

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

*На правах рукописи*

О. А. БОЗОЯН

**УГЛЕКИСЛЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ  
БАСЕЙНА р. РАЗДАН**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

ЕРЕВАН - 1961

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

*На правах рукописи*


*О. А. Бозоян*  
О. А. БОЗОЯН

*386*  
*М. А. Дзерж. 19*  
**УГЛЕКИСЛЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ  
БАСЕЙНА р. РАЗДАН**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

ЕРЕВАН—1961



Работа выполнена в институтах Геологических наук  
АН Арм. ССР, Курортологии и физических методов ле-  
чения Министерство здравоохранения Арм. ССР.

Защита состоится в 10 часов 30 минут 1961 г.  
в Ереванском государственном университете (г. Ереван,  
ул. Абовян 104).

Автореферат разослан 14 февраля 1961 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Бассейн р. Раздан изобилует разнообразными минеральными водами и является одним из интереснейших и богатых гидроминеральными ресурсами участков нашей республики. На территории бассейна размещены крупные предприятия электропромышленности республики. В течение семилетки будет развита химическая промышленность, будут построены курортно-санаторные учреждения и дома отдыха для трудящихся. Имеющиеся здесь живописные участки могут служить пунктами климатолечения.

В бассейне р. Раздан четко выделяются две основные группы минеральных вод. К первой из них относятся минеральные воды, сосредоточенные в пределах ущелья р. Мармарик. Эти воды в основном формируются в метаморфической серии пород.

Вторая группа минеральных вод сосредоточена в ущелье р. Раздан и формируется в пределах гипсоносно-соленосной серии пород.

Настоящая работа, на основе обобщения результатов многолетних исследовательских полевых, лабораторных работ, проведенных нами, выявляет закономерности распределения углекислых минеральных вод бассейна р. Раздан, их физикохимические свойства и газовый состав, генезис, условия формирования ионно-солевого состава.

Настоящая работа «Углекислые минеральные воды бассейна р. Раздан» изложена на 206 страницах машинописи и состоит из следующих глав: «Физико-географические условия района», «Краткий геологический очерк района», «Гидро-геологический очерк района». В этих главах в сжатой форме разбираются все те внешние и внутренние факторы, которые являются причинами процесса формирования углекислых минеральных вод. В следующей главе—«Углекислые минеральные воды бассейна р. Раздан», излагается

история изученности данного вопроса, методика и содержание проведенных работ. Весь бассейн рассматривается как два месторождения минеральных вод и для каждого месторождения дается описание геологического строения и минеральных источников. В главах—«Предлагаемая классификация природных вод и графическое изображение их состава», «Химизм минеральных вод бассейна р. Раздан и его графическое изображение» изучаются методы графического изображения химического состава и разбирается химизм минеральных вод. В главе—«Условия формирования углекислых минеральных вод бассейна», подробно излагаются современные взгляды на генезис углекислых минеральных вод, формирование ионно-солевого газового состава минеральных вод данного района. В главе—«Аналоги минеральных вод Арзни и Анкаван», разбираются самые близкие аналоги минеральных вод Арзни, курорта Зоден на Тануусе (Германия), Дарры дага Азербайджанской ССР и т. д.

В главе—«Причины выпадения осадков из минеральных вод бассейна р. Раздан и способы их устранения», подробно разбираются условия и причины выпадения осадков из минеральных вод в природных условиях и в бутылочной воде и указываются меры устранения этого осадка. В главе—«К вопросу опреснения минеральных вод курорта Арзни»—подробно излагаются причины опреснения и с помощью видоизмененной формулы проф. А. М. Овчинникова, определяется степень разбавления коренной струи минеральной воды пресной водой и образование отдельных дериватов минеральных вод. В главе—«Основные предложения по развитию и улучшению использования минеральных вод района»,—излагается современное состояние каптажных сооружений минеральных вод курорта Арзни и курортной местности Анкаван и предлагаются мероприятия для улучшения каптажных сооружений и рентабельной эксплуатации минеральных вод Арзни и Анкаван.

### КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК БАСЕЙНА Р. РАЗДАН

Район исследуемых минеральных источников—бассейна

верхнего и среднего течений р. Раздан расположен в центральной части Армянской ССР.

Река Раздан, являющаяся одним из левобережных притоков р. Аракс, берет свое начало из высокогорного озера Севан.

По литературным данным сводный стратиграфический разрез бассейна характеризуется следующим образом:

1. Эопалеозой (верхний докембрий-кембрий) представлен серией кристаллических сланцев, прослаиваемых линзами и пачками мрамора. Эта серия является фундаментом средневерхнепалеозойских и мезокайнозойских отложений Армении и прорвана многочисленными интрузиями, относящимися также к эопалеозою (лейкократовые граниты, гранито-гнейсы и серпентиниты). Вскрытая мощность серии—около 3000-3500 м.

2. *Верхний мел* состоит из двух свит. Нижняя, залегающая трансгрессивно на метаморфических сланцах и древних лейкократовых гранитах, сложена конгломератами, туфоконгломератами, туфопесчаниками, туфосланцами и частично туфобрекчиями. Эта свита относится к верхнему турино-коньяку и имеет мощность около 300 м. Верхняя свита представлена глинистыми, частично кремнистыми белыми, известняками и относится к сантону-кампану. Мощность ее 400—500 м.

