

ИЗОТОПНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД АРМЕНИИ

© 2005 г. Э. С. Халатян

Институт геологических наук НАН РА
375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения
E-mail: hrshah@sci.am

Поступила в редакцию 09.06.2004 г.

Статья посвящена истории развития и применения изотопных исследований минеральных вод, проведенных в Армении различными организациями. Кратко отмечаются наиболее интересные результаты и охарактеризованы возможности их применения в решении ряда геологических задач. Приведены сведения о возрасте углекислых минеральных вод основных месторождений Армении, используемых в бальнеологии и в розливных целях.

Накоплена значительная литература, свидетельствующая о том, что в процессе распределения химических элементов в геосфере вода играет исключительно важную роль. Располагая результатами изотопного состава воды, можно установить пути формирования и время пребывания воды в водообменных природных системах, изучить взаимосвязь поверхностных и подземных вод, а также условия смешения природных вод в водоемах замкнутых и открытых (Ферронский, Поляков, Романов, 1984).

В Республике Армения в различные годы проводились изотопные исследования минеральных вод, пролившие свет на происхождение сульфатов и серы (Виноградов, Ананян, 1970), углекислого газа (Буачидзе, 1981), гелия (Матвеева, Сарновский, 1976), радона и гелия (Игумнов и др., 1979, 1985, 1999).

В 1984г. нами совместно с сотрудниками Лейпцигского Института изотопных и ядерных исследований Р.Треттином и А.Хиллером были обследованы месторождения углекислых минеральных вод Армении: Арзни, Бжни, Арзакан, Анкаван, Дилижан, Азатаван, Джермук, речные воды, ручьи, вода озера Севан, атмосферные осадки – дождь, снег, град в ряде пунктов Армении.

В анионном составе углекислых минеральных вод преобладают хлор и гидрокарбонат, а по катионному составу исследованные воды сходны. В полевых условиях пробы отбирались в плотнозакрываемые пластиковые бутылки объемом в 1л 20мл и привозились в лабораторию для изотопных исследований.

Для измерения ^{14}C отбор проводился в полевых условиях в соответствующей аппаратуре, где выделялся углекислый газ и абсорбировался в КОН.

Результаты анализов сведены в таблицы 1 и 2. Из исследований на ^3H и ^{14}C следует, что их концентрации, как правило, не нулевые, следовательно, в этих водах участвуют "молодые" воды.

Химический и изотопный состав исследованных вод иллюстрируется рис.1 и таблицами.

Возраст значительной доли молодых вод не менее 25 лет (минеральные воды Дилижана и Бжни). Вероятнее всего, для формирования состава минеральных вод Дилижана процесс смеси метеорных вод с более "древними" длится

