

Д.С. Покровский, Е.М. Дутова, А.А. Балобаненко, В.Д. Покровский, А.Ф. Рехтин

ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ЮГА СИБИРСКОГО РЕГИОНА

Рассматриваются состояние водоснабжения населения, обеспеченность водными ресурсами, запасами и сооружениями систем водоснабжения. Основным недостатком технического оснащения и режимов эксплуатации систем водоснабжения, особенно в населенных пунктах сельской местности, является низкая обеспеченность системами водоподготовки. Приводится характеристика состава подземных вод, предлагаются рекомендации по методам и набору сооружений водоподготовки, учитывающих разнообразие качества подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения региона.

Ключевые слова: водоснабжение населения; водные ресурсы; качество подземных вод; водоподготовка.

Введение

Обеспечение населения чистой питьевой водой является одной из составных частей концепции устойчивого развития, под которым понимается обеспечение сбалансированного решения социально-экономических задач и задач сохранения природно-ресурсного потенциала окружающей среды. В течение многих лет мы занимались вопросами гидрогеологии Алтае-Саянской складчатой области и ее платформенного обрамления, принимали активное участие в разработке региональных программ по обеспечению питьевой водой населения Томской области и Республики Хакасия. Некоторые результаты, основанные на материалах собственных исследований [1–6], фондовых источников, публикаций [7–9 и др.] и сведений, собранных при разработке указанных программ, в самом общем виде рассмотрены в рамках данной статьи.

Особенности геоэкологических условий

Территория региона, административно совпадающая с югом Сибирского Федерального округа (Томская, Кемеровская, Новосибирская области, республики Хакасия, Алтай, Тыва, юг Красноярского края, Алтайский край) и расположенная в пределах Алтае-Саянской складчатой области и прилегающих пространств Западно-Сибирской плиты, характеризуется исключительным разнообразием природных ландшафтно-климатических, геолого-структурных и гидрогеологических условий, определяющих особенности хозяйственной деятельности и общей социально-экономической и экологической обстановки.

Горноскладчатая часть региона представляет собой систему глубоко эродированных хребтов Горного Алтая, Кузнецкого Алатау, Западного и Восточного Саянов, Тану-Ола и Сангилены, между которыми располагаются Кузнецкая, Минусинские, Рыбинская, Тывинские и ряд других, более мелких межгорных впадин. В пределах хребтов преобладает среднегорный рельеф, на юге развиты участки высокогорья. В северном и северо-западном направлениях горные массивы последовательно сменяются низкогорным рельефом, а затем всхолмленными возвышенностями, характерными для Салаира и Колывань-Томской складчатой зоны, и, наконец, пространствами Западно-Сибирской равнины.

Климат региона резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха изменяется от $+0,6^{\circ}\text{C}$ на юго-западе до $-3,5^{\circ}\text{C}$ на северо-востоке и $-5-6^{\circ}\text{C}$ в высокогорных районах. Годовое количество осадков большей части территории составляет 400–500 мм, что при малых величинах испарения обеспечивает избыточное увлажнение. В степных районах (Алтайский край, Новосибирская область) и внутренних частях межгорных котловин количество осадков уменьшается до 200–250 мм, а условия близки к полупустынным. Осадки до 1 000–1 100 мм и более отмечены на горных склонах Кузнецкого Алатау, перехватывающих влагу западных воздушных течений.

Густота речной сети, принадлежащей бассейнам Оби и Енисея, в горных районах достигает $0,7-0,8 \text{ км/км}^2$, в таежных районах Западной Сибири составляет $0,35-0,40 \text{ км/км}^2$, а в бессточных котловинах, таких как Кулундинская и Барабинская, и внутренних степных частях межгорных впадин снижается до $0,1 \text{ км/км}^2$ и менее. Среднегодовые модули стока в засушливых районах котловин составляют от 0,7 до 2,7, в горных районах могут достигать более $25 \text{ л/(с} \cdot \text{км}^2\text{)}$. Широко развиты озера, а в таежной зоне Западной Сибири – болота, создающие мощный демпфирующий эффект в регулировании режима стока и обеспечивающие особый тип грунтового-болотного питания рек.

Распределение населения региона неравномерно (табл. 1). При низкой плотности населения в республиках Тыва и Алтай, в горных районах Красноярского края, Кемеровской области и Республики Хакасия, а также в таежных пространствах Томской и Новосибирской областей подавляющая его масса сосредоточена на ограниченных площадях. Таковы мощные промышленно-селитебные Кемеровская и Новокузнецкая агломерации в Кузбассе, Новосибирская в Новосибирской области и Абакан-Черногорская – в Республике Хакасия. Менее напряженная, но имеющая собственную специфику обстановка характерна для южных районов Томской области.

Техногенная нагрузка обусловлена различными видами хозяйственной деятельности. Основное воздействие на окружающую, в том числе и на геологическую, среду оказывают разработка месторождений полезных ископаемых, сельскохозяйственная деятельность, комплексное техногенное влияние различных производств в пределах урбанизированных территорий, объекты энергетики, особенно атомной.

