

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ПИТЬЕВЫХ ВОД

© 2012 г. **В. П. Закутин**, М. С. Голицын*, В. М. Швец**

Гидрогеологическая и геоэкологическая компания "ГИДЭК"
105203 Москва, 15-я Парковая ул., 10а. E-mail: info@hydec.ru

* ФГУП ВСЕГИНГЕО

142452 Московская обл., Ногинский р-н, пос. Зеленый

E-mail: vsegingeo@rambler.ru

** Российский государственный геологоразведочный университет
117997 Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23. E-mail: office@msgpa.edu.ru

Поступила в редакцию 19.10.2010 г.

Дана характеристика состояния нормативной базы по оценке качества пресных подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. Описана геохимия месторождений пресных подземных вод, гидрогеохимия нормируемых микроэлементов (бора, брома, лития) и техногенных процессов, региональные особенности месторождений пресных подземных вод.

Ключевые слова: нормативная база, питьевые воды, геохимия элементов, ПДК, техногенные процессы.

Изучение качества подземных вод — одна из основных гидрогеологических задач, определяющих возможность использования этих вод для питьевых целей. Развитие ресурсной базы питьевых подземных вод на территории России в XXI в. предусматривает возможность увеличения доли подземных вод в водоснабжении в связи с их стабильно высоким качеством и возможностью их использования непосредственно или после водоподготовки [3]. Многофакторность проблем изучения и оценки качества подземных вод обуславливает необходимость рассмотрения наиболее актуальных из них.

СОСТОЯНИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩЕЙ КАЧЕСТВО ПОДЗЕМНЫХ ПИТЬЕВЫХ ВОД

Качество подземных питьевых вод централизованных систем водоснабжения регламентируют Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1074-01 и дополнительные документы. Следует подчеркнуть, что эти правила и нормативы не учитывают специфику гидрогеологических исследований и предназначены для водохозяйственных органов, а не для гидрогеологических организаций, выполняющих поисково-разведочные работы на подземные питьевые воды.

Основные задачи гидрогеологических исследований следующие [10]:

— оценка общих гидрогеохимических условий месторождений подземных питьевых вод и их изменений по площади и в разрезе;

— получение детальных характеристик качества подземных вод продуктивного и смежных водоносных горизонтов с выделением их геохимических типов; выявление пределов вариаций обобщенных показателей качества подземных вод, содержания нормируемых макро- и микрокомпонентов, радиологических и микробиологических показателей с анализом изменчивости их концентраций по площади и в разрезе продуктивного горизонта по сезонам года;

— оценка соответствия качества подземных вод требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 и дополнительных документов, а при выявленных отступлениях от них — обоснование и разработка рекомендаций по водоподготовке;

— изучение содержания в подземных водах компонентов техногенного происхождения с выявлением их источников;

— изучение условий и процессов формирования химического состава подземных вод;

— получение характеристик возможных природных и антропогенных источников изменения качества подземных вод в процессе длительной эксплуатации продуктивных водоносных горизонтов;

— прогноз и постоянный контроль стабильности качества подземных вод на расчетный срок эксплуатации водозабора.

Полученные материалы исследований должны стать основой для учета отклонения качества вод от требуемых кондиций при разработке технологии водоподготовки.

Введенный в действие в 1986 г. ГОСТ 2761-84 [6] определяет необходимость учета основных геолого-гидрогеологических условий проектируемого источника водоснабжения. Однако приведенные в этом документе показатели качества подземных вод, подлежащие изучению, ограничены кратким перечнем физических, химических и микробиологических показателей, значительно уступающим по своему составу показателям, которые контролируются действующими в настоящее время санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами. Вместе с тем, современные правила и нормативы характеризуются целым рядом противоречий, недоработок, касающихся факторов формирования ресурсов подземных вод, что должно быть учтено при дальнейшем развитии нормативных документов [1, 2]. Так, данные документы не ориентированы на характеристику общего химического состава подземных вод, отдельные их положения допускают неоднозначное нормирование контролируемых показателей (например, минерализации и сухого остатка, фенольного индекса и предельных концентраций фенола, величин α -, β -активности и содержаний радионуклидов), они содержат неопределенность определяемых величин (например, значений перманганатной окисляемости, содержаний нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ).

Следует обратить внимание на несоответствие перечня нормируемых показателей и установленных значений ПДК, контролируемых отечественными нормативными документами о питьевой воде, Рекомендациям ВОЗ (1994 г.) и Директиве ЕС [98/83] (таблица).

Из анализа данных таблицы видно, что выделяются следующие группы нормируемых показателей в питьевых водах: 1) регламентируемые только СанПиН 2.1.4.1074-01; 2) ПДК которых, действующие в России, ниже, чем нормативы ВОЗ или директивы ЕС; 3) ПДК которых, действующие в России, выше таковых ВОЗ или ЕС; 4) аналогичные или сопоставимые с таковыми ВОЗ или ЕС.

