

ОСОБЕННОСТИ СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РЕСПУБЛИКЕ АЛТАЙ В 2005 Г.

В.Е. Кац, Ю.А. Фалалеев

ОАО «Геологическое предприятие «Алтай-Гео», с. Майма

Согласно гидрогеологическому районированию Республика Алтай находится на юго-западной окраине Алтае-Саянской складчатой области. На территории республики выделяются два типа структур – Алтае-Саянский бассейн жильно-блоковых вод и межгорные артезианские бассейны.

Подземные воды республики приурочены к водоносным зонам и комплексам с трещинными, трещинно-жильными, трещинно-карстовыми скоплениями вод в терригенных, карбонатных, осадочно-вулканогенных, вулканогенных, метаморфических и интрузивных породах разнообразного состава и широкого возрастного диапазона – от протерозоя до мезозоя. В межгорных артезианских бассейнах (Чуйский, Курайский, Уймонский и другие) подземные воды сосредоточены в четвертичных, неогеновых и палеогеновых отложениях. Практически все подземные воды до триасового фундамента, как правило, имеют хорошую гидравлическую связь с водами четвертичных отложений и циркулируют в зоне свободного водообмена экзогенной трещиноватости глубиной до 150-200 метров. Подземные воды палеогеновых и неогеновых отложений в межгорных впадинах находятся в обстановке затрудненного и, зачастую, застойного режима.

В 2003 г. на территории республики произошло крупное (внесено в список крупнейших геологических событий в мире в 2003 г.) Алтайское (Чуйское) землетрясение [1, 9]. Период подготовки землетрясения (форшоковый период), собственно землетрясение 27.09.2003 г. и афтершоковые процессы воздействовали и продолжают оказывать негативное влияние на геологическую среду в целом и на гидросферу в частности. Афтершоковый процесс после землетрясения такой силы (7,5 баллов) и природы может длиться годы и десятилетия [2]. Геологическая среда на протяжении многих лет будет испытывать аномальное воздействие сейсмических событий, т.е. состояние её будет напряженным. Афтершоки в этот период будут являться доминирующими режимобразующими факторами, оказывающими воздействие на состояние подземных вод.

В 2004 г. на территории республики было зафиксировано 136 афтершоков, в том числе два из них - в Катунском блоке на севере республики, то есть наблюдался процесс активизации тектонических зон субмеридионального направления.

В 2005 г. в Алтае-Саянском регионе произошло 80 сейсмических событий с магнитудой от 2,5 до 4,6 баллов, в том числе 21 - в эпицентральной части Алтайского землетрясения. Более половины из остальных афтершоков зафиксировано на смежных территориях – в Алтайском крае, Кемеровской области, Хакасии, Туве, Монголии, Китае и Казахстане - в виде весьма широкого ореола вокруг республики.

Индикаторами напряженного состояния подземной гидросферы являются гидродинамический режим и качество подземных вод. В 2005 г. они сохраняли нестабильный характер.

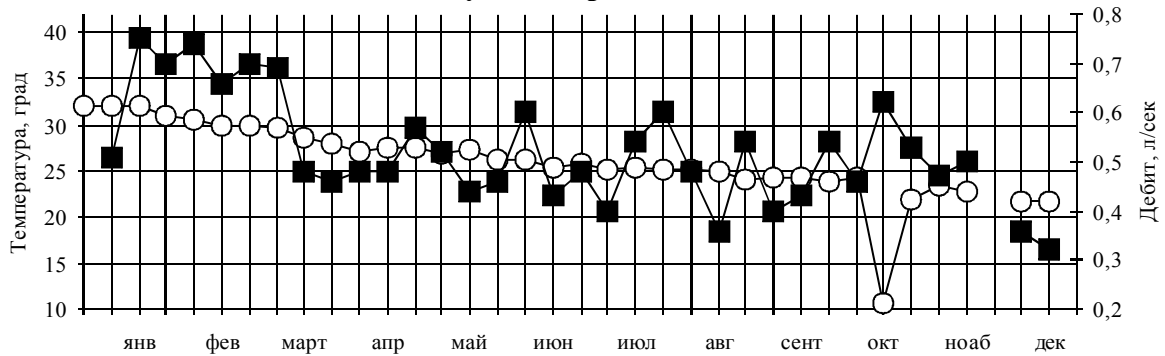
Гидродинамический режим подземных вод в форшоковый период характеризовался понижением уровня поверхности и расхода. Особенно четко это проявилось в эпицентральной зоне Алтайского землетрясения и Чарышской сейсмоактивной зоне. В момент землетрясения наблюдался резкий подъем уровня вод до выбросов и излияний водно-грязевых масс по трещинам и сейсмическим рвам, а также в колонках и эксплуатируемых водозаборах в Чуйской впадине [5]. В афтершоковый период (с 2004 г.) в целом наблюдалось поднятие уровня поверхности на водных объектах, хотя имели место и обратные тенденции [3].

