

## РАДИОАКТИВНОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

**В.Е. Кац, В.В. Ролдугин, О.О. Вторушина**

ТЦ «Алтайгеомониторинг» ОАО «Алтай-Гео», с. Майма

Согласно гидрогеологическому районированию, Республика Алтай находится в пределах Алтае-Саянского сложного бассейна корово-блоковых безнапорных и напорных подземных вод. В пределах бассейна на территории республики выделяются две структуры – Горно-Алтайская и Саяно-Тувинская гидрогеологические складчатые области (структуры второго порядка), на площади которых, по материалам гидрогеологического районирования, установлены Алтайский и Саяно-Алтайский гидрогеологические массивы 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, метаморфических и интрузивных породах различного состава и широкого возрастного диапазона – от протерозойских до мезозойских. В межгорных артезианских бассейнах (Чуйский, Уймонский и др.) подземные воды локализуются в четвертичных, неогеновых и палеогеновых отложениях. Значительное количество подземных вод извлекается в населенных пунктах республики из водоносных комплексов четвертичных отложений разного генезиса.

Радиоактивные элементы в природных водах Республики Алтай целенаправленно, по имеющимся сведениям, не изучались. Исключение составляет уран, содержания которого оценивались в подземных водах при проведении Государственного мониторинга состояния недр ТЦ «Алтайгеомониторинг» ОАО «Алтай-Гео» в 1999-2002 гг. [Кац, 2004]. За прошедший период с 2003 г. по 2015 г. ТЦ «Алтайгеомониторинг» в силу объективных причин (финансирование) определение урана в подземных водах не проводилось. В 2013-2015 гг. ТЦ «Алтайгеомониторинг» проведено повторное определение урана в подземных водах масс-спектрометрическим с индуктивно связанной плазмой методом (аналитические исследования в ТПУ). Помимо урана в пробах вод анализировались гидрохимические показатели и 64 микроэлемента.

Отбор проб ТЦ «Алтайгеомониторинг» проводится из эксплуатируемых водоносных комплексов и водоносных зон на водозаборных скважинах и родниках. В нижеприведенной таблице отображены статистические показатели урана в подземных водах Республики Алтай за период 1999-2002 гг. и 2013-2015 гг.

Анализ таблицы показывает, что средние (фоновые) концентрации урана за оба наблюдаемых периода существенно превышают таковые в подземных водах Саяно-Алтайской области. Данный факт объясняется гидрогеохимической специализацией территории, наличием значительных площадей массивов гранитоидов и сложнейшей тектонической обстановкой. Сказанное объясняет тот факт, что, по результатам составления в 1996 г. ВСЕ-ГИНГЕО радиогеохимической карты России масштаба 1:10 000 000 (Смыслов, Максимовский, 1996), территория Республики Алтай отнесена к интенсивно дифференцированной и повышено-радиоактивной. Таким образом, повышенные фоновые концентрации урана в водоносных комплексах и водоносных зонах территории имеют природный характер.

Сравнительный анализ содержания урана в подземных водах Республики Алтай за период 1999-2002 гг. и 2013-2015 гг. показывает, что они в последнем случае возросли в 2 раза. Это относится ко всем водовмещающим стратифицированным водоносным комплексам и зонам. Наиболее высокие концентрации урана устанавливаются в водоносных комплексах

