

рализацию источника сильно повлияли Спитакское, а также Рачинское и Турецкое землетрясения (рис.1) [3].

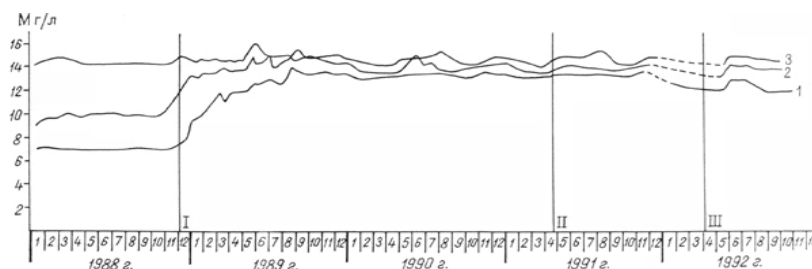


Рис.1. Изменение минерализации в Арзнинских водах: 1–скважина 6/64, 2–скважина 3/62, 3–скважина 6/64. Землетрясения: I– Спитакское, 07.12.88, M=7.0, II – , Рачинское, 29.04.91, M= 6.3, III – Турецкое, 02.04.92, M= 4.7. Данные по сейсмическим наблюдениям региона Армении получены из НССЗ РА.

Сейсмический режим территории Армении. Ниже рассматривается каталог землетрясений с $M \geq 2.5$, произошедших в период с 2011 по 2012 гг. За этот период произошло 57 сейсмических событий (рис.2,а). Как видно из рисунка, наибольшее количество землетрясений имело место в центральной и северной части региона: на карте напряженного состояния выделяются напряженные участки в аналогичных местах региона (рис.2, б). Произошедшие землетрясения относятся к внутрикоровым. Их гипоцентры расположены в основном на глубинах от 5 до 10 км.

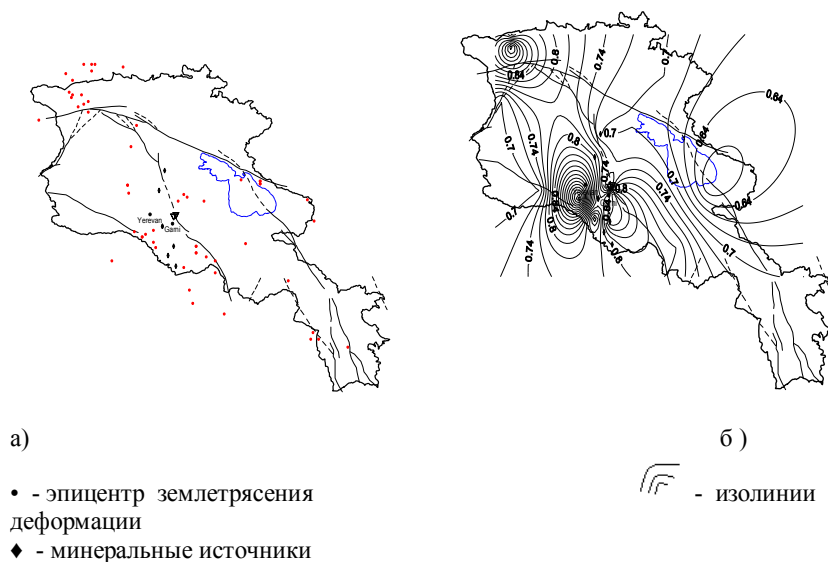


Рис.2. Карта сейсмичности (а) и напряженного состояния (б) региона за 2011-2012 гг.

Землетрясение с максимальной магнитудой $M=3.6$ имело место в 9 км от месторождения Арзни 14.10.11 г. Расчетная деформация, которая развивалась на участке выхода минеральной воды Арзни, составляла $\varepsilon=4.64 \cdot 10^{-7}$ (табл. 1), т.е. на порядок ниже приливной деформации.