Особенности естественного гидродинамического режима подземных вод в 2005 г. заключались в том, что среднегодовой СУВ и их расход имели нестабильную динамику как в водах четвертичных отложений, так и в водных объектах палеозойских и протерозойских пород. В верхнем течении р. Катунь и Чарыша в пределах Чарышской сейсмоактивной зоны, а также в бассейне р. Бии среднегодовой СУВ вод четвертичных отложений сохранился на уровне 2004 г. либо характеризовался незначительным спадом. В пределах Катунского блока среднегодовой уровень вод четвертичных отложений либо остался таким же, как и в 2004 г., либо опустился, при этом дебиты отдельных родников увеличились.

Большая контрастность СУВ и дебиты родников в подземных водах устанавливается в водах палеозойских и вендских образований в Катунском блоке. Здесь на отдельных участках скопления вод фиксируются взаимно противоположные динамики. Так, наблюдаемый естественный режим вод в г. Горно-Алтайске показывает, что дебиты родников здесь имеют пилообразный характер с многочисленными аномальными всплесками, не связанными с сезонной динамикой вод и метеорологическими факторами. В то же время, корреляционным анализом установлена положительная значимая связь дебита с температурой вод на наблюдаемых водных объектах. Этот факт позволяет предполагать наличие связи между режимом вод и сейсмическими событиями малой амплитуды [рис. 1].

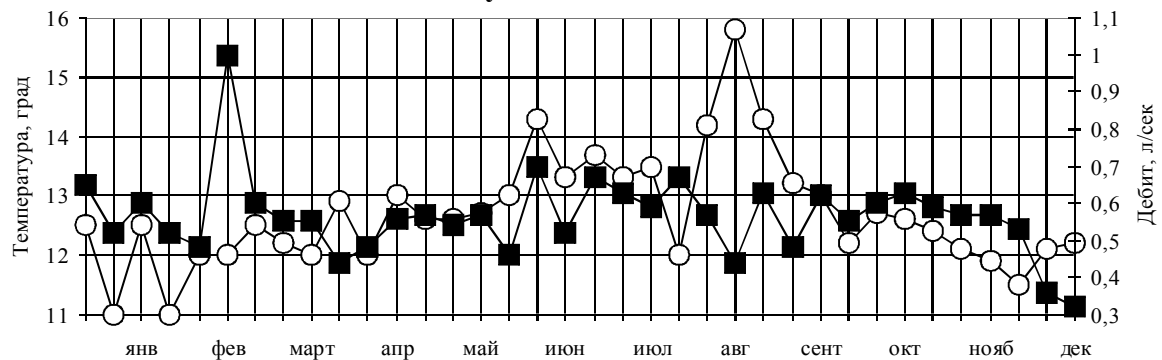
Колонка V-Є_{1es}, (абс. отм. 295)