Неоднородность геоэкологических и гидрогеологических условий, неравномерность распределения населения, специфика хозяйственной деятельности каждого из субъектов Федерации и, как следствие, особенности техногенной нагрузки требуют повышенного внимания при использовании водных ресурсов в целях устойчивого жизнеобеспечения территорий, в том числе и для организации надежного экологически безопасного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Организация водоснабжения населения

Более 70% населения (от 25% в Республике Алтай до 87% в Кемеровской области) сосредоточено в городских населенных пунктах, среди которых 88 городов различного уровня подчинения и 119 поселков городского типа. Сельское население проживает в селах, объединенных в 1 996 сельских администраций. Только 24 населенных пункта, согласно СНиП 2.04.02–84, от-

носятся к I категории надежности подачи воды (число жителей более 50 тыс. человек). Подавляющее большинство составляют малые населенные пункты, что создает определенные сложности в обеспечении населения надежными источниками водоснабжения.

Считается, что страна или регион периодически будут испытывать дискомфорт, если удельная обеспеченность населения составляет менее 1,7 тыс. м³ в год на 1 человека. В рассматриваемом регионе только речной сток даже в пределах наиболее урбанизированной и, следовательно, располагающей относительно малыми удельными водными ресурсами Кемеровской области обеспечивает не менее 15 тыс. м³ воды в год на каждого жителя (табл. 1). Ресурсы пресных подземных вод составляют от 2,1 до 68,6 тыс. м³/год на 1 человека. Таким образом, по природным условиям регион в целом хорошо обеспечен водными ресурсами, однако это благополучие относительное. Ресурсы далеко не всегда присутствуют там, где они нужны конкретному потребителю.

Т а б л и ц а 1

Некоторые показатели обеспеченности населения водными ресурсами¹

Субъект Федерации	Площадь, тыс. км ²	Население		Ресурсы, не менее тыс. м ³ / год на 1 чел.		Месторождения подземных вод		Удельный отбор, л/сут на 1 чел.					
		Количество, тыс. чел.	Плотность, чел./км ²	Поверхностных вод	Подземных вод	Количество, шт.	Разведанные запасы, м ³ /сут на 1 чел.	2002 г.			2012 г.		
								Всего	Из поверхностных источников	Из подземных источников	Всего	Из поверхностных источников	Из подземных источников
Томская область	314	1064	3,4	50	36,4	25	0,81	242	–	242	145	–	145
Кемеровская область	96	2743	28,6	15	2,8	46	0,67	486	305	181	235	170	65
Республика Хакасия	62	533	8,7	25	28,3	22	0,88	287	9	278	161	10	151
Республика Алтай	93	210	2,3	95	35,3	4	1,00	93	21,1	72	59	10	49
Новосибирская область	178	2710	15,2	15	2,1	43	0,43	401	208	193	264	166	98
Республика Тыва	169	311	1,8	80	68,6	3	0,65	227	3	224	81	1	80
Красноярский край (юг)	143	858	6,0	50	19,5	17	0,86	201	–	201	131	23	108
Алтайский край	168	2399	14,3	15	4,9	112	0,80	380	24	356	210	113	97

¹ Население и площадь субъектов РФ (2012 г.) приведены по данным [10]. Ресурсы и водоотбор – по материалам [11].

Для водоснабжения используются поверхностные и подземные воды. Вариант использования поверхностных вод для хозяйственно-питьевых целей нельзя считать удовлетворительным в связи с уже существующим их загрязнением (Томь, Иня и др.) и полной незащищенностью от потенциальных катастроф, примеры которых широко известны как в России, так и за рубежом (Чернобыль, прорыв вод, содержащих цианиды, в бассейне Дуная и др.). Тем не менее в Новосибирской и Кемеровской областях поверхностные воды широко используются для водоснабжения населения. В большинстве городов водоснабжение базируется на совместной эксплуатации поверхностных и подземных источников, однако в наиболее крупных из них доля поверхностных вод достигает 80%. В Республике Алтай и Алтайском крае поверхностные воды для питьевых нужд используются в меньшей мере, а в Томской области не используются вовсе.

Доля подземных вод в общем водопотреблении составляет от 39–70 (Новосибирская и Кемеровская области) до 98–100% (Республика Хакасия, Томская область). Активно эксплуатируются горизонты стратифицированных отложений широкого возрастного диапазона и различного литологического состава: от закарстованных известняков рифея и венда до современных аллювиальных гравийно-галечниковых образований. Для организации централизованного водоснабжения крупных потребителей стратегическое значение на территории Западно-Сибирского артезианского бассейна (Томская, Новосибирская области, Алтайский край) имеют водоносные комплексы палеогеновых, меловых и, в меньшей мере, неоген-четвертичных отложений, на территории Алтае-Саянской гидрогеологической складчатой области – комплексы аллювиальных четвертичных отложений крупных речных долин (юг Красноярского края, Республика Хакасия, Кемеровская область) и нео-

ген-четвертичных отложений межгорных впадин (республики Алтай, Тыва).

На территории региона разведано около 400 месторождений пресных подземных вод с запасами около 8,5 млн м³/сут, что составляет, в среднем, 760 л/сут на 1 человека. Наиболее полно разведаны подземные воды в Кемеровской области, где, несмотря на низкую удельную обеспеченность разведанными запасами, доказана принципиальная возможность удовлетворения нужд основной массы населения, в том числе и сельского. С различной степенью детальности, но, в целом, гораздо хуже изучены подземные воды в Томской области и в Республике Хакасия (например, в Республике Хакасия разведанные запасы даже наиболее хорошо изученного комплекса аллювиальных отложений составляют не более 10% от потенциальных). Высокие средние значения удельной обеспеченности связаны с тем, что основная доля разведанных запасов приходится на крупные единичные месторождения, такие как Томское и Черногорское, обеспечивающие нужды административных центров. Эти месторождения, уникальные по запасам, являются в то же время типичными представителями, характерными для основных гидрогеологических структур. Первое из них с разведанными и утвержденными ранее эксплуатационными запасами подземных вод до 500 тыс. м³/сут расположено в пределах Обь-Томского междуречья и относится к месторождениям платформенного типа, второе является представителем месторождений в речных долинах (долина р. Абакан), а его эксплуатационные запасы были утверждены в сумме 287,7 тыс. м³/сут.