3. *Эоцен* представлен сложной, полифациальной вулканической серией, состоящей из порфиритов, туфобрекчий, туфогенов, частично из эпилейцитовых порфиритов и залегающей трансгрессивно на различных горизонтах эопалеозоя и мела. Мощность серии достигает 1000 м. В районе верхнего течения р. Раздан, в бассейне ее притока р. Мармарик, преобладают лавы и туфобрекчии, а в среднем течении туфогены. Серия эоцена прорвана многочисленными гранитоидными интрузиями, а также крупной интрузией щелочных и нефелиновых сиенитов.

4. *Олигоцен* представлен песчано-глинистой серией мощностью более 500 м, включают в себя линзы коралловых известняков, пропластки ракушечников и конгломератов.

5. *Нижний—средний миоцен* состоит из трех свит. Нижняя, мощностью в 700-800 м, сложена чередованием рыхлых

конгломератов, песчаников, красных и зеленых глин. Средняя свита (соленосно-гипсоносная) представлена залежью каменной соли и глинами, достигающими мощности в 600-800 м. Верхняя свита представлена переслаиванием пластов гипса и глин и достигает мощности в 400-500 м.

6. Более молодые горизонты верхнего миоцена принадлежат к сармату, обнажающемуся в ущелье среднего течения р. Раздан. Сложены они чередованием глин, мергелей и песчаников и включают в себя отдельные прослой оолитовых известняков, ракушечников, горючих сланцев и гипса. Мощность серии—800-1000 м.

7. *Миоплиоцен*. К этому возрасту относится верхняя вулканогенная серия бассейна р. Мармарик. Она сложена андезитами, липарито-дацитами, обсидианами. Мощность серии переменная—от 200 до 600 м. Возраст ее определен условно.

8. *Верхний плиоцен* представлен покровом долеритовых базальтов, залегающих с большим угловым несогласием на сарматских и более древних отложениях. Мощность покрова достигает местами 350 м.

9. *Четвертичные отложения* представлены андезито-базальтовыми лавами, туфами, аллювиальными, делювиальными, пролювиальными отложениями, а также травертинами и белоземами.

В тектоническом отношении бассейна р. Раздан подразделяется на три зоны.

Первая зона, называемая Разданской (Ахтинской), включает Цахкунянский (Мисханский) хребет и юго-западную часть Памбакского хребта, т. е. бассейн верхнего течения р. Раздан. Складчатость общекавказского простирания. Метаморфический фундамент выступает на дневную поверхность на большой площади; Широко развиты миоплиоценовые лавы и домиоценовые интрузии. Осадочные образования олигоцена и миоцена отсутствуют почти повсеместно. Рельеф в основном высокогорный.

Вторая зона, называемая Ереванской, охватывает бассейн среднего течения р. Раздан. Зона отличается складчатостью антикавказского направления и исключительно широким развитием эоценовых, олигоценовых и миоценовых лагун-

но-морских соленосных отложений, суммарной мощностью порядка 5000 м.

Третья зона, называемая Приараксинской, охватывает Араратскую долину (нижнее течение р. Раздан) южнее г. Еревана. Складчатость имеет общекавказское направление, метаморфический фундамент сильно приподнят. Мощность эоценовых, олигоценых и миоценовых отложений резко сокращена (местами до 500 м). Граница между этой и предыдущими зонами отмечена глубинным разломом, причем фундамент сильно опущен в Ереванской зоне и приподнят в Араратской долине. В зоне разлома расположены месторождения травертинов и выходы углекислых вод (сс. Агамзалу, Енгиджа, Башгюх и др.).

### КРАТКИЙ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Левобережье бассейна р. Раздан характеризуется широким развитием покровных, сильно трещиноватых андезитовых и андезито-базальтовых лав, имеющих большую мощность. Эти лавы и являются в конечном счете решающим геологическим фактором, определяющим характер водного баланса района.

Согласно подсчету А. А. Турцева, примерно 40% периферийных участков всей территории западных склонов Гегамского хребта занимают продукты обнаженного лавового материала, отличающиеся плотностью сложения, но сильно трещиноватые.

Поверхностный сток на описываемом лавовом нагорье отсутствует.

Совершенно иную картину представляет правобережье р. Раздан. Здесь в верховьях реки, на отрогах Памбакского хребта оно отличается сильно расчлененным рельефом и своеобразным литологическим составом пород.

Геоморфологические и гидрогеологические условия правобережья препятствуют возникновению бассейнов подземных вод. На данном участке, в силу небольшой глубины залегания водоупорных пород при сильной расчлененности, созда-



лась естественная сильно дренирующая система, препятствующая скоплению больших запасов подземных вод. Поэтому 75% всего количества выпадающих атмосферных осадков уходит на испарение и поверхностный сток. Этим объясняется отсутствие мощных выходов подземных вод.

Существование многочисленных мелких выходов пресных вод привело к образованию густой речной сети, наличие которой является характерной отличительной чертой всего правобережного участка. Подземные воды южного и юго-восточного склонов Памбакского хребта приурочены, главным образом, к нефелиновым сиенитам, кварцевым диоритам, верхнемеловым вулканогенно-осадочным породам, метаморфическим сланцам и к вулканической серии миоплицена.

По своим физико-химическим свойствам все эти мало отличаются друг от друга и являются однотипными.

Источники пресных вод приурочены к трещинам миоплиценовых пород и к делювиальному покрову.

Все выходы подземных вод в пределах бассейна р. Раздан разбиты нами по гидрогеологическим и физико-химическим показателям на четыре основных группы:

*Первая группа* объединяет крупные выходы трещинных вод из эффузивных пород. Представителями этих вод являются родники Карасунак, у с. Арзни, Нурнус и Гюмуш.

