

## ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД г. ГОРНО-АЛТАЙСКА ЗА ПЕРИОД С 1976 ПО 2005 г.

**Б. Г. Семенцов**

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

В связи с произошедшим Алтайским (Чуйским) разрушительным землетрясением 2003 г. для территории Республики Алтай отмечается изменение химического состава природных вод в естественных выходах (родниках) и водозаборных сооружениях (централизованные скважины, частные колонки и колодцы). Интенсивность и тип изменений химического состава природных подземных вод, как это фиксируется регулярными наблюдениями ТЦ «Алтайгеомониторинг» (Кац, 2005 ф), неодинаковы в различных районах Республики Алтай. Наибольшая интенсивность изменения химического состава подземных вод характерна для эпицентральной Чуйско-Курайской очаговой области Алтайского (Чуйского) землетрясения. Оценка характера изменения химического состава подземных вод г. Горно-Алтайска представляется актуальной уже потому, что в пределах селитебной зоны г. Горно-Алтайс – с. Майма – с. Кызыл-Озек проживает около трети населения Республики Алтай.

### ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД Г. ГОРНО-АЛТАЙСКА

Изменения химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска были установлены автором при проведении инженерно-геологических работ ОАО «Алтай-Гео» в черте г. Горно-Алтайска в 2004-2005 гг. Отпробование грунтовых вод, выполненное в ходе проведения этих изысканий, показало необычно высокие содержания ряда компонентов. Для сравнительной характеристики изменения химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска в данной работе были использованы материалы, полученные ОАО «Алтай-Гео» в рамках инженерно-геологических изысканий и мониторинга геологической среды по 88 пунктам за период 1976-2002 г. и по 6 пунктам за период 2004-2005 г.г., расположенным как в административном центре г. Горно-Алтайска, так и на его окраинах. Учтены также материалы ТЦ «Алтайгеомониторинг» (Кац, 2005ф).

Вначале автором был определен характер распределения компонентов грунтовых вод (таблица 1): величина водородного показателя (рН), общая жесткость, а также содержания хлоридов, сульфатов, аммиака, нитритов и нитратов, фторидов, магния, кальция, гидрокарбоната – за периоды 1976-2002 г.г. и 2004-2005 г.г. Далее был проведен сравнительный анализ техногенных и естественных «типоморфных» признаков для установления генезиса изменения химического состава грунтовых вод, а также определены теоретический и прикладной аспекты приложения результатов сравнительного анализа. В заключении обобщены выводы по характеру изменения химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска, а также предложены рекомендации по практической реализации затронутых сейсмологических, инженерно-геологических и медико-санитарных проблем.

#### 1. Распределение компонентов грунтовых вод

Агрессивные компоненты	Временные периоды					
	1976-2002 г.г. (N=52-88)				2004-2005 г.г. (N=6)	
	Содержания: Min - max	Коэфф. вариации / среднее	Аномальное- 1	Аномальное- 2	Содержания: Min - max	Коэфф. вариации / среднее
рН	5 - 8,8	1,8 / 7,2	8,0	8,8	8,42 - 9,02	1,1 / 8,6
Хлориды	1,8 - 87,3	48 / 4,5	19	79	11 - 76	6,9 / 42
Сульфаты	2 - 126	63,0 / 6	26	95	28 - 154	5,5 / 96
Аммиак	0,04 - 1,8	45 /			0,27 - 2,7	10,0 / 1,24
Нитриты	0,01 - 1,2	120 / 0,18			0,02 - 0,7	35 / 0,22
Нитраты	0,7 - 56,2				0,3 - 126,0	
Фториды	0,05 - 0,8	16 / 0,26	0,38	0,67	0,11 - 0,41	3,7 / 0,24
Калий + натрий	0,3 – 106	246,6 / 8	23	47	11 - 98	8,9 / 51
Магний	1,2 - 35	29,2 / 12	18	33	16 - 40	2,5 / 25
Кальций	24 - 280	7,5 / 66	96	150	147 - 229	1,6 / 181
Гидрокарбонат	134 - 641	4,8 / 242	341	472	378 - 903	2,4 / 589
Жесткость общая	2,8 - 9,2	2,7 / 4,3	5,6	7,4	8,7-13,9	1,6 / 11,1

Краткие комментарии к таблице 1 приведены ниже.

