

Удельный вес нестандартных проб воды по санитарно-химическим показателям источников и разводящей сети коммунальных водопроводов за 2000-2004г.г.

№	Показатели качества воды	2000г.	2001г.	2002г.	2003г.	2004г.
1.	Сан. хим. исследования источников коммунальных водопроводов.	8,2	-	-	-	-
2.	Сан. хим. исследования разводящей сети коммунальных водопроводов в т.ч.	2,8	-	-	1,3	-
	По органолептике	-	-	-	100,0	-
	По общей минерализации	-	-	-	-	-
	По содержанию хим. веществ с превышением ПДК	4,8	-	-	-	-

Таблица 5

Данные результатов лабораторного контроля качества воды и водопроводных сетей, коммунальных водопроводов по санитарно – бактериологическим показателям 2003-2004г.г.

№	Определяемые ингредиенты	2003г.			2004г.		
		Всего проб	Из них не соотв.	% не соотв.	Всего проб	Из них не соотв.	% не соотв.
1.	Источники коммунальных водопроводов	64	6	9,4	68	3	4,4
2.	Коммунальные водопроводы всего	436	124	28,4	511	152	29,7
	В т.ч. из разводящей сети	351	144	41,0	420	146	34,7

Литература

1. Вернадский В.И. Избранные сочинения. М.: Наука, 1960, Т4, кн. 2. с. 210.
2. Н.А.Бакулина, Э.Л.Краева. Микробиология, Изд-во «Медицина», М.: 1976г. с. 401.
3. Отчеты ЦГСЭН г. Кизилюрта за 2003-2004 г.г.

Анализ взаимосвязи поверхностных и подземных вод Восточного Предкавказья по изотопно- геохимическим показателям

О.А. Маммаев, Б.О. Маммаев
ИИГ ДНЦ РАН, ИГ ДНЦ РАН

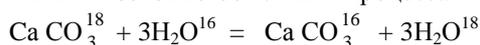
По современным научным представлениям изотопный состав природных вод является одним из наиболее надежных показателей их генезиса. С целью выяснения особенностей генезиса и формирования подземных вод Восточного Предкавказья и оценки степени их взаимосвязи с поверхностными водами нами проведен анализ изотопного состава водорода $\delta^2\text{H}$ и кислорода $\delta^{18}\text{O}$. Помимо собственных фактических данных использованы также данные литературных источников [16, 19, 20]. Значения изотопных отношений водорода и кислорода в водах приведены относительно международного стандарта – SMOW. Выборки значений всех изотопных отношений подземных вод различных структурно-гидрогеологических этажей и водоносных комплексов подвергнуты статистической обработке.

Анализ значений изотопных соотношений подземных вод Прикумской зоны Восточного Предкавказья выявил их относительно тяжелый изотопный состав (табл. 1). Интервалы значений от $\delta^{18}\text{O}$ пластовых вод мезозойских отложений (на уровне доверительной вероятности 0,95) составляют: для триасовых отложений $+(3,22 \div 5,34) \%$, для юрских отложений $+(4,11 \div 8,59) \%$, для меловых отложений $+(4,35 \div 7,92) \%$. Значения отношений $\delta^{18}\text{O}$ для рассолов юрских отложений достигают величины $+9,54 \%$ (Майская скв. 22.). Значения $\delta^{18}\text{O}$ для рассолов триасовых и меловых отложений образуют сравнительно узкие диапазоны. При этом в пластовых водах, связанных с карбонатными коллекторами, наблюдаются относительно высокие значения $\delta^{18}\text{O}$ по сравнению с терригенными.

