис-Горбатехский участок), в Арзаканском и Мегринском гидрогеологических массивах.

Геоморфологические предпосылки выделения площадей для поисков месторождений боратов, бороносных подземных вод недостаточно ясны; весьма смутны также предпосылки для выделения очень важных палеогеоморфологических условий.

Однако следует подчеркнуть частую приуроченность месторождений боратов к бессточным впадинам, к межгорным и предгорным прогибам, отмеченную многими иностранными исследователями. Вместе с тем А. Ф. Горбов (1960) показал, что и в озерных впадинах наблюдаются боратовые скопления.

Наличие сглаженного рельефа, близкого к пенеплену, также благоприятствует спокойному накоплению химических осадков с незначительным приносом кластического материала и концентрации бороносных растворов.

Н. В. Думитрашко (1950) показала, что образование пенепленов соответствует отдельным этапам затухания тектонической активности; пенеплены характерны для большей части Армянской ССР и примыкающих к ней областям Малого Кавказа.

Стратиграфические условия. Скопления боратов, а также бороносные воды отдельных площадей, могут быть связаны с некоторыми стратиграфическими комплексами. Общеизвестна приуроченность подземных бороносных вод и скоплений боратов к образованиям девона, перми, юры, палеогена и неогена. По мнению А. Ф. Горбова (1960) и Е. В. Орловой (1961), вулканогенно-осадочные месторождения боратов древнее олигоценых неизвестны. Так, например, промышленные концентрации бора в Турции и Иране преимущественно связаны с миоценовыми образованиями.

Что касается высокобороносных источников Армении, как и смежных регионов, то они формируются преимущественно в более древних даний-палеоценовых терригенно-карбонатных и вулканогенно-осадочных породах эоцена. С терригенно-карбонатными даний-палеоценовыми фациями связаны высокобороносные воды Турции, Нахичеванской АССР. С флишоидными юрскими-нижнемеловыми фациями и эоценовыми вулканогенно-осадоч-

ными породами связаны высокобороносные воды Грузии (Б. З. Зауташвили, 1978; У. И. Звиададзе, 1970).

Фациально-литологические условия предопределяют коллекторские свойства и химизм подземных вод, а также скопления боратов, с которыми бороносные воды связаны.

В большинстве случаев подземные бороносные воды связаны с морскими и прибрежно-морскими фациями.

Многими исследователями было выявлено, что для скопления боратов, а также при поисках бороносных вод существенное значение приобретают галогенные, карбонатные и глинистые образования.

Рассматривая бороносность пород, мы отмечали, что наиболее бороносны глинистые породы. Общеизвестно, что мелкозернистые породы содержат бора значительно больше. Г. А. Лерман (1966) экспериментально показал, что процесс поглощения бора подчиняется уравнению адсорбции Фрейндлиха. Упомянутым исследователем было показано, что иллит и монтмориллонит поглощают наиболее значительные количества бора.

Ввиду того, что колебания содержания бора в осадках зависят от палеогеографических условий и, в первую очередь, от палеосолености морей и лагун, весьма важно изучение этих факторов.

Наиболее высокобороносные воды Армянской ССР и Нахичеванской АССР связаны с терригенно-карбонатными фациями дания-палеоцена. Как известно, последние образовались в условиях аномально-повышенной солености, что явилось благоприятным фактором для адсорбции бора.

Судя по данным водных вытяжек и спектрографических определений бора в породах, показавшим наивысшие его содержания в тонкодисперсных разностях пород в первую очередь, источником бора в водах надо считать именно эти отложения. Отсутствие высокобороносных вод в полосе раннеальпийской складчатости вызвано тем обстоятельством, что породы этой тектонической зоны содержат незначительные концентрации бора.

Наличие отложений, обогащенных бором в полосе средне- и позднеальпийской складчатости Армянской ССР привело к повышению концентраций бора и в минеральных водах этой зоны.

Минералогические условия. Минералогический состав водовмещающих пород влияет на формирование химического состава подземных вод. Так, например, установлена ассоциация датолит-содержащих скарнов с гранатом, порою с геденберги-

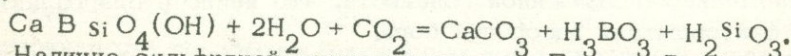
том, а также месторождений датолитов с аксинитом и данбури-  
том.

Эндогенные бораты более устойчивы и в зоне выветривания разрушаются гораздо медленнее, чем экзогенные бораты. При разрушении калиборитов одним из более устойчивых минералов является ашарит. Последний в зонах выше зеркала грунтовых вод превращается в другие бораты - колеманит, пандермит, гидроборцит и др. ( Я. Я. Яржемский, 1968 ).

Нам представляется, что благодаря углекислотному выветриванию датолитов Мегринского плутона некоторые углекислые минеральные воды ( Личк, Таштун) обогащаются бором и кремнеземом. Что касается Ехегис-Горбатехского участка, где датолит не обнаружен, то по ряду косвенных показателей мы предполагаем его присутствие.

Так, например, в районе выходов Ехегис-Горбатехских углекислых вод: 1) известно полиметаллическое проявление, благодаря чему в подземных водах обнаружены некоторые рудные элементы ( в литературе описаны случаи ассоциации датолитов с сульфидной минерализацией); 2) нами обнаружены сопутствующие датолиту минералы - кальциевые цеолиты, апофиллит и вторичный кальцит; 3) в подземных водах обнаружены повышенные концентрации бора и кремнезема, что также может свидетельствовать об углекислотном и сернокислотном выветривании датолитов.

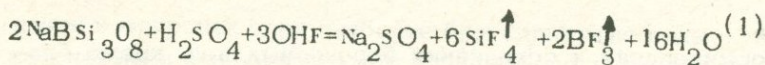
Углекислотное выветривание датолита идет по следующей схеме:



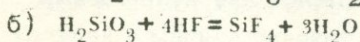
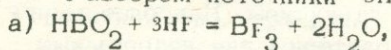
Наличие сульфидной минерализации на Ехегис-Горбатехском участке приводит к образованию серной кислоты. Серная кислота также может воздействовать на датолит, способствуя его выветриванию:  $\text{Ca B Si O}_4(\text{OH}) + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 + \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{SiO}_3.$

Благодаря рассмотренным реакциям образуются водные ореолы, обогащенные бором.

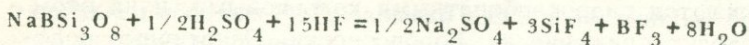
Ранее мы отмечали редкую находку минерала ридмерджнерита ( Каялу), который, нам представляется, также может быть источником обогащения подземных вод бором и кремнием. Наличие полиметаллической минерализации и флюорита могло привести к образованию серной и плавиковой кислот, благодаря чему можно достаточно обоснованно предположить следующий ход реакции:



Разберем источники  $\text{SiF}_4$  и  $\text{BF}_3$



Формулу (1) можно представить в сокращенном виде:



Гидрогеологические и гидрогеохимические условия. Природные воды играют большую, подчас решающую роль в процессе формирования и разрушения месторождений бора.

Бороносные воды обычно приурочены к предгорным прогибам и межгорным впадинам. Характеризуются они высокой минерализацией, хлоридно-натриевым и хлоридно-гидрокарбонатным натриевым составом, незначительным содержанием сульфат-иона, повышенными концентрациями брома, йода, редких щелочных металлов, мышьяка, а в районах с полиметаллическим оруденением — и рудных элементов.

Установлено, что газовый состав минеральных вод Армянской ССР отображает тектоническую зональность ее территории. Подобная закономерность характерна и для других физико-химических показателей подземных вод (макросостав, величина общей минерализации, распределение микрокомпонентов, температуры и прочие показатели).

Интересно отметить, что самые высокие концентрации бора обнаружены в углекислых минеральных водах, что объясняется низкой константой диссоциации борных кислот, легко вытесняемой из боросодержащих соединений углекислотой. Так, например, азотно-углекислые воды не содержат высоких концентраций бора. На описываемой территории в газовой составляющей ряда источников содержание свободной углекислоты достигает 3,0 г/л.

