

УДК 556.364:628.11(571.51)

А. Ю. ОЗЕРСКИЙ

ОАО «Красноярская горно-геологическая компания»

НОВЫЙ ИСТОЧНИК ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В основании осадочного чехла юго-восточной окраины Западно-Сибирского артезианского бассейна на глубинах 500...700 м выявлены два глубоких водоносных горизонта, содержащих значительные ресурсы экологически чистых, хорошо защищенных подземных вод. Рассматриваются гидрогеологические условия этих горизонтов и химический состав подземных вод.

Западно-Сибирский артезианский бассейн, водоносный горизонт, подземные воды, гидрогеологические условия, химический состав, гидротехнические сооружения, техногенное загрязнение поверхностных и грунтовых вод.

In the base of the sedimentary cover of the south-eastern suburb of the West-Siberian artesian basin on the depths 500...700 m there are found two deep water-bearing horizons containing considerable resources of ecologically clean, well protected underground water. The hydrological conditions of these horizons and underground water analysis are under consideration now.

The West-Siberian artesian basin, water bearing horizon, underground water, hydrogeological conditions, chemical content, hydraulic structures, man-caused pollution of surface and ground waters.

В наши дни проблемы экологической безопасности водоснабжения населения, как правило, связаны с надежностью коммунальных сетей, эффективностью водоочистных сооружений, возрастающим техногенным загрязнением поверхностных и грунтовых вод, а также с авариями и катастрофами природного и техногенного происхождения на трубопроводных сетях и гидротехнических сооружениях [1, 2]. Признавая значимость технических средств, обеспечивающих доставку воды населению, автор считает, что основой экологически безопасного водоснабжения является состояние природного водного объекта, из которого вода тем или иным образом поступает к ее потребителям, т. е. источника водоснабжения. Основными источниками водоснабжения считаются поверхностные и подземные воды, при этом «для хозяйственно-питьевых водопроводов должны максимально использоваться имеющиеся ресурсы подземных вод, удовлетворяющих санитарно-гигиеническим требованиям» [3].

В современных условиях постоянно возрастающего химического загрязнения поверхностных и неглубоко залегающих подземных вод гидрогеологи вынуждены увеличивать глубину поисков подземных источников водоснабжения. С возрастанием глубины залегания водоносный горизонт отдалается от загрязненной поверхности и отделяется от нее сложными слоями водупорных и водоносных пород, препятствующих проникновению загрязнений на глубину. Поэтому подземные воды питьевого качества, залегающие на больших глубинах от поверхности, считаются хорошо защищенными от загрязнений и экологически безопасными.

Однако с возрастанием глубины залегания водоносных пород их проницаемость, как правило, снижается, а минерализация (соленость) подземных вод существенно возрастает, что делает достаточно трудной задачу геологических поисков на больших глубинах высокодебитного источника подземных вод питьевого качества. Вместе с тем,

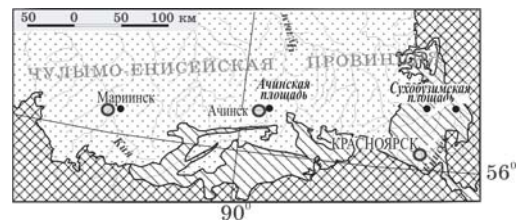
именно геолого-формационные критерии, по мнению автора, являются самой надежной основой для положительного решения этой задачи.

В бытовом сознании наших соотечественников Западно-Сибирская эпигерцинская плита и одноименный артезианский бассейн связываются с гигантскими ресурсами углеводородного сырья, представляющего основу топливно-энергетического комплекса нашего государства. Вместе с тем, юго-восточная часть этой эпигерцинской структуры также является северо-западным окончанием крупнейшего в мире Канско-Ачинского угольного бассейна. В осадочных юрских отложениях здесь залегают мощные и сверхмощные пласты бурых углей, общие геологические ресурсы которых в этой части бассейна достигают 100 млрд т [4].

Еще в 1980-х гг. при изучении гидрогеологических условий этого угольного бассейна внимание привлекла большая стратиграфическая мощность пластов юрских песчаников, их слабая литификация, а также высокие значения их открытой пористости. Названные обстоятельства позволили коллективу ученых предположить наличие крупных ресурсов подземных вод в горизонтах, залегающих глубже мощных угольных пластов. Песчаные горизонты, образованные речными отложениями и хорошо промытые речной водой, указывали на то, что подземные воды в пределах юрских угленосных отложений должны быть пресными. Палеогидрогеологический анализ показал, что дальнейшее формирование химического состава подземных вод в горизонтах песчаников происходило в типичных инфильтрационных условиях, что также служит свидетельством низкой минерализации подземных вод [5].

