

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор

БГТУ им. В.Г. Шухова

д.т.н., профессор

Шановалов Н.А.

2016 г.



## О Т З Ы В

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» на диссертацию Авериной Юлии Михайловны на тему «Интенсификация процесса аэрации при удалении ионов железа из воды», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ.

Представленная диссертация посвящена интенсификации процесса аэрации при удалении ионов железа из воды с применением керамических мелкопористых трубчатых мембран. В настоящее время данное направление является перспективным и актуальным, так как связано с защитой окружающей среды в процессе водоподготовки. Особая привлекательность для практического использования данной работы состоит в следующем. Для интенсификации процесса аэрации ионов  $Fe^{2+}$  дополнительно не применяются никакие химические реагенты.

Актуальность темы диссертации. Вода является важнейшим компонентом, обеспечивающим существование жизни на нашей планете. Одной из распространенных примесей в воде является железо, повышенное содержание которого в воде наносит вред здоровью человека, приводит к быстрому износу оборудования, является причиной брака во многих отраслях промышленности.

Наиболее экономичным, технологически и экологически рациональным способом удаления железа из воды, является аэрация. Однако в связи со сложностями выбора оптимального метода аэрации и конструкции аэратора, необходимостью подробного анализа физико-химических свойств исходных и образующихся систем для каждой конкретной ситуации задача интенсификации процесса аэрации является актуальной.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующих положениях:

- впервые показано, что скорость процесса окисления ионов  $Fe^{2+}$  в воде при барботировании воздуха определяется скоростями двух параллельно протекающих процессов: гомогенного процесса окисления растворенным в воде кислородом и гетерогенного процесса окисления ионов  $Fe^{2+}$  на границе раздела фаз «вода-воздух»;
- установлена зависимость скорости гетерогенного и суммарного процессов окисления  $Fe^{2+}$  от удельной поверхности контакта фаз «вода-воздух»;
- установлено влияние режимов процесса барботирования воздуха и конструкционных параметров установки обезжелезивания на величину удельной поверхности контакта фаз «вода-воздух»;
- получены эмпирические формулы зависимости скорости процесса окисления ионов  $Fe^{2+}$  и остаточного содержания ионов железа в воде от величины удельной поверхности контакта фаз «вода-воздух» и времени проведения процесса позволяют осуществлять расчет установок и режимных параметров процесса по скорости, энергозатратам, занимаемым площадям, материалоемкости конструкции при заданных начальных и конечных концентрациях ионов  $Fe^{2+}$  в воде и требуемой производительности процесса.

Практический интерес представляет предложенный автором диссертации алгоритм расчёта технологического процесса обезжелезивания воды различного состава для его оптимизации. Установленные в данной работе режимные параметры процесса аэрации и ультрафильтрации, а также результаты

испытаний работы промышленной установки являются объективным показателем готовности и конкурентоспособности предложенной технологии.

Предложенная схема очистки воды и полученные результаты могут быть использованы для создания экологически безопасных станций подготовки питьевой воды и воды для хозяйствственно-бытового назначения.

Диссертация имеет объем 157 страниц, состоит из введения, 4 разделов, общих выводов. Список литературы состоит из 121 наименования, включая 30 ссылок на иностранные источники. Работа содержит 6 приложений, 56 рисунков и 7 таблиц.

Во введении (стр. 5-8 дисс.) Обосновано обострение проблем, связанных с растущей нехваткой населения планеты в воде, пригодной и безопасной для питья и приготовления пищи. Сформулированы современные ключевые аспекты в водоподготовке и показана актуальность очистки природных вод от железа.

Первая глава (стр. 9-60 дисс.) посвящена аналитическому обзору литературных данных, касающихся основных существующих способов очистки воды от железа и современных устройств для осуществления процесса барботажа с описанием их достоинств и недостатков. Дано подробное описание существующих теоретических аспектов процесса барботирования - размер пузырьков, скорость их всплытия и т.д.

