

УДК 546.02+551.48

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ВОД ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ И ИХ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

© 2004 г. Ш. А. Магомедов, А. С. Батырмурзаев

Представлено академиком М.Ч. Залихановым 22.01.2004 г.

Поступило 04.02.2004 г.

Изучение изотопного состава воды (δD и $\delta^{18}O$), а также содержащихся в ней других элементов (в частности, углерода метана и углекислоты, аргона и гелия) является исключительно информативной характеристикой генетической и термической истории и условий формирования и динамики геотермальных вод.

В геолого-тектоническом отношении Предгорный Дагестан входит в состав южного геосинклинального борта Терско-Каспийского прогиба, состоит из двух складчатых областей Дагестанского клина и предгорной полосы Южного Дагестана и относится к одному из наиболее геотермически и сейсмически активных областей Кавказа, что имеет немаловажное гидрогеологическое значение для формирования вертикальной миграции глубинных газифлюидов и, в частности, гидротерм. Вдоль предгорного прогиба трассируется ряд разломов глубинного заложения, часть из которых в настоящее время является сейсмогенерирующими. Некоторые из этих разломов четко прослеживаются в морфологии рельефа (Сулакский, Самурский разломы) как зоны повышенной трещиноватости, очаги проявления древних и современных гидротерм, минеральных источников и особенно как сейсмогенерирующие очаги [8].

Нами исследовался изотопный состав попутных вод (δD и $\delta^{18}O$) ряда термальных и газонефтяных месторождений Восточного Предкавказья.

В графике рис. 1 сведены как наши экспериментальные результаты, так и литературные данные [1–5] вариаций водорода (δD) и кислорода ($\delta^{18}O$), выражающие отклонения от международного стандарта SMOW в промили.

Изотопный состав плиоцен-четвертичных отложений Восточного Предкавказья полностью соответствует их питанию атмосферными и поверхностными источниками. Расположение на графике точек, соответствующих значениям δD и $\delta^{18}O$ вод плиоцен-четвертичных отложений, удовлетворительно согласуется с линией регрессии Крейга, характеризующей глобальную изотопную взаимосвязь для поверхности и атмосферных вод.

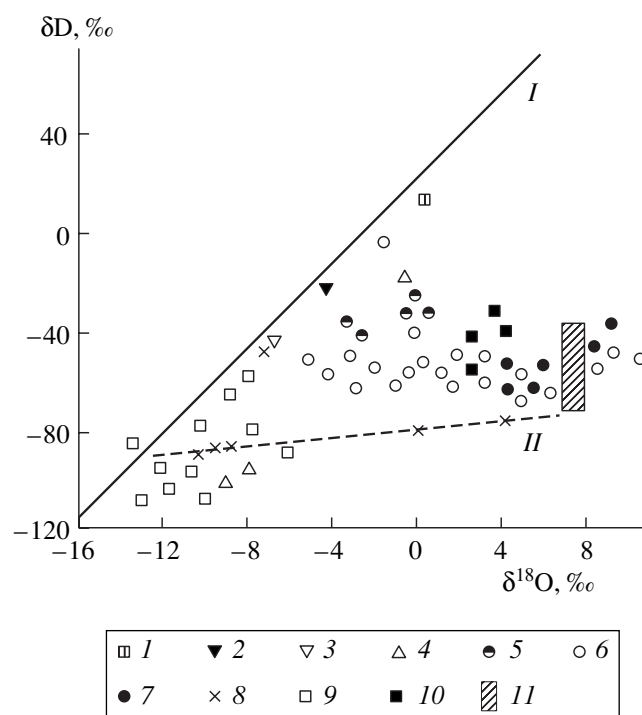


Рис. 1. Концентрации D и ^{18}O в природных водах Восточного Предкавказья. Линии регрессии: I – прямая Крейга, II – линии регрессии среднемиоценовых вод. Воды: 1 – океанические, 2 – Каспийского и Черного морей, 3 – дождевые, 4 – речные, 5 – соляных озер, 6 – меловых отложений, 7 – юры, 8 – миоцена, 9 – плиоцен-четвертичных отложений, 10 – пермо-триаса, 11 – ювенильные.

Институт проблем геотермии
Дагестанского научного центра
Российской Академии наук, Махачкала

Для речных вод Дагестана (Сулак, Терек) $\delta D = -98...-94\text{‰}$, $\delta^{18}O = -9.0...-8.68\text{‰}$. Значительное обеднение речных вод тяжелыми изотопами водорода и кислорода по сравнению с водами осадков (прямая Крейга) и местной дождевой водой (Махачкала, Грозный) можно объяснить преобладающей долей ледникового питания. Значения δD для дождевой и морской воды Каспийского моря у берегов Махачкалы в пределах погрешности совпадают. Это свидетельствует о преимущественном влиянии Каспийского моря на фиксирование осадков в прибрежной зоне.

В слабоминерализованных водах миоценового комплекса водород и кислород лишь немногим изотопно тяжелее, чем в приповерхностных. Величина δD в них варьирует от -90 до -50‰ , а $\delta^{18}O$ – от -10.3 до -7‰ .