Учитывая степень современной изученности биохимического влияния повышенных концентраций нормируемых элементов и соединений, поступающих в организм человека с питьевой водой, целесообразно, вероятно, придерживаться в этом отношении Рекомендаций ВОЗ и Директивы ЕС. При этом сказанное не должно относиться к нормативам для обобщенных показателей.

Целесообразно отметить, что, поскольку территория России отличается многообразием ландшафтно-климатических, гидрогеологических и гео-

химических условий, следует, по-видимому, переходить к разработкам региональных нормативов качества питьевых вод, которые в настоящее время установлены только для фтора.

Крайне важный вопрос при оценке состава и качества подземных питьевых вод – разработка регламента опробования подземных вод с обоснованием периодичности отбора водных проб из водисточников. Требования СанПиН 2.1.4.1074-01, установленные для подземных источников, недостаточны, например, для береговых водозаборов инфильтрационного типа со значительным питанием водоносных горизонтов речными, часто загрязненными, водами. Для этих водозаборов существует высокая вероятность попадания загрязняющих веществ в эксплуатационные скважины, особенно в паводковые периоды.

С другой стороны, по ГОСТ 2761-84 [6], для оценки качества воды в месте предполагаемого водозабора независимо от его ожидаемого расхода должны быть представлены анализы проб, отбираемых ежемесячно за последние три года. Такое требование трудно осуществить на практике, так как разведочные гидрогеологические работы часто проводятся в более сжатые сроки (в первую очередь, это касается месторождений подземных вод, находящихся в простых геолого-гидрогеологических и санитарных условиях).

Таким образом, наиболее важные и требующие оперативного решения проблемы оценки современного состояния и развития нормативной базы, регламентирующей качество подземных питьевых вод, следующие:

– доработка действующих нормативов для санитарно-гигиенической оценки качества подземных вод с учетом региональных гидрогеологических, гидрогеохимических и экологических особенностей территорий;

– разработка новых методических документов по изучению качества питьевых подземных вод в разных физико-географических и гидрогеологических условиях, включающих обоснование перечня приоритетных показателей, регламент частоты опробования водопунктов при проведении геологоразведочных работ с его корректировкой при изменчивости природных и антропогенных факторов;

– разработка методики оперативной оценки состояния качества пресных подземных вод и их изменчивости под воздействием различных видов техногенеза.

ГЕОХИМИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения как новое направление гидро-

Группировка показателей качества питьевой воды, определяемого содержанием элементов и соединений, превышающим ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01 и международным нормативам

Элементы и соединения	ПДК, мг/л			Отрицательное влияние повышенных концентраций на организм человека, органолептические свойства вод (сводные литературные данные)
	СанПиН 2.1.4.1074-01	Рекомендации ВОЗ	Директива ЕС 98/83	
Показатели элементов и соединений природного происхождения, имеющих региональное распространение				
Обобщенные показатели				
pH	6–9	6.5–8.5	6.5–9.5	Кислотно-щелочной баланс, ухудшение органолептических свойств
Минерализация	1000 (1500)	1000		Ухудшение органолептических свойств
Жесткость общая	7 (10) мг-экв/л			Мочекаменная болезнь, гипертония
Окисляемость перманганатная	5			Ухудшение органолептических свойств
Санитарно-токсикологические показатели				
NH ₄	2		0.5	Образование нитритов, канцерогенных N-нитрозаминов
Ba	0.1	0.7		Заболевания сердечно-сосудистой, кроветворной систем, лейкозы
Ba	0.5	0.5	1	Заболевания желудочно-кишечного тракта, нарушение репродуктивной функции, углеводного обмена
Br	0.2			Заболевания почек, печени
Li	0.03			Заболевания печени, почек, ЦНС
Na	200	200	200	Заболевания ЦНС, сердечно-сосудистой системы
Si	10			Заболевания почек
Sr	7			Нарушение костной ткани, болезнь Кашина-Бека
Органолептические показатели				
Fe	0.3 (1.0)		0.2	Заболевания крови, печени, сердца, ухудшение органолептических свойств
Mn	0.1 (0.5)	0.4	0.05	Элебриотоксическое, гонадотоксическое действие, ухудшение органолептических свойств
SO ₄	500	250	250	Желудочно-мочекаменная болезнь, ухудшение органолептических свойств
Cl ⁻	350	–	250	Заболевания сердечно-сосудистой системы, ухудшение органолептических свойств
Радиологические показатели				
общая α-активность	0.1 Бк/л	–	–	Радиотоксикологические последствия из-за присутствия повышенных доз ²¹⁰ Po, ²¹⁰ Pb, ²²⁶ Ra, ²²⁸ Ra, ²³⁸ U, ²³⁴ U
Показатели элементов природного происхождения, имеющих локальное распространение				
Санитарно-токсикологические показатели				
Al	0.5	–	0.2	Заболевание ЦНС, болезнь Альцгеймера
Be	0.0002	–	–	Канцероген
As	0.05	0.01	0.01	Канцероген, заболевания ЦНС, кожи, периферической нервной и сосудистой систем
Se	0.01	0.01	0.01	Заболевания печени, желудочно-кишечного тракта, сосудистой системы, ЦНС, кожи
Hg	0.0005	0.001	0.001	Заболевания ЦНС, кровеносной системы, почек, нарушение репродуктивной функции

