

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

© 2001 г. Р.А. Пашаян, А.Л. Ананян, Г.А. Туманян

Гарнийская геофизическая обсерватория НАН РА  
375019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения  
Поступила в редакцию 28.06.2001 г.

В работе представлены результаты изучения напряженно-деформационного состояния земной коры Гарнийского полигона, а также других участков региона Армении по гидрогеодинамическим и геохимическим данным наблюдений. Получены протяженные временные ряды колебаний уровня вод по наблюдательным скважинам всего региона, проявления гидрогеологических эффектов, связанных с современными движениями земной коры. Выявлена взаимосвязь сейсмических и гидрогеологических процессов [13]. Краткосрочные гидрогеологические эффекты, отмеченные по вариациям уровней подземных вод [14], используются в качестве показателей геодинамических процессов, протекающих в сейсмоактивных зонах.

В настоящее время существует достаточно много данных об изменении химического состава подземных водно-газовых систем и их динамике в период подготовки и свершения землетрясения. Изучение геолого-геохимических последствий наиболее сильных землетрясений Северного Кавказа показало, что большинству из них предшествовали и их сопровождали гидрогеодинамические эффекты, выразившиеся в сильных колебаниях дебитов скважин и минеральных источников не только в эпицентральных зонах от 100 до 300 км, но и далеко за их пределами [12]. В Армении наблюдения за содержанием микро- и макрокомпонентов подземных вод ведутся с начала 80-х годов. Отмечено, что химический состав подземных вод меняется под влиянием сильных землетрясений. Эти изменения проявляются за несколько месяцев до землетрясения, что делает возможным использование этих явлений для выработки критерия среднесрочного прогноза [3].

Нами (Гарнийская Геофизическая Обсерватория) в течение шести лет (1996 – 2001 гг.) исследовались воды родников Анаит и Гоар, изливающихся севернее с. Гарни. Эти воды связаны с брекчиевыми и туфобрекчиевыми породами, занимающими значительные площади севернее и северо-западнее р. Азат, на участке сел Вохчаберд и Гарни. Начиная с 1998г., были начаты наблюдения по водам минерального источника "Грав", расположенного в мобильной зоне разлома, вблизи Азатского взброса.

Основная задача проведенных исследований заключалась в изучении геодинамических процессов земной коры Гарнийского полигона и других участков региона, где располагаются гидрогеодинамические наблюдательные скважины.

### Особенности тектоники и сейсмоактивности Гарнийского сейсмополигона

Район исследования характеризуется сложными сочетаниями общекавказского (продольного) и антикавказского (поперечного) простираний структур и аномальной сейсмичностью. Гарнийский сейсмополигон, описываемый также под названием Приереванского региона [11], расположен на активной СВ окраине Центрально-

Армянской континентальной микроплиты [4,6,15,16,17].

Гарнийская Геофизическая Обсерватория и находящиеся под режимными наблюдениями родники пресных вод "Гоар" и "Анаит" и минеральный источник "Грав" расположены на участке среднего течения р. Азат. Участок характеризуется изменениями структур и высокой сейсмичностью (Гарни, 1679г.,  $M=7.0$ ).

Бассейн р. Азат почти полностью характеризуется развитием взаимопересекающихся систем разломов и тектонической трещиноватостью (рис. 1). По верховью р. Азат, поперек Цахкунк-Зангезурской тектонической зоны, по ЮВ склону Гегамского нагорья прослеживается СВ часть Еранос-Вединской линеаментной зоны близмеридионального СВ-ЮЗ простирания [8].

Далее, резко поворачивая на ЮЗ, р. Азат протекает по линеаменту, который представлен зоной шириной 2 км. Зона отмечается развитием тектонической трещиноватости, что на эоценовых отложениях является приповерхностным выражением разлома, по которому происходили изменения простирания структур от продольного до поперечного, межзонального Ани-Ордубадского разлома глубокого, по-видимому, корового заложения. Эта граница перехода простирания структур от продольного до поперечного и выражена значительными резкими изменениями пород.

В бассейне среднего течения р. Азат, на участке с. Гарни-Азатское водохранилище, из-за развития зоны взброса  $60^\circ$  простирания,  $330^\circ < 60-70^\circ$  падения, происходит изменение простирания структур Ераносского тектонического блока и направления течения реки от субширотного до СВ близдиагонального. Эта зона указанного взброса, мощностью от 10 до 50 м, прослеженная по левобережью среднего течения р. Азат, представлена перемятыми, сильно раздробленными породами среднего эоцена. Здесь приведены в тектонический контакт сильно сжатые, узкие крутопадающие, в приразломной зоне опрокинутые складки низов среднего и близгоризонтального залегания слои верхов и низов верхнего эоцена. Отмеченные явления объясняются субгоризонтальными сжатиями в продольном направлении и многоступенчатыми перемещениями зоны вы-

