

## О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И СОСТАВЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ЮГЕ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА

© 2013 г. В.В. Дзюбо, Л.И. Алферова

*Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск*

**Ключевые слова:** Западно-Сибирский регион, подземные воды, закономерности распространения, качественный состав.



Представлен анализ и характеристика подземных водных ресурсов отдельных территорий региона, дана оценка их качественного состава. Показано, что использование подземных вод для организации питьевого водоснабжения населения требует обязательного доведения их качества до питьевого стандарта.

### Введение

Подземные воды в различных районах Западно-Сибирского региона различаются по своему качественному составу [1–3], что обусловлено географическими, геологическими и климатическими условиями их формирования и питания. Не является исключением и территория южной части региона – Томская область, юг Тюменской области, Омская, Новосибирская, Кемеровская области и Алтайский край. На основании многолетних натурных исследований качественного состава подземных вод в различных районах территории, обобщения фондовых материалов ЗапСибНИГНИ [4], Главтюменьгеологии [5], ЦНИИЭП инженерного оборудования [6], а также результатов работ [7–9] установлено, что количественные и качественные характеристики подземных вод подвержены колебанию, что объясняется, во-первых, сезонными изменениями

условий питания подземных вод, во-вторых, нарушениями условий отбора подземных вод из водоносных горизонтов, сопровождающимися перетоком вод из соседних горизонтов и оказывающими влияние на их качественный состав.

### Гидродинамическая и гидрогеохимическая зональность

Большой фактический материал по химическому и газовому составу, температуре и режиму, условиям питания и разгрузке подземных вод свидетельствует о четко выраженной вертикальной и площадной зональности подземных вод Западно-Сибирского артезианского бассейна.

Зона интенсивного водообмена – верхняя гидрогеохимическая зона – характеризуется наиболее разнообразным химическим составом подземных вод, обусловленным процессами окисления и выщелачивания пород различной степени литификации. Особенно сильное окисление и физико-химическое выветривание отложений происходили в конце мелового периода и в палеоген-неогеновое время. Воздействие подземных вод и теплого влажного климата привело к образованию коры выветривания значительной мощности. В этот период в пределах древнего комплекса отложений образовались каолины, бокситы, а на участках развития продуктивных отложений – зоны окисленных углей и пород.

Своеобразный и сложный состав подземных вод наблюдается в пределах окружающих горно-складчатых сооружений площади развития различных пород первого водоносного комплекса. В пределах развития известняков – воды кальциевые с минерализацией до 0,3–0,4 г/л, терригенно-осадочных пород – кальциево-натриевые с минерализацией до 0,6–0,8 г/л, доломитов и осадочных пород, обогащенных магнием, – кальциево-магниевые. На участках развития эффузивно-осадочных образований преобладают гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-натриевые и сульфатные натриевые воды. Воды характеризуются низким содержанием меди, цинка, титана, стронция, свинца (общее их количество до 0,0002–0,003 мг/л), слабощелочной средой  $pH = 7,2$ .

В самых верхних частях зоны южных и восточных таежных районов бассейна распространены гидрокарбонатные кальциево-магниевые, гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией 0,1–0,3 г/л и  $pH = 6,5–7,5$ .

Своеобразный гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-натриевый состав подземных вод терригенных отложений наблюдается в Присалаирской полосе Кузбасса с общей минерализацией 0,6–0,9 г/л. С глубиной в составе газов возрастает доля метана, на глубинах свыше 200 м она составляет основную массу. Обобщенные результаты химического состава подземных вод юго-восточной части региона (Кемеровская обл.) приведены в таблице.