Доля крупных месторождений среди разведанных в Алтае-Саянской складчатой области не превышает 2%. Основную часть составляют месторождения, приуроченные к трещинным и трещинно-карстовым коллекторам. Для них характерны сложные и очень сложные гидрогеологические условия, сравнительно небольшие размеры, высокая неоднородность фильтрационных свойств водовмещающих пород и нередкая неопределенность как обеспеченности, так и самих источников формирования ресурсов подземных вод.

Более 100 месторождений с общими запасами порядка 1 400 тыс. м³/сут (около половины запасов, разведанных в регионе) не эксплуатируются по различным причинам – от ухудшения качества воды (Сорское, Каландасское и др.) и отсутствия предприятия, для которого оценивалось месторождение (Аскизское), до прекращения финансирования и полного отказа от уже начатого строительства водопроводов, в том числе и групповых (Ширинское). Среди неосвоенных – как мелкие, так и крупные месторождения, такие, например, как Кемеровская группа месторождений, где отдельные из них имеют запасы, превышающие 100 тыс. м³/сут. В Томской области не эксплуатируются 12 достаточно крупных месторождений с общими утвержденными ранее запасами более 280 тыс. м³/сут.

Суммарный общий отбор подземных вод составляет более 2 700 тыс. м³/сут. В эту цифру не входит расход воды, отбираемой индивидуальными источниками водоснабжения, которыми пользуется некоторая часть населения даже в наиболее крупных городах. В сельской местности эта часть может быть весьма суще-

ственна в связи с недостаточным развитием водопроводных сетей. Кроме того, в ряде малых населенных пунктов вообще нет коммунального водоснабжения.

Среднее удельное водопотребление в Томской области и Республике Хакасия близко к среднему российскому, в Кемеровской, Новосибирской областях и Алтайском крае превышает его, в Республике Алтай – намного ниже. Для сравнения: водопотребление, имеющее выраженную тенденцию к снижению, не превышает в Японии и Швеции 200–215 л/сут, а в Германии составляет 120 л/сут на 1 человека.

Городское население в Республике Хакасия, согласно официальной отчетности, потребляет 222, в Томской области 169, в Кемеровской – 175 л/сут воды на человека. Диапазон величин удельного водопотребления по отдельным городским населенным пунктам очень широк. Их значения колеблются от 47–107 (пгт. Усть-Абакан, гг. Юрга, Колпашево и др.) до 266–380 (гг. Стрежевой, Абаза, Саяногорск) и даже 585 л/сут (г. Сосновоборск). Максимальное водопотребление принадлежит городам, расходующим большие объемы воды на производственные нужды. В сельской местности колебания средних величин в отдельных районах составляют от 22 до 304 л/сут. Наиболее велики они в степной и лесостепной полуаридных зонах, причем на хозяйственно-питьевые цели расходуется 46–53% потребляемой воды. Минимальные значения относятся преимущественно к гумидной зоне, а доля хозяйственно-питьевого водоснабжения возрастает до 72–76%.

Возникает парадокс: водопотребление максимально там, где воды мало, минимально там, где она есть. По нашему мнению, это связано с тем, что в засушливых районах обеспечение населения базируется в подавляющей своей массе на эксплуатации коммунальных систем водоснабжения, на которых существует учет отбираемой воды. Малые же значения показателей, характерные для гумидной зоны, объясняются не недостатком воды, а отсутствием настоятельной, жизненно необходимой потребности в коммунальных водозаборных сооружениях и, соответственно, самих сооружений и учета водопотребления.

Проведенный анализ тенденций развития водоснабжения свидетельствует о выраженном в последние десятилетия снижении объемов водопотребления. Среди причин следует указать общий упадок экономики предприятий и агропромышленного комплекса (1990-е гг.), и наметившееся в последнее время упорядочение системы учета водопотребления. Вместе с тем снижение общего водоотбора даже в тех районах, где статистические показатели водопотребления имеют низкие значения, позволяет утверждать, что острого дефицита воды на подавляющей части территории нет – население, в среднем, отбирает столько воды, сколько ему требуется и сколько позволяет техническое оснащение систем водоснабжения.

Современный облик систем водоснабжения в значительной мере отражает тенденции, существовавшие в эпохи индустриализации, территориально-промышленных комплексов и освоения целинных земель, когда основным принципом развития экономики было создание градоформирующих объектов (Кузнецкий металлургический, Сибирский химический, Сорский молибденовый комбинаты, Саянский алюминиевый завод и

др.), а социальная сфера финансировалась по остаточной схеме. В целом современный уровень централизации и технического оформления систем водоснабжения все еще в значительной мере определяется статусом населенных пунктов и финансовым положением градоформирующих предприятий.

