

УДК 550.3

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АРМЕНИИ

Р. А. ПАШАЯН<sup>1</sup>, А. Л. БАЙРАМЯН<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Гарнийская геофизическая обсерватория, Армения

<sup>2</sup> ИГИС НАН, Республика Армения

Для исследований земной коры центральной Армении применен метод геофизического мониторинга земной коры, который позволяет осуществлять слежение за современными геодинамическими процессами региона. Метод основан на гидрогеодинамических наблюдениях, слежении за геохимией подземных вод и модулем полного вектора магнитного поля, а также за сейсмическим режимом региона. Изучен характер распределения гидрогеодеформационных процессов центральной Армении во времени и пространстве. Определен характер пространственно-временного распределения геодинамической напряженности.

**Ключевые слова:** мониторинг, геодинамика, сейсмичность, деформация, гидрология.

**Введение.** В настоящее время методы мониторинга широко используются и внедряются в различные области науки для получения непрерывной информации во времени о состоянии исследуемого объекта.

Метод геофизического мониторинга земной коры разработан в Гарнийской геофизической обсерватории. Он основан на способности геофизических и гидрогеологических показателей реагировать на изменения напряженно-деформированного состояния земной коры. Изучение вариаций магнитных наблюдений, которые связаны с деформационными процессами и имели место при подготовке очага землетрясения или других тектонических движениях, значительно повысит информативность и эффективность мониторинга. Изменения гидрогеологических показателей в зависимости от деформации водовмещающих пород определяются параметрами поля деформаций, упругими и фильтрационными характеристиками пород.

Методические приемы мониторинга сводятся к выделению сигнала, отражающего деформацию массива пород. Они позволяют удалять или выделять тренд, компенсировать влияние вариаций атмосферного давления

\* E-mail: [romella.pashayan@geology.am](mailto:romella.pashayan@geology.am)

на временные ряды геофизических полей и уровня подземных вод, выделять земно-приливные колебания уровня. Но не все помехи могут быть устранены расчетным путем. К группе неконтролируемых помех относятся влияние инфильтрации атмосферных осадков, а также эффекты техногенных воздействий. Показателями деформаций могут быть не только отклонения геофизических показателей от определенных фоновых величин, но и параметры этих колебаний. Имеются данные об изменениях параметров барометрической эффективности и пилообразных колебаний уровня подземных вод перед сейсмическими событиями. В некоторых случаях помехи, которые затрудняют выделение деформационного сигнала, сами могут нести полезную информацию.

**Геолого-гидрогеологическая характеристика района.** Район исследования расположен в центральной части Армении. В геологическом строении территории участвуют осадочные, вулканогенно-осадочные, магматические и метаморфические образования. Среди геологических образований пород четвертичного возраста особое место занимают покровы и потоки лав. Прогнутая часть района заполнена озерно-речными отложениями. В тектоническом строении района выделяются структуры первого порядка, к которым относятся Еревано-Ордубатский синклиниорий, Цахкуняцкий и Приараксинский антиклинории. Региональные тектонические нарушения представлены Гарнийским и Ереванским разломами.

Подземные воды района исследований относятся к межгорной Араратской котловине, заполненной озерно-речными, аллювиально-пролювиальными отложениями неогенового и четвертичного возраста. Араратская котловина является областью накопления подземного стока и формирования грунтовых и напорных водоносных горизонтов, основные водоносные горизонты с напорными водами приурочены к плиоцен-четвертичным озерно-аллювиальным отложениям. Араратский бассейн включает большие запасы минеральных вод, характеризующиеся водами гидрокарбонатно-кальциевого состава, приуроченными к терригенно-карбонатным породам палеозоя.

Проведен гидрогеодинамический мониторинг земной коры центральной Армении. Осуществлялись наблюдения за данными уровней вод гидрогеодинамических скважин, гидрогеохимией минеральных источников и пресного родника, геомагнитным полем, гидродеформационными процессами и сейсмическим режимом исследуемого региона. На территории Армении пятнадцать гидрогеодинамических скважин распределены по трем крупным блокам земной коры, геодинамика которых обуславливает сейсмичность территории. Из числа действующих скважин были отобраны семь информативных скважин (рис. 1). Данные гидрогеодинамических скважин и сейсмичности предоставлены Национальной службой сейсмической защиты РА.

Оценка информативности скважин определялась по фиксации приливных вариаций, изменению уровня воды и тензочувствительности участков расположения скважин (близостью к глубинному разлому) [1]. Методика обработки данных по уровню воды сводилась к выделению тектонико-сейсмического напряжения с учетом следующих факторов: атмосферного давления, осадков, величины снежного покрова и приливных вариаций. Выявлены гидрогеодинамические скважины с четко выраженными сезонными колебаниями уровня вод – скважины №№ 15, 12, 22, 27 (рис. 2).