ул. Северная, 16



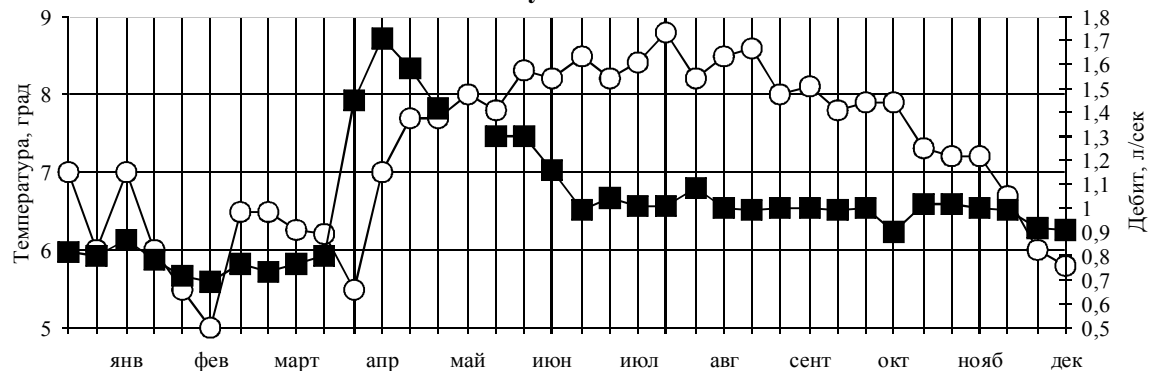
Колонка Q_{III-IV} (абс. отм. 275 м.)

ул. Осипенко



Родник Q_{III-IV} (абс. отм. 360 м)

ул. Рабочая



○ — температура ■ — дебит

Рис. 1 Динамика температуры и дебита в подземных водах г. Горно-Алтайска в 2005 г.

Дебиты родников, каптирующие воды девонских образований, сохранили в 2005 г. положительную динамику – они возросли. Уменьшением расхода характеризуются воды среднепротерозойских метаморфических сланцев. Незначительно поднялся уровень вод в Телецкой озерной котловине и расход вод в Пыжинском грабене. В пределах Чуйского и Курайского артезианских бассейнов продолжает уменьшаться расход подземных вод.

В целом практически на всех наблюдательных пунктах республики СУВ и расход подземных вод не восстановился до показателей, предшествующих Алтайскому землетрясению.

Температурный режим на изученных 20 родниках в 2005 г. практически на всех объектах характеризовался повышением температуры в сравнении с таковой в 2004 г. на 0,4-1,7°С. Вместе с тем, на колонках в г. Горно-Алтайске (улицы Северная и Осипенко, где выявлены термальные воды) температура вод понизилась в 1,4 раза и среднегодовая величина ее составила соответственно 25,3°С и 12,7°С (в 2004 г. - 35,6°С и 17,2°С).

Гидрогеохимические показатели подземных вод являются индикаторами сейсмических событий [7,8].

По опубликованным данным известно, что одними из наиболее ярких и значимых показателей сейсмической активности являются величина рН и фтор [7,10]. На рис. 1 приведен сравнительный анализ величины рН в подземных водах республики за период 2002-2005 гг., из которого следует, что частота встречаемости рН > 9 в водных объектах существенно возросла после Алтайского землетрясения. При этом хорошо видно, что доля проб с рН > 9 в пространственном плане «мигрирует» от эпицентральной части Алтайского месторождения (Кош-Агачский район) к Чемальскому и Майминскому районам (Катунский блок). Количество проб с рН > 9 (до 10,25) в Кош-Агачском районе составила 75% (36% в 2004 г.), в Чемальском - 58% (15% в 2004 г.), Майминском - 30% (6% в 2004 г.), а в целом практически по всей республике увеличилась в 2 раза. Возросла также среднегодовая величина рН. Тенденцией роста характеризуется также количество фтора в подземных водах. За период с 2003 по 2005 г.г. концентрации его увеличились от 0.2 мг/дм³ в 2003 г. до 0.31 мг/дм³ в 2005 г.