Таблица. Характеристика химического состава подземных вод юго-восточной части региона (Кемеровская обл.) [10]

Геохимическая обстановка	Ландшафтные области	Мощ- ность, м	Водо- носные компл- ексы	Состав подземных вод						
				преобладающий тип вод	минера- лизация, г/дм <sup>3</sup>	pH	SO <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Cl, мг/дм <sup>3</sup>	Fe <sub>общ</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	характерный комплекс металлов
Окислительная, газы, O <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> и другие атмосферного происхождения	Область открытой степи с недостаточным увлажненным климатом	30– 100	VI  III II	HCO <sub>3</sub> -Cl-Ca,Cl-Na	3,0–5,0	7,0	до 1000	до 200	6–8	Pb, Cr, Sb, Zn, Sr, Sn, P, Zr  Pb, Cu, Zn, Ni, Sr, V, Ag, Ba  Zn, Cr, V, Ni, Co, Mo
				HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca-Mg-Na	1,0–1,2	7,0–7,5	до 200	до 400		
				HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca-Na	1,0	6,5	до 500	до 100		
	Область всхолмленной равнины и низких гор с островной тайгой и умеренно увлажненным климатом	100– 120	VI IV III II	HCO <sub>3</sub> -Ca	0,6–0,7	6,5	до 10	10–20	до 6	Pb, Ni, Sb, Zn, Cr, Sr, P, Sn  Zn, Ba, Sr, Ag, As, Cr  Cu, Zn, Cr, V, Ni  Zn, V, Ag, Ti, CO, Mo, Sr
				HCO <sub>3</sub> -Ca-Na	0,6	7,0–7,2	40–50	20–30		
				HCO <sub>3</sub> -Ca	0,4–0,6	6,8–7,0	до 100	до 200		
				HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	0,7	6,5–7,0	до 400	до 100		
	Область всхолмленной лесостепи с умеренно увлажненным климатом	80– 100	VI V IV III II	HCO <sub>3</sub> -Ca	0,7	6,6	30	27	до 5	Cu, As, Zn, Sb, P  Sr, Ba, Mn, Ni, Zn, Pb  Zn, Ba, Sr, Pb, Ni, As, Ag  Pb, Cu, V, Zn, Sb, Mo, Mn, Sr, Ag  CO, Mo, Pb, Cr, Ni, V
				HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca-Mg	0,6–1,0	8,2	200	40		
				HCO <sub>3</sub> -Ca	0,8	7,0	–	до 100		
				HCO <sub>3</sub> -Ca	0,8	6,3	до 100	до 200		
				HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	1,2	6,2	350	30		

В зоне окисления угольных месторождений в подземных водах наблюдается повышенное содержание (мг/дм<sup>3</sup>): свинца 0,001–0,02; ванадия 0,0001–0,1; меди 0,002–0,02; цинка 0,003–0,12; стронция 0,005–0,5; серебра 0,003–0,01; сурьмы 0,0005–0,02; молибдена 0,0001–0,001, отмечается высокое содержание хлора до 480 мг/л и сульфатов до 200 мг/л; величина рН снижается до 5,5–6,0.

