

Увеличение производительности водозаборных скважин обработкой порошкообразными реагентами



С. Н. Веселков,
д-р экон. наук



В. Т. Гребенников,
д-р техн. наук
valtimg@inbox.u

Всероссийская Ассоциация «АСБУР» (Некоммерческое партнерство «Конференция независимых буровых и сервисных подрядчиков»)
www.asbur.ru

ВВЕДЕНИЕ

Подземные воды играют жизненно важную роль в обеспечении населения качественной питьевой водой. В настоящее время в балансе водопотребления развитых стран наблюдается общая тенденция увеличения доли подземных вод, и при их дефиците существенно возрастает экспорт бутилированных подземных вод качественного состава для питьевого назначения.

ЦЕЛЬ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В представленной работе обобщен опыт реагентных обработок скважин, каптирующих песчаные водоносные горизонты, растворами на основе порошкообразных реагентов. Работы проводились на водозаборах подземных вод в Западной Сибири, Центральной части России, Республике Башкортостан, в Латвии, Литве и Вьетнаме.

Обработка скважин *раствором бисульфата натрия водного* проводилась на водозаборах газовых промыслов Уренгойского газоконденсатного месторождения, городов Новый Уренгой и Сургут, офшорного месторождения Белый Тигр (Вьетнам) и на водозаборах сельскохозяйственного водоснабжения в Тамбовской области.

В пределах Уренгойского газоконденсатного месторождения для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Новый Уренгой, вахтовых поселков и газовых промыслов используют олигоцен-четвертичный

Аннотация: Обобщен опыт реагентных обработок 197 скважин, каптирующих песчаные водоносные горизонты. Обработка осуществлялась растворами на основе порошкообразных реагентов. Работы проводились на водозаборах подземных вод в отдельных регионах России, а также в ряде стран ближнего и дальнего зарубежья. В результате реагентных обработок суммарный дебит скважин увеличился на 80 %, а продолжительность действия эффекта обработок составила около двух лет. В статье представлены рецептуры используемых растворов и область их применения, даны соответствующие рекомендации.

Ключевые слова: подземные воды, водозаборная скважина, дебит скважины, кольматация, обработка скважины, порошковые реагенты, межремонтный период.

водоносный комплекс, получивший повсеместное распространение и залегающий между двумя многолетнемерзлыми толщами – современной (верхней) и реликтовой (нижней) – на глубине от 50 до 190 м. Напорные подземные воды приурочены к пескам различного гранулометрического состава. По вскрытым скважинам средняя эффективная толща водоносных пород не превышает 60 м. Напор подземных вод изменяется от 30 до 90 м, коэффициент водопроводимости составляет от 600 до 1300 м²/сут. По химическому составу подземные воды в основном гидрокарбонатные натриево-кальциевые, ультрапресные с минерализацией 24–80 мг/л. Содержание двухвалентного железа составляет 2,5–6,0 мг/л, марганца – 0,3 мг/л при пониженном содержании фтора (0,04–0,08 мг/л). Температура подземных вод не превышает 2 °С.

Водозабор г. Новый Уренгой представлен площадью пятирядной системой расположения скважин. Расстояние между рядами 1000 м, между скважинами – 250–500 м. Скважины одноколонной конструкции пробурены на глубину от 60 до 170 м и оборудованы полиэтиленовыми сетчатыми фильтрами диаметром 219–245 мм и длиной 8–14 м. На 12-ти газовых про-

мыслах каптаж подземных вод производят при помощи скважин диаметром 168–245 мм, оборудованных полиэтиленовыми и латунными сетчатыми фильтрами длиной в от 6 до 25 м, но преимущественно 9–11 м. При эксплуатации скважин городского водозабора и газовых промыслов в течение 5–14 лет их удельные дебиты из-за действия процессов химического кольматажа снизились до 18–45 % относительно первоначальных значений, зафиксированных при сдаче скважин в эксплуатацию.

Технологический раствор для обработки скважин подготавливали в емкости вместимостью 8 м³, оборудованной насосом с подачей 10 м³/ч. В скважине монтировали колонну насосно-компрессорных труб диаметром 73 мм выше верхнего интервала фильтра и подсоединяли ее к оголовку. Возвратно-поступательные движения раствора в прифильтровой зоне производили при помощи компрессора. В отличие от обработок на городском водозаборе, на газовых промыслах перед приготовлением раствора воду в емкости предварительно нагревали паром до температуры 85 °С и затем приготовленный нагретый раствор закачивали в пласт. В общем случае время обработки от начала работ до пуска скважины в эксплуатацию не превышало трех суток.