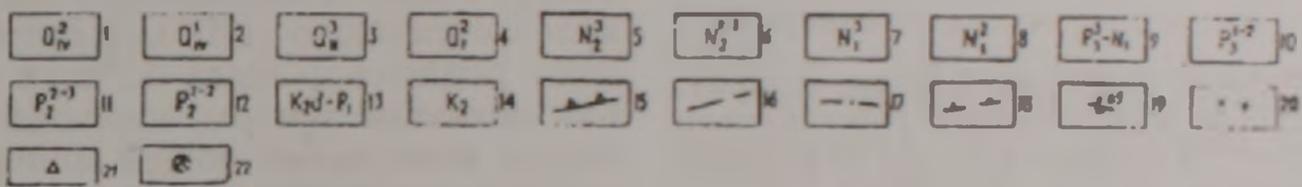
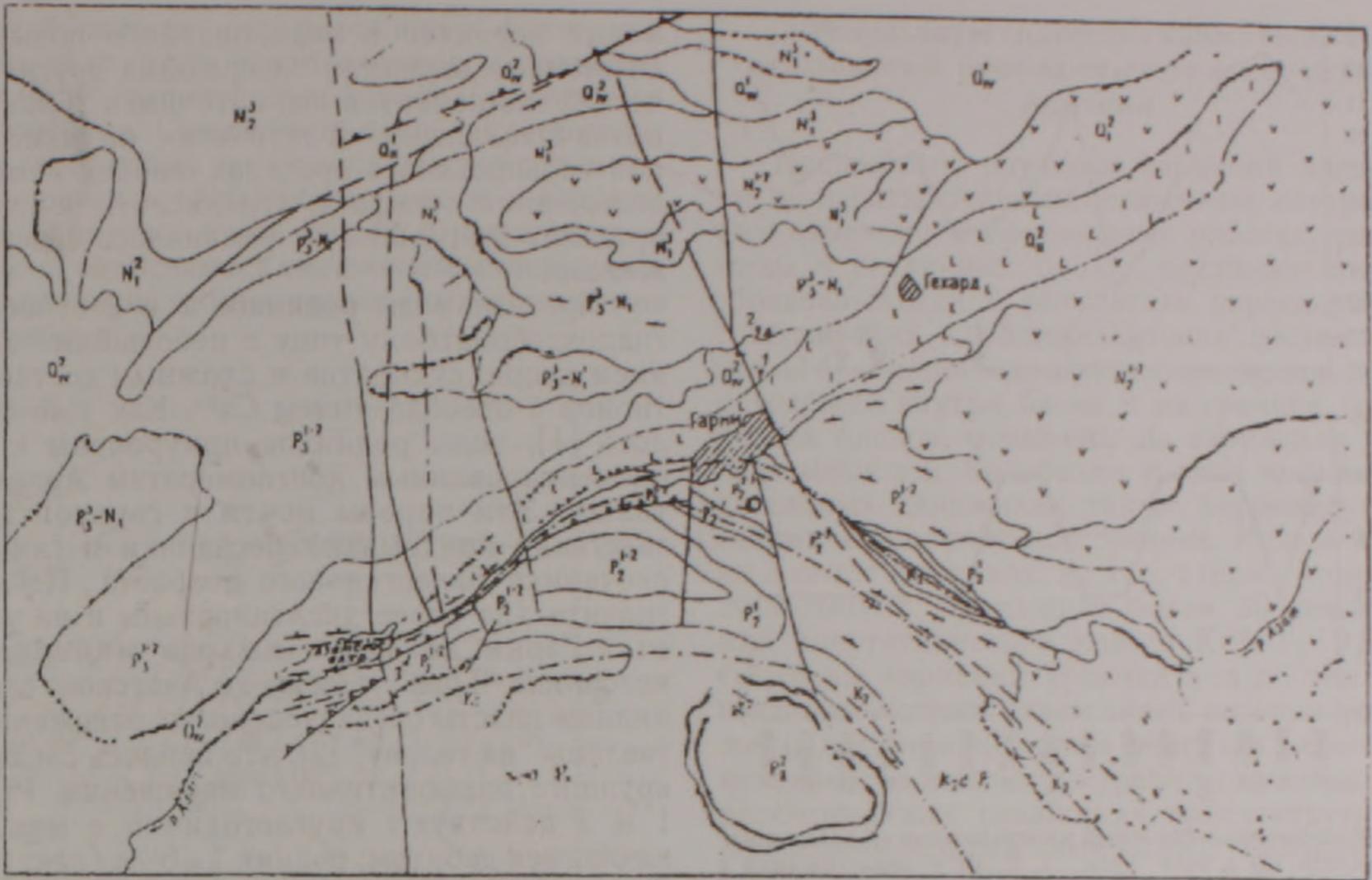


Рис.1. Схематическая геолого-структурная карта бассейна р.Азат. 1. Озерные и речные пески, суглинки, глыбы, валуны ( $Q_w^2$ ); 2. Андезито-базальты, андезиты (Гегамское нагорье); 3. Андезито-базальты, базальты; 4. Андезито-базальты, андезиты, андезито-дациты (2-4,  $Q_1-Q_{IV}$ ); 5. Долеритовые базальты ( $N_2^3$ ); 6. Вохчабердская свита ( $N_2^{1,2}$ ), туфобрекчии, туфоконгломераты, туфопесчаники, туфы, пролювиально-обломочные образования; 7. Белссоватая свита, туфобрекчии, туфопесчаники кислого состава, базальты, андезито-базальты; 8. Котуцкий горизонт, песчаники, глины, известняки; 9. Алавенская свита, пестроцветные глины, алевролиты, песчаники, конгломераты; 10. Шорахпюрская свита, песчаники, глины, алевролиты с пачками нуммулитовых и др. известняков, потоками андезитов; 11. Зовашенская свита, глины, песчаники, алевролиты, туфопесчаники, туффиты, известняковые песчаники, алевролиты с потоками андезитов; 12. Нуммулитовые известняки, известковистые песчаники, алевролиты; 13. Котуцкая свита, песчаники, алевролиты, нуммулитовые известняки; 14. Известняки, мергели, алевролиты, известковистые песчаники, конгломераты, песчаники, глины, базальты, туфобрекчии, туфоалевролиты; 15. Зоны Азатского (Гарнийского) и Джрвежского взбросов; 16. Разрывные нарушения; 17. Осевые полосы антиклиналей; 18. Элементы залегания (простираение и падение) горных пород складчатых комплексов; 19. Опрокинутые залегания горных пород; 20. 1, 2 – пресные родники, 3 – минеральный источник; 21. Гарнийская геофизическая обсерватория; 22. Предполагаемый эпицентр очага Гарнийского землетрясения (1679г.).