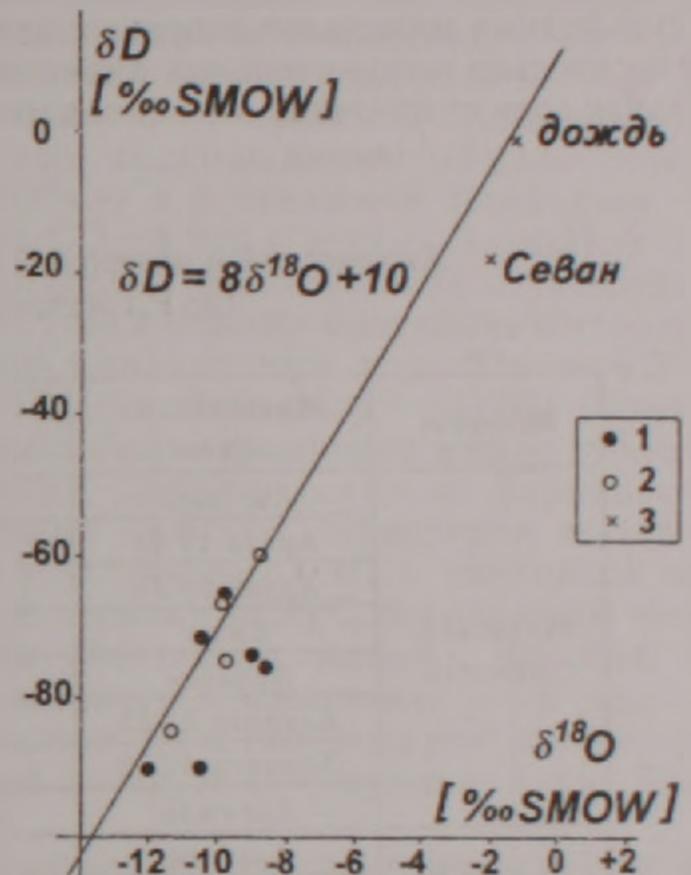


Рис.1. Корреляция значений δD и $\delta^{18}\text{O}$ углекислых минеральных вод Армении. 1. Минеральные воды. 2. Ручьевые и речные воды. 3. Прочие.

от нескольких месяцев до нескольких лет.

При рассмотрении соотношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в минеральных водах Дилижана наблюдаются отклонения от соответствующих соотношений в воде реки Бдан (соотношения близки к региональным кларкам в порфиридах и туфобрекчиях). Кроме того, в минеральных водах Вайоцзора, близ с.Малишка, в целестинах были определены $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.7050 \pm 0.0001$. Результат однозначно указывает на талассогенное происхождение целестина. Такие результаты характерны для базальтов, мантийных пород. Возраст обследованных минеральных вод до 45-50 лет.

Минеральная углекислая вода из глубокой Азатаванской скважины (с глубины 2615-2638м) по абсолютному возрасту оказалась наиболее древней – средний абсолютный возраст оказался около 10000 лет. Измеренные значения $\delta^{13}\text{C}$ относятся к CaCO_3 , полученного как конечный продукт экстракции для анализа ^{14}C . Здесь эффект изотопии следует ожидать ввиду условий отбора проб. По мнению Г.И.Буачидзе (1981), значение $\delta^{13}\text{C}$ коррелируется с возрастом складчатости ре-

гиона, падая от области раннеальпийской к позд-неальпийской. Углекислота в основном имеет метаморфическое происхождение. Результаты, полученные совместно с Р.Треттином и А.Хиллером, близки к этим величинам. Все измеренные соотношения $\delta^{13}\text{C}$ согласуются с региональными кларковыми содержаниями соответствующих пород, в которых формируются углекислые минеральные воды.

Согласно ожиданию в гидрокарбонатных натриевых термах Бжни и Арзакана выявлены высокие значения $\delta^{13}\text{C}$ сульфатной серы. Измеренные изотопные значения лежат в ожидаемой области, характерной для осадочных и вулканогенных пород. Значение $+17\text{‰}$ $\delta^{34}\text{S}$ Азатавана хорошо согласуется со значениями эвапоритов. Генезис растворенного сульфата за счет окисления сульфидных минералов неправдоподобен из-за относительно положительных значений. Значительная доля химических элементов минераль-

ных вод выщелачивается из водовмещающих пород.

Активность трития во флюиде Джермука указывает на возраст 45-50 лет.

Диаграмма 2 δD и $\delta^{18}\text{O}$ показывает, что обследованные нами воды метеорного происхождения, и, очевидно, некоторые отклонения от прямой вызваны скорее всего высотным эффектом. Для исследованных минеральных вод установлена корреляционная зависимость $\delta\text{D}=8\delta^{18}\text{O}+10$. Наряду с углекислыми минеральными водами опробованы также и атмосферные осадки, выпадавшие в пределах Мерцавана, Раздана и Фонтана.

