

Ивашечкин В.В., д-р техн. наук, зав. каф.,
Кондратович А.Н., старший преподаватель,
Белорусский национальный технический
университет, Республика Беларусь, г. Минск

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СКВАЖИН НА ГОРОДСКИХ ВОДОЗАБОРАХ БЕЛАРУСИ

Аннотация: в статье представлены результаты применения технологий по восстановлению производительности высокодебитных водозаборных скважин на городских водозаборах, снизивших в процессе эксплуатации свой дебит вследствие кольматации фильтров и призабойной зоны.

Ключевые слова: водозаборная скважина, кольматирующие отложения, технологии, дебит скважины.

Скважины городских водозаборов, будучи высокодебитными, эксплуатируются в отличие от большинства сельских скважин практически круглосуточно и по объемам прошедшей через фильтр воды во много раз превосходят сельские. Это обуславливает более высокую степень кольматации (зарастания) прифильтровой зоны, которая пропорциональна объему прошедшей через фильтр воды и, соответственно, дебиту скважины. В первые 2-5 лет эксплуатации скважин в прифильтровой зоне накапливаются рыхлые малопрочные отложения, которые легко разрушаются импульсами давления. Со временем происходит кристаллизация водно-коллоидных связей и в прифильтровой зоне образуется плотный цемент обрастания зерен песка и гравия. Прочность отложений на одноосное сжатие может превышать (1-2) МПа. Городские скважины со сроком эксплуатации более 5-6 лет, оснащенные, как правило, проволочными фильтрами диаметрами 250-350 мм имеют достаточно прочную и глубокую кольматацию, которая приурочена к гравийной обсыпке.

С целью восстановления производительности водозаборных скважин периодически, уже через 5-6 лет активной эксплуатации, необходимо проводить работы по очистке фильтра скважин и призабойной зоны от кольматирующих отложений. Наибольшее распространение на практике получили импульсные методы восстановления, как наиболее доступные, дешевые и относительно простые в применении. К основным импульсным методам относятся электрогидравлический разряд в воде, пневмовзрыв и взрывы газовых смесей (пропан-бутана, ацетилена, водорода).

По характеру воздействия на закольматированную гравийную обсыпку все импульсные методы регенерации фильтров скважин можно классифицировать по свойственным им декольматирующим факторам.

Энергия, идущая на разрушение и извлечение разрушенных кольматирующих отложений из фильтра и прифильтровой зоны, может быть в общем случае передана фильтру в виде ударной волны, волн сжатия и разрежения, гидротока в полости фильтра и соответствующего знакопеременного фильтрационного потока в пористой среде. Тот из импульсных методов, который об-

ладает наибольшим количеством из вышеперечисленных декольматирующих факторов, будет иметь наибольшую область применения и обладать наибольшей эффективностью в данных гидрологических условиях.

При электрогидравлической обработке декольматация фильтра и прилегающих к нему слоев гравийной обсыпки достигается в основном за счет ударной волны, акустических волн и гидротоков, возникающих при пульсациях парогазового пузыря [1]. Однако, учитывая малые размеры пузыря, имеющего диаметр не более 10 сантиметров, следует отметить, что фильтрационные потоки при этом методе незначительные, что снижает эффект регенерации особенно в скважинах большого диаметра.

ЭГ-обработка фильтров большого диаметра позволяет восстанавливать удельный дебит до (20-30) % от удельного дебита новой скважины. Но после обработки этим методом относительно часто наблюдается пескование скважин, вплоть до выхода скважин из строя, вследствие разрушения фильтра.

Для пневмовзрывной обработки характерно распространение волн сжатия и разряжения, образование гидротоков и фильтрационных потоков, сопровождающих расширение и пульсацию воздушного пузыря, образовавшегося при выхлопе порции сжатого воздуха в полость фильтра [3]. При применении этого метода возможен воздушный кольматаж от попадания сжатого воздуха в пористую среду гравийной обсыпки и последующее усиление биологического кольматая, если в фильтре находятся колонии железомарганцевых бактерий. Степень восстановления удельного дебита составляет (20-60) % от первоначального.

