

На правах рукописи

ЛЕБЕДЕВ ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНО-
СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ
НЕФТЕПРОДУКТОВ, ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ И
ИОНОВ ЖЕЛЕЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ
БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Барнаул – 2007

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Стоки многих предприятий существенно загрязнены ионами тяжелых и цветных металлов, нефтепродуктами и взвешенными веществами, поэтому создание новых ресурсосберегающих технологий и систем очистки сточных вод, позволяющих создавать замкнутые водооборотные циклы, для уменьшения антропогенного воздействия на водные источники, является весьма актуальным направлением.

Уже сейчас концентрации некоторых тяжелых металлов во многих реках России превышают естественные фоновые в несколько раз. Со стоками сбрасывается ежегодно более 20 тыс. тонн железа и цинка, 0,2 тыс. тонн меди и других металлов.

Нефтяные загрязнения нарушают ход естественных биохимических процессов, ведут к истощению запасов водного кислорода, расходуемого на окисление органических веществ. Скорость накопления нефтепродуктов в водных и почвенных экосистемах от техногенного воздействия далеко опережает их естественную биodeградацию.

Взвеси являются одними из основных загрязнителей промливневых и поверхностных вод. Они не только ухудшают качество воды, но и неблагоприятно сказываются на режиме перемещения потока, материале трубопроводов, работе гидрооборудования и запорной арматуры.

Разделение гетерогенных систем и удаление крупнодиспергированных частиц из воды, при водоочистке не вызывают особых затруднений, извлечение же растворенных и мелкодисперсных примесей, на этапе доведения качества воды до уровня ПДК, достаточно сложный процесс. Как правило, для этого используют фильтрование и сорбцию на различных материалах, которые, зачастую являются дорогостоящими.

В качестве альтернативных, традиционно применяемым в практике водоочистки фильтровальным грузкам, могут применяться переработанные отходы термопластов, целлюлозы, текстиля, стеклокремниита, полимерные и минеральные волокна и др.

Минеральное волокно, полученное из расплава горных пород (базальта), можно рассматривать как перспективный фильтровально-сорбционный материал, так как оно: не гниет, не выделяет токсичных веществ в воздушной и водной среде, не горит, невзрывоопасно, не образует вредных соединений с другими веществами, имеет неограниченный срок годности и сравнительно низкую стоимость.

Механизм извлечения частиц из воды фильтрованием и сорбцией на зернистых грузках достаточно полно изучен и изложен теоретически такими учеными, как Д.М. Минц, Г.И. Николадзе, И.Д. Смирнов, М.Г. Журба. В то время как теоретические основы извлечения загрязнений с применением волокнистых материалов в литературе практически отсутствуют.

Работа выполнена в рамках «Основных направлений по улучшению экологической обстановки, использованию, воспроизводству и ох-

ране природных ресурсов Алтайского края на 2003-2010 г.г.»; гранта Президента РФ МК-2282. 2005. 5, для поддержки молодых ученых кандидатов наук и Всероссийского конкурса «Студенты, аспиранты и молодые ученые – малому наукоемкому бизнесу. Ползуновские гранты» (2006 г.).

Цель работы: разработка технологий фильтровально-сорбционной очистки воды от нефтепродуктов, взвешенных веществ и ионов железа с применением минеральных базальтовых волокон.

Основные задачи:

- создание лабораторной и пилотной установок для проведения исследований;
- исследование фильтровально-сорбционных свойств базальтовых волокон с различными параметрами укладки материала;
- определение оптимальных потеряного напора и времени защитного действия загрузки;
- изучение возможности и подбор способа регенерации базальтовых волокон;
- проведение сравнительного анализа базальтовых волокон с другими фильтровальными материалами;
- математическое моделирование процесса обезжелезивания;
- разработка технологических схем очистки артезианских и промливневых вод.

Объект исследования: сточные и природные воды, загрязненные нефтепродуктами, взвесями и ионами железа.

Предмет исследования: способ очистки загрязненных вод с применением минеральных волокон на основе базальта.

Научная новизна:

- впервые получены экспериментальные зависимости эффективности очистки и потеряного напора от пропущенного удельного объема воды и времени с применением базальтовых волокон;
- получено математическое описание процесса обезжелезивания;
- впервые предложен способ укладки фильтровального материала в виде свободно-распределенной загрузки из базальтовых волокон;
- предложен фильтр для очистки жидкостей с применением базальтовых волокон, подтвержденный патентом РФ на полезную модель;
- разработаны новые технологии фильтровально-сорбционной очистки подземных и промливневых сточных вод с применением базальтовых волокон.

Практическая значимость и реализация:

- материалы диссертационной работы приняты к внедрению на предприятиях: ОАО "БЗ АТИ", ОАО "КУЗБАССЭНЕРГО", ГУП "Алтайиндорпроект"; используется в учебном процессе на кафедре "Химическая техника и инженерная экология" АлтГТУ им. И.И. Ползунова;

- экспериментальные данные и результаты их математического описания могут быть использованы для расчета основных параметров загрузки фильтров и разработки технологических схем очистки воды, включающих аналогичные загрязнения;
- применение в практике водоочистки волокнистых материалов на основе базальта в виде свободно-распределенной загрузки позволит создавать эффективное оборудование, разрабатывать принципиально новые технологии очистки, снижать затраты на ее проведение.

