

итоге позволит повысить достоверность интерпретации результатов гидрогеодинамических наблюдений.

Обработка данных по режиму минеральных вод за 1989-1992 гг. позволила выделить гидрогеохимические эффекты, предшествовавшие сильным землетрясениям на территории Армении [3]. Метод гидрогеохимического мониторинга внедрен с 1998 г. (пресные воды), далее наблюдательная сеть мониторинга была расширена, в настоящее время она включает пять минеральных источников и пресные родники. Метод способствует выявлению среднесрочных предвестников по аномальным явлениям, которые предшествуют землетрясениям, из чего следует, что изменяются величина деформации земной коры, химический состав, снижаются или повышаются уровень подземных вод и температура.

Наблюдательная сеть. Территория Армении характеризуется зональным строением, обусловленным разграничивающими ее четырьмя разломами глубокого заложения: Лалвар-Мравская, Базумо-Севанская, Анкаван-Сюникская и Ереванская зоны разломов [4] (рис.1).

В гидрогеологическом отношении территория Армении представляет собой высоко приподнятую область дренажа и относится к зоне интенсивного водообмена с направлением стока поверхностных вод от складчатого сооружения в сторону Куринской и Среднеараксинской депрессий. Для размещения наблюдательных скважин выбирались участки и водоносные горизонты с низким уровнем неконтролируемых помех с тем, чтобы определить особенности режима этих горизонтов и реакции на подготовку землетрясений. Режимные наблюдения за ходом уровня подземных вод с целью выявления гидрогеодинамических предвестников проводились по наблюдательным скважинам, расположенным как в зонах тектонических нарушений, так и на ненарушенных участках. Гидрогеохимические наблюдения включают данные по химии и температуре вод минеральных источников Азатаван, Веди, Суренаван, Бжни и Арзни и пресных родников. Сеть гидрогеохимических наблюдений размещена на территории Центральной Армении (рис. 1). Вединское месторождение минеральных вод приурочено к зоне тектонического нарушения, пересекающего верхне-меловые отложения близмеридиального направления. В динамике минеральных вод месторождения большую роль играет смешивание грунтовой воды, что приводит к изменению общей минерализации в вертикальном разрезе. Месторождение Суренаван находится в пределах Приараксинской зоны. Основным структурным элементом этой зоны является Ереванский глубинный разлом. Месторождение Бжни приурочено к долине р. Раздан. Участок месторождения расположен в ядре Арзаканской складки, сложенной метаморфическими сланцами, прерванными гранитами. В пределах месторождения ядро складки разорвано крупным тектоническим нарушением постэоценового возраста – Разданским. Месторождение минеральных вод Арзни в структурном отношении приурочено к средней части Разданской впадины тектонического происхождения [5].

уровня вод наблюдается в скважине Суренаван (рис. 2), по остальным минеральным источникам влияния атмосферных осадков на уровень вод не наблюдается. Наблюдается тренд на повышение значений общей минерализации вод мин. ист. Арзни с 2008 г. по настоящее время; по водам мин. ист. Бжни наблюдается тренд на понижение с 2008 по 2013 гг., что

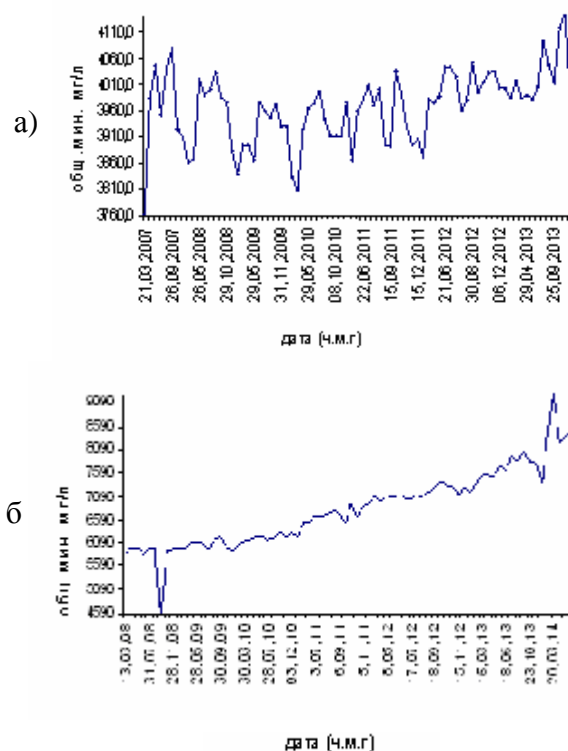


Рис.2. а – сезонные изменения значений общей минерализации воды в скважине Суренаван; б – тренд (повышение) значений общей минерализации воды в скважине Арзни.