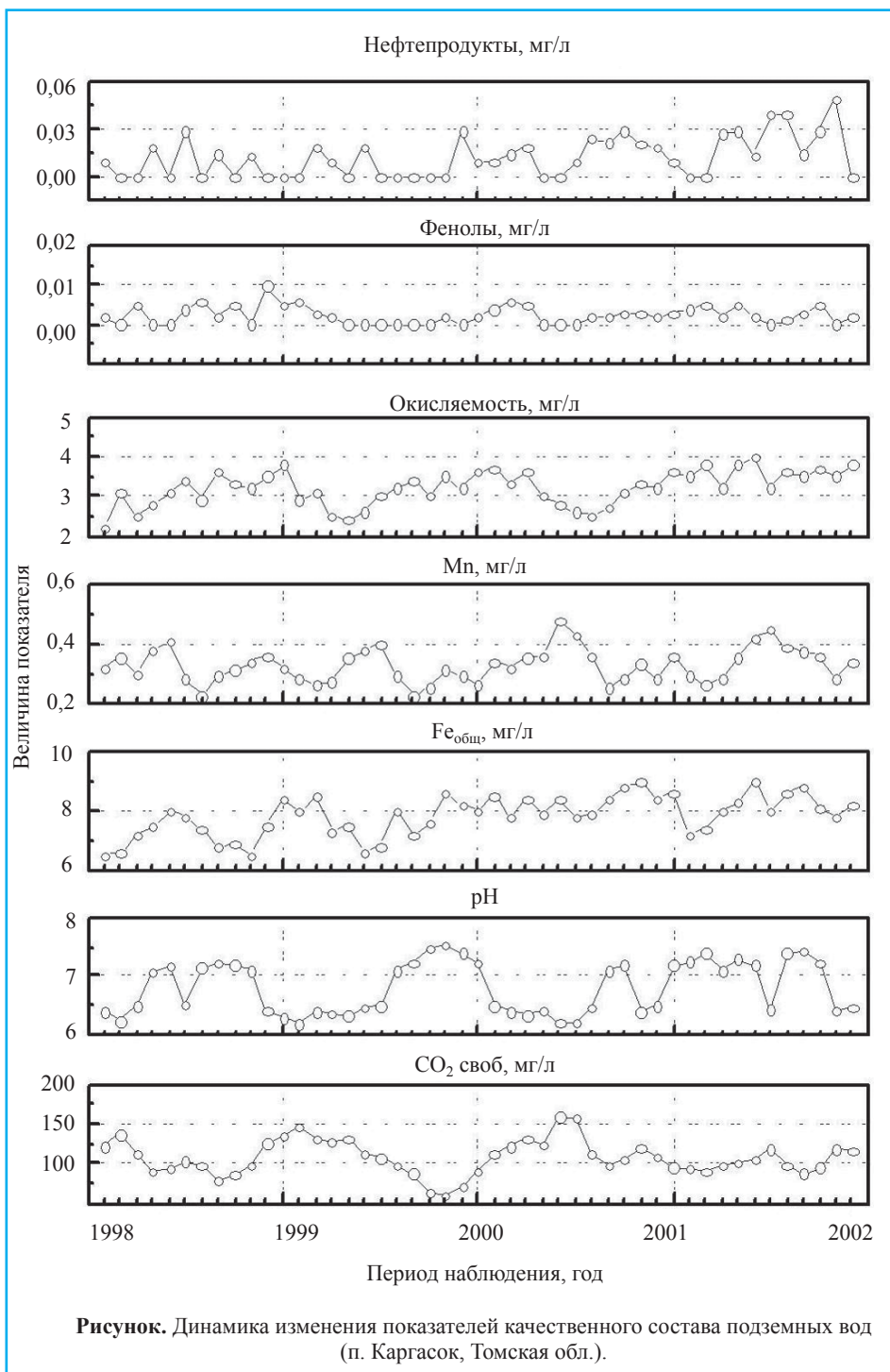
В разрезе зоны интенсивного водообмена с глубиной увеличивается содержание ионов натрия и уменьшается кальций, при переходе в зону замедленного водообмена на глубине 80–100 м натрий играет преобладающую роль. В этом же направлении увеличивается минерализация вод от 0,6 до 1,0 г/дм<sup>3</sup> и более, воды становятся нейтральными или слабощелочными, уменьшается концентрация СО<sub>2</sub> от 125 до 25 мг/дм<sup>3</sup>, жирных кислот от 8,5 до 6,3 и летучих с водяным паром от 13,2 до 11,0 мг/дм<sup>3</sup>. В зоне замедленного водообмена концентрация жирных кислот увеличивается соответственно до 9,5 и 15,5 мг/дм<sup>3</sup>.

В открытых степных районах с недостаточным увлажнением развиты хлоридно-сульфатные натриево-магниевые-кальциевые, а на отдельных участках – типичные хлоридные натриевые с минерализацией до 3–6 г/дм<sup>3</sup> и более. Это воды типа континентального засоления при возможном питании более глубокими водами, разгружающимися по зонам тектонических нарушений. Хлоридные кальциевые и хлоридно-гидрокарбонатные кальциевые воды характерны для отбеленных рыхлых отложений древних зон окисления сульфидных пород.

В залесенных районах подземные воды делювиально-эллювиальных отложений преимущественно гидрокарбонатного кальциевого состава с минерализацией 0,6–0,8 г/дм<sup>3</sup> с подчиненным развитием гидрокарбонатных кальциево-магниевых-натриевых вод, с рН от слабокислых до нейтральных.