Таблица. Окончание

Элементы и соединения	ПДК, мг/л			Отрицательное влияние повышенных концентраций на организм человека, органолептические свойства вод (сводные литературные данные)
Показатели элементов и соединений техногенного происхождения, имеющих локальное распространение				
Обобщенные показатели				
Нефтепродукты	0.1	—	—	Ухудшение органолептических свойств
Фенол	0.001	—	—	То же
ПАВ _{ан}	0.5	—	—	Мутагенное действие, ухудшение органолептических свойств
Санитарно-токсикологические показатели				
NH ₄	2	—	0.5	Образование нитритов, канцерогенных N-нитрозаминов
NO ₃	45	50	50	Заболевания кровеносной (метгемоглобинемия), сердечно-сосудистой систем
Sb	0.05	0.02	0.005	Нарушение жирового и углеводного обмена
Cd	0.001	0.003	0.005	Заболевания ЦНС, почек, надпочечников, печени, желудочно-кишечного тракта, болезнь "Итай-итай"
Ni	0.1	0.02	0.02	Канцероген, заболевания желудочно-кишечного тракта, кровеносной системы, почек, печени, сердца
NO ₂	3.3	3	0.5	Образование канцерогенных N-нитрозаминов, токсикологическое действие
Pb	0.03	0.01	0.01	Заболевания ЦНС, периферической нервной системы, почек, нарушение метаболизма кальция, порфиринового обмена, гемопоэз, атеросклероз, нарушение кроветворной функции
Hg	0.0005	0.001	0.001	Заболевания ЦНС, кровеносной системы, почек, нарушение репродуктивной функции
Cr	0.05	0.05	0.05	Заболевания печени, почек, желудочно-кишечного тракта, слизистых, кожи
CN	0.035	0.07	0.05	Заболевания щитовидной железы, ЦНС
2,4-Д	0.03	0.03	Суммарное содержание 0.0005 мг/л	Канцероген, заболевания ЦНС, дыхательной системы, почек, печени
Линдан	0.002	0.002		Поражение печени, почек, нервной, иммунной, сердечно-сосудистой, дыхательной систем
ДДТ	0.002	0.002		Канцероген, поражение нервной и дыхательной систем, печени, почек
Радиологические показатели				
общая β-активность	1 Бк/л	—	—	Радиотоксикологические последствия из-за повышенных доз ¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr

геохимии получила свое развитие более 30 лет назад, а ее общетеоретические и прикладные аспекты впервые изложены в [9]. За истекший период требования к качеству питьевых вод изменились как по составу анализируемых показателей, так и по ПДК. Современные задачи изучения геохимии подземных вод хозяйственно-питьевого назначения охватывают более широкий перечень нормируемых микроэлементов и соединений, изученность распределения которых в пресных подземных водах в настоящее время явно недостаточна. Кроме того, за рамками научного рассмотрения до сих пор остается собственно геохимия месторождений подземных питьевых вод различных генетических типов в условиях их эксплуатации.

Геохимия месторождений пресных подземных вод

В геохимическом отношении месторождение пресных подземных вод представляет собой часть водонапорной системы, граничные геолого-гидрогеологические условия которой определяют основные процессы формирования химического состава вод под влиянием природных и техногенных факторов.

Детальное изучение месторождений подземных питьевых вод различных регионов России, выполненное за последние годы, показало, что многообразные гидрогеохимические процессы, протекающие в системе «вода–порода» и определяющие геохимический облик подземных вод, – вероятно-детерминированные. В этом проявляется общая закономерность формирования различных химических типов подземных вод в результате гидрогеологических процессов, которые детерминированно определяются законами физической химии при граничных условиях, складывающихся для каждой точки пространства и времени [8].

Основные факторы, обуславливающие химический состав подземных вод в пределах их месторождений, зависят от следующих условий:

- региональных особенностей месторождения в общей схеме ландшафтно-климатической и гидрогеохимической зональности конкретной гидрогеологической структуры;

- металлогенической специфики водовмещающих пород, определяющей градиент концентраций в системе вода–порода;

- геолого-гидрогеологических условий месторождения, определяющих строение разреза водоносных горизонтов, их залегание, литологический состав водовмещающих и слабопроницаемых отложений, условия и характер питания продуктивных горизонтов, скорость движения подземных вод, взаимодействие твердой и жидкой фаз;

- гидрогеохимических особенностей источников эксплуатационных запасов подземных вод;

- характера техногенных объектов, воздействующих на качество подземных вод.

В совокупности вышеперечисленные геолого-гидрогеологические и гидрогеохимические природные и техногенные условия любого исследуемого месторождения определяют интегральные геохимические показатели качества подземных вод, которые количественно могут быть отображены величинами водородного показателя рН и окислительно-восстановительного потенциала Eh, минерализации вод, концентраций и соотношений макроанионов и макрокатионов, суммарным содержанием органических веществ и характером микрофлоры.

