



О НЕОБХОДИМОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ РАЗВЕДКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЗАБОРОВ

**А.Т. Скиданов¹,
Г.К. Бубнова¹,
И.К. Богуцкий²**

*Белгородский
государственный
университет*

*Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85*

²ООО «Гидротехнология»

*Россия, 308023, г. Белгород,
5-й заводской пер., 7а*

E-mail: gidrotechbel2006@yandex.ru

Обращается внимание на значительную не подтверждаемость прогнозов качества подземных вод на водозаборах региона и необходимость при выборе источников водоснабжения и поисково-разведочных работах на подземные воды изучения таких свойств воды как ее агрессивность. На примере одного из водозаборов рассмотрен механизм образования высокого содержания железа в водопродной воде.

Ключевые слова: качество подземных вод, источник водоснабжения, поисково-оценочные работы, агрессивность подземных вод, содержание железа в воде.

Введение

Анализ опыта эксплуатации водозаборов из подземных источников показывает, что на стадиях выбора источников и при производстве поисково-разведочных работ в практических прогнозах качества подземных вод до настоящего времени доминируют весьма упрощенные подходы. Одним из последствий значительного отставания в практическом внедрении достаточно разработанных методов исследований является существенная не подтверждаемость прогнозов качества подземных вод.

Так, к примеру, только на территории Белгородской области из находящихся в эксплуатации 60 водозаборов с производительностью свыше 1000 м³/сут прогнозы качества воды в различной мере не подтвердились по 49 водозаборам.

Во многом такое положение обусловлено традиционным акцентированием внимания на физические процессы формирования качества воды, в основе которых понимается смешивание вод эксплуатируемого участка с более не благоприятными по составу водами, привлекаемыми из смежных участков при горизонтальной фильтрации или перетоках по вертикали из смежных горизонтов. В определенной мере предпочтению физическим процессам в формировании качества подземных вод отдается и в самой постановке поисково-оценочных работ, что следует из указываемого обычно в специальной литературе перечня 7–8 возможных факторов изменения качества воды при эксплуатации водозаборов и задач соответствующих исследований [1, 2].

Результаты и их обсуждение

По составу подземные воды в регионе преимущественно гидрокарбонатные кальциевые и сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, реже смешанные. Минерализация 0.4–0.8 мг/дм³. Обычное содержание железа в исходной воде водоносных горизонтов зоны местного дренирования не превышает 0.1–0.3 мг/дм³, зоны замедленного водообмена, где основные запасы сосредоточены в альб-сеноманском горизонте, до 0.6–0.8 дм³.

Анализ материалов поисково-разведочных работ и опыта эксплуатации водозаборов показывает, что, несмотря на накопленный опыт, одним из серьезных недостатков до настоящего времени остается не проведение исследований по оценке влияния изменения гидродинамических условий при работе водозаборов и других факторов,



определяющим качество подземных вод. Практически не рассматриваются возможные изменения окислительно-восстановительных условий, не исследуются показатели воды, определяющие ее стабильность и условия формирования не стабильных вод.

В итоге характерными являются ситуации, когда по анализам нормируемых показателей, установленных при разведочных работах, исходная вода на источниках как бы соответствует нормам питьевой воды, но при эксплуатации водозабора в течение от первых недель до первых месяцев по качеству перестает быть нормативной или еще на изливе, или в водопроводных сетях.

При характерном в регионе положении водозаборов в поймах и на первых террасах, повышенное содержание железа, марганца, кремневой кислоты и солей жесткости связано с формированием вследствие понижения уровней в ходе эксплуатации водозаборов так называемого режима дождевания на фоне большого содержания органических веществ в зоне аэрации. Известны участки, где в таких условиях понижение пьезометрических уровней в скважинах ниже определенных отметок приводит к увеличению содержания в исходной воде элементов группы урана, в том числе со значительным превышением предельно-допустимых концентраций.

