

Мониторинговые наблюдения. Гидрогеодинамические пункты наблюдений охватывают всю территорию республики, а гидрогеохимические пункты – ее центральную часть. Данные по гидрогеодинамическим и сейсмическим наблюдениям ежемесячно предоставляются Национальной службой сейсмической защиты РА, по гидрогеохимическим пунктам наблюдения и сбор данных проводятся в лаборатории Института геофизики и инженерной сейсмологии НАН РА. Химический анализ проб воды проводится в лаборатории Института общей и неорганической химии им. М. Манвеляна НАН РА. Режимные мониторинговые наблюдения направлены на изучение геодинамических процессов и напряженного состояния земной коры во времени и пространстве. Для слежения за деформационными процессами используются замеры уровня подземных вод и изменения концентрации химических компонентов минеральных вод. Сопоставление мониторинговых гидрогеодинамических наблюдений с сейсмичностью позволило выделить краткосрочные и среднесрочные эффекты, предшествовавшие землетрясениям, произошедшим на территории Армении [3]. Изучены показатели гидрогеодинамических эффектов в зависимости от параметров землетрясений. Существующая зависимость между изменениями химических компонентов минеральных вод и сейсмическими событиями позволила определить, что вариации газового состава (CO_2) имеют характер краткосрочного, а изменения содержания общей минерализации – долгосрочного эффекта.

По данным сети наблюдений осуществляется построение гидрогеодеформационного поля [4] для слежения наращивания или спада напряжений земной коры региона в виде образующих структур растяжек или сжатия.

Данные по сейсмическому режиму. Сейсмичность территории Армении характеризуется сейсмическими событиями с $M < 2$, которые составляют сейсмический фон региона. На фоне этих слабых землетрясений за исследуемый период зарегистрированы в основном землетрясения с $3 < M < 2$. Рассмотрены распределения землетрясения с $M > 3$ по годам (1991-2014). Наибольшее количество землетрясений имело место в 2007 и 2011 гг. Напряженно-деформированное состояние земной коры за отмеченные годы отражено на картах (рис. 1). Карты деформационного поля построены по расчетным значениям деформации, вычисленным по параметрам произошедших землетрясений.

Результаты обработки. Гидрогеологические исследования проводятся по наблюдательной сети гидрогеодинамических скважин, охватывающей весь регион Армении [5]. Для размещения гидрогеодинамических скважин выбирались участки и водоносные горизонты с низким уровнем неконтролируемых помех с тем, чтобы определить особенности режима этих горизонтов и реакции на подготовку землетрясений. Проведенные исследования показали, что гидрогеодинамический режим можно рассматривать в качестве показателя изменения напряженно-деформированного состояния в области подготовки землетрясений. В статье приводятся результаты обработки временных рядов за период мониторинговых наблюдений. Обработка временных рядов изменения химических компонентов

минеральных вод и уровня вод гидрогеодинамических скважин проводилась с учетом сезонных изменений, исключения тренда [б] и сопоставления с сейсмичностью региона. Результаты обработки приводятся на примере вариаций временного ряда величины общей минерализации минеральной воды источника Суринаван и вариаций уровня воды в гидрогеодинамической скважине Ашоцк.

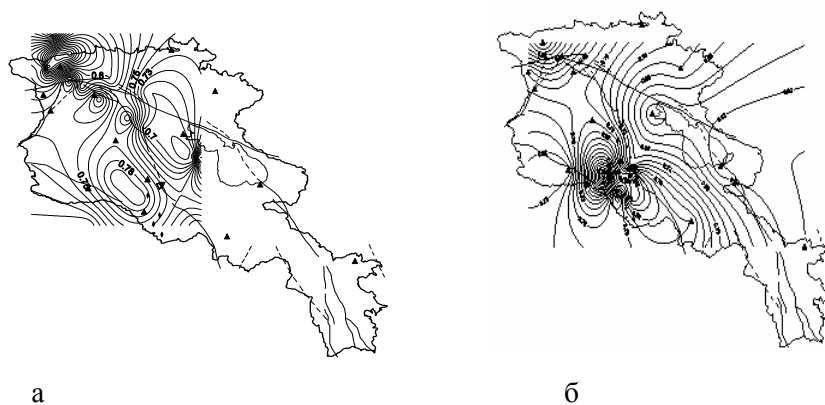


Рис. 1 Карты гидрогеодеформационного поля территории Армении за 2007 и 2011 гг. \curvearrowright – изолинии значений деформаций.