**Кальций - 1976-2002 гг.** Подавляющее большинство (67 анализов = 77 %) значений содержаний кальция в период 1976-2002 гг. колеблется в пределах 50-100 мг/л, 11 анализов (12,3 %) показывают колебания содержаний кальция в пределах 100-150 мг/л, 2 анализа (2,3 %) показывают колебания содержаний кальция в пределах 150-175 мг/л.

л, 1 анализ ( менее 2 %) установил содержание кальция в 280 мг/л. Коэффициент вариации содержания кальция не превышает 7,5, достигая – в единичном случае – 11,6.

**Кальций 2005 года** отличается повышением рядовых и средних содержаний до 147-229 мг/л (частота встречаемости – 100 %). То есть – аномальные содержания кальция, отмечавшиеся ранее лишь в 12,3 % случаев, стали «нормой» для периода 2005 г. При этом среднее значение содержаний кальция в грунтовых водах г. Горно-Алтайска возросло в 2,74 раза ( $181 : 66 = 2,74$ ) при резком (в 4,7 раза) уменьшении коэффициента вариации с 7,5 до 1,6 и непревышении максимальных содержаний кальция периода 2005 г. над максимальными содержаниями кальция периода 1976-2002 гг.

**Магний, 1976-2002 гг.** Подавляющее большинство (65 анализов = 73 %) значений содержаний магния в период 1976-2002 гг. колеблется в пределах 5-20 мг/л, по 9 анализов ( 10 %) показывают колебания содержаний магния в пределах от 1 до 5 мг/л и от 20 до 25 мг/л, 8 анализов ( 8 %) показывают колебания содержаний магния в пределах 25-35 мг/л. Коэффициент вариации содержаний магния - 29,2.

**Магний 2005 года** отличается незначительным повышением рядовых и средних содержаний до 16-40 мг/л (частота встречаемости – 100 %). То есть, частота аномальных содержаний магния, отмечавшиеся ранее лишь в 10 % случаев, увеличилась до 60 % для периода 2005 г. При этом среднее значение содержаний магния в грунтовых водах г. Горно-Алтайска возросло в 2,08 раза ( $25 : 12 = 2,08$ ) при резком (в 11,7 раза) уменьшении коэффициента вариации с 29,2 до 2,5 и незначительном превышении максимальных содержаний магния периода 2005 г. над максимальными содержаниями магния периода 1976-2002 гг.

**Натрий + калий, 1976-2002 гг.** Подавляющее большинство (74 анализа = 85 %) значений содержаний суммы щелочей в период 1976-2002 гг. колеблется в пределах 0,25-30 мг/л, 7 анализов ( 8 %) показывают колебания содержаний суммы щелочей в пределах 30-40 мг/л, по 1 анализу ( 1 %) показывают колебания содержаний суммы щелочей в пределах 40-100 мг/л, 2 анализа (2 %) установили содержание суммы щелочей в 106 мг/л. Коэффициент вариации содержаний суммы щелочей не превышает 246,6, достигая – в единичном случае – 353,3.

**Натрий + калий 2005 года** отличается незначительным повышением рядовых и средних содержаний до 10-98 мг/л (частота встречаемости – 100 %). То есть, частота встречаемости аномальных содержаний суммы щелочей, отмечавшиеся ранее лишь в 5 % случаев, увеличилась до 40 % для периода 2005 г. При этом среднее значение содержаний суммы щелочей в грунтовых водах г. Горно-Алтайска возросло в 6,4 раза ( $51 : 8 = 6,4$ ) при резком (в 27,7 раза) уменьшении коэффициента вариации с 246,6 до 8,9 и непревышении максимальных содержаний суммы щелочей периода 2005 г. над максимальными содержаниями суммы щелочей периода 1976-2002 г.

**Гидрокарбонаты, 1976-2002 гг.** Подавляющее большинство (68 анализов = 77 %) значений содержаний гидрокарбонатов в период 1976-2002 г. колеблется в пределах 200-400 мг/л, по 7 анализов (8 %) показывают колебания содержаний гидрокарбонатов в пределах 150-200 мг/л и 400-450 мг/л, по 3 анализа (3 %) показывают колебания содержаний гидрокарбонатов в пределах 100-150 мг/л и 450-500 мг/л, 1 анализ (менее 2 %) установил содержание гидрокарбонатов в 641 мг/л. Коэффициент вариации содержаний гидрокарбонатов не превышает 4,8.