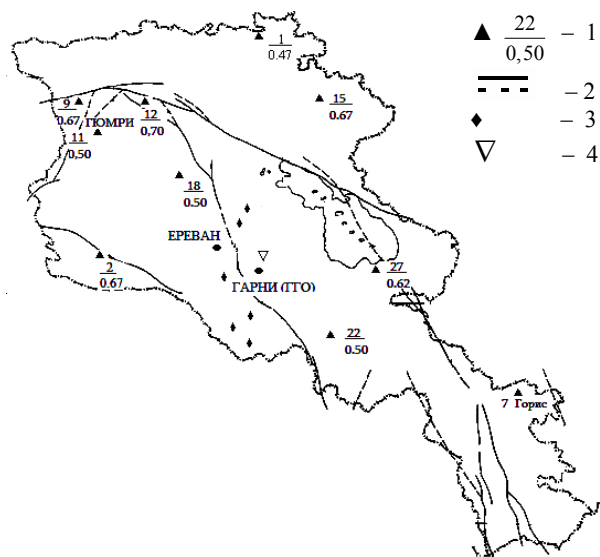


Рис. 1. Карта активных разломов территории Армении с сетью наблюдательных скважин: 1 – гидрогеодинамические скважины (числитель – номер скважины, знаменатель – коэффициент информативности); 2 – активные разломы (составили Караханян А.С., Арутюнян Р.А.); 3 – минеральные источники; 4 – пресный родник.

Прослежены изменения сезонного хода уровня подземных вод из-за инфильтрации атмосферных осадков, которые создают трудности при выделении гидрогеодинамических эффектов, поскольку интервал смещения меняется от года к году. Для обоснования информативности гидродинамических параметров полученные временные ряды наблюдений были обработаны методом статистического анализа. Получены небольшие вариации во времени коэффициента барометрической эффективности – от 0,01 до 0,04 *см/ГПа* [2]. Выделены малоамплитудные периодические вариации уровня вод – вызванные пилообразные колебания, которые являются отражением геодинамических процессов, протекающих в верхних слоях земной коры [1].

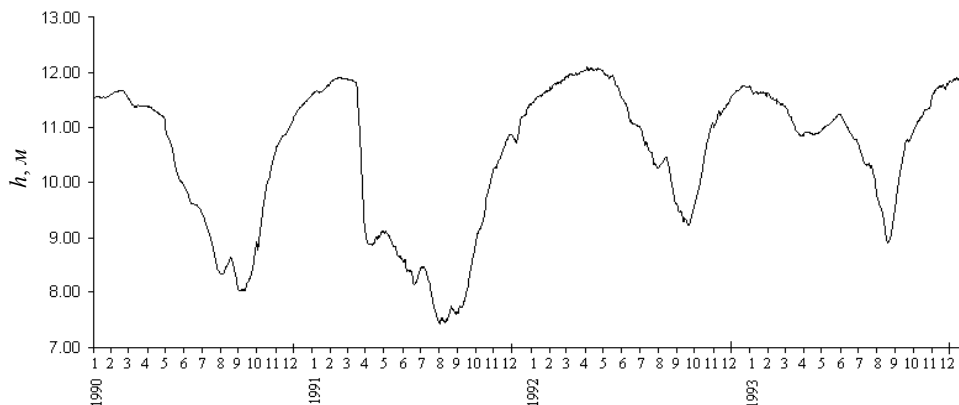


Рис. 2. График изменения сезонного хода уровня воды в скважине № 15.

Характерной особенностью пилообразных колебаний является то, что они происходят на фоне повышения или понижения уровня вод и указывают на наличие периодических слабых деформаций. Зарегистрированы колебания уровня подземных вод, обусловленные лунно-солнечными приливами и

создающие возможность контроля системы скважина–пласт по изменению объемной деформации. Выявлено также, что изменение приливных деформаций может являться предвестником землетрясений.

Спектральный анализ временных рядов уровня подземных вод позволил обнаружить две группы гармонических составляющих, группирующихся около 12 и 24 ч [3]. Медленные опускания (поднятия) уровня подземных вод в виде тренда отражают длиннопериодные изменения напряженно-деформированного состояния среды [4].

Сеть мониторинга включает наблюдения за гидрогеохимией вод минеральных источников Суренаван, Арарат, Веди, Арзни, Бжни и Гегард и пресного родника (рис. 1). Выявлены изменения преимущественно в макрокомпонентном и газовом составе вод, предшествующие и сопутствующие геодинамические движения земной коры центральной Армении (рис. 3).