Централизованные системы водоснабжения, имеющие практически весь набор необходимых сооружений, реализованы в крупных административных и промышленных центрах. В поселках городского типа системы водоснабжения наиболее часто организованы по следующей схеме: локальный водозабор с насосными станциями I подъема (обычно погружные насосы ЭЦВ) – напорно-регулирующая емкость – разводящая водопроводная сеть (кольцевая или тупиковая), оборудованная вводами в дома и водоразборными колонками. Реже используются децентрализованные системы (водозабор – башня, сети отсутствуют) и системы с несколькими водозаборами, работающими на общую кольцевую сеть. Используются как групповые водозаборы (от 2 до 17 скважин), так и одиночные скважины. В отдельных поселках используются и шахтные колодцы.

В сельской местности централизованными системами (один или несколько водозаборов и разводящие сети) обеспечено ориентировочно 45–50% населенных пунктов и населения, децентрализованными системами общего пользования – третья часть, а только автономными системами – около 20% населенных мест (малые населенные пункты, имеющие первые десятки, иногда до 200–300 жителей). Такие населенные пункты есть в каждом административном подразделении, но в степных районах они единичны, в то время как в горных составляют 25%, а иногда до 60% населенных мест. Основными водозаборными сооружениями коммунальных систем водоснабжения являются скважины. Глубина скважин изменяется от 14 до 200 м, около 60% имеют глубину 50–100 м. Значительная часть скважин имеет срок эксплуатации, близкий к предельному. В Республике Хакасия, например, 80% скважин эксплуатируется более 20 лет, а многие из них пройдены еще до 1975 г. Особую тревогу вызывает состояние водопроводных сетей. Их предельная изношенность в ряде крупных городских населенных пунктов (гг. Абакан, Черногорск, Новокузнецк и др.) при все еще совершенно недостаточных объемах реновационных работ дает основание считать реальной угрозой возникновения аварийных ситуаций. В ряде сельских населенных мест сети отсутствуют, а там, где имеются, их износ нередко достигает 80–90%.

Анализ состава, технического оснащения и режима эксплуатации систем водоснабжения в малых и средних населенных пунктах позволяет сделать вывод, что самым существенным их недостатком является практически полное, особенно в сельской местности, отсутствие сооружений для очистки воды. Низкая обеспеченность станциями водоподготовки объясняется не только финансовыми сложностями, но и недостатком информации о современных технологиях и технических средствах и отсутствием хорошо проработанных и адаптированных к местным условиям проектов устано-

вок небольшой производительности для сельских маломощных водозаборов.

Качество вод и технологии водоподготовки

Воды, приуроченные к верхней части гидрогеологического разреза и используемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, разнообразны по ионно-солевому составу, величине общей минерализации, отдельным гидрогеохимическим показателям, изменчивость которых подчиняется известным закономерностям гидрогеохимической зональности: высотной в пределах Алтае-Саянской складчатой области и широтной на территории Западно-Сибирской плиты. Многообразие состава и качества подземных вод Алтае-Саянской складчатой области практически полностью отражается в табл. 2.

В пределах гипсометрически приподнятых гидрогеологических массивов, в условиях избыточного увлажнения формируются и, соответственно, используются для водоснабжения преимущественно гидрокарбонатные воды. Общая минерализация вод изменяется от 125 до 917 мг/дм³, составляя в среднем 393 мг/дм³.

Минимальные значения минерализации характерны для вод гранитоидов и кембрийских известняков, максимальные – для вод девонских отложений. По катионному составу воды магниево-кальциевые в гранитоидных интрузиях и более сложные – в палеозойских и протерозойских породах. В подземных водах пород девонского возраста возрастают содержания сульфатов, а среди катионов, наряду с кальцием, присутствует натрий. По общей жесткости воды горной части преимущественно умеренно жесткие, реже мягкие. Повышенные ее значения отмечены в девонских, кембрийских и рифейских породах, где доля водозаборов с водами, некондиционными по этому показателю, составляет 15–25%. Значительно чаще встречаются воды с некондиционными показателями по железу, а его содержания в отдельных случаях достигают десятков ПДК.

По мере перехода от горной части к степной, т.е. к структурам межгорных бассейнов, уменьшается интенсивность водообмена, а воды становятся значительно более минерализованными и обогащенными как макро-, так и микрокомпонентами. Для подземных вод каменноугольных и пермских отложений характерны пестрота химического состава и минерализации, высокая встречаемость вод, некондиционных по ряду нормируемых показателей. В породах девонского возраста воды часто становятся сульфатно-гидрокарбонатными и даже гидрокарбонатно-сульфатными, а минерализация превышает 1 г/дм³. В красноцветных разностях пород отмечаются сульфатный и хлоридный составы и наиболее высокая, до 5 г/дм³ и более, минерализация подземных вод. Воды кембрийских и рифейских отложений, а также палеозойских интрузивных пород пресные гидрокарбонатные кальциевые, иногда натриевые и магниевые. Сухой остаток изменяется от 0,15 до 0,7 г/дм³ при средних значениях 0,32–0,52 г/дм³.