В результате реагентной обработки 27 скважин городского водозабора их удельный дебит увеличился в 2 раза и достиг в среднем 72,3 % первоначальных дебитов. При этом суммарная подача воды потребителю из обработанных скважин возросла с 628,7 до 940,3 м³/ч, или на 49,5 %. На газовых промыслах при обработке 22 скважин средний удельный дебит вырос в 4,2 раза, а среднее увеличение дебита относительно первоначальных значений составило 110,4 %. Суммарная подача воды потребителю увеличилась с 187,53 до 309,92 м³/ч, или на 65,3 %.

На основании оценки интенсивности кольматационных процессов, выполненной по водозаборах подземных вод, и с учетом результатов обработок скважин были определены для выделенных групп скважин рациональные межремонтные периоды, продолжительность которых находится в пределах от 3 до 5 лет.

На водозаборе г. Сургута проведена обработка двух скважин 9-го промышленного узла, каптирующих подмерзлотный водоносный горизонт, приуроченный к отложениям мелко- и тонкозернистых песков атлымской свиты верхнего палеогена. Глубина скважин не превышает 300 м. Скважины оборудованы сетчатыми фильтрами диаметром 168 мм с гравийной обсыпкой по всей длине фильтра (60–100 м). В резуль-



Уренгойское газоконденсатное месторождение
Источник: <http://www.yamalpro.ru/2016/02/19/>

тате обработки удельный дебит скважин увеличился в среднем в 4 раза – до 84,4 % относительно первоначальных значений. При этом суммарная подача воды потребителю возросла с 50 до 86,5 м³/ч, или на 73 %.

В Тамбовской области одиночные скважины сельскохозяйственного водоснабжения каптируют неогеновый водоносный комплекс, приуроченный к пескам различного гранулометрического состава. По составу подземные воды гидрокарбонатно-кальциевого типа с минерализацией 0,7–0,9 г/л. Скважины – одноколонной конструкции, с сетчатыми фильтрами диаметром 168 мм, установленными впотай. Глубина скважин 50–75 м, длина фильтра 9–15 м. При сроке эксплуатации скважин в пределах 8–10 лет их удельные дебиты снизились в среднем до 32,5 % относительно первоначальных значений. В составе кольматирующих соединений преобладают железистые соединения. В результате реагентных обработок четырех скважин суммарная подача воды потребителю увеличилась с 17,6 до 38,7 м³/ч, или в 2,2 раза, а среднее значение удельного дебита достигло 82,6 % первоначального значения.

Крупное шельфовое нефтяное месторождение Белый Тигр расположено в южной части шельфа Вьетнама, в 100 км от берега и в 130 км от порта Вунгтау. Глубина моря в районе месторождения 50 м. На морских нефтедобывающих платформах для технологических и хозяйственных нужд используются воды водоносного горизонта свиты Бюенг-Донг плиоцена, приуроченного к песчано-глинистым отложениям и залегающего на глубине 156–166 м. Подземные воды сульфатно-натриевого состава с общей минерализацией 2 г/л при высоком содержании закисного железа (33,8 мг/л). Водовмещающими породами являются

мелко- и среднезернистые пески. Отбор подземных вод осуществляется при помощи эрлифта. Установлено существенное снижение дебита водозаборных скважин в результате действия кольматационных процессов, что предопределило необходимость поставки пресных вод танкером на отдельные платформы.

На морских платформах провели реагентные обработки двух водозаборных скважин без демонтажа водоподъемного оборудования. Фильтр каждой скважины состоит из перфорированной обсадной колонны диаметром 248 или 426 мм и перфорированной эксплуатационной колонны диаметром 168 мм, покрытой сеткой. Межтрубное пространство в интервале перфорации засыпано щебнем. Длина фильтров скважин варьируется от 3,5 до 15 м. Время обработки каждой скважины не превышало двух суток. В результате обработок суммарный дебит обеих скважин увеличился с 3,95 до 7,08 м³/ч, или на 79,2 %, и необходимость в поставке питьевых вод на платформы танкером отпала.

Обработка скважин *раствором дитионита натрия* проводилась на Киевском водозаборе г. Курска и водозаборе г. Чишмы в Башкортостане, на водозаборах сельскохозяйственного водоснабжения Литовской Республики, водозаборе г. Комсомольск-на-Днепре (с 2016 г. – Горишние Плавни) на Украине, водозаборе «Балтэзерс-Заключумяжа» г. Риги в Латвийской Республике.