Не стабильность подземных вод проявляется или в выпадении осадков, начиная от водоносного пласта на некотором расстоянии от стенки скважины и заканчивая в водопроводных сетях, или в агрессивности воды к материалам фильтров, водоподъемного оборудования, сетей и емкостных сооружений. Степень нестабильности зависит от водородного показателя, соотношения концентраций углекислого газа, кислорода, сероводорода, кальция, магния, сульфатов, хлоридов и других веществ.

Расстояние от стенок скважины, на котором проявляется влияние выпадения осадков и кольматации коллектора в прискважинной зоне, определяется составом воды, включая содержание газов, и величиной понижения пьезометрического уровня.

Определенное представление о размерах зоны заметного проявления кольматации на проницаемость песчаного коллектора - альб-сеноманских песков с коэффициентом фильтрации 15 м/сут – дают результаты авторских натуральных исследований вскрытого карьером фильтра водопонижающей скважины, проработавшей 16 лет с производительностью 40 и 25 м³/ч (рис.1).

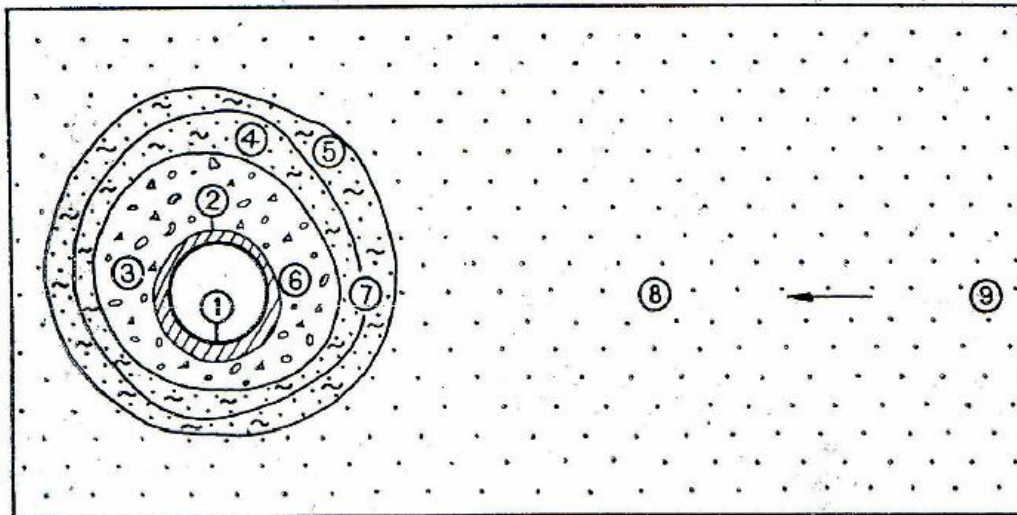


Рис. 1. Схема строения прифилтровой зоны водопонижающей скважины

1 – фильтр диаметром 219мм трубчатый щелевой с проволочной обмоткой; 2 – плотный кольматант темно-бурого цвета – 30 мм; 3 – гравийная обсыпка – 120 мм; 4, 5 – зоны сплошного – 40 мм и частично – 60мм проникновения глинистого раствора в водоносный песок при бурении; 6-9 – точки определения коэффициента фильтрации: расстояние от фильтра, м / коэффициент фильтрации м/сут: 6 – 0.03 / 62.0; 7 – 0.19 / 0.2; 8 – 1.0 / 5.4; 9 – 1.7 / 10.1. Стрелка указывает направление потока

По результатам исследований расстояние, на котором за счет коагуляции выпадающими из воды осадками заметно уменьшается коэффициент фильтрации песков, составляет 5-7 м. В составе новообразований здесь преобладают карбонаты кальция, магния и железа [3].

На стенках фильтров скважин и водоподъемных труб наряду с указанными соединениями в осадках присутствуют сульфиды железа, окислы и гидроокислы железа и марганца.

