

ГИДРОГЕОХИМИЯ АРАРАТСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО СЕЙСМОПОЛИГОНА

© 2008г. Р.А.Пашаян

Институт геологических наук НАН РА
0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения
E-mail: romella.pashayan@geology.am
Поступила в редакцию 22.08.2008г.

В статье дана геологическая характеристика мест расположения минеральных источников Араратского геодинамического сейсмополигона. Проведен общий химический анализ состава вод и выведена формула ионного состава воды по М.Г. Курлову. Рассматривались данные режимных наблюдений по химии вод минеральных источников и пресных вод родников. Предварительно выявлены химические компоненты: SO_4^{2-} , CO_3 , Cl и pH, являющиеся индикаторами геодинамических процессов полигона. С целью изучения геодинамики Араратского сейсмополигона применяется метод гидрогеохимического мониторинга. Выявлено, что одним из определяющих механизмов гидрогеохимических процессов может являться деформирование среды.

На современном этапе развитие направления геодинамики в науке определяется необходимостью изучения природы землетрясений с точки зрения геодинамических процессов, происходящих в земной коре. Развитие новых методов исследования этих процессов позволяет изучить напряженно-деформированное состояние земной коры региона. Нами используется один из этих методов – метод гидрогеохимического мониторинга. Метод способствует выявлению среднесрочных предвестников по аномальным явлениям, которые предшествуют землетрясениям, при этом изменяется деформация земной коры, химический состав, снижаются или повышаются уровень подземных вод и температура.

Араратский сейсмополигон

Араратский геодинамический сейсмополигон охватывает территорию всей Араратской впадины и Центральный прогиб, являющиеся элементами более крупной Восточно-Анатолийской впадины. Араратский сейсмопрогностический полигон включает Приараксинский мегаблок.

Для сейсмичности Араратского сейсмополигона характерно, что подавляющая часть очагов землетрясений имеет глубину залегания 10-15 км. Поля напряжений резко неоднородны. Эпицентры землетрясений вытянуты вдоль региональных глубинных разломов и границ тектонических разломов. Араратский сейсмополигон включает следующие очаги сейсмических событий: Ереванские, Двинские, Араратские, Веди-Урцадзорские и Игдырские землетрясения. Землетрясения являются одним из типов неотектонических движений, и их зоны развития соответствуют областям высоких значений градиентов скорости новейших (неоген-антропогенных) вертикальных тектонических движений.

Геохимический мониторинг Араратского сейсмополигона включает данные по химии, температуре и дебиту вод минеральных источников и пресных родников. Минеральные источники: Грав, Арарат, Веди, Суренаван, Бжни и

Арзни; пресные родники: Гоар и Анаит. Режимные наблюдения начаты с 1998 года по пресным родникам – Гоар, Анаит и минеральному источнику Грав, расположенным в с. Гарни. Наблюдения по минеральным водам источников Суренаван, Арарат, Веди велись с 2006 года, Бжни, Арзни начаты с 2008 года.

Краткая характеристика природных условий мест расположения наблюдательных пунктов

Ведийское месторождение углекислых минеральных вод (Геол. Арм. ССР, 1969) расположено на территории Араратского административного района Армении в 45 км от г. Еревана, у притока р. Веди. Климат района сухой, резко континентальный. В геологическом строении Ведийского месторождения углекислых вод принимают участие осадочные образования верхнего мела и палеогена, представленные конгломератами, песчаниками, мергелями и известняками. Указанные породы перекрыты чехлом аллювиально-пролювиальных образований и травертинами общей мощностью 10-45 м. Ведийское месторождение минеральных вод приурочено к зоне тектонического нарушения близмеридионального направления, пересекающей верхнемеловые отложения. В динамике минеральных вод месторождения большую роль играет смешивание с грунтовыми водами, что приводит к изменению общей минерализации в вертикальном разрезе. Перед Спитакским землетрясением наблюдались изменения общей минерализации на 100 мг/л и дебита воды – в течение 3-4 дней дебит поднялся на 3 л/с (Пашаян, 1998). Содержание растворенной углекислоты – 2.2 мг/л. Вода гидрокарбонатная кальциево-магниевая.