Эта закономерность отмечается для пластовых вод всех водоносных комплексов мезозоя. Так, пластовые воды верхнего и карбонатной толщи нижнего мела характеризуются значениями $\delta^{18}\text{O} = +(6,72 \div 7,17) \%$ (Подсолнечная скв. 7, Сухокумская скв. 35), воды карбонатного горизонта верхней юры – $+(6,46 \div 9,54) \%$ (Сухокумская скв. 40, Майская скв. 22), в то время как для вод, приуроченных к песчаникам средней юры значения $\delta^{18}\text{O}$ снижаются до $+(4,54 \div 3,99) \%$ (Р. Хутор скв. 47, Сухокумская скв. 49). Аналогичным образом, с несколько меньшими значениями $\delta^{18}\text{O}$, меняются изотопные отношения для вод триасового водоносного комплекса. Воды, связанные с нижнетриасовыми карбонатными коллекторами характеризуются значениями $\delta^{18}\text{O}$, меняются изотопные отношения для вод триасового водоносного комплекса. Воды, связанные с нижнетриасовыми карбонатными коллекторами характеризуются значениями $\delta^{18}\text{O} = +(4,95 \div 4,57) \%$ (Юбилейная скв. 11, 12), а со среднетриасовыми $+3,75 \%$ (В. Сухокумская скв. 6). В целом изотопный состав рассолов мезозойских отложений обогащен кислородом–18, что мож-

но объяснить, наличием высоких термобарических условий (Т до 150 - 190 °С, Р до 400 атм. и более) и карбонатных коллекторных пород в пластах.

Эти обстоятельства способствуют активным изотопно-обменным процессам между водой и вмещающими породами по схеме:



Как известно кислород карбонатов осадочных отложений обогащен тяжелыми изотопами относительно подземных вод. Высокие значения $\delta^{18}\text{O}$ рассолов мезозойских отложений характеризуют степень гидрогеологической закрытости бассейна и длительность времени контактирования системы вода – вмещающие породы.

Изотопный состав водорода в целом для рассольных вод мезозойских отложений характеризуется интервалом значений равным $-(44,38 \div 48,42)$ ‰. Определение значения изотопных отношений для рассолов мезозойских отложений Платформенного Дагестана показывает изотопный состав близкий к предполагаемой ювенильной воде [30] для которой $\delta^2\text{H} = -48 \pm 20$ ‰ и $\delta^{18}\text{O} = 7-8$ ‰ (рис. 1).

Конечно, нельзя утверждать, исходя только из изотопного состава, ювенильный генезис этих рассолов. Хотя рассматриваемый район является напряженным по своему тектоническому строению и геотермическим условиям. Такой изотопный состав данных вод мог образоваться в процессе изотопно-обменных реакций с вмещающими породами при наблюдаемых термобарических условиях, но предполагаются в них определенные компоненты и глубинного происхождения.

Все термальные рассолы мезозойских отложений обогащены кислородом-18 и обеднены дейтерием относительно стандарта СМОВ. Для термальных вод мезо-кайнозоя отмечается утяжеление изотопного состава ($\delta^{18}\text{O}$) с увеличением глубины залегания водоносного пласта и ростом минерализации.

Относительно близкие значения $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$ для вод мезозойских комплексов Платформенного Дагестана можно объяснить общностью их генезиса и наличием перетоков между этими комплексами.

Полученные изотопные данные являются характерными для подземных вод, преимущественно морского генезиса, закрытых артезианских бассейнов. При анализе изотопных отношений рассматриваемых рассолов, необходимо также отметить и роль древних инфильтрационных вод в их формировании, которые частично заменили морскую воду в течение длительной геологической истории.

Низкие относительно среднеокеанической воды значения $\delta^2\text{H}$ в мезозойских рассолах можно объяснить частично так называемым «солевым эффектом», при котором в начальной фазе концентрирования морская вода обогащается ^2H , а после выпадения солей содержание тяжелых изотопов заметно уменьшается [8]. По увеличению $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$ с ростом минерализации и глубины для рассматриваемых мезозойских рассолов можно предположить незначительное влияние солевого эффекта. Вероятнее предположить разбавление рассолов древними инфильтрационными водами.