В станциях водоподготовки, работающих по схемам сухой фильтрации, осадки выпадают в виде кристаллических карбонатов кальция, магния и железа, работающих по схемам мокрой фильтрации - преобладают окисные формы железа.

В водопроводных сетях и емкостных сооружениях в зависимости от состава исходной воды, режима водообмена, давления и санитарного состояния может формироваться как окислительная, так и восстановительная среда и соответственно осадки железа могут быть представлены как в форме окислов, так и в форме сульфидов и карбонатов.

В качестве одного из характерных примеров проявления нестабильности исходной воды и условий ее формирования рассматривается исследованный нами водозабор на мело-мергельный водоносный горизонт, состоящий из 3-х скважин с общим отбором воды 600-800 м³/сут. Водозабор расположен у подножия склона корытообразной балки с тальвегом шириной около 100м. Пьезометрический уровень водоносного горизонта расположен на глубине 3-5 м.

В подобных условиях мело-мергельная толща отличается весьма высокой проницаемостью и водообильностью, в чем проявляется влияние трещин отпора в тальвеге и склоне. Основная доля ресурсов подземных вод обеспечивается за счет скрытой разгрузки харьковско-полтавского водоносного горизонта, сосредоточенной по контуру выклинивания водоупора – киевских глин на расстоянии около 100м от подножия склона (рис. 2).

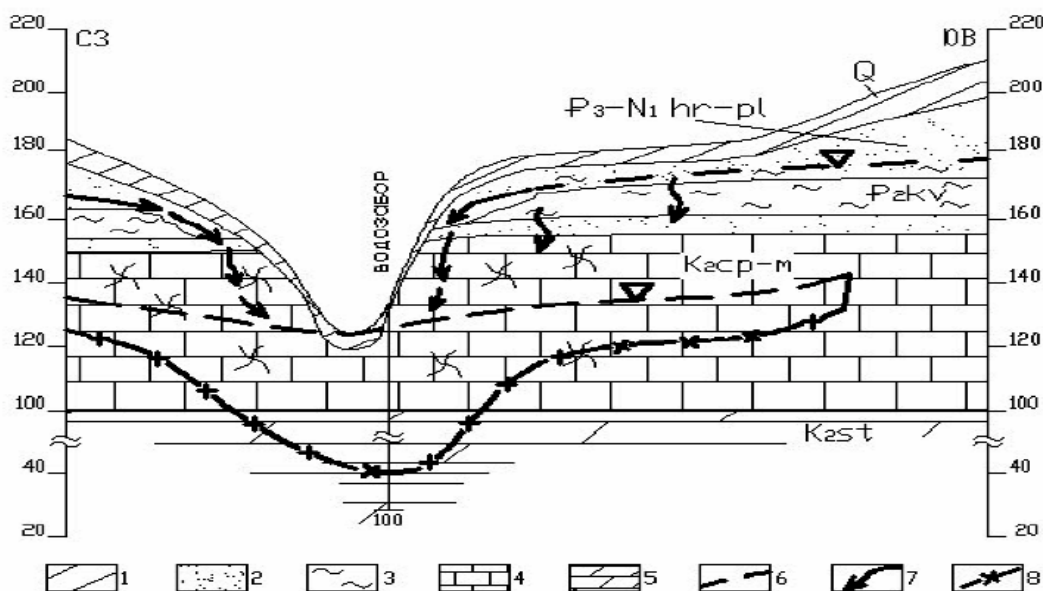


Рис. 2. Схема формирования подземных вод на участке водозабора
 1 – суглинок, 2 – песок, 3 – глины, 4 – мел, 5 – мергель, 6 – статический уровень,
 7 – направление перетока, 8 – относительный водоупор

Вода в водопроводной сети длиной 2.1 км, состоящей из полиэтиленовых труб с незначительной частью стальных труб и стальной запорной арматуры и водонапорной



башни не соответствует нормам, предъявляемым к воде систем централизованного водоснабжения. Содержание железа, составляет от 0.5 мг/л до 5.0 мг/дм³ и более при предельной допустимой концентрации (ПДК) 0.3 мг/дм³, сопровождается присутствием сероводорода и не удовлетворительными органолептическими показателями.