Скважины Чишминского городского водозабора captируют водоносный горизонт в аллювиальных четвертичных отложениях мощностью 8–13 м, слагающих пойму р. Дёмы. Водовмещающие породы представлены песчаными и галечно-гравийными отложениями с залеганием в верхней части разреза слоя мелкозернистых песков мощностью не более 3 м. Коэффициент фильтрации водоносного горизонта изменяется от 20 до 60 м/сут. Верхнепермские глины служат водупором пласта. Скважины водозабора расположены на расстояниях от 240 до 900 м от уреза р. Дёмы. Расстояние между отдельными скважинами 140–200 м. Скважины пробурены на глубину 12–15 м роторным способом и оборудованы сетчатыми фильтрами на щелевом каркасе диаметром 300 мм. Длина рабочей части фильтра 7 м. За период эксплуатации скважин (4–12 лет) в результате действия кольматационных процессов наблюдалось снижение производительности скважин на 32–65 %. Кольматирующие осадки представлены в основном соединениями железа, массовая доля которых достигает 72 %. В результате обработок 15 скважин водозабора суммарный дебит был увеличен с 482,4 до 757,5 м³/ч, или на 57 %. При этом средний удельный дебит относительно первоначального значения составил 86,1 %, что свидетельствует о высокой

степени растворения железистых кольматирующих соединений.

Скважины Киевского водозабора г. Курска captируют аллювиальный водоносный горизонт в пойме р. Сейм. Водовмещающие породы представлены средне- и мелкозернистыми песками, характеризующиеся коэффициентом водопроницаемости в среднем 350 м²/сут. Глубина скважин не превышает 37 м. Большинство из них пробурено ударно-канатным способом и оборудовано фильтрами из перфорированных труб диаметром 250–300 мм с проволочной обмоткой и гравийной обсыпкой. Длина рабочей части фильтров в среднем равна 15 м. Через 8 лет эксплуатации производительность скважин снизилась до 20–35 % первоначального значения из-за действия кольматационных процессов. После обработки 16 скважин суммарная производительность выросла с 285,5 до 753,4 м³/ч, или на 163,8 %, и удельные дебиты скважин относительно первоначальных составили в среднем 69,8 %.

В Литве обработка скважин проводилась в центральной и южной частях республики. Здесь для водоснабжения используются в основном водоносные горизонты и комплексы, приуроченные к четвертичным, меловым и девонским отложениям. Состав водовмещающих пород изменяется от тонко-, мелкозернистых песков и песчаников до разнозернистых песков мощностью от 10–20 до 50–100 м. Коэффициент водопроницаемости водоносных пород изменяется от 30–50 до 200–400 м²/сут. Водоносные горизонты и комплексы captируются скважинами, оборудованными сетчатыми фильтрами диаметром 146, 168 и 219 мм длиной 6–10 м. Преобладают фильтры, установленные впопай. В результате обработки 65 скважин суммарный дебит увеличился с 246,4 до 524,8 м³/ч, или в 2,1 раза. При этом удельный дебит скважин вырос в среднем до 61,9 % относительно первоначального.

Водозабор Комсомольска-на-Днепре расположен в левобережной пойме Днепра, в верхней части Днепродзержинского водохранилища. Скважины captируют аллювиальные пески различной крупности. Мощность безнапорного горизонта изменяется от 13,8 до 18 м, коэффициент фильтрации находится в пределах 13,8–33,1 м/сут. Скважины пробурены ударно-канатным и роторным способами на глубину от 13 до 30 м и оборудованы гравийно-проволочными и сетчатыми фильтрами диаметром 295 и 325 мм длиной 5–6 м. За период эксплуатации в пределах 7–13 лет удельные дебиты скважин снизились до 6,9–38,3 % относительно первоначальных значений. В результате обработки 13 скважин их суммарный дебит вырос с 234,4 до 447,7 м³/ч, или на 91 %.

Обработка скважин *подкисленным раствором триполифосфата натрия* проводилась на водозаборах сельскохозяйственного водоснабжения в Тамбовской области и городском водозаборе в Латвии.

Рижский водозабор «Балтэзерс-Закюмуйжа» включает 273 скважины и эксплуатирует безнапорные водоносные горизонты Балтийского моря мощностью от 22 до 40 м. Водовмещающие породы представлены песками различной зернистости. Осредненные параметры пласта следующие: коэффициент фильтрации 30–50 м/сут, коэффициент водопроницаемости – 30–304 м²/сут. Воды гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией не более 0,3 г/л. Содержание железа находится в пределах 0,03–0,6 мг/л.