В республике углекислые воды самого разнообразного состава и минерализации. В источниках, связанных с известняково-мергелистыми верхнемеловыми породами, содержание бора значительно ниже, чем в источниках, связанных с терригенно-карбонатными породами дания-палеоцена, и вулканогенно-осадочными породами эоцена и гипсоносно-соленосными породами

миоцена.

Для формирования и сохранения бороносных вод, кроме благоприятного сочетания описанных условий, значительный интерес представляет и степень промытости структуры. Наиболее минерализованные и бороносные воды характерны для непромытых структур или слабо промытых.

В углекислых минеральных водах по мере промытости гидрогеологических структур хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды замещаются гидрокарбонатными кальциевыми, и на этом фоне происходит снижение их бороносности. Однотипные водоносные комплексы, расположенные выше регионального базиса эрозии, обычно обеднены бором и другими микрокомпонентами, чем комплексы, расположенные ниже регионального базиса эрозии. Этим и объясняется, что повышенные концентрации бора и его спутников обнаружены в высокоминерализованных водах Приараксинской зоны. Так, например, бороносные воды Вайқа (абсолютная отметка выходов источников около 2000 м) связаны с обнажающимися эоценовыми фациями, имеют минерализацию около 15 г/л, а воды Кара-Кала (Октемберянский прогиб), где эти породы вскрыты на глубине около 3000 м, имеют минерализацию более 45 г/л. Отметим, что с ростом общей минерализации увеличиваются и концентрации бора (углекислая вода Кара-Кала более бороносна).

На примере углекислых вод Малого Кавказа В. В. Аверьевым (1960), позже С. Р. Крайновым и М. Х. Корольковой (1964) и нами, было показано два направления деятельности последних: аккумулярующая, в благоприятных случаях приводящая к рудообразованию, и разрушающая.

В качестве первого примера можно отметить рудообразующую деятельность Джульфинских углекислых мышьяковистых вод, приведшую к образованию одноименного месторождения мышьяка, и деятельность углекислых вод Малой Азии и Ирана, благодаря которой формируется скопление вулканогенных боратов.

К одному из примеров рудообразующей деятельности углекислых минеральных вод в Армении можем отнести и образование боратов в Сисианском районе близ сс. Шамб, Урут, где, по нашему мнению, происходит вынос бора из створок диатомей.

Кроме отмеченной выше зависимости содержаний бора от газового состава минеральных вод, очень существенное значение имеет химический состав последних, что характерно не только для территории Армянской ССР и смежных областей. Для накоп-

ления и миграции бора наиболее благоприятные воды – хлоридные натриевые и гидрокарбонатно-хлоридного натриевого состава Армянской ССР, Нахичеванской АССР и смежных областей Турции и Ирана. (рис. 9).

При рассмотрении особенностей геохимии бора отмечалось, что кальций и магний являются ионами – осадителями для борат-ионов (рис. 10, 11). Однако избыток хлоридов этих металлов, как было показано М. Г. Валяшко (1953), снижает осаждающую роль кальция и магния. Работами М. Г. Валяшко и его сотрудников было показано влияние концентрации водородных ионов на форму нахождения бора в растворах. Бор может находиться в природных растворах в виде ортоборной кислоты и ее комплексных анионов в пределах рН воды от 1 до 5; при рН от 7 до 9 бор находится в виде тетра-; при рН 10–11 – пента-, гекса- и др. полиборных кислот и их комплексных анионов.

В углекислых минеральных бороносных водах Армянской ССР бор находится в виде тетраборат-ионов, так как рН этих вод близок к 7. И в поверхностных, и в подземных водах республики бор переносится в ионной форме. На это указывает нахождение бора в растениях, причем наиболее обогащены им листья (коллоиды не проходят через живые перегородки), а также небольшая серия опытов.

В бороносных водах проводилось определение бора объемно-аналитическим путем, после чего эта же вода пропусклась через фильтры Зейца и повторно определялось содержание бора в пробе. Для ускорения процесса фильтрации из колбы Бунзена откачивался воздух. Разница в содержаниях бора до фильтрации и после нее, как это иллюстрирует табл. 36, незначительна, что свидетельствует о нахождении бора в наших водах в виде истинных, а не коллоидальных растворов<sup>х</sup>.

Нахождение бора только в виде трехвалентных соединений указывает на отсутствие у него окислительно-восстановительных реакций. С. М. Александров, В. Л. Барсуков, В. В. Шербина (1968) полагают, что это "сокращает" геохимическое проявление бора в окислительно-восстановительных реакциях, исключая случаи, когда восстановленные или окисленные катионы других элементов дают труднорастворимые бораты.

<sup>х</sup> Разность в определениях бора до фильтрации и после нее не доходит до 5% (такова относительная ошибка метода титрования в присутствии маннита).

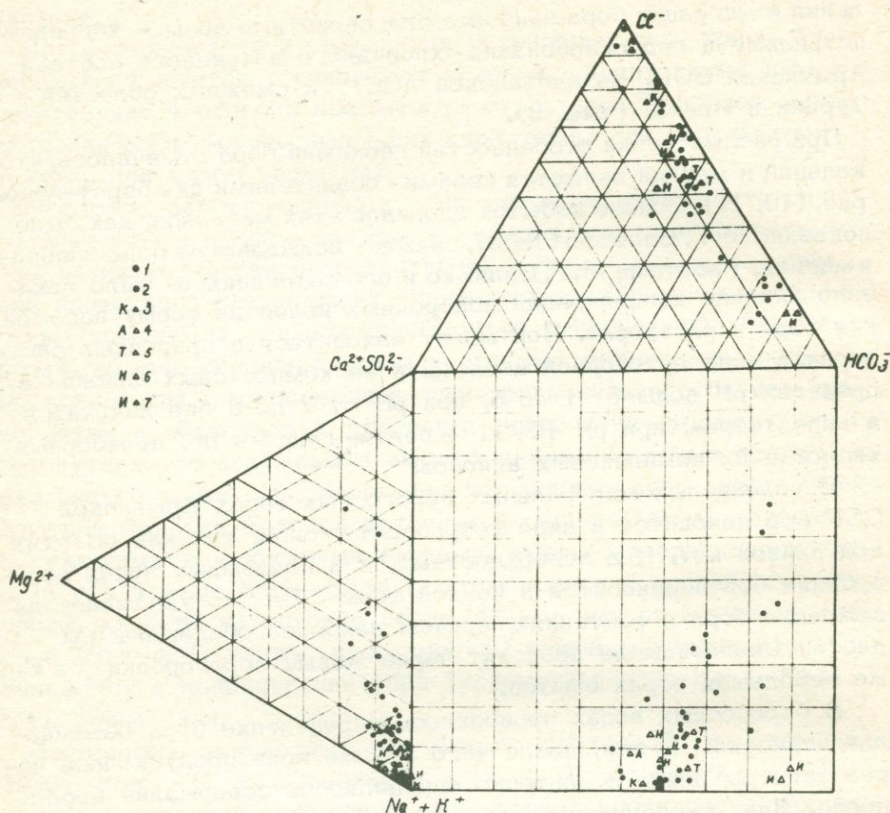


Рис. 9 Диаграмма С. А. Дурова для бороносных углекислых минеральных вод Армянской ССР и смежных областей Нахичеванской АССР, Турции и Ирана.

1 - источники Чатминского бассейна; 2 - источники Вайка; 3 - источники Кара-Кала; 4 - источники Азатавана; 5 - источники Бура-Хана (Турция); 6 - источники Джульфы (Нах. АССР); 7 - источники Исти-су (Иран).

Температура оказывает существенное влияние на переход бора из пород и борсодержащих минералов в подземные воды.

