

УТВЕРЖДАЮ

Директор института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
д-р техн. наук, член-корреспондент РАН



А.Ю. Брюханов

«28» сентября 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» на диссертационную работу Смирнова Владислава Алексеевича на тему: «Совершенствование технологии обезжелезивания воды озонозвоздушной смесью на предприятиях АПК», представленную к защите в диссертационный совет Д 006.048.02, на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки).

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа направлена на совершенствование технологии обезжелезивания озонозвоздушной смесью подземных вод для хозяйственно-питьевых нужд предприятий агропромышленного комплекса. Предложенные и обоснованные технические и технологические решения позволяют снизить затраты малых и средних предприятий сельского хозяйства на очистку воды из скважин от растворенного железа, обеспечить безопасную эксплуатацию водоочистного оборудования, улучшить утилизацию сероводорода из состава подземных вод.

В практике применения очистки подземной воды от растворенного железа озонирование практически не используется по причине необходимости обеспечения эксплуатации этой технологии квалифицированными инженерными кадрами и высокими капитальными затратами на оборудование. При этом использование высокого окислительного потенциала озона позволяет значительно улучшить процесс осаждения двухвалентного железа в подземных водах с содержанием растворенного сероводорода, поэтому совершенствование технологии обезжелезивания подземных вод с помощью озона обуславливает

необходимость разработки новых эффективных технико-технологических решений.

Обоснованное в диссертационном исследовании применение генератора озона на основе ультрафиолетового излучателя и усовершенствованная смесительная камера позволяют повысить эффективность процесса очистки воды от растворенного железа в подземных водах. При этом обеспечивается снижение капитальных и эксплуатационных затрат на фильтрационное оборудование, выполняются требования по безопасным условиям труда для персонала к воздуху рабочей зоны помещения фильтровальной станции.

Системный подход к объекту исследования как к совокупности пяти связанных в логической последовательности процессов — генерация озона, растворение озонородной смеси в исходной воде, окисление растворенного железа и попутных газов, отфильтровывание гидроокиси железа, деструкция остаточного озона, несомненно является верным и перспективным, представляет, как научный, так и практический интерес. Разработка и исследование конструкции системы обезжелезивания воды на основе озонородной смеси, с учетом высокой загрязненности подземных вод двухвалентным железом, является актуальной задачей для предприятий агропромышленного комплекса.

Достоверность результатов исследований

Представленные в диссертационной работе выводы обоснованы и аргументированы. Результаты исследований получены методами теоретических и экспериментальных исследований. Теоретические исследования основаны на модели взаимодействия озонородной смеси с попутными газами и другими растворенными химическими элементами подземных водоносных горизонтов. Результаты экспериментальных исследований получены при использовании стандартных и разработанных частных методик, применении современных приборов, оборудования в производственных и лабораторных условиях, известных методах планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных при помощи вычислительной техники и прикладных программ.

Достоверность основных выводов подтверждена результатами испытаний качества очистки воды от растворенного железа на площадке эксперимента и в лабораторных условиях, а также сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований. Достигнутые результаты научных исследований Смирнова В.А. прошли обсуждение на международных, всероссийских и региональных научно-практических конференциях.

Научная новизна и значимость работы

Научную новизну диссертации составляют:

-выявленные закономерности влияния озонородной смеси на окисление растворенного железа в воде, получаемой из подземных горизонтов;

- теоретическое обоснование влияния окислительного потенциала растворенного кислорода озонородной смеси на концентрацию железа в очищенной воде;
- разработка безопасного метода для обезжелезивания воды озонородной смесью.

Практическая значимость работы.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в реализации разработанной методики обезжелезивания воды озонородной смесью в устройстве, содержащем одновременно генератор и деструктор озона на основе ультрафиолетового излучения, усовершенствованную камеру смешения исходной воды с озонородной смесью. На первое разработанное устройство для обезжелезивания воды озоном получен патент на изобретение RU №2740932. На второе устройство для обезжелезивания воды озонородной смесью, разработанное по представленной методике, получен патент на изобретение RU №2763421. При разработке устройства учитывались полученные в эксперименте закономерности влияния растворенного окислительного потенциала озонородной смеси на процесс окисления растворенного железа. Результаты исследований привели к снижению капитальных и эксплуатационных затрат в технологических системах водоподготовки в агропромышленном комплексе.

Рекомендации по использованию результатов исследований и выводов.

Основные теоретические и практические результаты диссертационного исследования рекомендуются к использованию в научно-исследовательских и проектно-конструкторских организациях, при разработке станций обезжелезивания подземных вод в агропромышленном комплексе.

Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы, содержащего 104 наименования источников и 5 приложений. Работа изложена на 164 страницах, включает 40 рисунков и 19 таблиц.

Введение включает следующие основные структурные элементы: актуальность темы исследований, общую характеристику и разработанность темы исследований, цель и задачи, научную новизну, практическую значимость, методы исследований, положения, выносимые на защиту, апробацию результатов работы.