## Содержание урана в подземных водах Республики Алтай

Типы вод и водовмещающие породы, геологический возраст	Годы	Кол-во проб	Содержание в мкг/л		
			минимум	максимум	среднее
Порово-пластовые в рыхлых отложениях (Q)	1999-2002	309	0,2	28	1,45
	2015	23	0,057	13	2,5
Пластовые воды Чуйского артезианского бассейна (P <sub>3</sub> -N <sub>1</sub> )	1999-2002	57	0,17	36	1,04
	2015	6	0,019	7,7	1,4*
Пластовые воды Пыжинского грабена (T <sub>3</sub> )	1999-2002	2	0,24		
	2015	1	0,008		
Вулканогенные, осадочно-вулканогенные, вулканогенно-осадочные (D, E)	1999-2002	87	0,2	23	1,49
	2015	17	0,5	16,1	3,9
Терригенные, терригенно-осадочные, карбонатно-терригенные (D, E)	1999-2002	112	0,2	19,2	1,81
	2015	15	0,5	8,1	1,9
Песчанистые и осадочные (E <sub>2</sub> -O <sub>1</sub> , S, O <sub>1-3</sub> )	1999-2002	37	0,4	32	4,05
	2015	18	1,0	33	7,7
Кремнисто-терригенно-карбонатные (V-E <sub>1</sub> , R <sub>3</sub> -V)	1999-2002	45	0/07	5,6	0,83
	2015	20	0,1	6,3	1,6
Метаморфические сланцы (PR <sub>2</sub> )	1999-2002	40	0,2	9,2	1,41
	2015	8	1,2	5,3	2,8
Интрузивные образования	1999-2002	19	0,2	15	1,96
	2015	5	0,05	10	3,7
В целом по Алтае-Саянскому бассейну жильно-блоковых вод (без артезианских бассейнов)	1999-2002	698	0,2	28	1,66
	2015	118	0,008	33	3,4
Среднее содержание в подземных водах *	Горных областей	16 регионов			0,57
	Саяно-Алтайской области	5168			0,78
	Алтая	606			0,88

Примечание. \* - данные приведены по [Шварцев, 1998].

ордовикского, силурийского и кембро-ордовикского возраста, где водовмещающими являются осадочные породы (среднее содержание 7,7 мкг/л). В этих же отложениях выявлены (в Усть-Канском, Улаганском, Майминском, Онгудайском районах) аномальные концентрации урана, составляющие 1-2 ПДК.

В питьевых водах уран нормируется по химической токсичности. В России ПДК урана в питьевых водах принят равным 15 мкг/л (ГН 2.1.5.2280-07 дополнение к изменениям 1 к ГН 2.1.5.1315-03), в Соединенных Штатах Америки равным 30 мкг/л, Всемирная организация здравоохранения рекомендует норматив 15 мкг/л.

Уран и его соединения отличаются высокой токсичностью. В организме человека уран действует на все органы, являясь обще клеточным ядом. Молекулярный механизм действия урана связан с его способностью подавлять активность ферментов. Наиболее ранимы почки (появляются белок и сахар в моче, олигурия). При хронической интоксикации возможны нарушения кроветворения и нервной системы. При длительном поступлении в организм труднорастворимых соединений урана, когда наблюдается биологическое действие урана как альфа-излучателя, развивается хроническая лучевая болезнь (заболевание, возникающее от воздействия различных видов ионизирующих излучений). Имеются сведения, что уран необходим для нормальной жизнедеятельности животных и растений, однако его физиологические функции не выяснены. Влияние высоких доз урана на теплокровный организм исследовано достаточно хорошо, чего нельзя сказать о малых дозах.

Вероятным объяснением повышения фоновых концентраций урана в подземных водах Республики Алтай в 2013-2015 гг. является активизация сейсмической деятельности в Алтае-Саянском регионе, проявившаяся с 2000 г.. В 2003 г. в Республике произошло круп-

ное Алтайское (Чуйское) землетрясение, в 2011 г. Тувинское [Яманов и др., 2004]. До настоящего времени в АСР продолжают малоамплитудные афтершоки, количество которых с каждым годом увеличивается: в 2013, 2014, 2015 соответственно 609, 962, 1212.

Однозначно установлено, что в период сейсмических событий малой амплитуды происходят сотрясения массивов горных пород, которые продолжают последние 13 лет. «Подновляются» образовавшиеся в геологическую историю разломы разных масштабов и направлений, по которым поднимаются различные газы: азот, метан, сероводород, аргон, гелий, радон и другие. Помимо газов, как отмечают многочисленные исследователи [Кисин, 1982; Копылова, 2008; Копылова, 2005], при землетрясениях по трещинам из глубинных слоев литосферы поступают ртуть, фтор, мышьяк, сурьма, литий, уран и другие элементы.

За период активизации сейсмической деятельности в АСР с 2000 г. в подземных водах увеличились фоновые концентрации таких элементов как мышьяк, сурьма, алюминий, марганец, железо, кадмий, медь, йод, фтор, литий, ртуть, окись кремния, радон [Кац, 2004; Кац, 2004; Кац и др., 2012]. Наблюдения показывают, что аномальные содержания вышеперечисленных компонентов, как правило, косейсмичны с малоамплитудными афтершоками [Кац, Шитов, 2010; Кац, Достовалова, 2015].