**Типизация состава и качества природных вод, использующихся для водоснабжения населения
центральной части Алтае-Саянской складчатой области**

Классы и подклассы по минерализации		Типы и подтипы по ионному составу*			Осложняющие компоненты						Технологии водоподготовки (индексы схем см. в табл. 3)	Ландшафтно-климатические условия и водоносные комплексы			
					Минерализация	Хлор-, сульфат-ионы	Общая жесткость	Железо, марганец	Азотистые соединения	Органика (нефтепродукты)					
Пресные		HCO ₃	Ca									9–10	четвертичных отложений и поверхностных вод таежных и степных поясов		
Ультрапресные (М<0,2 г/дм ³)	Умереннопресные (М 0,2–0,5 г/дм ³)			(Mg)	(N a)										кембрийских отложений горно-таежного пояса
															палеозойских интрузий горно-таежного пояса
										+				1–3	кембрийских образований подтаежного пояса
				(Mg)						+				1–3	рифейских образований подтаежного пояса
					(N a)					+				1–3	палеозойских интрузий подтаежного пояса
				Mg	(N a)					+				1–3	девонских отложений подтаежного пояса
										+	+	+	9–10	четвертичных отложений таежных и степных поясов	
						(Na)					+				1–3
Пресные	Собственнопресные (М 0,5–1,0 г/дм ³)	HCO ₃	Ca			(Na)						5			
		HCO ₃ -(SO ₄)		(Mg)	(N a)							5	кембрийских и рифейских образований лесостепного пояса		
													палеозойских интрузий лесостепного пояса		
										+	+		5	девонских отложений подтаежного пояса	
										+	+	+	6	девонских отложений лесостепного пояса	
		(Na)		(Mg)					+		+	+	4+9	четвертичных отложений лесостепного пояса	
		Na		(Ca)	(Mg)					+		+	+	4+9	каменноугольных отложений лесостепного пояса
				(Mg)								+	+	9–10	четвертичных, каменноугольных и девонских отложений лесостепного и степного поясов
				Mg				+	+	+		+	+	8	каменноугольных отложений степного пояса
		Солоноватые		Слабосоленоватые (М 1–3 г/дм ³)	SO ₄ -HCO ₃ -Cl	Ca	Mg	Na	+	+	+			+	+
Ca	Mg		+				+	+				+	+	8	четвертичных отложений степного пояса
Na	Ca		Mg			+	+	+				+	+	8	каменноугольных отложений степного пояса
						+	+	+			+	+	8		
Умеренносоленоватые (М 3–10 г/дм ³)	SO ₄		Na				+	+	+			+	+	8	
	HCO ₃ -Cl-SO ₄						+		+			+	+	7	
	Cl-SO ₄			Ca		+	+	+				+	+	8	
	Cl-HCO ₃ -SO ₄			Mg	Na	Ca	+		+			+	+	7	

* В скобках указаны ионы, присутствие которых возможно на уровне, определяющем классификационный тип вод.

Воды комплекса четвертичных аллювиальных отложений пресные, гидрокарбонатные с различным катионным составом, нейтральные и слабощелочные, мягкие и умеренно жесткие. Минерализация в сред-

нем составляет около 500 мг/дм³. В долинах крупных рек она редко достигает средней величины, а непосредственно в береговой полосе на участках расположения инфильтрационных водозаборов зачастую со-

ставляет 110–130 мг/дм³, т.е. близка к речным водам, доля которых в отбираемом водозабором расходе может достигать 80–90% и более. На участках, удаленных от поверхностных водотоков, встречаются подземные воды, имеющие повышенные минерализацию, жесткость, содержания сульфатов, хлоридов, магния и натрия. Подобные аномалии связаны с разгрузкой более минерализованных подземных вод подстилающих коренных отложений, усиленной работой водозаборных сооружений.

При улучшении качества воды, с позиций экологической безопасности, предпочтение следует отдавать безреагентным способам, базирующимся на естественно-природных процессах выведения элементов из растворов, и, как вынужденную меру, для снижения жесткости и солесодержания использовать реагентные и ионообменные методы. Выбор технологических схем водоподготовки и обоснование назначения и состава сооружений целесообразно осуществлять с учетом рекомендаций табл. 3.

В пределах Западно-Сибирского бассейна, в соответствии с общими закономерностями широтной гидрогеохимической зональности, в обстановках степи и лесостепи формируются минерализованные подземные воды сложного состава, а более пресные, гидрокарбонатные – в подзоне средней заболоченной тайги. Особенно четко это проявляется в изменчивости параметров химического состава подземных вод комплексов неоген-четвертичных и палеогеновых отложений, находящихся в зоне интенсивного водообмена и потому представляющих собой наиболее динамичную систему, чутко реагирующую на внешнее воздей-