Рассмотрены вариации содержания геохимических компонентов, предшествующие сейсмическим событиям. Определялась взаимосвязь параметров химического состава с теми сейсмическими событиями, эпицентральные расстояния и деформация которых определялись на основании известной методики [3]

$$\varepsilon = \left(\frac{d}{10^{0.413M-2.66}} \right)^{-3},$$

где ε – деформация, d – эпицентральное расстояние, M – магнитуда землетрясения. Основное количество предполагаемых гидрогеохимических предвестников регистрируется в зоне, совпадающей по своему размеру с зоной распространения деформаций. Радиус зоны проявления определялся по формуле $R = 10^{-0.43M}$ (км).

В табл. 1 приводятся параметры землетрясений, по которым была выявлена связь с концентрацией растворенного вещества и газа в воде минеральных источников.

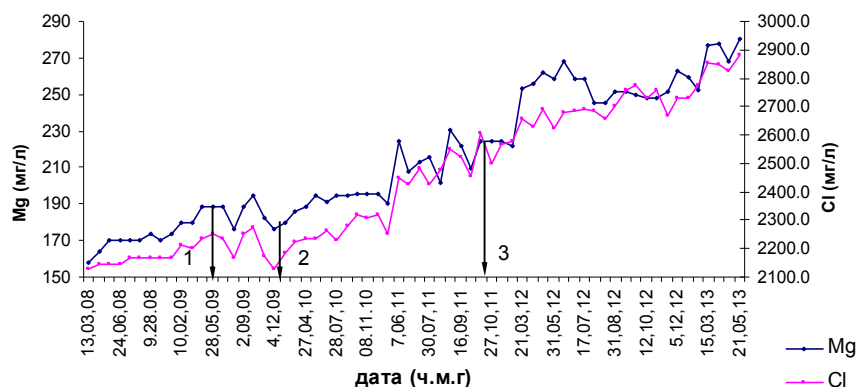


Рис. 3. Вариации содержания химических элементов (Mg, Cl) в воде минерального источника Арзни. 1–3 землетрясения: 18.06.09, $M=4.1$; 17.01.10, $M=3.2$; 14.10.11, $M=3.6$.

Таблица 1

Дата Землетрясения, м.ч.г.	Координаты землетрясения		Магнитуда, М	Энергет. класс К	Минеральн. ист.	Эпицент. рас. d км	Деформаци. ε	Зона проявления Предвест R
	широта	долгота						
10.14.2011	40.27	44.77	3.6	10.48	Бжни	29	1.27E-08	36.2
10.14.2011	40.27	44.77	3.6	10.48	Арзни	21	3.33E-08	36.2
10.14.2011	40.30	44.66	3.6	10.48	Арзни	9	4.64E-07	36.2
10.14.2011	40.30	44.66	3.6	10.48	Гоар	21	3.33E-08	36.2
10.14.2011	40.30	44.66	3.6	10.48	Бжни	22	2.75E-08	36.2
10.14.2011	40.30	44.66	3.6	10.48	Гоар	19	4.50E-08	36.2
10.19.2011	40.02	44.48	3.4	10.12	Веди	30	6.66E-09	29.7
10.19.2011	40.02	44.48	3.4	10.12	Азатаван	30	6.66E-09	29.7
12.28.2011	39.92	44.57	3.1	9.58	Суренаван	26	4.48E-09	22.0
12.28.2011	39.92	44.57	3.1	9.58	Веди	18	1.29E-08	22.0
12.28.2011	39.92	44.57	3.1	9.58	Азатаван	18	1.29E-08	22.0
02.13.2012	40	44.73	2.3	8.14	Веди	8	1.58E-08	9.9
03.17.2012	39.77	44.82	2.6	8.68	Суренаван	8	3.61E-08	13.4

Исследованы содержания CO_2 , Mg, Cl в водах минеральных источников Центральной Армении. Выявлен сезонный ход общей минерализации источника Суренаван по ряду наблюдаемых лет, также отмечен тренд на понижение по годовому ходу общей минерализации вод минерального месторождения Бжни. На графике вариаций содержания химических элементов Mg и Cl во времени для вод Арзни нанесены землетрясения, произошедшие за период наблюдений (рис. 3). Как видно из рисунка, изменение содержания этих элементов происходит синхронно, приблизительно с равной амплитудой колебания;