Воды данной группы отличаются сравнительно низкой температурой ( $7^{\circ}$ - $10^{\circ}$ C), низкой минерализацией (0,1 г/л). Доминирующим компонентом из анионов является гидрокарбонат, а из катионов—кальций.

Воды данной группы формируясь в пределах четвертичных лав, находятся в зоне интенсивного водообмена, сосредоточены в крупных трещинах лавового потока, обладают большим дебитом и интенсивной скоростью. Источником питания этих вод являются инфильтрационные атмосферные осадки и конденсация водяных паров.

*Во вторую группу* входят все воды, циркулирующие в четвертичных рыхлых отложениях и в контактной зоне вулканогенных пород с древними наносами. В некоторых случаях воды данной группы по пути омывают кровлю третичной осадочной серии. В последнем случае мы наблюдаем повышенную

общую минерализацию, достигающую иногда более 1 г/л. Температура этих вод колеблется в пределах от 12 до 14°C.

Родники этой группы вод сосредоточены, главным образом, на левом берегу р. Раздан и предоставлены многочисленными малодобитными мелкими выходами, разбросанными по течению р. Раздан, начиная выше с. Лусаван Разданского района, до ур. Кармир-блур, ниже гор. Ереван.

Область питания вод большинства выходов упомянутой группы находится на территории Канакер-Дзорахпюрского плато, а источником питания являются инфильтрационные воды.

Воды третьей группы циркулируют в третичных осадочных породах. Выходы их обладают незначительным дебитом, зарегистрированы в Шорджридзоре и в буровых скважинах на участке новой Ереванской ГЭС. Воды данной группы отличаются высокой минерализацией доходящей до 60 г/л. Согласно существующим классификациям, они относятся к рассолам, наличие которых вблизи гор. Еревана представляет большой интерес, так как они могут быть использованы в бальнеологических целях.

К четвертой группе относятся минеральные воды, типичным представителем которых может служить группа минеральных вод курорта Арзни и курортной местности Анкаван. Характеристика этой группы вод приводится ниже.

## МИНЕРАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ БАССЕЙНА Р. РАЗДАН

Первые систематические гидрогеологические исследования Разданской группы минеральных вод принадлежит А. П. Демехину, а Мармарикской группы минеральных вод—Н. И. Долухановой.

1. Минеральные источники ущелья р. Раздан а) Минеральные воды курорта Арзни (табл. 1) сосредоточены в скв. №№ 15, 23, 25, 42 и «новый буровой».

Разрезы скважин представлены в основном андезито-базальтами, долеритовыми базальтами и коренными глинами. Минеральная вода изливается из трещин этих пород.

Температура минеральных вод Арзнинской группы колеблется в пределах от 15 до 19°C, дебит вод достигает 28,43 л/сек. Общая минерализация колеблется в пределах от 1,8 до 8 г/л.

б) Минеральные источники с. Кетрац—№№1 и 2 (табл. 1) находятся на левом берегу р. Карасунак—левобережного притока р. Раздан, выходы вод приурочены к кислым лавам—липаритам, температура вод находится в пределах от 10 до 16°C, общая минерализация достигает 8 г/л.

в) Минеральные источники с. Аргел (табл. 1). В 8 км от курорта Арзни вверх по течению р. Раздан обнаружено около 10 выходов минеральных вод. Они приурочены к кислым лавам липарита.

Температура этих вод колеблется от 9,0 до 21°C; суммарный дебит достигает 5 л/сек, общая минерализация колеблется в пределах от 1 до 18 г/л.

г) Минеральные источники с. Авазан (табл. 1) находятся на расстоянии 3 км от с. Аргел вверх по течению р. Раздан. Имеется всего два выхода минеральных вод на левом берегу реки. Они приурочены к кислым липоритовым лавам. Температура этих вод колеблется от 10 до 16°C, суммарный дебит достигает 0,2 л/сек., общая минерализация достигает 12 г/л.

Все эти воды в основном характеризуются хлоридо-гидрокарбонатно-натриевыми.

2. Минеральные источники ущелья р. Мармарик. Выходы минеральных источников, приурочены к зонам разрывных нарушений, которые имеют широкое развитие в исследуемом районе. Наиболее крупным из них является Анкаванский разлом, который начинается у вершины г. Дамлик-гядук и проходит почти в широтном направлении через с. Анкаван и далее протягивается вдоль русла р. Мармарик до с. Меградзор. Здесь линия разлома резко поворачивает на юго-восток.

Следующий наиболее крупный разлом—Сари-Каинский простирается в северо-западном направлении от низовьев р. Кара-Чобан через с. Зар (Кабахлу) до с. Улашик.

Все минеральные воды ущелья р. Мармарик можно подразделить на три группы.