Веди: $22^\circ\text{M}_{3,6} \frac{\text{HCO}_3, 79\text{SO}_4, 15\text{Cl}}{\text{Ca}43\text{Na}33\text{Mg}22}$

Спектральный анализ проб травертинов, отобранных с разных слоев чехла травертинов источника Веди, отражает изменение процентного содержания химических элементов от ниж-

них слоев до современных (рис.1). Содержание $Ca >> 10\%$ – во всех слоях, Fe – уменьшается от 7.5% до 0.75%, Mg – увеличивается от 1.0% до 1.8%. Как видно из графика, вариация кривых элементов Si и Fe имеет резкий спад во втором слое и медленное повышение до пятого слоя травертинов. Результаты химического анализа проб показали повышенные содержания CaO (52%) и CO₂ (34%) во всех слоях и увеличение содержания SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO в современном слое травертина почти на 50%. Вероятнее всего, это объясняется увеличением глубины залегания водовмещающих пород или просачиванием воды минерального источника на более глубокие горизонты.

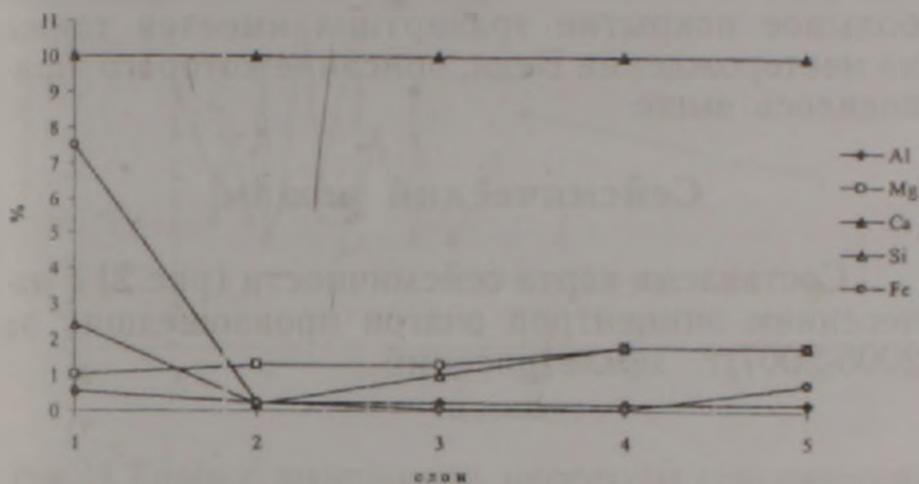
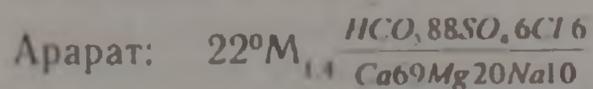


Рис. 1 График изменения процентного содержания химических элементов в слоях травертинов минерального источника Веди.

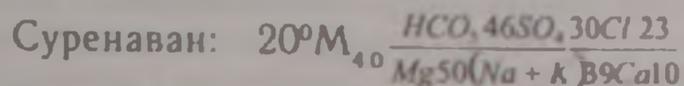
Пункты наблюдений Арарат и Суренаван Араратского сейсмополигона находятся в пределах Приараксинской зоны. Основным структурным элементом этой зоны является Ереванский глубинный разлом. Араратские воды относятся к высокодебитной группе минеральных вод азотно-углекислого состава в Армении. Выходы минеральных вод приурочены к системе прибортовых разломов, оперяющих Ереванский глубинный разлом. Наиболее древними образованиями являются девонские и каменноугольные отложения. Девон представлен толщей перемежающихся известняков, песчаников, глинистых сланцев и кварцитов мощностью до 500м. Палеозойские отложения перекрываются толщей глин, глинистых мергелей и нуммулитовых известняков эоценового возраста, которые, в свою очередь, перекрываются аллювиально-пролювиальными образованиями и травертинами четвертичного возраста. Среди растворенных газов – азот, углекислый газ.