Наблюдается тренд на повышение их концентрации. По кривой изменения содержания углекислого газа (рис. 4) также наблюдается тренд на

повышение. Вариации содержания химических элементов на фоне тренда (повышение, понижение) указывают на деформационные процессы (сжатие, растяжение), имевшие место в местах выхода минеральных вод в связи с геодинамическими процессами в земной коре исследуемого региона. В приведенном случае можно предположить, что в водовмещающих породах месторождения Арзни происходит процесс сжатия (рис.2, б), что указывает на повышенную активность тектонических движений Ереван-Ордубадского блока, куда входят месторождения вод Арзни и Бжни [4]. Месторождения минеральных вод Азатаван, Веди и Суренаван расположены в Цахкунк-Зангезурской тектонической зоне, которая характеризуется за время наблюдений более стабильной геодинамикой.

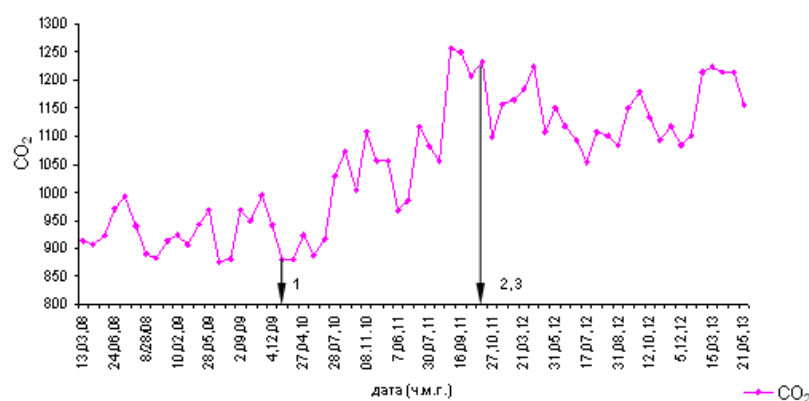


Рис. 4. Вариации содержания газового компонента – углекислого газа (CO₂) в минеральной воде Арзни.

Для выделения гидрогеохимических предвестников землетрясений необходимо было исключить вариации различных показателей химического состава вод, не связанные с сейсмической активностью. Для этой цели определялись фоновые вариации минеральных и газовых компонентов подземных вод. Аномалии, выходящие за пределы интервалов фоновых концентраций, сопоставлялись с сейсмической активностью. Для этой цели проводилась статистическая обработка рядов гидрогеохимических элементов во времени. В статистическую обработку данных входили определение среднего значения фоновых концентраций химических компонентов, среднеквадратичное отклонение от фонового значения, корреляционный анализ. Результаты корреляционного анализа показали, что существует статистически значимая связь между параметрами геохимических предвестников и характеристиками сейсмических событий [3]. В табл. 2 приводятся данные по выявлению аномальных значений концентраций CO₂, Mg, Cl в воде минеральных месторождений в связи с произошедшими землетрясениями (табл. 1) за указанный период.

Таблица 2

Минеральный источник	Землетрясение	Фоновое значение концентрации хим. элементов Σ , мг/л					Среднеквадратичное отклонение концентрации хим. элементов S, мг/л			Дисперсия δ		
		Дата	M	CO ₂	Mg	Cl	CO ₂	Mg	Cl	CO ₂	Mg	Cl
Арзни		01.17.2010	3.2	1049	215	2445	61	3	56	3 S	1 S	2 S
		10.14.2011	3.6	1049	215	2445	135	4	106	1 S	1 S	2 S
		10.14.2011	3.6	1049	215	2445	135	4	106	1 S	1 S	2 S
Бжни		10.14.2011	3.6	935	70	448	8	2	46	28 S	3 S	5 S
		10.14.2011	3.6	935	70	448	8	2	46	28 S	3 S	5 S
Веди		10.19.2011	3.4	945	107	118	50	5	4	4 S	1 S	1 S
		12.28.2011	3.1	945	107	118	34	15	4	6 S	1 S	1 S
Азатаван		10.19.2011	3.4	640	91	17928	42	17	426	3 S	1 S	12S
		12.28.2011	3.1	640	91	17928	34	9	274	4 S	6 S	11S
Суренаван		12.28.2011	3.1	279	341	463	26	7	3	4 S	3 S	3 S
		03.17.2012	2.6	279	341	463	42	18	7	2 S	1 S	1 S