Автор рассматривает большое количество работ, опубликованных, как в отечественной, так и в иностранной литературе. Всего в списке литературы числится 121 наименование. Помимо отечественных публикаций рассматривается более 30 иностранных источников. Из данной главы видно, что автор хорошо ориентируется в современном состоянии проблемы.

На основе анализа литературных данных обоснована перспективность использования керамических мелкопористых трубчатых мембран как для процесса окисления ионов  $Fe^{2+}$  в водных растворах, так и для процесса фильтрации образовавшихся нерастворимых соединений железа.

Во второй главе (стр. 61-80 дисс.) подробно описаны методики проведения экспериментов, приготовления и анализа модельных растворов.

Представлены методики проведения экспериментов по ультрафильтрации и аэрации с применением керамических мелкопористых трубчатых мембран. Автором диссертации выведена формула для расчёта поверхности контакта фаз «вода – воздух» в технологической ячейке с изменяемой геометрией. Разработана оригинальная методика регенерации фильтрующих элементов.

Третья глава (стр. 81-119 дисс.) посвящена анализу проведенных экспериментов и обсуждению полученных результатов. Доказано, что суммарная скорость окисления ионов  $Fe^{2+}$  складывается из двух составляющих – гомогенного и гетерогенного окисления. Установлены зависимости скорости окисления ионов  $Fe^{2+}$  от концентрации растворённого в воде кислорода (гомогенная составляющая) и от площади контакта фаз вода – воздух (гетерогенная составляющая). Подобраны оптимальные характеристики применяемых керамических трубчатых мембран для осуществления процесса барботажа.

Разработана методика определения скорости окисления ионов  $Fe^{2+}$  только за счёт гетерогенной составляющей. С учётом полученных экспериментальных данных разработана математическая модель расчёта скорости окисления  $Fe^{2+}$  только за счёт гетерогенной составляющей.

Предложена методика регенерации применяемых керамических мембран после процесса фильтрации образовавшихся нерастворимых соединений железа.

Четвёртая глава (стр. 120-136 дисс.) описывает практическое применение результатов проведенных диссидентом исследований. На основе полученных результатов создана промышленная установка по снижению концентрации ионов  $Fe^{2+}$  в воде, а также сероводорода и углекислоты. В основу установки положен разработанный автором диссертации способ интенсификации процесса аэрирования с последующим фильтрованием с применением керамических мелкопористых трубчатых мембран.

Выводы из диссидентационной работы достаточно полно отражают её главные результаты.

Установлено влияние режимов процесса барботирования и конструктивных параметров установки для его осуществления на величину

удельной поверхности контакта фаз «вода – воздух», которая в свою очередь влияет на скорость гетерогенного процесса.

Впервые установлено, что скорость процесса окисления ионов  $\text{Fe}^{2+}$  в воде в процессе аэрации определяется суммарной скоростью двух параллельно протекающих процессов – гомогенного и гетерогенного.

Промышленная установка, созданная на основе результатов проведенных исследований, позволяет достигать требуемых норм ПДК по содержанию ионов железа при снижении экономических затрат на 10%.

Достоверность научных результатов работы основана на использовании продуманных схем экспериментальных установок с применением современных методов исследований. Выводы основаны на глубоком анализе полученных экспериментальных данных с позиции современных технологий обезжелезивания.

По материалу представленной диссертационной работы имеются следующие замечания:

1. На стр. 82 второй и третий абзац по своему смыслу представляют одно и тоже.
2. В таблице 4.3 не указана единица измерения потребляемой мощности (стр. 134).
3. Для рисунков 3.8, 3.9 представляется более целесообразным полученные результаты изобразить в других координатах, переместив полученные данные в центр графика.
4. Графики на рисунке 3.18 (а, б, в) построены только по трем экспериментальным точкам, в то время как для большей точности необходимо 5-6 экспериментальных точек.
5. Рисунок 3.25 – не понятно, для каких концентраций построены данные зависимости.
6. Для уравнения расчета скорости гетерогенного процесса окисления двухвалентного железа отсутствуют сведения, насколько данное уравнение адекватно описывает процесс.