Именно эти обобщенные показатели химического состава подземных вод формируют в них определенный набор нормируемых микроэлементов и соединений, мигрирующих в повышенных (относительно ПДК) концентрациях, а их временная изменчивость приводит к временной изменчивости содержаний микрокомпонентов.

Изучение вышеперечисленных основных факторов формирования химического состава подземных вод лежит в основе пространственного изучения геохимии их месторождений, а при проведении мониторинга качества подземных вод – к оценке изменчивости их геохимического облика во времени.

Геохимия некоторых нормируемых элементов и соединений в пресных подземных водах

По распространению в пресных подземных водах повышенных (более ПДК) концентраций нормируемых СанПиН 2.1.4.1074-01 и последующими документами элементов и соединений они подразделяются на следующие группы: 1) природного происхождения, имеющие региональное распространение в водах определенного геохимического облика; 2) природного происхождения, имеющие преимущественно локальное распространение в водах определенных металлогенических зон; 3) техногенного происхождения, имеющие локальное распространение на участках загрязнения (таблица).

В настоящей статье ограничимся рассмотрением трех элементов, геохимия которых в пресных подземных водах до последнего времени мало изучалась, хотя их повышенные концентрации осложняют решение проблем питьевого водоснабжения ряда регионов России.

Один из таких элементов – бор, содержания которого, превышающие значение ПДК (0,5 мг/л), установлены для подземных вод центральной части Московского артезианского бассейна (нижний и среднекаменноугольные водоносные горизонты), для Камско-Вятского, Ветлужского, Волго-Сурского (верхнепермские горизонты), Азово-

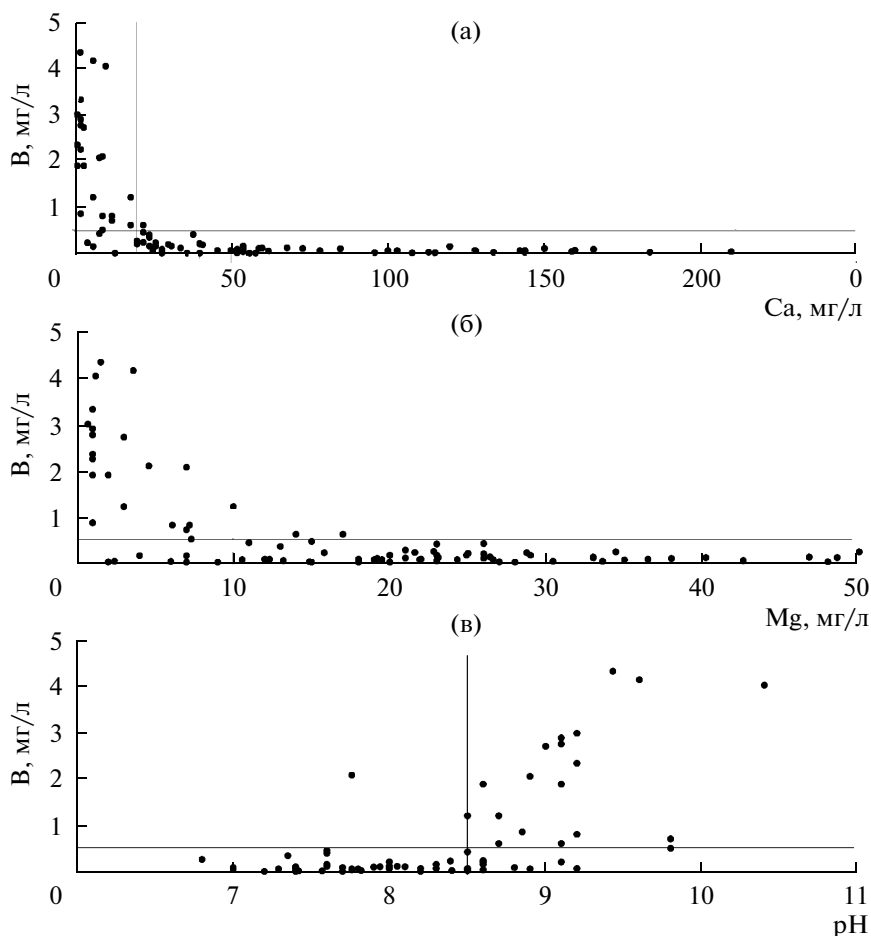


Рис. 1. Изменение концентрации бора (В) в пресных подземных водах Удмуртии в зависимости от кальция (а), магния (б), рН (в).

Кубанского (плиоценовые горизонты), Иртыш-Обского (эоценовый и палеоценовый водоносные комплексы) артезианских бассейнов и имеют региональное распространение.

Формирование высоких концентраций бора происходит в разновозрастных водовмещающих породах с кларковыми концентрациями элемента вследствие образования определенного химического состава вод, благоприятного для перехода бора из твердой фазы в жидкую и его миграции в водорастворенной форме. Отличительная черта геохимического состава борсодержащих подземных вод — как правило, натриевый состав (при смешанном анионном), минимальные содержания кальция и магния, слабощелочные значения рН. Для концентраций бора в таких подземных водах характерны обратная зависимость от величины общей жесткости (содержаний Са и Mg) и прямая зависимость от значений рН (рис. 1). Борсодержащие подземные воды часто характеризуются повышенными концентрациями фторид-иона.