Эксперименты В. В. Красинцевой (1960) свидетельствуют о выделении бора из осадочных пород в виде летучих соединений, чем и можно объяснить повышение концентраций бора,

## Результаты опытов по установлению характера миграции бора

Эксперимент	Количество $\text{HBO}_2$ , мг/л		Разность мг/л
	до фильтрации	после фильтрации	
1	1381,0	1381,0	0
2	1500,0	1490,0	10
3	1570,0	1540,0	30
4	1425,0	1375,0	50
5	1665,0	1625,0	40

мышьяка, йода, фтора, и других микрокомпонентов в углекислых минеральных водах в полосе средне- и позднеальпийской складчатости.

В Армянской ССР выделяются термальные бороносные воды Кара-Кала (Октемберянский р-н), Азатаван (Арташатский р-н), Саят-Нова (Азизбековский р-н) и холодные бороносные воды Дзин, Норашен (Арташатский р-н) и Ехегис, Горбатех (Ехегнадзорский район).

Парциальное давление в водоносных горизонтах существенно влияет на миграцию бора и концентрацию его в газах, водных парах и в водах. Естественно, что возбуждение тектонической активности способствует улетучиванию бора. С падением давления улетучивается также углекислый газ, йод, фтор, мышьяк, редкие щелочные металлы и другие элементы.

Обычно наблюдается приуроченность бороносных вод к глубинным разломам и их оперениям. С продолжительной деятельностью глубинных разломов Армении (так, возникший с девона, Анкавано-Сюникский разлом неоднократно омолаживался) связана разгрузка и миграция подземных вод, сопровождаемая падением давления. Вдоль разломов наблюдаются термоаномалии, выходы термальных вод, характерных для полосы средне- и позднеальпийской складчатости Малого Кавказа.

Благоприятное сочетание отмеченных выше условий в Армянской ССР привело к образованию высокобороносных углекислых минеральных вод, в составе которых, как было отмечено, преобладающими макроэлементами являются из анионов - хлор, а из катионов - натрий.

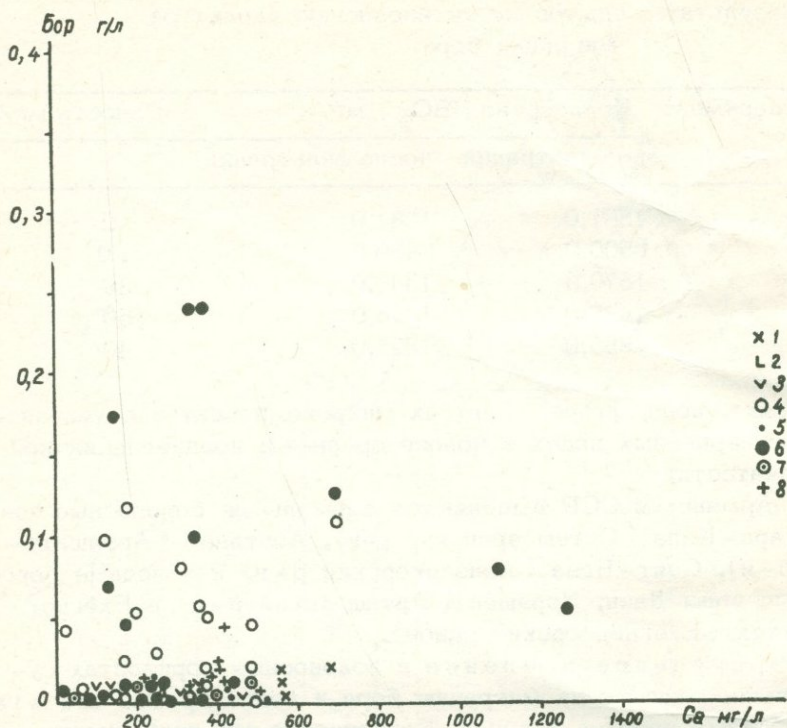


Рис. 10. Зависимость содержаний бора от кальция в углекислых водах Армянской ССР. (по С. Р. Крайнову и др.)

1 - метаморфические породы палеозоя; 2 - карбонатные породы девона-карбона; 3 - вулканогенно-осадочные породы юры; 4 - карбонатные породы верхнего мела; 5 - вулканогенно-осадочные породы эоцена; 6 - гипсоносно-соленосные породы миоцена; 7 - вулканогенно-осадочные породы плиоцена; 8 - граниты.

Значительная часть минеральных вод этого химического состава связана с развитой соленосной толщей среднемиоценового возраста и с выщелачиванием этих отложений (группы Ереванского и Арзнинского типа минеральных вод).

Другая часть хлоридно-гидрокарбонатных натриевых вод в Армянской ССР связана и с более древними подсоленосными комплексами пород. Последние, главным образом, представлены даний-палеоценовыми терригенно-карбонатными фациями.

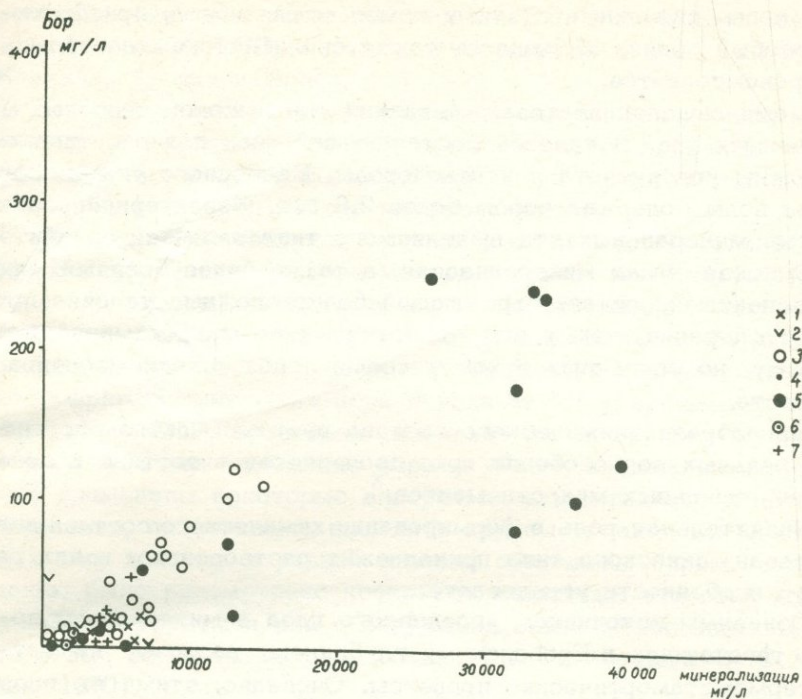


Рис. 11. Зависимость содержаний бора от общей минерализации в углекислых водах Армянской ССР (по С. Р. Крайнову и др.).

1 - метаморфические породы палеозоя; 2 - карбонатные породы девона-карбона; 3 - вулканогенно-осадочные породы юры; 4 - карбонатные породы верхнего мела; 5 - вулканогенно-осадочные породы эоцена; 6 - гипсоносно-соленосные породы миоцена; 7 - вулканогенно-осадочные породы миоцена; 8 - граниты.

Даний-палеоценовые флишевые терригенно-карбонатные фации откладывались в аномально-соленых морских водоемах, о чем свидетельствуют геологические предпосылки: почти полное отсутствие микрофауны, а также повышенная стронционность отложений, находки целестина, стронционита, ассоциирующего порою с флюоритом, ангидритом, гипсом (А. А. Садоян, 1965; М. А. Сатиан, Ж. О. Степанян, Г. М. Мкртчян, 1966). Эти отложения являются и бороносными. Естественно, что минераль-

ные воды, связанные с этими комплексами пород, приобретают особый облик, обогащаясь также специфическим набором микрокомпонентов.

Нами выделен азатаван-двинский тип высокобороносных минеральных вод. В газовой составляющей вод данного типа определены углекислота и углеводороды. Свободного углекислого газа воды содержат порою более 2,0 г/л. Характерной особенностью минеральных вод выделяемого типа является сравнительно высокая общая минерализация, а также более богатый микрокомпонентный состав, отражающий более сложные условия питания и миграции, чем у вод однотипных по макрокомпонентному составу, но связанных с комплексами пород среднемиоценового возраста.