указывает на геодинамические процессы, имеющие место в земной коре за указанный период.

Сейсмический режим региона. Данные по сейсмическим наблюдениям и гидрогеодинамическим скважинам предоставлены Национальной сейсмической службой Республики Армения (НССЗ). Рассмотрены сейсмические события за последние пять лет, произошедшие на территории Армении с $M \geq 2$. За весь период произошло 276 сейсмических события (рис. 3), из которых 23 землетрясения с $M \geq 3$ и два землетрясения с $M > 4$: 18.06.09, Гарни; 29.09.11 в районе Ашоцка. Карта сейсмичности региона Армении отражает скопление эпицентров землетрясений на севере и в центральной части территории Армении (рис. 3.) Гидрогеодинамические скважины установлены по всему региону, а гидрогеохимические пункты

наблюдений расположены в центральной части. По напряжениям, имеющим место вокруг каждой наблюдательной скважины в связи с произошедшими местными землетрясениями, определены количественные значения деформаций. Наибольшее значение деформации – 10^{-5} имело место в скважине Ашоцк (скв. 10, рис. 1) в связи с землетрясением 03.05.12, $M=3.4$, при этом эпицентрального расстояния составляло 2 км. Значения деформации чуть ниже – 10^{-7} определены на расстоянии 4-5 км от гидрогеодинамических пунктов наблюдения в Арташате, Карчакпюре и от гидрогеохимических пунктов Веди, Азатаван и пресного родника Гарни в связи с произошедшими сейсмическими событиями: 28.12.11, $M=3.1$; 05.10.10, $M=3.3$. Построена карта напряженно-деформационного поля земной коры Армении за 2009-2013 гг. (рис. 4).

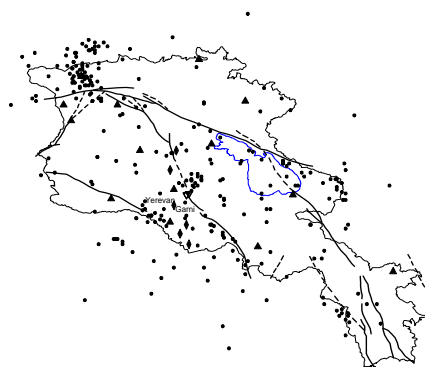


Рис.3. Карта эпицентров землетрясений:
Карта напряженно-деформационного

- — эпицентры очагов землетрясений;
- ◆ — минеральные источники;
- ▲ — гидрогеодинамические скважины;
- ∇ — пресные родники;
- ~ — активные разломы.

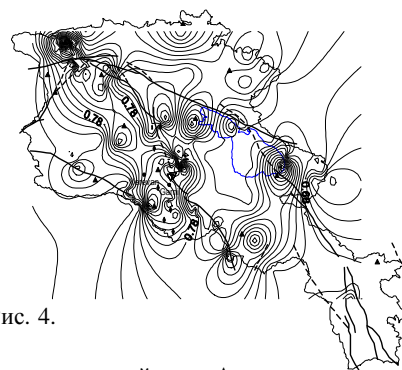


Рис. 4.

- поля земной коры Армении
за 2009-2013 гг. с $M>2$;
- ∇ — значение деформации.

Как видно из рис.4, напряженные точки региона отражены в северной, центральной частях и на юге оз. Севан, отсутствие напряжения наблюдается на юге территории Армении.

Эффекты, предшествующие геодинамическим процессам земной коры территории Армении по геохимическим и гидрогеодинамическим пунктам наблюдений, следующие.

Изменения уровня воды в скважине Арташат носят пилообразный характер (рис. 5) начиная с 2011 г. по настоящее время. Пилообразные изменения уровня воды в скважине происходят на фоне тренда на повышение уровня воды, что является отражением геодинамических процессов (сжатие), протекающих в верхних слоях земной коры Ереванского тектонического блока. Во время местного землетрясения-1, как видно из рис. 5, увеличиваются период и амплитуда пилообразных колебаний. Эффекты, предшествовавшие местным землетрясениям (2009-2012 гг., $M>2$), выяв—

лены по изменениям вод в скважине Ашоцк, форма вариаций воды – ступенчатое понижение и повышение уровня. Самое высокое значение $D=11 \cdot 10^{-5}$ имело место вокруг скажины Ашоцк при землетрясении 03.05.12, $M=3.4$, эпицентр которого находился на расстоянии 2.2 км от скважины.