Для изучения причин повышенного и неустойчивого содержания железа в сети был проведен отбор серии проб воды на изливе из скважин в ходе откачек после их отстоя в течение 15 суток с определением характерных для аналогичных условий показателей. Расход откачки 25 м³/ч. Температура воды на изливе 8.5°C.

Отдельные результаты опробования, характеризующие ход изменения во времени отдельных показателей приведены в таблице.

Таблица

Результаты определения состава воды в ходе откачки

№ п.п.	Показатель	Единицы измерений	Источник						Башня
			Скважина №1						
			Время откачки, мин					сут.	
			1	10	30	60	120		
1	$Fe_{общ}$	мг/дм ³	9.65	0.54	0.28	0.20	0.14	0.06	3.55
2	Fe_2	мг/дм ³	2.10	0.33	0.18	0.14	0.07	0.06	0.00
3	Fe_3	мг/дм ³	7.55	0.21	0.10	0.06	0.07	0.00	3.55
4	pH						6.91	6.88	6.98
5	F	мг/дм ³			0.43	0.435	0.40	0.42	0.37
6	HCO_3	мг/дм ³					491	494	509*
7	Cl	мг/дм ³					22	23	31*
8	Ca	мг/дм ³					184	184	189*
9	Mg	мг/дм ³					22	24	23.3
10	Жесткость	мг-экв/дм ³					11.0	11.2	11.4*
11	SO_4	мг/дм ³					264	262	252*
12	NO_3	мг/дм ³					9.6	7.4	8.5
13	NH_4	мг/дм ³					0.05	0.05	1.24*
14	$Na + K$	мг/дм ³					76	72	73.1
15	Si	мг/дм ³					15.1	15.3	13.7
16	H_2S	мг/дм ³					0.57	0.56	*
17	Минер	мг/дм ³					1083	1081	1105
18	Окисл.	О ₂ мг/дм ³					1.52	1.36	1.20

* результаты искажены вследствие предшествующего хлорирования башни.

Полученные достаточно простым способом данные дают объяснение происхождению железа в водопроводной сети.

Фоновое содержание железа в исходной воде скважин соответствует нормам, то есть не превышает ПДК и составляет 0.06 мг/дм³. Увеличение начального содержания железа в воде скважины и в водонапорной башни до 9.65 и 3.55 мг/дм³ и, возможно, более обусловлено агрессивностью воды и коррозией металла обсадных труб скважин, водонапорных башен, стальных фасонных изделий и запорной арматуры. На это указывает и индекс насыщения исходной воды карбонатом кальция, определенный расчетом по нормативной методике, составляющий не более 0.05.

С учетом объема обводненного ствола скважины 2.2 м³ и расхода откачки время замещения воды в скважине составляет 5 минут. Содержание железа в воде, поступающей из горизонта непосредственно после 5 минут откачки, которое для данного опыта можно назвать начальным содержанием, составляет 0.7-0.8 мг/дм³.

По характеру приведенного на рис. 3 графика изменения во времени относительного содержания железа в воде, откачиваемой после 5 минутного периода откачки, процесс выноса железа из прифильтровой зоны скважины наиболее близок

к, так называемой, схеме макродисперсии, характерной для сильно трещиноватых пород [4, 5].

Распространение железа в прифильтровой зоне горизонта обусловлено его выносом из ствола исследуемой скважины во время ее 15-ти суточного отстоя фильтрационным потоком вследствие работы 3-й скважины водозабора, расположенной в 300 м.

С учетом опыта исследований в регионе агрессивность исходной воды является одной из характерных особенностей при формировании подземных вод меломергельной толщи в условиях значительного участия скрытой разгрузки в склонах сухих балок вод харьковско-полтавского горизонта, распространенного на водоразделах.