В целом для зоны интенсивного водообмена водонапорной системы характерны гидрокарбонатные кальциевые и кальциево-магниевые воды с минерализацией до 0,73 г/дм<sup>3</sup>, относящиеся к первому типу (по О.А. Алекину). В областях избыточного увлажнения воды имеют минерализацию менее 0,1 г/дм<sup>3</sup>, на большей части территории бассейна они пресные с минерализацией 0,4–0,8, редко 1,0 г/дм<sup>3</sup>. На отдельных слабодренированных участках (степная часть Присалаирской депрессии) развиты хлоридно-сульфатные магниевые-кальциевые и хлоридные натриевые воды типа континентального засоления с минерализацией до 3–5 г/дм<sup>3</sup> и более.

Проведенные и обобщенные авторами в течение 3–8 лет натурные наблюдения за качественным составом подземных вод в южных районах Западно-Сибирского региона подтвердили тенденцию сезонного колебания их качественного состава. На рисунке приведены данные 4-летнего наблюдения подземных вод в естественных условиях в северо-восточной части Томской области, показывающие колебание их качественного состава.



В составе зоны интенсивного водообмена указанной территории рассматривали лишь воды песчано-глинистых образований, залегающие в кровле верхнего, постоянно существующего водоносного горизонта, и плащеобразно покрывающие водоразделы и большую часть речных долин торфяные отложения. Исследованиями [11, 12] установлено резкое различие в составе вод верховых и низинных болот. Низинные, развитые преимущественно на низких террасах речных долин, содержат гидрокарбонатные, чаще кальциевые, реже кальциево-магниевого либо кальциево-натриевые воды с минерализацией до  $0,4 \text{ г/дм}^3$ , слабокислые или нейтральные. Для них характерны значительные (до  $84,5 \text{ мг/дм}^3$ ) содержания углекислого газа, повышенные содержания аммония (до  $6,4 \text{ мг/дм}^3$ ), что согласуется с присутствием аммонифицирующих бактерий, обнаруженных А.Д. Назаровым и др. (1990 г.) [13] в водах низинных болот. Высокие содержания железа (до  $13 \text{ мг/дм}^3$ ) преимущественно в закисной форме (до 97 % от общего количества) и марганца (до  $4,5 \text{ мг/дм}^3$ ), присутствие в составе водорастворенных газов метана (до преобладания) свидетельствуют о резко восстановительных условиях.

Основное отличие от грунтовых вод – большое количество растворенного органического вещества (перманганатная окисляемость (ПО) – до  $128 \text{ мг/дм}^3$ ). В верховых болотах, преобладающих на водораздельных пространствах, состав вод изменяется по вертикали: от гидрокарбонатно-хлоридных либо хлоридно-гидрокарбонатных преимущественно натриевых с минерализацией  $15\text{--}30 \text{ мг/дм}^3$  в приповерхностных слоях до гидрокарбонатных кальциевых с минерализацией до  $100 \text{ мг/дм}^3$  – в придонных. В них интенсивнее минерализуется органическое вещество, что приводит к накоплению в водах до  $163 \text{ мг/л CO}_2$ , до  $15 \text{ мг/дм}^3$  аммония, при этом значение ПО достигает  $216 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . Накопление органических веществ и  $\text{CO}_2$  резко повышают углекислотную (до  $106 \text{ мг/дм}^3$ ) и общекислотную (рН снижается до 4) агрессивность.

В низинных болотах преобладают процессы аммонификации, в верховых, особенно в верхней части, имеет место и нитрификация, о чем свидетельствует присутствие в 33 % проб нитратов до  $24 \text{ мг/дм}^3$ . Всем болотным водам присущ значительный комплекс металлов, но в наибольших количествах, помимо железа и марганца, присутствуют барий, стронций, титан, цинк.