На защиту выносятся:

- технологии фильтровально-сорбционной очистки артезианских и промливневых сточных вод с применением базальтовых волокон;
- экспериментальные зависимости эффективности очистки и потерянного напора от пропущенного удельного объема воды и времени;
- математическое описание процесса обезжелезивания;
- фильтр для очистки жидкостей с применением базальтовых волокон.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на научно-практических конференциях АлтГТУ (Барнаул, 2002-2006 г.г.), на научно-практической конференции «Гуманизация производственной среды и экология человека» (Барнаул, 2004 г.), на IV-ой Всероссийской студенческой научно-практической конференции "Химия и химическая технология в XXI веке" (Томск, 2003 г.), на Всероссийской научной конференции «Наука. Технологии. Инновации» (Новосибирск, 2003 г.), на X Международной экологической конференции "Экология России и сопредельных территорий. Экологический катализ" (Новосибирск, 2005 г.), на Всероссийской научной конференции "Молодежь и наука – третье тысячелетие" (Красноярск, 2005 г.), на I Всероссийской научно-практической конференции "Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации транспортных сооружений" (Омск, 2006 г.).

Публикации. По теме диссертации получен патент РФ и опубликована 21 работа, в том числе 5 статей в рецензируемых журналах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы, приложений. Работа изложена на 111 страницах машинописного текста, включает 30 рисунков, 12 таблиц, список литературы из 128 наименований, приложения в количестве 19 страниц машинописного текста.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современного измерительного оборудования и методов исследований. Полученные экспериментальные данные хорошо согласуются с теоретическими закономерностями процесса фильтрования.

Автор выражает благодарность сотрудникам кафедры ХТИЭ АлтГТУ за проявленное внимание, помощь и ценные практические советы при выполнении настоящей работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

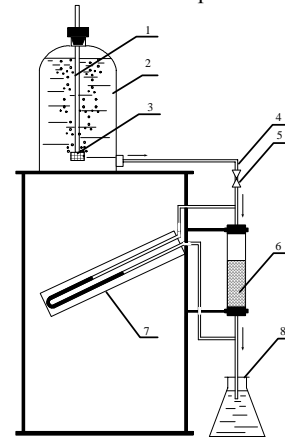
В первой главе рассмотрено состояние природных и сточных вод загрязненных ионами железа, нефтепродуктами и взвесями.

Проведен обзор литературных источников и патентов в области применения фильтровально-сорбционных технологий при водоочистке. Рассмотрены, как традиционно применяемые, так и современные методы очистки воды. Показаны их преимущества и недостатки.

Изложены теоретические аспекты процесса фильтрования. Приведено основное оборудование, используемое в практике водоочистки от вышеперечисленных загрязнителей. Рассмотрены различные фильтровальные материалы. Представлены характеристика базальтовых волокон и способ их получения. Показано, что создание и исследование новых способов очистки воды с использованием минеральных волокнистых материалов на основе базальта является актуальным и перспективным направлением.

Во второй главе представлены методики анализа ионов железа, взвесей и нефтепродуктов в воде. Для определения ионов железа был использован фотоколориметрический метод с роданидом калия. Взвешенные вещества определяли двумя методами, гравиметрическим и фотоколориметрическим. Определение легколетучих нефтепродуктов производилось ИК - спектрометрическим методом, а тяжелолетучих – гравиметрическим.

В третьей главе описана методика эксперимента. Для проведения экспериментов была создана лабораторная установка (Рисунок 1). Ее особенностью является применение в качестве напорной емкости сосуда Мариотта, что обеспечивает стабильный гидростатический напор на линии подачи очищаемой жидкости. Установка позволяет изучать процесс фильтровально-сорбционной очистки на загрузках с различными параметрами, такими как, плотность, высота, тип и способ укладки. В случае необходимости есть возможность варьировать скоростью движения жидкости и изменять ее направление (вверх или вниз). Для реализации принудительного перемешивания в расходной ёмкости вместо трубки сообщения с атмосферой устанавливается лопастная мешалка.



1-трубка сообщения с атмосферой;
2-расходная ёмкость; 3-распылительная головка; 4-система трубопроводов;
5- кран; 6-фильтровальная колонка;
7- наклонный дифманометр;
8- приёмная ёмкость

Рисунок 1 – Схема лабораторной установки

Для определения оптимальных параметров процесса фильтровально-сорбционной очистки исследования проводили при различных плотностях (от 100 до 250 кг/м³) и высоте укладки (от 1,5 до 15 см) материала. Скорость фильтрования задавалась в интервале от 10 до 15 м/ч.

Для сравнительной оценки перспективности применения минеральных базальтовых волокон, параллельно с ними исследовалось полимерное волокно Ирвелен.

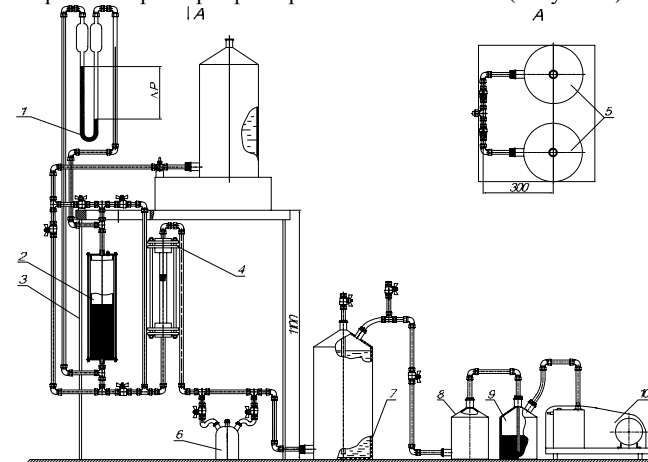
Очистку на свободно - распределенной загрузке (СРЗ) из базальтовых волокон, отличающейся значительно меньшей плотностью благодаря своей структуре, осуществляли при плотностях от 30 до 80 кг/м³ с высотой слоя до 15 см.