шеуказанного взброса и фронтальной части Ераносского тектонического блока от нескольких метров до 7-8 км в ЮЗ – ЮВ направлениях на Гарнийском и Азатском (водохранилище) участках. Это вращательное перемещение фронтальной части Ераносского тектонического блока привело к образованию в краевых частях общекавказско-антикавказских переходных дугообразных структур (рис.1).

Сравнение результатов неотектонических исследований [6] и определения механизмов очагов землетрясений [8,9] с вышеотмеченными особенностями палеотектонического развития показывает, что современные тектонические движения продолжают развиваться в указанном палеотектоническом плане. Следовательно, гидрогеохимические наблюдения по подземным водам Гарнийского сейсмополигона, проводимые в столь активном в тектоническом отношении участке, вероятно, позволят получать достоверную прогностическую информацию.

### Сейсмический режим региона Армении за 2000-2001гг.

Исследован сейсмический режим региона за 2000-2001г.г. по данным, полученным из НССЗ РА. Составлена таблица параметров землетрясений, произошедших на территории Армении за 2000-2001 г.г. По ней построена карта эпицентров землетрясений, на которой нанесены пункты наблюдений (гидрогеодинамические скважины и родники) и эпицентры очагов произошедших землетрясений. Полученная картина указывает на более напряженные участки региона. Пространственное распределение очагов землетрясений по глубине показало два преобладающих максимума на глубинах 10 и 11км.. На графике хода за период 2000-2001гг. сейсмический процесс 2000г насыщен событиями с  $M=3.5$ , а в 2001г. – событиями с  $M=2.5-3.1$ . Таким образом, сейсмический режим региона за 2001г. охарактеризован сейсмичностью, с преобладающей  $M=2.5$ . Слабые землетрясения с начала 2001г.

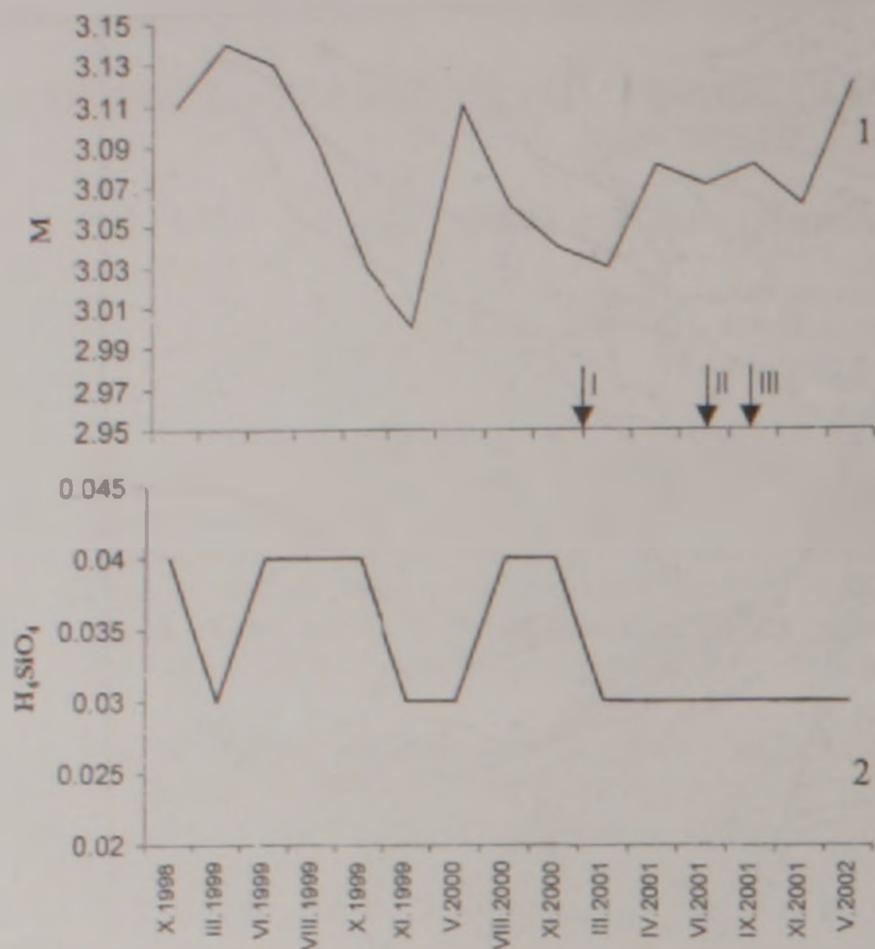


Рис. 2. Временные вариации общей минерализации г/л (1) и кремневой кислоты (2) в воде "Грав". I, II, III – землетрясения в Гарни.

по август имели место в районах Веди, Арарат, Гарни. В частности, в эпицентре Гарнийского очага (1679г.,  $M=7.0$ ) произошли три землетрясения с магнитудой  $M=1.3$ ,  $M=1.5$ ,  $M=2.1$ .

#### Гидрогеохимические наблюдения Гарнийского сейсмополигона

Минеральная вода источника "Грав" относится к типу гидрокарбонатно-кальциево-магниевых вод. Вода насыщена углекислым газом, вследствие чего рН воды является слабокислым от 5.9 до 6.8. Она формируется в разломной зоне на левом берегу р.Азат и выбивается на поверхность через 10-15 – метровый щит травертинов. Дебит источника – 0.2 л/сек, температура воды колеблется в небольших пределах – от 17 до 18°C и указывает на то, что глубина формирования этой минеральной воды может составить 350-400м. Общая минерализация колеблется за период 2001 года от 3.03 до 3.14 г/л. Временные вариации общей минерализации и кремневой кислоты представлены на рис.2.

