

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл, Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием. Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству . Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем. Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

УДК 628.114

ШЕЙКО

Андрей Михайлович

**ЦИРКУЛЯЦИОННО-РЕАГЕНТНАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ
СКВАЖИН НА ВОДУ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальностям 05.23.04 – Водоснабжение, канализация, строительные
системы охраны водных ресурсов и
05.23.16 – Гидравлика и инженерная гидрология

Минск, 2008

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете.

Научный руководитель – **Ивашечкин Владимир Васильевич**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Гидравлика», Белорусский национальный технический университет

Официальные оппоненты: **Гуринович Анатолий Дмитриевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Экономика строительства», Белорусский национальный технический университет;

Митрахович Александр Иванович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидротехники, РУП «Институт мелиорации»

Оппонирующая организация – Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов»

Защита состоится «16» мая 2008 г. в 14⁰⁰ часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.05.10 Белорусского национального технического университета по адресу: 220013, г. Минск, проспект Независимости, 65, корп. 1, ауд. 202, тел. ученого секретаря (017) 265-97-29.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан «10» апреля 2008 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций



Нестеров Л. В.

© Шейко А.М., 2008

© БНТУ, 2008

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации водозаборов подземных вод систем водоснабжения удельный дебит скважин снижается по причине уменьшения проницаемости фильтра и прифильтровой зоны, вызванного коьматационными процессами. Эксплуатация скважины без проведения профилактических и ремонтных мероприятий влечет за собой увеличение затрат на перерасход электроэнергии работающих насосов до 20%. В условиях роста цен на энергоносители поддержание стабильной работы водозаборных скважин является актуальной задачей. Поэтому интенсификация работы существующих скважин позволит осуществить значительную экономию средств и материальных ресурсов.

Реагентные методы регенерации являются эффективными для восстановления проницаемости фильтра и прифильтровой зоны и увеличения срока эксплуатации скважин. Вместе с тем традиционные реагентные способы регенерации (такие, как реагентная ванна и циклическое задавливание реагента) не всегда гарантируют полное удаление коьматирующего осадка из скважины.

Известные циркуляционные способы отличаются большей эффективностью. Однако они не обеспечивают необходимой глубины и равномерности очистки при сцементированности коьматирующего осадка и значительной глубине его проникновения. Поэтому дальнейшее совершенствование технологий циркуляционной регенерации, обеспечивающих равномерное удаление коьматирующего осадка, увеличение межремонтного периода и срока службы скважин является актуальной научно-технической задачей, решение которой имеет важное практическое значение для поддержания стабильной работы водозаборных скважин систем городского, сельскохозяйственного и промышленного водоснабжения, а также оросительных и дренажных систем мелиорации.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами. Тема диссертации включена в утвержденные научные планы работы кафедры «Гидравлика» БНТУ на 2006 - 2010 гг.: «Разработка энергоресурсосберегающих наукоемких технологий растворения, смешения, очистки, фильтрации, сепарации, импульсной обработки, экономичных движителей, включая оптимизацию гидрологических расчетов» и Министерства жилищно-коммунального хозяйства и соответствует следующим приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2006 - 2010 гг. (Перечень утвержден Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 17 мая 2005 г. № 512):

1) энергообеспечение, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, энергосбережение и эффективное использование энергии; создание

энерго- и ресурсоэкономичных архитектурно-конструктивных систем нового поколения (п. 1.3. новые строительные материалы, конструкции и технологии, строительная теплофизика);

5) повышение эффективности агропромышленного комплекса и уровня продовольственной безопасности, разработка интенсивных и ресурсоэкономных технологий ведения сельского хозяйства (п. 5.8. разработка адаптивных ресурсосберегающих экологически безопасных технологий и технических средств);

8) экологическая безопасность, охрана окружающей среды, полезные ископаемые и недра Беларуси, эффективное использование и возобновление природных ресурсов, предупреждение и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций (п. 8.5. новые ресурсосберегающие и биосферносовместимые технологии и материалы).

Научные исследования по теме диссертации выполнялись в рамках темы № ГБ 06 – 107 «Разработка импульсно-химической поинтервальной технологии регенерации фильтров водозаборных скважин», Минск 2006 г. ГР № 20061392, утвержденной и финансируемой Министерством образования Республики Беларусь; в рамках НИОКР «Провести исследования, разработать и внедрить технологию циркуляционно-реагентного восстановления производительности водозаборных скважин» ГНТП «Городское хозяйство», Минск 2006 - 2007 гг. ГР № 2007623.

Цель и задачи исследования. Цель работы – разработать технологию циркуляционно-реагентной регенерации скважин на воду, обеспечивающую равномерное удаление коагулирующего осадка, увеличение межремонтного периода регенерации, продление срока службы скважин. Объект исследования – скважины систем водоснабжения. Предмет исследования – технология реагентной регенерации водозаборных скважин. Для поддержания стабильной работы водозаборов подземных вод систем водоснабжения используются реагентные способы регенерации, которые не всегда обеспечивают полное удаление коагулирующего осадка из скважин. Повышение эффективности регенерации водозаборных скважин путем совершенствования технологии реагентной обработки позволит снизить энергетические затраты, продлить срок службы и межремонтный период скважин.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать конструкцию секторного устройства циркуляционной регенерации (СУЦР), которое делит фильтр скважины в процессе поинтервальной обработки водозаборных скважин на нагнетательные и всасывающие сектора.

2. Разработать математическую модель, описывающую закономерности движения циркуляционного потока от нагнетательных к всасывающим секторам, которая позволяет рассчитывать напор и скорость в любой точке прифильтровой зоны скважины.

3. Теоретически и экспериментально исследовать параметры циркуляционного потока жидкости в прифильтровой зоне скважины, фильтр которой разделен на сектора.

4. Исследовать кинетику выщелачивания кольматирующих отложений раствором дитионита натрия для обоснования продолжительности процесса регенерации в зависимости от скорости движения реагента и эффективности применения циркуляционного способа регенерации.

5. Разработать методику расчета конструктивных параметров секторного устройства циркуляционно-реагентной регенерации.

6. Разработать технологию поинтервальной циркуляционно-реагентной регенерации скважин с применением СУЦР. Определить параметры кольмататора и межремонтные сроки регенерации действующих скважин водозаборов г. Минска.

7. Создать опытный образец СУЦР и оценить эффективность его применения в полевых условиях.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Конструкция секторного устройства циркуляционно-реагентной регенерации, которое делит фильтр скважины в процессе поинтервальной обработки водозаборных скважин на нагнетательные и всасывающие сектора и позволяет обеспечить необходимую скорость циркуляции и глубину проникновения реагента в прифильтровую закольматированную зону скважины.

2. Математическая модель установившегося циркуляционного движения жидкости в прифильтровой зоне скважины. Отличие модели состоит в том, что циркуляция жидкости в прифильтровой зоне осуществляется от нагнетательных к всасывающим секторам, образованным путем деления фильтра скважины горизонтальными и вертикальными пакерами. Получены зависимости для определения напора и скорости жидкости в любой точке прифильтровой зоны скважины с постоянной и измененной проницаемостями.