**Гидрокарбонаты 2005 года** отличаются повышением рядовых и средних содержаний до 378-903 мг/л (частота встречаемости – 100 %). То есть, аномальные содержания гидрокарбонатов, отмечавшиеся ранее лишь в 7 % случаев, стали «нормой» для периода 2005 г. При этом среднее значение содержаний гидрокарбонатов в грунтовых водах г. Горно-Алтайска возросло в 2,4 раза ( $589 : 242 = 2,4$ ) при двухкратном уменьшении коэффициента вариации с 4,8 до 2,4 и превышении максимальных содержаний гидрокарбонатов периода 2005 г. (903 мг/л) над максимальными содержаниями гидрокарбонатов периода 1976-2002 г. (641 мг/л) в 1,4 раза. Максимальные концентрации гидрокарбонатов (до 903 мг/л) установлены для центральной части г. Горно-Алтайска (ул. Чорос-Гуркина), и по этому показателю грунтовые воды приближены к минеральным водам, едва не достигая до лимита минеральных вод - 1000 мг/л.

**Сульфаты, 1976-2002 гг.** Подавляющее большинство (66 анализов = 75 %) значений содержаний сульфатов в период 1976-2002 гг. колеблется в пределах 2-20 мг/л, 7 анализов ( 8 %) показывают колебания содержаний сульфатов в пределах 20-30 мг/л, по 4 анализа ( 4,5 %) показывают колебания содержаний сульфатов в пределах 106-148 мг/л и 30-40 мг/л. Коэффициент вариации содержаний сульфатов = 63,0.

**Сульфаты 2005 года** отличаются повышением рядовых и средних содержаний до 27-154 мг/л (частота встречаемости – 100 %). То есть, частота встречаемости аномальных содержаний сульфатов, отмечавшиеся ранее лишь в 4-9 % случаев, увеличилась до 80 % для периода 2005 г. При этом среднее значение содержаний сульфатов в грунтовых водах г. Горно-Алтайска возросло в 16 раз ( $96 : 6 = 16$ ) при одиннадцатикратном уменьшении коэффициента вариации с 63,0 до 5,5 и непревышении максимальных содержаний сульфатов периода 2005 г. (154 мг/л) над максимальными содержаниями сульфатов периода 1976-2002 г. (148 мг/л). Максимальные концентрации сульфатов (до 125-154 мг/л) установлены для центральной части г. Горно-Алтайска – ул. Чорос-Гуркина.

**Хлориды, 1976-2002 гг.** Подавляющее большинство (67 анализов = 76 %) значений содержаний хлоридов в период 1976-2002 г. колеблется в пределах 2,8-20 мг/л, 16 анализов (18 %) показывают колебания содержаний хлоридов в пределах 20-40 мг/л. Коэффициент вариации содержаний хлоридов - 48. Максимальные концентрации хлоридов были установлены в районе таможни и ЗЖБИ.

**Хлориды 2005 года** отличаются слабым повышением рядовых и средних содержаний до 11-70 мг/л (частота встречаемости – 100 %). То есть, частота встречаемости аномальных содержаний хлоридов, отмечавшиеся ранее лишь в 24 % случаев, увеличилась до 60 % для периода 2005 г. При этом среднее значение содержаний хлоридов в грунтовых водах г. Горно-Алтайска возросло в 9,3 раза ( $42 : 4,5 = 9,3$ ) при уменьшении коэффициента вариации с 48,0

до 6,9 (в 7 раз) и непревышении максимальных содержаний хлоридов периода 2005 г. (75 мг/л) над максимальными содержаниями хлоридов периода 1976-2002 г. (87,3 мг/л). Максимальные концентрации хлоридов (40-75 мг/л) установлены для периферических частей г. Горно-Алтайска.

**Фториды, 1976-2002 гг.** Подавляющее большинство (37 анализов = 71 %) значений содержаний фторидов в период 1976-2002 г. колеблется в пределах 0,1-0,4 мг/л, 4-6 анализов (8-11 %) показывают колебания содержаний фторидов в пределах менее 0,1 мг/л и 0,4-0,5 мг/л. Коэффициент вариации содержаний фторидов - 16.. Максимальные (0,8 мг/л) концентрации фторидов были установлены в районе здания Майминского лесхоза.

**Фториды 2005 года** сохраняют уровень рядовых и средних содержаний (0,11-0,41 мг/л, частота встречаемости – 100 %), наблюдавшийся в период 1976-2002 гг. При этом среднее значение содержаний фторидов в грунтовых водах г. Горно-Алтайска не изменилось (0,26 для периода 1976-2002 гг. и 0,24 для 2005 г.) при уменьшении коэффициента вариации с 16,0 до 3,7 (в 4,3 раза) и непревышении максимальных содержаний фторидов периода 2005 г. (0,41 мг/л) над максимальными содержаниями фторидов периода 1976-2002 г. (0,8 мг/л).