Модельные растворы приготавливались с концентрацией железа – от 1,5 до 2 мг/л (раствор железоммонийных квасцов), взвесей – от 150 до 200 мг/л (тонкоизмельченные глина и мел), нефтепродуктов от 5 до 40 мг/л (бензин АИ-92 и моторное масло М5₃).

На протяжении эксперимента через определенный интервал времени производился отбор проб до и после фильтра, которые подвергались анализу на содержание загрязнителя. С помощью наклонного ртутного дифманометра фиксировался потерянный напор.

По окончании эксперимента производился диаметральный разрез укладки с целью изучения внутреннего распределения загрязнений.

Для моделирования процесса была сконструирована пилотная установка, позволяющая развивать большую движущую силу и увеличить геометрические размеры фильтровальных элементов (Рисунок 2).



1 – ртутный дифманометр; 2 – фильтровальный элемент; 3 – стойка; 4 – ротаметр;
5 – исходная ёмкость; 6 – пробоотборник; 7 – приёмная ёмкость; 8 – предохранительная ёмкость;
9 – сорбционная ёмкость; 10 – вакуумный насос

Рисунок 2 – Общий вид вакуумной пилотной установки

В исходной емкости 5 приготавливался модельный раствор, который по системе трубопроводов поступал в фильтровальный элемент 2, загруженный фильтровальным материалом. Фильтрат направлялся в емкость 7, откуда периодически откачивался центробежным насосом в систему канализования. Движущая сила процесса развивалась за счет вакуумного насоса 10. Непрерывность процесса обеспечивалась попеременным подключением емкостей 5. Для замера расхода использовался ротаметр 4; отбора проб – пробоотборник 6; замера потерянного напора – ртутный дифманометр 1. Предохранительная 8 и сорбционная 9 емкости предусмотрены для предотвращения попадания воды и ее паров в вакуумный насос 10.

В четвертой главе изложены экспериментальные данные и результаты их обработки. Выявлены оптимальные параметры очистки загрязненных вод на различных базальтовых волокнах (воздушном и промасленном). Приведены зависимости изменения эффекта очистки (\mathcal{E} , %) и потерянного напора (ΔP , мм водн. ст.) от времени (T , ч) и удельного объема ($V_{уд}$, л/г).

На первой стадии исследований изучался процесс очистки воды на загрузках с большими плотностями укладки волокна ($\rho_{укл}$ от 100 до 250 кг/м³). Показано, что при обезжелезивании достигается высокий эффект очистки (от 97 % до 100 %) для всех типов загрузки (Рисунок 3). При этом максимальный объем очищенной жидкости, приходящийся на единицу массы, оказался на воздушном волокне и составил 24 л/г.

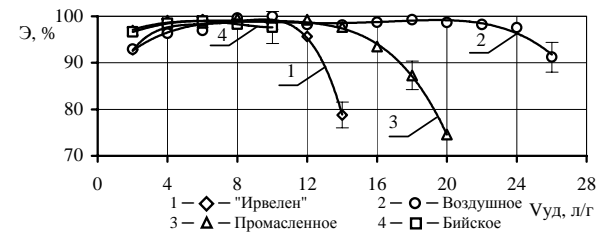


Рисунок 3 - Зависимость эффективности (\mathcal{E}) обезжелезивания от пропущенного объема воды ($V_{уд}$) при $\rho_{укл}=100$ кг/м³

Увеличение плотности загрузки практически во всех случаях приводило к возрастанию эффекта очистки, что видно из рисунка 4 на примере очистки воды от взвесей на воздушном волокне, которое обеспечивает больший эффект очистки (от 87 % до 99,9 %), по сравнению с промасленным (от 70 % до 95 %). При этом удельный объем профильтрованной жидкости снижается пропорционально увеличению плотности фильтровального материала.

В случае очистки от нефтепродуктов, наиболее приемлемые результаты были получены на промасленном волокне, например, при очистке воды от летучих нефтепродуктов эффект очистки был в интервале

от 90 % до 99,2 %, когда на воздушном от 50 % до 60 %, при прочих равных условиях (Рисунок 5).



Рисунок 4 – Зависимость эффективности (Э) от удельного объема воды (V_{уд}) при очистке от взвесей на воздушном волокне

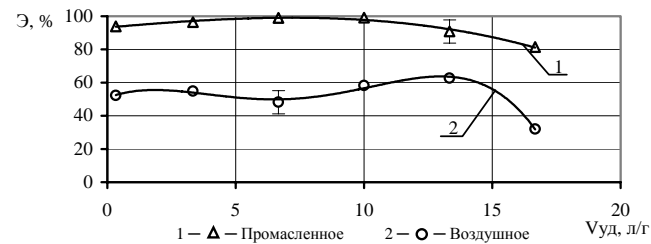


Рисунок 5 - Зависимость эффективности (Э) от пропущенного объёма воды (V_{уд}) при очистке от нефтепродуктов ($\rho_{укл}=100$ кг/м³) на различных базальтовых волокнах

Недостатками использования загрузок с высокой плотностью, являются низкий коэффициент использования материала ($K \approx 0,15$), что подтверждено изучением диаметального разреза фильтровального элемента и большое сопротивление загрузки, приводящее к неоправданным потерям гидростатического напора.