Для расчетов по исследуемому региону с учетом изотопного состава пластовых и поверхностных вод нами приняты значения $\delta^2\text{H} = -30,0$ ‰ – для седиментационных вод и $\delta^2\text{H} = -(100-130)$ ‰ – для инфильтрационных вод соответственно равнинной и горной частей. При принятых значениях $\delta^2\text{H}$ можно подсчитать долю инфильтрационных вод по формуле:

$$\delta^2\text{H} = (1-P/100) \delta^2\text{H}_1 + P/100 \delta^2\text{H}_2,$$

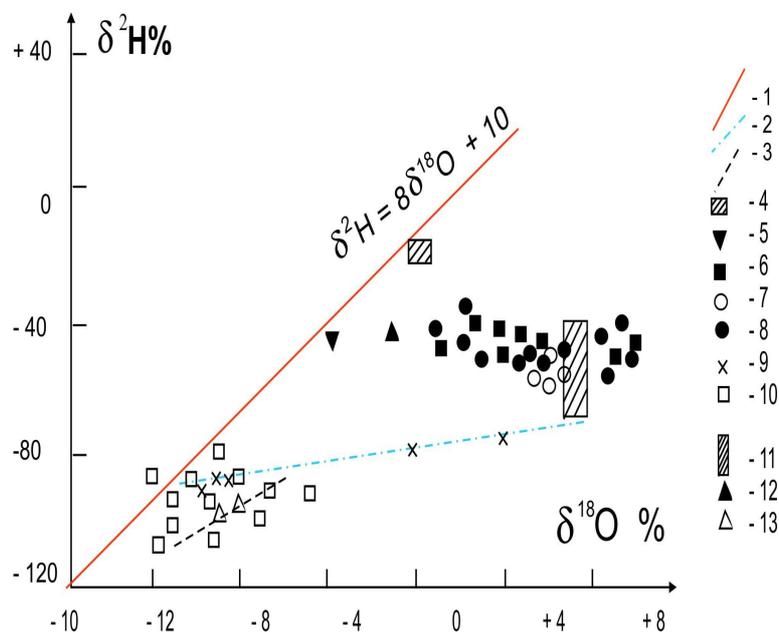
где $\delta^2\text{H}$ – фактический изотопный состав в исследуемой воде, $\delta^2\text{H}_1$ и $\delta^2\text{H}_2$ – изотопный состав морских и инфильтрационных вод для исследуемого региона, Р – содержание инфильтрационной воды в %.

Таблица 1.

Изотопный состав природных вод Восточного Предкавказья (по фоновым источникам ИПГ ДНЦ РАН и [19,20])

№	Местоположение, площадь, № скв.	Интервал перфорации, м.	Возраст отложений	Стабильные изотопы ‰	
				$\delta^2\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$
1	Юбилейная, 12	4502-4497	T ₁	-40	+4,95
2	---, 11	4503-4507	T ₁	-36,5	+4,57
3	Юбилейная, 4	3800-3830	J ₃	-33	+1,6
4	Майская, 22	3637-3645	J ₃		+9,54
5	Майская, 9	3136-3140	K ₁	-54	+5,11
6	Сухокумская, 49	3636-3640	J ₂	-48	+3,99
7	Сухокумская, 40	3331-3335	J ₃		+6,46
8	Сухокумская, 35	3272-3277	K ₁	-53	+6,72
9	Сухокумская, 46	3684-3678	J ₂	-42	+4,50
10	Южно-Сухокумская, 27	3282-3285	K ₁	-45	+3,7
11	Южно-Сухокумская арт. скважина.		N _{2ар}		-10,39
12	Южно-Сухокумская, 57	3385-3397	J ₃	-30	-0,9
13	Южно-Сухокумская, 15	3705-3710	J ₂	-20	+5,2
14	Восточно-Сухокумская, 6	4449-4463	T ₂	-42	+3,75
15	Русский хутор, 47	3467-3472	J ₂	-44	+4,54
16	-//-, 43	3179-3185	K ₁	-54	+5,53
17	-//-, 99	1476-1467	P _{г3}		+0,57
18	-//- сев., 24	3470-3476	J ₂	-31	-0,4
19	-//- сев., 30	3453-3455	J ₂	-36	+1,3
20	-//- артез. скв.		N _{2ар}		-10,45
21	-//- артез. скв.		N _{2ар}		-10,2