За последний год наблюдений минерализация воды повысилась примерно с 3.03 до 3.08 г/л. На фоне общего изменения минерализации выделяются небольшие пики повышения и понижения. Пик повышения наблюдается в апреле до 3.07 г/л, далее небольшое понижение с последующим повышением общей минерализации до 3.08 г/л. Величина рН за период наблюдений повысилась от 5.8 до 6.6, далее колебалась в небольших пределах, составляя в среднем 6.4-6.6. Вариации содержания кремневой кислоты после резкого понижения от 0.04 до 0.03 г/л, как показано на графике рис.2, образуют в течение последних месяцев небольшое плато с значением  $H_4SiO_4$  – 0.03 г/л. Вариации содержания ионов хлора, натрия и магния имели одина-

ковый характер в виде плавного повышения. Временные вариации содержания других химических компонентов вод источника "Грав" были незначительными. Фактически не изменялись или варьировали в пределах ошибок измерений содержания сульфата, углекислоты и калия. В пределах 0.01-0.03 г/л изменялось содержание железа.

Пресные воды родников 1 и 2 относятся к гидрокарбонатному типу с небольшим содержанием хлора, сульфатов и сложным составом катионов с преобладанием  $Ca^{2+}$ . Как уже отмечалось [1], воды родников приурочены к слабоцементированным конгломератам Ацаванской толщи. Эти породы почти в горизонтальном залегании прикрывают песчаники и глинистые песчаники палеогенового возраста. Последние значительно более дислоцированы и на участке от с.Гарни до места выхода минерального источника "Грав" и далее до Азатского водохранилища пласты среднеэоценовых отложений поставлены "на голову" [2], что явилось следствием крупного дизъюнктивного нарушения. Родники 1 и 2 действуют круглогодично с малоизменяющимся дебитом; родник 1  $\approx 6-7$  л/сек; родник 2  $\approx 11$  л/сек. Температура воды в родниках колеблется около 11-14°C, в октябре температура воды родника 1 была 11°C, в ноябре – 13.5°C. Как показали замеры, наблюдается корреляция между значениями общей минерализации вод и изменением температуры.

За период наблюдений с января по октябрь 2001 года общая минерализация вод колебалась для родника 1 от 0.298 до 0.314 г/л, родника 2 – от 0.360 до 0.370 г/л. За первые три месяца наблюдений минерализация снизилась с 0.302 до 0.297 г/л, затем до конца наблюдений возросла до 0.306 г/л. На фоне такого общего изменения минерализации наблюдались небольшие три кратковременных вариации, которые имели место в апреле, июне, августе и проявились в виде снижения общей минерализации до величины 0.01 г/л. Величина рН за весь период наблюдений была фактически стабильна, составляя в среднем 7.8-7.9, за исключением небольших вариаций во время отмеченных изменений химического состава.

В первые месяцы 2000 года наблюдаемая минерализация воды родника 2 повысилась с 0.360 до 0.370 г/л, затем до конца наблюдений плавно снизилась до 0.355 г/л. Снижение общей минерализации на 0.015 г/л проявлялось с июня по август месяц. Величина рН за тот же период наблюдений варьировала в пределах от 7.8 до 7.9.

Как отмечалось в предыдущих работах, воды родников характеризуются значительным содержанием кремневой кислоты. Вариации содержания кремневой кислоты в водах обоих родников имели одинаковый характер в виде резкого снижения до 0.08 г/л для родника 1 и 0.07 г/л – родника 2 и далее наблюдается стабилизация значений кремневой кислоты. Наблюдаемые вариации химического состава минеральной воды "Грав" и вод родников 1 и 2 обусловлены, вероятно, геодинамическими процессами в

пластовой системе, определяющими факторами которых послужили тектонические и волновые процессы в эпицентральной зоне Гарнийского землетрясения. Снижение и последующее повышение содержания всех основных компонентов, проявившиеся в обобщенном виде и в плавном снижении и повышении общей минерализации, возможно, объясняются смешением минеральных вод с водами из других водоносных комплексов этого района.