Араратский минеральный источник расположен недалеко от золотоперерабатывающего завода. На месте выхода воды построены два плавательных бассейна. Минеральная вода по химическому составу относится к гидрокарбонатным водам – гидрокарбонатная кальциево-магниево-натриевая.

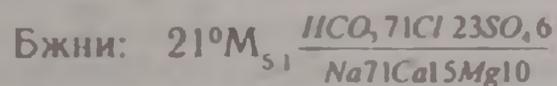


Пункт Суренаван находится в нескольких километрах к юго-востоку от Араратского наблю-

дательного пункта и расположен в середине структурного блока, почти на разломе, а также характеризуется иными гидрогеологическими условиями. В разрезе преобладают озерно-речные отложения четвертичного возраста, переслаиваемые молодыми андезито-базальтовыми лавами. Скважина самоизливающаяся с дебитом 5л/с. Водоносными являются озерно-речные отложения, вскрытые скважиной на глубине 180-200м. Пластовые воды гидрокарбонатно-сульфатного магниево-натриевого состава.

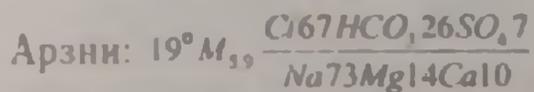


Бжнийское месторождение минеральных вод расположено на территории села Бжни Котайкской области Армении, в 40 км от Еревана. Месторождение приурочено к долине р Раздан. Участок месторождения расположен в ядре Арзаканской складки, сложенной метаморфическими сланцами, прорванными гранитами. В пределах месторождения ядро складки разорвано крупным тектоническим нарушением постэоценового возраста – Разданским, имеющим северо-западное простирание, крутой угол падения. Ширина зоны разлома 35-50 м. Здесь прослеживается и зона второго тектонического нарушения – Бжнийского, северо-западного простирания, ширина зоны разлома 20-25м. Месторождение минеральных вод приурочено к пересечению Разданского и Бжнийского тектонических нарушений. Основные притоки минеральных вод были вскрыты на глубинах 110-150 и 180-200м. Бжнийские минеральные воды образуют водонапорную систему трещинно-жильных вод в пределах зоны Разданского разлома. Минеральная вода эксплуатационной скважиной выходит на поверхность самоизливом. Минеральные воды Бжнийского месторождения теплые – 20-25°C, гидрокарбонатно-натриевые.

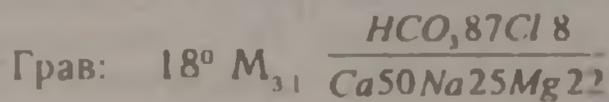


Месторождение минеральных вод Арзни в структурном отношении приурочено к средней части Разданской впадины тектонического происхождения, выполненной песчано-глинистыми и галечными отложениями среднего и верхнего неогена общей мощностью до 4000м. Основание впадины сложено верхнемеловыми известняками мощностью до 500м. Осадочные породы перекрыты лавовыми потоками и покровами плиоцен-четвертичного возраста мощностью до 300м. В гидрогеологическом отношении Разданская впадина представляет артезианский бассейн, подземные воды которого встречаются во всех стратиграфических комплексах пород, за исключением гипсоносно-соленосной толщи среднего миоцена и мергелисто-глинистых отложений верхнего миоцена (сармата). Минеральные воды месторождения приурочены к горизонтам эффузивно-аллювиальных отложений долины р Раздан. Минерализация гидрокарбонатно-хлоридных минеральных вод мес-

торождения колеблется в широких пределах – от 3.1 до 14.5г/л с температурой от 17.3 до 19.7°С. Минеральные воды образуются в результате смешивания пресных вод верхних горизонтов с восходящими минеральными водами. Кроме основных компонентов – HCO_3^- , Cl^- и Na^+ минеральные воды характеризуются повышенным содержанием кремневой кислоты – 93мг/л. Из микрокомпонентов в водах присутствуют бром, йод, медь, молибден и марганец. Минеральная вода эксплуатационной скважиной выходит на поверхность самоизливом.