В зоне аэрации, сложенной суглинками и глинами с песчано-супесчаными прослоями, воды имеют гидрокарбонатный кальциевый и кальциево-магниевого состав с минерализацией до  $0,73 \text{ г/дм}^3$ . Минимальные ее значения характерны для восточных районов. В северных районах и под болотными массивами благодаря высокому содержанию  $\text{CO}_2$  (до  $176 \text{ мг/дм}^3$ ) воды имеют слабокислую реакцию и высокую агрессивность, в южных они



слабощелочные с рН до 7,6 и не агрессивные. В зоне аэрации, сложенной песками и супесями (речные долины и давние ложбины стока), состав вод весьма близок к атмосферным осадкам. Они гидрокарбонатно-хлоридные с одинаковой частотой встречаемости кальциевых, натриевых, двух- и трехкомпонентных и минерализацией 0,03–0,08 г/дм<sup>3</sup>. В северных районах повышается содержание хлора и натрия до преобладания над гидрокарбонатами и кальцием, но тип вод повсеместно первый с содержанием гидрокарбонатов натрия до 50 % от общего солевого состава. Обедненность водовмещающих песков органическим веществом и практическое отсутствие почвенного слоя не способствуют накоплению СО<sub>2</sub>, тем не менее благодаря связи с атмосферными и болотными водами в зоне аэрации высоких террас рН снижается до 4,5–5,5; а на низких террасах повышается до нейтральных значений. Открытость к дневной поверхности обеспечивает высокие содержания кислорода (2–3 мг/дм<sup>3</sup>) и окислительную обстановку, препятствующую накоплению железа и марганца. На заболоченных пространствах переслаивание песчано-глинистых образований формирует мозаичную картину распределения обстановок, классов, групп и типов вод. Несмотря на неоднородность условий формирования, основными компонентами минерализации вод являются гидрокарбонаты и кальций.

В водах зоны аэрации присутствует значительный комплекс металлов – до 20 компонентов, чаще всего железо и марганец, реже стронций, далее в убывающей последовательности располагаются Cu, Ti, Ba со встречаемостью 80–90 %, затем Pb, Zn, Ni (на уровне 50 % с минимумом в южных районах и максимумом в северных), Zn (33 % с отсутствием в восточных районах). На таком же уровне в южных и северных районах встречаются Ga, Mo, V, а Co, Cr, Sb, Be, Ag: до 10–15 %.

Подземные воды региона при их использовании в качестве источников питьевого водоснабжения имеют ограничения, связанные с природной гидрогеохимической специализацией территории. А именно – комплекс металлов, органических веществ, водорастворенных газов и солей кальция и магния, формирующих естественный качественный состав подземных вод.

### Особенности химического состава подземных вод

Наиболее специфическим компонентом подземных вод региона является **железо**, содержание которого почти повсеместно превышает норму. Максимальные его концентрации (до 73 ПДК [13]) характерны для вод отложений юрковской свиты в центральной части Томь-Чулымского междуречья (22 мг/дм<sup>3</sup>), минимальные (до 17 ПДК) для вод образований палеозоя. Пространственное распределение железа весьма неравномерно, но высокие содержания преобладают в северных и восточных районах, а минимальные – в южных и западных при наиболее распространенных концентрациях – около 5 мг/дм<sup>3</sup>

(17 ПДК). Преобладает двухвалентная форма, лишь на обрамлении бассейна в условиях окислительной обстановки, особенно вблизи длительно работающих скважин, оно полностью может находиться в трехвалентном виде.

Закономерности распространения **марганца** сходны с железом, но уровень накопления на порядок ниже. В наибольших количествах (до 1,5 мг/дм<sup>3</sup>) он присутствует в водах заболоченных районов, но в антропогенно загрязненных грунтовых водах может достигать 4 мг/дм<sup>3</sup>. Наименьшие концентрации характерны для вод образований юрковской толщи и верхнего мела (1–5 ПДК), но область развития кондиционных вод несколько шире, чем по железу за счет южных и восточных районов. Трудности очистки вод от железа и марганца связаны не только с их высоким содержанием, но и с формами миграции, присутствием железо- и марганцево-органических комплексов, способных распадаться не только на станциях водоподготовки, но и в разводных системах, добавляя в очищенную воду новые порции металлов. Традиционная очистка с использованием технологии упрощенной аэрации не всегда эффективна.

**Барий** зачастую присутствует в концентрациях, превышающих допустимые, особенно в водах образований палеозоя. Предпосылкой его появления в подземных водах региона служат горные породы, в которых он среди примесей занимает второе после марганца место.