Другие элементы, повышенные концентрации которых в пресных подземных водах обычно имеют региональное распространение, — барий, бром и литий (более 0.1, 0.2 и 0.03 мг/л соответственно). Необходимо отметить, что действующий в России в настоящее время норматив на предельную концентрацию бария (Ba) в питьевой воде неоправданно жесткий (ПДК — 0.1 мг/л); ВОЗ рекомендует ПДК — по Ba 0.7 мг/л, а Директива ЕС вообще не ограничивает содержание Ba в водах (таблица). Проект Федерального закона “О питьевой воде и питьевом водоснабжении” регламентирует ПДК Ba в питьевой воде 0.7 мг/л, а значит, при принятии этого документа не будет связанных с Ba осложнений при решении геохимических проблем хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Концентрации брома (Br), превышающие ПДК (0.2 мг/л), в настоящее время установлены в пресных подземных водах Московского (нижний и средний каменноугольные водоносные го-

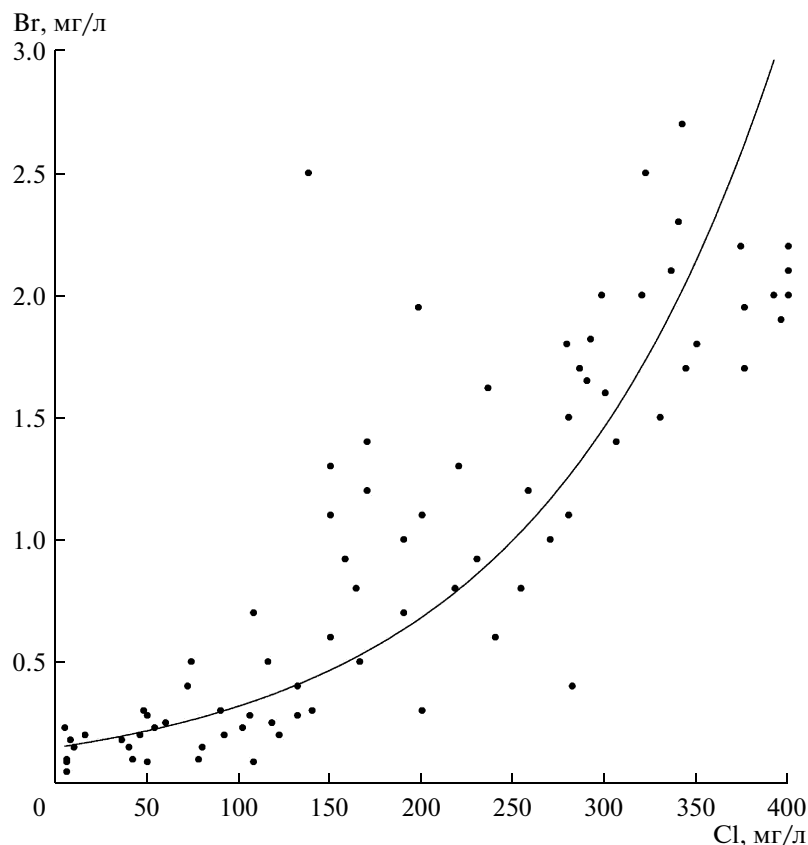


Рис. 2. Зависимость содержания брома (Br) в загрязненных родниковых водах юго-восточной части Республики Татарстан от концентрации хлора (Cl).

ризонты), Камско-Вятского (верхнепермские горизонты), Иртыш-Обского (эоценовый и палеоценовый водоносные комплексы) артезианских бассейнов. Формирование таких концентраций Br в питьевых подземных водах происходит как в результате природных геохимических взаимодействий в системе вода – водовмещающие отложения морского генезиса, так и при промышленном загрязнении (на участках утечек рассолов из систем поддержания пластового давления в пределах нефтепромыслов). Химический состав бромсодержащих пресных подземных вод – гидрокарбонатно-хлоридный и хлоридный натриевый с повышенными (до 1 г/л) величинами минерализации. Эмпирически установлено, что при концентрациях Cl⁻ >50 мг/л пресные подземные воды, как правило, содержат Br⁻ выше значений ПДК (рис. 2), и такие воды образуют региональные гидрогеохимические провинции.

Содержания лития (Li) в подземных водах, превосходящие значение ПДК (0.03 мг/л), в настоящее время зафиксированы в пределах Московского артезианского бассейна (нижний и

средний каменноугольные водоносные горизонты). Формирование повышенных концентраций Li связано, вероятно, с ионно-обменными процессами на контакте водовмещающих пород с повышенным количеством глинистой фракции и подземных вод с концентрациями калия >10 мг/л.