а) Группа минеральных вод Анкавана (табл. 2) в основ-

Таблица 1

## Характеристика углекислых минеральных вод устья р. Раздан

Название виды	Глубина в метрах	Температура воды	Дебит в л/сек	Свободная угольная кислота в г/л	Минерализация в г/л	гCl		гHCO <sub>3</sub>	гHCO <sub>3</sub>	г(Ca+Mg)	рН	Формула химического состава
						гNa	гHCO <sub>3</sub>					
Курорт Арзни скв. № 15	120,8	9,0	5,0	1,8	7,0	8,7	0,83	2,51	1,21	6,2	M 8	$\frac{\text{Cl}63.0 \text{ HCO}^*23.4}{\text{Na}73.0 \text{ Mg}13.8 \text{ Ca}11.0}$
Курорт Арзни скв. № 23	90,6	18,0	0,13	1,6	3,5	0,73	2,28	2,24	2,24	6,4	M 3.5	$\frac{\text{Cl}60.8 \text{ HCO}^*27.4}{\text{Na}73.6 \text{ Mg}10.0}$
Курорт Арзни скв. № 25	—	16,0	9,0	1,2	1,8	0,78	2,12	1,49	1,49	6,7	M 1.8	$\frac{\text{Cl}62.4 \text{ HCO}^*25.5}{\text{Na}73.8 \text{ Ca}17.4}$
Курорт Арзни скв. № 42	103,2	15,5	2,3	0,70	1,8	0,83	1,79	1,16	1,16	6,0	M 1.8	$\frac{\text{Cl}53.4 \text{ HCO}^*55.6}{\text{Na}63.0 \text{ Mg}19.2 \text{ Ca}14.2}$
Курорт Арзни Новая буровая (скв. № 1)	65,2	16,0	12,0	1,6	3,5	0,96	2,60	0,89	0,89	5,8	M 5.0	$\frac{\text{Cl}63.4 \text{ HCO}^*26.6}{\text{Na}64.8 \text{ Mg}16.6 \text{ Ca}14.0}$
Сел. Кетран	—	15,2	0,12	1,8	8,4	0,83	2,78	1,03	1,03	5,9	M 8.4	$\frac{\text{Cl}67.4 \text{ HCO}^*24.6}{\text{Na}77.6 \text{ Ca}15.0}$
Сел. Аргел скв. 258	210,0	21,0	0,3	2,0	18,0	0,93	4,25	2,00	—	—	M 18.0	$\frac{\text{Cl}76.4 \text{ HCO}^*20.4}{\text{Na}84.2}$
Сел. Авазан	21—54	16,0	0,2	2,0	12,0	0,84	2,15	1,14	1,14	6,1	M 12.0	$\frac{\text{Cl}54.2 \text{ HCO}^*28.6 \text{ SO}^*17.1}{\text{Na}81.0 \text{ Ca}19.0}$

Характеристика углекислых минеральных вод ущелья р. Мюмлик

Название водного выхода	Глубина в метрах	Температура воды	Дебит в литр. сек.	Свободная угольная кислота	Минерализация в гр/л	$\frac{rCl}{rNa}$	$\frac{rCl}{rHCO_3}$	$\frac{rCl}{r(Ca+Mg)}$	pH	Формула химического состава	
Анкаван скв. № 4	26,0	27,0	10,0	2,0	6,4	0,73	0,96	1,57	6,2	M6.4	$\frac{HCO_3 48.8 Cl 47.2}{Na 64.4 Ca 27.0}$
Анкаван скв № 14	57,0	34,5	4,5	1,70	6,7	0,71	0,96	1,51	6,3	M6.7	$\frac{HCO_3 49.0 Cl 47.2}{Na 66.4 Ca 24.8}$
Анкаван скв. № 17	121,8	32,0	5,0	1,7	6,7	0,72	0,95	1,55	6,2	M6.7	$\frac{HCO_3 49.0 Cl 46.8}{Na 67.0 Ca 24.6}$
Кармировит скв. № 1	150,0	10,0	0,5	2,5	1,2	0,30	0,21	1,49	5,9	M1.2	$\frac{HCO_3 76.6 Cl 14.2}{Na 48.0 Ca 57.6 Mg 14.4}$
Кармировит скв. № 11	200,0	11,0	2,0	2,0	10,2	0,32	0,37	2,24	6,2	M10.2	$\frac{HCO_3 75.4 Cl 15.6}{Na 74.6 Ca 12.4 Mg 12}$
Кармировит скв. № 15	17,5	9,5	0,3	1,5	1,3	0,39	0,20	1,33	6,4	M1.3	$\frac{HCO_3 75.4 Cl 15.6}{Ca 45.6 Na 40.0 Mg 14.4}$
Меградзор-Зар скв. № 2	72,0	9,0	1,0	1,7	1,8	0,59	0,42	1,31	6,4	M1.8	$\frac{HCO_3 68.4 Cl 28.4}{Na 48.8 Ca 40.4 Mg 10.6}$
Меградзор-Зар скв. № 3	90,0	19,0	1,0	1,6	3,4	0,81	0,76	1,12	6,5	M3.4	$\frac{HCO_3 55.2 Cl 41.8}{Na 52.2 Ca 36.3 Mg 10.0}$

ном вскрыта скважинами №№ 4, 14, 17, приуроченными к метаморфическим и интрузивным породам.

Температура минеральных вод колеблется в широком диапазоне, в естественных выходах от 10 до 24°C, а в буровых скважинах—от 27 до 34,5°C. Общая минерализация варьирует от 1,2 до 7,0 г в литре воды. Суммарный дебит 20 л/сек.

б) Группа минеральных вод Кармировит (табл. 2) выходит в русле р. Мармарик, в районе с. Кармировит. В этой же группе мы объединяем минеральные воды с. Улашик; выходы этих вод сосредоточены в скважинах №№ 1, 5, 11, 15 и приурочены к метаморфическим и интрузивным породам.

По ионно-солевому составу, общей минерализации и по температуре воды Кармировитской группы отличаются от минеральных вод с. Анкаван. Отсюда следует, что условия формирования минеральных вод Анкаван и Кармировит в некоторой степени различны.

в) Меградзор-Зарская группа минеральных вод (табл. 2) расположена в небольшом ущелье Зар (Кабахлу), против села Меградзор, на правом берегу р. Мармарик. Воды эти характеризуются невысокой температурой и низкой минерализацией. Выходы их в основном сосредоточены в трех источниках и двух скважинах, приуроченных к интрузивным породам.