**Водородный показатель (рН), 1976-2002 гг.** Подавляющее большинство (60 анализов = 86 %) значений рН в период 1976-2002 г. колеблется в пределах 7-8,5, 10 анализов (14 %) показывают значения рН менее 7,0. Коэффициент вариации значений рН = 1,8.

**Водородный показатель (рН) 2005 года** отличается повышением рядовых и средних значений до 8,4-9,0 (частота встречаемости – 100 %). То есть, частота встречаемости аномальных значений рН, отмечавшиеся ранее лишь в 10-33 % случаев, увеличилась до 100 % для периода 2005 г. При этом среднее значение рН в грунтовых водах г. Горно-Алтайска возросло в 1,2 раза (8,6 : 7,2 = 1,2) при уменьшении коэффициента вариации с 1,8 до 1,1 (в 1,6 раза) и слабом превышении максимальных значений рН периода 2005 г. (9,02) над максимальными значениями рН периода 1976-2002 гг. (8,8).

Независимые данные были получены ТЦ «Алтайгеомониторинг» (Кац, 2005 ф) по характеру изменения величины рН для подземных вод на территории всей Республики Алтай: частота встречаемости значений рН более 9,0 (ПДК=9,0) была примерно на одном уровне (5-8 % из 405-579 наблюдений) в период 2002-2003 гг., увеличилась в два раза для 2004 г. (до 17 % из 790 наблюдений) и резко – в 2,5-5 раз - увеличилась в 2005 г. (до 40 % из 124 наблюдений, в том числе до 60-65 % - в г. Горно-Алтайске) (Рис. 1.).

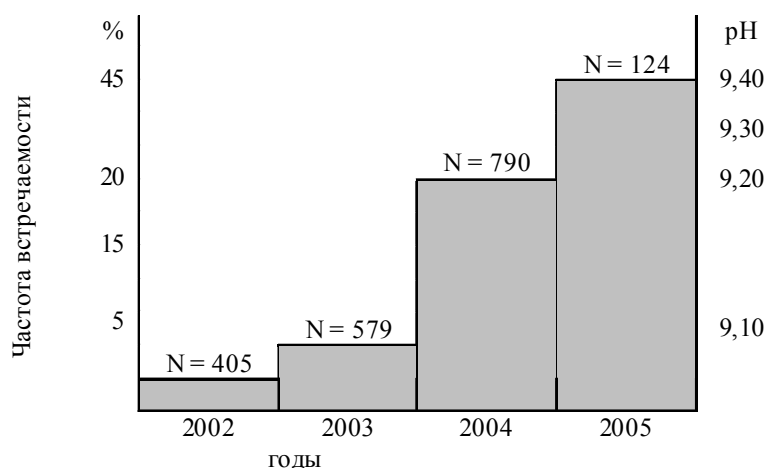


Рис. 1. Характер изменения рН подземных вод.

**Общая жесткость, 1976-2002 гг.** Подавляющее большинство (75 анализов = 79 %) значений общей жесткости в период 1976-2002 г. колеблется в пределах 3-7, по 5 анализов (6 %) показывают значения общей жесткости менее 3,0 и более 7,0. Коэффициент вариации значений общей жесткости - 2,7.

**Общая жесткость 2005 года** отличается повышением рядовых и средних содержаний до 8,7-13,9 (частота встречаемости – 100 %). То есть, частота встречаемости аномальных значений общей жесткости, отмечавшиеся ранее лишь в 6 % случаев, увеличилась до 100 % для периода 2005 г. При этом среднее значение общей жесткости в грунтовых водах г. Горно-Алтайска возросло в 2,6 раза (11,1 : 4,3 = 2,6) при уменьшении коэффициента вариации с 2,7 до 1,6 (в 1,7 раза) и полуторном превышении максимальных значений общей жесткости периода 2005 г. (13,9) над максимальными значениями общей жесткости периода 1976-2002 гг. (9,2).

Поведение **аммиака, нитритов и нитратов** в подземных водах Республики Алтай (материалы ТЦ «Алтайгеомониторинг», Кац, 2005ф) неоднозначно: количество аммония последовательно снижается (с 1,5 до 0,8 мг/л) за период 2002-2005 гг., количество нитритов за этот же период сохраняется на одном уровне (около 1,0 мг/л) при резком (до 0,1 мг/л) уменьшении его содержаний в 2003 г., количество нитратов, наоборот, было максимально (до 4 мг/л) в 2003 г. и минимально до и после землетрясения 2003 г.