**Свинец** в северных и восточных районах обнаруживается часто (до 92 % проб), но концентрации выше ПДК (до 0,08 мг/дм<sup>3</sup>, что почти в 3 раза превышает норму – например, с. Александровское, север Томской обл.) характерны лишь для антропогенно загрязненных вод. Средние его содержания на большей части территории значительно ниже нормы для питьевых вод.

**Органические вещества (ОВ)**, как правило, превышают норму для вод первого класса качества, а зачастую – и третьего, в наибольшей мере не отвечающего нормативным требованиям к воде питьевого качества [14]. В антропогенно загрязненных грунтовых водах долин рек их содержание достигает 66 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (в водах колодцев), а в естественных условиях заболоченных территорий – до 52,8 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, т.е. уровни природного и антропогенного загрязнения одинаковы. В водах палеогена и верхнего мела накопление ОВ существенно ниже, но кондиционные воды встречаются лишь в пределах южных водоразделов. Представлены они в основном гуминовыми соединениями, осложняющими использование вод, особенно при обеззараживании хлором, когда образуются хлорорганические соединения, обладающие канцерогенными свойствами (Ермашова, Байковский, 1987 г.) [15].

**Фенолы** как составная часть ОВ, наиболее часто и в больших количествах встречаются в водах зоны аэрации и в юрковской толще, причем их средние концентрации в грунтовых водах достигают 55 ПДК. Преобладаю-



шие концентрации фенола в подземных водах региона 2–3 ПДК, а кондиционные воды наиболее развиты в образованиях юрковской толщи и мела южных районов. Опыт очистки вод от ОВ на Кедровском месторождении показал перспективность применения методов озонирования.

**Аммоний**, являясь продуктом минерализации ОВ, наиболее широко представлен в водах образований палеогенового возраста западных и северо-западных районов, причем его концентрации в вертикальном разрезе возрастают от 1,5–2,5 ПДК в верхнем олигоцене до 4,5 ПДК в водах новомихайловской свиты. В грунтовом горизонте некондиционные по аммонию воды встречаются лишь в центральной части региона и ассоциируются с невысокими содержаниями нитратов. Эксплуатация подземных вод палеогеновых образований осложняется присутствием в составе водорастворенных газов северных и западных районов значительных количеств углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) – до 207 мг/дм<sup>3</sup> в новомихайловской свите и до 105 мг/дм<sup>3</sup> – в юрковской толще и **метана** – до 61 %.

Частая встречаемость **сероводорода** обеспечивает этим водам запах, недопустимый в питьевых источниках. В северных районах в образованиях залегающей под атлымской тавдинской свиты и в кровле внешнего мела воды зачастую имеют цветность, превышающую норму и значительно ухудшающую их питьевые качества. Природа ее, очевидно, связана с гуминовым составом ОВ и присутствием значительных количеств марганца.

В направлении с юга на север территории естественное качество вод ухудшается, требуя более широкого комплекса мероприятий водоподготовки, состоящего из удаления ОВ, железа, марганца, газов, цветности, уменьшения жесткости в южных районах и увеличения минерализации до оптимальных величин в северных районах, возможно за счет смешивания с более минерализованными водами нижележащих горизонтов, и прежде всего с широко используемыми в системах поддержания пластового давления (ППД) нефтепромыслов водами покурской свиты. В процессе эксплуатации качество вод, как правило, ухудшается за счет подтока загрязненных грунтовых и высокоминерализованных вод из нижележащих горизонтов, как это произошло, например, на Томском водозаборе, где минерализация в некоторых эксплуатационных скважинах возросла до 1,1 г/дм<sup>3</sup> при хлоридном натриевом составе. При этом возрастает жесткость, повышается содержание хлоридов (до 2 ПДК и более) и железа, появляется бактериальное и органическое загрязнение, увеличивается комплекс и концентрации металлов до выхода за пределы ПДК.

### Выводы

Различие геологических и климатических условий формирования и питания подземных вод территории определяют различие их качественного состава. Степень естественной загрязненности подземных вод, как правило, повышается с юга на север, при этом дополнительный отпечаток на качество подземных вод, не вписывающийся в общую тенденцию, накладывается в районах нефтегазодобычи, где в подземных водах появляются загрязнения антропогенного происхождения.