Минеральный источник "Грав" расположен на с.-в. границе Зовашенского водохранилища, на левом берегу р. Азат, в зоне Азатского близмеридионального (СВ-ЮЗ простирания) разлома. В бассейне р. Азат геологический разрез представлен складчатым комплексом, где в основном преобладают глины, алевролиты, песчаники и конгломераты. Вода гидрокарбонатная кальциево-магниево-натриевая.



Пресные воды - родники "Анаит" и "Гоар" располагаются недалеко от обсерватории, температура воды в родниках колеблется от 13° до 15°С, глубина водоносного горизонта оценивается нами 180м, 210м, воды пресных родников близки по химическому составу: Гоар:



В вышеперечисленных месторождениях минеральных вод травертин присутствует в виде щита на источнике "Грав" (Пашаян, 2003). Небольшое покрытие травертина имеется также на месторождении Веди, описание которого приводилось выше.

Сейсмический режим

Составлена карта сейсмичности (рис.2) с нанесением эпицентров очагов произошедших за 2006-2007гг. землетрясений.

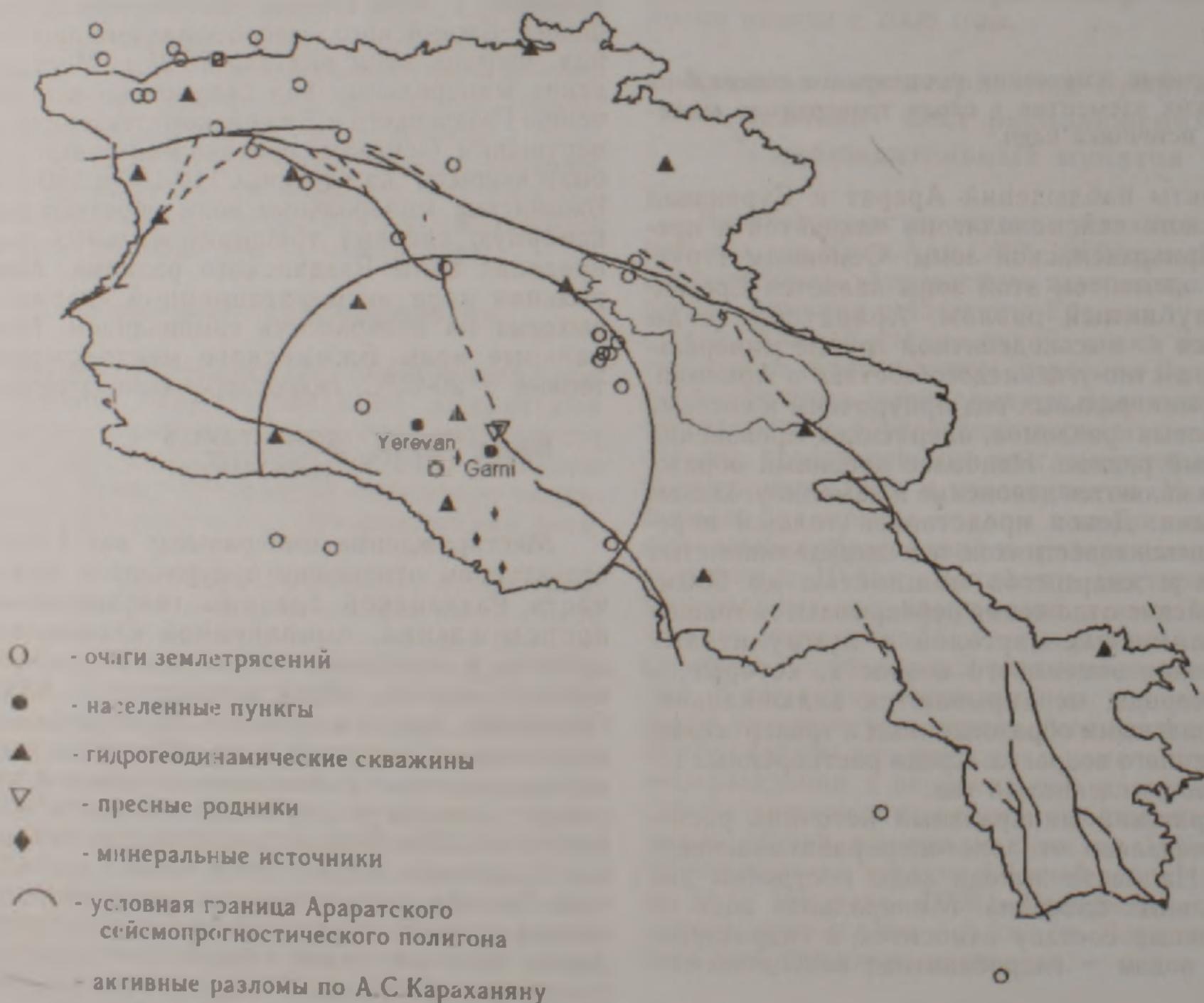


Рис.2 Карта сейсмичности за 2006-2007гг.