Для устранения вышеуказанных недостатков, была произведена деструкция базальтового волокна, путем механического воздействия, что привело к изменению пространственного положения базальтовых нитей в объеме фильтрующей загрузки. В результате чего, нам удалось получить новый по структуре и фильтровальным свойствам материал позволяющий создавать низкую плотность загрузки и более эффективно использовать рабочий объем, названный нами свободно-распределенной загрузкой (СРЗ). Изучение диаметального разреза СРЗ, показало, что достигается высокий коэффициент использования материала ($K \approx 0,95$), загрязнения распределяются равномерно по всему сечению.

В таблице 1 представлена сравнительная характеристика эффективности извлечения взвесей, железа и нефтепродуктов на волокнистых загрузках различных типов, как видно базальтовое волокно в виде СРЗ позволяет не только повысить качество очистки, но и увеличить удельный объем фильтрата.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика эффективности извлечения загрязнений на волокнистых загрузках различных типов

Тип загрузки	Извлечение					
	взвесей		железа		нефтепродуктов	
	Э, %	V _{уд.} , л/г	Э, %	V _{уд.} , л/г	Э, %	V _{уд.} , л/г
Барнаульское базальтовое промасленное волокно	70-73	10	97-100	14	87-94	24
Барнаульское базальтовое воздушное волокно	85-87	10	97-100	24	60-80	8
Бийское базальтовое воздушное волокно	-	-	97-99	10	-	-
Томское полимерное волокно "Ирвелен"	70-85	6	97-99	12	70-83	15
СРЗ из базальтового волокна	95-99	23	97-100	24	98-100	30

На второй стадии изучалось изменение потеряннного (ΔP) напора в фильтрующей загрузке от удельного объема очищенной жидкости ($V_{уд.}$). Определение оптимальной высоты слоя загрузки (h) и ее плотности ($\rho_{укл.}$) является важной задачей, т.к. величина ΔP характеризуется собственным гидравлическим сопротивлением волокнистой загрузки и сопротивлением накапливаемых загрязнений.

Очистка на плотных загрузках ($\rho_{укл.}$ от 100 до 250 кг/м³), как правило, сопровождалась пленочным фильтрованием, что приводило к неоправданному возрастанию потеряннного напора, и следовательно, к уменьшению количества профильтрованной воды. Наиболее показательные зависимости представлены на рисунке 6.

Как видно из рисунка 6а, интенсивность возрастания гидравлического сопротивления загрузки пропорциональна увеличению ее плотности, что прослеживалось на загрузках всех типов при очистке от взвесей. Работоспособной, при заданной скорости (10 м/ч), оказалась загрузка с плотностью 100, 150 кг/м³, позволяющая профильтровать больший объем жидкости. При постоянной плотности загрузки изменение потеряннного напора при обезжелезивании воды на различных волокнах происходит неодинаково (Рисунок 6б). Причем наиболее характерно этот факт выражен у полимерного волокна – Ирвелен и минерального – Бийского.

Обезжелезивание воды на СРЗ приводит к снижению потеряннного напора в 3 - 6 раза по сравнению с плотной укладкой (Рисунок 7). Аналогичные зависимости характерны для очистки от взвесей и нефтепродуктов.

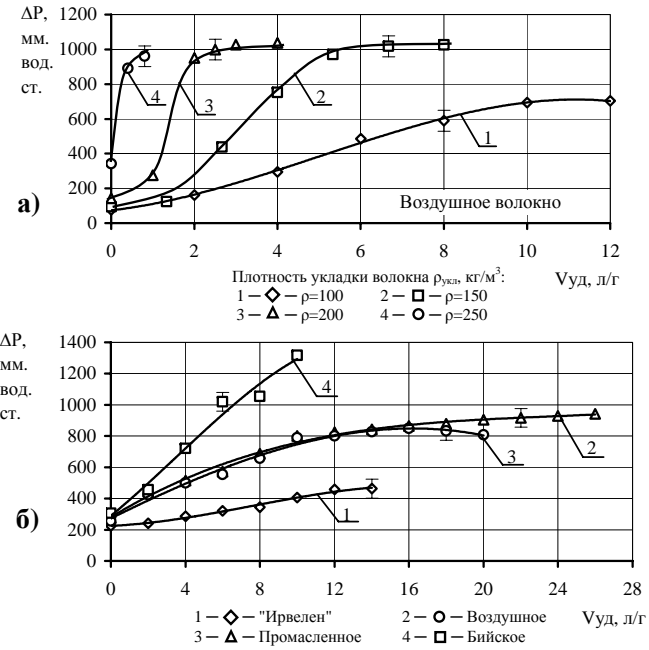


Рисунок 6 – Зависимость потерянного напора (ΔP) от удельного объема воды ($V_{уд}$) при очистке воды от: **а)** взвесей, **б)** железа

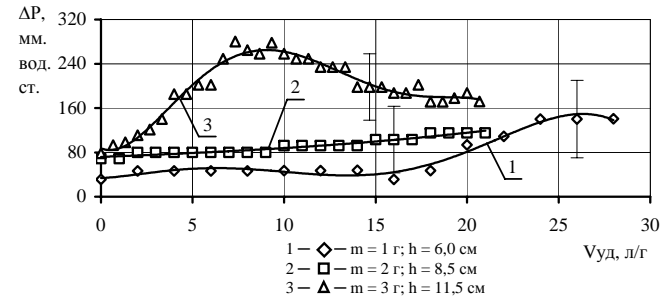


Рисунок 7 – Зависимость потерянного напора (ΔP) от удельного объема воды ($V_{уд}$) на СРЗ из воздушного волокна при обезжелезивании воды

На третьей стадии изучалось изменение эффективности очистки от времени для определения фильтроцикла.