**Характер изменения содержаний тяжелых металлов и радона** в грунтовых водах г. Горно-Алтайска не установлен ввиду недостаточности наблюдений. Следует отметить наличие примесей (мг/л): ртути, меди, свинца, цинка,

лития – определяющих круг «типоморфных» металлов, являющихся «обычными» для Горного Алтая. Незначительные концентрации радона (Кац, 2005 ф) установлены в термальных водах ул. Северная г. Горно-Алтайска.

В целом изменение химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска за период 1976-2005 г.г. характеризуется увеличением содержания следующих компонентов:

- хлоридов - почти в 10 раз (соотношение средних значений периода 2004-005 г.г. к периоду 1976-2003 г.г. =  $42/4,5=9,3$ );
- сульфатов - в 16 раз (соотношение средних значений периода 2004-005 г.г. к периоду 1976-2003 г.г. =  $96/6=16$ );
- кальция - почти в 3 раза (соотношение средних значений периода 2004-005 г.г. к периоду 1976-2003 г.г. =  $181/66=2,7$ );
- магния - почти в 2 раза (соотношение средних значений периода 2004-005 г.г. к периоду 1976-2003 г.г. =  $25/12=2,0$ );
- гидрокарбоната - в 2,4 раза (соотношение средних значений периода 2004-005 г.г. к периоду 1976-2003 г.г. =  $589/242=2,4$ );
- жесткости - в 2,6 раза (соотношение средних значений периода 2004-005 г.г. к периоду 1976-2003 г.г. =  $11,1/4,3=2,6$ );
- водородного показателя (рН) - в 1,2 раза (соотношение средних значений периода 2004-005 г.г. к периоду 1976-2003 г.г. =  $8,6/7,2=1,2$ ).

### ГЕНЕЗИС ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД Г. ГОРНО-АЛТАЙСКА

Каков же генезис изменения химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска - техногенный или природный ?

Естественным (природным) источником резкого изменения химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска, как и природных вод Горного Алтая в целом, может быть только Алтайское (Чуйское) разрушительное землетрясение сентября-октября 2003 г., афтершоковые последствия которого, по данным ТЦ «Алтайгеомониторинг», продолжают негативно сказываться на состоянии геологической среды Республики Алтай. Изменения химического состава грунтовых вод могут быть вызваны поступлением ювенильных минерализованных вод, обогащенных летучими компонентами, с глубины более 0,5-0,7 км и последующим их разбавлением в приповерхностных условиях. Наиболее известным из афтершоковых последствий является появление термальных вод в черте г. Горно-Алтайска (см. выше). Пункты выходов термальных вод образуют полосу широтного простирания у подножия г. Тугая и, вероятно, связаны с активным разломом широтной ориентировки, к которому приурочен широтный отрезок долины рр. Майма-Улалушка.

В качестве техногенных источников существующего изменения химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска автор рассматривает три основные и наиболее вероятные пути техногенного загрязнения. Во-первых, техногенное загрязнение при авариях и «рабочих» протечках водопроводов и теплотрасс (путь 1 и путь 2 техногенного загрязнения соответственно), вода которых содержит реагенты для уменьшения жесткости (хлорид натрия – каменная соль). Кроме того, техногенное изменение химического состава грунтовых вод может проявляться как итог применения реагента в ходе зимней «подсыпки» автодорог угольными шлаками (техногенный путь 3).

В частности, в пробе, отобранной ОАО «Алтай-Гео» в 2004 г. из грунтовых вод, имеющих заведомо техногенное происхождение (район жилмассива, внутри здания котельной № 10, протечка трубопровода теплотрассы), были установлены весьма высокие содержания (мг/л) хлора (1534), щелочей (натрий + калий = 654), кальция (260), магния (85) при низких (фоновых) содержаниях сульфатов (13), фтора (0,3), гидрокарбонатов (298) и высоком (20) значении общей жесткости, что является итогом добавления каменной соли в качестве реагента для уменьшения жесткости воды. Таким образом, техногенное изменение химического состава грунтовых вод при авариях и протечках систем теплоснабжения должно отмечаться в высокоаномальных (в десятки и первые сотни раз превышающие «обычные» значения) концентрациях комплекса хлор+щелочи, сопровождающиеся 1,5-2-х кратным повышением концентраций магния и кальция. Высокоаномальных содержаний хлора не наблюдается в анализируемом изменении химического состава грунтовых вод, что ставит под сомнение техногенный генезис (путь 1) изменения химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска, либо степень уменьшения техногенного эффекта на удалении от источников техногенного загрязнения весьма высока. Техногенное загрязнение по пути 2 пространственно должно быть связано с пунктами теплоподачи (котельные и теплопункты) и линиями теплотрасс, уменьшаясь по мере удаления от источников загрязнения. Техногенное загрязнение грунтовых вод по пути 2 может происходить лишь в отопительные сезоны и должно отсутствовать в летние периоды.