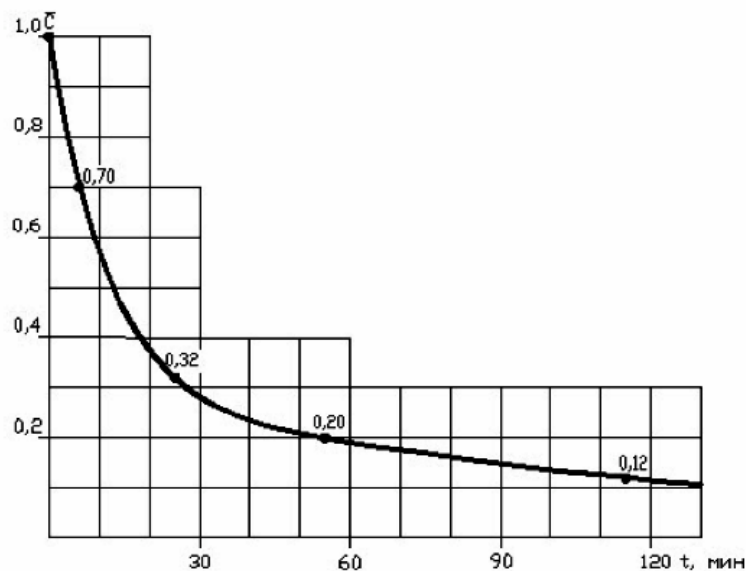


Рис. 3. График изменения относительного содержания железа в воде при откачке из скважины № 1 после её 15-ти суточного «отстоя»

$$\bar{C} = C - C_0 / C^0 - C_0. \text{ Содержание железа, мг/дм}^3: C - \text{текущее, } C_0 - \text{фоновое, } C^0 - \text{начальное}$$

Проявление агрессивности исходной воды и других не благоприятных показателей ее качества, таких как повышенное содержание сероводорода, солей жесткости, кремневой кислоты и минерализации, как правило, усиливается с приближением зон скрытой разгрузки к источникам на водоносный горизонт в мело-мергельной толще. В этом случае характерно также более высокое, чем на водозаборах в широких поймах, содержание фтора и сульфатов, реже нитратов.

Список литературы

1. Плотников Н.А. Оценка запасов подземных вод. – М.: Госгеолтехиздат, 1959. – 288 с.
2. Боровский Б.В., Дробноход Н.И., Язвин Л.С. Оценка запасов подземных вод. – К.: Выща шк. Головное изд-во., 1989. – 407 с.
3. Веселов В.В., Махмутов Т.Т., Скиданов А.Т. Техногенные гидрогеологические процессы на железорудных месторождениях Северного Казахстана. – Алма-ты: Гылым, 1993. – 320 с.
4. Шестаков В.М., Башкатов Д.Н. и др. Опыт-фильтрационные работы. – М.: Недра, 1974. – 202 с.
5. Мироненко В.А., Румынин В.Г., Боровский Б.В., Ершов Г.Е. Опыт-миграционные работы на месторождениях питьевых вод (методические рекомендации). – М.: ГИДЭК, 1998. – 130 с.



ABOUT NECESSITY OF RESEARCH OF UNDERGROUND WATERS STABILITY AT INVESTIGATION AND WATER FENCES OPERATION

**A.T. Skidanov¹,
G.K. Bubnova¹,
I.K. Bogutsky²**

¹ *Belgorod State University
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia*

² *ООО «Гидротехнология»
5th Zavodskoy lane, 7a,
Belgorod, 3080023, Russia*

*E-mail: gidrotech-
bel2006@yandex.ru*

The attention is paid to considerable not acknowledgement of forecasts of the underground waters quality for water fences of the region and necessity of studying of aggression water when sources of water supply are chosen and underground waters are explored. The mechanism of formation of the high maintenance of iron in tap water is presented using an example of water fences.

Keywords: quality of underground waters, a water supply source, search-estimated works, aggression of underground waters, the iron maintenance in water.