Применение для очистки воды различных загрузок, при прочих равных условиях, показало существенную разницу в продолжительности времени защитного действия Т_{зд}. Так, например, при извлечении железа Т_{зд} на полимерном волокне – Ирвелене составило 1,8 ч, на воздушном – 11,6 ч, на промасленном – 2,9 ч (Рисунок 8).

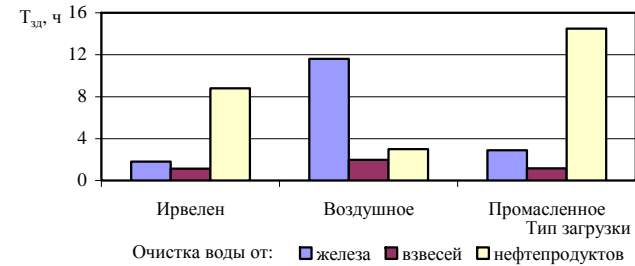


Рисунок 8 – Время защитного действия загрузки с $\rho_{\text{укл}} = 100, 150 \text{ кг/м}^3$, при извлечении различных загрязнений

При больших плотностях загрузки Т_{зд} в большинстве случаев определено не было. Это можно объяснить резким увеличением сопротивления загрузки и, как следствие, снижением скорости фильтрования ниже заданного предела, без ухудшения качества фильтрата.

При фильтровании на СРЗ фронт загрязнителей, перемещающийся равномерно по материалу, практически всегда достигал выхода из загрузки, тем самым, позволяя зафиксировать время защитного действия фильтра. На рисунке 9, в качестве примера, приведены результаты обезжелезивания на СРЗ при различных высотах загрузки. Как и ожидалось, фильтроцикл увеличивается пропорционально росту высоты слоя СРЗ, при $h=11,5 \text{ см}$ очистка идет на протяжении $T \approx 8 \text{ ч}$.

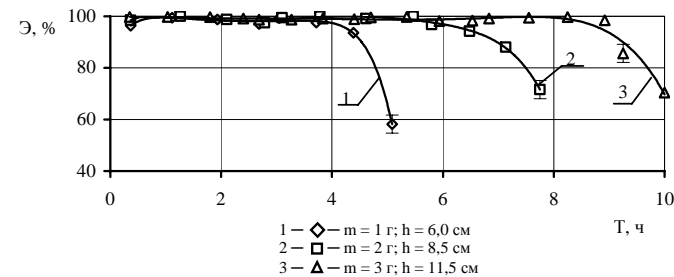


Рисунок 9 - Зависимость эффективности обезжелезивания (Э) на СРЗ из воздушного волокна от времени (Т) при $\rho_{\text{укл}} = 50 \text{ кг/м}^3$

На основании свойств, полученной нами загрузки, был предложен фильтр для очистки жидкостей, с применением СРЗ, отличающийся простотой конструкции и повышенным коэффициентом использования рабочего объема, подтвержденный патентом РФ на полезную модель.

На четвертой стадии исследовался процесс регенерации загрузки.

Был опробован ряд способов: вымывание загрязнений обратным током воды, водовоздушная промывка и промывка с пульсирующим эффектом, последний оказался наиболее эффективным. Промывку осуществляли со скоростью от 25 до 30 м/ч. При регенерации загрузки, содержащей нефтепродукты, нагревали воду до температуры от 70 до 80 °С. Расход промывной воды составлял не более 3 % от объема очищенной воды.

После трех циклов регенерации потери волокна от его первоначальной массы составили около 10 %, их компенсировали новой порцией волокна. Из полученных результатов (Таблица 2) следует, что только первичная регенерация снижает Тзд примерно на 20 %, а последующие существенно не изменяют свойства загрузки.

Таблица 2 – Зависимость времени защитного действия фильтра от количества регенераций при очистке от различных загрязнителей

Номер регенерации	Время защитного действия $T_{зд}$, ч		
	железо	взвеси	нефтепродукты
-	8,5	8,8	10,5
1	7,8	6,5	8,2
2	7,2	7,6	7,7
3	7,4	6,3	7,5

На пятой стадии проведено математическое описание процесса обезжелезивания. Исследования проводили на пилотной фильтровальной установке (Рисунок 2) в соответствии с полным факторным экспериментом (ПФЭ). В качестве влияющих на процесс очистки было выделено три основных фактора ($k=3$), а именно плотность укладки ($\rho_{укл}$, кг/м³), высота слоя загрузки (h , мм) и начальная концентрация железа в воде (C_n , мг/л).

Опыты проводили на двух уровнях ($m=2$), в соответствии с чем, число необходимых экспериментов составило: $N=m \cdot k=2 \cdot 3=8$. Координатами центра факторного пространства являются: $Z_{10}=\rho_{укл}=75$ кг/м³, $Z_{20}=h=100$ мм и $Z_{30}=C_n=2$ мг/л. Диаметр фильтровального элемента $D=65$ мм, и скорость фильтрования $\omega=10$ м/ч являлись стационарными и в опытах не изменялись. Сформированное факторное пространство представлено в таблице 3.