Своеобразие химического состава азатаван-двинского типа минеральных вод особенно ярко проявляется в составе и содержании отдельных микроэлементов.

Значительная роль в формировании химического состава вод азатаван-двинского типа принадлежит растворенным в них газам, в особенности углекислоте.

Основным источником углекислого газа в минеральных водах, тяготеющих к Ереванскому глубинному разлому, являются термометаморфические процессы. Очевидно, этими же процессами надо объяснить и повышенную температуру воды в скважине №11 на участке Кара-Кала (Октемберянский р-н), в Азатаванской скважине (Арташатский р-н), в скважинах Джульфы Нахичеванская АССР), что хорошо увязывается с признаками глубокой циркуляции вод. Отсутствие же вод с повышенной температурой в других районах, по всей вероятности, вызвано тем, что восходящие воды до выхода на поверхность смешиваются с менее нагретыми водами верхних горизонтов.

В углекислых минеральных водах азатаван-двинского типа рН находится в пределах 6,4-7,8, а окислительно-восстановительный потенциал - в пределах (+263,8 мв до 283,8 мв). Близкими аналогами вод азатаван-двинского типа являются некоторые углекислые минеральные воды Нахичеванской АССР, более

х Анализы отобранных нами минеральных вод проводились химиками ИГН АН Арм. ССР О. А. Бозоян, Э. А. Кюрегян, Р. А. Тунианц и Ц. О. Эксузян. Ими же определялись содержания брома, йода, бора, фтора, мышьяка, некоторых рудных элементов. Пламенно-фотометрическим методом произведено определение лития, рубидия, цезия, стронция. Анализы вод

разбавленные воды Азизбековского и Ехегнадзорского районов Армянской ССР, а также некоторые источники Северного Кавказа, Турции и Ирана.

Все эти углекислые минеральные воды близки к описываемым водам не только по идентичности геологических и гидродинамических условий формирования, но и по составу и наличию специфического набора микроэлементов.

Очень частой является ситуация, когда не определяется набор специфических микроэлементов и может возникнуть задача провести классификацию источников по содержанию микроэлементов с целью отнести его в тот или иной класс по ряду косвенных признаков. Так, например, используя установленные закономерности поведения бора в углекислых минеральных водах Армянской ССР, проведено разбиение их на группы, отличающиеся по величине отношений бора к общей минерализации; впервые применены некоторые алгоритмы классификации и прогнозирования, позволившие выделить группы углекислых минеральных вод, которые в разной степени обогащены бором. С этой целью было рассмотрено несколько известных в теории классификации алгоритмов для обнаружения связи между химическим составом вод и их бороносностью. (Д. Г. Асатрян, Э. С. Халатян, 1970).

В представленной классификации минеральных вод Армянской ССР по степени обогащенности бором пороги для аномальных и фоновых значений были определены таким образом, чтобы выделенные группы вод хорошо различались бы и по комплексу макрокомпонентов и одновременно отвечали существу задачи.

Нами выделено три класса минеральных вод: малобороносные ( $\frac{B}{M} \cdot 10^4$  до 7,14), среднебороносные ( $\frac{B}{M} \cdot 10^4$  в пределах от 7,14 до 27) и высокобороносные ( $\frac{B}{M} \cdot 10^4 > 27$ ).

Были разработаны методы, позволяющие также провести прогнозирование непосредственно не определяемых концентраций бора по известному содержанию макрокомпонентов. Так, например располагая результатами химического анализа воды, можно расчетным путем показать, к какому классу воды следует отнести тот или другой источник. Это может иметь прикладное значение в начальной стадии исследований, а также в случае, когда

---

Двинских скважин выполнены в лаборатории ИМГРЭ АН СССР Е. А. Фабриковой, Н. Е. Семеновой, а скважин Ехегис-Горбатехского участка и Кара-Кала - в Институте МиО АН Казахской ССР Н. Л. Бабенко.

да по каким-то причинам источник иссяк и нельзя провести определение микроэлементов в нем, а имеются старые анализы, в которых нет данных по интересующим нас микроэлементам. Таким образом, становится возможным прогнозировать и другие неизвестные содержания микроэлементов по известному макрокомпонентному составу, если концентрации микроэлементов зависят от химического состава воды.

Нами был рассмотрен критерий  $R(\theta)$ , известный в теории классификации, применяемый при решении многих практических задач. Кроме этого, для решения специальной задачи на нашем фактическом материале совместно с сотрудником Вычислительного центра АН Армянской ССР Д. Г. Асатрянном был разработан новый алгоритм классификации  $Z(V)^X$ .

Разработанный алгоритм классификации основан на ранжировании концентраций химических элементов, содержащихся в водах. Этот алгоритм основан не на абсолютных содержаниях химических элементов, а на относительных их пропорциях. Тем самым устраняются влияния, обычно связанные с изменением общей минерализации подземных вод, что в решении данной задачи оказалось весьма существенным.

Следует отметить, что проведенное нами разбиение углекислых минеральных вод Армянской ССР на разнообразно обогащенные по величине  $\frac{V}{M} \cdot 10^4$  группы хорошо согласуется с выделенными тектоническими поясами и гидрогеохимической зональностью минеральных вод Армянской ССР.

---

х Критерий  $Z(V)$  и соответствующий алгоритм прогнозирования вообще применяется впервые и, по нашему мнению, может найти широкое применение в геологических и геохимических исследованиях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов проведенных исследований и обобщения всего накопленного фактического материала можно сделать следующие основные выводы.

Территория Армянской ССР входит в Анатолийско-Иранскую бороносную провинцию, о чем свидетельствуют не только новейшие геологические данные, но также и повышенные концентрации бора, характерные для пород, почв и подземных вод этого региона.

В Армении с переходом от полосы раннеальпийской складчатости к полосе средне- и позднеальпийской складчатости наблюдается увеличение содержания бора в породах, что отражается и на борораспределении в минеральных водах.

В пределах республики выделено два бороносных пояса:

- а) Анкавано-Сюникский, где бороносность обусловлена преимущественно эндогенными процессами (мобилизация бора осадочных пород под влиянием магматических комплексов) и
- б) Приараксинский - вдоль полосы Ереванского глубинного разлома, где преобладает экзогенный фактор. Здесь бороносность сингенетическая и связана с формированием осадочных и вулканогенно-осадочных комплексов, из которых бор в дальнейшем выносится.

Вайкский район занимает промежуточное положение и для него важны как эндогенные, так и экзогенные факторы, однако с преобладанием процессов выщелачивания бора.

Газовый и химический состав минеральных вод Армянской ССР отражает тектоническую зональность ее территории. Высокобороносными в республике являются углекислые минеральные воды хлоридного натриевого и хлоридно-гидрокарбонатного натриевого состава. Воды этого состава в Армении обнаружены только в полосе средне- и позднеальпийской складчатости.

Бор в высокобороносных водах Армении находится в виде тетраборат-иона, рост концентраций которого связан с увеличением общей минерализации, щелочных элементов, хлора и падением щелочноземельных элементов, гидрокарбонатов и сульфатов.

Хлоридные натриевые воды, обогащенные бором, тяготеют к Анкавано-Сюникскому и Ереванскому глубинным разломам, их оперениям.

Наивысшие концентрации бора характерны для углекислых минеральных вод, тяготеющих к Ереванскому глубинному разлому - Кара-Кала, (Октемберянский р-н), Азатаван, Двин, Норашен (Арташатский р-н), Джульфа (Нахичеванская АССР), а за пределами Советского Союза - для источников Турции (Бура-Хана, Олты) и Ирана (северо-западнее оз. Урмия - район г. Дильмана, Исти-су, Дейрик).