Обрабатываемые скважины оборудованы гравийно-клеевыми фильтрами диаметром 230 мм, установленными на перфорированной трубе диаметром 168 мм. Длина фильтра изменяется от 14 до 17,6 м. Из-за клевого состава фильтры устойчивы лишь в слабых кислотах. В составе кольматирующих соединений преобладают железистые соединения (73,3–80,6 %).

В результате обработок 8 скважин водозабора «Балтэзерс-Закюмуйжа» их суммарный дебит увеличен с 181,4 до 308,4 м³/ч, или на 70 %. Реагентная обработка 23 скважин сельскохозяйственного водоснабжения в Тамбовской области позволила увеличить суммарную подачу воды потребителю с 117,3 до 213,9 м³/ч, или на 82 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Обобщенные данные по эффективности обработок водозаборных скважин растворами на основе порошкообразных реагентов представлены в таблице.

Результаты экспериментальных обработок скважин в различных гидрогеологических условиях позволяют сформулировать следующие рекомендации:

1. Раствор бисульфата натрия водного можно использовать только в скважинах с устойчивыми к кислотам фильтровыми элементами. В противном случае целесообразно применять раствор дитионита натрия. Использование подкисленного раствора полифосфатов предопределяет необходимость постановки опытов по оценке устойчивости фильтровых элементов в разбавленной (5 %) соляной кислоте.

Эффективность обработок водозаборных скважин порошкообразными реагентами

Водозабор подземных вод	Число скважин	Суммарный дебит, м ³ /ч		Кратность увеличения дебита
		до обработки	после обработки	
Обработка раствором бисульфата натрия (NaHSO₄ × H₂O, 8–10 % + Na₅P₃O₁₀, 0,1 %)				
г. Новый Уренгой, РФ	27	628,7	940,3	1,5
Уренгойское газоконденсатное месторождение, РФ	22	187,53	309,92	1,65
г. Сургут, РФ	2	50,0	86,5	1,7
Шельфовое месторождение Белый Тигр, Вьетнам	2	3,95	7,08	1,8
Объекты сельскохозяйственного водоснабжения, Тамбовская обл., РФ	4	17,6	38,7	2,2
Обработка раствором дитионита натрия (Na₂S₂O₄, 6–8 % + Na₅P₃O₁₀, 1 %)				
Объекты сельскохозяйственного водоснабжения, Литва	65	246,4	524,8	2,1
г. Чишма, Башкортостан, РФ	15	482,4	757,5	1,6
г. Курск, РФ	16	285,5	753,4	2,6
г. Комсомольск-на-Днепре, Украина	13	234,4	447,7	1,9
Обработка подкисленным раствором триполифосфата натрия (HCL, 5 % + Na₅P₃O₁₀, 3 %)				
г. Рига, Латвия	8	181,4	308,4	1,7
Объекты сельскохозяйственного водоснабжения, Тамбовская обл., РФ	23	117,3	213,9	1,8
Итого	197	2435,2	4388,2	1,8

2. Введение в растворы стабилизирующей добавки триполифосфата натрия в оптимальной концентрации предотвращает вторичное осаждение солей в контакте раствора с подземными водами. Фосфатные анионы адсорбируются на зародышах или растущих кристаллах, блокируют активные центры и тем самым предотвращают выпадение солей в осадок.

3. Постановка наблюдений за изменениями дебита скважин после обработки позволит определить рациональный межремонтный период для конкретных гидрогеологических условий.

Increased productivity of water by the processing of wells powdered reagents

Veselkov S. N., Dr. Sc. (Ekon.); Grebennikov T.V., Dr. Sc. (Eng.) valtingm@inbox.ru All-Russian Association "ASBUR" (Nonprofit Partnership "Conference of Independent Drilling and Service Contractors"), www.asbur.ru

Abstract: The article summarizes the experience of reagent treatments 197 wells which capture of sandy aquifers. Wells were treated by solutions based on powdered reagents. Work was carried out on the water intakes of groundwater in some regions of Russia, as well as in a number of countries near and far abroad. As a result of the reagent treatment, the total flow rate of wells increased by 80%, and the treatment effect was prolonged to about two years. The Authors gives formulations of reagent solutions and recommendations of their application.

Key words: groundwater, water wells, well flow rate, colmatation, well treatment, powder reagents, under-stream period.