По химическому составу эти воды очень близки к опресненным водам Анкавана. Формирование минеральных вод Меградзор-Зар вряд ли связано с минеральными водами Анкаван. Вероятнее всего, гидрогеохимические условия формирования этих вод аналогичны условиям формирования минеральных вод Анкавана, ибо химический состав этих вод близок составу анкаванских.

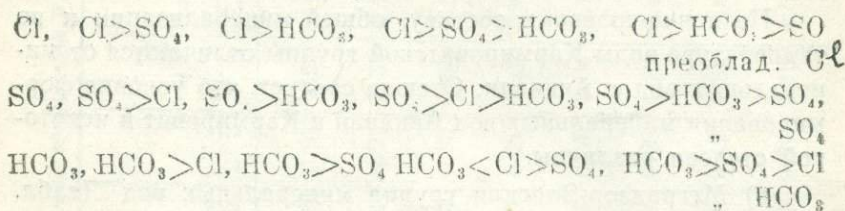
### *ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ИОННО-СОЛЕВОГО СОСТАВА МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД*

1. Результаты анализа изображены в графиках, треугольниках фере, графике-квадрате Толстихина и графике А. М. Овчинникова, выражение ионно-солевого состава по формуле М. Г. Курлова заменена графиком. Нами предложен новый метод (классификация) графического изображения химического состава природных вод.

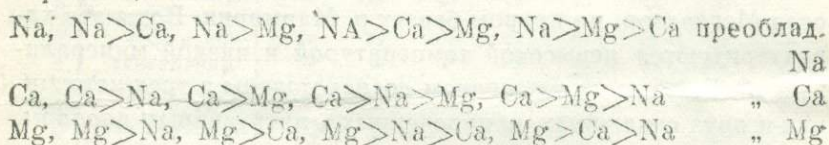
В основу классификации положено содержание шести ионов: из анионов  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$ , а из катионов— $\text{Na}$ ,  $\text{Ca}$  и  $\text{Mg}$ . Упомянутые ионы постоянно содержатся в природных водах, причем число всевозможных комбинаций, в которых эти ионы могут встречаться в природных водах, достигает 225, если учесть преобладание одних компонентов над другими.

Для систематизации 225 разновидностей вод мы предлагаем следующую схему графического изображения химического состава вод (фиг. 1).

На основании содержания в водах отдельных компонентов в экв. % составляют ряды для анионов:



и ряды для катионов:



Таким образом, для анионов и катионов получается по три ряда; каждый ряд состоит из 5 членов.

Эти три ряда можно расположить на одной линии по принципу от сильного аниона или катиона к слабому. Тогда получается комбинированный ряд, состоящий из 15 членов.

На координатной сетке по оси абсцисс откладываются члены комбинированного ряда анионов, а по оси ординат— ряда катионов. Каждому члену ряда дается определенный интервал. В результате на графике получается 225 клеток, и каждая клетка имеет свою характеристику.

Согласно предложенной нами классификации, все природные воды по шести основным компонентам делятся в основном на девять групп или девять классов; каждой из них может иметь 25 разновидностей.

Графическое изображение химического состава минеральных вод бассейна реки Раздан.

Mg > Na > Ca															
Mg > Ca > Na															
Mg > Na															
Mg > Ca															
Mg															
Ca > Na > Mg											8, 28				41
Ca > Mg > Na					85									36	34
Ca > Mg															
Ca > Na			27								29, 30 31.				
Ca															
Na > Mg > Ca			2, 6												
Na > Ca > Mg			1, 5, 10 12, 15, 87		16						26, 32 33, 44 45				33, 40
Na > Mg															
Na > Ca			4, 7, 9, 11, 13, 14, 17, 19 20, 24, 25		43						42, 39 47, 45 48, 49				
Na			18, 21, 22 23, 3												
	Cl	Cl > SO <sub>4</sub>	Cl > HCO <sub>3</sub>	Cl > SO <sub>4</sub> > HCO <sub>3</sub>	Cl > HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub> > Cl	SO <sub>4</sub> > HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub> > Cl > HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub> > HCO <sub>3</sub> > Cl	HCO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> > Cl	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>



Эти девять классов следующие:

I—хлоридно-натриевые воды,

II—хлоридно-кальциевые воды,

III—хлоридно-магниевые воды,

IV—сульфатно-натриевые воды,

V—сульфатно-кальциевые воды,

VI—сульфатно-магниевые воды,

VII—гидрокарбонатно-натриевые воды,

VIII—гидрокарбонатно-кальциевые воды,

IX—гидрокарбонатно-магниевые воды.

Из графического изображения видно, что на основании результатов шестикомпонентного анализа, природные воды делятся на девять основных классов (или групп) и каждый из них, согласно своему ионно-солевому составу, приурочен к определенным геологическим структурам и гидрогеохимической обстановке. Так, например, первый класс вод—в ионно-солевом составе преобладающим является хлористый натрий. К этому классу принадлежат, главным образом, морские, океанические воды и воды континента, выщелачивающие осадочные соленосные породы морского происхождения. К хлор-натриевым континентальным водам относятся воды курорта Арзни (Армянской ССР), Наугейм, Кисинген, Зоден на Таунусе (Германия), Дарры-даг (Азерб. ССР) и др.

Второй класс вод: в ионно-солевом составе этого класса вод преобладающим является хлористый кальций. Данный класс вод генетически связан с метаморфизированными погребенными морскими водами. Типичными представителями являются минеральные воды Лугела Грузинской ССР, Тыретские и Осинские минеральные воды Иркутской области. Кроме того, воды данного класса встречаются на территории Большеземельной тундры (Ненецкий национальный округ Коми АССР), по результатам наших прежних исследований.