Поведение показателей азотной группы (нитраты, нитриты, соли аммония), которые также чутко реагируют на деформации геологической среды [10] в 2005 г. имели разную динамику. После Алтайского землетрясения подземные воды республики «очистились» от азотистых соединений [3,4], этот процесс наблюдали и в 2004 г. [6]. В 2005 г. в целом во всех опробованных водных объектах сохранился низкий уровень концентрации нитратов и солей аммония (нитриты практически во всех пробах отсутствуют). В тоже время на отдельных водных объектах возросли до значений выше ПДК содержания нитратов на участках с незащищенными водами, вблизи явных техногенных источников загрязнения, т.е. концентрации нитратов на этих участках вернулись к исходным, до форшоковым. С другой стороны, слабое «потрясывание» геологической среды на территории РА и на сопредельных территориях способствуют «очищению» вод на локальных участках. В результате в целом по РА загрязнение подземных вод азотистыми соединениями остается невысокое, меньше чем было до Алтайского землетрясения. Концентрации основных микроэлементов в подземных водах республики в прошедшем году имели четкую тенденцию к уменьшению. На уровне прошлого года, с небольшим ростом характеризуются концентрации лития и мышьяка; повышенные концентрации ртути, марганца и алюминия отмечаются на отдельных водных объектах (таблица 1).

1. Микроэлементы в подземных водах Республики Алтай в 2005 г.

Наименование показателя	концентрации в мкг/дм ³	
	2004 г.	2005 г.
Алюминий	0.03-4.3	0.028-0.46
Железо (в естественных проявлениях)	20-1790	10-286
Литий	н/о-70	1.2-74
Мышьяк	н/о-4.2	н/о-51.0
Марганец	5.6-105.0	н/о-27.0
Ртуть	0.04-1.92	0.025-0.47

Изменчивость химического состава подземных вод наиболее ярко продолжает проявляться в Чуйском бассейне – в эпицентральной части землетрясения, где в 2005 г. произошли 21 афтершока. Тенденция усложнения состав вод водоносных комплексов туярыкской и кош-агачской свит., прослеживается по увеличению сульфатов, натрия (с калием), фтора, минерализации и уменьшению количества магния, хлориды и кальций сохраняются на уровне 2004 г. В целом воды Чуйского бассейна до форшоковых событий находясь в зоне затрудненного водообмена, имели стабильный химический состав. В период Алтайского землетрясения и в афтершоковый период четко проявилась и проявляется связь макрокомпонентного состава вод с сейсмическими событиями. Так, 10.03.2005 г. в Чуйском бассейне произошло сейсмическое событие с амплитудой 3,3 балла вблизи сел Кош-Агач, Мухор-Тархата, Новый Бельтир. За месяц до афтершока и в день сейсмического события на водозаборах названных населенных пунктов были отобраны пробы подземных вод (таблица 2). Из таблицы видно, как чутко среагировали водные объекты на деформации в геологической среде. Разнонаправленный характер концентраций сульфатов и натрия (с калием) в водах разных комплексов, видимо, связан с глубиной их залегания [10].

Весьма заметно реагируют на малоамплитудные колебания показатели химического состава воды в колонке

2. Сравнительная характеристика химического состава подземных вод в Чуйском бассейне в 2005 г.

Возраст отложений	Время отбора проб	Ca	Mg	Na+K	сульфаты	хлориды	нитраты	цветность	жесткость	фтор	минерализация
P ₃ -N ₁ ка	10.02	30	7.3	53	5.4	28.2	2.13	11.5	2.1	0.15	0.34
	10.03	45	10	55	30.0	26	н/о	34.6	3.1	0.58	0.42
N ₁ tr	10.02	36	10.3	67	51.6	28.7	2.52	34.6	2.6	0.41	0.44
	10.03	40	12.1	49	16.6	21.5	0.98	123.0	3.0	0.56	0.4