По данным тритиевого анализа, проведенного во Франции (Харатян, 2000), активность трития во флюиде Анкавана показывает возраст – 25-35 лет, Арзакана – около 40-45 лет, Мартуни – от 25 до 30 лет, активность трития во флюиде двух скважин Сисиана – P41 (Уз) и P47 (Урут)

Таблица 1

Химический и изотопный состав углекислых минеральных вод Армении
(по Р.Треттину, А.Хиллеру, Э.С.Халатяну, 1984)

Название	Местонахождение	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ SMOW	δD ‰ SMOW	$\delta^{34}\text{S}$ ‰ TROILIT	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
Минерализованная	Азатаван			$+17.0\pm 0.5$	0.07067 ± 0.0004
	Арзни 1/64	-12.1	-90		0.07067 ± 0.0003
	Арзни 6/64	-10.5	-90	+8.2	0.07067 ± 0.0004
	Бжни	-10.5	-72		0.07070 ± 0.0005
	Арзакан	-8.7	-76	+10.6	0.07075 ± 0.0005
	Анкаван 3/63	-9.1	-74		0.07063 ± 0.0003
	Анкаван 4/62				0.07059 ± 0.0005
	Дилижан	-9.9	-66	+16.2	0.07046 ± 0.0004
Речная и ручьи	Арзакан	-9.8	-75		0.07071 ± 0.0006
	Дилижан	-9.9	-67		0.07064 ± 0.0004
	Бжни	-8.9	-60		
	Гегард	-11.3	-85		
Остальные	дождь/ Арзни	-1	0		
	оз. Севан	-1.8	-17		

Таблица 2

Изотопный состав углекислых минеральных вод Армении
(по Р.Треттину, А.Хиллеру, Э.С.Халатяну, 1984)

Название	Местонахождение	Температура, °C	Минерализация, mg/l	HCO_3 mg/l	CO_2 mg/l	^3H TU	^{14}C pmc	$\delta^{13}\text{C}_{\text{BaCO}_3}$ ‰ PDB
Минерализованная	Азатаван	39.3	37000	2450		0 ± 1	0.5 ± 0.7	+3.8
	Арзни 1/64	21.2	>4000	1000-4000	1000-3000	0 ± 1	2.5	+0.6
	Арзни 6/64	17.5	>4000	1000-4000	1000-3000	2 ± 1	1.7	
	Бжни	30.5	5950	3400	880	28 ± 2	1.5	-0.8
	Арзакан	40.0	5250	2900		4 ± 1	1	+1.9
	Анкаван 3/63	35.3	8300	3500		1 ± 1	1	+2.7
	Анкаван 4/62	35.3	8300	3500		2 ± 1	1	+2.4
	Дилижан	11.5	4000	2400	2200	42 ± 2	1	+0.6
Речная и ручьи	Арзакан					56 ± 3		
	Дилижан					71 ± 4		

показывает возраст 40-45 лет. Эти работы подтвердили возраст, ранее приводимый Р.Треттином, А.Хиллером, Э.Халатяном (1984).

К.Харатяном (2000) на Араратском участке Араксинской зоны и в южной части озера Севан исследовались вариации химического, газового состава подземных вод и стабильных изотопов в связи с землетрясениями. Отношения изотопов кислорода (^{18}O) к дейтерию (^2H) в водах Араратского участка – результат обмена глубинной CO_2 и воды, приводящего к "обеднению" вод ^{18}O и высоким значениям ^{13}C . Вариации пьезометрического уровня и химизма вод обусловлены деформациями поровой среды из-за изменений режима тектонических напряжений.

Таким образом, учитывая результаты изотопных исследований, можно считать, что углекислые минеральные воды метеорного генезиса подверглись незначительному гидротермальному влиянию. Углекислые минеральные воды формируются при выщелачивании водовмещающих пород и смешении разновозрастных групп вод.