Третий класс вод: в ионно-солевом составе преобладающим является хлористый магний. В природных условиях типы этих вод встречаются в некоторых озерах.

Четвертый класс вод: в ионно-солевом составе преобладающим является сернокислый натрий. Также связан с выщелачиванием морского комплекса. Типичным представителем является минеральная вода курорта Моршин. Кроме того,

представителем этой группы могут быть воды Карабугаза на Каспийском море.

Пятый класс вод: в ионно-солевом составе преобладающим является сернокислый кальций. Тип этих вод также в основном связан с выщелачиванием пород морского комплекса. Типичными их представителями являются подземные воды, циркулирующие в районе Шорахпюрского антиклиналя близ гор. Ереван.

Шестой класс вод: в ионно-солевом составе преобладающим является сульфат магния. Представителем этой группы являются грунтовые воды засушливых областей и воды некоторых озер.

Седьмой класс вод: в ионно-солевом составе преобладающим является гидрокарбонат натрия. Типичным представителем могут служить углекислые минеральные воды Дилижан, Боржоми, Виши (Франция).

Восьмой класс вод: в ионно-солевом составе преобладающим является гидрокарбонат кальция. Представителем этого класса вод может служить обширная сеть поверхностных грунтовых, циркулирующих в зоне интенсивного водообмена.

Девятый класс вод: в ионно-солевом составе которых преобладающим является гидрокарбонат магния. Типичным представителем этого класса является вода оз. Севан.

По этой классификации нами были обработаны анализы минеральных вод бассейна р. Раздан, результаты которых наглядно показывают, что минеральные воды исследуемого района распределяются по четырем классам.

В первом и втором классах сосредоточена Разданская группа минеральных вод, в седьмом и восьмом классах—минеральные воды Мармарикской группы.

В основных выходах минеральных вод бассейна р. Раздан были обнаружены следующие микроэлементы: J, Br, Li, K, Sr, Mn, B и т. д.

### ФОРМИРОВАНИЕ УГЛЕКИСЛЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД БАСЕЙНА Р. РАЗДАН

Углекислые воды в природных условиях встречаются в многочисленных разновидностях по В. В. Иванову: горячие

—больше 37°C, теплые—больше 20°C и холодные—меньше 20°C, с разной степенью минерализации и разнообразным ионно-солевым составом.

Многими исследователями за последние годы было установлено, что чем глубже в земной коре находится углекислая минеральная вода, тем больше она насыщена угольной кислотой. Например, ниже глубины 50 м содержание угольной кислоты в водном растворе достигает нескольких десятков грамм в литре.

В настоящее время происхождение угольной кислоты объясняется, в основном, термометаморфизмом пород.

Район исследуемых нами минеральных источников характеризуется наличием двух месторождений—месторождение минеральных вод ущелья р. Раздан, связанное с гипсонососоленосной серией пород, и месторождение минеральных вод ущелья р. Мармарик, связанное с древними метаморфическими осадочными и интрузивными породами. Выделение угольной кислоты в этих двух месторождениях связано с термометаморфизмом пород.

В районе ущелья р. Раздан господствует выщелачивание каменной соли путем сложного процесса диффузии, а в районе ущелья р. Мармарик, в процессе формирования ионно-солевого состава минеральных вод, одновременно с процессом диффузии происходят иные процессы, как например, испарение и осмос.

Результаты исследования показали, что в минеральных водах основным является углекислый газ, содержание которого доходит до 99%, сероводород отсутствует. В минеральной воде многих источников ущелья р. Раздан обнаружен кислород, это свидетельствует о том, что данные источники имеют связь с пресными водами. Выделение угольной кислоты обусловлено наличием тектонических нарушений.

Были подробно изучены также условия выпадения травертина из минеральных вод и солевой его состав. В пределах бассейна можно найти три вида травертина: 1) состоящий главным образом, из солей железа, 2) из солей железа и карбоната кальция и 3) из и карбоната кальция.

*Формирование ионно-солевого состава минеральных вод*



*ущелья р. Раздан.* Разведочными работами установлено, что соленосная серия простирается на обширной территории и перекрыта мощными водонепроницаемыми глинистыми отложениями. Циркулирующие воды, очевидно, непосредственно не смывают каменной соли, ибо в противном случае надо было ожидать наличия минеральных вод с высокой концентрацией хлористого натрия.

По-видимому, хлористый натрий из коренного залегания диффундирует в верхние горизонты глинистых пород. Циркулирующие здесь пресные воды растворяют его, приобретая, таким образом, первые солевые компоненты.

В ущелье р. Раздан, где сосредоточены выходы угольной кислоты, вода, содержащая хлористый натрий, обогащается последней, становясь очень активной по отношению к карбонатным породам. При соприкосновении с ними происходит накопление в воде солей кальция и магния.

Сульфатные соли мигрируют из третичных гипсоносных глин путем прямого растворения в воде, т. е. путем диффузионного выщелачивания.

Железо в очень незначительном количестве переходит в водную среду в пределах ущелья р. Раздан из железосодержащих минералов. Присутствие незначительного количества иода и брома в минеральных водах исследуемого участка связано с осадочной серией.

*Формирование ионно-солевого состава минеральных вод Мармарикской группы.* В солевом составе минеральных вод Мармарикской группы первое место по количественному содержанию занимает гидрокарбонат натрия, второе—хлористый натрий, затем соли гидрокарбоната кальция и последнее место—гидрокарбонат магния.