22	Тарумовка, 1	5429	J ₂	-47	+5,54
23	Мартовская, 5	3410-3430	J ₃	-49	+1,9
24	-//-, 7	3520	J ₂	-41	+2,4
25	Озек-суатская, 38	3191-3196	K ₁	-17	-1,5
26	Величаевская, 70	3089-3092	K _{1X}	-21	-0,9
27	Зимнеставкинская, арт. скв.	365-389	N _{2ар}	-62	-8,7
28	Курунтинская, 3	2555-2560	K ₂	-47	-1,1
29	Совхозная, 8	2465-2472	K ₂	-65	-3,7
30	Курган-Амурская, 18	2531-3534	K ₂	-63	-4,2
31	Лесная, 13	2801-2805	K ₂	-34	+4,0
32	Прасковейская, 57	2894-2929	K ₂	-72	-2,4
33	Колодезная, 201	3114-3117	K ₁	-58	-2,2
34	Виноградная, 1	33221-3225	K ₁	-51	+0,9
35	Владимировская, 21	3426-3432	K ₁	-50	-0,8
36	Восточная, 41	3133-3136	K ₁	-51	-2,7
37	Поварковская, 3	3085-3088	K ₁	-43	-1,8
38	Сухопадинская, 2	4833-4860	J ₃	-44	+1,5
39	Арбалинская, 8	3013-3035	J ₁	-54	-3,1
40	Зурмутинская, 10	4260-4320	T ₁	-59	+4,5
Поверхностные воды и минеральные источники					
41	Р. Сулак			-98,0	-9,00
42	Р. Терек			-94,0	-8,68
43	Р. Андийское Койсу			-98,0	-12,0
44	Гильяр, мин. ист.		J ₃	-85,0	
45	Каспийское море (Махачкала)	2		(-22-25,3)	-3,62
46	Тинди, мин. ист.		J ₁		-4,68
47	Дождевая вода (Махачкала)			-24,0	-0,63



1 – линия регрессии Крейга; 2 – зависимость изотопных отношений вод среднего миоцена; 3 – зависимость изотопных отношений речных вод; 4 – океаническая вода (СМОВ); 5 – морская вода Каспия у г. Махачкала; 6 – рассольные воды триасовых отложений; 7 – рассольные воды меловых отложений; 8 – рассольные воды юрских отложений; 9 – термальные воды среднего миоцена; 10 – пресные воды плиоцен-четвертичных отложений; 11 – предполагаемый состав ювенильной воды (по Ф.Эпштейну); 12 – дождевая вода в г. Махачкала; 13 – речная вода.

Рис 1. Изотопные отношения водорода ($\delta^2\text{H}$) и кислорода ($\delta^{18}\text{O}$) различных генетических типов природных вод Дагестана и Прикумской зоны.

При подсчете для мезозойских рассолов, получается в среднем доля древней инфильтрационной воды до 20-25 %. Однако такие пропорции, строго говоря, являются условными, поскольку трудно учесть все факторы, влияющие на формирование $\delta^2\text{H}$ в естественных условиях. Но определенная доля древней инфильтрационной воды в рассолах мезозойских отложений бассейна по анализу изотопного состава присутствует.

Определение генезиса пластовых вод нефтегазовых месторождений в региональном масштабе имеет большое научное и прикладное значение при поисках и разведке нефтегазовых месторождений и промышленных термальных вод. Проникновение в пласты инфильтрационных вод является одним из признаков бесперспективности исследуемых районов на нефть и газ, а установление же генезиса опресненных вод традиционными гидрохимическими методами недостаточно эффективно.