Изотопные исследования не доказали существенного контакта воды с высокотемпературными перегретыми зонами. Отметим, что имеются литературные сведения о регулировании миграции гелия и углекислого газа в зонах, оперяющих глубинные разломы (Togetsen, Jenkins, 1982; Truesdell, Hulston, 1980; Игумнов и др., 1999). Особняком здесь стоят азатаванские углекислые минеральные воды, для которых возможен другой путь формирования, ведущий к высоким концентрациям кислорода и дейтерия.

По мнению Е.С.Матвеевой и А.В.Сарновского, преобладание $^3\text{He} > ^4\text{He}$ свидетельствует о мантийном происхождении гелия в минеральных водах.

Омолаживание глубинных разломов отра-

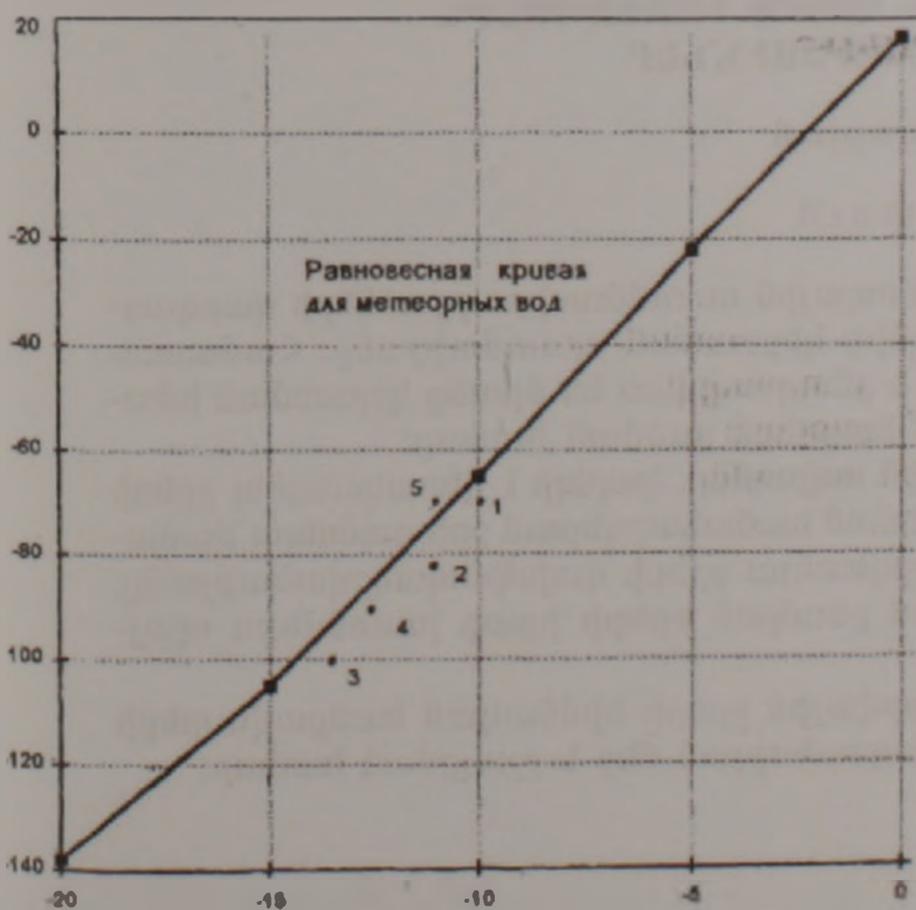


Рис 2. Отношение D/O^{18} в водах Армении (на октябрь 1992г.). 1 – Анкаван, 2 – Арзакан, 3 – Мартуни, 4 – Сисиан P41, 5 – Сисиан P47.

жается в перераспределении гелия в минеральных водах региона. Поведение гелия не зависит от химического типа воды, но зависит от глубины формирования, тектонической активности структуры.

Изотопные исследования следует в дальнейшем расширить – проводить и на других месторождениях углекислых минеральных вод Армении.