За этот период на территории Армении и близлежащих регионов произошло 34 (данные по сейсмике получены из Национальной службы сейсмической защиты) сейсмических события с $M \geq 2.5$. Глубина эпицентров произошедших землетрясений находится в интервале от 5 км до 40 км. Зависимость величины магнитуды землетрясения от глубины гипоцентра, показанная на рис.3, указывает на то, что наибольшее количество землетрясений с $4 \geq M \geq 2.5$ произошло в интервале глубин 5-20 км, из чего следует что все сейсмические события коровые.

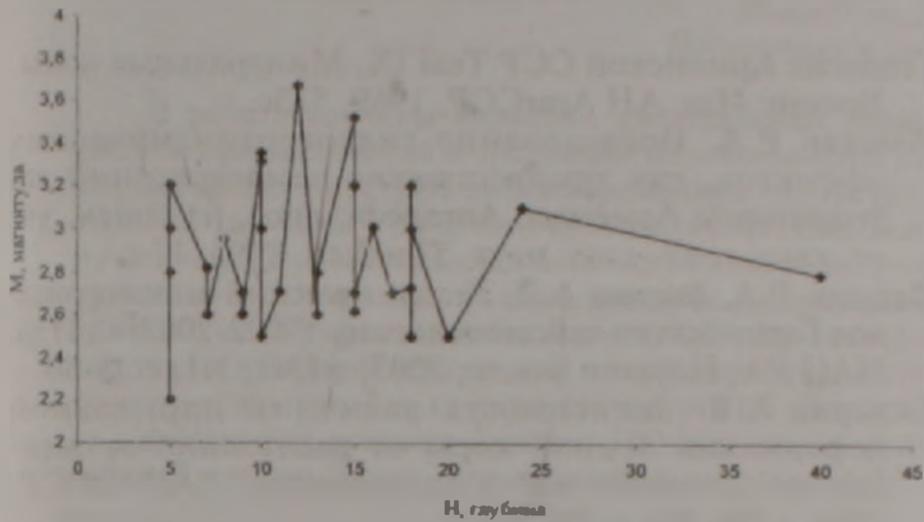


Рис. 3 График зависимости магнитуды сейсмических событий от глубины гипоцентра.

На графике (рис.4), где показана кривая зависимости величины расчетной деформации (Сидорин, 1980) от эпицентра очага землетрясения (12.03.07, $M=2.7$) до пунктов наблюдений (минеральные источники и пресные родники), видно чем ближе пункт наблюдения к эпицентру землетрясения, тем выше величина расчетной деформации. Проведен анализ взаимосвязи геохимических прогнозных сигналов от эпицентрального расстояния до пункта наблюдений и сейсмическим событием.