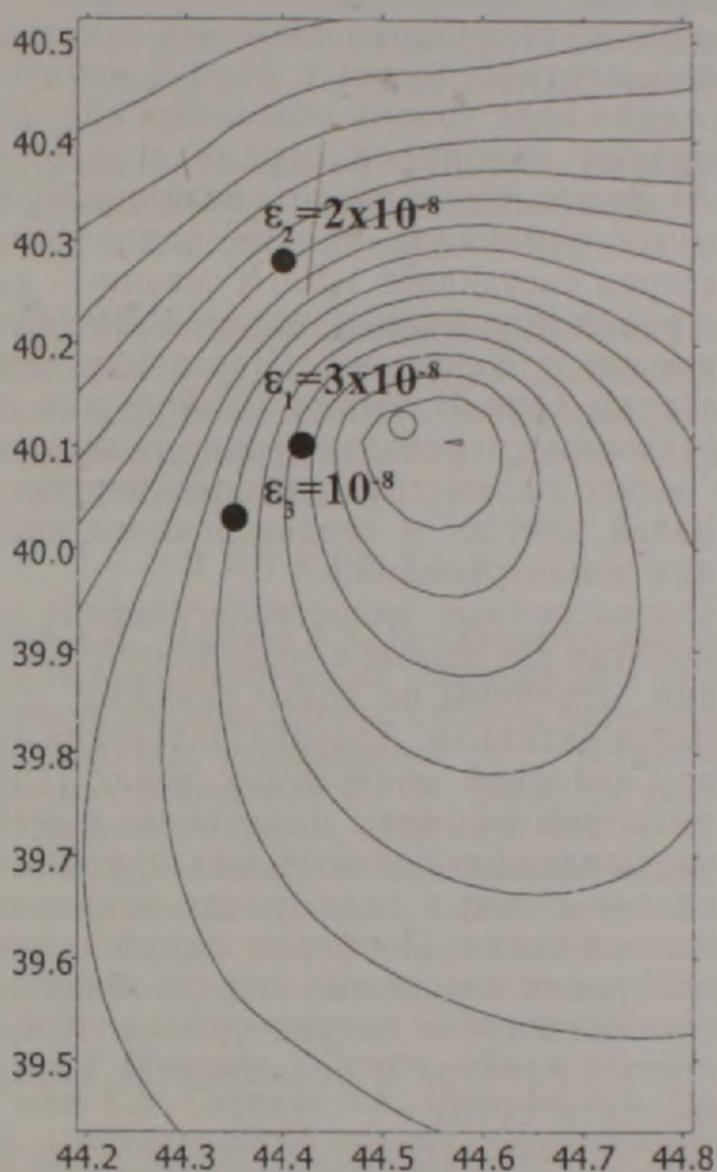


Рис. 3. Расчетное деформационное поле в эпицентральной зоне Гарнийского землетрясения 2001г. ( $M=2.1$ )  
 ○ - эпицентр землетрясения  
 ● - гидрогеохимические пункты наблюдения

Сопоставлены времена проявления отмеченных колебаний с каталогом землетрясений, произошедших на территории Армении, в частности, в зоне Гарнийского сейсмополигона. Все выделенные аномалии зафиксированы после слабых землетрясений с  $K=6 \div 8$ , произошедших в радиусе  $10 \div 14$  км от пунктов наблюдений. В каждом пункте наблюдений определялась расчетная деформация [7] по формуле  $\epsilon = (R/10^{0.413-M})^{-3}$ , где  $M$  - магнитуда землетрясения, имевшего место в Гарни (20.08.01).

На рис.3 представлено деформационное поле распределения значений расчетной деформации от эпицентра землетрясения до гидрогеологических пунктов наблюдений (пресные воды родников 1 и 2, минерального источника "Грав"). Величины деформации в зависимости от эпицентрального расстояния  $R$  имели следующие значения:  $\epsilon_1 = 3 \cdot 10^{-8}$ ,  $\epsilon_2 = 2 \cdot 10^{-8}$ ,  $\epsilon_3 = 10^{-8}$ .

### Результаты гидрогеодинамических наблюдений, проводимых по всему региону Армении

Продолжено изучение вариаций подземных вод по наблюдательным скважинам, которые, как уже отмечено в предыдущих работах, расположены в различных блоках тектонических зон, образовавшихся в результате пересечения антикавказских и общекавказских систем разломов [14]. Гидрогеодинамические процессы, происходящие внутри блока и на границе тектонических блоков, отражены на вариациях уровня подземных вод. Колебания уровня воды в наблюдательных скважинах также коррелируются с сейсмическим режимом региона. Исходя из сводки о землетрясениях, на территории Армении за 2000-2001г.г. произошло более 30 землетрясений энергетического класса  $K=6.0 \div 10.0$ . Рассматриваются вариации уровней вод по тем гидрогеодинамическим скважинам, которые расположены в сейсмоактивных участках региона. На исходных записях хода уровня подземных вод в рассмотренных скважинах присутствуют: лунно-солнечные приливные волны, сезонные вариации уровня с годичной периодичностью и прослеживается долговременный ход процесса - тренд.

Приливные вариации уровня подземных вод наблюдаются в скважинах Кучак, Карцахпюр, Ехегнадзор. Скважина Кучак расположена в тектоническом отношении активном блоке, примыкающем к Транскавказской зоне. Скважина Карцахпюр находится в большом Севанском блоке, который активен и характеризуется большими подвижками.

Скважина Ехегнадзор расположена в Вайкском блоке Приараксинской зоны, блок активен, характеризуется повышенной динамичностью. Период приливных колебаний превышает одни сутки. Максимальная амплитуда прилива составляет величину порядка 8см для вод скважины Кучак, 6см - Карцахпюр и 4см - Ехегнадзор. Максимум амплитуд повторяется с периодичностью около 7, 10 и 14 суток.

Как показали исследования [5], для решения задач среднесрочного прогноза целесообразно рассматривать особенности изменения сезонных перепадов уровня  $\Delta H$  подземных и поверхностных вод по наблюдениям различных лет. Величина  $\Delta H$  вычисляется как сумма разностей между экстремальными уровнями подземных вод в летний и зимний периоды года. Были продолжены рассмотрения особенностей изменения сезонных перепадов уровня  $\Delta H$  подземных вод за 2001 год. На рис.4 приведен график сезонного перепада уровня вод для 6 наблюдательных скважин. Как видно из приведенных данных табл.1, величина сезонного перепада уровня  $\Delta H$  для районов наблюдений различна и варьирует от 0.2 до 9.3м. По амплитудам сезонного перепада уровня районы расположения наблюдательных пунктов разделяются на две группы: группа скважин Ширакамут, Иджеван, Ноемберян, где  $\Delta H$  максимальны и лежат в пределах от 1.9 до 8.9 метров.