Выходными факторами, оценивающими отклик объекта на изменение входных факторов, выбраны: Y_1 - время защитного действия фильтрующей загрузки (T , ч) и Y_2 - потерянный напор (ΔP , мм водн. ст.). При

этом решающим фактором, ограничивающим продолжительность процесса, являлся эффект очистки (Э), интервал допустимого варьирования которого, был принят от 95 % до 100 %.

Таблица 3 – Условия проведения эксперимента

Натуральные факторы	Плотность укладки, кг/м ³ , (Z ₁)	Высота слоя загрузки, мм, (Z ₂)	Начальная концентрация железа, мг/л, (Z ₃)
Основной уровень, Z _i ⁰	75	100	2
Шаг варьирования, ΔZ _i	25	50	1
Верхний уровень, Z _i ^{max}	100	150	3
Нижний уровень, Z _i ^{min}	50	50	1

Полученные коэффициенты уравнения регрессии оценены по критерию Стьюдента (t). Сравнение дисперсий по статистическому критерию Фишера (F) показало, что уравнения регрессии адекватно описывают процесс.

Результат математического описания:

$$T = -15,61 + 0,35 \cdot \rho_{укл} + 0,17 \cdot h + 5,21 \cdot C_H - 0,13 \cdot 10^{-2} \cdot \rho_{укл} \cdot h - 0,09 \cdot \rho_{укл} \cdot C_H - 0,06 \cdot h \cdot C_H + 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{укл} \cdot h \cdot C_H, \text{ ч};$$

$$\Delta P = -1228 + 24,8 \cdot \rho_{укл} + 1,8 \cdot h + 0,1 \cdot \rho_{укл} \cdot h, \text{ мм вод. ст.}$$

Для расчета высоты загрузки - основного параметра, влияющего на время защитного действия и величину потерянтого напора из уравнения регрессии получим следующую зависимость:

$$h = \frac{15,61 + T - 5,21 \cdot C_H + \rho_{укл} (0,09 \cdot C_H - 0,35)}{0,17 - 0,06 \cdot C_H + \rho_{укл} (0,6 \cdot 10^{-3} \cdot C_H - 0,13 \cdot 10^{-2})}, \text{ мм.}$$

Результаты математического моделирования позволят решать задачу оптимизации процесса обезжелезивания, т.е. обеспечения максимального времени защитного действия загрузки при минимальных потерях напора, а также производить расчет высоты слоя загрузки.

Таким образом, основываясь на результатах исследований, можно сделать ряд выводов:

- фильтровальный элемент следует формировать из свободно-распределенной загрузки с плотностью от 30 до 100 кг/м³, что обеспечит высокий коэффициент использования материала, позволит существенно снизить сопротивление загрузки без снижения качества очистки и приведет к экономии электроэнергии;
- минеральные волокна на основе базальта, обладая меньшей стоимостью, чем полимерное - Ирвелен, и не уступающие ему в эффективности очистки, являются более предпочтительными для использования в практике водоочистки;
- при очистке воды от железа и взвесей целесообразнее использовать воздушное волокно, от нефтепродуктов – промасленное;

- продолжительность времени защитного действия существенно не меняется в процессе многократной регенерации;
- полученное математическое описание процесса обезжелезивания адекватно описывает процесс.

Пятая глава посвящена разработке принципиальных технологических схем очистки подземных вод от железа и промливневых сточных вод от нефтепродуктов и взвесей.

Очистку артезианских вод предлагается производить в соответствии со схемой, представленной на рисунке 10. Вода из скважины насосом 2 закачивается в напорный бак 1. Далее, большая её часть проходит окисление и дегазацию в аэраторе барботажного типа 3, а часть отводится для приготовления свободно-распределённой загрузки в модуль 7. Аэрированная вода направляется на фильтр 6 со свободно-распределённой загрузкой, фильтрат собирается в резервуаре 10. Бункер 8, весовой дозатор 9 и модуль 8, предназначены для приготовления СРЗ. Для регенерации фильтрующей загрузки предусмотрена импульсная линия с поршневым насосом 6.

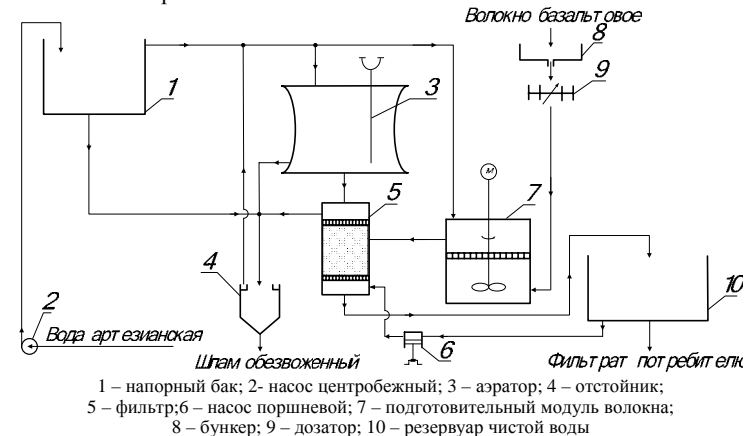
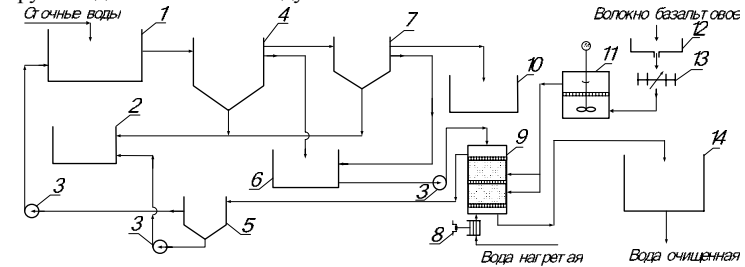


Рисунок 10 – Принципиальная технологическая схема фильтровальной станции обезжелезивания артезианских вод

Схема для очистки промливневых вод от взвесей и нефтепродуктов изображена на рисунке 11.