При использовании взрыва газовой смеси наиболее эффективным и безопасным в применении является взрыв водородно-кислородной смеси, которую можно получать в скважинном устройстве непосредственно в зоне фильтра. При газодинамическом методе регенерации фильтров скважин на основе водорода присутствуют все четыре декольматирующих фактора и дополнительно имеет место имплозионное воздействие, которое проявляется на последней стадии движения продуктов взрыва водорода – водяных паров. При конденсации водяных паров, которая усиливается при достижении паровым пузырем максимальных размеров, происходит резкое захлопывание пузыря, с инициированием фильтрационного потока с большими градиентами в прифилтровой зоне [2]. Одновременно происходит резкое падение вышележащего водяного столба в скважине с возникновением гидроудара, который вызывает 2-ой импульс давления в полости фильтра.

Скорости обратного фильтрационного потока таковы, что являются достаточными для отрыва частиц разрушенного кольматанта от поверхности фильтрующих каналов и выноса частиц в ствол скважины. Если совмещать регенерацию с эрлифтной прокачкой, то эффективность процесса дополнительно увеличивается.

Поэтому, для поддержания стабильной работы скважин необходимо наряду с работами по разрушению и диспергированию декольматирующих отложений, производить мероприятия по их удалению из прифилтровых зон. С этой

задачей могут справиться такие методы регенерации фильтров, которые способны создать вначале эксплозионное воздействие на фильтр и прифильтровую зону, а затем сразу же имплозионное воздействие.

Авторами разработана и внедрена на практике технология восстановления производительности скважин с использованием взрыва водородно-кислородной смеси. Эта технология успешно применяется на городских водозаборах таких городов, как Минск, Молодечно, Слоним, Ошмяны, Толочин, Жодино и на многих сельских скважинах.

В таблице 1 приведены результаты обработки скважин на водозаборе г. Жодино.

Регенерация фильтров скважин импульсными методами достаточно недорогое мероприятие, однако в большинстве своем обеспечивает разрушение цементирующих связей кольматирующего материала и частичное его удаление только из прилегающего к фильтру участка прифильтровой зоны. Учитывая большую глубину распространения кольматанта в гравийной обсыпке (250-300) мм, следует заключить, что значительная часть кольматирующего материала остается в поровом пространстве водовмещающих пород и не удаляется при откачке. Поэтому продолжительность эффекта импульсной регенерации небольшая и составляет 5-6 месяцев.

Таблица 1

Результаты прироста удельного дебита водозаборных скважин Жодинского водоканала

№ скважины	Диаметр фильтра, мм		Длина фильтра, м	Дата сдачи в эксплуатацию	Удельный дебит, м ³ /(ч·м)			Коэффициент эффективности, q_2/q_1 , раз	Степень восстановления удельного дебита, q_2/q_0 , %
	Глубина скважины, м					в начале эксплуатации, q_0	до обработки, q_1		
1/97	273/92	16	1997 г.	7,43	2,3	6,5	2,8	87	
3Б	325/95	20	1996 г.	7	3,1	13,3	5,9	190	
3А	377/97	16	1975 г.	24	0,2	1,9	9,5	8	
2	325/99	18	1990 г.	5,4	2,2	2,9	1,32	53	
4	325/95	18	1984 г.	8	2,3	6,5	2,8	81	

В этой связи для длительно эксплуатирующихся скважин, становятся актуальными комбинированные обработки, представляющие собой сочетание импульсных, механических и реагентных методов восстановления их дебита.

Период стабильной работы скважин после таких обработок может достигать нескольких лет. Стоимость обработок несколько возрастает за счет дополнительного использования реагентов, однако она на порядок меньше стоимости новой скважины. Это позволяет считать эти методы ресурсосберегающими. Применение же правильно подобранных на стадии лабораторных исследований

реагентов, не наносящих ущерба окружающей среде, позволяет считать эти методы экологически безопасными.