Предложение о проведении поисков подземных вод хозяйственно-питьевого назначения в глубоких горизонтах было принято в 2000 г. органами управления недрами Красноярского края, которые включили в краевую программу изучения недр поисковые работы

по выявлению подземных вод для водоснабжения города Ачинска (рисунок).



Обзорная гидрогеологическая схема:

- ▨ – водоносные надюрские комплексы;
- ▧ – водоносные доюрские зоны трещиноватости;
- ▩ – водоносный юрский комплекс;
- – глубокие скважины;
- — — — — границы гидрогеологических подразделений

Этот город пользуется ресурсами поверхностных вод реки Чулыма, качество которых неуклонно ухудшается. Результаты, полученные в ходе этих исследований, подтвердили гипотезу о наличии в глубоких горизонтах больших ресурсов подземных вод хорошего качества.

В 2005 г. был поставлен вопрос о резервном водоснабжении города Красноярска, который снабжается водой из инфильтрационных водозаборов, расположенных на островах реки Енисея. В рамках реализации федеральной программы изучения недр Министерства природных ресурсов в 2005–2006 гг. коллективом ученых с участием автора была проведена оценка существующих глубоких скважин в Сухобузимском районе Красноярского края, завершившаяся открытием Сухобузимского месторождения подземных вод.

Методика исследований. При проведении поисковых работ для хозяйственно-питьевого водоснабжения города Ачинска были пробурены и опробованы три гидрогеологические поисковые скважины глубиной 680...722,5 м. Все скважины вскрыли непрерывный разрез отложений осадочного чехла и фундамент Западно-Сибирской плиты. Задачи изучения геологического разреза и опробования пород выполняли пилотные геологические скважины малого диаметра, которые ускоренно проходились буровой установкой СЖБ-5. Во всех пилотных

скважинах был выполнен комплекс геофизического каротажа. Сведения, полученные при бурении пилотных скважин, использовались для планирования бурения и оборудования поисковых гидрогеологических скважин, в которых фильтры были установлены в горизонты подугольных песчаников.

После оборудования гидрогеологические скважины были испытаны опытно-фильтрационными работами. Откачки проводились в течение нескольких суток различными типами насосов с измерениями дебита и понижения уровня воды в скважине. В конце откачек для изучения водно-коллекторских свойств отбирали пробы воды, а из керна скважин – образцы (монолиты) водоносных и водоупорных пород. После окончания испытаний в скважинах осуществлялся мониторинг напоров (давлений) и химического состава подземных вод продолжительностью до года. Лабораторные работы были выполнены в центральной лаборатории ОАО «Красноярскгеология», а также в лабораториях Томского НИИ курортологии и физиотерапии и в ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае».

В 2005–2006 гг. возможность резервного водоснабжения Красноярска в период чрезвычайной ситуации оценивалась путем испытаний и гидрогеохимического опробования уже существующих глубоких гидрогеологических скважин, пробуренных в 1980-х гг. к северу от города (Сухобузимская площадь). Всего было обследовано

30 глубоких скважин, в 12 из которых проводились фильтрационные опыты. При проведении фильтрационных опытов и мониторинговых наблюдений было отобрано 40 проб воды на различные виды анализов, выполненных в упомянутых лабораториях. Проведенные работы позволили уточнить параметры водоносных горизонтов и расширить имевшиеся сведения о химическом составе подземных вод.

Полученные гидрогеологические данные подтвердили гипотезу о перспективе глубоких горизонтов для организации крупного централизованного водоснабжения, а также позволили выявить основные особенности их гидрогеологических условий.

Результаты и их обсуждение.

Нижняя часть гидрогеологического разреза юго-восточной окраины Западно-Сибирского бассейна представлена двумя водоносными ниже- и среднеюрскими горизонтами песчаников, разделенными мощной (до 100...120 м) пачкой относительно водоупорных алевропелитов (табл. 1). При вскрытии горизонтов из многих скважин наблюдался самоизлив с дебитом до 2000 м³/сут и давлением на устье до 1,5·10⁵ Па (Ачинская площадь). При опытных откачках из скважин Сухобузимской площади дебиты скважин составили в среднем 420...570 м³/сут при понижении 32...54 м. Из Белоярской скважины на Ачинской площади был получен дебит 4,3 тыс. м³/сут при понижении 31 м.

