

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Смирнова Владислава Алексеевича, выполненную на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Совершенствование технологии обезжелезивания воды озоновоздушной смесью на предприятиях АПК» и представленную к защите в диссертационный совет Д 006.048.02, созданный на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» по специальности 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства

Работа представлена в рукописи на 164 листах, состоит: титульный лист (1с.), оглавление (2с.); введение (9с.); разделы 1...5 (115с.), в том числе: 19 таблиц, 40 иллюстраций; заключение (2с.); библиографический список (104 наименования, 11с.); приложения (23с.), в том числе: патенты на устройства обезжелезивания озоном и озоновоздушной смесью (3с.); результаты исследований (13с.); документы, подтверждающие внедрение (3с.).

1. Актуальность темы

Водные ресурсы нашей планеты ограничены. Рост населения в три раза за последние сто лет и повышение качества жизни людей привели к увеличению использования питьевой воды в семнадцать раз. Самым крупным потребителем пресной воды является сельское хозяйство, на которое приходится семьдесят процентов мировых водных затрат. В связи с этим актуальным является использование подземных водоисточников, при этом качество воды из них редко соответствует действующим нормам санитарных правил. Основным загрязнителем подземных водоносных горизонтов в Российской Федерации является растворенное железо, поэтому обезжелезивание воды требует пристального внимания. Присутствие закисного железа приводит к выпадению окиси железа на внутренней поверхности технологических трубопроводов, препятствует работе автоматических поилок, ухудшению вкусовых свойств воды, используемой для поения животных, а также к появлению серьезных заболеваний у сельскохозяйственных животных (включая онкологию), вызванных повышенным содержанием железа.

Озон давно применяется в промышленной водоочистке, но внедрению в системы очистки воды средних и малых сельскохозяйственных предприятий мешают следующие причины: опасность высоких концентраций растворенного озона в воде, требования к низкому содержанию озона в воздухе рабочей зоны водоочистного оборудования, а также высокая стоимость подготовки кислорода воздуха для дальнейшей генерации озона с помощью электрического разряда.

Научная работа Смирнова В.А. направлена на совершенствование технологии обезжелезивания воды на основе озоновоздушной смеси и снижение затрат на очистку воды и улучшению экологии в сельскохозяйственном производстве, поэтому тема диссертационной работы является актуальной.

2. Степень обоснованности выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, и их достоверность

Основным научным результатом В.А. Смирнова являются теоретическое обоснование, а также экспериментальное исследование и подтверждение эффективности

усовершенствованной технологии обезжелезивания воды озонородушной смесью, полученной после ультрафиолетового генератора озона, позволяющей получить очищенную воду, с содержанием остаточного железа в пределах действующих санитарных норм.

Первый вывод в диссертации осведомляет об обосновании метода расчета окислительного потенциала кислорода и озона в составе озонородушной смеси, растворенной в обрабатываемой воде.

Приводятся результаты определения вклада кислорода и озона в процесс окисления химических элементов, растворенных в воде, при генерации озона коронным разрядом и при ультрафиолетовой генерации.

Разработана методика определения суммарного объемного окислительного потенциала озонородушной смеси. Объемный окислительный потенциал озонородушной смеси при ультрафиолетовой генерации находится в пределе от 1,53 мВ/дм³ до 2,77 мВ/дм³ и возрастает с увеличением объема воздуха, проходящего через ультрафиолетовый генератор озона.

Вывод констатирует о влиянии окислительных потенциалов кислорода и озона на суммарный окислительный потенциал озонородушной смеси, растворенной в воде. Указывается на значительное влияние окислительного потенциала кислорода в составе озонородушной смеси, что необходимо учитывать при проектировании станций обезжелезивания воды. Вывод нов, достоверен и частично обосновывает второе защищаемое положение.

Второй вывод сделан на основе результатов теоретических исследований. Разработана теоретическая модель взаимодействия озонородушной смеси с попутными газами и другими растворенными химическими элементами подземных водоносных горизонтов. На базе модели создано устройство обезжелезивания воды при ультрафиолетовой генерации озона, с фильтром комплексной засыпки без использования типовых генераторов озона с помощью электрического разряда. Разработанная модель основывается на глубоком анализе процесса взаимодействия озона и кислорода в составе озонородушной смеси с попутными газами, содержащимися в подземной воде, скорости процесса растворения окислителей в обрабатываемой воде, очередности их реакции с химическими элементами в составе скважинных вод. Содержание вывода базируется на обширных теоретических знаниях процесса взаимодействия озонородушной смеси с обрабатываемой водой, не вызывает сомнений и подтверждает второе защищаемое положение.