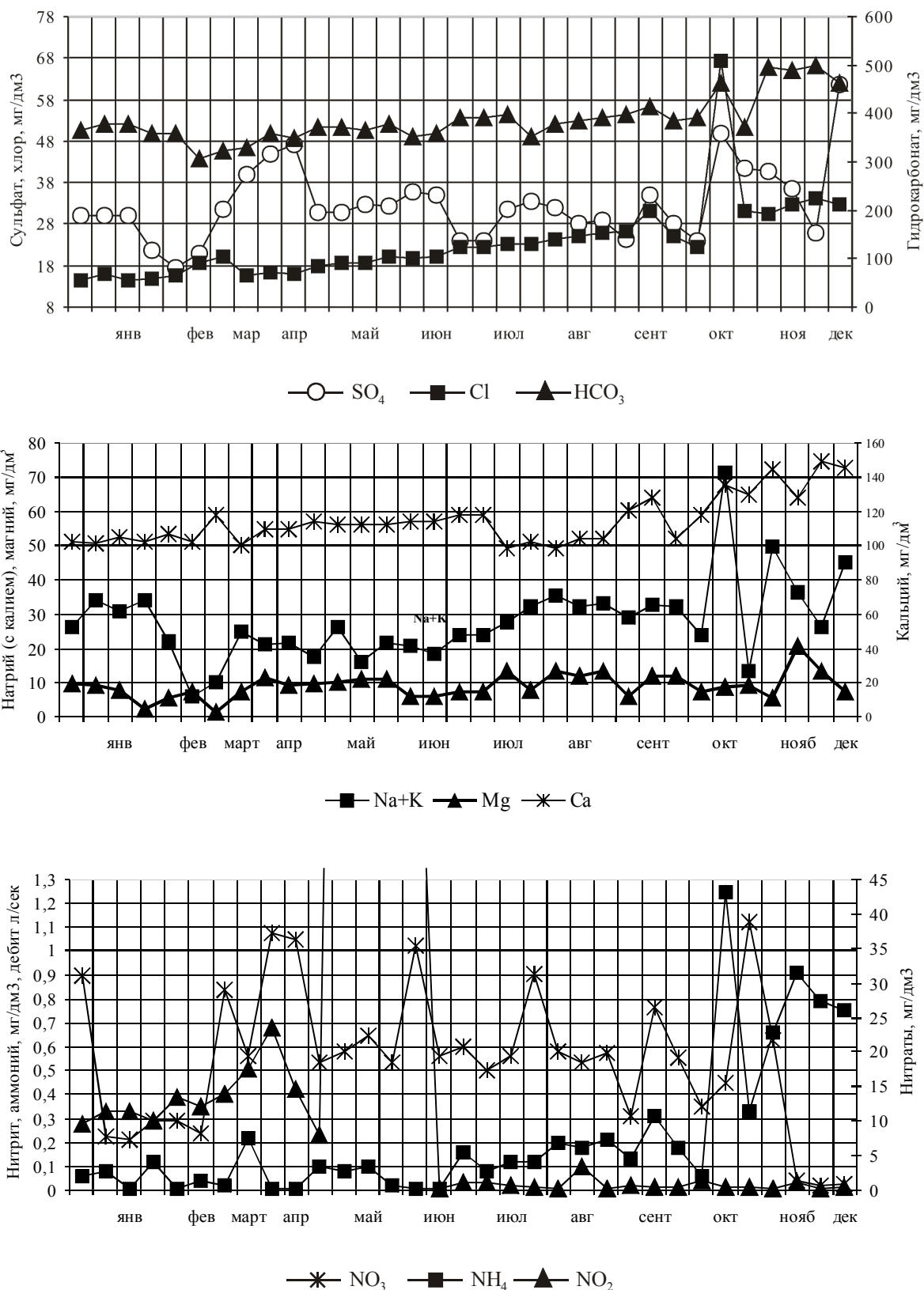


Рис. 2. Вариации концентраций химических показателей в воде колонки по ул. Северной в г. Горно-Алтайске в 2005 г.