Минеральный источник Суринаван расположен в середине структурного Ереванского блока, почти на Ереванском глубинном разломе, водоносный горизонт – на глубине 350 м.

Режимные наблюдения за минеральной водой скважины Суринаван ведутся в лаборатории начиная с 2006 г. (рис. 2)

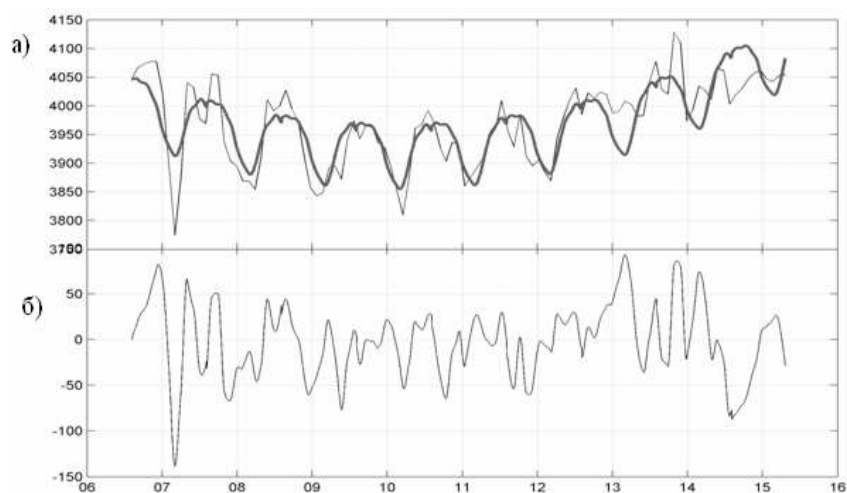


Рис. 2. График изменения минерализации воды скважины Суринаван: а – график изменения величины общей минерализации минеральной воды, б – график изменения величины общей минерализации после обработки:

Начальный этап обработки временного ряда включал приведение исходных величин изменения минерализации к равномерной дискретности с периодом 30 суток. Рассчитывалась кривая, представляющая собой сумму квадратичного тренда и сезонных вариаций (рис. 2, а). Обработанный временной ряд величин минерализации получен в результате вычитания из исходного временного ряда квадратичного тренда и сезонных вариаций. Для сопоставления полученных данных с сейсмичностью берутся моменты землетрясений в величинах магнитуд и эпицентральных расстояний. Землетрясения с $M > 3$ выбирались из общего каталога сейсмических событий по территории Армении, которые имели место в радиусе 100 км от центра окружности с координатами: $40^{\circ}20'$, $44^{\circ}94'$. При сопоставлении данных после обработки с сейсмичностью, где выборка землетрясения проводилась как указано выше, наблюдается корреляция обработанной кривой графика на рис.2,б с параметрами землетрясений (магнитуда, эпицентральное расстояние). С целью повышения корреляции полученных данных с сейсмичностью в работе рассмотрена методика выборки сейсмических событий из каталога для различных наблюдательных скважин с учетом деформаций в окрестностях эпицентра готовящегося землетрясения [4]. Для выделения гидрогеологических эффектов землетрясений нами рассчитывались деформации ε , которые развиваются на месте расположения скважины Суренаван, в зависимости от ее расстояния до эпицентра и магнитуды землетрясения. Расчетные деформации определялись по формуле

И. П. Добровольского [7] $\varepsilon = \left[\frac{10^{0,413M - 2,66}}{R} \right]^3$, где M – магнитуда землетрясения, R – эпицентральное расстояние км.

При этом имелось в виду, что в процессе подготовки землетрясений могут быть выявлены эффекты в том случае, если расчетная деформация имеет величину не менее 10^{-8} , т. е. превышает величину земно-приливной деформации. В некоторых случаях рассматривается возможная высокая тензочувствительность скважины, где следует учитывать деформации порядка 10^{-9} и более. Радиус зоны проявления гидрогеологических эффектов определяется по формуле [7] $R = 10^{0,43M}$ (км), где M – магнитуда землетрясения. Результаты такой методики подхода к выборке землетрясений для скважины Суренаван приводятся на рис. 3.