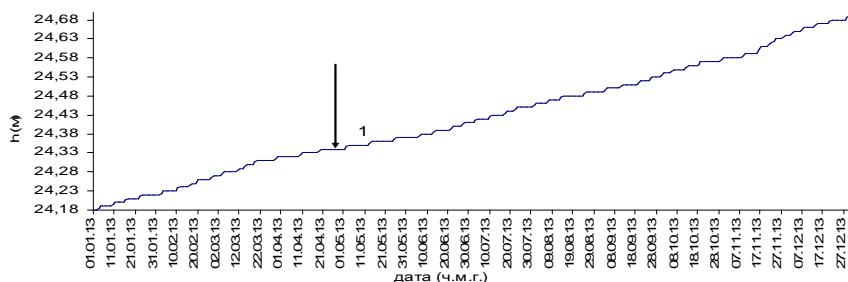


Рис.5. Изменения уровня вод в гидрогеодинамической скважине Арташат. 1 – землетрясение 27.04.13, $M=2.3$, $D=14$.

Наиболее четко геохимические аномалии проявляются в макрокомпонентном составе подземных вод и газов [6]. В таблице приводятся гидрогеохимические эффекты по Mg и Cl и общей минерализации вод минеральных источников, предшествующих сейсмическим событиям с $M>2$. Данные таблицы получены в результате применения статистических методов обработки, в частности, определены: \bar{K} – фоновые значения величин концентраций компонентов Mg^{2+} и Cl и общей минерализации минеральных вод, δ – дисперсия как среднее квадратическое отклонение от фоновых значений вариационного ряда, A – величина геохимического эффекта, $A = \bar{K} + n\delta$, где n – число, указывающее, во сколько раз увеличивается дисперсия во время сейсмического события для определяемого химического компонента вод по пунктам наблюдений минеральных источников. В таблице в зависимости от параметров произошедших землетрясений: магнитуды M и эпицентрального расстояния D значение числа n меняется. В данной статье приводятся предварительные данные исследований гидрогеохимических эффектов по химическим компонентам вод, в дальнейшем предполагается определить наиболее информативные компоненты химии вод для каждой минеральной скважины с целью оценки величины геохимического эффекта в зависимости от параметров землетрясений.

Выводы. Для макрокомпонентного состава минеральных вод характерным эффектом признаком является уменьшение или увеличение среднего значения их концентраций.

Механизм формирования гидрогеохимических эффектов объясняется изменением напряженно-деформированного состояния среды при подготовке землетрясений.

Параметры землетрясения				Г Г Х												
Дата	φ	λ	M	Mg					Cl				Общ. мин			
				D	\bar{K}	δ	\bar{K}	A	\bar{K}	δ	\bar{K}	A	\bar{K}	δ	\bar{K}	A
Бжни																
18.06.2009	40,23	44,82	3,8	35	84	2	85	$A = \bar{K} - \delta$	500	4	486	$A = \bar{K} - 3 \delta$	4911	11	4879	$A = \bar{K} + 3 \delta$
14.10.2011	40,27	44,77	3,6	22	73	2	70	$A = \bar{K} + 2 \delta$	428	4	444	$A = \bar{K} - 4 \delta$				
Арзни																
18.06.2009	40,23	44,82	4,1	20	184	2	189	$A = \bar{K} + 2 \delta$	2213	7	2237	$A = \bar{K} + 3 \delta$	6160	9	6082	$A = \bar{K} + 9 \delta$
Азатаван																
27.04.2013	39,98	44,72	2,3	5	82	3	83	$A = \bar{K} - \delta$	17830	13	17784	$A = \bar{K} - 3 \delta$	33182	16	33249	$A = \bar{K} + 4 \delta$
Веди																
16.03.2010	39,93	44,72	2,1	1	104	3	97	$A = \bar{K} - 2 \delta$	120	1	121	$A = \bar{K} + \delta$	3821	6	3854	$A = \bar{K} + 5 \delta$
19.10.2011	40,02	44,48	3,4	30	100	3	102	$A = \bar{K} + \delta$	120	2	124	$A = \bar{K} - 2 \delta$	3815	6	3853	$A = \bar{K} + 6 \delta$
12.02.2012	40	44,73	2,3	8	100	2	104	$A = \bar{K} - 2 \delta$	115	2	110	$A = \bar{K} + 2 \delta$	3848	7	3789	$A = \bar{K} - 8 \delta$
Суренаван																
18.06.2009	40,23	44,82	4,1	20	346	2	347	$A = \bar{K} + \delta$	460	3	469	$A = \bar{K} - 3 \delta$	3920	7	3977	$A = \bar{K} + 8 \delta$
17.03.2012	39,77	44,82	2,6	8	340	3	336	$A = \bar{K} - 2 \delta$	462	2	459	$A = \bar{K} - 1,5 \delta$				