Известно, что щелочные элементы по сорбционной способности образуют геохимический ряд K⁺ > Na⁺ > Li⁺. Это означает, что при взаимодействии подземных вод с водоносными отложениями водорастворенный калий (K) переходит в твердую фазу, вытесняя из нее в воду Li. Так, в подземных водах подольско-мячковского водоносного горизонта Московского артезианского бассейна с ростом содержаний K при соотношении rNa/rK < 10 существует высокая вероятность обнаружения повышенных (>0.03 мг/л) концентраций Li (рис. 3).

Описание геохимии слабоизученных нормируемых элементов можно было бы продолжить на примере и других микрокомпонентов. Однако подчеркнем, что эта проблема гораздо более актуальная и широкая, чем она представлялась до сих

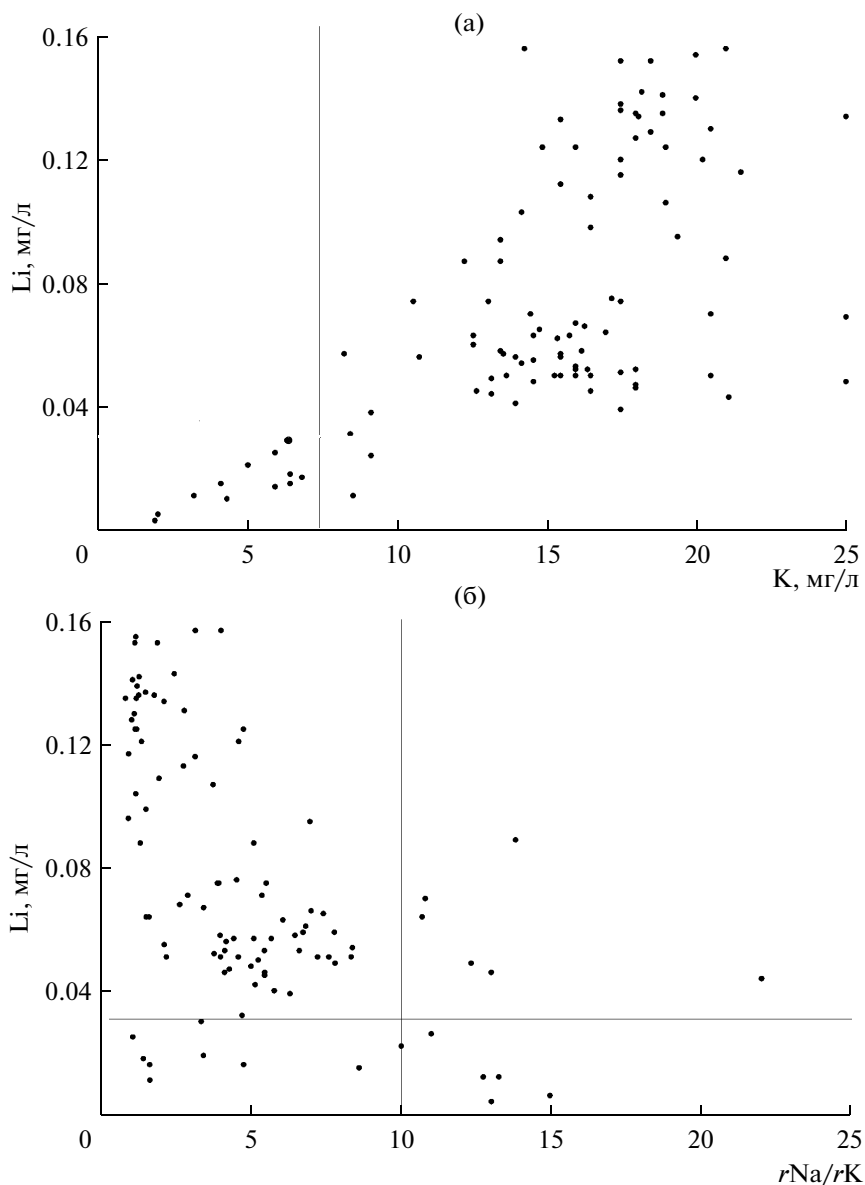


Рис. 3. Содержание лития (Li) в подземных водах каменноугольных водоносных отложений центральной части Московского артезианского бассейна в зависимости от концентраций калия (а) и rNa/rK (б).

пор, и требует постановки специальных гидрогеохимических исследований питьевых подземных вод. Это связано также с тем, что для большинства нормируемых микрокомпонентов практически отсутствуют рентабельные промышленные технологии водоподготовки [7].

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГИДРОГЕОХИМИЯ

Состояние региональной гидрогеохимии в настоящее время характеризуется относительной изученностью зональности общего химического состава подземных вод гидрогеологических структур

при недостатке данных о распределении в них микрокомпонентов.

Многие микрокомпоненты образуют обширные гидрогеохимические провинции, в пределах которых эти элементы отличаются повышенными по отношению к ПДК концентрациями, что осложняет решение проблемы хозяйственно-питьевого водоснабжения в региональном плане.

На территории России с большим разнообразием состава и состояния почвенно-растительного покрова, рельефа, возраста и литологии горных пород в распространении и химическом составе подземных вод можно выделить пять крупных гид-

рогеохимических провинций [5]: аллювиальные отложения платформенных областей, дающие 60–70% питьевых подземных вод; коренные (дочетвертичные) отложения платформенных артезианских бассейнов, из которых добывается 20–25% питьевых подземных вод; покровные четвертичные флювиогляциальные, пролювиальные и другие отложения, поставляющие 5–10% питьевых подземных вод; области развития многолетнемерзлых горных пород; горно-складчатые области.