Основным источником бора в углекислых минеральных водах Армянской ССР являются осадочные и вулканогенно-осадочные породы. Нами выделен азатаван-двинский высокобороносный тип углекислых минеральных вод, прослеженный в соседние регионы Турции и Ирана. Представители вод этого высокобороносного типа отличаются повышенными содержаниями бора, брома, йода, мышьяка, фтора, порою редких щелочных металлов. Обогащение бором минеральных вод азатаван-двинского типа связано в основном с выносом сорбированного бора из аномально-соленых терригенно-карбонатных отложений дания-палеоцена (Азатаван, Дзин, Норашен) и вулканогенно-осадочных пород эоцена (Кара-Кала, Горбатех, Ехегис, Саят-Нова). Формирование высокобороносных вод Ереванской впадины и Ширакской котловины связано с выносом бора из миоценовых гипсоносно-соленосных образований.

Дополнительным источником бора являются и некоторые борсодержащие минералы. Так, например, в пределах Мегринского (Зангезурского) гидрогеологического массива таким минералом является датолит. Прогнозируется возможная датолитовая минерализация на Ехегис-Горбатехском участке, где нами обнаружены минералы, ассоциирующие обычно с датолитом - кальциевые цеолиты, апофиллит, вторичный кальцит. Участок находится в пределах полиметаллического проявления, а кроме того в минеральных углекислых водах обнаружены повышенные концентрации рудных элементов, бора и кремнезема.

Namечается возможная парагенетическая связь выходов гид-

рокарбонатных хлоридных натриевых и хлоридных-гидрокарбонатных натриевых источников, обогащенных бором и сопутствующими микрокомпонентами к областям проявления щелочного и субщелочного третичного магматизма, что характерно для артезианских и адартезианских бассейнов (Чатмы и Вайка), так и для гидрогеологических массивов (Арзаканский и Мегринский).

Роль четвертичного вулканизма в формировании состава минеральных вод Армении сильно преувеличена предшествующими исследователями. Решающую роль в регионе играют процессы термометаморфизма и выщелачивания осадочных и вулканогенно-осадочных пород, приводящие к многообразию типов углекислых минеральных вод.

Ареальный вулканизм, характерный для большинства районов Малого Кавказа, позволяет предполагать, что влияние вулканизма надо связывать с общим единым для всех вулканов близповерхностным очагом и никак нельзя связывать обогащенность углекислых минеральных вод бором, мышьяком, бромом, йодом, барием, стронцием, германием, редкими щелочными металлами и другими микроэлементами с отдельными центрами извержений. Последние являются моногенными, недолгоживущими вулканами и не могут оказывать непосредственное влияние на формирование химического состава минеральных вод, которыми очень богата изученная территория.

Проведено разбиение минеральных вод Армянской ССР по степени обогащенности бором на три больших класса: малоборосные ( $\frac{B}{M} \cdot 10^4$  до 7,14), среднеборосные ( $\frac{B}{M} \cdot 10^4 \leq 27$ ) и высокоборосные воды ( $\frac{B}{M} \cdot 10^4 > 27$ ).

Впервые в Армении в гидрогеохимических исследованиях рассмотрены некоторые алгоритмы классификаций и прогнозирования, позволившие по косвенным показателям выделить три класса углекислых минеральных вод, разнообразных бором.

Некоторые из боросодержащих углекислых минеральных вод нами были рекомендованы для использования в бальнеологических целях. Кроме того, зная "любовь" или приспособляемость одних растений к бору и "неприязнь" других - можно боросодержащими водами регулировать ботанический состав трав и добиваться резкого повышения урожайности, улучшения вкусовых качеств плодово-ягодных культур и прививать растениям устойчивость к грибковым заболеваниям.

Бороносные минеральные воды Армении применялись в качестве микроудобрений сотрудниками Ереванского зооветеринарного института<sup>x</sup>.

Исследователями применялась Горбатехская бороносная вода (минеральная вода разбавлялась с родниковой в соотношениях 1:3, 1:6), опыты проводились с внекорневой подкормкой бобово-злаково-разнотравного сенокоса в пределах джустепного пояса Армении. Разбавленная Горбатехская бороносная вода оказалась эффективным микроудобрением на кормовой свекле и эспарцете (средний прирост урожайности составил 18–20%). Проводилась также внекорневая подкормка кукурузы и предпосевная обработка зерен. Лабораторно-вегетационные опыты над полевыми культурами и луговыми травами дали высокие показатели. Исследователями было рекомендовано в дальнейшем проводить в Армении авиаопрыскивание бороносной минеральной водой из расчета 250 л. раствора на 1 га луга

Расчеты Е. С. Казаряна и его сотрудников показали, что на 100 га сенокосов и пастбищ потребуется 5 цистерн бороносной воды. Благим пожеланиям о внедрении в повседневную практику бороносных вод в качестве удобрений для полевых культур и природных лугов не суждено было сбыться из-за закрытия многих неиспользованных скважин. Хотелось бы в дальнейшем более тщательно изучить не только вопросы формирования бороносных вод, поведение бора и сопутствующих микрокомпонентов при усилении сейсмической активности<sup>xx</sup>, но и с осторожностью подходить к его применению в бальнеологии и сельском хозяйстве, учитывая наряду с другими показателями и токсичность бора.

По нашему убеждению, некоторые из скважин необходимо пробурить и комплексно использовать минеральные воды не только для нужд бальнеологии и сельского хозяйства, но и для извлечения ряда ценных микрокомпонентов.

---

x Е. С. Казарян и др. "Применение микроудобрений: на горных лугах. См. труды Всесоюзной конференции по горному луговодству. "Колос", 1969.

xx После пятибалльного землетрясения в Ереване 16 июня 1973 г. длительное время наблюдалось увеличение концентраций бора, мышьяка и редких щелочных металлов в Азатаванской термальной воде.

## ЛИТЕРАТУРА

Абдулаев Х.М., Исамухамедов И.М., Хамрабаев И.Х. Роль процессов ассимиляции в формировании интрузивных комплексов. Сб. "Вопросы петрографии и минералогии", Изд. АН СССР, М., 1953.

Авакян Т. А. Диатомиты Сисианского месторождения Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1974.

Аверьев В. В. О природе углекислых мышьяковистых вод и их рудообразующей деятельности. Вопросы формирования и распространения минеральных вод. Медгиз, 1960.

Аветисян В. А., Бозоян О. А. Минеральный источник Гедыкванк. Сб. "Вопросы геол. и гидрогеол. Арм. ССР. Изд. АН Арм. ССР 1956.

Агаджанян Г. И., Топчян Ж. С. Курорты и курортные местности Армении. "Айпетрат", Ереван, 1968.

Александров С. М., Барсуков В. Л., Шербина В. В. Геохимия эндогенного бора. "Наука", М., 1968.

Ананян А. Л., Каплянцян П. М. О метаморфизации минеральных вод и о возможности оруденения в пределах Джермукского района, Изв. АН Арм. ССР, сер. геол. и геогр. науки, т. II, №4, 1958.

Ананян А. Л., Бозоян О. А., Галстян А. Р. Минеральные воды Армянской ССР. Сб. ИГН АН Арм. ССР, Ереван, 1963.

Ананян А. Л. Подземное тепло района Джермук и проблема освоения его природных горячих вод. "Сов. геология", №12, 1960.

Асатрян Д. Г., Халатян Э. С. Опыт применения алгоритмов классификации при гидрогеохимическом прогнозировании. ДАН Арм. ССР, т. 50, №4, 1970.

Асланян А. Т. Региональная геология Армении. "Айпетрат", Ереван, 1958.

Асланян А. Т. Некоторые вопросы региональной гидрогеологии Армении. Доклад на Всесоюз. совещ. по вопр. гидрогеол. и инженер. геологии. Ереван, 1963.

Асланян А. Т., Ананян А. Л., Тер-Мартirosян А. А. Состояние и пути изучения термальных минеральных вод в Армянской ССР. Труды 2 совещ. по геотерм. исслед. в ССР, "Недра", М., 1967.

Багдасарян С. И. Основные черты магматизма Армении. "Митк", Ереван, 1967.

Багдасарян А. Б. Климат Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, 1958.

Барабанов Л. Н. Термальные воды Малого Кавказа. Труды лабор. гидрогеол. проблем им Ф. П. Саваренского, т.37, М., 1961.