Наименьшая мощность зоны интенсивного водообмена юга и юго-востока Западно-Сибирского региона наблюдается в пределах степной части, где она составляет 30–100 м. В западных всхолмленных районах мощность зоны увеличивается до 80–120 м, в восточных районах центральной части региона мощность зоны возрастает до 1700–1800 м, на остальной территории региона лежит в пределах 100–250 м.

Естественная и, в отдельных случаях, антропогенная загрязненность подземных вод требует обязательной их обработки для организации питьевого водоснабжения населения данной территории. Различие и колебания качественного состава подземных вод предопределяет использование комплексных технологий водоподготовки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев М.И., Дзюбо В.В., Алферова Л.И. Формирование состава подземных вод Западно-Сибирского региона и особенности их использования для питьевого водоснабжения // Вестник Том. гос. арх.-стр. ун-та. Томск: ТГАСУ, 1999. № 1. С. 183–199.
2. Алферова Л.И., Дзюбо В.В. Оценка водно-ресурсного потенциала некоторых территорий Сибирского региона и проблема питьевого водоснабжения населения на фоне их водохозяйственной деятельности // Вестник Том. гос. арх.-стр. ун-та. Томск: ТГАСУ, 2007. № 1. С. 165–183.
3. Алферова Л.И., Дзюбо В.В. Томская область: водные ресурсы, водохозяйственная деятельность и проблемы питьевого водоснабжения населения // Водное хозяйство России. 2005. № 4. С. 333–345.
4. Изучение режима подземных вод на территории Тюменской области // Отчет о НИР / ЗапСибНИГНИ. Тюмень 1985.
5. Распределение железа в подземных водах Куртамышского и Туртасского горизонтов // Отчет о НИР / ГлавТюменьгеология, ЗапСибНИГНИ. Тюмень 1982.
6. Обследование станций обезжелезивания в Тюменской области // Отчет о НИР / ЦНИИЭП инженерного оборудования. Инв.т. 508/6. М. 1986.
7. Артеменок Н.Д. Очистка подземных вод нефтегазоносных регионов Западной Сибири для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. СПб 1992. 41 с.
8. Розин А.А. Гидрогеологическая характеристика мезозойских отложений южной и юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна в связи с нефтегазоносностью: автореф. дис.... канд. геол.-минерал. наук. Новосибирск, 1958. 24 с.

9. Смоленцев Ю.К. Пресные подземные воды Западно-Сибирского мегабассейна: дис. в виде научн. докл. ... д-ра геол.-минерал. наук. Иркутск. 1995. 49 с.
10. Rogov G.M., Popov V.K. Гидрогеология и катагенез пород Кузбасса. Томск. 1986. 192 с.
11. Ермашова Н.А. Некоторые геохимические особенности подземных вод палеогенового комплекса юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна // Вопросы изучения поверхностных и подземных вод Сибири. Иркутск. 1982. С. 90–96.
12. Ермашова Н.А. Геохимия подземных вод зоны активного водообмена Томской области в связи с решением вопросов водоснабжения и охраны: дис. в виде научн. докл. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск 1998. 45 с.
13. Шварцев С.Л., Ермашова Н.А., Рассказов Н.М., Юшков С.А., Назаров А.Д. Изменение химического состава природных вод в зоне техногенеза юго-восточной части Западной Сибири // Тр. 1 Всес. совещ. Геохимия техногенеза. М. 1990. С. 137–149.
14. СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы».
15. Ермашова Н.А., Байковский В.В., Желиховский М.А., Адамович Г.Г. О механизме образования предшественников нитрозаминов в подземных водах Томской области // Канцерогенные N – нитрозосоединения и их предшественники – образование и определение в окружающей среде. Таллин. 1987. С. 150–151.

**Сведения об авторах:**

Дзюбо Владимир Васильевич, д. т. н., профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ), 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2; e-mail: dzv1956@mail.ru

Алферова Лариса Ивановна, старший научный сотрудник, Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ), 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2; e-mail: alflar@mail.ru