В.А.Игумновым, Р.Н.Таяном и Э.С.Халатяном (1999) проводились гидрогеохимические наблюдения в сочетании с изотопными исследованиями. Благодаря этим работам выделены аномальные геохимические поля в Каджаран-Гярдском блоке (Каджаранское и Гехинское рудные поля), который пересечен рядом субширотных разломов, где контрастными геохимическими аномалиями выделяются Гехинский и Вохчинский участки. Разломы трассируются источниками и скважинами с минеральной водой, отличающейся высокими содержаниями общего гелия (до $2000 \cdot 10^{-5} \text{мл/л}$ в скважине Лернадзор – 2 и общего CO_2 – 4.8г/л в скв. Лернадзор 3/65). По изотопному анализу гелия и углерода углекислого газа выявлена мантийная составляющая в газах минеральных вод: $^3\text{He} - 4.3 \cdot 10^{-6}$ и $^{13}\text{C} - 5.6\%$ (скв. Лернадзор – 13/83). Вохчинский разлом наиболее пронизаем между субмеридиональными Дебаклинским и Лернадзорским разломами. Участок характерен аномалиями гелия и углекислого газа с мантийной составляющей, термами до 35°C , повышенным тепловым потоком (Аветисянц, Ананян, Игумнов, 1968). Высказывалось предположение об эндогенной активности участка в связи с нескрытой молодой экстрезией (Игумнов, Таян, Халатян, 1999).

Отмечается, что проницаемость зон Дебаклинского и Лернадзорского разломов резко увеличивается в местах пересечения с субширотными структурами. К последним относятся Гехинский и Вохчинский разломы, Мегринская зона повышенной трещиноватости и др. Известны минеральные источники и месторождения углекислых вод (Личкское, Шабадинское и др.) с холодными (до 16°C) углекислыми, слабогелионосными (до $20 \cdot 10^{-5} \text{мг/л}$) водами.

Над рядом минеральных вод этого региона детали гидрогеохимические наблюдения вел В.А.Игумнов на геохимических станциях Национальной службы сейсмической защиты РА Лернадзор – 2 и Лернадзор – 13/83. С 1995 года по международной программе совместно с Германией на этих станциях непрерывно измеряется ряд параметров (рН, температура, R_p , электропроводность и т.д.). В.А.Игумновым прослежены вариации гелия на станциях Каджаран в связи с сильными землетрясениями ($M > 6.5$) – Норман, 1983г., Турция; Спитак, 1988г., Армения; Рудбар, 1990г., Иран; Рача, 1991г., Грузия и т.д. Релаксация гидрогеохимических показателей обычно после сильных землетрясений длится около года, но после Рудбарского землетрясения ($M \sim 7.7$) концентрационный уровень, по В.А.Игумнову, по He

и НСО, не восстановился, а перешел на более низкий уровень.

Резюмируя вышеизложенное, отметим многоцелевое использование результатов изотопных исследований не только для решения генезиса отдельных компонентов минеральных вод с установлением мантийной составляющей, установления активизации разломов, но и для установления пунктов по извлечению углекислого газа, инертных газов, ценных микрокомпонентов из минеральных вод Республики Армения.

ЛИТЕРАТУРЕ

- Аветисянц А.А., Ананян А.Л., Игумнов В.А. Тепловой поток по скважине Каджаран-480. ДАН АрмССР, 1968, т. XLVI, N3, с. 110-113.
- Буачидзе Г.И. К вопросу генезиса природных газов территории Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1981, т. XXXIV, N4, с. 86-92.
- Виноградов В.И., Ананян А.Л. Изотопный состав серы в современных гидротермах Малого Кавказа. В сб.: Очерки геохимии ртути, молибдена и серы в гидротермальном процессе. М.: Наука, 1970, с. 248-257.
- Игумнов В.А., Халатян Э.С. Геохимические исследования с целью прогноза землетрясений в Армянской ССР. Геохимия, 1979, N3, с. 365-371.
- Игумнов В.А., Геворкян Р.Г. Режимные наблюдения за гидрогеохимическими предвестниками на прогностических полигонах Армении. В сб.: Гидрогеохимические предвестники землетрясений. М.: Наука, 1985, с. 251-255.