Вторая группа районов – скважины Карчахпюр и Мецамор, для которых величина сезонного перепада уровня существенно меньше и находится в интервале  $0.2 \pm 1.8$  метров.

Таблица 1

N	Р-н располож. скв.	Значения $\Delta H$ (м) по годам						
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	Ноемберян	2.2	2	1.6	1.9	1.5	0.7	2.2
2	Мецамор	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.3	0.2
15	Иджеван	4.1	4.8	4.3	9.3	7.8	8.2	8.9
12	Спитак	2.4	2	1.8	3.2	1.4	2.0	1.9
10	Гукасян	0.2	0.4	0.6	0.3	0.2	0.2	1.2
27	Карчахпюр	2.2	0.96	2.4	2.1	2.8	2.2	1.8

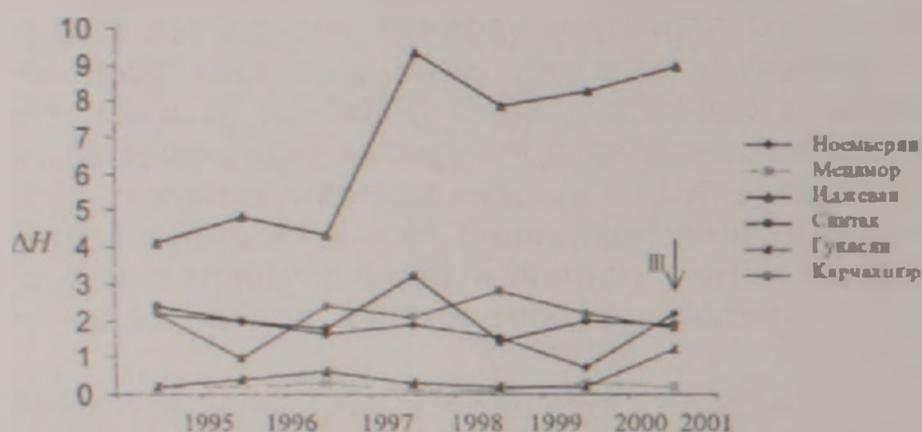


Рис 4 Амплитуды сезонных перепадов уровня подземных вод скважин III- землетрясение в Гярни (20.08.01,  $M = 2.1$ ).

Как известно, изменения уровня подземных вод обусловлены, в основном, вариациями метеофакторов, коллекторскими свойствами водовмещающих пород, техногенными причинами и изменениями напряженно-деформированного состояния водовмещающих пород. Относительно влияния метеофакторов следует отметить следующее: хотя область исследований расположена в горном крае, однако, как показали измерения, ход температуры вод и атмосферного давления одинаков для всех пунктов наблюдений, в то же время ход уровня воды различен для различных скважин. Для районов исследований среди техногенных факторов, которые могут влиять на уровень подземных вод, преобладающей является близость от наблюдательной скважины водозабора и водохранилищ. Скважина Ширикамут расположена на удалении 9 км от водозабора Джрашен, что практически исключает влияние режима водозабора на уровень воды в скважине Ширикамут. На уровни вод оставшихся скважин также нет влияния техногенных факторов. Это указывает на то, что ни метео- и ни техногенные факторы не влияют на особенности хода сезонных перепадов уровня подземных вод.

Наибольшая амплитуда колебания уровня воды наблюдается в скважине Иджеван. Возможно, это связано с тем, что водовмещающей породой скважины является трещиноватый закарстованный мергелистый известняк.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что аномалии перепада уровня подземных вод, исключая некоторые техногенные и метео-

факторы, возможно, обусловлены особенностями изменений напряженно-деформированного состояния водовмещающих пород и, в частности, процессами подготовки землетрясений.

Среднесрочные предвестники землетрясений следует ожидать во времени от нескольких месяцев до года перед событием. Для этого необходимо рассматривать как непосредственные записи хода уровня на упомянутых временах, так и данные о сезонных перепадах  $\Delta H$  уровня подземных вод. Результаты наблюдений по уровню вод скважин Ноемберян, Иджеван показали, что перед землетрясениями с  $M=4.2$  наблюдалось понижение хода уровня подземных вод, а также понижение сезонного перепада  $\Delta H$  уровня (рис. 4). За последние два года величина аномалии сезонных перепадов уровня воды скважины Ноемберян составляет 1.5 м, а сезонный перепад  $\Delta H$  уровня подземных вод – 2.2 м. Следует подчеркнуть, что скважины Ширикамут, Иджеван, Ноемберян (рис. 4) имеют наибольшие амплитуды сезонных перепадов уровня подземных вод и по этому параметру наиболее перспективны для целей кратко- и среднесрочного прогнозирования землетрясений.

Краткосрочные гидрогеологические эффекты, вероятно связанные с геодинамическими процессами, отмечены по водам скважин, расположенных в активных Арарат-Спитакской и Ехегнадзор-Севанской поперечных зонах [15]. Рассматриваемые эффекты чаще всего выделялись на фоне медленных поднятий или опусканий уровня подземных вод в виде тренда плюсового или минусового знака. По форме сигнала среди вариаций уровня подземных вод преобладают ступенчатое падение и подъем уровня. Продолжительность эффектов в большинстве случаев не больше пяти суток.