Для улучшения качества питьевой воды, централизованно подаваемой населению, ОАО «Водоканал» применяет бактериологическую обработку и, частично, хлорирование (вкус последнего неощутим в питьевой воде г. Горно-Алтайска). Пространственно данный путь изменения химического состава грунтовых вод должен быть приурочен к линиям трасс водопроводов, а периодичность его воздействия – постоянная, вне зависимости от сезонов года. Отсутствие повышенных содержаний хлора в анализируемых пробах исключает техногенный генезис (путь 1) изменения химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска.

Кроме того, техногенное загрязнение грунтовых вод может быть вызвано применением реагентов и шлака каменного угля для обработки снежного покрова дорожного покрытия в зимние периоды (пути 3 техногенного изменения химического состава грунтовых вод). Шлаки и зола каменного угля, используемого в котельных г. Горно-Алтайска, содержат, по данным специалистов ПОКиТС, в своем составе оксиды кремния (39,3-58,2 %), алюминия (7,4-39,1 %), железа 6,1-27,7 %), кальция (1,4-4,8 %), магния (5 %), щелочи, а также сернистые соединения (2,7 %). Техногенное загрязнение грунтовых вод по пути 3 может происходить лишь в зимние сезоны и должно отсутствовать в летние периоды; пространственно оно должно быть приурочено к линиям автодорог. В химическом составе грунтовых вод техногенное загрязнение по пути 3 должно проявляться в высокоаномальных содержаниях кальция, магния, алюминия, железа, щелочей и сульфатов.

Сопоставление «типоморфных» признаков реально наблюдаемого изменения химического состава грунтовых вод с «типоморфными» признаками естественного (природного) и техногенного характеров изменения химического состава грунтовых вод приведено в таблице 2.

## 2. Сопоставление признаков

Анализируемые «типоморфные» признаки	Наблюдаемые «типоморфные» признаки	«Типоморфные» признаки техногенного генезиса	«Типоморфные» признаки природного генезиса
Пространственное распространение	Площадное	Приуроченность к трассам водопровода, теплотрассам и автодорогам	Площадное и приуроченное к геологическим структурам
Периодичность проявления	Постоянное	В зимние периоды	Пульсационное, вне зависимости от времен года
«Типоморфные» химические элементы и их величины концентраций	Хлор-8-9	Хлор – 1500	Хлор – более 1000
	Щелочи – 11-98	Щелочи - 650	Щелочи – более 1000
	Сульфаты – 28-154	Сульфаты - 13	Сульфаты – более 1000
	Фториды – 0,11-0,41	Фториды – 0,28	Фториды – более 50
	Магний – 16-40	Магний - 85	Магний – более 100
	Кальций – 147-229	Кальций - 260	Кальций – более 500
	Гидрокарбонат – 378-903	Гидрокарбонат - 298	Гидрокарбонат – более 1000
	Жесткость – 9-14	Жесткость - 20	Н/д
	Перечень примесных тяжелых металлов: медь, свинец, цинк, ртуть, кальций, магний, щелочи, литий, радон	Перечень примесных тяжелых металлов: кальций, магний, кремний, алюминий, железо, щелочи, сернистые соединения.	Перечень примесных тяжелых металлов: медь, свинец, цинк, ртуть, кальций, магний, щелочи, литий, радон