- Игумнов В.А., Таян Р.Н., Халатян Э.С. К неотектонической активности Южного Зангезура. "Айастаншинарарнери тегскагир", 1999, N4, с. 8-9.
- Матвеева Э.С., Сарновский А.В. Гелий в подземных водах Малого Кавказа. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1976, т. XXIX, N6, с. 56-65.
- Ферронский В.И., Поляков В.А., Романов В.В. Космогенные изотопы гидросферы. М.: Наука, 1984, 267 с.
- Igumnov V., Kazarian A. The geochemical precursors to earthquake and relaxation of geochemical parameters. Proceedings of scientific meeting: Migration of fluids in the subsoil and seismic events: Compared experience. Venice, Italy, 1993, p. 149-161.
- Kharatian K. Comportement Chimique et Isotopique Des Eaux Souterraines en Zone Sismique Bassin de L'arax et de Sevan (Armenie). Pour obtenir le grade de Docteur de l'Universite d'Avignon et des Pays de Vaucluse. These. Academie d'aix-Marseille. 28 fevrier 2000. 214p.
- Togersen T., Jenkins W.J. "Helium isotopes in geothermal system, Iceland, The Geysers Rofi River and Steamboat Springs". Geochimica et Cosmochimica Acta 46 (1982), pp. 739-748.
- Trettin R., Hiller A., Chalatjan E.S. Komplexe Isotopenuntersuchungen an armenischen Mineralwässern. ZFMITTEILUNGEN, Berichte des Zentralinstituts für isotopen – und strahlenforschng. Leipzig, 84, 1984, pp. 391-401.
- Truesdell A.H., Hulston J.R. "Isotopic evidence on environments of geothermal systems" In: Frintz P. and Fontes J.Ch. (ed.): Handbook of Environmental Isotope Geochemistry. Vol.1. The Terrestrial Environment, A.Elsevier Sc. Pub. Comp., Amsterdam – Oxford – New York 1980, pp. 179-226.

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՋՐԵՐԻ ԻԶՈՏՈՊԱՅԻՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Է. Ս. Խալաթյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածը նվիրված է Հայաստանում իզոտոպային ուսումնասիրությունների զարգացման և տարբեր կազմակերպությունների կողմից կիրառման սլատմությանը: Համառոտ նշվում են առավել նշանակալի արդյունքները և բնութագրված են նրանց կիրառման հնարավորությունները մի շարք երկրաբանական հարցերի լուծման համար:

Ունենալով ջրի իզոտոպային կազմի մասին տվյալներ, կարելի է վերականգնել ջրերի ձևավորման ուղիները, բնական ջրափոխանակման համակարգերում ջրի գտնվելու ժամանակը, ուսումնասիրել մակերևույթային և ստորգետնյա ջրերի փոխկապակցվածությունը, ինչպես նաև՝ փակ և բաց ջրավազաններում բնական ջրերի իրար խառնվելու պայմանները:

Բերված են տեղեկություններ ՀՀ ածխաթթվային ջրերի հիմնական հանքավայրերի հասակի մասին, որոնք օգտագործվում են ջրաբուծության մեջ և շալցման համար:

ISOTOPIC INVESTIGATIONS OF ARMENIA'S MINERAL WATERS

E. S. Khalatian

Abstract

The article deals with the history of development and application of the outcomes of isotopic investigations of mineral waters performed in Armenia by different organizations. The article briefs the most interesting results and characterizes the scope of their application in solving a number of geological problems. Data on the age of carbonaceous mineral waters of Armenia's major deposits used in balneology and for bottling purposes, are provided, too.