Барсуков В. Л. Об изоморфизме бора в силикатах. "Геохимия", №7, 1958.

Барсуков В. Л. Геохимия гипогенного бора. Сб. "Геохимические циклы", Госгеолтехиздат, 1960.

Барсуков В. Л. Некоторые вопросы геохимии бора. "Геохимия", №7, 1961.

Барсуков В. Л., Курильчикова Г. Е. О бороносности серпентинитов. "Геохимия", №5, 1957.

Басков Е. А. Палеогидрогеологический анализ при металлогенических исследованиях. "Недра", М., 1974.

Басков Е. А., Сурков С. Н. Гидротермы Тихоокеанского сегмента Земли. "Недра", Л., 1975.

Белов Н. В. Кристаллохимические рамки рассмотрения вопросов вхождения бора в силикаты. "Геохимия", №6, 1960.

Белов Н. В. Некоторые особенности бора в свете его кристаллохимии. Минералогический сб. Львовского геол. общ., №8, 1954.

Бобко Е. В. Бор в растениях. ДАН СССР, т. 29, №7, 1940.

Буренков Э. К., Кузина К. Н. О значении поисковой достоверности растений-индикаторов при поисках полезных ископаемых (на примере поисков месторождений бора). "Сов. геол", № 8, 1965.

Валяшко М. Г. Геохимия бора. Сб. "Бор, его соединения и сплавы", Киев, 1960.

Валяшко М. Г., Годе Г. К. О связи форм выделения боратов из растворов с величиной рН. "Журнал неорганической химии", №5, в.6, 1960.

Валяшко М. Г., Власова Е. В. К вопросу о боратных комплексах в водных растворах. Вестник МГУ, "Геология", №3, 1967.

Вартамян Г. С., Яроцкий Л. А. Поиски, разведка и оценка эксплуатационных запасов месторождений минеральных вод. "Недра", М., 1972.

Варлаков А. С., Жужгова М. О. Геохимия бора в гипербазитах Оренбургской области. "Геохимия", №8, 1964.

Виноградов А. П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. "Геохимия", №7, 1962.

Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. Изд. АН СССР, М., 1957.

Габриелян А. А., Бальян С. П. Краткая геоморфологическая характеристика Армянской ССР. Труды ЕрГУ, т.37, сер. геол., 1952.

Габриелян А. А., Адамян А. И. и др. Тектоническая карта и карта интрузивных формаций Армянской ССР. "Митк", Ереван, 1968.

Габриелян А. А., Татевосян Л. К. Схема геолого-геофизического районирования Армянской ССР и смежных районов Антикавказа. Изв. АН Арм. ССР, "Науки о Земле", №1-2, 1966.

Габриелян А. А. Положение Армении в тектонической структуре Кавказско-Анатолийско-Иранского сегмента альпийской складчатой области (Историко-тектонический очерк). Изв. АН Арм. ССР, "Науки о Земле". №3, 1970.

Габриелян Г. К., Бозоян О. А. О химическом составе атмосферных вод вулканического нагорья Армянской ССР, Вестник МГУ, сер. геогр., №5, 1964.

"Геология Армянской ССР", т.9, Минеральные воды, Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1969.

"Геология Армянской ССР", т.8, Гидрогеология, Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1974.

Гетлинг Р. В., Савинова Е. Н. Некоторые данные о содержании бора в изверженных породах Турьинского поля на Урале. "Геохимия", №4, 1958.

Гетлинг Р. В., Савинова Е. Н. О распределении бора в породах и скарновых минералах Вадино-Александровского месторождения. "Геохимия", №1, 1959.

Германов А. И. О возможном участии подземных вод в гидротермальном рудообразовании. Изв. АН СССР, сер. геол., №6, 1953.

- Голева Г. А. Гидрогеохимия рудных элементов. "Недра", М., 1977.
- Гольдшмидт В. М., Петерс К. К. Геохимии бора. Сб. статей по редким элементам. ГОНТИ, 1938.
- Горбов А. Ф. Условия образования и закономерности размещения боратовых месторождений вулканогенно-осадочного типа. В кн.: "Петрография галогенных пород", Труды ВНИИГ, в. 40, 1960.
- Грушевой В. Г., Озеров К. Н. Новые месторождения андалузита и джумортьерита в Армении. "Разведка недр", №16, 1935.
- Гукасян Р. Х., Меликсетян Б. М. Об абсолютном возрасте и закономерностях формирования Мегринского плутона. Сообщ. 1,2. Изв. АН Арм. ССР, №3-5, 1965.
- Демехин А. П. Минеральные воды бассейна р. Арпа. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1958.
- Джрбашян Р. Т., Елисеева О. П., Мнацаканян А. Х., Остроумова А. С., Фаворская М. А. Связь мелового и палеогенового вулканизма Армении с типами развития геосинклинальных прогибов. "Наука" М., 1968.
- Долуханова Н. И. Гидрогеология средней части Памбакского хребта и Анкаванские (Мисхано-Мармарикские) минеральные воды. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1956.
- Долуханова Н. И., Толстихин Н. И. Схема структурно-гидрогеологического районирования Армянской ССР. Изв. АН Арм. ССР, "Науки о Земле", №5-6, 1967.
- Думитрашко Н. В. О пенепленах Малого Кавказа. Изв. АН СССР, сер. геол., №2, 1950.
- Дунаев В. А. О распределении бора в некоторых породах Урала. "Геохимия", №3, 1959.
- Дусматов В. Д. и др. О первой находке ридмерджнерита в СССР. ДАН Тадж. ССР, т. 10, 1967.
- Егоян В. Л. Верхнемеловые отложения юго-западной части Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, 1955.
- Зайцев И. К., Толстихин Н. И. Основы структурно-гидрогеологического районирования СССР. Материалы по регион. поиск. гидрогеологии, Л., ВСЕГЕИ, 1963.
- Зайцев И. К., Толстихин Н. И. Закономерности распространения и формирования подземных вод. "Недра", М., 1972.
- Заклинская Е. Д., Лейе Я. Б. Новые данные о флоре датского яруса. ДАН СССР, т.180, №1, 1968.

Зауташвили Б. З. Геохимия микроэлементов глубоких подземных вод Грузии, "Мецниереба", 1978.

Звиададзе У. И. О происхождении бора в подземных водах флишевой формации верхней юры - нижнего мела. Сообщ. АН ГССР, т. 57, №3, 1970.

Иванов В. В., Невраев Г. А. Классификация подземных минеральных вод. "Недра", М., 1964.

Иванов В. В., Овчинников А. М., Яроцкий Л. А. Карта подземных минеральных вод СССР, Госгеолтехиздат, М., 1960.

Иванов В. В. Основные геохимические обстановки и процессы формирования гидротерм областей современного вулканизма. Сб. "Химия земной коры", т.2, Изд. АН СССР, М., 1964.

Игумнов В. А., Халатян Э. С. Геохимические исследования с целью прогноза землетрясений на территории Армянской ССР, "Геохимия", №3, 1979.

Казарян Г. А., Меликсетян Б. М. Петрология интрузивных комплексов важнейших рудных районов Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1971.

Каменский Г. А., Толстихина М. М., Толстихин Н. И. Гидрогеология СССР, Госгеолтехиздат, М., 1959.

Карапетян К. И. Петрохимические особенности четвертичного вулканизма Гегамского нагорья и Айоцдзора (Армения). В сб. "Петрохимические особенности молодого вулканизма". Изд. АН СССР, М., 1963.

Карапетян К. И., Адамян А. А. Новейший вулканизм некоторых районов Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1973.

Карапетян С. Г. Особенности строения и состава новейших липаритовых вулканов Армении. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1972.

Кетин И. Тектонические структуры Анатолии. "Геотектоника", №3, 1966.

Ковальский В. В., Петрунина А. С. Геохимическая экология и эволюционная изменчивость растений. Сб. "Проблемы геохимии," "Наука", 1965.

Кононов В. И. Влияние естественных и искусственных очагов тепла на формирование химического состава подземных вод. "Наука", М., 1965.