Гидрогеодинамическая скважина Ашоцк расположена на границе Севанской и Приараксинской тектонических зон и в поперечной Транскавказской зоне Гюмрийского тектонического блока. Средний статический уровень воды в скважине 6.5 м. Режимные наблюдения по скважине Ашоцк проводятся с 1991 г. Обработка временного ряда по уровню вод приводится за период 1994-2015 гг.

Для обработки данных по изменению уровня воды в скважине Ашоцк временной ряд (рис. 4, а) был приведен к равномерной дискретности с периодом 1 сутки. На рис. 4, б изображен тот же ряд, но с удаленными сезонными вариациями. Сезонные вариации удалялись с помощью цифрового фильтра [8], вырезающего частотный диапазон спектра, содержащего

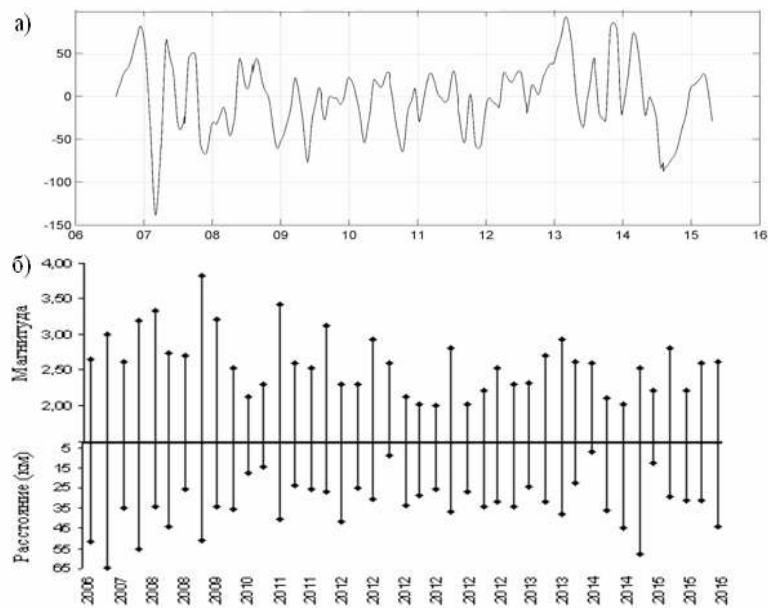


Рис. 3. График изменения минерализации воды в скважине Сурунаван в сопоставлении с данными сейсмичности: а – график изменения минерализации после обработки, б – данные по магнитуде и эпицентральному расстоянию произошедших землетрясений с учетом значений расчетной деформации.

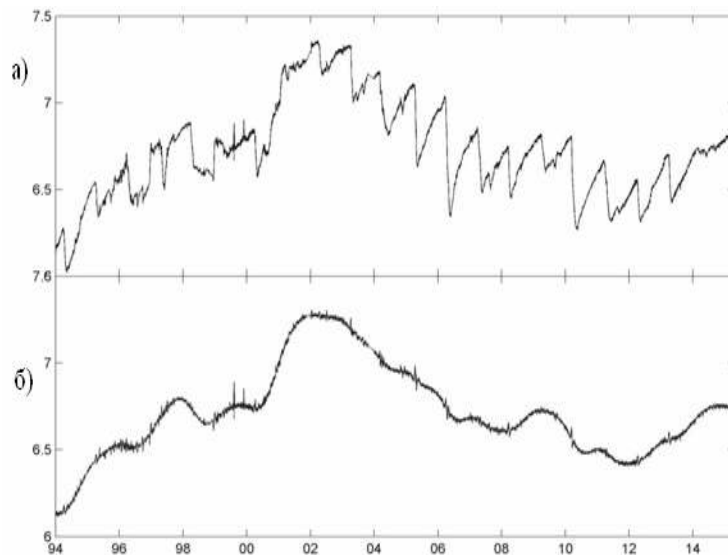


Рис. 4. Вариации уровня воды в скважине Ашоцк: а – график исходной кривой вариаций уровня воды в гидрогеодинамической скважине; б – график кривой вариации уровня воды после обработки.