Ливневые сточные воды поступают в резервуар 1, где происходит усреднение их состава. После этого вода направляется в песколовку 4, а затем в нефтеловушку 7, где происходит отделение основной части крупной взвеси и нефтепродуктов. Осевшие и всплывшие загрязнения отводятся, соответственно, в сборник шлама 2 и нефтепродуктов 10. Осветленная вода направляется в промежуточный резервуар 6, откуда на-

сосом 3 подается на фильтр 9 с двухслойной свободно-распределенной загрузкой. Верхний слой фильтра загружен воздушным, а нижний – промасленным базальтовым волокном. Загрузка готовится в модуле 11, куда при помощи весового дозатора 13 из бункера 12 поступает базальтовое волокно. Очищенная жидкость направляется в сборник 14. Регенерация загрузки осуществляется пульсирующим обратным током нагретой технической воды. Потери СРЗ, возникающие при этом, компенсируются добавлением из модуля 11.



- 1 - приемный резервуар; 2 - сборник шлама; 3 - насос центробежный; 4, 5 - песколовка;
6 - промежуточная емкость; 7 - нефтеловушка; 8 – насос поршневой; 9 - фильтр;
10 - сборник нефтепродуктов; 11 - модуль подготовки волокна; 12 - бункер;
13 – дозатор; 14 - сборник очищенной воды

Рисунок 11 - Принципиальная технологическая схема очистки промливневых сточных вод

Предлагаемая технология обезжелезивания позволит получать из артезианских вод – воду питьевого качества, технология очистки промливневых сточных вод – снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду путем создания замкнутых водооборотных циклов на предприятиях.

Предотвращенный экологический ущерб от внедрения предлагаемого фильтровально - сорбционного материала составит 864,6 тыс. руб./год.

Для оценки экономической целесообразности использования в качестве фильтровальной загрузки минеральных базальтовых волокон, был проведен укрупненный расчет стоимости загрузки стандартного фильтра различными фильтровальными материалами. Стоимость зернистых загрузок из Manganese Greensand, активированного угля, гидроантрацита, кварцевого песка примерно в 6 – 22 раз, волокнистой загрузки Ирвелен – в 6 раз выше стоимости загрузки из базальтовых волокон. Основываясь на данных результатах можно судить о перспективности создания технологий водоочистки с применением базальтовых волокон.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Созданы лабораторная и пилотная установки, на которых изучены фильтровально-сорбционные свойства базальтовых волокон при очистке воды с различными технологическими параметрами.
2. Выявлено, что вид загрузки волокнистого материала, ее плотность и высота оказывают существенное влияние на процесс очистки воды. Впервые предложен способ укладки материала в виде свободно-распределенной базальтовой загрузки с плотностью от 30 до 100 кг/м³, применение которой повысит коэффициент использования материала, позволит существенно снизить сопротивление загрузки без снижения качества очистки, и приведет к экономии электроэнергии.
3. Показано, что базальтовые волокна по своим фильтровально-сорбционным свойствам не уступают полимерному – Ирвелен. При очистке воды от железа и взвесей целесообразнее использовать воздушное волокно, от нефтепродуктов – промасленное.
4. Проведено математическое описание процесса обезжелезивания воды с применением базальтовых волокон по экспериментальным данным, полученным на пилотной установке.
5. Предложен фильтр для очистки жидкостей, с применением свободно - распределенной загрузки из базальтовых волокон, подтвержденный патентом РФ на полезную модель №52573.
6. Подобран и изучен способ регенерации отработанных загрузок из базальтовых волокон, продолжительность времени защитного действия существенно не меняется в процессе многократной регенерации.
7. Разработаны принципиальные технологические схемы очистки артезианских и промливневых вод и проведена сравнительная оценка стоимости фильтровальной загрузки из базальтовых волокон с загрузками, используемыми в настоящее время. Стоимость зернистых и полимерной волокнистой загрузок примерно в 6 – 22 раза выше стоимости загрузки из базальтовых волокон. Предотвращенный экологический ущерб от внедрения предлагаемого материала составит 864,6 тыс. руб./год.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Лебедев, И.А. Очистка железосодержащих вод фильтрованием через волокнистые материалы [Текст]/ И.А. Лебедев, Е.В. Кондратюк, Л.Ф. Комарова// Ползуновский вестник. - 2004 г. - №4. С. 171-176.
2. Лебедев, И.А. Исследования по очистке сточных вод от бутанола с использованием новых сорбционных материалов [Текст]/ П.А. Кривошеев, И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова, М.А. Полетаева, С.С. Лавриненко// Журнал прикладной химии. - 2004 г. – т.77. С. 1525-1527.