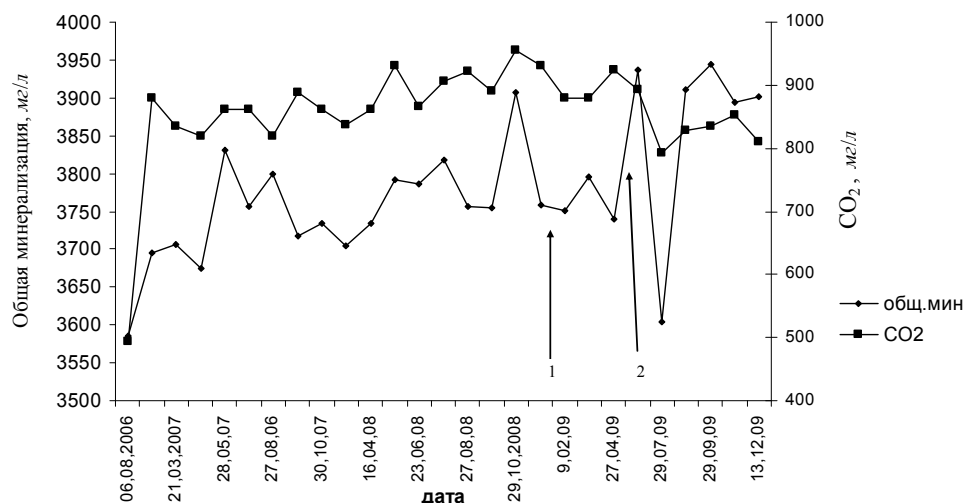


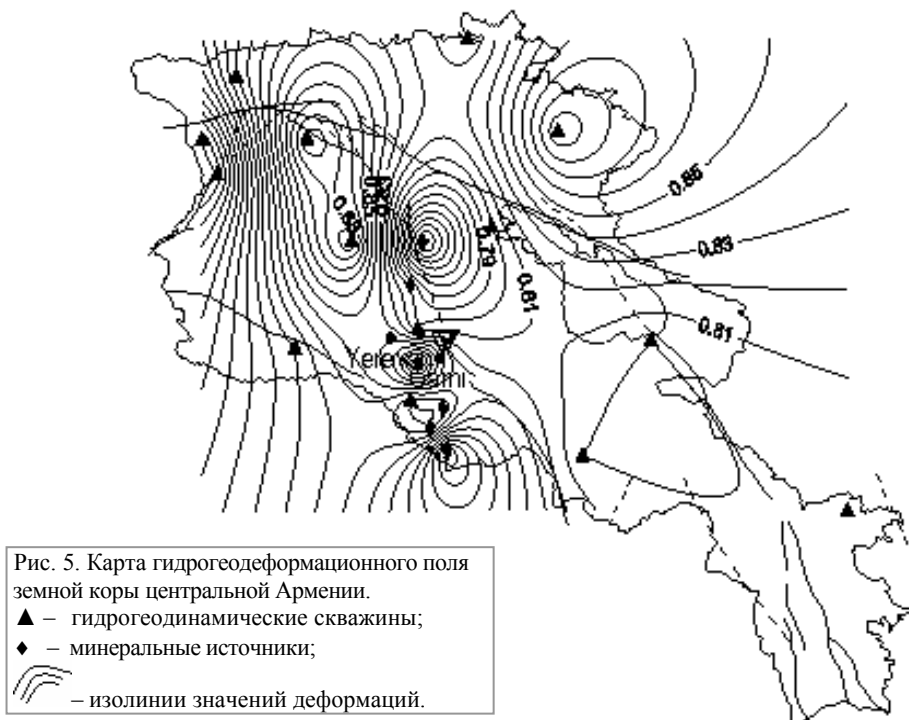
Рис. 3. График изменения общей минерализации и растворенного в воде CO<sub>2</sub> в источнике Веди. 1, 2 – землетрясения.

Обработка и анализ данных позволил выделить типы гидрогеохимических эффектов, механизмы их образования и зависимость от местных геолого-гидрогеологических условий [5]. Пункт стационарного наблюдения за вариациями геомагнитного поля Земли расположен на территории Гарнийской геофизической обсерватории (ГГО, рис. 1). Изменения значений вектора геомагнитного поля ( $\Delta T$ ) носят импульсный характер, нарушение которого на записи отражает происшедшие землетрясения.

Сейсмический режим исследуемого региона рассмотрен по каталогам землетрясений за 1991–2010 гг. За этот период на территории Армении произошло 94 землетрясения с  $M \geq 3$ , эпицентры приведены на карте сейсмичности (рис. 4). Наибольшее скопление эпицентров наблюдается в центральной Армении, в северной части региона эпицентры землетрясений разбросаны вдоль Анатолийского разлома, а в восточной и южной частях наблюдается сейсмическое затишье.