3. Кинетические закономерности выщелачивания кольматирующих отложений раствором дитионита натрия, устанавливающие зависимость продолжительности выщелачивания от скорости движения реагента. Экспериментально обоснована эффективность применения циркуляционно-реагентного способа очистки фильтров скважин от кольматирующего осадка.

4. Методика расчета конструктивных параметров секторного устройства циркуляционно-реагентной регенерации.

5. Технология поинтервальной циркуляционно-реагентной регенерации с использованием СУЦР, обеспечивающая равномерную очистку скважин от кольматирующего осадка, увеличение межремонтного периода и продление срока службы скважин, а также снижение затрат электроэнергии.

Личный вклад соискателя. Автор лично принимал участие в получении всех научных результатов, представленных в диссертации под научным руководством руководителя диссертационной работы.

Решение уравнения Лапласа, описывающего процесс установившейся фильтрации, и анализ радиальной и угловой составляющих скорости циркуляции в прифильтровой закольматированной зоне выполнены совместно с аспирантом Пулко Ю.В. и канд. физ-мат. наук., доцентом Веременюком В.В.

Апробация результатов диссертации. Результаты работы доложены и обсуждены на следующих конференциях: Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (Минск, 2004, 2005, 2006, 2007 гг.), 6-й Международной научно-технической конференции «Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии» (Гродно, 2005 г.), X республиканской научной конференции студентов и аспирантов вузов Республики Беларусь (Минск, 2005 г.), 3-й Международной научно-технической конференции «Аграрная энергетика в XXI столетии» (Минск, 2005 г.).

Опубликованность результатов диссертации. Основные результаты диссертации опубликованы в 17 научных работах, в том числе в семи статьях в рецензируемых журналах, включенных в Перечень ВАК Беларуси (всего 2,9 авторских листа), в семи статьях и тезисах докладов на конференциях, трех патентах Республики Беларусь на изобретения (всего 1,3 авторских листа).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Полный объем диссертации 135 страниц. Работа содержит 87 страниц машинописного текста, 48 рисунков на 17 страницах, 20 таблиц на 10 страницах, список используемых источников в количестве 121 наименование на 10 страницах, включая 17 авторских работ и 6 приложений на 11 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В общей характеристике работы представлены связь работы с крупными научными программами и темами, цель и задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, личный вклад соискателя, апробация, опубликованность, структура и объем диссертации.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, показан ряд вопросов, нуждающихся в изучении, отражено место диссертации среди других исследований по аналогичной тематике. Отмечена проблема поддержания стабильной работы водозаборных скважин. Показана необходимость проведения своевременных ремонтных мероприятий, а также применения эффективной технологии регенерации фильтров эксплуатируемых скважин.

Первая глава посвящена аналитическому обзору наиболее распространенных реагентных способов регенерации фильтров водозаборных скважин и анализу технологического оборудования, применяемого для регенерации водозаборных и нефтяных скважин, а также при добыче полезных ископаемых. Определены факторы, интенсифицирующие процесс растворения.

Исследования в направлении совершенствования технологий регенерации водозаборных скважин проводили Алексеев В.С., Андреев К.Н., Бессонов Н.Д., Воропанов В.Е., Гаврилко В.М., Гребенников В.Т., Гуринович А.Д., Ивашечкин В.В., Коммунар Г.М., Тесля В.Г., Щеголев Е.Ю. и др.

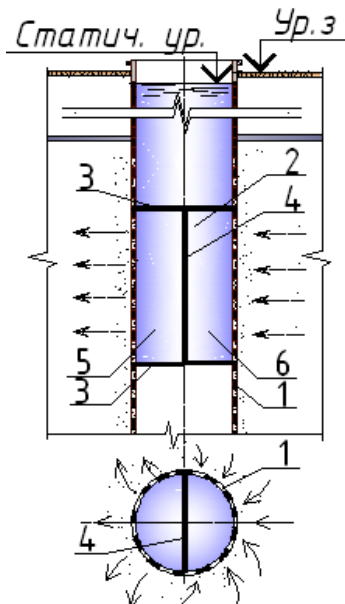
Реагентные методы регенерации скважин предполагают взаимодействие реагента с коьматирующим осадком, растворение его и последующее удаление продуктов реакции за пределы скважины. Выполненный анализ существующих реагентных способов регенерации показал, что более эффективными являются циркуляционные способы. Известные технологические схемы циркуляционной регенерации, предполагающие деление фильтра в процессе регенерации на закачную и откачную секции, могут эффективно применяться при удалении рыхлого коьматирующего осадка. Однако из-за характера циркуляции они не обеспечивают необходимой глубины и равномерности очистки в длительно эксплуатировавшихся скважинах при сцементированности коьматирующего осадка и значительной глубине его распространения.

Исследование циркуляционной регенерации скважин на воду провел Тесля В.Г. Им была предложена циркуляционная схема с установкой в фильтре негерметичных дисков. Основными недостатками предложенной технологии являются низкая эффективность обработки прифилтровой зоны длительно эксплуатируемых скважин, вызванная движением реагента во время циркуляции в пространстве между диском и закоьматированным осадком фильтром, а также разбавление реагента во время регенерации водой из скважины и пласта. Поэтому применение технологии с негерметичными дисками не обеспечивает необходимой глубины и равномерности очистки от сцементированного осадка.

Анализ работ по кинетике растворения коьматирующих образований показал, что за счет увеличения скорости движения реагента интенсифицируется процесс растворения и выноса продуктов реакции из прифилтровой закоьматированной зоны скважины.

Для равномерной очистки по всей длине фильтра и прифилтровой зоны скважины от сцементированного коьматирующего осадка, образованного в результате длительной эксплуатации скважин без ремонтных мероприятий, целесообразно применять технологическую схему поинтервальной обработки с использованием СУЦР (рисунок 1). Использование секторного устройства, которое делит фильтр скважины в процессе циркуляционно-реагентной регенерации на нагнетательные и всасывающие сектора, позволит обеспечить заданную ско-

рость и глубину проникновения циркуляционного потока реагента в прифилтровую закольматированную зону. Это даст возможность повысить эффективность восстановления удельного дебита, увеличить межремонтный период регенерации и продлить срок службы скважины. Исходя из этого сформулированы цель и задачи исследования.



- 1 – фильтр скважины; 2 – СУЦР;
3, 4 – горизонтальный и вертикальный пакеры; 5, 6 – нагнетательный и всасывающий сектора

Рисунок 1 – Схема скважины

вался консольный насос К160/20А.

Процесс растворения соединений железа осуществлялся при помощи сильного восстановителя – дитионита натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) с добавлением триполифосфата натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$). Раствор дитионита натрия с добавкой триполифосфата натрия подавался электронасосом «Кама-3» в резервуар, откуда фильтровался через закольматированный грунт гидроканала. Масса кольматанта в лабораторных условиях определялась с помощью весов лабораторных ВЭ-3 с погрешностью взвешивания 0,0005 кг (класс точности средний). Химический состав кольматирующих образований определялся в центральной лаборатории филиала РУП «Белгеология» (аттестат аккредитации № ВУ/112 02.1.0.0252).