3. Лебедев, И.А. Интенсификация очистки воды от взвесей методом фильтрования [Текст]/ И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова, В.А. Сомин, Е.В. Кондратюк// Инженерная экология. - 2006 г. - №2. С. 20-27.
4. Лебедев, И.А. Очистка сточных вод от ионов свинца на модифицированных базальтовых сорбентах [Текст]/ Е.В. Кондратюк, И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова// Ползуновский вестник. - 2006 г. - №2. С. 375-380.
5. Лебедев, И.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод фильтровально-сорбционными методами [Текст]/ И.А. Лебедев, Е.В. Кондратюк, Л.Ф. Комарова, Е.Г. Коценко, М.А. Полетаева// Ползуновский вестник. - 2006 г. - №2. С. 380-385.
6. Лебедев, И.А. Исследования по очистке сточных вод от взвешенных веществ и ионов железа базальтовыми волокнами [Текст]/ И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова// Молодежь Барнаулу: материалы IV городской науч.-практ. конф. молодых ученых. – Барнаул, 2002. – С. 293-295.
7. Лебедев, И.А. Исследование новых фильтровальных материалов для очистки воды от нефтепродуктов [Текст]/ И.А. Лебедев, М.Ю. Елисеев, Е.В. Кондратюк// Химия и химическая технология в XXI веке: тезисы докладов IV-ой Всероссийской студенческой науч.-практ. конф. – Томск, 2003. – С. 125-126.
8. Лебедев, И.А. Совершенствование систем очистки воды с использованием перспективных фильтровальных материалов [Текст]/ И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова// Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (Сибресурс-9-2003): доклады девятой международной науч.-практ. конф. – Томск, 2003. – С. 52-54.
9. Лебедев, И.А. Новые фильтровальные материалы в улучшении качества воды [Текст]/ И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова// Технология органических веществ и высокомолекулярных соединений: материалы региональной науч.-практ. конф. – Томск, 2003. – С. 192-194.
10. Лебедев, И.А. Исследования по очистке сточных вод от нефтепродуктов минеральными волокнами [Текст]/ И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова, М.Ю. Елисеев, Е.В. Кондратюк// Молодежь Барнаулу: материалы V городской науч.-практ. конф. молодых ученых. – Барнаул, 2003. – С. 270-271.
11. Лебедев, И.А. Разработка технологии обезжелезивания воды минеральными волокнами [Текст]/ И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова, М.Ю. Елисеев, Е.В. Кондратюк// Наука. Технологии. Инновации: материалы докладов всероссийской науч. конф. молодых ученых. – Новосибирск, 2003. – Часть 2. С. 150-151.
12. Лебедев, И.А. Улучшение качества питьевой воды фильтрованием через волокнистые материалы [Текст]/ И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова, М.Ю. Елисеев, Е.В. Кондратюк// Гуманизация производственной среды и экология человека: материалы науч.-практ. конф. – Барнаул, 2004. – С. 83-86.
13. Лебедев, И.А. Волокнистые материалы в практике обезжелезивания воды [Текст]/ И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова// Химия и химическая

технология на рубеже тысячелетий: материалы III Всероссийской науч. конф. – Томск, 2004. – С. 283-285.

14. Лебедев, И.А. Изучение фильтровальных свойств минеральных волокон для очистки воды от взвешенных веществ [Текст]/ И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова, В.А. Сомин, Е.В. Кондратюк// Химия и химическая технология в XXI веке: тезисы докладов VI Всероссийской студенческой науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 316-319.

15. Лебедев, И.А. Разработка технологии водоочистки от взвесей фильтрованием на минеральных волокнах [Текст]/ И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова, В.А. Сомин// Ползуновский альманах. – 2005 г. - №3. С. 43-45.

16. Лебедев, И.А. Интенсификация очистки воды от взвесей методом фильтрования с применением волокнистых материалов [Текст]/ И.А. Лебедев, М.А. Крутова, В.А. Сомин, Л.Ф. Комарова// Экология России и сопредельных территорий. Экологический катализ: материалы X международной экол. студ. конф. – Новосибирск, 2005. – С. 128-129.

17. Лебедев, И.А. Приоритетный метод анализа для исследования нефтепродуктов в воде [Текст]/ И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова, Е.А. Келлер, О.С. Гурова// Молодежь и наука – третье тысячелетие: сборник материалов Всероссийской науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых – Красноярск, 2005. – С. 384-388.

18. Лебедев, И.А. Создание высокоэффективной технологии обезжелезивания воды фильтрованием через волокнистые материалы [Текст]/ И.А. Лебедев, Е.В. Кондратюк, Л.Ф. Комарова// Рациональное природопользование: материалы Всероссийской конф. аспирантов и студентов – Ярославль, 2005. – С. 67-76.

19. Лебедев, И.А. Улучшение состояния водных объектов путем создания новых технологий водоочистки [Текст]/ И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова, В.А. Сомин, Е.В. Кондратюк, М.А. Полетаева// Человек. Экология. Здоровье: сборник материалов форума – Барнаул, 2006. – С. 60-62.

20. Лебедев, И.А. Совершенствование защиты водных объектов от влияния мостовых переходов [Текст]/ И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова, Г.В. Дахина// Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации транспортных сооружений: материалы I Всероссийской науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых – Омск, 2006. – С. 3-8.

21. Лебедев, И.А. Очистка железосодержащих вод с применением базальтовых волокон [Текст]/ И.А. Лебедев// Материалы 11-го Всероссийского слета "Студенты, аспиранты и молодые ученые – малому наукоемкому бизнесу (Ползуновские гранты)". Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2006. – С. 66-74.

Удалено: 6