Рассмотрены вариации уровня воды в скважине Арташат с ноября 2000 по 2001 гг. Скважина Арташат расположена на границе Ереванского блока, ближе к Ереванскому глубинному разлому. Краткосрочные падения и подъемы уровня наблюдались 16 января и 20 августа 2001 года. Амплитуда их составила 0.6 и 0.3 м, период варьирован от 3 до 5 суток. Рассматриваемые вариации выявлены на фоне медленного опускания уровня подземных вод в виде тренда отрицательного знака. Наличие тренда, вероятно, отражает длиннопериодные изменения напряженно-деформированного состояния среды, а знак минус соответствует разуплотнению пород. Таким образом, на фоне медленного развития процессов быстрые кратковременные движения совпадающего знака ускоряют эти процессы. Наблюдался долговременный тренд уровня воды в скважине Мецамор. Тренд выражен в виде плавного понижения уровня воды. Скважина Мецамор расположена в блоке Приараксинской зоны в серии транскавказских нарушений и характеризуется подвижками средней активности. Возможно, наблюдаемый тренд указывает на повышение активности подвижек блока. На фоне тренда наблюдаются небольшие вариации уровня воды, которые, вероятно, отражают сейсмичность района.

Резюмируя вышесказанное, можно отметить

следующее:

а) Результаты геологических исследований на Гарнийском сейсмополигоне, показанные на схематической геолого-структурной карте, отражают динамику геологических структур, активные зоны разломов, разрывные нарушения исследуемого участка.

б) Активные тектонические структуры являются проводниками сейсмического воздействия в процессе подготовки землетрясения, подобный участок отмечен в приразломной зоне Азатского разлома, где расположен гидрогеохимический пункт наблюдения (минеральный источник "Грав").

в) Предварительные результаты по геохимии вод показывают, что изменения геохимических показателей вод предшествуют сейсмическим событиям.

г) Обнаруженная реакция подземных вод на вертикальные и горизонтальные движения земной коры дает возможность наблюдать за ними с помощью непрерывных или частых гидрогеологических измерений.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ананян А.Л., Пашаян Р.А. Предварительные результаты гидрогеохимических наблюдений в зоне Гарнийского сейсмополигона. Сборник научных трудов конференции, посвященной 90 – летию со дня рождения основателя ИГИС НАН РА академика А.Г. Назарова. г.Гюмри, 1998, с.197-202.
2. Ананян А.Л., Пашаян Р.А. Продолжение гидрогеохимических исследований на Гарнийском сейсмополигоне. Сборник научных трудов конференции, посвященной 40 -летию со дня основания Института Геофизики и Инженерной Сейсмологии им. академика А.Г. Назарова. г.Гюмри, 2001, с.161-167
3. Арутюнян Е.А., Сафарян И.А., Петросян Л.А., Нерсисян А.В. Статистический анализ гидрогеохимических данных для обнаружения надежных предвестников землетрясений. 5 Школа – семинар стран СНГ, Цахкадзор ( Армения). Тезисы докладов, 1995, М, с.46-47.
4. Асланян А.Т. Основные черты геологического строения и тектонического развития Тавро-Кавказского региона. Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, т. XXXIV, 1983, N3, с.23-32.

5. Боканенко Л.И., Галаганов О.Н., Передерин В.П. Вариации уровня подземных вод Гармского полигона (Таджикистан) и возможности прогнозирования землетрясений. Физика Земли, 1999, N5, с. 77-82.
6. Габриелян А.А., Саркисян О.А., Симонян Г.П. Сейсмоструктура Армянской ССР. Ереван: изд. ЕрГУ, 1981, 283с.
7. Добровольский И.П., Зубков С.И., Мячкин В.И. . Об оценке размеров зоны проявления предвестников землетрясений. В сб.: Моделирование предвестников землетрясений. М.: Наука, 1980, с.7-43.
8. Карапетян Н.К. Сейсмический режим территории прогностического полигона. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, XXXIII, 1980, N5, с.56-61.
9. Карапетян Н.К. Механизм очагов землетрясений Ереванского региона. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, XL, 1987, N6, с.40-48.
10. Караханян А.С. Линеаменты и кольцевые структуры Малого Кавказа. Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1981, N3, с.31-36.
11. Оровецкий Ю. П., Егоркина Г.В. Глубинный магматический диапиризм Центральной Армении. Известия АН Арм.ССР, Науки о Земле, XXXIV, 1983, N5, с.41-45.
12. Осика Д.Г., Магомедов А.М., Смирнов М.Н. и др. Гидродинамические и геохимические предвестники сильных землетрясений Северного Кавказа. В кн.: Поиски предвестников землетрясений, ФАН, Ташкент, 1976, с.65-68.
13. Пашаян Р.А. Исследование гидрогеодинамических эффектов, как предвестников землетрясений на территории Армении. Автореф. дисс. на соискание уч. ст. канд. геол.- мин. наук, Ереван, 1998, 22 с.
14. Пашаян Р.А., Туманян Г.А. Краткосрочные гидрогеологические эффекты, связанные с современными движениями земной коры на территории Республики Армения. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1997, т.50, N1-2, с.74-80.
15. Туманян Г.А. Глубинная структура земной коры на космических изображениях. Иссл. Земли из космоса, М., 1983, N5, с.32-39.
16. Туманян Г.А. Новые данные о крупных надвигах Малого Кавказа. Геотектоника, 1983, N4, с.99-111.
17. Туманян Г.А., Яникян В.О., Осипова И.Б. и др. Отчет о глубинных геолого-геофизических исследованиях по профилям Октемберян-Гукасян, Эчмиадзин-Ноемберян и Воротанский перевал (I, IV, VII) за 1980-83гг., Ереван, 1983. Фонды УГ РА, 316с.