7. Из текста диссертации не ясно, как предполагается обезвреживать или утилизировать вторичные сточные воды, образующиеся после регенерации мембран.

Указанные недостатки не влияют существенно на общую ценность изложенного в диссертации планомерного, объёмного, трудоёмкого и результативного исследования. Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне с применением современных экспериментальных методов и аналитических средств, которые обусловливают обоснованность и достоверность полученных результатов.

По итогам работы имеется 21 публикация, из них 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки. Научные публикации достаточно полно отражают основное содержание диссертации. Общие выводы по результатам работы обоснованы, полностью соответствуют ее целям и положениям, выносимым на защиту. Диссертационная работа хорошо иллюстрирована, ее оформление соответствует требованиям ВАК Минобрнауки. Работа прошла апробацию на международных и отечественных конференциях.

Автореферат работы адекватно отражает ее основное содержание, научную новизну, практическую значимость, выводы и другие ключевые моменты. Сочетание тематики диссертации, формулировок ее целей, научной новизны, областей приложения результатов, используемых методов и ее общей направленности на разработку способа интенсификации процесса аэрации при удалении ионов железа из воды подтверждают соответствие диссертации для шифра специальности, по которой работа представлена к защите – 05.17.01 – Технология неорганических веществ:

формуле специальности

- пункту 2 (технологические процессы (химические, физические и механические) изменения состава, состояния, свойств, формы сырья, материала в производстве неорганических продуктов);
- пункту 4 (способы и средства разработки, технологических расчетов, проектирования, управления технологическими процессами и каче-

ством продукции применительно к производственным процессам получения неорганических продуктов);

области исследований

- пункту 5 (способы и последовательность технологических операций и процессов защиты окружающей среды от выбросов неорганических веществ);
- пункту 6 (свойства сырья и материалов, закономерности технологических процессов для разработки, технологических расчетов, проектирования и управления химико-технологическими процессами и производствами).

Результаты диссертационной работы Авериной Ю.М. могут найти применение в Научно-исследовательских институтах, в академических институтах и вузах химического, технического и химико-технологического профиля при решении задач, связанных с водоподготовкой и могут быть рекомендованы для использования в фундаментальных проектах и в прикладных работах таких организаций, как: Научно-исследовательский институт коммунального водоснабжения и очистки воды; Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова; Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет); Московский государственный университет инженерной экологии; Санкт-Петербургский государственный университет; Сибирский государственный технологический университет.

Диссертация написана грамотным языком, оформлена большим количеством иллюстративного материала и содержит достаточный набор первичных данных. Выдержанна логическая последовательность изложения: обоснование и описание методик, экспериментальные данные и обсуждение результатов исследований, а также выводы.

Считаем, что представленная диссертационная работа Авериной Ю.М. на тему «Интенсификация процесса аэрации при удалении ионов железа из воды» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, по своей актуальности, научной новизне, достоверности и практическому значению

соответствующую требованиям паспорта специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ и п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» (в ред. Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а ее автор – Аверина Юлия Михайловна – заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ.

Отзыв ведущей организации подготовлен доктором технических наук, профессором, заведующей кафедры промышленной экологии Свергузовой Светланой Васильевной, рассмотрен и утвержден на заседании кафедры промышленной экологии БГТУ им. В.Г. Шухова, протокол № 7 от «09 02 2016г.

Председатель заседания

Зав. кафедрой промышленной экологии

БГТУ им. В.Г. Шухова,

д.т.н., профессор

Секретарь кафедры

Подпись Свергузовой С.В.

Ученый секретарь Ученого со

Адрес: 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46,

БГТУ им В.Г. Шухова, каф. ПЭ, ЛК 412.

Телефон/факс: (4722) 55-47-96

E-mail: pe@intbel.ru

Свергузова Светлана Васильевна

Василенко Татьяна Анатольевна

12.02.2016

Дуюн Татьяна Александровна

