

ЭКОЛОГИЯ

УДК 556.3:626.8 (571.15)

С.В. Макарычев,
А.А. Томаровский,
О.С. Борзилов

ПРИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН

Ключевые слова: водозаборная скважина, дебит, фильтр, прифильтровая зона, механическая, химическая и биологическая кольматация, восстановление дебита.

Введение

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения сельских районов Алтайского края в основном используются подземные воды. По данным ОАО «Алтайская гидрогеологическая экспедиция» на балансе водопользователей в настоящее время находится более 4 тысяч разведочно-эксплуатационных скважин [1]. При этом значительная часть из них функционирует неэффективно со сниженными дебитами и высокими энергозатратами на подъем воды. Ситуация осложняется тем, что эксплуатируемые и вновь сооружаемые скважины имеют недостаточный ремонтпригодный срок службы большинства скважин не превышает 16-19 лет, что существенно ниже их расчетного срока эксплуатации. Недопустимо снизившие дебит скважины тампонируют и перебуривают, что требует привлечения значительных финансовых средств. Большое количество водозаборов остаются безхозными и становятся потенциальными источниками загрязнения подземных вод. В условиях роста цен на строительство и эксплуатацию скважин проблема поддержания их начальной производительности в процессе многолетней эксплуатации остается нерешенной и представляет собой актуальную научно-практическую проблему, имеющую важное народнохозяйственное значение.

Целевым назначением работ является информационное обеспечение рационального и безопасного использования недр территории Алтайского края на основе изучения состояния водозаборов подземных вод.

Задачи исследований:

- обследование водозаборов подземных вод;
- анализ проектной и фактической производительности действующих эксплуатационных скважин;
- анализ причин снижения дебита скважин и преждевременного выхода их из строя;
- разработка рекомендаций по восстановлению производительности водозаборов подземных вод.

Объекты и методы

Подземные воды являются практически единственным источником водообеспечения большей части населенных пунктов и сельхозпредприятий в Алтайском крае. Наиболее распространенным водозаборным сооружением для добычи подземной воды являются буровые скважины. Так, в настоящее время эксплуатируются 4412 водозаборов подземных вод, учтенных по форме 2-ТП (водхоз) (табл. 1).

Кроме того, более 2000 скважин являются брошенными из-за снижения дебита скважин и выхода из строя водоподъемного оборудования. В связи с чем все более актуальными становятся задачи поддержания стабильного режима работы скважинных водозаборов, удлинения срока их эксплуатации, обеспечения высокого качества подаваемой воды, а также снижения степени загрязнения окружающей среды, сопутствующего эксплуатации скважин. Научно-исследовательские работы по изучению современного технического состояния эксплуатационных скважин были проведены на территории Благовещенского, Табунского, Ключевского и Кулундинского районов.

Данные о количестве водозаборов подземных вод [4]

№ п/п	Показатели	Количество
1	Количество водозаборов	4412
2	Количество водозаборов на участках с неразведанными запасами:	
	одиночных	1865
	групповых	2547
3	Количество водозаборов на участках с разведанными запасами:	
	одиночных	189
	групповых	1210
4	Количество водопользователей	1437

В процессе исследований применялись комплексные методики, включающие рекогносцировочное обследование скважин, изучение и анализ гидрогеологических и гидрогеохимических условий месторождений подземных вод, аналитический аппарат для оценки гидродинамических показателей скважин, анализ научно-технической литературы по опыту восстановления производительности водозаборов подземных вод.

Результаты исследований

Изменение производительности водозаборов в общем случае определяется изменением граничных условий водоносного пласта, истощением запасов подземных вод, кольматажем водоприемных частей водозаборных скважин. Уменьшение дебита водозаборных скважин, изменение соотношения отбираемых расходов во взаимодействующих скважинах и колодцах обуславливают необходимость корректировки проектных данных в течение периода эксплуатации вследствие несоответствия характеристик насосов, заложенных в проекте, изменившимся дебитам и понижением уровня в скважинах [2].

В результате рекогносцировочного обследования водозаборов было установлено следующее:

- на эксплуатационных скважинах часто отсутствует контрольно-измерительная аппаратура, приспособления для замеров динамического уровня воды и объема водоотбора;
- в связи с отсутствием напорно-регулирующих емкостей с достаточным запасным объемом и перебоями в снабжении электроэнергией неизбежны остановки в работе водозаборных скважин.
- в зоне влияния водозаборов нет наблюдательной сети для изучения формирования депрессионной воронки в процессе эксплуатации подземных вод.

Отмеченные недостатки затрудняют выбор и контроль правильного режима эксплуатации водозабора, определение причин снижения производительности скважин и преждевременного выхода их из строя, а также сдер-

живают накопление опыта эксплуатации водозаборов на базе подземных вод.