Для оценки срока службы были проанализированы ликвидированные скважины 11 водозаборов г. Минска. Данные, характеризующие гидрогеологические условия, тип и диаметр применяемого фильтра, глубину и способ бурения скважин, степень снижения удельного дебита, были взяты непосредственно из паспортов и журналов ремонта скважин УП «Минскводоканал». Гидрохимический состав подземных вод скважин г. Минска исследовался по основным компонентам и показателям данных химических анализов, выполняемых в ла-

Во второй главе приведены методики исследования, раскрывается их сущность, даются характеристики оборудования и установок.

Для экспериментальных исследований параметров циркуляционного потока использовался однородный кварцевый фильтрующий песок (ТУ РБ 100016844.241-2001). Ситовым анализом установлен гранулометрический состав используемого кварцевого песка. Коэффициент фильтрации чистого песка определялся по формуле Дарси.

Вода в нагнетательный сектор подавалась при помощи электронасоса «Ручеек-1». Циркуляционный расход $Q_{\text{ц}}$ фиксировался объемным методом при помощи счетчика воды СХВ 15. Для поддержания постоянного уровня в фильтрационном лотке использо-

боратории УП «Минскводоканал». По данным химических анализов подземных вод оценивалась склонность воды выделять осадок карбоната кальция или растворять его, определяемая индексом насыщения Ланжелье, а также показателем Ризнера. В качестве критерия сравнения динамики изменения сопротивлений фильтров и прифильтровых зон скважин рассматривался параметр кольтматажа – коэффициент «старения» β_c .

Для оценки погрешности экспериментов использовали известные методы статистического анализа данных.

В третьей главе изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований параметров циркуляционного потока жидкости в прифильтровой зоне скважины, фильтр которой разделен на ряд нагнетательных и всасывающих секторов. Получены расчетные зависимости для определения напора и скорости движения жидкости в любой точке прифильтровой зоны скважины с постоянной и измененной проницаемостями. Экспериментально и теоретически исследовано распределение параметров циркуляционного потока жидкости при делении фильтра скважины на сектора. Проведено сравнение расчетных и экспериментальных значений параметров. Результаты теоретических и экспериментальных исследований обрабатывались с использованием современного программного обеспечения и ЭВМ.

Для математического описания процесса циркуляционного движения жидкости рассмотрим модель установившейся напорной фильтрации в прифильтровой зоне скважины, фильтр которой разделен нагнетательными и всасывающими секторами. Скважина предполагается совершенной по степени и характеру вскрытия водоносного горизонта мощностью M (рисунок 2).

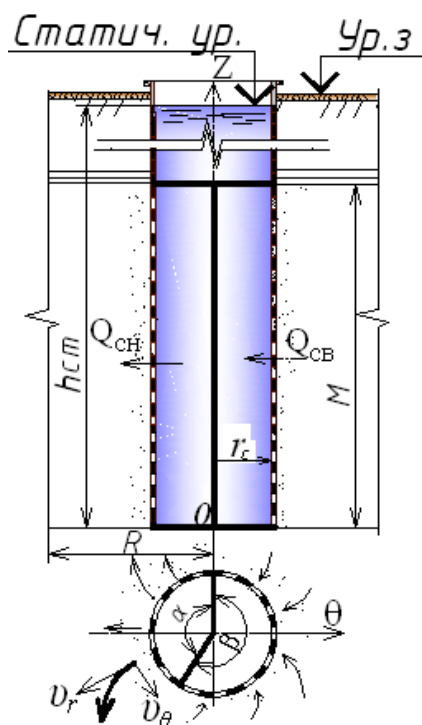


Рисунок 2 – Расчетная схема скважины

Циркуляция жидкости осуществляется за счет того, что в каждый нагнетательный сектор подается жидкость с расходом $Q_{сн}$, а из каждого всасывающего сектора происходит отбор жидкости с расходом $Q_{св}$ (рисунок 2). Рассмотрим цилиндрическую систему координат $OR\theta Z$, ось OZ которой направим вдоль оси скважины. Движение жидкости считается плоскопараллельным, т.е. давление p не зависит от координаты z . В этом случае давление и соответственно скорость будут зависеть от двух переменных: радиуса r и угла θ , т.е. $p = p(r, \theta)$, $v = v(r, \theta)$. Процесс

установившейся фильтрации описывается смешанной задачей для уравнения Лапласа.

В результате решения краевой задачи для уравнения Лапласа методом разделения переменных получено решение, определяющее напор и скорость в любой точке прифильтровой зоны скважины.

В случае, когда прифильтровая зона с коэффициентом фильтрации k однородна, напор $h(r, \theta)$

$$h(r, \theta) = h_{\text{ст}} - \frac{(Q_{\text{сн}} - Q_{\text{св}})}{(\alpha + \beta)Mk} \ln \frac{r}{R} + \frac{(\alpha + \beta)}{2\pi^2 Mk} \left(\frac{Q_{\text{сн}}}{\alpha} + \frac{Q_{\text{св}}}{\beta} \right) \times \\ \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \frac{\left(\frac{r}{R} \right)^{km} - \left(\frac{R}{r} \right)^{km}}{\left(\frac{r_c}{R} \right)^{km} + \left(\frac{R}{r_c} \right)^{km}} \left(\sin(mk\theta) + \sin(mk(\alpha - \theta)) \right), \quad (1)$$

где $h_{\text{ст}}$ – статический напор;

α, β – углы нагнетательного и всасывающего секторов соответственно;

R – радиус контура питания;

m – число нагнетательных секторов, равное числу всасывающих секторов.

Распределения скоростей, соответствующих распределению напора $h(r, \theta)$:

$$v_r = -\frac{(Q_{\text{сн}} - Q_{\text{св}})}{(\alpha + \beta)Mr} - \frac{1}{\pi M} \left(\frac{Q_{\text{сн}}}{\alpha} + \frac{Q_{\text{св}}}{\beta} \right) \frac{1}{r} \times \\ \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \frac{\left(\frac{r}{R} \right)^{km} + \left(\frac{R}{r} \right)^{km}}{\left(\frac{r_c}{R} \right)^{km} + \left(\frac{R}{r_c} \right)^{km}} \left(\sin(mk\theta) + \sin(mk(\alpha - \theta)) \right), \quad (2)$$

$$v_{\theta} = -\frac{1}{\pi Mr} \left(\frac{Q_{\text{сн}}}{\alpha} + \frac{Q_{\text{св}}}{\beta} \right) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \frac{\left(\frac{r}{R} \right)^{km} - \left(\frac{R}{r} \right)^{km}}{\left(\frac{r_c}{R} \right)^{km} + \left(\frac{R}{r_c} \right)^{km}} \left(\cos(mk\theta) - \cos(mk(\alpha - \theta)) \right). \quad (3)$$