Для термальных вод среднемиоценовых отложений значения $\delta^{18}\text{O}$ меняются в широких пределах от $-10,29$ до $+4,09$ ‰. Доверительный интервал среднего значения $\delta^{18}\text{O}$ для вод среднемиоценовых отложений Терско-Кумского бассейна составляет $-11,32$ - $+1,7$ ‰. Для термальных вод участка Кизляр, по нашим данным, установлено $\delta^2\text{H} = -72$ ‰ и $\delta^{18}\text{O} = +4,09$ ‰ - для чокракского горизонта и $\delta^2\text{H} = -83$ ‰ и $\delta^{18}\text{O} = -8,57$ ‰ - для апшеронского горизонта (скв. 5т, 6т). Для термальных вод участка Тернаир $\delta^2\text{H} = -81$ ‰ и $\delta^{18}\text{O} = -8,57$ ‰.

Согласно процессам, формирующим изотопный состав термальных вод по значениям изотопных отношений $\delta^{18}\text{O}$ можно предположить наличие прямого теплообмена термальных вод чокракского горизонта участка Кизляр с вмещающими песчано-глинистыми породами в глубокозалегающих пластах. Сравнительное обогащение термальных вод чокрака этого участка ^{18}O обусловлено изотопно-обменными процессами термальных вод с вмещающими песчано-силикатными породами при температуре до 120 °С. По величине $\delta^2\text{H} = -72$ ‰ доля инфильтрационных вод для чокракского горизонта этого участка составляет примерно 62 ‰. А для термальных вод апшеронского горизонта участка Кизляр можно предположить конвективный теплообмен. Доля инфильтрационных вод для горизонта доходит до 80 ‰ и более.

Изотопные отношения ($\delta^2\text{H}$) в водах миоценовых отложений Платформенного Дагестана близки к значениям вод плиоцен-четвертичных отложений и речных вод, что обусловлено преимущественно инфильтрационным питанием этих вод.

Для речных (Сулак, Терек) величины изотопных отношений составляют $\delta^2\text{H} = -(98 \div 94)$ ‰ и $\delta^{18}\text{O} = -(9,0 \div 8,68)$ ‰. Значительное обеднение речных вод тяжелыми изотопами водорода и кислорода по отношению к водам осадков (Кривая Крейга) и дождевой воде (г. Махачкала) можно объяснить преобладающей долей ледникового питания.

Для дождевой воды, выпавшей в конце сентября в г. Махачкале $\delta^2\text{H} = -24$ ‰ и $\delta^{18}\text{O} = -0,63$ ‰. Вследствие фракционирования изотопный состав $\delta^2\text{H}$ дождевой воды и морской воды Каспийского моря на берегу Махачкалы в пределах погрешности совпадают. Это показывает преимущественное влияние испарений Каспийского моря на формирования атмосферных осадков в прибрежной зоне и в зоне предгорий.

Между концентраций изотопов кислорода-18 и дейтерия в осадках и средней температурой воздуха на поверхности установлена корреляционная зависимость [28].

$$\begin{aligned}\delta^{18}\text{O} &= 0,69 t_a - 13,6 \text{ ‰} \\ \delta^2\text{H} &= 5,6 t_a - 100 \text{ ‰},\end{aligned}$$

где t_a – среднегодовая температура.

Для приморской низменности Дагестана, вычисленные по этим зависимостям значения, для $t_a = 12$ °С составляют: $\delta^{18}\text{O} = -5,3$ ‰ и $\delta^2\text{H} = -33$ ‰, что не полностью согласуется с экспериментально определенными значениями дождевой воды. Вычисленные значения изотопных отношений для осадков высокогорной части с $t_a = 4$ °С равны: $\delta^2\text{H} = -77,6$ ‰, и $\delta^{18}\text{O} = -11,84$ ‰, а для областей ледникового питания при принятии

$$t_a = 0 \text{ °С} - \delta^2\text{H} = -100 \text{ ‰}, \text{ и } \delta^{18}\text{O} = -13,6 \text{ ‰}.$$