Образование вышеупомянутых солей в минеральной воде происходит следующим образом: атмосферные воды по трещинам и порам пород проникают на значительную глубину земной коры, унося с собой с поверхности некоторое количество солей. В области относительно высоких температур, вода нагревается. При повышенной температуре вода приобретает способность растворять горную породу и обогащаться химическими компонентами.

По пути атмосферные воды, встречаясь с угольной кислотой, поднимающейся со значительных глубин, насыщаются ею и становятся сильно агрессивными.

При соприкосновении с горной породой в воду, в первую очередь, переходит хлористый натрий.

Образование гидрокарбонатных солей происходит, главным образом, за счет растворения карбоната кальция, а также за счет распада полевых шпатов. Накопление в воде гидрокарбонатов щелочных металлов может явиться результатом обменной реакции. Гидрогеохимические условия формирования химического состава вод Мармарикской группы способствуют накоплению бикарбонатных солей.

Происхождение сернокислых солей связано с окислением и разрушением минералов, как, например, пирита. Железо в бикарбонатной форме может образоваться в результате растворения в воде при наличии угольной кислоты.

Как видно из табл. 1, минеральные воды ущелья р. Раздан по ионно-солевому составу относятся, главным образом, к хлоридо-гидрокарбонатно-натриево-кальциево-магниево- или натриево-магниево-кальциевому типу, а минеральные воды ущелья р. Мармарик относятся к гидрокарбонатно-хлоридно-натриево-кальциевому типу.

Ближайшим аналогом минеральных вод курорта Арзни являются минеральные воды Зоден на Таунусе в Германии и Дарры дагские минеральные воды Азерб. ССР. Упомянутые воды аналогичны не только по ионно-солевому составу, они являются аналогами и по условиям формирования.

Минеральные воды Анкаван являются аналогами минеральных вод курорта Эссентуки.

## ВЫВОДЫ

1. Общность главного источника углекислоты (имеющей метаморфическое происхождение) определяет бассейн как единую провинцию углекислых вод. Что же касается самостоятельности основных групп минеральных вод, то она объясняется индивидуальными особенностями геологической структуры и гидрогеохимической обстановки, обуславливающими своеобразие химического состава минеральных вод.

Минеральные воды бассейна р. Раздан разделяются на две группы. Первая группа вод сосредоточена в ущелье р. Раздан, вторая—в ущелье р. Мармарик. Мармарикская группа минеральных вод связана с метаморфической серией пород кембрия и докембрия, а Разданская группа—с гипсоносно-соленосной серией пород третичного периода.

2. Гидрогеологические условия ущелья р. Раздан различны для его правобережья и левобережья.

Рельеф правобережного участка района минеральных вод бассейна р. Раздан сильно расчленен, что создает хорошие условия для сбора атмосферных вод в речные системы. Этим же объясняется отсутствие крупных выходов подземных вод. Отмечаются многочисленные мелкие выходы, дебит которых сильно колеблется во времени.

Левобережье верхнего и среднего течения р. Раздан представляет собой огромный холмистый участок, загромаженный лавовыми потоками разного возраста. Верхний лавовый покров разбит сетью трещин, через которые происходит инфильтрация выпадающих здесь атмосферных осадков. Этим и объясняется отсутствие выходов подземных вод на данном участке. Выходы подземных вод здесь приурочены только к ущелью р. Раздан, которое и является дренажем для подземных вод левобережного участка.

3. Подземные воды района можно разбить на четыре группы. *Первая группа*—трещинные воды четвертичных лав с общей минерализацией в 0,1 г/л; типичные представители—воды родников Карасунак. *Вторая группа* вод циркулирует в контактной зоне эффузивной и осадочной толщ; общая минерализация этих вод достигает 0,5-0,8 г/л; типичные представители—воды курорта Арзни и района строящейся Ереванской ГЭС. *Третья группа* вод циркулирует в соленосной серии пород. Общая минерализация этих вод колеблется в пределах 10-60 г/л. Наконец, *четвертая группа*—минеральные воды ущелья р. Раздан. Типичными представителями являются минеральные воды курорта Арзни и сс. Кетран, Анкаван.

4. Установлено, что питание пресных вод ущелья р. Раздан

дан не связано с оз. Севан (кроме Джраратской и Атарбекинской групп источников).

5. Подземные воды относятся к двум зонам:

I зона интенсивного водообмена. К ней относятся все пресные воды и опресненные минеральные воды бассейна с низкой температурой и минерализацией.

II зона затрудненного водообмена. К ней относятся минеральные воды коренных струй.

6. Пресные воды очень слабо минерализованы. В большинстве случаев температура и минерализация пресных вод зависят от высоты выхода источника. Например, пресные воды Карасунак находятся на отметке 1500 м, минерализация их 80-100 мг/л, температура 7-8°C; пресные воды ущелья р. Раздан у с. Арзни выходят на отметке 1250 м, температура воды 9-10°C, минерализация 120-150 мг/л.

7. Минеральные воды ущелья р. Раздан разделяются, в свою очередь, на следующие группы: Арзнинскую, Аргелскую, Кетранскую, Авазанскую.

Все эти воды, кроме минеральной воды с. Авазан, относятся к хлор-гидрокарбонатно-натриево-кальциевым водам. Минеральные воды с. Авазан, в которых наблюдается повышенное содержание сульфата, относятся к хлор-гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-кальциевым водам.

8. Минеральные воды Разданской группы формируются за счет инфильтрационных атмосферных вод.