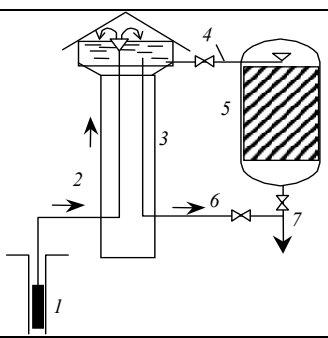
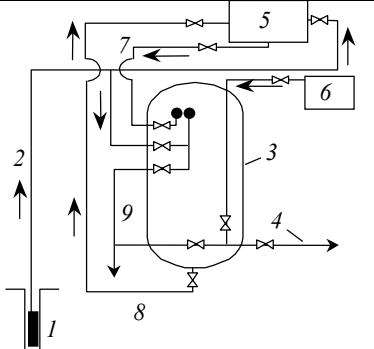
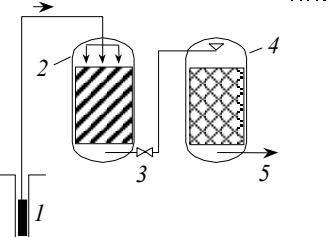
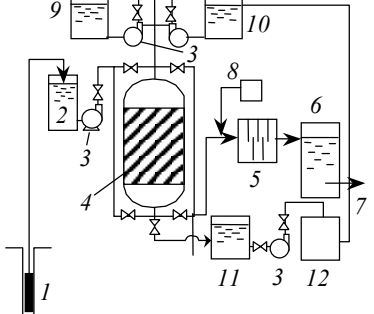
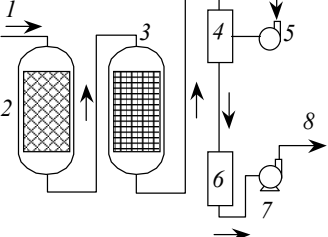
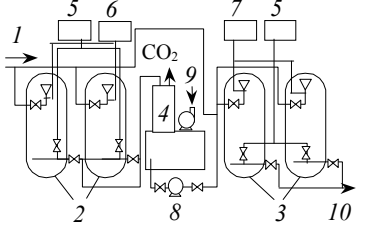
ствие как естественно-природного, так и антропогенного происхождения. На территориях с типично степными условиями (Кулундинские, Барабинские степи) развиты сульфатно-гидрокарбонатные, хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридные подземные воды, как и в степях межгорных впадин, требующие корректировки по содержаниям сульфатов, хлоридов, натрия, азотистых соединений, жесткости, минерализации. По мере перехода к подтайге и средней тайге воды сменяются гидрокарбонатными пресными, умеренно пресными и ультрапресными, а наиболее актуальными вопросами водоподготовки на севере, как, например, в Томской области, становятся удаление железа, марганца и органических веществ. Осложняют обстановку нефтепродукты и соединения азота, существенное влияние оказывает антропогенное загрязнение, иногда вплоть до появления на локальных участках вод, не встречающиеся в естественных условиях, например нитратно-хлоридных с общей минерализацией до 0,8–1,0 г/дм³, содержанием нитратов до 160 и хлоридов до 342 мг/дм³.

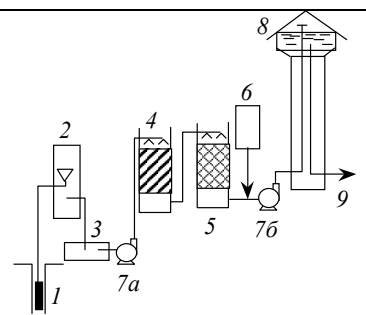
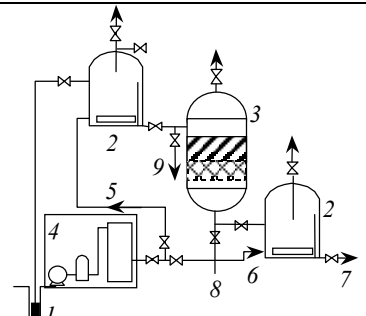
При сравнении закономерностей изменчивости химического состава подземных вод в пределах территорий с различными ландшафтными условиями становится очевидным, что количество проблемных вопросов, подлежащих решению при доведении качества природных вод до кондиций, отвечающих водам хозяйственно-питьевого назначения, возрастает с ростом минерализации исходной воды. Это вполне естественно, так как с ростом минерализации возрастают содержания компонентов, подлежащих удалению.

Т а б л и ц а 3

Методы водоподготовки

Метод водоподготовки	Схема водоподготовки	Назначение и состав сооружений	Индекс схемы
Упрощенная аэрация, фильтрование на открытых фильтрах		Очистка от Fe ²⁺ , Mn ²⁺ : 1 – скважина; 2 – аэратор; 3 – зернистый фильтр; 4 – узел обеззараживания; 5 – насос подачи воды в водонапорную башню; 6 – башня; 7 – подача воды потребителю	1
Аэрация, фильтрование на напорных фильтрах		Очистка от Fe ²⁺ и Mn ²⁺ : 1 – водозаборная скважина; 2 – зернистый фильтр; 3 – компрессор; 4 – узел обеззараживания; 5 – водонапорная башня; 6 – подача воды потребителю	2

Метод водоподготовки	Схема водоподготовки	Назначение и состав сооружений	Индекс схемы
Упрощенная аэрация, фильтрование		Очистка от Fe^{2+} , Mn^{2+} , H_2S , CO_2 , NH_4 : 1 – скважина; 2 – подача воды на аэрацию в водонапорную башню; 3 – башня; 4 – подача воды на фильтр; 5 – зернистый фильтр; 6 – подача воды на промывку; 7 – подача воды потребителю	3
Одноступенчатое Na-катионирование		Умягчение: 1 – скважина; 2 – подача воды на фильтр; 3 – Na-катионитовый фильтр; 4 – подача умягченной воды потребителю; 5 – бак с раствором поваренной соли; 6 – бак с частично умягченной водой для взрыхления катионита; 7 – подача раствора поваренной соли; 8 – дренажная вода; 9 – отмывочная вода	4
Упрощенная аэрация и двухступенчатое фильтрование		Очистка воды от Fe^{2+} , Mn^{2+} , CO_2 , солей жесткости (умягчение): 1 – скважина; 2 – зернистый фильтр; 3 – подача осветленной воды на фильтр умягчения; 4 – фильтр умягчения с кремний-фосфатной загрузкой; 5 – подача воды потребителю	5
Упрощенная аэрация, фильтрование, ионно-обменное умягчение		Очистка от Fe^{2+} , Mn^{2+} , H_2S , CO_2 , NH_4 , умягчение на сорбционно-обменных фильтрах: 1 – скважина; 2 – блок аэрации воды; 3 – насос; 4 – сорбционно-обменный фильтр (клинтоптитолит); 5 – смеситель; 6 – РЧВ; 7 – подача воды потребителю; 8 – узел обеззараживания; 9 и 10 – баки хранения и восстановления регенерационного раствора; 11 – бак мокрого хранения соли; 12 – электролизер	6
Ионный обмен		Умягчение с обессоливанием: 1 – подача воды; 2 – водород-катионитовый фильтр; 3 – анионитовый фильтр; 4 – декарбонизатор; 5 – вентилятор; 6 – бак декарбонизированной воды; 7 – насос; 8 – обессоленная вода	7
H – Na-катионирование		Обессоливание: 1 – исходная вода; 2 и 3 – водород- и натрий-катионитовые фильтры соответственно; 4 – дегазатор; 5 – баки с водой для взрыхления катионита; 6 – бак раствора кислоты; 7 – бак раствора соли; 8 – насос; 9 – вентилятор; 10 – подача воды потребителю	8