Для подземных вод плиоцен-четвертичных отложений Терско-Кумского бассейна характерен изотопно-легкий состав. Доверительные интервалы изотопных отношений составляют: для $\delta^2\text{H} = -(97,5 \div 114,5)$ ‰, для $\delta^{18}\text{O} = -(9,11 \div 10,69)$ ‰. Примерно таким же пределам соответствуют значения изотопных отношений речных вод и принятые для исследуемого региона значения $\delta^2\text{H} = -(100 \div 130)$ ‰, для инфильтрационных и поверхностных вод. Расчетные значения атмосферных вод зоны питания рек $\delta^2\text{H} = -(77,6 \div 100)$ ‰ и $\delta^{18}\text{O} = -(11,84 \div 13,6)$ ‰, соответствуют изотопному составу вод активного водообмена плиоцен-четвертичных отложений. Учитывая особенности литолого-стратиграфического строения плиоцен-четвертичных отложений Терско-Сулакского бассейна, для которых водоносные песчано-галечниковые пласты примыкают к подрусловым отложениям рек Терека и Сулака и по наблюдаемой близости изотопных отношений речных и артезианских вод можно предположить большую долю подпитывания бассейна речными водами. Гипсометрические уровни среднего течения р. Терек благоприятствуют напорной фильтрации речной воды сквозь рыхлые подрусловые отложения в водоносные пласты плиоцен-четвертичных отложений. В целом изотопный состав подземных вод плиоцен-четвертичных отложений бассейна соответствует питанию инфильтрационными атмосферными и поверхностными источниками. Расположение точек, соответствующих значениям $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$ вод плиоцен-четвертичных отложений, удовлетворительно согласуется с. Кривой регрессии Крейга (рис. 1), характеризующей глобальную зависимость между $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$ поверхностных и атмосферных вод.

Исследование изотопного состава воды Тиндинского углекислого источника показало $\delta^2\text{H} = -90$ ‰, $\delta^{18}\text{O} = -4,68$ ‰, что соответствует преимущественно инфильтрационному питанию. По приведенным изотопным данным можно предположить, доля инфильтрационной воды для источника составляет около 60 ‰.

Таким образом, анализ изотопных соотношений водорода и кислорода в рассмотренных водах различных генетических типов Восточного Предкавказья, показывает широкий диапазон их изменения, дополняет информацию об их генезисе и степени взаимосвязи порверхностных и подземных вод региона.