9. Формирование химического состава минеральных вод ущелья р. Раздан происходит, следующим образом: поток пресных вод, по мере движения по древнему рельефу, выщелачивает хлористый натрий, которым богата осадочная серия; водный раствор NaCl является уже агрессивным по отношению к карбонатной породе, в которой он циркулирует. Агрессивное свойство этих растворов увеличивается благодаря поглощению углекислого газа. Присутствие угольной кислоты приводит к накоплению в водной среде гидрокарбонатных солей.

Сульфатные соли связаны с непосредственным растворением гипса из осадочной серии. Происхождение ионов натрия и калия связано, главным образом, с породами соленосной се-

рии. Накопление щелочных металлов может быть объяснено характером обменных реакций.

10. По составу газы, сопровождающие минеральные воды бассейна р. Раздан, делятся на две группы: Мармарикскую и Разданскую. Газы, сопровождающие минеральные воды Разданской группы, имеют ингриденты воздушного происхождения, как, например, кислород и азот.

11. В процессе формирования минеральных вод Мармарикской группы, кроме инфильтрационных вод, принимают участие воды, выделяющиеся в результате термометаморфизма пород.

12. Минеральные воды ущелья р. Мармарик делятся на следующие группы: Анкаванскую, Кармировитскую и Меградзор-Зарскую.

Группы Анкаванских и Меградзор-Зарских минеральных вод по химическому составу очень близки между собой. Они отличаются друг от друга только степенью минерализации. Общая минерализация вод Анкаванской группы почти вдвое выше минерализации вод Меградзор-Зарской группы. Вышеупомянутые минеральные воды относятся к гидрoкарбонатно-хлоридо-натриево-кальциево-углекислым субтермальным водам.

Группа минеральных вод с. Улашик относится к гидрoкарбонатно-хлоридо-сульфатно-натриево-кальциевым углекислым холодным водам.

13. Формирование химического состава минеральных вод ущелья р. Мармарик связано с метаморфической серией пород кембрия и докембрия. Соли гидрокарбонатов связаны с выщелачиванием карбонатной породы под воздействием угольной кислоты и распада полевых шпатов. Минеральные воды Анкавана в основном формируются на значительных глубинах земной коры.

14. Углекислый газ является результатом метаморфических процессов. Тектонические нарушения района служат каналами для транспортировки углекислого газа на дневную поверхность. Углекислота под высоким давлением хорошо растворяется в воде и потому мигрирует с водой на значительное



расстояние, Угольная кислота в больших количествах выделяется в ущелье р. Мармарик.

Содержание угольной кислоты в минеральных водах достигает у выходов 2 г/л и больше. *Минеральные воды Арзни, Арзгел* являются аналогами минеральных вод курорта Зоден на Таунусе в Германии и, кроме того, аналогами минеральных вод с. Ехигнис Ехегнадзорского района и Дарры-дагских минеральных вод Нахичеванской автономной республики Азербайджанской ССР.

Минеральные воды Мармарикской группы являются аналогами минеральных вод курорта Ессентуки Кавказских минеральных вод.

16. В результате разведочных работ, проведенных Армгидэпом в 1956 г., в районе строящейся Ереванской ГЭС обнаружены выходы высокоминерализованных вод с общей минерализацией в 60 г/л; это рассолы с богатым содержанием микроэлементов—J, Br, Li, K, Sr, Mn, V и т. д. Эти воды также являются ценными перспективными ресурсами для бальнеотерапии.

17. Считаю необходимым до начала эксплуатации законсервировать все выработки, вскрывшие минеральную воду в Анкаване для предохранения месторождения от истощения. Буровую скважину №4 следует передать в распоряжение завода разлива воды Анкавана.

18. Опыт показал, что мелкими буровыми работами невозможно увеличить дебит минеральных вод курорта Арзни. Наоборот, подобные буровые работы нарушают систему равновесия дебита, температуры, ионно-солевого и газового состава. Следовательно, необходимо запретить всякие мелкие буровые работы в районе курорта.

19. Одним из важных мероприятий для нормальной эксплуатации минеральных вод является замена старых обсадных труб в скважинах новыми из нержавеющей стали для обеспечения длительной работы источников.

20. В дальнейшем, в связи с расширением курорта возникает дополнительная потребность в минеральной воде из основных источников, для покрытия которой можно в свобод-

ное от нагрузки время накапливать минеральную воду в специально сконструированных резервуарах.

Необходимо также установить строгий контроль за режимом эксплуатации источников.

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ НАСТОЯЩЕЙ РАБОТЫ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ СТАТЬЯХ

1. Бозоян О. А. К вопросу формирования химического состава минеральных вод ущелья р. Раздан. Сборник научных трудов Армянского института курортологии, в. III, Ереван, 1957.

2. Бозоян О. А. Минеральные воды курорта Арзни и их аналоги. Известия АН Арм. ССР, серия геологических и географических наук, т. X, № 1. АН Арм. ССР, Ереван, 1957.

3. Бозоян О. А. и Меликсетян А. О. Физико-химические свойства минеральных вод Анкаван. Сборник научных трудов «Вопросы геологии и гидрогеологии Армении». Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1956.

4. Бозоян О. А. Графическое изображение химического состава минеральных вод. Сборник трудов Института курортологии, Ереван, 1957.

5. Бозоян О. А. Графическое изображение химического состава минеральных вод. Известия АН Арм. ССР, геолого-географ. серия, т. XII, в. 3, Ереван, 1959.

6. Бозоян О. А. Формирование ионно-солевого состава минеральных вод в долине р. Мармарик. Изучение и эксплуатация минеральных вод Азербайджанской ССР, Баку, 1960.

336