сезонную и кратные ей гармоники. Далее полученную кривую сопоставляли с сейсмическими событиями, параметры которых рассмотрены с учетом величин расчетных деформаций, имевших место вокруг скважины Ашоцк. Выбирались землетрясения с $M > 3$, эпицентры которых локализовались внутри окружности с радиусом 100 км.

Таким образом, полученные результаты обработки данных по изменению величин минерализации минерального источника и уровня воды в гидрогеодинамической скважине показали корреляционную связь между мониторинговыми наблюдениями и сейсмическими событиями и возможность выявления гидрогеологических эффектов, предшествующих геодинамическим процессам земной коры региона.

Выводы. В результате длительного периода мониторинговых наблюдений накоплен фактический материал, на базе которого создается банк гидрогеологических и геохимических данных.

Продолжение мониторинговых наблюдений по гидрогеодинамическим и геохимическим пунктам и их обработка проводятся с целью разработки гидрогеологических методов определения геодинамических процессов земной коры.

Вариации уровня воды в гидрогеодинамической скважине Ашоцк, расположенной в мобильном Ширакском блоке, характеризуют геодинамическую активность блока.

¹Институт общей и неорганической химии им. М. Манвеляна НАН РА

²Институт геофизики и инженерной сейсмологии НАН РА

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

Результаты гидрогеологического мониторинга геодинамических процессов территории Армении

Рассмотрены данные мониторинговых наблюдений по уровню вод в гидрогеодинамической скважине Ашоцк и геохимии минеральной воды источника Суренаван. Приводятся результаты обработки, которые сопоставляются с сейсмичностью региона с целью выявления эффектов, связанных с геодинамическими процессами территории Армении.

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

Հայաստանի տարածքի երկրադինամիկական գործընթացների հիդրոերկրաբանական դիտարկումների արդյունքները

Ուսումնասիրվել են Աշոցք հիդրոերկրադինամիկական հորատանցքի ջրի մակարդակի և Սուրենավան հանքային ջրերի երկրաքիմիայի դիտարկումների տվյալները: Ներկայացվում են տվյալների մշակման արդյունքները, որոնք համադրվում են տարածաշրջանի սեյսմականության հետ: Վերջինիս նպատակն է բացահայտել այն էֆեկտները, որոնք կապված են ՀՀ տարածքի երկրադինամիկական գործընթացների հետ:

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

The Results of Hydrogeological Monitoring of Hydrodynamic Processes of the Territory of Armenia

The results of the monitoring of the water level of Ashotsk hydrogeodynamic boreholes and geochemistry of Surenavan mineral water were observed. There were presented the results of the processing which were compared with the seismicity of the region aiming to reveal the effects connected with geodynamic processes of the territory of Armenia.

Литература

1. *Игумнов В. А., Халатян Э. С.* – Геохимия. 1979. N 3. С. 368-370.
2. *Пашаян Р. А.* – Изв. НАН РА. Науки о Земле. 2008. Т. 51. N 3. С.39-45.
3. *Григорян С. В., Пашаян Р. А., Арутюнян Л.* – Доклады НАН РА. 2015. Т. 115. N 1. С. 50-59.
4. *Пашаян Р. А., Саргсян А. З.* – Изв. НАН РА. Науки о Земле. 2006. Т. 49. N 2. С. 30-36.
5. *Пашаян Р. А., Туманян Г. А.* – Изв. НАН РА. Науки о Земле. 1997. Т. 50. N 1-2. С.74-80.
6. *Григорян Т. А., Пашаян Р. А.* В кн.: Сборник научных трудов конференции молодых ученых, посвященной 70-летию основания НАН РА. Ереван. Гитутюн. НАН РА. 2013. С. 208-213.
7. *Добровольский И. Г., Зубков С. И., Мячкин В. И.* В кн.: Моделирование предвестников землетрясений. М. Наука. 1980. С. 7-43.
8. *Дещеревский А. В., Сидорин А. Я.* Аддитивная и мультипликативная модели сезонных вариаций геофизических полей. ОИФЗ РАН. 1998. 24 с.