## ԵՐԿՐԱԿԵՂԵՎԻ ԴԻՆԱՄԻԿԱՅՈՎ ՊԱՅՄԱՆԱՎՈՐՎԱԾ ՀԻԴՐՈԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԷՖԵԿՏՆԵՐԸ

Ռ. Ա. Փաշայան, Ա. Լ. Անանյան, Հ. Ա. Թումանյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Ներկայացված են Գառնիի սեյսմոֆորմազոնի լարվածա-այլաձևափոխումների վիճակի ուսումնասիրությունների, ինչպես նաև Հայաստանի այլ տարածքների հիդրոերկրադինամիկական, երկրաքիմիական դիտարկումների արդյունքները: Ամբողջ տարածաշրջանի դիտարկվող հորատանցքերի տվյալներով ստացվել են երկրակեղևի ժամանակակից տեկտոնական շարժումներով պայմանավորված էֆեկտներ: Պարզաբանվել է սեյսմիկ և հիդրոերկրաբանական երևույթների փոխադարձ կապի բնույթը [13]: Ստորգետնյա ջրերի մակարդակների տատանումներով արտահայտված կարճաժամկետ հիդրոերկրաբանական էֆեկտները [14] օգտագործվում են որպես սեյսմոակտիվ տեղամասերում կատարվող երկրադինամիկական երևույթների ցուցանիշներ:

# HYDRO-GEOLOGICAL EFFECTS DETERMINED BY GEODYNAMIC PROCESSES IN THE EARTH CRUST

R. A. Pashayan, A. L. Ananyan, G. A. Toumanyan

## Abstract

The work presents results of the study on the Earth crust stress-strain condition in the Garni test-ground, as well as within other sites of Armenia, based on the data of hydro-geodynamic and geochemical observations. Long-term time-series are obtained for water level variations in observation boreholes across the entire region, and manifestations of hydro-geological effects related to recent motions of the Earth crust. Relationship between seismic and hydro-geological processes is revealed [13]. The short-term hydro-geological effects recorded by variations of underground water level [14] are used as indicators of geodynamic processes in seismically active zones.

Известия НАН РА. Науки о Земле, 2001, LIV, №2, 42-45

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ И СТАНДАРТНОЙ ПРОЧНОСТИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

© 2001 г. С. Р. Месчян

Институт механики НАН РА  
375019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 246, Республика Армения,  
E-mail: mechins@sci.am  
Поступила в редакцию 19.07.2001 г.

В статье приведены результаты применения метода повторного испытания образцов глинистых грунтов на кручение, в режимах как контроля крутящих моментов, так и деформации сдвига, для определения их прочностных свойств.

В работе [5] было отмечено, что часто в геотехнические лаборатории доставляют монолиты и керны небольших размеров, из которых невозможна вырезка необходимого для определения прочности глинистых грунтов количества образцов. Это значит, что порою отобранные из больших глубин монолиты и керны непригодны для определения указанных свойств, несмотря на значительные затраты сил и средств для их отбора. Поэтому разработка методов, позволяющих получение необходимой информации о прочности грунтов по результатам испытания небольшого количества образцов, является весьма актуальной. Она позволит избежать затрат на отбор новых монолитов и кернов грунтов.

Для решения этой проблемы нами [5] предложен метод определения остаточной прочности  $\tau_r$  и стандартного сопротивления сдвигу  $\tau_{1,ст}$  глинистых грунтов путем повторного (многократного) испытания образцов под действием возрастающих степенями по величине нормальных напряжений. Предложенный метод применим только при испытании образцов грунтов на кручение, когда их площадь остается неизменной и только для остаточной  $\tau_r$  и стандартной  $\tau_{1,ст}$  прочности. В этом случае, в силу больших деформаций сдвига, имеет место практически полное нарушение структурных связей грунтов и отсутствие влияния структурного сцепления  $c_c$  [1] на  $\tau_r$  и  $\tau_{1,ст}$ .

Предложенный метод был опробирован испытанием большого числа глинистых грунтов,

отобранных из ядер грунтовых плотин ряда водохранилищ Армении [5]. Образцы грунтов диаметром 101 мм ( $A=80 \text{ см}^2$ ) и высотой 24 мм были подвергнуты многократному испытанию на приборах М-5 [2] в режиме контроля крутящих моментов  $M_{10r}$ .

Опытами установлено, что многократное кручение одного и того же образца под действием одного и того же нормального напряжения  $\sigma$  при больших деформациях закручивания (от 70 до 110 мм) практически не оказывает влияния на их остаточную прочность  $\tau_r$ .

Для определения  $\tau_r$  были испытаны от двух до четырех образцов, вырезанных из одного керна. Их испытания выполнены по следующим схемам (см. табл.1).

Таблица 1

Схемы повторного испытания двух, трех и четырех образцов-близнецов грунта на повторное кручение

$\sigma_n$	Испытание 2-х образцов		Испытание 3-х образцов			Испытание 4-х образцов			
	1	2	1	2	3	1	2	3	4
$\sigma_{n1}$	$\tau_{r,1,1}$	$\tau_{r,1,2}$	$\tau_{r,1,1}$	$\tau_{r,1,2}$	-	$\tau_{r,1,1}$	$\tau_{r,1,2}$	-	-
$\sigma_{n2}$	$(\tau_{r,2,1})$	$(\tau_{r,2,2})$	$(\tau_{r,2,1})$	-	$\tau_{r,2,3}$	$(\tau_{r,2,1})$	-	$\tau_{r,2,3}$	-
$\sigma_{n3}$	$(\tau_{r,3,1})$	$(\tau_{r,3,2})$	-	$(\tau_{r,3,2})$	$(\tau_{r,3,1})$	-	$(\tau_{r,3,2})$	-	$\tau_{r,3,4}$

Примечание: скобками отмечены результаты повторного испытания образцов.

Как видно из табл.1, для получения необходимых шести определений при трех значениях