Однако многолетний опыт эксплуатации водозаборов подземных вод показывает, что одной из причин снижения дебита могут быть различные виды кольматажа фильтров и прифильтровых зон скважин.

Фильтр является наиболее ответственной частью водозаборной скважины. Он предназначен для предохранения ствола скважины от обрушения и пропуска воды из водоносного пласта с наименьшим гидравлическим сопротивлением. На подземных водозаборах Кулундинской степи используются фильтры на перфорированном трубчатом каркасе с проволочной или сетчатой обмоткой с применением и без применения гравийной обсыпки. Гравийная обсыпка используется в качестве водоприемной части фильтра при разнозернистых песчаных отложениях водоносного горизонта или сложном переслаивании песков разной крупности.

Различают три вида кольматации: механическую, химическую, биологическую [3]. Механическая кольматация наблюдается в сетчатых, проволочных и щелевых фильтрах вследствие несоответствия проходных отверстий фильтров гранулометрическому составу водовмещающих пород. В результате механической кольматации водоприемные отверстия фильтров заклиниваются или перекрываются песком, глиной, гравием, в связи с чем удельный дебит скважин снижается на 20-30%.

К механической кольматации можно отнести глинизацию фильтра и прифильтровой зоны при роторном бурении скважин с промывкой глинистым раствором, когда на стенке скважины образуется плотная глинистая корка толщиной 3-6 мм, ограничивающая поступление глинистого материала и шлама в пласт. С течением времени глинистая корка уплотняется за счет усиления адсорбционных и молекулярных связей между глинистыми частицами, и ее удаление представляет значительную сложность. Поэтому необходимо стремиться к сокращению времени контакта глинистого раствора с водовмещающими породами, т.е. к оператив-

ному выполнению работ по вскрытию пласта, полному удалению бурового шлама и глинистого раствора и оборудованию скважины фильтром.

Анализ эксплуатации водозаборных скважин показывает, что их производительность и дренирующая способность также существенно снижаются во времени вследствие зарастания фильтров и прифильтровых зон скважин различными химическими соединениями. Эти соединения образуются в результате нарушения химического равновесия в пласте, связанного с действием в нем гидродинамического возмущения. Нарушение химического равновесия обуславливается смещением наиболее динамического газового равновесия, выражающегося в гидролизе бикарбоната железа, окислении закисного железа до трехвалентной формы и избыточном образовании карбонат – ионов с одновременным увеличением рН при удалении свободной углекислоты [3].

В результате нарушения химического равновесия в прифильтровой зоне за счет понижения давления происходит десорбция свободной углекислоты из подземных вод. При этом интенсифицируется гидролиз бикарбоната железа, в результате чего Fe^{2+} окисляется до Fe^{3+} с образованием гидроксида трехвалентного железа $Fe(OH)_3$, основного коагулирующего соединения.

Процессы химического коагулянта, происходящие в прифильтровых зонах скважин, интенсифицируются биологической деятельностью. Биологическая коагуляция обусловлена жизнедеятельностью микроорганизмов. Наиболее активно бактерии размножаются у фильтров, где в основном скапливаются осадки, образовавшиеся под действием химических и электрохимических процессов. В результате жизнедеятельности железобактерий выделяется гидрат окиси железа, что способствует переводу закиси железа в нерастворимую окись, осаждающуюся на рабочей поверхности фильтров, внутренних стенках ствола скважин и насосном оборудовании. Присутствующие в подземных водах марганцевые бактерии используют энергию окисления закисных соединений и переводят их в малорастворимые окисные соединения. Интенсивная биологическая коагуляция характерна для подземных вод с содержанием кислорода 5 мг/дм³ и более, находящихся в первых от поверхности земли водоносных горизонтах.

Методы декоагуляции скважинных фильтров различают по характеру воздействия на коагулирующие образования. Очистка фильтров может осуществляться растворением коагулянта различными химическими веществами (реагентный метод) либо его разрушением физико-механи-

ческим воздействием (механические и импульсные методы). В некоторых случаях для достижения необходимого эффекта названные методы комбинируются.

Реагенты, используемые для регенерации скважинных фильтров, различаются как по своему агрегатному состоянию (жидкие, порошкообразные и газообразные), так и по характеру взаимодействия с веществами коагулянта (нейтрализаторы, восстановители и комплексообразователи). Наиболее широкое распространение получили так называемые реагенты-нейтрализаторы. Механизм взаимодействия таких химикатов с коагулянтами заключается в протекании реакций нейтрализации с переводом нерастворимых гидроксидов и карбонатов металлов в растворимые соли. Наиболее эффективными реагентами данной группы является соляная кислота. Высокая эффективность обработки скважины соляной кислотой связана с хорошей растворимостью в воде хлоридов, образующихся в результате взаимодействия кислоты с веществами коагулянта. Для предотвращения коррозии металлических частей скважины в ходе кислотных обработок в кислоту вводят ингибиторы катапин – А, катапин – Б, уникол и др. [3, 4].