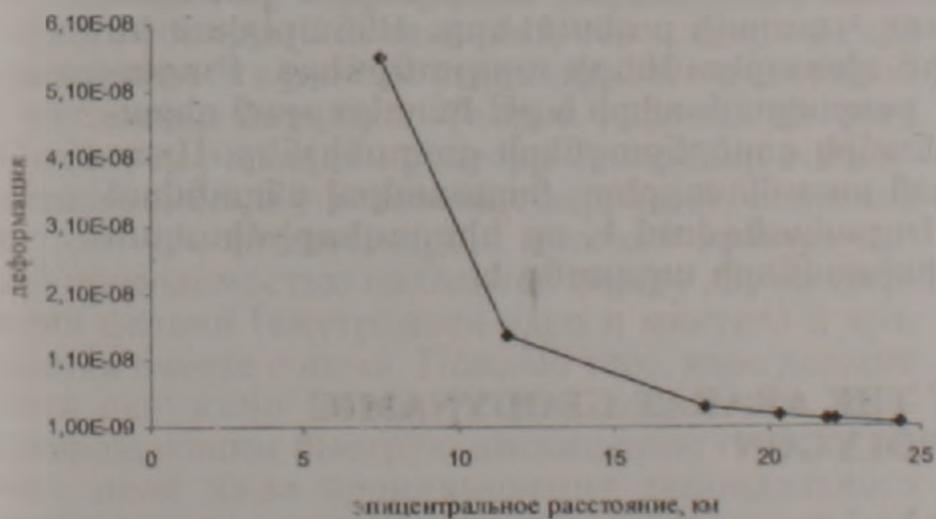


Рис. 4 График зависимости величины деформации от эпицентрального расстояния.

Рассматривалось землетрясение с $M=3.0$, произошедшее 11.04.07, в 6 км от Паракара, которое привело к следующим изменениям воды источника Суренаван – помутнение воды в скважине, поднятие уровня воды, снижение температуры на 4°C , резкое снижение CO_2 ; в источнике Веди – повышение температуры воды на 5°C , повышение дебита воды источника и

сильный налет железа на травертине; по воде источника Грав – повышение дебита воды, понижение температуры воды на 1.5°C и повышение растворенного газа CO_2 .

При этом эпицентрального расстояния от очага землетрясения до пунктов наблюдений (минеральных источников) разное. Хотелось бы отметить, что здесь тот фактор, что чем ближе наблюдательный пункт от очага землетрясения не срабатывает, объяснение этому, возможно, исходит от тензочувствительности мест расположения минеральных источников. Наибольшие изменения произошли в воде минерального источника Суренаван, расположенного в зоне глубинного Ереванского разлома.

Предварительно, за исследуемый период было выявлено влияние сейсмических событий на общую минерализацию вод месторождений Веди и Суренаван. Изменения величин минерализации с различной амплитудой колебания в зависимости от магнитуды и эпицентрального расстояния землетрясений приводятся на рис.5 (Δ_C - эпицентрального расстояния до источника Суренаван, Δ_B - эпицентрального расстояния до источника Веди).