Авторами разработана и внедрена с 2003 года на водозаборах г. Минска технология комплексного импульсно-виброреагентного воздействия в виде последовательной обработки фильтра подводными взрывами водорода, механической очистки щетками, реагентной обработки с последующей виброимпульсной обработкой прифильтровой зоны, совмещенной с эрлифтной откачкой [4]. Такая последовательность операций обоснована: подводные взрывы обеспечивают дробление и разрушение колюматизирующих отложений в прифильтровой зоне; механическая обработка очищает перфорацию и внутреннюю поверхность фильтра; реагентная обработка растворяет оставшийся колюматант, нарушает связи внутри частиц колюматанта и на контакте с зернами обсыпки; виброимпульсная обработка с эрлифтной откачкой обеспечивает создание пульсирующего низкочастотного гидротока, направленного в сторону призабойной зоны скважины, и облегчает вынос колюматанта из глубины прифильтровой зоны.

Для реализации метода виброволнового воздействия на водозаборных скважинах применяется гидродинамическая машина на базе автомобиля ЗИЛ-433362 для промывки водоводов, эрлифт и скважинный генератор низкочастотных колебаний, который опускается в скважину на шланге гидродинамической машины. Поршневой насос высокого давления, установленный на автомобиле, обеспечивает рабочее давление до 15 Мпа и расход до 10-12 м³/час, что достаточно, чтобы генератор работал в расчетном режиме и обеспечивал необходимые параметры воздействия на ПЗС. Технологическая схема виброволнового воздействия представлена на рис. 1.

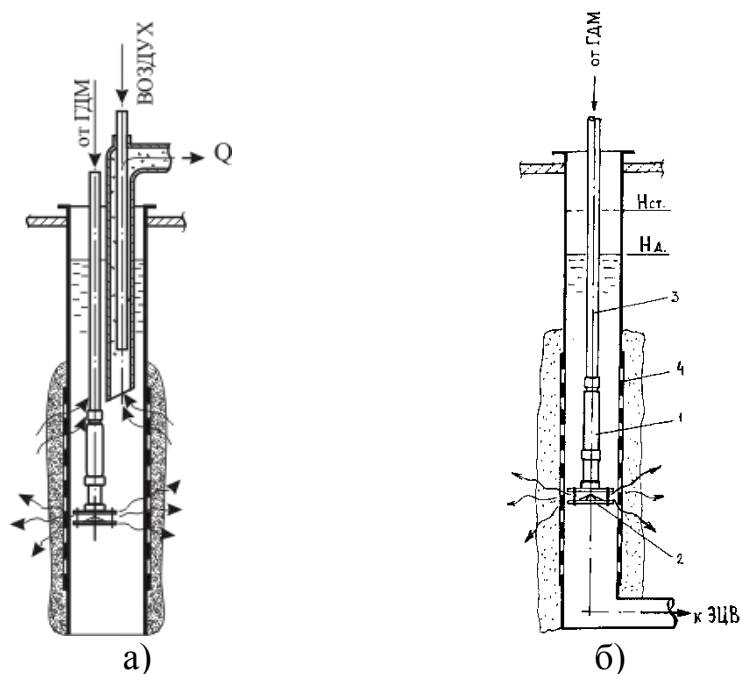


Рис. 1. Схема проведения опытно-восстановительных работ вибро-волновым способом: а) при совместной работе генератора с эрлифтом; б) при откачке воды насосом ЭЦВ (при двухколонной конструкции скважины). 1 – генератор; 2 – отражатель; 3 – шланг высокого давления от ГДМ; 4 – фильтр скважины

В качестве источника низкочастотных импульсов применяется генератор типа ГД2В-3В, разработанный фирмой «Oil-Engineering» (г. Уфа). Этот тип генератора имеет небольшие размеры ($d = 45\text{мм}$, вес – 8кг), что позволяет применять его без трубы высокого давления, присоединяя непосредственно к шлангу гидродинамической машины. Малые размеры генератора позволяют его использовать для обработок скважин любого диаметра при одновременном использовании эрлифта.

Перед спуском в скважину генератор проверяется на поверхности на нескольких рабочих режимах (рис. 2).