При обработке закоагулированных фильтров реагентами – восстановителями происходят реакции химического восстановления веществ коагулянта с переводом их в растворимое состояние. Например, при взаимодействии соединений трёхвалентного железа с дитионитом натрия ($Na_2S_2O_4$) происходит восстановление железа до растворимых двухвалентных форм.

Процесс растворения коагулирующих соединений при их взаимодействии с реагентами – комплексообразователями заключается в образовании комплексных соединений железа и кальция, которые хорошо растворимы в воде. В качестве реагентов-комплексообразователей применяются триполифосфат натрия ($Na_5P_3O_{10}$), гексаметафосфат натрия ($Na_6P_6O_{18}$) и др.

Реагент выбирают в зависимости от состава коагулянта и устойчивости конструктивных элементов скважин против агрессивного воздействия реагента (табл. 2).

Обработка водозаборных скважин реагентами может осуществляться свободным наливом растворов реагентов в скважину (метод реагентной ванны) или циклическим задавливанием реагента в скважину сжатым воздухом. Регенерация фильтров водозаборных скважин способом реагентной ванны производится при уровне залегания подземных вод более 30 м. В данном случае раствор реагента подаётся в полость фильтра и выдерживается в течение определенного времени (10-12 ч).

Область применения реагентов

Характеристики обрабатываемых скважин	Реагенты и их компоненты	Концентрация применяемых реагентов, %
Фильтр скважины и прифильтровая обсыпка кислотоустойчивы. Кольматирующие соединения представлены $\text{Fe}(\text{OH})_3$; FeS ; FeCO_3 ; CaCO_3	$\text{HCl} + \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ $\text{N}_2\text{H}_4 + 2\text{HCl} + \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ $\text{NH}_3\text{O}_3\text{H} + \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 + \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$	20-25 + 0,5-0,8 8-10 + 0,1 5-7 + 0,1 6-8 + 1,0 7-10
Фильтр скважины и прифильтровая обсыпка устойчивы к разбавленной кислоте. Кольматирующие соединения представлены $\text{Fe}(\text{OH})_3$; FeS ; FeCO_3 ; CaCO_3	$\text{HCl} + \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	5-10 + 2,5
Фильтр и прифильтровая обсыпка неустойчивы к кислоте. Кольматирующие соединения с преобладанием $\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	5-10 1,0

Реагентная обработка скважины с циклическим задавливанием реагента производится путем последовательного повышения и снятия давления или вакуумированием скважин с последующей разгерметизацией. При этом создаётся возвратно-поступательное движение столба воды в скважине и увеличивается глубина проникновения реагента за пределы фильтра в профильтровую зону и повышается интенсивность взаимодействия реагента с кольматантами. Превышение давления над естественным пластовым при циклической реагентной обработке скважин должно составлять 0,13-0,2 МПа при продолжительности задавливания 10 мин. и снятии давления до 5 мин. Общая продолжительность реагентной обработки скважин при циклическом задавливании реагента снижается до 2 ч. Повышение давления в полости скважины создается за счет нагнетания сжатого воздуха или азота. При этом максимальное понижение уровня жидкости в скважине не должно быть более 2 м [5].

Среди импульсных методов наибольшее распространение получили взрывная, электрогидравлическая и пневмоимпульсная обработки [6]. Импульсные методы разглинизации основаны на использовании энергии, выделяющейся в течение короткого времени в результате химического превращения вещества (взрыва твердых и газообразных ВВ) при выхлопе сжатого воздуха в жидкость (пневмовзрыве), при электрическом разряде в жидкости (электровзрыве), при резком изменении скорости движения жидкости (гидравлическом ударе). Механизм воздействия импульсных нагрузок на фильтр и прифильтровую зону практически не зависит от источника их создания. Под действием ударных волн, возникающих при взрывах всех видов, разрушается глинистая корка на поверхности фильтра и на стенках скважины, формируются дополнительные трещины и дренажные каналы в водоносной породе, частично разрушающейся у стенок скважины, нарушаются структурные связи между частицами глины, породой и фильт-

ром. Гидродинамические и фильтрационные потоки, образующиеся при взрывах вследствие изменения давления внутри скважины, способствуют удалению разрушенного осадка с поверхности фильтра, из пор и трещин и восстановлению водопритока.

В скважинах с пластмассовыми фильтрами из ПВХ и полиэтилена, а также в скважинах с фильтрами блочного типа импульсные методы использовать не рекомендуется.