Однако в пробах среднемиоценовых вод участка Кизляр $\delta^{18}O = +0.1...+4.09\text{‰}$ оказался изотопно сходным с характерными для мезозойских водоносных комплексов. Скорее всего, это проявление “кислородного сдвига”, возникающего в подземных водах при изотопном обмене с вмещающими породами, в которых значение $\delta^{18}O$ выше.

Геотермальные рассолы мезозойских отложений обогащены ^{18}O , что, видимо, объясняется определенными физико-химическими условиями в пластах: высокими термобарическими параметрами ($t = 150-190^\circ\text{C}$, $P \leq 40$ атм). Эти обстоятельства способствуют активным изотопно-обменным процессам между водой и вмещающими карбонатными породами.

Известно, что кислород карбонатов осадочных отложений обогащен тяжелым изотопом по сравнению с подземными водами [2, 6, 7]. При таких термобарических условиях возможны изотопно-обменные процессы термальных вод с вмещающими силикатными породами, но они проходят менее интенсивно. Высокие значения $\delta^{18}O$ (достигающие до $+9\text{‰}$) для рассолов мезозойских отложений указывают на повышенную степень гидрогеологической закрытости бассейна и длительный контакт в системе вода–порода.

Диапазоны изменений $\delta^{18}O$ рассолов мезозойских отложений составляют для триасовых отложений 3.12–5.32, для юрских 4.15–8.60, для меловых $-4.34...+7.95\text{‰}$. При этом в пластовых водах карбонатных отложений отмечены относительно более высокие значения $\delta^{18}O$ по сравнению с таковыми в водах терригенных отложений.

Обобщая данные об изотопном составе водорода в подземных водах осадочного чехла исследованного района, можно констатировать, что в кайнозойских отложениях $\delta D = -79...-89$, меловых $-57...-67$, юрских $-32...-45\text{‰}$.

Подземные воды третьего, мезозойского структурно-гидрогеологического этажа (СГГЭ) по своим гидродинамическим, гидрохимическим, геохимическим и изотопно-геохимическим параметрам ($\delta D = -46.4 \pm 2.0\text{‰}$ и $\delta^{18}O = +5.58 \pm 1.69\text{‰}$) резко отличаются от вод вышележащих этажей высокой минерализацией (60–150, редко до 200–210 г/л), хлорнатриевым и хлоркальциевым составом, повышенной и высокой концентрацией микрокомпонентов и газов глубинного происхождения, а также резко выраженным восстановительным характером, что указывает на обстановку зоны весьма замедленного водообмена [8].

Таким образом, авторы приходят к следующим выводам:

1. Геотермальные бассейны мезозойских отложений генетически представляют собой захороненные морские седиментационные воды с примесью древней инфильтрационной воды (до 20–30%) и воды, выделяемой при дегидратации минералов при высоких PT -условиях. Определенная доля ювенильной воды может образоваться и за счет восходящих флюидов в форме летучих компонентов, мигрирующих субвертикально вдоль глубинных разломов в фундаменте. По изотопному составу мезозойские воды характеризуются сильным изотопным сдвигом по кислороду ($\delta^{18}O$) вправо – в сторону утяжеления; $\delta^{18}O$ меняется в пределах от $+1.0$ до $+9\text{‰}$. Примесные воды как инфильтрационные, магматические, дегидратационные и ювенильные, попадая в пластовые воды морского генезиса, вызывают облегчение изотопного состава по водороду и утяжелению по кислороду.

2. Термальные воды среднемиоценовых отложений являются преимущественно инфильтрационными. При одинаковых физико-химических условиях в пласте, приуроченные к карбонатным коллекторам воды характеризуются относительно высокими значениями $\delta^{18}O$ по сравнению с водами терригенных коллекторов.

3. Подземные воды зоны активного водообмена плиоцен-четвертичных отложений по значениям δD и $\delta^{18}O$ полностью соответствуют питанию атмосферными и поверхностными источниками.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 03–05–64607).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Ф.А., Готтих Р.П., Сааков С.А., Соколовский Э.В. Радиометрические и изотопные исследования подземных вод нефтегазоносных областей СССР. М.: Недра, 1975. 271 с.

2. Дегенс Э.Т. Геохимия осадочных образований. М.: Мир, 1967. 300 с.
3. Есиков А.Д. Изотопная гидрогеология геотермальных систем. М.: Наука, 1989. 207 с.
4. Селецкий Ю.Б., Поляков В.А., Якубовский А.В. и др. Дейтерий и кислород-18 в подземных водах (масс-спектрометрические исследования). М.: Недра, 1973. 144 с.
5. Лебедев В.С., Зоркин Л.М., Спиридонов А.И. и др. // Сов. геология. 1981. № 10. С. 99–108.
6. Федоров Ю.А. В кн.: XII Всесоюз. симп. по стабильным изотопам в геохимии. М., 1989. С. 144–146.
7. Ферронский В.И., Дубинчук В.Т., Поляков В.А. и др. Природные изотопы гидросферы. М.: Недра, 1975. 280 с.
8. Курбанов М.К. Геотермальные и гидротермальные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М.: Наука, 2001. 257 с.