В случае, когда прифильтровая зона скважины представлена в виде за-
кольматированного кольца (рисунок 3), напор h_1 в закольматированной зоне и
напор h_2 в водоносном горизонте будут соответственно равны:

$$h_1(r, \theta) = h_{\text{ст}} - \frac{(Q_{\text{сн}} - Q_{\text{сб}})}{(\alpha + \beta)M} \left(\frac{1}{\kappa_2} \ln \frac{r_0}{R} + \frac{1}{\kappa_1} \ln \frac{r}{r_0} \right) + \frac{(\alpha + \beta)}{2\pi^2 M \kappa_1} \left(\frac{Q_{\text{сн}}}{\alpha} + \frac{Q_{\text{сб}}}{\beta} \right) \times \\ \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin(mk\theta) + \sin(mk(\alpha - \theta))}{k^2} F_{1k}(r), \quad (4)$$

$$h_2(r, \theta) = h_{\text{ст}} - \frac{(Q_{\text{сн}} - Q_{\text{сб}})}{(\alpha + \beta)M \kappa_2} \left(\ln \frac{r}{R} \right) + \frac{(\alpha + \beta)}{\pi^2 M (\kappa_1 + \kappa_2)} \left(\frac{Q_{\text{сн}}}{\alpha} + \frac{Q_{\text{сб}}}{\beta} \right) \times \\ \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin(mk\theta) + \sin(mk(\alpha - \theta))}{k^2} F_{2k}(r), \quad (5)$$

где κ_2 и κ_1 – коэффициенты фильтрации водоносного горизонта и закольмати-
рованной зоны;

r_0 – радиус закольматированной зоны;

$$F_{1k}(x) = \frac{G_k^{(-)}(x)}{G_k^{(+)}(r_c)};$$

$$F_{2k}(x) = \frac{\left(\frac{x}{R}\right)^{mk} - \left(\frac{R}{x}\right)^{mk}}{G_k^{(+)}(r_c)};$$

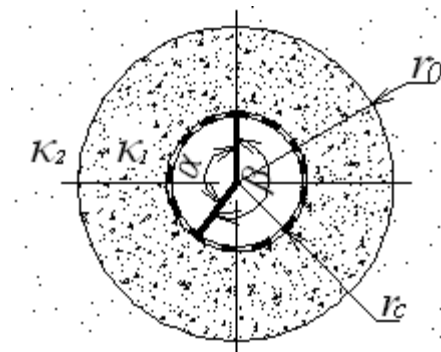
$$G_k^{(-)}(x) = \left(\frac{x}{R}\right)^{mk} R_{1k} - \left(\frac{R}{x}\right)^{mk} R_{2k};$$

$$G_k^{(+)}(x) = \left(\frac{x}{R}\right)^{mk} R_{1k} + \left(\frac{R}{x}\right)^{mk} R_{2k};$$

$$R_{1k} = 1 - \kappa \left(\frac{R}{r_0}\right)^{mk};$$

$$R_{2k} = 1 - \kappa \left(\frac{r_0}{R}\right)^{mk};$$

$$\kappa_0 = \frac{\kappa_1 - \kappa_2}{\kappa_1 + \kappa_2}.$$



**Рисунок 3 – Расчетная схема скважины
с измененной проницаемостью**

Из уравнения (4) можно найти скорость $v(\theta, r)$ в любой точке закольматированной зоны с проницаемостью k_1 и радиусом r_0 , которая будет равна:

$$v = \sqrt{v_{r_1}^2 + v_{\theta_1}^2}, \quad r_c < r < r_0, \quad (6)$$

где

$$v_{r_1} = -\frac{Q_{\text{сн}} - Q_{\text{св}}}{(\alpha + \beta)Mr} - \left(\frac{Q_{\text{сн}}}{\alpha} + \frac{Q_{\text{св}}}{\beta} \right) \frac{1}{\pi Mr} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin(mk\theta) + \sin(mk(\alpha - \theta))}{k} F_{3k}(r), \quad (7)$$

$$v_{\theta_1} = -\left(\frac{Q_{\text{сн}}}{\alpha} + \frac{Q_{\text{св}}}{\beta} \right) \frac{1}{\pi Mr} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos(mk\theta) - \cos(mk(\alpha - \theta))}{k} F_{1k}(r), \quad (8)$$

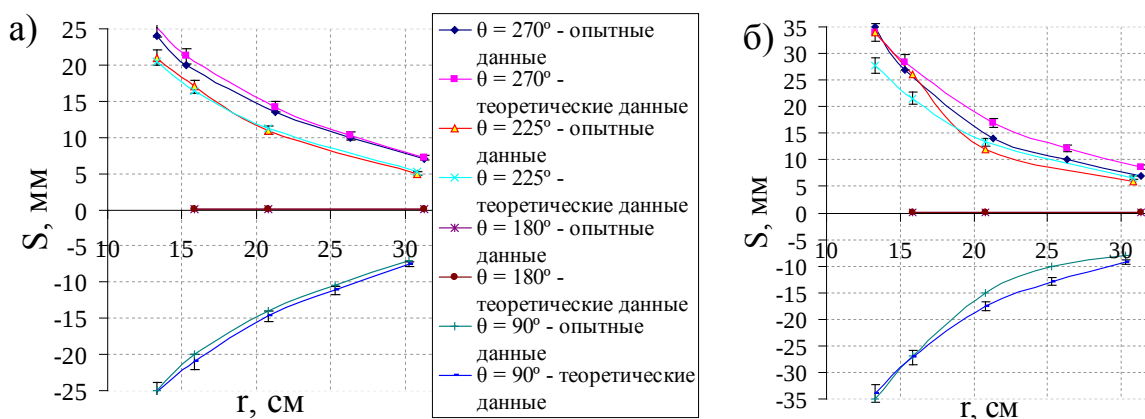
$$F_{3k}(x) = \frac{G_k^{(+)}(x)}{G_k^{(+)}(r_c)}.$$

С помощью полученных решений (1) – (8) можно оценить зону распространения напора и скорости в однородной и закольматированной прифилтровой зоне скважины в процессе установившейся циркуляции жидкости. Длина СУЦР определяется из условия обеспечения заданной скорости $v(\theta, r)$, необходимой для растворения кольматирующих образований.

Экспериментальные исследования параметров циркуляционного потока осуществлялись на лабораторной установке, состоящей из радиального фильтровального лотка диаметром 1,22 м и высотой 0,5 м, внутри которого устанавливалась модель фильтра водозаборной скважины. Фильтр скважины (ТУ 51–644–74) представлял собой трубчатый полиэтиленовый каркас диаметром 0,225 м, обмотанный проволокой. Внутренняя часть фильтра была разделена вертикальными пакерами на нагнетательные и всасывающие сектора.