Крайнов С. Р., Королькова М. Х. Основные принципы

исследования рудных элементов углекислых вод при геохимических поисках рудных месторождений (на примере центр. части Малого Кавказа). "Геохимия", №5, 1962.

Крайнов С. Р., Королькова М. Х. Особенности распространения некоторых микроэлементов в минеральных водах Малого Кавказа. Труды ВСЕГИНГЕО, новая серия №9, 1964.

Крайнов С. Р. Гидрогеохимический метод поисков месторождений бора (метод. руководство). "Недра", М., 1964.

Крайнов С. Р., Петрова Н. Г., Батуриная И. В. О геохимических особенностях и условиях формирования углекислых вод Кавказа, обогащенных литием, рубидием и цезием. "Геохимия", №3, 1973.

Крайнов С. Р. Геохимия редких элементов в подземных водах. "Недра" М., 1973.

Красинцева В. В. О накоплении бора в минеральных водах в результате выделения его из осадочных пород. Сб. "Проблемы гидрогеологии". Госгеолтехиздат, 1960.

Курман И. М. О Тихоокеанском и Широтном борном поясах. В сб. "Закономерности размещения полезных ископаемых" "Наука", М., т. 1, 1958.

Лисицин А. Е., Малинко С. В., Орлова Е. В. Геологические особенности и поисковые критерии промышленных месторождений бора. "Недра", М., 1966.

Магакьян И. Г., Мкртчян С. С. Взаимосвязь структур, магматизма и металлогении на примере Малого Кавказа. Изв. АН Арм. ССР, серия геол. и геогр., №4, 1957.

Магакьян И. Г. Основы металлогении материков. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1959.

Магакьян И. Г. Армения в системе центрального Средиземноморья. ДАН Арм. ССР, т. 42, №4, 1966.

Магакьян И. Г., Пиджян Г. О., Фарамазян А. С., Амирян Ш. О., Карапетян А. И., Пароникян В. О., Зарьян Р. Н., Меликсетян Б. М., Акопян А. Г. Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1972.

Макаренко Ф. А. Некоторые общие закономерности формирования термальных вод и их распределение на территории СССР. Сб. "Проблемы геотермии и практического использования тепла Земли", т.2, Изд. АН СССР, М., 1961.

Макаренко Ф. А. Геотермическое изучение и районирование

подземных вод Кавказа. Сб. "Проблемы геотермии и практического использования тепла Земли", т. 2, Изд. АН СССР, М., 1961.

Малхасян Э. Г. Лалварский дюмортьерит. ДАН Арм. ССР, т. 34, №1, 1962.

Меликсетян Б. М., Мелконян Р. Л. Петрология и геохимия интрузивных комплексов некоторых рудных районов Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1976.

Мкртчян С. С., Паффенгольд К. Н., Ширинян К. Г., Карапетян К. И., Карапетян С. Г. Позднеорогенный кислый вулканизм Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1971.

Мелитаури Г. Н. Об источнике бора в датолитовых скарнах, Известия АН СССР, сер. геолог. №5, 1972.

Нокколдс С. С., Митчелл Р. Л. Геохимия некоторых каледонских интрузивных пород. Исследование связи между основными рассеянными элементами пород и их минералов. В сб. "Редкие элементы в изверженных породах". Изд. Иностранная литература" 1952.

Оборин А. А., Залкинд И. Э. К геохимии бора в гипергенных условиях "Геохимия", №2, 1964.

Овчинников А. М. Минеральные воды. Госгеолтехиздат, М., 1963.

Оганесов Л. А. Минеральные источники Армении. Госиздат ССР Армении, Эривань, 1936

Орлова Е. В. Особенности геологической обстановки вулканогенно-осадочных месторождений бора на примере боросных провинций Северной и Южной Америки. ОНТИ, в.13, М., 1961.

Орлова Е. В. Геологические предпосылки для поисков боратов вулканогенно-осадочного происхождения. Изв. высших учеб. зав., "Геология и разведка", №5, 1962.

Орлова Е. В. Некоторые закономерности размещения и типы борных месторождений в альпийской складчатой области западной Азии. "Минеральное сырье", в.8, М., 1963.

Паланджян С. А., Халатян Э. С. Акцессорный бор в интрузивных породах офиолитовой серии северо-восточного побережья оз. Севан. Материалы 2 конф. молодых ученых Армении, Ереван, 1969.

Паффенгольд К. Н. Геологический очерк Кавказа. Изд. АН Арм. ССР, 1959.

Перельман А. И. Геохимия ландшафта. "Высшая школа" М., 1966.

Перельман А. И. Геохимия эпигенетических процессов. "Недра", М., 1968.

Питьева К. Е. Об источниках бора, брома, лития, стронция в подземных водах девона и карбона нижнего Поволжья. Вестник МГУ, №4, 1965.

Питьева К. Е., Плотникова Э. Н., Семенова В. М., Уварова Т. И. Особенности миграции бора, брома, йода в современных подземных водах девона и карбона правобережья нижней Волги. Труды Инст. геол. Урал. фил. АН СССР, Свердловск, в. 76, 1965.

Посохов Е. В. Формирование химического состава подземных вод. Гидрометеорологическое изд., Ленинград, 1969.

Резников Л. А., Муликовская Е. М., Соколов И. Ю. Методы анализа вод. "Недра", М., 1970.

Удодов П. А., Шварцев С. Л., Рассказов Н. М., Матусевич В. М., Солодников Р. С. Методическое руководство по гидрогеохимическим поискам рудных месторождений. "Недра", М., 1973.

Саакян Н. А., Мартиросян Ю. А., Бубикян С. А. Биостратиграфическое расчленение третичных отложений юго-западной части Армянской ССР. Изв. АН Арм. ССР, "Науки о Земле", т. 20, №3, 1967.

Садоян А. А. К литологии даний-палеоценовых флишевых отложений левобережья р. Азат. Изв. АН Арм. ССР, "Науки о Земле", т. 18, №1, 1965.

Самойлов О. Я., Соколов Д. С. Влияние ионов натрия и кальция на миграцию бора в подземных рассолах. ДАН СССР, т. 133, №6, 1960.

Сардаров Э. И. Подземные воды Центрального вулканического нагорья Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1975.

Сатиан М. А., Степанян Ж. О., Мкртчян Г. М. О цестине и стронцианите из отложений дания-палеоцена у с. Двин. ДАН Арм. ССР, т. 42, №5, 1966.

Сатиан М. А., Степанян Ж. О., Чолахян Л. С. о литологии отложений верхнего мела Еревано-Вединского прогиба в связи с перспективами их нефтегазоносности. Изв. АН Арм. ССР, "Науки о Земле", т.20, №3, 1967.