Таблица 1

Средние гидрогеологические показатели глубоких горизонтов

Показатель	Единица измерения	Белоярское месторождение		Сухобузимское месторождение	
		Горизонты		Горизонты	
		Верхний	Нижний	Верхний	Нижний
Глубина залегания кровли горизонтов	м	320...480	560...600	150...280	350...650
Мощность	м	140	110	105	170
Коэффициент фильтрации	м/сут	~1,0		0,94	0,25
Пьезопроводность	м ² /сут	Не определялась		8·10 ⁵	1,2·10 ⁵
Коэффициент упругой водоотдачи	Д.е.	Не определялся		0,0003	
Открытая пористость	%	29,2	23,0	Не определялась	19,8

Движение подземных вод в глубоких горизонтах на Ачинской площади, по-видимому, ориентировано в северном направлении. На Сухобузимской площади подземные воды движутся в восточном направлении от Обско-Енисейского водораздела к долине Енисея, а при ее достижении подземный поток отклоняется в северо-восточном направлении [5]. Соотношение напоров верхнего и нижнего горизонтов говорит о возможности нисходящих вертикальных перетоков под водоразделами и о восходящих перетоках под речными долинами. Среднее значение вертикальной проводимости слабопроницаемых отложений юрской угленосной формации составляет около $1 \cdot 10^{-4}$ сут⁻¹, что вполне допускает существование

вертикальных перетоков между обоими горизонтами и объединяет их в единую водонапорную систему [4].

По величине минерализации и химическому составу воды обоих горизонтов до глубины 800...900 м являются пресными гидрокарбонатными натриевыми («содовыми»), в верхнем горизонте иногда кальциево-натриевыми. Однако «содовые» воды глубоких горизонтов имеют очень низкую минерализацию, обычно не превышающую 1 г/дм³ (табл. 2). По показателям качества подземные воды соответствуют питьевым стандартам и могут использоваться как для хозяйственно-питьевого водоснабжения, так и для производства фасованной воды.

Таблица 2

Средний химический состав подземных вод глубоких горизонтов

Компонент	ПДК для питьевой воды, мг/дм ³	Белоярское месторождение		Сухобузимское месторождение	
		мг/ дм ³	%-экв	мг/ дм ³	%-экв
Анионы					
Cl ⁻	350	3,3	2,2	4,9	1,2
SO ₄ ²⁻	500	14,7	7,2	3,1	0,6
CO ₃ ⁻	–	5,5	4,3	15,8	4,8
HCO ₃ ⁻	–	221,1	85,8	628,3	93,0
NO ₃ ⁻	45	0,04	0,02	0,2	0,03
NO ₂ ⁻	3,3	0,15	0,1	–	–
F ⁻	1,5	0,2	0,2	1,4	0,4
Катионы					
Na ⁺	200	83,2	92,5	248,4	97,9
K ⁺	–	0,8	0,6	1,2	0,3
Mg ²⁺	50	0,5	1,0	0,8	0,6
Ca ²⁺	–	4,3	5,5	2,5	1,1
NH ₄ ⁺	1,5	0,18	0,3	0,01	0,01
Fe _{общ}	0,3	0,14	0,1	0,17	0,03
Al ³⁺	0,5	0,2	0,2	0,1	0,03
Прочие компоненты					
CO ₂ свободная	–	4,8	–	–	–
SiO ₂	–	14,2	–	11,7	–
Окисляемость перманганатная, мгО/дм ³	5	0,9	–	0,2	–
pH, ед. pH	6,5...8,5	8,1	–	8,5	–
Минерализация, мг/дм ³	1000	353	–	570	–

По содержанию нормируемых компонентов подземные воды глубоких горизонтов соответствуют требованиям качества, предъявляемым к водам хозяйственно-питьевого назначения.

Более высоким показателям качества соответствует вода Белоярского месторождения (по заключению Томского НИИ курортологии, она может использоваться для централизованного водоснабжения

и производства фасованной питьевой воды). В нижнем горизонте Сухобузимского месторождения встречаются повышенные концентрации фтор-иона, которые превышают хозяйственно-питьевую предельно допустимую концентрацию в $1/3$ проб. Для вод нижнего горизонта характерны высокие значения водородного показателя, но при совместной эксплуатации обоих горизонтов рН обычно находится в пределах нормы.

В газовом составе подземных вод преобладает азот (76...77 %), второе место принадлежит кислороду (18...19 %), третье – метану (около 4 %). По газовому составу и «генетическим» коэффициентам воды глубоких горизонтов, вероятно, относятся к инфильтрогенным или метеорным седиментогенным [5].

В 2004 г. прогнозные ресурсы глубоких горизонтов Ачинской площади были оценены в 200 тыс. м³/сут для понижения 200 м, а для местного водоснабжения разведано Белоярское месторождение, изучение которого было продолжено в 2006–2007 гг. ОАО «Красноярскгидрогеология».

В 2006 г. в глубоких горизонтах учеными ОАО «Красноярская горно-геологическая компания» было разведано Сухобузимское месторождение для резервного питьевого водоснабжения населения города Красноярска на периоды чрезвычайных ситуаций с запасами 30 тыс. м³/сут. Такая относительно небольшая величина утвержденных запасов подземных вод продиктована действующими нормами МЧС России. Прогнозные ресурсы этого месторождения превышают 120 тыс. м³/сут при понижении 200 м.