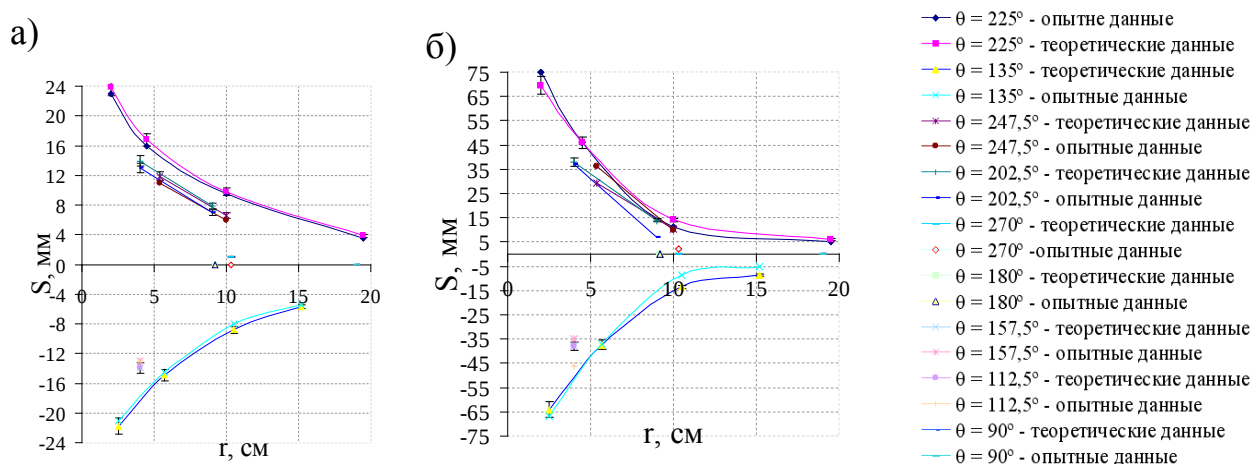
В лабораторных условиях исследовалось циркуляционное движение жидкости для случая равенства расходов ($Q_{\text{сн}} = Q_{\text{св}} = Q_{\text{ц}}$) и углов ($\alpha = \beta$) нагнетательного и всасывающего секторов. Для проверки адекватности математической модели циркуляционного движения жидкости в прифилтровой зоне скважины был проведен ряд лабораторных экспериментов при делении фильтра скважины на два и четыре сектора с однородным и кольматирующим грунтом в виде кольца вокруг модели фильтра скважины.

Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований приведено на графиках (рисунки 4 и 5) (при длине фильтра 0,24 м), где на расчетные графики $S = f(r)$ нанесены опытные данные. Здесь S – понижение уровня при откачке ($S < 0$) и повышение уровня при закачке ($S > 0$), т. е. $S = h - h_{\text{ст}}$; r – радиус установки пьезометров при заданном угле θ .



а – пласт – однородный грунт; б – пласт с кольматирующим кольцом

Рисунок 4 – Результаты теоретических и экспериментальных исследований для двух секторов ($Q_{\text{ц}} = 3,07 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$)



а – пласт – однородный грунт ($Q_{\text{ц}} = 1,45 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$);

б – пласт с кольматирующим кольцом ($Q_{\text{ц}} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$)

Рисунок 5 – Результаты теоретических и экспериментальных исследований для четырех секторов

Анализ полученных расчетных и экспериментальных значений понижения (повышения) уровня S в пьезометрах показывает, что относительная погрешность этих величин при однородном грунте в среднем составляет 4,7%.

Анализ распределения параметров циркуляционного потока жидкости проводился посредством разработанной математической модели, а также при помощи данных, полученных в лабораторных условиях. Анализ теоретического распределения понижения (повышения) уровня S и скоростей в прифилтровой зоне скважины в этом случае показывает, что S на границе секторов равняется нулю, а угловая составляющая вектора скорости достигает максимального значения. Радиальная же составляющая вектора скорости достигает максимума в центре сектора. Аналогичное распределение повышения (понижения) уровня S наблюдается при анализе экспериментальных данных.

В результате анализа радиальной и угловой составляющих скорости $v(\theta, r)$ установлено, что при фиксированном $r \in (r_c; r_0]$ максимальное значение $v(\theta, r)$ принимает либо при $\theta = 0$ (если r близко к r_c), либо при $\theta = \frac{\alpha}{2}$ (если r близко к r_0). В случае симметричной схемы циркуляции ($Q_{\text{сн}} = Q_{\text{св}} = Q_{\text{ц}}$ и $\alpha = \beta$) максимальная скорость движения жидкости в закольматированной прифилтровой зоне скважины обеспечивается, когда фильтр скважины разделен на два сектора: нагнетательный и всасывающий ($m = 1$).

В процессе регенерации при $\kappa_1 \rightarrow \kappa_2$ также установлено, что при $\theta = 0$ (если r близко к r_c и r_0) скорость $v(\theta, r)$ возрастает и при $\theta = \frac{\alpha}{2}$ (если r близко к r_c) скорость $v(\theta, r)$ остается неизменной (если r близко к r_0) скорость $v(\theta, r)$ уменьшается. Таким образом, в начале регенерации условия промывки на контуре прифилтровой закольматированной зоны лучше в середине сектора, а при $\kappa_1 \rightarrow \kappa_2$ — на границе секторов. Поэтому на протяжении процесса регенерации обеспечивается равномерная очистка фильтра и прифилтровой зоны.

В четвертой главе приводятся результаты исследования кинетики растворения кольматирующих отложений с целью обоснования продолжительности обработки и исследования эффективности процесса циркуляционно-реагентной регенерации. Изучены факторы, влияющие на срок службы скважин 11 крупных водозаборов г. Минска. Установлены параметры кольматажа и межремонтные периоды действующих скважин водозаборов г. Минска. Исследованы факторы, влияющие на динамику снижения удельного дебита.

Для обоснования продолжительности t процесса циркуляционно-реагентной регенерации в зависимости от скорости движения реагента v в лабораторных условиях использовали раствор дитионита натрия 10%-ной концентрации с добавкой триполифосфата натрия 1%-ной концентрации. Регрессионный анализ данных показал, что в большей степени экспериментальным

данным соответствует логарифмическая регрессионная модель вида: $\bar{t} = a \cdot \ln(\bar{v}) + b$. Здесь $\bar{t} = t/t_{\max}$, $t_{\max}$ – максимальная продолжительность процесса выщелачивания; $\bar{v} = v/v_{\max}$, $v_{\max}$ – максимальная скорость движения реагента при выщелачивании (рисунок 6). На примере выщелачивания железистых кольматирующих соединений станции обезжелезивания водозабора «Острова» определены коэффициенты a и b , которые равны: $a = -0,15$, $b = 0,04$.

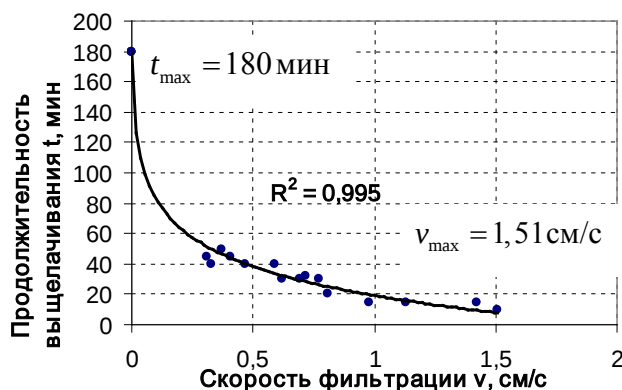


Рисунок 6 – Зависимость $t = f(v)$

0,31 до 1,51 см/с (рисунок 6) продолжительность выщелачивания сокращается от 50 до 10 мин, что в среднем в 6 раз меньше продолжительности обработки по сравнению с реагентной ванной.

Эффективность циркуляционной регенерации исследовалась при кольтматации фильтра и прифильтровой зоны скважины сцементированным осадком. В результате установлено, что удельный дебит через 50 мин после циркуляционной регенерации возрос в среднем в 1,5 раза и достиг в среднем 79% от первоначального значения. В режиме реагентной ванны за 18 часов регенерации удалось повысить удельный дебит в 1,2 раза, что составило 46% от первоначального значения. Полученные данные в лабораторных условиях свидетельствуют об эффективности применения циркуляционно-реагентного способа очистки фильтра и прифильтровой зоны скважины от сцементированного осадка при сокращении продолжительности обработки.