по ул. Северной в г. Горно-Алтайске (рис.3). На колонке с периодичностью три раза в месяц проводились мониторинговые наблюдения за дебитом, температурой и качеством вод. Для оценки связей между показателями химического состава воды в колонке, температурой и дебитом нами проведен корреляционный анализ между ними. В качестве дополнительного показателя взят показатель сейсмичности (P_c) в день отбора пробы воды. Для расчета величины P_c нами использованы данные по сейсмичности в регионе в 2005 г. Геофизической службы СО РАН

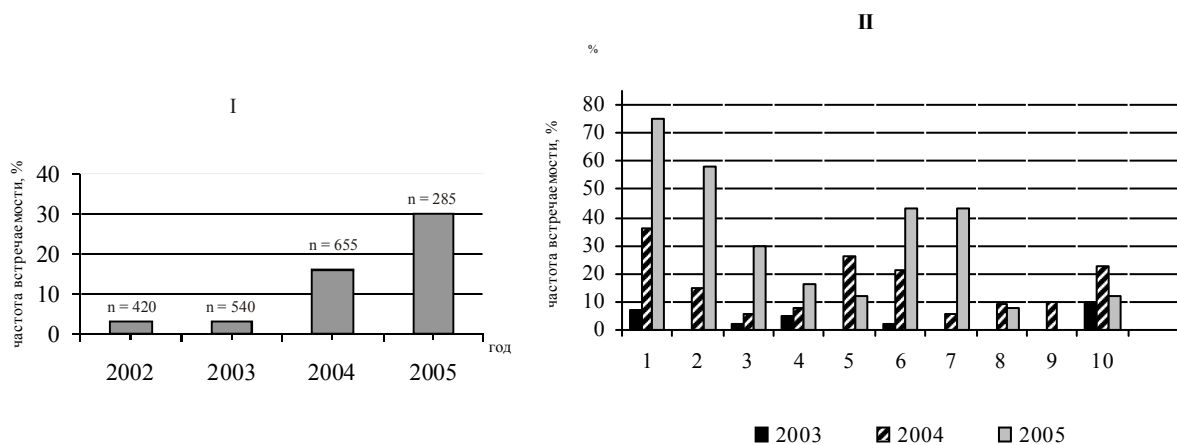


Рис. 3. Динамика частоты встречаемости величин рН > 9 в подземных вод в 2002-2005 гг. в целом по Республике Алтай (I), по административным районам (II).

Районы: 1 - Кош-Агачский, 2 - Чемальский, 3 - Майминский, 4 - Усть-Коксинский, 5 - Усть-Канский, 6 - Онгудайский, 7 - Шебалинский, 8 - Чойский, 9 - Турочакский, 10 - Улаганский.

(Алтае-Саянский филиал). Показатель сейсмичности рассчитан нами, как сумма отношений магнитуды отдельных сейсмических событий, предшествующих периоду между отбором проб воды на колонке по ул. Северной к расстоянию до эпицентров этих событий от пункта наблюдения: $P_c = M_1/L_1 + M_n/L_n$, где M-магнитуда сейсмического события, L- расстояние в км, n-количество событий в период, предшествующих отбору пробы. Минимальная сила магнитуды отмечаемой сейсмостанциями принята условно в 1,5 балла. Расстояния до эпицентров взяты в сотнях километрах (одного порядка с магнитудой) для наглядности. Значения P_c рассчитанные таким образом варьируют от 0,31 до 5,5 единиц. В случаи отсутствия сейсмических событий в период, предшествующим отбору пробы на пункте наблюдения, величина P_c принималась равной 0,1 (фон).

По результатам корреляционного анализа установлены две группы показателей. В первую группу входят щелочность, жесткость, кальций, магний, хлориды, натрий (с калием) и гидрокарбонаты имеющие между собой положительные связи на уровне 1% значимости. Эти связи объясняются генетической природой воды и природно-климатическими условиями ее локализации. Вторая группа представлена окисью кремния, нитратами и P_c , при этом окись кремния имеет положительную значимую связь с температурой, а температура с дебитом воды в колонке. Коэффициент корреляции во второй группе имеет более низкие значения (5% уровень) и возможно характеризует связь этих показателей с сейсмическими событиями малой амплитуды. Интересным представляется поведение сульфатов в проведенном анализе. Они имеют положительные связи как с показателями первой так и со второй групп. Этот факт видимо объясняется высокой летучестью серы, которая при сейсмических событиях быстро мигрирует на поверхность [10].