Рис. 2. Проверка работы генератора ГД2В-3В перед спуском в скважину № 25, водозабор «Дражня»

Таблица 2

Эффективность восстановления скважин газоимпульсно – реагентно - вибро-волновой технологией

№№ скважин/ водозабор	Первоначальный удельный дебит, $\text{м}^3/\text{ч}$	Газоимпульсно-реагентно-виброволновая обработка		Общее увеличение удельного дебита, раз	Восстановление уд. дебита относительно первоначального, %
		Уд. дебит до обработки, $\text{м}^3/\text{ч}$	Уд. дебит после обработки, $\text{м}^3/\text{ч}$		
18«Зеленовка»	21,7	6	15	2,5	69
28б«Зеленовка»	13,3	2,2	8,57	3,9	30
19б«Зеленовка»	4,8	1,7	3,64	2,4	50
7б«Рыщицы»	3	0,3	-	4	40
0б«Дражня»	20	4	-	2,8	57
29б«Дражня»	25,5	3,3	18,9	5,7	74
28б«Новинки»	10,2	0,84	4,5	5,4	53
5б «Боровляны»	24	6,4	18	2,8	79

Проведенные опытно-восстановительные работы на скважинах УП «Минскводоканал» показали, что применение технологий импульсно-волнового и импульсно-вибросреагентного воздействия с оптимально подобранными параметрами воздействия на фильтр и прифильтровую зону позволяет добиться вос-

становления удельного дебита до величины 50-80% первоначального удельного дебита скважины. Результаты обработок некоторых скважин на водозаборах Минска приведены в таблице 2. С учетом того, что затраты на восстановительные работы составляют порядка 4-8% от стоимости бурения новой скважины, то эти работы можно считать вполне приемлемой альтернативной бурению новой скважины. Эффект после применения комплексных технологий сохраняется в течение 3-4 лет.

Библиографический список

1. Башкатов Д.Н., Драхлис С.Л., Сафонов В.В., Квашнин Г.П. Специальные работы при бурении и образовании скважин на воду: справочник. – М.: Недра, 1988. – 268 с.
2. Ивашечкин В.В., Технологические параметры декольматации фильтров скважин газоимпульсным методом // Сооружение и эксплуатация водозаборов подземных вод. Материалы семинара. – М., 1991.
3. Балашканд М.И., Ловля С.А. Источники возбуждения упругих волн при сейсморазведке на акваториях. – М.: Недра, 1977. – 150 с.
4. Ивашечкин В.В., Шейко А.М., Кондратович А.Н. Регенерация скважинных и напорных фильтров систем водоснабжения. – Мн.: БНТУ, 2008. – 276 с.

Ильин В.В., Григорьев А.И., Захарова Я.А.,
Тюменский индустриальный университет

ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ САМОКОМПЕНСИРУЮЩИХСЯ ТРУБ

Аннотация: в статье рассматривается бескомпенсаторная прокладка тепловых сетей из самокомпенсирующихся труб (СК труб). Проведен анализ аэродинамических исследований СК труб по определению влияния гофра на аэродинамическое сопротивление. Приводятся данные по проведению натуральных гидравлических испытаний. Описывается эксперимент и делаются выводы по стендовым испытаниям модельных СК труб.

Ключевые слова: бескомпенсаторная прокладка тепловой сети, самокомпенсирующаяся труба, гидравлическое сопротивление, теплогидравлический стенд, натурные гидравлические испытания.

Системы централизованного теплоснабжения представляют из себя триаду, состоящую из следующих элементов:

1. Источник, вырабатывающий тепло (ТЭЦ, крупные районные котельные);
2. Комплекс протяженных на сотни километров трубопроводов тепловых сетей из труб различных диаметров, транспортирующих теплоноситель к потребителям;
3. Потребители, использующие тепло на нужды отопления, горячего водоснабжения и вентиляции.

Доставка горячей воды к потребителям от источника тепла связана со строительством и эксплуатацией магистральных и внутриквартальных тепловых сетей. Только в Тюмени количество магистральных теплосетей – 70 км, а внутриквартальных – 340 км. Транспортируется по тепловым сетям высокотем-