По материалам УП «Минскводоканал» было проанализировано распределение 224 полностью вышедших из строя скважин по срокам службы и относительным частотам распределения. Установлено, что средний срок службы, проанализированных вышедших из строя скважин водозаборов г. Минска составляет 23,5 года. Ориентировочный межремонтный период скважин для 11 крупных водозаборов г. Минска при понижении первоначального удельного дебита на 25% лежит в пределах от 2 до 6,5 лет, что в среднем составляет 3,4 года. Для поддержания стабильной работы скважин необходимо проведение своевременных ремонтных мероприятий.

Пятая глава посвящена разработке технологии циркуляционно-реагентной регенерации водозаборных скважин. Приводятся обоснование технологических схем, методика расчета длины СУЦР. Представлены результаты опытно-промышленных испытаний СУЦР.

Показано, что поинтервальная обработка циркуляционно-реагентным способом с использованием СУЦР (рисунок 7) исключает возможность неравномерной очистки фильтра по его длине от колюматизирующего осадка.

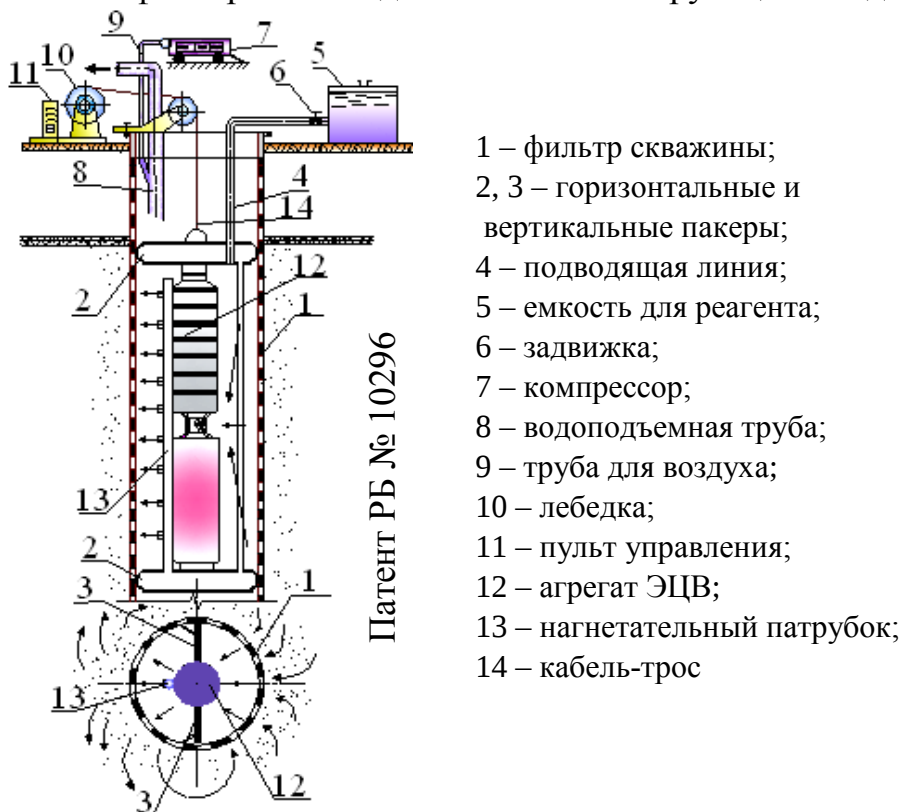


Рисунок 7 – Технологическая схема циркуляционной регенерации

На основе методики определения конструктивных параметров был спроектирован и изготовлен из коррозионно-стойких материалов компактный опытный образец СУЦР на базе агрегата ЭЦВ 5-10-65, выпускаемого ОАО «Завод Промбурвод» с электродвигателем Franklin.

Опытно-промышленное внедрение технологии циркуляционно-реагентной регенерации с использованием СУЦР было проведено на скважине № 21^В водозабора «Боровляны» г. Минска. В результате обработки удалось повысить удельный дебит с 8 м²/ч до 25 м²/ч. Экономический эффект от внедрения технологии циркуляционно-реагентной регенерации составил Br24,226 млн по состоянию на 01.11.2007 г.

Результаты диссертационной работы внедрены также в учебный процесс по дисциплине «Механика жидкости и газа» в качестве лабораторной работы «Определение коэффициента фильтрации на приборе Дарси и радиальном фильтрационном лотке».

В заключении сформулированы основные научные результаты диссертации и рекомендации по практическому использованию результатов.

В приложениях приведены результаты исследования скорости в прифилтровой закольматированной зоне, акты об испытаниях опытного образца циркуляционно-реагентной регенерации в лаборатории ОАО «Завод Промбурвод» и на водозаборе «Боровляны», протокол испытаний насосного агрегата ЭЦВ 5-10-65, а также акты, подтверждающие внедрение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Разработана конструкция СУЦР, которое делит фильтр скважины в процессе поинтервальной циркуляционно-реагентной регенерации на нагнетательные и всасывающие сектора и позволяет обеспечить заданную скорость и глубину проникновения циркуляционного потока реагента в прифилтровую зону скважины для растворения кольматирующих отложений [4, 17].

2. Разработанная математическая модель установившегося циркуляционного движения жидкости в прифилтровой зоне скважины, фильтр которой разделен на нагнетательные и всасывающие сектора, позволяет определять напор и скорость движения жидкости в процессе циркуляции в любой точке прифилтровой зоны скважины с постоянной и измененной проницаемостями. Адекватность модели подтверждена экспериментально: относительная погрешность понижения (повышения) уровня при однородном грунте в среднем составляет 4,7%. Исследования распределения параметров циркуляционного потока жидкости показали, что давление на границе секторов равняется пластовому, а угловая составляющая вектора скорости достигает максимального значения. Радиальная же составляющая вектора скорости достигает максимума в центре сектора [4, 5, 6].

3. Параметром, интенсифицирующим процесс кинетики выщелачивания кольматирующих отложений, является скорость движения реагента. При возрастании скорости движения раствора дитионита натрия 10%-ной концентрации в закольматированном грунте от 0,31 до 1,51 см/с продолжительность выщелачивания сокращается от 50 до 10 мин, что в среднем в 6 раз меньше продолжительности обработки по сравнению с реагентной ванной. На примере выщелачивания железистых соединений водозабора «Острова» установлена логарифмическая зависимость продолжительности выщелачивания от скорости движения реагента. Определено, что удельный дебит через 50 мин после циркуляционной регенерации вырос в среднем в 1,5 раза и достиг в среднем 79% от первоначального значения. В режиме реагентной ванны за 18 часов регенерации

удалось повысить удельный дебит в 1,2 раза, что составило 46% от первоначального значения [2, 12, 5, 14].