Таким образом, короткоживущие аномальные всплески в составе вод по отдельным компонентам, особенно по азотным соединениям, не коррелирующиеся друг с другом и метеорологическими факторами, по-видимому, являются показателями афтершоковых процессов разной интенсивности [11].

Анализ материалов мониторинговых исследований за состоянием подземных вод в Республике Алтай в 2005 г. позволяет высказать следующие соображения:

1. Афтершоковые процессы в 2005 г. на территории Республики Алтай и сопредельных площадях Алтайского края, Тувы, Хакасии, Монголии и Китая продолжают создавать напряженное состояние геологической среды и, как следствие, нестабильное состояние подземных вод.
2. Гидродинамический уровень подземных вод в 2005 г. имел разные динамики и не восстановился к таковому до форшокового периода.
3. Качественный состав вод также не восстановился до фонового и характеризуется большой изменчивостью.
4. Индикаторами интенсивности малоамплитудных сейсмических событий, отражающимися на составе подземных вод, в региональном плане являются величина рН, фтор, окись кремния и азотистые соединения.
5. Через год после Алтайского землетрясения концентрации тяжелых металлов в подземных водах вернулись к исходным (фоновым), за исключением лития и мышьяка.
6. Анализ материалов по санитарной оценке питьевых вод в 2005 г. показывает, что несоответствие вод СанПиН 2.1.1.1074-01 имеет место в 60 населенных пунктах, при этом основным показателем (по количеству населенных пунктов -50% из 92 обследованных) несоответствия качества вод является величина рН. Повышенный уровень величины рН, в отдельных водных объектах - лития, мышьяка, алюминия, марганца и жесткости, имеет природный характер и объясняется прежде всего нестабильным состоянием подземных вод в результате продолжающихся афтершоков.

Литература

1. Гольдин С.В. и др. Чуйское землетрясение и его афтершоки. Доклады Академии наук, 2004, Том 395.
 2. Еманов А.Ф. и др. Проблемы сейсмологии III тысячелетия: Материалы международной геофизической конференции. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003.
 3. Кац В.Е., Робертус Ю.В. Гидрогеологические особенности в эпицентральной части Чуйского землетрясения. В сб. Алтайское (Чуйское) землетрясение, прогнозы, характеристика, последствия. – Горно-Алтайск: ГАГУ, 2004
 4. Кац В.Е. Динамика гидрогеологических параметров подземных вод в Горном Алтае в результате Чуйского землетрясения. //Контроль и реабилитация окружающей среды. IV Международный симпозиум. –Томск: Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН. 2004
 5. Кац В.Е. Гидрогеологические предвестники Чуйского (Алтайского землетрясения). //Сопряженные задачи механики, информатики и экологии. Материалы Международной конференции. – Томск, ТГУ, 2004
 6. Кац В.Е. Гидрогеологические особенности состояния подземных вод на территории Республики Алтай в 2004 г. //Природные ресурсы Горного Алтая. № 2. - г. Горно-Алтайск. Горно-Алтайское региональное отделение Российского геологического общества, 2005
 7. Киссин И.Г. Землетрясение и подземные воды. –М: Наука, 1982
 8. Основы гидрогеологии. Геологическая деятельность в истории воды в земных недрах. – Новосибирск: Наука, 1982.
 9. Платонова С.Г. Землетрясение 27 сентября 2003 г. в Горном Алтае. В сб. Алтайское (Чуйское) землетрясение: прогнозы, характеристика, последствия. – г. Горно-Алтайск, 2004 .
 10. Пронин А.П. Качество подземных вод артезианских бассейнов в результате воздействия атмосферных осадков и геологических процессов. Сб. Геология и охрана недр № 1. – Москва, 1997
 11. Шабынин Л.Л. Найдич В.И., Зуляр Н.Г. Влияние слабых землетрясений на режим подземных вод. Сб. Исследования по поискам предвестников землетрясений в Сибири. Новосибирск: Наука, 1988.
-