Более высокая степень разглинизации скважин и восстановления структуры и пористости водоносной породы достигается при использовании комбинированных методов обработки скважин, сочетающих гидравлическое, импульсное или вибрационное воздействие с последующей или одновременной реагентной обработкой. Под действием гидродинамических нагрузок при различных источниках их создания водонепроницаемые структуры разрушаются, создаются дополнительные трещины и каналы, увеличивается контакт реагента с глинистыми отложениями, обеспечивается более глубокое проникновение реагента за контур фильтра за счет интенсификации массообмена между растворителем и кольматантом и лучший отвод растворенных веществ из зоны контакта. Это способствует более полному извлечению кольматирующих образований из прифильтровой зоны скважины.

Технология этих методов восстановления производительности скважин достаточно хорошо разработана и регламентируется специальными руководствами и инструкциями [2, 4, 6].

Представленные факторы могут действовать одновременно и усиливать влияние друг друга. Снижающийся дебит и уровень воды в скважине заставляют опускать насос ниже, в водоприемную часть скважины. Такое расположение насоса усиливает вымывание частиц из горизонта. В открытом стволе в результате динамических воздействий, передаваемых от работающего насоса, и падения гидростатического давления столба жидкости увеличивается вероятность об-

рушения стенок скважины. Вывалившаяся порода препятствует свободному доступу воды в скважину.

Для выявления целесообразности восстановительных работ и периодичности их проведения на водозаборных скважинах необходимо в процессе эксплуатации выполнить опробование скважин для оценки роста их сопротивления и снижения удельной производительности в результате кольматации и сопоставления полученных текущих величин с первоначальными параметрами.

Выводы

1. К факторам, которые влияют с различной степенью интенсивности на продолжительность работы скважин, можно отнести геологическое строение, способ бурения, конструкцию скважины, конструкцию фильтра, способ установки фильтра, способы и сроки освоения скважин и режим эксплуатации.

2. При установке фильтра необходимо стремиться к уменьшению его глинизации. Для этого рекомендуется опускать фильтр с нижним открытым концом или с промывочными окнами, устанавливая выше фильтра цементный мост, разбурываемый после установки фильтра, покрывать фильтр специальными составами, растворяемыми после спуска его в скважину.

3. Предотвратить химическую кольматацию скважин при использовании вод с неустойчивым химическим составом невозможно, поскольку ее причиной является нарушение естественного режима водоносного пласта. Для уменьшения интенсивности кольматации следует не допускать неравномерного режима эксплуатации скважин, из-за которого происходит аэрация подземных вод, не использовать эрлифтные подъемники, необходимо проверять работу обратных клапанов погруженных насосов,

чтобы предотвратить поступление аэрированных вод в зону фильтра. Высота столба воды от верхней секции насоса до динамического уровня воды в скважине, при которой не происходит активного аэрирования воды и интенсивного осадкообразования, не должна превышать 6-7 м.

4. Надежность эксплуатации подземного водозабора во многом зависит от качественного и полного выполнения строительной организацией всего комплекса работ, предусмотренного проектом. Обеспечению этого условия способствует технический надзор со стороны заказчика, проведение которого в период строительства обязательно.

Библиографический список

1. Государственный учет вод за 2011 год: отчет о НИР / ОАО «Алтайская гидрогеологическая экспедиция»; руководитель Епихин С.П.; исполнитель Лиходеева Е.П. – с. Боровиха, 2011. – 170 с. – Гос. рег. № 035-11-48.

2. Алексеев В.С., Гребенников В.Т. Восстановление дебита водозаборных скважин. – М.: Агропромиздат, 1987. – 239 с.

3. Арене В.Ж. Физико-химическая геотехнология: учебное пособие / Рос. акад. естественных наук. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 656 с.

4. Ивашечкин В.В., Шейко А.М., Кондратович А.Н. Регенерация скважинных и напорных фильтров систем водоснабжения / под ред. В.В. Ивашечкина. – Минск: БНТУ, 2008. – 276 с.

5. Башкатов А.Д. Прогрессивные технологии сооружения скважин. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 554 с.

6. Дыбленко В.П., Камалов Р.Н., Шарифулин Р.Я. и др. Повышение продуктивности и реанимация скважин с применением виброволнового воздействия. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 381 с.



УДК 632.752.2:633.358

**Е.Ю. Мармулева,
Е.Ю. Торопова,
Н.В. Давыдова,
С.А. Неустроева**

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЭНТОМОКОМПЛЕКСА КОРМОВЫХ БОБОВ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

Ключевые слова: кормовые бобы, клубеньковые долгоносики, жужелицы, динамика популяции, погодные условия, соотношение численности.

Бобы – ценная овощная, кормовая и сидеральная культура, урожайность которой в северной лесостепи Приобья значительно ниже ее биологического потенциала [1].