Выводы. Изучение природы фоновых изменений концентрации химических компонентов является необходимым условием для обоснованного выделения гидрогеохимических предвестников землетрясений.

Аномалии газового и макрокомпонентного состава подземных вод являются отражением напряженного состояния горных пород. Изменение концентрации химических компонентов под влиянием тектонической деятельности происходит в определенной последовательности. На напряженное состояние горных пород первым реагирует газовый состав – углекислый газ, вторым – макрокомпонентный состав – Mg, Cl.

Институт геологических наук НАН РА

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

Взаимосвязь гидрогеохимических параметров минеральных вод Центральной Армении с сейсмичностью

Приводятся мониторинговые наблюдения по геохимии минеральных вод Центральной Армении за 2011-2012 гг. Показана взаимосвязь сейсмичности региона с гидрогеохимическими компонентами минеральных вод. Рассмотрены параметры произошедших землетрясений, при которых наблюдаются гидрогеохимические эффекты. Рассмотрены результаты статистической обработки временных рядов гидрогеохимических элементов. Выявлены аномальные значения концентраций гидрогеохимических компонентов минеральных вод, связанные с произошедшими землетрясениями. Выделены напряженные участки региона.

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

**Կենտրոնական Հայաստանի հանքային ջրերի հիդրոերկրաքիմիական
պարամետրերի փոխկապվածությունը սեյսմիկության հետ**

Բերվում են Կենտրոնական Հայաստանի հանքային ջրերի մոնիթորինգային ուսումնասիրությունները 2011-2012 թթ.: Ցուցադրվել է փոխկապվածությունը տարածաշրջանի սեյսմիկության և հանքային ջրերի հիդրոերկրաքիմիական բաղադրիչների միջև: Դիտարկվել են տեղի ունեցած երկրաշարժերի պարամետրերը, որոնց դեպքում առկա է հիդրոերկրաքիմիական էֆեկտ: Դիտարկվել են հիդրոերկրաքիմիական բաղադրիչների ժամանակային շարքերի ստատիկ մշակման արդյունքները: Բացահայտվել են հանքային ջրերի հիդրոերկրաքիմիական բաղադրիչների կոնցենտրացիաների անոմալ արժեքները կապված տեղի ունեցած երկրաշարժերի հետ: Առանձնացվել են տարածաշրջանի լարվածային հատվածները:

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

**The Interconnection of Hydrogeochemical Parametres of Mineral Water of
Central Armenia with Seismicity**

The monitoring observations on geochemistry of mineral water of Central Armenia for 2011-2012 are brought. The interconnection between seismicity of the region and geochemical components of mineral water is demonstrated. There were considered the parameters of the occurred earthquakes during which hydrogeochemical effects were observed. The results of statistical processing of time series of hydrogeochemical elements were examined. The abnormal values of the concentration of hydrogeochemical components of mineral water in connection to the occurred earthquakes were revealed. The stressed areas of the region were distinguished.

Литература

1. *Пашаян Р. А.* – Известия НАН РА. Науки о Земле. 2008. Т. 61. N 3. С. 32-37.
2. *Пашаян Р. А., Багумян Л. С.* – Доклады НАН РА. 2011. Т. 111. N 4. С. 364-372.
3. *Пашаян Р. А.* Исследование гидрoгeодинамических эффектов как предвестников землетрясений на территории Армении. Канд. дис. Ереван. 1998. 163 с.
4. *Пашаян Р. А., Туманян Г. А., Ахвердян Л. А.* В кн.: Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Обнинск. 2013. С. 242-246.