Гипоцентры происшедших землетрясений в основном распределены на глубинах до 15 км и 4 землетрясения – на глубине 35 км. Из чего следует, что большинство сейсмических событий за исследуемый период в регионе Армении произошли в земной коре до глубины 15 км. Таким образом, сейсмический режим исследуемого региона характеризуется коровыми землетрясениями с максимальной магнитудой  $M=4,4$ .



По мониторинговым данным гидрогеодинамических наблюдений и сейсмического режима региона Армении изучен характер распределения гидрогеодеформационных процессов земной коры во времени и в пространстве [6]. По полученным результатам дана оценка напряженному состоянию земной коры и составлена карта изолиний значений расчетных деформаций вокруг каждой гидрогеодинамической скважины по сейсмическим событиям, произошедшим в радиусе 50 км от них (рис. 5).

Полученная карта гидрогеодеформационного поля земной коры отражает локализацию напряжения в центральной и северной частях региона Армении за исследуемый период. На юге региона, возможно, происходит накопление напряжения.

Механизм формирования геофизических, гидрогеохимических эффектов с учетом анализа предвестников землетрясений объясняется изменением напряженно-деформированного состояния среды и уровня тензочувствительности системы. По распределению гидрогеохимических элементов вдоль профилей определяется методика площадного анализа поля напряженности.

*Поступила 10.07.2012*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ахвердян Л.А., Пашаян Р.А. Гидрогеодинамические и электроупругие эффекты, предшествующие землетрясениям на территории Армении. Ер.: Гитутюн НАН РА, 2001, 217 с.
2. Пашаян Р.А. Гидрогеодинамические предвестники землетрясений и оценка информативности наблюдательной сети Армении. Научная конференция, посвящен. памяти канд. геол.-мин. наук А.Г. Бабаджаняна. Гюмри: Гитутюн НАН РА, 1999, с. 230–238.
3. Пашаян Р.А. Режим подземных вод в скважинах, используемых для изучения гидрогеодинамических эффектов. // Известия НАН РА. Науки о Земле, 1993, т. 46, № 3, с. 59–63.
4. Пашаян Р.А. Временной анализ гидрогеодеформационных процессов на территории Армении. // Известия НАН РА. Науки о Земле, 2007, т. 50, № 2, с. 39–45.
5. Пашаян Р.А., Туманян Г.А., Мириджанян Р.Т., Ананян А.Л. Гидрогеохимический мониторинг геодинамических процессов в Гарнийском полигоне. // Известия НАН РА. Науки о Земле, 2005, т. 58, № 3, с. 25–29.
6. Пашаян Р.А., Саргсян А.З. Гидрогеодеформационная характеристика земной коры территории Армении (2002–2004гг). // Известия НАН РА. Науки о Земле, 2006, т. 59, № 3, с. 30–36.

Ռ. Ա. ՓԱՇԱՅԱՆ, Ա. Լ. ԲԱՅՐԱՄՅԱՆ

ԿԵՆՏՐՈՆԱԿԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԵՐԿՐԱԿԵՂԵՎԻ  
ԵՐԿՐԱԳԻՆԱՍԻԿԱԿԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՅՆԵՐԻ ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱԿԱՆ  
ՄՈՆԻՏՈՐԻՆԳ

Ա մ փ ո փ ո մ

Հայաստանում երկրակեղևի հետազոտման համար կիրառվել է երկրաֆիզիկական մոնիտորինգի մեթոդը, ինչը թույլատրում է իրականացնել

տարածաշրջանի հիդրոերկրադինամիկական գործընթացների հսկումը: Մեթոդը հիմնված է հիդրոերկրադինամիկական դիտարկումների վրա, ստորգետնյա ջրերի երկրաքիմիայի հսկման, մագնիսական դաշտի վեկտորի մոդուլով և տարածաշրջանի սեյսմիկ ռեժիմի միջոցով: Ուսումնասիրվել է հիդրոերկրադինամիկական գործընթացների բաշխման բնույթը տարածության մեջ և ժամանակի ընթացքում: Սահմանվել է երկրադինամիկական լարվածության տարածաժամանակային բնույթը:

R. A. PASHAYAN, A. L. BAYRAMYAN

## GEOPHYSICAL MONITORING OF GEODYNAMIC PROCESSES OF EARTH CRUST OF CENTRAL ARMENIA

### Summary

The method of geophysical monitoring of Earth crust was applied, which allows to fulfill the monitoring of modern geodynamic processes of Armenia through geodynamic observations, observations of geochemistry of groundwater, vector module of magnetic field and seismic mode of the region. The distribution of hydrogeodynamic processes in time and space is observed. The character of space-time distribution of geodynamic stress is defined.