Третий вывод посвящен результатам экспериментальных исследований установки обезжелезивания воды на основе озонородушной смеси, получаемой использованием ультрафиолетового генератора озона. В результате практических исследований на водозаборе молочно-товарной фермы АО «Шувалово» Костромского района определено влияние окислительного потенциала растворенной озонородушной смеси, давления воды в устройстве, расхода очищаемой воды на концентрацию железа в очищенной воде. Рассмотрены различные режимы работы установки, определены рациональные режимы работы разработанного устройства. Результаты подтверждены дважды: с помощью переносного фотоколориметра и рН-метра в месте проведения эксперимента и в аккредитованном лабораторном испытательном центре города Костромы. Двойной контроль результатов показывает достоверность и высокую эффективность результатов работы устройства обезжелезивания воды на основе озонородушной смеси. Полученные патенты на изобретения RU №2740932 и RU №2763421 доказывают новизну разработанных устройств и подтверждают третье защищаемое положение.

Четвертый вывод показывает данные технико-экономической эффективности применения разработанного устройства обезжелезивания воды на основе озонозонодушной смеси с пропускной способностью до 800 л/ч. Расчет основан на водопотреблении семейной фермы крупного рогатого скота на 50 голов. Экономическая эффективность обоснована по минимуму приведенных затрат, а годовой экономический эффект рассчитан как разница приведенных затрат базового и проектного устройства. Проектное устройство по очистке воды дает экономический эффект, выраженный как в снижении капитальных вложений, так и в экономии текущих эксплуатационных затрат по сравнению с базовым вариантом. Применение усовершенствованного устройства очистки воды на основе озонозонодушной смеси позволяет получить экономию денежных средств за счет отказа от фильтрации воздуха рабочей зоны от попутного сероводорода водоносных горизонтов.

Общие выводы диссертации обосновывают научные положения, выносимые на защиту, содержат новые данные о совершенствовании технологии обезжелезивания воды озонозонодушной смесью на предприятиях агропромышленного комплекса. Достоверность общих выводов подтверждена результатами контроля очищенной воды в аккредитованной лаборатории и на месте исследований, при использовании портативных лабораторных приборов, актом внедрения.

3. Ценность для науки и практики проведенной соискателем работы

Ценность для науки достигается научно обоснованными и экспериментально подтвержденными конструктивно-технологическими решениями, реализованными при совершенствовании технологии обезжелезивания воды озонозонодушной смесью.

Наиболее ценными научными результатами, полученными лично соискателем, являются:

- обосновании метода расчета окислительного потенциала кислорода и озона в составе озонозонодушной смеси, растворенной в обрабатываемой воде (с.59-64);
- обосновании изменения объемного растворенного окислительного потенциала в зависимости от расхода обрабатываемой воды (с.64-73).

Практическая ценность диссертации заключается в:

- разработанной технологической схеме с улучшенной конструкцией смесительной камеры установки обезжелезивания воды озонозонодушной смесью на основе ультрафиолетовой генерации (с.83-88);
- изготовлении лабораторного устройства обезжелезивания воды озонозонодушной смесью (с. 94-96), экспериментальном подтверждении рациональных режимов работы устройства с гарантированным качеством очистки воды от растворенного железа и сероводорода (с.149-160).

4. Оценка содержания диссертации, ее завершенности в целом, замечания по оформлению работы

Введение содержит данные об актуальности темы, общую характеристику, разработанность темы исследований, цель и задачи исследования, а также основные положения, выносимые на защиту. Приведены результаты апробации работы.

В первом разделе «Современное состояние вопроса и задачи исследования» приведены данные об анализе научно-технической литературы и интернет-ресурсов по

тематике исследования, содержащих информацию о принципах, методах и конструкциях устройств для обезжелезивания воды. Показана перспективность применения озонозоооздушной смеси для обезжелезивания воды. Обозначены проблемы, которые сдерживают широкое распространение технологий озонирования на средних и малых сельскохозяйственных предприятиях. Подробно рассмотрены устройства очистки воды от железа, близкие по технической сущности, но имеющие ряд недостатков. Научно описаны особенности растворения в воде кислорода и озона, а также влияние аммиака и сероводорода, присутствующих в исходной воде на экологию.