Литература

1. Бродский А.И. Химия изотопов. М., Изд. АН СССР, 1957, с. 595.
2. Ветштейн Б.Е., Малюк Г.А. Пространственное и временное распределение дейтерия и кислорода-18 в атмосферных осадках, выпадающих на территории Украины и Молдавии. – Тез. докл. IV Всесоюзного симпозиума по геохимии стабильных изотопов. М., 1972, с.92-93.
3. Ветштейн В.Е., Гуцало Л.К., Малюк Г.А., Мирошниченко А.Г. К вопросу происхождения подземных вод Днепровско-Донецкой впадины по данным изотопного состава водорода и кислорода, – Геохимия, 1973, № 3, с. 327-338.
4. Виноградов А.П. Избранные труды. Геохимия океана. М., Наука, 1989. 220 с.
5. Гат Н., Гонфиантини Р., Тонджоржи Е. Взаимосвязь атмосферных и поверхностных вод. Изучение испарения с поверхности озер.– В кн.: Справочное руководство по применению ядерных методов в гидрогеологии и гидрологии. М., Недра, 1971, с. 210-220.
6. Геология и нефтегазоносность доюрских образований Восточного Предкавказья. Под ред. Д.А.Мирзоева. Махачкала, Изд. Даг. ФАН СССР, 1978, с. 160.
7. Геология нефтегазовых месторождений Дагестана и прилегающей акватории Каспийского моря / Шарафутдинов Ф.Г., Алиев Р.М., Серебряков В.А. / Махачкала: ГУП: Даг. Книжн. Изд., 2001, 297 с.
8. Изменение изотопного состава водорода и кислорода морских рассолов в процессе галогенеза по экспериментальным данным. / М.Г. Валяшко, В.Е. Вейтштейн, И.К. Жеребцова и др. – В кн.: Проблемы соленаккумуляции. Т. 1, Новосибирск, 1977, с. 120-124.
9. Изотопно-геохимические метода оценки степени взаимосвязи подземных и поверхностных вод. Под ред. Э.В. Собоновича. Киев, Наукова думка, 1977, с. 153.
10. Изотопные исследования природных вод. – Сб. трудов ИБП. М., Наука, 1979, с.224.
11. Кирьяшкин В.М. Обобщение результатов гидрогеологических исследований площадей Северного Дагестана в связи с оценкой перспектив газонасности глубоких горизонтов. Геол. фонды Дагнефти, отчет ВНИИГаз. М., 1976.
12. Кирьяшкин В.М., Колотушкина А.Ф., Тулупова А.П. Гидрогеология мезозойских отложений Северного Дагестана в связи с вопросами разведки и разработки месторождений нефти и газа. Геол. Фонды Дагнефти, отчет ВНИИГаза, М., 1974.
13. Крейг Г. Геохимия стабильных изотопов углевода. В сб.: Изотопы в геологии. Изд. иностр. лит., 1954, с. 440-494.
14. Крылов Н.А., Летавин Л.И., Маловицкий Л.П. О геологическом развитии Предкавказья и Южной окраины Русской платформы. Докл. АН СССР, т.125, № 6, 1959, с.120-136.
15. Курбанов М.К. Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М., Наука, 2001. 260 с.
16. Маммаев О.А. Анализ изотопного состава термальных вод Восточного Предкавказья. Тр. / ИПГ, Даг. ФАН СССР, вып. 4, Махачкала, 1985, с. 113-122.
17. Мирзоев Д.А. Геологическое строение и нефтегазоносность равнинной территории Северного Дагестана. Автореф. канд. дисс. Махачкала, 1964
18. Мирзоев Д.А., Шарафудинов Ф.Г. Геология месторождений нефти и газа Дагестана. Махачкала, Даг. Кн. Изд-во, 1986. 311 с.
19. Никаноров А.М., Тарасов М.Г., Федоров Ю.А. Гидрохимия и формирование подземных вод и рассолов. Л., Гидрометеоздат, 1983, с. 243.
20. Никаноров А.М., Федоров Ю.А. Стабильные изотопы в гидрохимии. Л., Гидрометеоздат, 1988. 248 с.
21. Станкевич Е.Ф. С гипотезе подземного испарения. – Советская геология, № 5, 1968, с. 90-96.
22. Сухарев Г.М., Мирошников М.В. Подземные воды нефтяных и газовых месторождений Кавказа. М., Гостоптехиздат, 1963, с. 328.
23. Ферронский В.И., Дубинчук В.Т., Поляков В.А. и др. Природные изотопы гидросферы. М., Недра, 1975, с. 280.
24. Шагоянц С.А. Подземные воды Центральной и Восточной частей Северного Кавказа и условия их формирования. М., Госгеолтехиздат, 1959, с. 306.
25. Clayton R.N., Epstein S. The Relationship between Ratios in Coexisting Quartz, Carbonate and Iron Oxides from Various Geological Deposits. Geol., 66/1958/, pp. 352-373.
26. Craig H. Isotopic variations in meteoric waters.-Science, 1961, v.133, pp. 1782-1783.
27. Craig H. Standart for reporting concentration of deuterium and oxygen-18 in natural waters.-Science, 1961, v. 133, pp. 1833-1834.
28. Dansgaard W. Stable isotopes in precipitation. – Tellus, 1964, v. 6, № 4, pp. 431-483.
29. Dansgaard W. The isotopic composition of natural waters. Meddelelser om qrunland udivne of Kommissionen for videnskabelige undersgelser 1, qrunland, BD, 1961, p. 165.
30. Sheppard S.M.F, Epstein. S. D/H and O¹⁸/O¹⁶ ratios of possible mantle or Lower crustal origin. – Earth Planet. Hett., 1970, v. 9, pp. 232-239.