Как видно из таблицы 2, по большинству «типоморфных» химических элементов и степени их концентрации невозможно однозначное определение техногенного или природного генезиса наблюдаемых изменений химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска. Концентрации хлора, щелочей, фторидов, магния, кальция, реально наблюдаемые в грунтовых водах г. Горно-Алтайска периода 2004-2005 г.г., можно с одинаковой степенью вероятности объяснить как разбавлением природных минеральных вод, так и уменьшением эффекта техногенного загрязнения грунтовых вод на удалении от загрязняющих объектов и трасс. Кроме того, повышенное содержание в грунтовых водах кальция, магния, щелочей и сернистых соединений можно связать с результатом загрязнения грунтовых вод при обработке полотна автодорог шлаком и золой каменных углей, для которых эти элементы являются обычными примесями. Поэтому аргументом, однозначно определяющим природный (естественный) генезис изменения химического состава грунтовых вод, являются высокие содержания гидрокарбонатов и сульфатов, которые нельзя объяснить уменьшением эффекта техногенного загрязнения на удалении от загрязняющих техногенных объектов и трасс. Наблюдаемые высокие содержания гидрокарбонатов и сульфатов, напротив, логично объясняются разбавлением еще более высоких содержаний этих компонентов в природных минеральных водах.

Дополнительными аргументами в пользу естественного генезиса изменения химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска являются проявления термальных вод, а также наличие ртути, полиметаллов, лития и радона, отсутствующих в золе привозных каменных углей и, наоборот, являющихся «типоморфными» для Горного Алтая. Кроме того, подземные воды Республики Алтай, как и анализируемые грунтовые воды г. Горно-Алтайска, характеризуются резким увеличением частоты встречаемости максимальных значений водородного показателя (рН, см. выше, Кац, 2005 ф), произошедшим после Алтайского (Чуйского) землетрясения, что также указывает на природный (естественный) генезис изменения химического состава грунтовых вод.

По пространственной приуроченности и периодичности проявления также невозможно однозначное опре-

деление техногенного и естественного генезиса изменения химического состава грунтовых вод, поскольку обилие линейных трасс техногенного загрязнения может (в условиях г. Горно-Алтайска) дать суммарный эффект площадного изменения химического состава вод, неотличимый от площадного эффекта естественного генезиса этих изменений.

В итоге проведенного сравнительного анализа «типоморфных» признаков естественного и техногенного генезиса изменения химического состава грунтовых вод наиболее вероятным представляется естественный (природный) генезис изменения химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска, связанный с подъемом ювенильных гидротерм и последующем их приповерхностном разбавлении в ходе продолжающегося афтершокового процесса Алтайского (Чуйского) разрушительного землетрясения 2003 г.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРАКТИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ ИТОГОВ АНАЛИЗА

*Теоретический аспект.* Изменения химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска проявлены в 2–10-кратном увеличении содержаний в них хлоридов, сульфатов, кальция, магния, гидрокарбонатов, а также в увеличении общей жесткости и величины рН до пределов, близких к предельно допустимым для питьевой воды (9,0). Изменения химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска являются итогом афтершокового процесса Алтайского (Чуйского) разрушительного землетрясения 2003 г., продолжающегося в 2004–2005 гг. Определение характера этих изменений – постепенно нарастающий или пульсационный – в рамках приведенных фактов не поддается однозначной оценке. Аргументом пульсационности происходящего ухудшения качества грунтовых вод может являться пульсационность температурного режима термальных вод ул. Северной г. Горно-Алтайска. Дальнейшее нарастание степени минерализации и жесткости грунтовых вод г. Горно-Алтайска (если оно будет продолжаться) не является аргументом, однозначно определяющим возможность нарастания сейсмической активности в черте г. Горно-Алтайска.

*Практический аспект* в инженерно-геологическом и строительном смыслах. Грунтовые воды г. Горно-Алтайска, классифицировавшиеся до 2003 г. как неагрессивные к строительным конструкциям (бетону, стали и цветным металлам), ныне и до получения новых данных о снижении в них содержаний агрессивных компонентов должны классифицироваться как слабоагрессивные к строительным конструкциям. В связи с последним представляется весьма важным учет изменившейся более агрессивной степени воздействия грунтовых вод в предполагающейся переоценке степени износа фундаментов ранее построенных многоэтажных зданий г. Горно-Алтайска для целей определения их остаточной сейсмостойкости. Проектные решения по строительству зданий и сооружений на 2004 г. и позднее должны также учитывать изменившуюся степень воздействия грунтовых вод г. Горно-Алтайска на строительные конструкции. Кроме того, не исключено, что увеличение концентраций агрессивных компонентов в воде существующих трасс водопроводов и теплотрасс приведет к усиленной коррозии и преждевременному износу стальных элементов трасс водопровода, теплоснабжения и канализации. Пренебрежение изменениями инженерно-геологических условий при проектировании строительства зданий и сооружений приводит, как это показывают участвовавшие в последнее время разрушения зданий аквапарков и выставочных павильонов, к чрезвычайным ситуациям с человеческими жертвами.