На основании выполненного обзора и анализа соискатель сформулировал цель и задачи диссертационной работы. Квалифицировано показана необходимость совершенствования технологии обезжелезивания подземной воды с помощью озона для безопасного и простого применения на малых и средних предприятиях агропромышленного комплекса.

Замечания по первому разделу:

1. На наш взгляд автор очень подробно описал все существующие методы обезжелезивания воды, включая те, что не используют процесс окисления для удаления растворенного железа из воды (с. 32-33, с. 36). Также вызывает сомнение целесообразность использования всех описанных методов обезжелезивания воды в условиях сельскохозяйственного производства.
2. Большое внимание уделено влиянию аммиака и сероводорода на экологию, поступающих из подземных водоносных горизонтов, что несколько уводит в сторону от темы диссертации.

Во втором разделе «Теоретическое обоснование конструктивно-технологических параметров устройства для обезжелезивания воды озоном» разработана модель взаимодействия озонозоооздушной смеси с попутными газами и другими растворенными химическими веществами подземных водоносных горизонтов, с приведением теоретического обоснования, рассмотрены процессы окисления растворенного железа в исходной воде озоном и кислородом. Наглядно показано различие скорости реакций окисления сероводорода и аммиака, железа окислителями: озоном и кислородом в составе озонозоооздушной смеси. Описаны механизмы осаждения железа под действием озона и кислорода. Через расчет окислительного потенциала озона и кислорода в составе озонозоооздушной смеси определен вклад озона и кислорода в процентах при различных способах генерации, а также суммарный окислительный потенциал озонозоооздушной смеси, растворенной в воде. Теоретическое обоснование конструктивно-технологических параметров устройства обезжелезивания воды озоном выявило влияние соотношений окислительных потенциалов озона и кислорода в составе озонозоооздушной смеси и соотношений потоков обрабатываемой воды и озонозоооздушной смеси на качество процесса окисления железа.

Материалы раздела содержат новизну, их необходимо использовать при проектировании и разработке систем очистки воды от растворенного железа.

Замечания по второму разделу:

1. При теоретическом анализе упомянут закон Генри (с. 45). Почему не проанализированы другие законы для растворов и их влияние на исследуемые процессы?
2. Цитата из работы (с. 61): «Рассмотрим еще один фактор, который влияет на растворимость озона в воде — теоретически возможную максимальную его

концентрацию в составе озонородушной смеси» требует дополнительных пояснений, что имеется в виду.

В третьем разделе «Программа и методика экспериментального исследования» разработана программа научного исследования; приведено описание применяемых измерительных приборов, схема и подробное описание устройства обезжелезивания воды озоном и усовершенствованного устройства обезжелезивания воды озонородушной смесью; представлены методики проведения испытаний в производственных условиях разработанного устройства обезжелезивания воды на основе озонородушной смеси. Представлена информационная модель технологического процесса устройства для обезжелезивания воды озонородушной смесью.

Замечания по третьему разделу:

1. Почему была выбрана величина относительной гарантийной ошибки, не превышающей 10 %? (с. 100)
2. В качестве одного из варьируемых параметров при планировании эксперимента было взято давление. Одновременно с этим приводится ссылка источник (с. 98), в котором говорится о значительном влиянии давления на степень растворения озона и кислорода в обрабатываемой воде. Также в тексте диссертации имеется упоминание о законе Генри (с. 45, 112), согласно которому чем выше давление, тем больше растворимость газов в воде. В чем целесообразность проверять на опыте уже известную закономерность?

В четвертом разделе «Результаты экспериментального исследования» приведены результаты испытаний устройства для обезжелезивания воды озонородушной смесью и определены рациональные режимы работы устройства графоаналитическим методом. При исследованиях использовали три разных подземных водоисточника. Информация четвертого раздела показывает эффективность работы системы очистки воды от растворенного железа на основе озонородушной смеси, разработанной соискателем. Результаты практических исследований соответствуют теоретическим предпосылкам. Математическая модель на основе полученных экспериментальных данных позволяет увидеть влияние давления, расхода, растворенного окислительного потенциала озонородушной смеси на качество процесса окисления растворенного железа. Выполненные испытания опытной установки на площадке АО «Шувалово» в реальных условиях, двойной контроль результатов и построение математической модели говорят о современном уровне исследований и высокой достоверности результатов.