Метод водоподготовки	Схема водоподготовки	Назначение и состав сооружений	Индекс схемы
Аэрация, фильтрование, сорбция		Очистка от Fe^{2+} , CO_2 , фенолов, нефтепродуктов: 1 – скважина; 2 – аэратор-дегазатор; 3 – отстойник; 4 – зернистый фильтр; 5 – сорбционный фильтр; 6 – узел обеззараживания; 7 – насосы подачи воды на фильтры (а), на башню (б); 8 – башня; 9 – подача воды потребителю	9
Окисление озоном, фильтрование, сорбция		Очистка от Fe^{2+} , Mn^{2+} , H_2S , CO_2 , органических веществ, NH_3 : 1 – скважина; 2 – контактная камера; 3 – двухсекционный фильтр. Загрузка – глауконитовый песок, аминолигнин; 4 – подача озона; 5 – подача озона на доочистку и обеззараживание; 6 – подача воды потребителю; 7 – подача воды (регенерация); 8 – отвод отмывочной воды	10

Заключение

Комплексный анализ современного состояния водоснабжения, природных ландшафтно-климатических, геолого-структурных и гидрогеологических условий, демографической и социально-экономической обстановки, хозяйственной деятельности и связанной с ней

техногенной нагрузки показывает, что регион, за исключением территорий промышленно-селитебных агломераций и интенсивной разработки месторождений полезных ископаемых, не испытывает дефицита водных ресурсов, а основные проблемы связаны с широким распространением вод, некондиционных по качеству уже в природных условиях, и недостаточным развитием систем водоснабжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Кузеванов К.И. и др. Обеспечение населения Республики Хакасия питьевой водой. Комплексная целевая программа. Абакан, 1999. 118 с.
2. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Булатов А.А., Кузеванов К.И. Подземные воды Республики Хакасия и водоснабжение населения / под ред. Д.С. Покровского. Томск : Изд-во НТЛ, 2001. 300 с. : ил.
3. Покровский Д.С., Макушин Ю.В., Дутова Е.М., Рогов Г.М. Проблемы водоснабжения населения Томской области // Вестник ТГАСУ. 2001. № 1. С. 154–165.
4. Рогов Г.М., Покровский Д.С., Дутова Е.М. Некоторые проблемы водоподготовки на водозаборах из подземных источников // Известия вузов. Строительство. 1993. № 9. С. 98–102.
5. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Вологодина И.В. Гидрогеохимические среды и минеральные новообразования Томского водозабора из подземных источников // Известия вузов. Строительство. 2010. № 11, 12. С. 54–61.
6. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Рогов Г.М. Качество природных питьевых вод и технологии водоподготовки в условиях юга Сибирского региона : учеб. пособие. Томск : Изд. ТГАСУ, 2006. 96 с.
7. Порядин А.Ф. Развитие водоснабжения в России. М. : Издательский дом НП, 2003. 96 с.
8. Ресурсы пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна / сост. И.М. Земскова, Ю.К. Смоленцев, М.П. Полканов и др. ; редкол. Е.В. Пиннекер (отв. ред.) и др. М. : Недра, 1991. 262 с.
9. Территориальная комплексная программа охраны окружающей среды Кемеровской области до 2005 года. Кемерово, 1993. Т. 1–3. 200 с.
10. Егоров Б.А., Балобаненко А.А. и др. Информационный бюллетень о состоянии недр Сибирского федерального округа за 2012 год. Вып. 9. ОАО «Томскгеомониторинг», 2013.
11. Население субъектов РФ, входящих в Сибирский федеральный округ : стат. сб. Чита : Забайкалкрайстат, 2013. 47 с.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 24 апреля 2014 г.

HYDROGEOECOLOGICAL CONDITION OF THE WATER SUPPLY OF THE POPULATION OF THE SOUTH OF SIBERIA

Tomsk State University Journal. No. 384 (2014), 189–197. DOI: 10.17223/15617793/384/33

Pokrovsky Dmitry S. Tomsk State University of Architecture and Building (Tomsk, Russian Federation). E-mail: dsp@sibmail.com

Dutova Ekaterina M. Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: dutova@sibmail.com

Balobanenko Andrey A. Tomskgeomonitring (Tomsk, Russian Federation). E-mail: tgm@tgm.ru

Pokrovsky Vitaliy D. Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: vdp@tpu.ru

Rekhtin Anatoliy F. Tomsk State University of Architecture and Building (Tomsk, Russian Federation). E-mail: canc@tsuab.ru

Keywords: water supply; water resources; underground water quality; water treatment facilities.