По материалам опробования подземных вод в 2013-2015 гг., нами проведен корреляционный анализ между ураном и показателями вод (химический и микроэлементный анализы). Корреляционным анализом между 100 показателями, определенными химическим и масс-спектрометрическим методами выявлены группы элементов со значимыми положительными связями:

1. Наиболее высокие достоверные (на уровне 99 %) связи установлены между гидрохимическими показателями вод и ураном (натрий, калий, магний, хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты, нитраты, жесткость, минерализация). Такой же характер связей прослеживается в пробах подземных вод, отобранных в 1999-2002 гг. Указанные связи, вероятно, характеризуют геохимические особенности водовмещающих пород.

2. Высокие (на уровне 95-99 %) связи просматриваются между ураном, стронцием, барием, сурьмой, железом, медью, мышьяком, марганцем, молибденом, литием, йодом, цезием и практически всеми ими - с нитратами. Вероятно, данный вид взаимоотношений между химическими элементами можно объяснить сейсмической активизацией в АСР.

3. Значимые корреляционные связи устанавливаются также между ураном, цезием, лантаном, литием, церием, самарием и нитратами.

4. Интересной и пока не объяснимой представляется положительная связь урана как с гидрохимическими показателями вод, так и с их микроэлементным составом, и всех их с нитратами.

5. В проанализированных пробах подземных вод на территории республики четко прослеживается резкое преобладание урана над торием. Отношение урана к торию варьирует от 1 до 13000. Данный факт отмечен Л.П. Рихвановым [Рихванов, 2006] и, вероятно, связан с радиохимическими особенностями воды.

## Литература

Яманов А.Ф., Селезнев С.В., Гольдин С.В. и др. Чуйское землетрясение и динамика сейсмической активизации эпицентральной области. // В сб. «Алтайское (Чуйское) землетрясение: прогнозы, характеристики, последствия». Материалы научно-практической конференции. Горно-Алтайск: ГАГУ, 2004.

Кац В.Е. Природная радиоактивность геологической среды // В кн. Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Материалы II международной конференции. - Томск, 2004.

Кац В.Е. Влияние сейсмической активизации в Алтае-Саянском регионе на состоянии подземных вод (на примере Республики Алтай) // Международная научно-практическая конференция «Гидрогеология в начале 21 века», Новочеркасск, 2006.

*Кац В.Е., Бондаренко Е.Н., Молокова В.Ю, Ролдугин В.В.* Динамика состояния подземных вод в период сейсмической активизации Алтае Саянском регионе (на примере Республики Алтай) // Труды Всероссийской конференции «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами». Томск, Издательство НТЛ, 2012. С. 136-140.

*Кац В.Е., Достовалова М.С.* Государственный мониторинг состояния недр территории Сибирского Федерального округа (Республика Алтай) в 2014-2015 гг. - Горно-Алтайск, 2015.

*Кац В.Е., Шитов А.В., Драчев С.С.* О механизмах изменения химического состава и температуры подземных вод в районе Горно-Алтайска // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология, 2010, № 3, с. 207-212.

*Кисин И.Г.* Землетрясения и подземные воды. М.: Наука, 1982.

*Копылова Г.Н.* О связи режима подземных вод с сейсмичностью и деформациями земной коры на стадиях подготовки сильных землетрясений // Разведка и охрана недр, 2008, № 7.

*Копылова Г.Н., Воропаев П.В.* Отклик режимного источника на землетрясение как индикатор состояния его подземной водоносной системы // Вулканология и сейсмология, 2005, № 2.

*Рихванов Л.П.* Общие и региональные проблемы радиоэкологии. – Томск, 1997.

*Рихванов Л.П.* Радиоактивные элементы в геосферных оболочках // Международная научно-практическая конференция «Гидрогеология в начале 21 века». Новочеркасск, 2006.

*Смыслов А.А., Максимовский В.А.* Радиохимическая карта России. Масштаб 1:10000000. Объяснительная записка. – Санкт-Петербург: Роскомнедра, 1996.

*Шварцев С.А.* Гидрохимия зоны гипергенеза. – М.: АОО «Издательство «Недра», 1998.