Замечания по четвертому разделу:

1. Из материалов раздела сложно понять, с чем связано отсутствие остаточного озона в воде на выходе после очистки.
2. Согласно таблице 4.1 (с. 109) применение пиролюзита в объеме 5% засыпки позволяет снизить содержание железа до требований санитарных правил. Почему был сделан выбор на объеме в 10 % пиролюзита?

В пятом разделе «Технико-экономическая эффективность» выполнен сравнительный экономический анализ эффективности разработанного устройства обезжелезивания воды озонородушной смесью. Установлено, что проектное устройство по очистке воды дает экономический эффект, выраженный как в снижении капитальных вложений, так и в экономии текущих эксплуатационных затрат по сравнению с базовым вариантом, также применение усовершенствованной установки очистки воды на основе

озоновоздушной смеси позволяет получить экономию денежных средств на фильтрацию воздуха рабочей зоны от попутного сероводорода водоносных горизонтов для семейной фермы крупного рогатого скота на 50 голов. Расчет экономической эффективности, выполненный на основании результатов экспериментов и литературных источников, логичен. Достоверность расчета подтверждена актом внедрения и не вызывает сомнений.

Замечание по пятому разделу:

1. Почему выбрано для сравнения базовое устройство, описываемое в работе?

В целом диссертационная работа выполнена по классической структуре, построена последовательно, с анализом и выводами в конце разделов. Задачи, поставленные автором для исследований, успешно выполнены.

5. Оформление диссертации и ее редактирование

Текст диссертации изложен грамотно, информация об исследованиях изложена в таблицах, сопровождается рисунками и схемами. В целом оформление диссертации В.А. Смирнова соответствует требованиям нормативно-технической документации.

6. Подтверждение опубликования основных результатов в научной печати и соответствия содержания диссертации литературным источникам и автореферату

Основные положения диссертации опубликованы в девяти публикациях, в том числе 4 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, внесенных в список ВАК, из них 1 статья, в издании, индексируемом в международной наукометрической базе Scopus. Получены патенты РФ на изобретение RU №2740932 и RU №2763421. Диссертационная работа по своему содержанию соответствует материалу, представленному в литературных источниках соискателя, в автореферате отражены основные положения, полностью раскрывающие суть выполненной работы.

7. Заключение

Диссертационная работа Смирнова Владислава Алексеевича на тему «Совершенствование технологии обезжелезивания воды озоновоздушной смесью на предприятиях АПК» является завершенной научной работой, в которой изложены научно обоснованные технические и конструктивные решения в технологии обезжелезивания воды озоновоздушной смесью, значительно повышающие эффективность, надежность и безопасность устройств обезжелезивания воды на основе озоновоздушной смеси. Внедрение результатов исследований внесет существенный вклад в распространении и применении систем очистки воды от растворенного железа в средних и малых сельскохозяйственных предприятиях, где источником воды являются скважины с повышенным содержанием растворенного железа в подземных водоносных горизонтах.

Диссертация выполнена на высоком методическом уровне, отличается новизной, достаточной степенью готовности к практическому использованию, высокими технико-экономическими показателями устройства, разработанного соискателем для очистки воды из скважин от растворенного железа.

Отмеченные в отзыве недостатки не имеют принципиального значения, поскольку носят частный характер и направлены в большей степени на повышение уровня научных исследований; они могут быть устранены в последующей работе соискателя.

В целом диссертационная работа соответствует требованиям действующего положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденных Постановлением Правительства от 24.09.13 года №842. Ее автор, Смирнов Владислав Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки).

Официальный оппонент, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Электротехнологии и
электрооборудование» Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Оренбургский государственный
аграрный университет»

А.Б. Рязанов

Подпись Рязанова А.Б. заверяю:

начальник отдела кадров ФГБОУ ВО «Оренбургский ГАУ»  М.П. Зайцева

Ректор ФГБОУ ВО «Оренбургский ГАУ»
доцент

А.Г. Гончаров

14.09.2022 г.

Рязанов Алексей Борисович

460014, г. Оренбург, ул. Человкский, 18. ФГБОУ ВО «Оренбургский ГАУ»,
Тел. (3532) 77-15-37, сот. 8 9128 46 69 83, e-mail: alexeiryzanov@mail.ru