Примечания. M-магнитуда, D-эпицентральное расстояние, A- величина геохимического эффекта, \bar{K} - фоновое значение, δ - дисперсия.

Установлено влияние сейсмического поля очагов слабых ($M > 2$) коровых ($H = 5-10$ км) землетрясений на геохимические компоненты минеральных вод объектов наблюдений, удаленных на расстояние $D \leq 30$ км.

По результатам геодинамических наблюдений (гидрогеодинамические скважины) процессов земной коры Армении выявлено, что за последние пять лет повысилась геодинамическая активность земной коры Ширакского тектонического блока, Центрально-Армянского тектонического комплекса, который дифференцируется на активные блоки: Апаран-Анкаванский, Мецаморский и Севанский.

По изменению макрокомпонентного ($Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^- \cdot H_4SiO_4$) и газового (CO_2) состава минеральных вод можно судить о повышении активности геодинамических процессов в Ераносском и Араратском тектонических блоках.

Геохимические методы прогноза могут применяться как дополнительные с другими, прежде всего гидрогеодинамическим и деформационным.

Институт геологических наук НАН РА

Академик С. В. Григорян, Р. А. Пашаян, Л. В. Арутюнян

Гидрогеодинамические и геохимические предвестники землетрясений на территории Армении

Приводятся результаты гидрогеодинамических и геохимических предвестников, предшествовавших землетрясениям на территории Армении за последние пять лет. Рассмотрены сейсмичность региона и ее связь с изменениями уровня воды в гидрогеодинамических скважинах и геохимическим составом вод минеральных источников Бжни, Арзни, Азатаван, Веди и Суренаван.

**Ակադեմիկոս Ս. Վ. Գրիգորյան, Ռ. Ա. Փաշայան,
Լ. Վ. Հարությունյան**

Հայաստանի տարածքի երկրաշարժերի հիդրոերկրադինամիկական և հիդրոքիմիական նախանշանները

Հոդվածում ներկայացվում են վերջին 5 տարվա ընթացքում ՀՀ տարածքում երկրաշարժերին նախորդող հիդրոերկրադինամիկական և երկրաքիմիական նախանշանների արդյունքները: Դիտարկվել են տարածաշրջանի սեյսմիկությունը և դրա կապը հիդրոերկրադինամիկական հորատանցքերում ջրի մակարդակի փոփոխության և հանքային աղբյուրների երկրաքիմիական բաղադրության հետ (Բջնի, Արզնի, Ազատավան, Վեդի և Սուրենավան):

Academician S. V. Grigoryan, R. A. Pashayan, L. V. Harutyunyan

**Hydrogeodynamic and Geochemical Earthquake Precursors
in the Territory of Armenia**

The results of hydrogeodynamic and geochemical precursors observed before earthquakes in the territory of Armenia for the last five years are described. The seismicity of the region is considered and its connection with the changes of water level in hydrogeodynamic boreholes and geochemical composition of mineral springs water of Bjni, Arzni, Azatavan, Vedi and Surenavan.

Литература

1. *Пашаян Р. А., Саргсян А. З.* – Изв. НАН РА. Науки о Земле. 2006. Т. 19. №3. С. 30-36.
2. Гидрогеодинамические предвестники землетрясений. М. Изд. АН СССР. ИФЗ. 1984. 120 с.
3. *Пашаян Р. А.* Исследование гидрогеодинамических эффектов как предвестников землетрясений на территории Армении. Канд. дис. Ереван. 1998. 163 с.
4. *Асланян А. Т.* Региональная геология Армении. Ереван. Айпетрат. 1968. 408 с.
5. Геология Армянской ССР. Т. 9. Минеральные воды. Ереван. Изд. АН Арм. ССР. 1969. 523 с.
6. *Осика Д. Г.* Флюидный режим сейсмически активных областей. М. Наука. 1981.