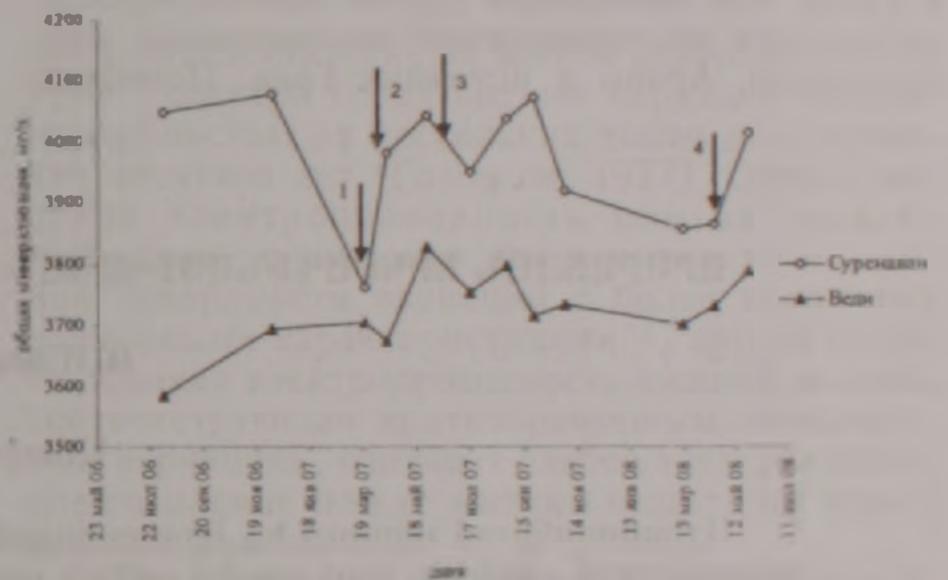


Рис. 5 График изменения общей минерализации по минеральным источникам Суренаван и Веди. 1, 2, 3, 4 – землетрясения (12.03.07, $M=2.7$, $\Delta_C=36\text{ км}$, $\Delta_B=36\text{ км}$; 11.04.07, $M=2.6$, $\Delta_C=34\text{ км}$, $\Delta_B=51\text{ км}$; 10.06.07, $M=2.6$, $\Delta_C=34\text{ км}$, $\Delta_B=37\text{ км}$; 18.04.08, $M=3.3$).

Как видно из графика, изменение общей минерализации с наибольшей амплитудой происходило в воде минерального источника Суренаван, по кривой изменения общей минерализации воды источника Веди амплитуда колебания намного ниже.

Корреляционный анализ между компонентами химического состава вод источников проводился с целью выявления коэффициентов корреляции между компонентами химического состава вод минеральных источников и пресных родников. Коэффициенты корреляции ($R_{1...}$) между общей минерализацией и углекислым газом по минеральным источникам Суренаван, Веди и Грав следующие: $R_1=0.6$, $R_2=0.7$, $R_3=0.98$. По пресным водам родников "Г" и "А" определялся коэффициент корреляции между общей минерализацией и кремневой кислотой: $R_1=0.58$, $R_2=0.99$.

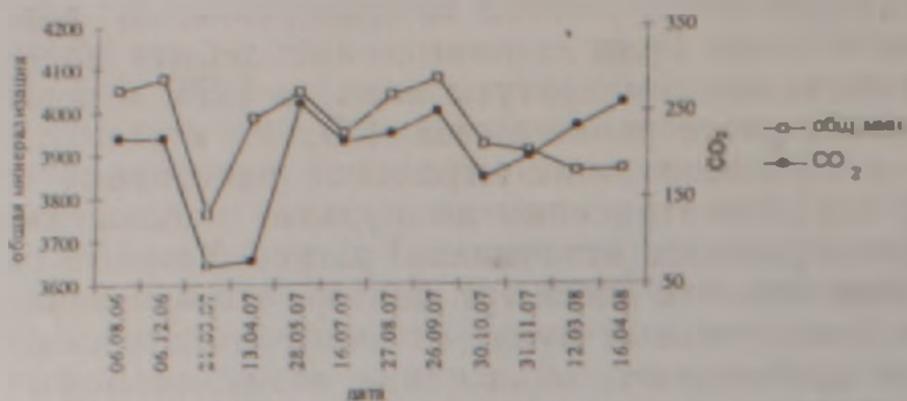


Рис. 6 График изменения общей минерализации и CO₂ по воде минерального источника Суренаван.