Public water supply, availability of water resources, inventory and facilities of Siberian region water supply systems are considered. The diversity of natural landscape and climatic geological and hydrogeological conditions of the structural features defines economic activity and general socio-economic and environmental situation in the region. Groundwater is noticed to be the main source of water. The surface sources play a significant role in water supply in big cities (Novosibirsk, Kemerovo, Barnaul). Aquifer systems of Paleocene, Cretaceous deposits and in a less degree Neocene-Quaternary deposits have a strategic significance for the centralized water supply development on the territory of the West Siberian artesian basin (Tomsk and Novosibirsk Oblasts, Altai Krai). Quaternary deposit alluvial complexes of large river valleys are important for the centralized water supply on the Altai-Sayan hydrogeological folded area (south of Krasnoyarsk Krai, Republic of Khakassia, Kemerovo Oblast), and Neocene-Quaternary deposits of intermountain basins are significant for the centralized water supply in the Republics of Altai and Tuva. With the total high level of water resource of the region, the water supply condition does not meet modern requirements. The analysis of the composition, equipment and operational mode of water supply systems in the settlements draws the conclusion that the most essential fault is the low provision of water treatment systems, especially in rural areas. Reasons for this situation cannot be explained by only financial difficulties, but also they depend on the lack of information about modern technologies and technical means and the lack of well-developed and locally adapted projects of small plants for the rural low-power performance intakes. The characteristic of the composition and quality of groundwater used for water supply is presented. The variability of ion-salt composition, the value of total salinity, the water quality are noticed to be governed by the altitudinal zonality within the Altai-Sayan folded area and they are controlled by the latitudinal zonality in the West Siberian plate. Comparison of the groundwater chemical composition regularities within the territories with different landscape conditions shows that the number of topical issues to be addressed by adjusting the natural water quality up to the quality of drinking water increases with the salinity increase of water. Guidance is provided on types of water treatment buildings which consider the diversity of groundwater composition for the utility and drinking water supply of the population in the region. While improving the quality of water from the standpoint of environmental safety, it is recommended to give preference to non-reagent methods based on natural processes of elements removal from solutions, and as an emergency measure to reduce stiffness and salinity it is recommended to use reagent and ion exchange methods.

REFERENCES

1. Pokrovskiy D.S., Dutova E.M., Kuzevanov K.I. et al. *Obespechenie naseleniya Respubliki Khakasiya pit'evoy vodoy. Kompleksnaya tselevaya programma* [Drinking water supply for the population of the Republic of Khakassia. Complex target program]. Abakan, 1999. 118 p.
2. Pokrovskiy D.S., Dutova E.M., Bulatov A.A., Kuzevanov K.I. *Podzemnye vody Respubliki Khakasiya i vodosnabzhenie naseleniya* [Undergroundwater of the Republic of Khakassia and water supply of the population]. Tomsk: NTL Publ., 2001. 300 p.
3. Pokrovskiy D.S., Makushin Yu.V., Dutova E.M., Rogov G.M. Problemy vodosnabzheniya naseleniya Tomskoy oblasti [Water supply problems the Tomsk region]. *Vestnik TGASU – Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*, 2001, no.1, pp. 154-165.
4. Rogov G.M., Pokrovskiy D.S., Dutova E.M. Nekotorye problemy vodopodgotovki na vodozaborakh iz podzemnykh istochnikov [Some problems of water treatment in water intakes from underground sources]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*, 1993, no. 9, pp. 98-102.
5. Pokrovskiy D.S., Dutova E.M., Vologdina I.V. Gidrogeokhimicheskie sredy i mineral'nye novoobrazovaniya Tomskogo vodozabora iz podzemnykh istochnikov [Hydrogeochemical media and mineral growths in Tomsk water intake from underground sources]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*, 2010, no. 11-12, pp. 54-61.
6. Pokrovskiy D.S., Dutova E.M., Rogov G.M. *Kachestvo prirodnnykh pit'evykh vod i tekhnologii vodopodgotovki v usloviyakh yuga Sibirskogo regiona* [Quality of natural drinking water and water treatment technologies in Southern Siberia]. Tomsk: Tomsk State University of Architecture and Building Publ., 2006. 96 p.
7. Poryadin A.F. *Razvitie vodosnabzheniya v Rossii* [Development of water supply in Russia]. Moscow: NP Publ., 2003. 96 p.
8. Pinneker E.V. (ed.) *Resursy presnykh i malomineralizovannykh podzemnykh vod yuzhnoy chasti Zapadno-Sibirskogo artziyanskogo basseyna* [Freshwater and mineralized underground water resources of the southern part of the West Siberian artesian basin]. Moscow: Nedra Publ., 1991. 262 p.
9. *Territorial'naya kompleksnaya programma okhrany okruzhayushchey sredy Kemerovskoy oblasti do 2005 goda* [The complex territorial environmental program of Kemerovo region before 2005]. Kemerovo, 1993. Vols. 1, 2, 3. 200 p.
10. Egorov B.A., Balobanenko A.A. et al. Informatsionnyy byulleten' o sostoyanii neдр Sibirskogo federal'nogo okruga za 2012 god [The informational report about the status of the subsoil of Siberian Federal district in 2012]. OAO "Tomskgeomonitoring", 2013. Issue 9.
11. *Naselenie sub"ektov RF, vkhodyashchikh v Sibirskiy federal'nyy okrug* [Population of Russian Federation constituent territories included in Siberian Federal district]. Chita: Zabaykalkraystat Publ., 2013. 47 p.

Received: 24 April 2014