4. Разработана методика расчета длины СУЦР для заданного диаметра фильтра скважины и электронасосного агрегата. Установлено, что в случае симметричной схемы циркуляции ($Q_{сн} = Q_{св} = Q_{ц}$ и $\alpha = \beta$) максимальная скорость движения жидкости в закольматированной прифилтровой зоне скважины обеспечивается, когда фильтр скважины разделен на два сектора: нагнетательный и всасывающий ($m = 1$) [17, 6].

5. Разработана поинтервальная технология циркуляционно-реагентной регенерации с использованием секторного устройства, которое делит фильтр скважины в процессе регенерации на нагнетательные и всасывающие сектора, обеспечивающая равномерную очистку фильтра и прифилтровой зоны от кольматирующего осадка, увеличение межремонтного периода и продление срока службы скважин. Изготовлен опытный образец СУЦР на базе агрегата ЭЦВ 5-10-65. На основании анализа работы скважин 11 водозаборов г. Минска определен межремонтный период при понижении первоначального удельного дебита на 25%, который лежит в пределах от 2 до 6,5 лет, что в среднем составляет 3,4 года. Для поддержания стабильной работы скважин необходимо проведение своевременных восстановительных мероприятий с периодичностью, не превышающей межремонтных периодов регенераций [1–3, 7–11, 13, 15–17].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработанная технология циркуляционно-реагентной регенерации с использованием секторного устройства может применяться собственниками водозаборных скважин либо предприятиями, занимающимися эксплуатацией водозаборных скважин систем водоснабжения для поддержания стабильного режима эксплуатации водозаборов подземных вод, продления срока службы водозаборных скважин, уменьшения энергетических затрат путем проведения технического обслуживания и ремонта скважин. Опытнo-промышленное внедрение технологии циркуляционно-реагентной регенерации с использованием СУЦР было проведено на скважине № 21^в водозабора «Боровляны» г. Минска. Согласно акту о практическом использовании результатов исследования экономический эффект от внедрения технологии циркуляционно-реагентной регенерации составил Br24,226 млн по состоянию на 01.11.2007 г. Результаты диссертационной работы согласно акту внедрения внедрены также в учебный процесс по дисциплине «Механика жидкости и газа».

Перспективой дальнейшего развития разработанных технологий циркуляционно-реагентной регенерации [15–17] может быть применение этих технологий для водозаборных скважин, применяемых в системе вертикального дренажа, водохозяйственном строительстве, горном деле, а также для дезинфекции и обезжелезивания подземных вод в пласте.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, включенных в Перечень ВАК Беларуси

1. Шейко, А.М. Анализ долговечности водозаборных скважин г. Минска / А.М. Шейко, В.В. Ивашечкин, Н.В. Холодинская, Э.А. Макарова // Вестник БНТУ. – 2006. – № 1. – С. 27–32.
2. Ивашечкин, В.В. Интенсификация растворения кольматирующих отложений водозаборных скважин / В.В. Ивашечкин, В.В. Губин, А.М. Шейко, А.Н. Кондратович // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – № 1. – С. 83–88.
3. Ивашечкин, В.В. К расчету межремонтных периодов работы скважинных водозаборов с учетом старения скважин / В.В. Ивашечкин, А.М. Шейко // Вестник БНТУ. – 2006. – № 5. – С. 5–10.
4. Шейко, А.М. Моделирование установившегося циркуляционного движения жидкости в прифилтровой зоне скважины / А.М. Шейко, В.В. Ивашечкин, Ю.В. Пулко // Энергетика – Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2007. – № 4. – С. 77–87.
5. Шейко, А.М. Лабораторные исследования кинетики выщелачивания кольматирующих отложений дитионитом натрия / А.М. Шейко, В.В. Ивашечкин // Мелиорация переувлажненных земель. – 2007. – № 2. – С. 163–170.
6. Шейко, А.М. Определение оптимальных конструктивных параметров секторного устройства циркуляционно-реагентной регенерации / А.М. Шейко, В.В. Ивашечкин, В.В. Верременюк // Энергетика – Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2008. – № 1. – С. 83–89.
7. Ивашечкин, В.В. Совершенствование комбинированной технологии регенерации фильтров водозаборных скважин / В.В. Ивашечкин, А.Н. Кондратович, А.М. Шейко, А.В. Беляшев // Вестник БНТУ. – 2007. – № 6. – С. 20–26.

Статьи из сборников тезисов докладов и материалов конференций

8. Ивашечкин, В.В. Статистический анализ продолжительности работы скважин и факторов, влияющих на их старение / В.В. Ивашечкин, А.М. Шейко. // Наука – образованию, производству, экономике: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 24 - 25 мая 2004 г.: в 2 т. / БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск, 2004. – Т. 1. – С. 113–115.
9. Ивашечкин, В.В. Опыт применения комбинированных технологий восстановления дебита водозаборных скважин / В.В. Ивашечкин, А.Н. Кондратович, А.М. Шейко // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: тезисы докладов 6-й Междунар. науч. конф., Гродно, 1 - 2 ноября 2005 г. / ГрГУ; редкол.: А.И. Свириденко [и др.]. – Гродно, 2005. – С. 78–79.

10. Ивашечкин, В.В. Анализ эффективности восстановления дебита скважин водозаборов г. Минска / В.В. Ивашечкин, А.М. Шейко // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: тезисы докладов 6-й Международ. науч.-технич. конф., Гродно, 1 - 2 ноября 2005 г. / ГрГУ; редкол.: А.И. Свириденко [и др.]. – Гродно, 2005. – С. 83.

11. Шейко, А.М. Технология циркуляционной декольматации фильтров водозаборных скважин / А.М. Шейко, В.В. Ивашечкин // Аграрная энергетика в XXI столетии: материалы 3-й Международ. науч.-технич. конф., Минск, 21 - 23 ноября 2005 г.: / Институт энергетики АПК НАН Беларуси; редкол.: В.И. Русан [и др.]. – Минск, 2005. – С. 208–210.

12. Ивашечкин, В.В. Методы интенсификации разрушения и растворения кольматирующих отложений / В.В. Ивашечкин, Ю.П. Ледян, А.М. Шейко, А.Н. Кондратович, В.В. Губин // Наука – образованию, производству, экономике: материалы Международ. науч.-практ. конф., Минск, 2 - 3 мая 2005 г.: в 2 т. / БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск, 2006. – Т. 1. – С. 460–461.

13. Шейко, А.М. Циркуляционная регенерация фильтров водозаборных скважин / А.М. Шейко // НИРС-2005: сборник тезисов докладов 10-й республикан. науч. конф. студентов и аспирантов высш. учебн. заведений Республики Беларусь, Минск, 14 - 16 февраля 2006 г.: в 3 ч. / РУМЦ ФВН; редкол.: А.Н. Жук [и др.]. – Минск, 2006. – Ч. 2. – С. 17–18.

14. Шейко, А.М. Циркуляционная регенерация фильтра скважины / А.М. Шейко, В.В. Ивашечкин // Наука – образованию, производству, экономике: материалы Международ. науч.-практ. конф., Минск, 23 - 24 мая 2007 г.: в 2 т. / БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск, 2007. – Т. 1. – С. 331–333.

Патенты на изобретения

15. Устройство для реагентной обработки скважины: пат. 9930 Респ. Беларусь, МПК Е 03В/00 Е 21В 43/00 / В.В. Ивашечкин, А.М. Шейко, А.Н. Кондратович, Ю.П. Ледян, В.В. Губин; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20050620; заявл. 22.06.2005; опубл. 28.02.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 5. – С. 109.