Внутри провинций в соответствии с климатом, рельефом, геолого-структурными условиями, возрастом и составом горных пород выделяются гидрогеохимические области и районы, характеризующиеся определенными концентрациями макро- и микрокомпонентов, режимом состава подземных вод в годовом и многолетнем циклах.

Воды аллювиальных отложений характеризуются тесной связью с речными и подземными водами коренных отложений. В них по тектоническим разломам происходит разгрузка глубоких, часто минерализованных вод. Это явление характерно для Волги и ее притоков, рек Сибири и Дальнего востока. В течение годового цикла общая минерализация, содержание макро- и микрокомпонентов могут изменяться в таких водах в 3 и более раз.

Наиболее характерные микрокомпоненты подземных вод аллювия: железо, многообразные органические вещества, NO_3 , NO_2 , NH_4 , нередко уран, марганец и др. Состав и общая минерализация вод аллювия изменяются от верховьев крупных рек к их устью в связи с уменьшением зернистости пород, изменением климата и условий питания.

Коренные девонские, каменноугольные, пермские и мезокайнозойские отложения Русской платформы содержат на глубинах до 250 м питьевые подземные воды, часто обогащенные фтором до 3 мг/л (среднекаменноугольные отложения), стронцием — до 30 мг/л (верхнедевонские и нижнекаменноугольные отложения), бором — до 3 мг/л (пермские отложения Волго-Камского артезианского бассейна), что значительно превышает их ПДК.

В пределах Западно-Сибирской плиты, открытой неогеновыми и палеогеновыми морскими терригенными породами, в питьевых водах часто встречаются в концентрациях выше ПДК железо, марганец, бром, литий, кремний и другие микрокомпоненты. Перечисленные микроэлементы образуют специфические гидрогеохимические области и районы в пределах провинций подземных вод.

Покровные четвертичные отложения содержат питьевые подземные воды, состав и общая минерализация которых отражают климатиче-

ские условия территорий. Их микрокомпонентный состав отличается существенным разнообразием и отражает интенсивность водообмена, генезис и состав водовмещающих пород. Наиболее часто встречаются в питьевых водах железо, марганец, азотные соединения, органические вещества, микрофлора. В южных районах могут встретиться минерализованные воды (до 1.5 г/л) с высоким содержанием сульфатов, хлора, нитратов, стронция, лития и других микроэлементов.

В пределах криолитозоны ресурсы питьевых вод весьма ограничены, они встречаются в аллювии, подозерных таликах, редко — в активных разломах. Воды испытывают в течение года резкие изменения своего состава и общей минерализации — нередко в 10–15 раз и более по отдельным показателям. Гидрогеохимический режим таких вод изучен недостаточно.

В горно-складчатых областях основные ресурсы питьевых подземных вод сосредоточены в конусах выноса и аллювиальных породах. Как правило, они отвечают нормативным требованиям. Нередко в складчатых областях проявляются минеральные подземные воды, в том числе углекислые, азотные с характерными микрокомпонентами — бором, литием, иногда мышьяком, радоном и др.

В последние годы все более широко используются различные электрохимические, фотометрические, атомно-абсорбционные, хроматографические методы определения в питьевых подземных водах редких и рассеянных элементов, в том числе редкоземельных, таких как галлий, германий, иттрий, лантан, церий, самарий, гадолиний и других, определяемых в концентрациях 0.001–0.00001 мг/л. Изучение закономерностей их распространения, форм миграции, взаимосвязей с известными компонентами питьевых вод, нормирование — проблема ближайших лет.

Первоочередные задачи изучения природных гидрогеохимических провинций следующие:

- обоснование их границ в пределах продуктивных водоносных горизонтов;
- оценка пространственной изменчивости концентраций нормируемых показателей во взаимосвязи с изменчивостью интегральных геохимических свойств подземных вод и изменением климатических и гидрогеологических факторов;
- статистическая оценка распространения элементов и вероятности обнаружения их повышенных концентраций в водах;
- картографирование гидрогеохимических провинций на федеральном и территориальном уровнях в различных масштабах.

ГИДРОГЕОХИМИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Процесс формирования химического состава загрязненных подземных вод — не хаотический в отношении создания геохимических ситуаций, а вероятностно-детерминированный, ограниченный определенным числом интегральных геохимических показателей [8]. При этом все разнообразие химического состава загрязненных подземных вод термодинамически обусловлено определенным набором загрязняющих веществ, концентрации и миграционные формы которых также вероятностно-детерминированы.