Выводы

Результаты гидрогеологических работ, проведенных ОАО «Красноярская горно-геологическая компания» в 2000–2006 гг., подтвердили перспективность глубоких водоносных горизонтов юрской угленосной формации для организации крупного централизованного водоснабжения населенных

пунктов в Красноярском крае. Результаты исследований можно распространить и на территории соседних субъектов Российской Федерации, расположенных на юго-востоке Западной Сибири. Это позволяет рассматривать юго-восточную окраину Западно-Сибирского бассейна как минерагеническую Чулымо-Енисейскую провинцию пресных защищенных экологически чистых подземных вод хозяйственно-питьевого назначения.

Для суммарной оценки ресурсов подземных вод этой провинции необходимы дальнейшие гидрогеологические исследования. Прежде всего, необходимо выявить границы области распространения пресных подземных вод, а также общие закономерности их питания и транзита. При оценке ресурсов, с учетом большой глубины залегания эксплуатационных горизонтов, необходимо использовать технически возможные и экономически целесообразные величины понижения, которые могут быть исследованы только при опытной эксплуатации водозаборов.

Благодаря высокой защищенности и большому ресурсу пресных подземных вод глубокие горизонты юго-восточной окраины Западно-Сибирского артезианского бассейна, по мнению автора, следует рассматривать как стратегический запас экологически чистых вод России на исторически длительную перспективу. Именно в этом направлении следует формировать мероприятия по изучению и охране подземных вод Чулымо-Енисейской провинции.

Список литературы

1. **Василенко, С. Л.** Экологическая безопасность водоснабжения [Текст] / С. Л. Василенко. – Харьков : ИД «Райдер», 2006. – 320 с.
2. **Сарсембеков, Т. Т.** Трансграничные проблемы обеспечения безопасности водоснабжения в странах Центральной Азии [Текст] / Т. Т. Сарсембеков, Н. Т. Сарсембеков [Электронный ресурс] : Водоканалы России XXI века. – URL: <http://www.vkh21.ru/about/>

3. **СНиП 2.04.02-84.** Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Текст]. – М. : Госстрой, 1985.

4. **Гаврилин, К. В.** Канско-Ачинский угольный бассейн [Текст] / К. В. Гаврилин, А. Ю. Озерский. – М. : Недра, 1996. – С. 121–139.

5. **Озерский, А. Ю.** Гидрогеохимические условия глубоких горизонтов юго-восточной окраины Западно-Сибирского

артезианского бассейна [Текст] / А. Ю. Озерский // Гидрогеохимия осадочных бассейнов : Труды Российской науч. конференции ; под ред. А. Э. Конторовича [и др.]. – Томск : Изд-во НТЛ, 2007. – С. 125–131.

Материал поступил в редакцию 20.03.09.

Озерский Андрей Юрьевич, кандидат геолого-минералогических наук, начальник геоэкологической партии

Тел. : +7904-895-30-20

E-mail: ozerski@krasgeo.ru

УДК 628.16

А. С. СЕЛИВАНОВ, А. В. КОРЯЙКИНА

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петрозаводский государственный университет»

РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Рассмотрена задача рационального выбора технологии очистки природной воды. Для решения предлагается использовать некоторые идеи теории нечеткого управления.

Очистка природной воды, теория нечеткого управления, повышенное загрязнение водных источников, проектирование очистных сооружений, лингвистическая переменная.

The task of rational choice of technologies of natural water cleaning is considered. For its decision it is proposed to use some ideas of the theory of fuzzy control.

Natural water cleaning, theory of fuzzy control, increased pollution of water springs, designing of treatment facilities, linguistic variable.

По сведениям Госсанэпиднадзора России [1] качество питьевой воды, производимой коммунальными и ведомственными водопроводами, продолжает оставаться неудовлетворительным: каждая пятая проба питьевой воды не отвечает гигиеническим требованиям по санитарно-химическим и микробиологическим показателям. Возникла ситуация, когда значительная часть затрат на строительство очистных сооружений может оказаться непроизводительной, поскольку прошедшая очистные сооружения вода не является пригодной для использова-

ния в питьевых целях. Основными причинами сложившейся ситуации специалисты называют повышенное загрязнение водных источников вследствие значительно возросшей в последнее время антропогенной нагрузки, а также несоответствие принятой технологической схемы очистки воды качеству воды водоисточника.

Что касается задачи рационального выбора технологической схемы очистки воды, то, по мнению авторов, она не является тривиальной. Некоторые рекомендации по выбору технологии очистки