16. Устройство для циркуляционной обработки скважины на воду: пат. 10294 Респ. Беларусь, МПК Е 03В/00 Е 21В 43/00 / А.М. Шейко, В.В. Ивашечкин, И.А. Герасименко; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20050552; заявл. 02.06.2005; опубл. 28.02.2007.

17. Устройство для реагентной обработки скважины: пат. 10296 Респ. Беларусь, МПК Е 03В/00 Е 21В 43/00 / А.М. Шейко, В.В. Ивашечкин, И.А. Герасименко, Ал.М. Шейко; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20051082; заявл. 09.11.2005; опубл. 30.08.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2008.

РЭЗІЮМЭ

Шайко Андрэй Міхайлавіч

Цыркуляцыйна-рэагентная рэгенерацыя свідравін на ваду

Ключавыя словы: рэгенерацыя, цыркуляцыя, фільтрацыя, рэагент, кальматаж, фільтр, свідравіна, пакер, сектарная прылада, тэхналогія.

Мэта работы – распрацаваць тэхналогію цыркуляцыйна-рэагентнай рэгенерацыі свідравін на ваду, забяспечваючую раўнамернае выдаленне кальматуючага асадку, павелічэнне міжрамонтнага перыяду рэгенерацыі, падаўжэнне тэрміну службы свідравін.

Метады даследавання і апаратура: мадэліраванне, лабараторны эксперымент, метады падзелу пераменных рашэння змешаных задач для ўраўнення Лапласа, метады матэматычнай і апісальнай статыстыкі з выкарыстаннем сучаснага праграмнага забеспячэння і ЭВМ. Пры правядзенні эксперыментальных даследаванняў выкарыстоўваліся прыборы і абсталяванне для вывучэння фільтрацыйных уласцівасцей грунту.

Распрацавана матэматычная мадэль усталяванага цыркуляцыйнага руху вадкасці ў прыфільтравай зоне свідравіны, фільтр якой падзелены на нагнятальныя і ўсмоктвальныя сектары. Даследавана размеркаванне параметраў цыркуляцыйнага патоку вадкасці пры розных пранікальнасцях прыфільтравай зоны свідравіны. Устаноўлена лагарыфмічная залежнасць працягласці вышчалочвання кальматуючых адкладаў растворам дытыяніту натрыю ад хуткасці руху рэагенту. Распрацавана тэхналогія цыркуляцыйна-рэагентнай рэгенерацыі свідравін на ваду, якая забяспечвае раўнамерную ачыстку фільтра і прыфільтравай зоны ад кальматуючага асадку. Эканамічны эфект ад укаранення тэхналогіі цыркуляцыйна-рэагентнай рэгенерацыі складае Br24,226 млн па стану на 01.11.2007 г.

Распрацаваная тэхналогія цыркуляцыйна-рэагентнай рэгенерацыі з выкарыстаннем сектарнай прылады можа прымяняцца для падтрымання стабільнага рэжыму эксплуатацыі падземных водазабораў шляхам правядзення рамонтных мерапрыемстваў з мінімальным шкодным уздзеяннем на навакольнае асяроддзе.

Галіна прымянення распрацаванай тэхналогіі – сістэма гарадскога, сельскагаспадарчага і прамысловага водазабеспячэння.

РЕЗЮМЕ

Шейко Андрей Михайлович

Циркуляционно-реагентная регенерация скважин на воду

Ключевые слова: регенерация, циркуляция, фильтрация, реагент, кольматация, фильтр, скважина, пакер, секторное устройство, технология.

Цель работы – разработать технологию циркуляционно-реагентной регенерации скважин на воду, обеспечивающую равномерное удаление кольматирующего осадка, увеличение межремонтного периода регенерации, продление срока службы скважин.

Методы исследования и аппаратура: моделирование, лабораторный эксперимент, метод разделения переменных решения смешанной задачи для уравнения Лапласа, методы математической и описательной статистики с использованием современного программного обеспечения и ЭВМ. При проведении экспериментальных исследований использовались приборы и оборудование для изучения фильтрационных свойств грунта.

Разработана математическая модель установившегося циркуляционного движения жидкости в прифильтровой зоне скважины, фильтр которой разделен на нагнетательные и всасывающие сектора. Исследовано распределение параметров циркуляционного потока жидкости при различных проницаемостях прифильтровой зоны скважины. Установлена логарифмическая зависимость продолжительности выщелачивания кольматирующих отложений раствором дитионита натрия от скорости движения реагента. Разработана технология циркуляционно-реагентной регенерации скважин на воду, обеспечивающая равномерную очистку фильтра и прифильтровой зоны от кольматирующего осадка. Экономический эффект от внедрения технологии циркуляционно-реагентной регенерации составил Br24,226 млн по состоянию на 01.11.2007 г.

Разработанная технология циркуляционно-реагентной регенерации с использованием секторного устройства может применяться для поддержания стабильного режима эксплуатации водозаборов подземных вод путем проведения ремонтных мероприятий с минимальным вредным воздействием на окружающую среду.

Область применения разработанной технологии – система городского, сельскохозяйственного и промышленного водоснабжения.

SUMMARY

Sheiko Andrei

Circulating-reagent development of water wells

Key words: development, circulation, filtration, reagent, mud fill, well screen, well, packer, sector device, technology.

The purpose of the work: to work out the technology of circulating-reagent development of water wells, providing uniform mud fill extraction, increase of overhaul development period, extension of wells durability.

Research methods and equipment: modeling, laboratory experiment, variable separation method for mixed problem of Laplace equation, methods of descriptive and mathematical statistics with the use of up-to-date software and computer. In experimental researches, instruments and equipment for the study of soil filtration properties were used.

Mathematical model of a steady circulation motion of fluid in a pre-screen zone of the well is constructed. Its well screen is divided into a blowing and a sucking sectors. The distribution of the parameters of the circulatory flow current was studied having different well screen pre-zone permeabilities. The logarithmic dependence of the duration extraction of mudding deposition by a solution of sodium bisulfite on the reagent velocity was established. The technology of circulation-reagent development of water wells has been worked out. The technology provides uniform well screen and pre-screen zone cleaning. The economic effect from the development of the circulation-reagent technology is equal to Br24,226 millions on 01.11.2007.

The technology of circulation-reagent development with the sector device can be used to support stable regime of groundwater intake maintenance by means of repair with the smallest harmful influence on environment.

The sphere of application of the technology is the system of urban, agricultural and industrial water supply.



Научное издание

ШЕЙКО

Андрей Михайлович

**ЦИРКУЛЯЦИОННО-РЕАГЕНТНАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ
СКВАЖИН НА ВОДУ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальностям 05.23.04 – Водоснабжение, канализация, строитель-
ные системы охраны водных ресурсов и
05.23.16 – Гидравлика и инженерная гидрология

Редактор Т.Н. Микулик

Подписано в печать 07.04.2008

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 1,27. Уч.-изд. л. 1,00. Тираж 60. Заказ 349.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0131627 от 01.04.2004.

220013, Минск, проспект Независимости, 65.