Геохимический аспект формирования загрязненных подземных вод, выражающийся в увеличении в них концентраций токсичных компонентов, заключается не только в существовании источников загрязнений, но и в их возможности изменять формы существования и миграционную способность химических элементов в водах. На основании этого становится актуальным решение следующего комплекса гидрогеохимических задач по изучению техногенных процессов:

— выделение приоритетных показателей качества подземных вод, типоморфных конкретным видам загрязнений;

— оценка классов опасности загрязнения по следующим критериям: площади загрязнения (локальной, линейной, площадной); интенсивности загрязнения по концентрациям компонентов до 0.5 ПДК, от 0.5 до 1 ПДК, от 1 до 3 ПДК, от 3 до 10 ПДК, >0 ПДК; степени опасности загрязнения по показателям: санитарно-токсикологическим (умеренно опасным, опасным, высокоопасным, чрезвычайно опасным), обобщенным, органолептическим; возможности влияния загрязнения на изменение интегральных показателей химического состава подземных вод и их геохимический облик;

— оценка уровня опасности очага загрязнения с выделением стадий: 1) критического загрязнения, при котором необходима экстренная разработка и реализация инженерных мероприятий по ликвидации (или локализации) очага загрязнения (ликвидация скважин с подземными водами некондиционного качества, барраж некондиционных вод, создание искусственных геохимических или биохимических барьеров на пути миграции загрязненных вод и т.д.), ведение мониторинга качества подземных вод; 2) сильного загрязнения, при котором требуются разработка инженерных мероприятий по локализации очага загрязнения, проведение водоподготовки на участках водозаборов питьевых вод, осуществление мониторинга качества подземных вод; 3) умеренного загрязнения, при котором требуется только мониторинг качества подземных вод.

Выделение классов опасности очагов загрязнения подземных вод целесообразно проводить отдельно для следующих водоносных горизонтов: эксплуатируемого для питьевого водоснабжения, или оцененного как весьма перспективный; малоперспективного для добычи подземных питьевых вод, но гидравлически связанного с продуктивным водоносным горизонтом; не перспективного для централизованной добычи подземных питьевых вод.

Самостоятельный вопрос гидрогеохимии техногенеза — изучение в подземных водах геохимии органических веществ (фенолы, поверхностно-активные вещества, ароматические и полиароматические углеводороды, галогензамещенные углеводороды, пестициды и другие соединения), особенно в связи с тем, что они участвуют в образовании комплексных стойких соединений с микрокомпонентами.

ВЫВОДЫ

Существующая нормативная база для оценки качества питьевых подземных вод должна совершенствоваться с учетом региональных физико-географических, гидрогеологических, гидрогеохимических и геоэкологических особенностей территорий. Необходимо обосновать перечень приоритетных показателей качества вод.

Необходимо продолжить региональное изучение геохимии месторождений пресных подземных вод, в том числе обобщенных показателей их химического состава.

Для многих нормируемых микрокомпонентов-загрязнителей отсутствует рентабельная промышленная технология водоподготовки, на что необходимо обратить серьезное внимание водохозяйственных органов.

Необходимо усилить исследования природных гидрогеохимических провинций и гидрогеохимии техногенеза.

Дальнейшее изучение качества пресных питьевых подземных вод связано с соблюдением требований методики гидрогеохимического опробования водоносных горизонтов [4], внедрением в практику полевых (экспрессных) методов анализа состава вод, совершенствованием химико-аналитической базы гидрогеохимических исследований, что в совокупности обуславливает проведение серьезных организационных технологических и экономических мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.С., Абрамов В.Ю., Голицын М.С., Швец В.М. Анализ требований к качеству подземных вод для водоснабжения // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. "Питьевые подземные воды. Изучение, ис-

- пользование и информационные технологии”. Ч. I. пос. Зеленый (Моск. обл.), 2011. С. 31–40.
2. *Боревский Б.В., Закутин В.П., Плотникова Р.И. и др.* Требования к оценке состава и качества подземных питьевых вод при проведении поисково-разведочных работ и их использовании // Питьевая вода. 2005. № 4. С. 2–8.
 3. *Боревский Б.В., Язвин Л.С.* Стратегия развития ресурсной базы питьевых подземных вод на территории России в XXI веке // Разведка и охрана недр. 2003. №10. С. 2–10.
 4. Временные методические рекомендации по гидрогеохимическому опробованию и химико-аналитическим исследованиям подземных вод (применительно к СанПиН 2.1.4.1074-01) / Составители Закутин В.П., Боревский Л.В. М.: ГИДЭК, 2002. 63 с.
 5. *Голицын М.С.* Проблема оценки качества, экологического значения и использования питьевых подземных вод России // Разведка и охрана недр. 2010. № 7. С. 72–73.
 6. ГОСТ 2761–84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. М.: Стандарт–информ, 2006.
 7. Каталог–справочник по технологиям и технологическому оборудованию для очистки природных вод, доочистки водопроводной воды и приготовления питьевой воды. М.: Совинтервод, 2000. 182 с.; 2004. №1. 182 с.
 8. *Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М.* Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2004. 677 с.
 9. *Крайнов С.Р., Швец В.М.* Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. М.: Недра, 1987. 237 с.
 10. Рекомендации по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу материалов подсчета эксплуатационных запасов питьевых, технических и лечебных минеральных подземных вод. М., 1998. 43 с.