Сауков А. А. Несколько замечаний о гидротермальных рас-

- гворах и гидротермальных месторождениях. Труды ИГЕМ, в. 46, Изд. АН СССР, М., 1960.
- Стоянов А. А. Предварительный отчет по исследованию борных источников Карсской области и северо-западной Персии. Изв. Геолкома, т.36, №1, 1917.
- Сахама Т. Г. Рассеянные элементы в породах южной финской Лапландии. В сб. "Редкие элементы в изверженных породах", Изд. "Иностранная литература", 1952.
- Сердюченкр Д. П. Борные осадочно-метаморфические формации. В сб. "Проблемы седиментологии". Изд. АН СССР, 1960.
- Серебренников В. С. Окислительно-восстановительное состояние углекислых минеральных вод Малого Кавказа. "Геохимия", №6, 1977.
- Тагеева Н. В. Минеральные воды Джермук (Исти-су) в Армении. Труды лаб. гидрогеол. проблем АН СССР, т.1, 1948.
- Тер-Мартirosян А. А. Гидрогеология СССР, т. 11, Армянская ССР, "Недра", М., 1968,
- Толстихин Н. И. Гидрохимические пояса и зоны артезианских бассейнов. "Гидрохим. материалы", т. 24, 1955.
- Толстихин Н. И. Некоторые вопросы гидрогеологии горных стран. Труды 2 совещ. по подземным водам Вост. Сибири, в.1, Иркутск, 1959.
- Толстихин О. Н. О содержании бора в водах минеральных источников Камчатки и Курильских островов. Сб. "Вопросы гидрогеол. и инж. геологии", Изд. МГУ, 1962.
- Ферсман А. Е. Геохимия, т.2, 1934.
- Халатян Э. С. Распределение бора в породах и подземных водах Приереванского района. Изв. АН Арм. ССР. "Науки о Земле", №1, 1965.
- Халатян Э. С. К гидрогеохимии бора. Труды межвуз. конф. по гидрогеохимическим и палеогидрогеол. методам исслед. в целях поисков месторождений полезных ископаемых. Изд. Томского ун-та, 1969.
- Халатян Э. С. О химизме углекислых вод и травертинов Чатминского прогиба. Вопросы магматизма, рудообразования и минералогии Арм. ССР. Зап. Арм. отд., ВМО, в. 4, Изд. ЕрГУ, 1970.
- Халатян Э. С., Карапетян К. И. Влияние магматизма на формирование углекислых минеральных вод Айоцздора. В кн. "Вулканизм и формирование минеральных месторождений в Альпийской геосинклинальной зоне ( Карпаты, Крым, Кавказ)".

"Наука", Новосибирск, 1973.

Халатян Э. С. Выделение Малокавказской бороносно-редкощелочнометальной провинции углекислых вод. ДАН Арм. ССР, т. 58, №2, 1974.

Халатян Э. С. Новые сведения о термальных водах Приараксинской зоны. ДАН Арм. ССР, т. 58, №3, 1974.

Халатян Э. С., Арутюнова М. А. О возможности сорбционного извлечения редких щелочных металлов из термальных вод Малого Кавказа. Изв. АН Арм. ССР, "Науки о Земле", т. 31, №1, 1978.

Хардер Г. Геохимия бора. "Недра", М., 1965.

Хитаров Н. И. Проблемы изучения термальных полей Кавказа. Тезисы докл. 1 Всесоюзного совещ. по геотер. м. исслед. в СССР. Изд. АН СССР, М., 1956.

Хитаров Н. И. Химическая природа растворов, возникших в результате взаимодействия воды с горными породами при повышенных температурах и давлениях. "Геохимия" №6, 1957.

Хитаров Н. И. Вопросы формирования гидротермальных растворов. Труды лаб. вулканологии АН СССР, в.19, 1961.

Ходжоян М. П., Арутюнян Р. Г. Основные типы месторождений углекислых минеральных вод Армянской ССР. Материалы 9 науч. сессии Институтов курортологии и физиотерапии Закавказских республик, в. 10, 1966.

Ходжоян М. П., Ядоян Р. Б., Симонян Д. Я. Геохимия современных гидротерм. Армянского вулканического нагорья. Тезисы симпозиума "Современные минералообразующие растворы", Петропавловск-Камчатский, 1970.

Ходьков А. Е., Валуконис Г. Ю. Формирование и геологическая роль подземных вод. Изд. ЛГУ, 1968.

Хлопин В. Г. Материалы Урмийской экспедиции 1916 г. Физико-химическая часть. Бороносные источники Карсской области и северо-западной Персии в физико-химическом и промышленном отношении, 2, 1923.

"Химия Тихого океана". "Наука", М., 1966.

Цейтлин С. Г. Содержание бора в различных почвенных горизонтах и растениях. Труды биогеохим. лабор. АН СССР, М., Л., т. 5, 1939.

Шабынин Л. И., Перцев Н. Н., Малинко С. В. Условия нахождения и диагностические признаки борных минералов скарновых месторождений. "Недра", М., 1964.

Штёк лин Д. Ж. Тектоника Ирана. "Геотектоника", №1, 1966.

Шубладзе Р. Л. Датолит из ущелья Бугамис-хеви, Труды КИМС, в. 2 (4), 1960.

Щербаков А. В. Гидрогеохимические исследования при поисках и разведке подземных бороносных вод. Госгеолтехиздат, М., 1961.

Щербаков А. В. Геохимия термальных вод "Наука", М., 1968.

Щербина В. В. Основы геохимии. "Недра", М., 1972.

Эрентоз К. Краткий обзор геологии Анатолии. "Геотектоника", №2, 1967.

Юзбашян И. Р., Мелконян Н. Р. Содержание бора в некоторых почвах Армянской ССР и эффективность борного удобрения. Сообщ. лаб. агрохимии и гидропоники. Изд. АН Арм. ССР, 1964.

Яншин А. Л. Проблема срединных массивов. БМОИП, отд. геол., №5, 1965.

Яржемский Я. Я. Вопросы формирования боратов "Недра", М., 1968.

Abich H. Quelques resultats de mes voyages en Georgie, en Turquie et en Perse en 1862, Bull. Soc. Geol. de France, 21, 1864.

Fleet M. E. L. Preliminary investigations into the sorption of boron by clay minerals. „Clay Minerals", 6, N1, 1965.

Goldschmidt W. M. Geochemistry, 1954.

Gregor C. B. Boron and oceanic evolution „Geochimica et Cosmochimica Acta, vol. 29, N8, 1965.

Lerman A. Boron in clays and estimation of paleosalinites, „Sedimentology", 6, N4, 1966.

Lundegardth P. H. Rock composition and development in Central Ras-lugen Sweden-Ark. Kem. Min. Geol. 23, N9, 1946.

Milton C. and other. Reedmergerite,  $\text{NaBSi}_3\text{O}_8$ , the boron analogue of albite. The Amer. Mineral. 1960, vol. 45, N1, 2.

Rankama K., Sahama Th. G. Geochemistry, Chicago Univ. of. Chicago Press 1950.

Reynolds R. G. Boron and oceanic evolution: A reply by Robert C. Reynolds. Geochimica et cosmochimica Acta, vol. 29, N8, 1965.

Stubican V., Roy R. Boron substitution in synthetic micas and clays. „Amer. Mineralogist", 47, N9-10, 1962.

Turekian K. K., Wedepohl K. H. Distribution of the Elements in some major Units of the Earth's Crust.-Geol. Soc. Amer. Bull., 72, 1961.

Watanabe T. Geology and mineralization of the Suian district, Tyosen (Korea). I. Fac. Sci. Hokkaido Univ., 1943, ser. 4, 6.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение .....	5
Глава 1. Природные условия Армянской ССР .....	7
Глава 2. Бор в породах, почвах и растениях .....	16
Глава 3. Гидрогеологический очерк Армянской ССР ....	42
Глава 4. Бор в гидросфере .....	57
Глава 5. Минеральные воды Чатминского бассейна и их бороносность .....	71
Глава 6. Минеральные воды Вайка и их бороносность ...	86
Глава 7. Единичные бороносные углекислые воды .....	107
Глава 8. Условия формирования бороносных минеральных вод .....	116
Заключение .....	135
Литература .....	139

Халатян Эрик Суменович

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОРА В МИНЕРАЛЬНЫХ  
ВОДАХ АРМЯНСКОЙ ССР

Печатается по решению ученого совета  
Института геологических наук АН Армянской ССР

Редактор издательства Р. А. Багдасарян  
Худож. редактор Г. Н. Горцакалян  
Технич. редактор Р. Х. Геворкян  
Корректор В. Т. Симонян

Набрано на наборно-пишущей машине  
оператором К. М. Маркарян

Книга издана офсетным способом

ИБ 140

ВФ 03240 Изд. 5236 Заказ **678** Тираж 800  
Сдано в производство 16.06 1980 г., подписано  
к печати 6.06.1980 г., печ. 9,5 л., изд. 8,9 л.  
бумага № 1, 60 x 90 1/16. Цена 1 р. 40 к.

Издательство АН Армянской ССР, 3750019  
Ереван, Барекамутян, 24-г.  
Типография Издательства АН Армянской ССР,  
г. Эчмиадзин

1 р. 40 к.

3182