*Практический водохозяйственный и медицинский аспекты.* Наблюдаемые резко выраженные негативные изменения химического состава подземных вод г. Горно-Алтайска могут сказаться на качестве питьевой воды, централизованно подаваемой жителям г. Горно-Алтайска. Последнее может обусловить увеличение как количества, так и степени тяжести болезней, связанных с почечной системой, у жителей города. Кроме того, на состояние здоровья населения города могут оказать негативное действие появляющиеся в грунтовых водах высокие концентрации металлов-токсикантов: ртути, лития, кадмия, алюминия – в первую очередь.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Грунтовые воды г. Горно-Алтайска периода до 2002 г. характеризовались относительной чистотой (минерализация не более 0,3–0,4 г/л, низкие содержания компонентов, среднее значение рН), а аномальные явления (изменения химического состава с резким увеличением содержаний компонентов) в них происходили эпизодически и быстро возвращались к фоновому состоянию. Последнее проявлено в высоких значениях коэффициентов вариации содержаний компонентов.

2. Изменение химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска за период 2004–2005 гг. по отношению к периоду 1976–2003 гг. характеризуется 2–16-кратным увеличением содержаний следующих компонентов: хлоридов, сульфатов, кальция, магния, гидрокарбоната, а также ростом жесткости и водородного показателя (рН) с одновременным уменьшением коэффициентов вариации, обусловленных ростом концентраций компонентов. В питьевой водопроводной воде, получаемой населением г. Горно-Алтайска централизованным способом, вышеуказанные изменения химического состава грунтовых вод проявлены еще незначительно, исключая высокую (65 %) частоту встречаемости значений рН, близких к ПДК=9,0. Резкое ухудшение качества питьевой воды отмечено (по жалобам населения) в частных водоразборных колонках для пунктов выхода термальных вод (ул. Северная, Осипенко, Пятницкого), располагающихся у южного подножия г. Тугая.

3. Изменение химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска обусловлено естественной (природной)

причиной, связанной с подъемом ювенильных гидротерм в ходе продолжающегося афтершокового процесса Алтайского (Чуйского) разрушительного землетрясения 2003 г. и последующим их приповерхностным разбавлением.

4. Рекомендуется учитывать негативные изменения химического состава грунтовых вод г. Горно-Алтайска при оценке остаточной сейсмоустойчивости существующих зданий, при проектировании строительства новых зданий и сооружений ЖКХ, прогнозировании изменения качества питьевой воды, прогнозировании видов и степени тяжести заболеваемости жителей города.

5. Администрации и законодателям г. Горно-Алтайска, по мнению автора, необходимо предусматривать в бюджете города выделение средств на проведение: 1) оценки остаточной сейсмоустойчивости оснований зданий и сооружений; 2) оценки степени и количества изменений химического состава вод централизованного водоснабжения (в том числе – на прогноз негативного воздействия этих изменений на здоровье населения); 3) мониторинга динамики температуры химического состава подземных вод с целью прогноза изменений геологической среды и возможных землетрясений. Все указанные положения рекомендуется объединить в одну программу – составление инженерно-геологической карты г. Горно-Алтайска с целью обеспечения сейсмостойкого строительства и прогноза изменения состояния геологической среды.

### **Литература**

1. Кац В.Е. и др. Годовой информационный отчет о состоянии геологической среды на территории Республики Алтай в 2005 г. ОАО «АлтайГео», Майма, 2005.
2. Семенцов Б.Г. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям, проведенным ОАО «Алтай-Гео» на строящихся и реконструируемых объектах г. Горно-Алтайска за 2002-2005 г.г.
3. Фалалеев Ю.А. Таблица химических анализов подземных вод г. Горно-Алтайска за 1976-2002 г.г. (Рабочие материалы ТЦ «Алтайгеомониторинг»).

---

### *Примечание ред.*

*Внимание читателей предложена статья специалиста-геолога, освещающего со своей точки зрения некоторые вопросы гидрогеологии. Похвально стремление автора что-то усреднить, однако в гидрогеологии и гидрогеохимии обращают внимание на изменение минерализации, химического состава и типа вод. Об этом автор, к сожалению, ничего не говорит и статья много теряет. Желательно было приложить схему расположения пунктов наблюдений.*