График изменения общей минерализации и CO₂ по минеральной воде источника Суренаван наглядно показывает корреляционную связь между компонентами химического состава воды (рис.6). Нарушение корреляционной связи в конце графика, возможно, связано с землетрясением, произошедшим в Гарни 18.04.08г с M=3.3.

Исходя из полученных данных, следует отметить, что приведенные месторождения минеральных вод можно разделить на 2 группы: более чувствительная группа месторождений и менее чувствительная к сейсмическим событиям. К более чувствительной группе можно отнести следующие месторождения минеральных вод: Суренаван, Арзни и источник Грав. Подобная

дифференциация источников говорит о наличии тензочувствительности зон региона

На основе сопоставления сейсмического режима региона с изменениями химического состава вод Араратского полигона можно предварительно сделать вывод: геодинамические процессы полигона отражаются на динамике изменений химических компонентов вод, в особенности на общей минерализации, CO₂, SO₄ и температуре воды, в зависимости от эпицентрального расстояния и магнитуды землетрясения.

ЛИТЕРАТУРА

- Геология Армянской ССР. Том IX, Минеральные воды. Ереван: Изд АН АрмССР, 1969, 523с.
- Пашаян Р.А. Исследование гидрогеодинамических эффектов, как предвестников землетрясений на территории Армении. Автореф., дисс. на соиск. уч. ст. канд. геол.-мин. наук. Тбилиси, 1998, 17 с.
- Пашаян Р.А., Ананян А.Л. Геохимический мониторинг вод Гарнийского сейсмополигона (2002-2003гг.) Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2003, т. LV1, N1, с. 35-40.
- Сидорин А.Я. Зависимость величины аномальной деформации земной коры от расстояния от эпицентра готовящегося землетрясения. ДАН СССР, 1980, т.250, N3, с.599-602.

Рецензент Г.В.Шагинян

ԱՐԱՐԱՏՅԱՆ ԵՐԿՐԱՊԻՆԱՄԻԿԱԿԱՆ ՍԵՏՄԱՓՈՐԶԱԴԱՇՏԻ ՋՐԱՔԻՄԻԱՆ

Ռ.Ա.Փաշայան

Ամփոփում

Աշխատանքում տրվում են Արարատյան երկրադինամիկական սեւմափորձադաշտի տարածքում գտնվող իանքային ջրերի աղբյուրների տեղամասերի երկրաբանական բնութագրերը: Բերված են ջրերի քիմիական կազմի վերլուծության տվյալները և կազմված են յոնային բաշխվածությունն արտահայտող Կուլովի բանաձևերը: Զննարկված են հանքային ու քաղցրահամ ջրերի ռեժիմային դիտարկումների արդյունքները: Բացահայտված են ջրերի քիմիական SO₄²⁻, CO₂, Cl⁻ բաղադրամասերի և pH-հատկության դերակատարումը, որպես փորձադաշտի երկրադինամիկ գործընթացների ցուցանիշներ: Արարատյան սեյսմափորձադաշտի գեոդինամիկական ուսումնասիրելու նպատակով ընդունվում է հիդրոքիմիական մոնիտորինգի մեթոդը: Եզրահանգվում է, որ հիդրոգեոքիմիական պրոցեսների մեխանիզմը միջավայրի այլափոխումների արդյունք է:

A HYDROGEOCHEMISTRY OF THE ARARAT GEODYNAMIC SEISMO- POLYGON

R.A.Pashayan

Abstract

The article provides a geological characteristic of localities of mineral springs of the Ararat geo-dynamic seismo-polygon. A general chemical analysis of water composition has been performed and a formula of ionic composition of the waters according to M.G. Kurlov, derived. Considered were also the regime observation data on the chemistry of mineral and fresh spring waters. Earlier, the chemical components SO₄²⁻, CO₂, Cl⁻ and pH were determined, that are indicators of geodynamic processes of the polygon. The dynamics of the Ararat seiso-polygon is studied through a method of hydrogeochemical monitoring. One of indicating mechanisms of hydrogeochemical processes is found out to be deformation of medium.