В первой главе «Современное состояние вопроса и задачи исследования» приведен анализ существующей научно-технической литературы по тематике исследования, рассмотрены действующие принципы, методы и конструкции устройств для обезжелезивания воды. Применение озонородной смеси для обезжелезивания воды показано, как перспективное направление при очистке воды подземных горизонтов.

На основании аналитического обзора современных технологий и конструкций для обезжелезивания подземной воды сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе «Теоретическое обоснование конструктивно-технологических параметров устройства для обезжелезивания воды озоном» представлена разработанная модель взаимодействия озонородной смеси с газами и растворенными химическими элементами подземных вод, с теоретическим обоснованием. Рассмотрены процессы окисления растворенного железа озоном и кислородом в исходной воде. Разница в скорости взаимодействия озона и кислорода в составе озонородной смеси с сероводородом, аммиаком, растворенным железом наглядно отражена в иллюстрации. Приведены реакции окисления железа под действием озона и кислорода. Вклад окислительного потенциала озона и кислорода в составе озонородной смеси, суммарный окислительный потенциал озонородной смеси, растворенной в воде рассчитан при разных способах генерации. Влияние соотношений окислительных потенциалов озона и кислорода в составе озонородной смеси и соотношений потоков обрабатываемой воды и озонородной смеси на качество процесса окисления железа рассмотрено с учетом конструктивно-технологических параметров разработанного устройства обезжелезивания воды озоном.

В третьей главе «Программа и методика экспериментального исследования» изложена программа научного исследования и используемые измерительные приборы, описана опытная установка обезжелезивания воды озоном, и методика определения ее эффективности, показан выбор рациональной конструкции устройства обезжелезивания озонородной смесью, представлена информационная модель технологического процесса устройства для обезжелезивания воды озонородной смесью.

В задачу исследований входила проверка работоспособности конструкции предложенного устройства обезжелезивания воды озоном и усовершенствованного устройства для обезжелезивания воды озонородной смесью, подтверждение на практике адекватности влияния соотношений потоков обрабатываемой воды и озонородной смеси на качество окисления растворенного железа.

Для подтверждения работоспособности устройства обезжелезивания воды озонородной смесью реализован трехуровневый почти ротатальный план второго порядка Бокса - Бенкина, позволяющий получить минимальную дисперсию коэффициентов регрессии математической модели и независимые оценки этих коэффициентов.

В четвертой главе «Результаты экспериментального исследования» приведены результаты научного исследования эффективности разработанного устройства для обезжелезивания воды озонородной смесью, графоаналитическим методом установлены рациональные режимы работы устройства. Эксперименты проводились на трех различных водозаборах, с разным содержанием растворенного железа.

Проведенный многофакторный эксперимент подтвердил эффективность конструктивно-технологических решений, реализованных в устройстве обезжелезивания воды озонородной смесью. Теоретическое обоснование модели взаимодействия озона и кислорода в составе

озоновоздушной смеси с обрабатываемой подземной водой реализованное в устройстве обезжелезивания показало достижение нормативных показателей российских санитарных правил по содержанию железа в воде. Процесс окисления растворенного железа, реализованный в математической модели на основе экспериментальных данных, показал влияние растворенного окислительного потенциала озоновоздушной смеси, давления и расхода на содержание железа в очищенной воде.

Опытный образец устройства для обезжелезивания воды озоновоздушной смесью позволяет снижать концентрацию железа в подземной воде с $2,58 \text{ мг/дм}^3$ до нормативных значений, установленных в санитарных правилах – до $0,3 \text{ мг/дм}^3$, при этом происходит утилизация сероводорода, присутствующего в подземной воде, при потоке воды через устройство до $800 \text{ дм}^3/\text{ч}$. Содержание озона в воздухе рабочей зоны остается в пределах допустимых концентраций.

В пятой главе «Технико-экономическая эффективность» приведены расчеты сравнительного экономического анализа эффективности работы разработанного устройства обезжелезивания озоновоздушной смесью на примере фермы семейного типа с численностью 50 голов крупного рогатого скота. Экономический эффект от внедрения проектного варианта установки обезжелезивания подземной воды заключается в снижении капитальных и экономии эксплуатационных затрат в сравнении с базовым вариантом в сумме 7 858,73 руб. в год при годовом водопотреблении $2\,400 \text{ м}^3$. Отмечена утилизация сероводорода, поступающего с подземной водой, что также дает сокращение затрат на очистку воздуха рабочей зоны помещения с водоочистным оборудованием в сумме 1,5 тыс. руб. в год. Опытный образец внедрен в систему водоснабжения подразделения свинокомплекса АО «Шувалово» - цех №14.

В заключении представлены результаты, полученные на основе исследования по разработке и обоснованию рациональных параметров работы устройства обезжелезивания воды озоновоздушной смесью на предприятиях агропромышленного комплекса, основные выводы, соответствующие поставленным задачам и в полной мере отражающие исследования автора.

В приложениях приводятся патенты на устройство обезжелезивания озоном RU №2740932 и на устройство обезжелезивания озоновоздушной смесью RU №2763421, справка о внедрении научно-исследовательской работы в АО «Шувалово», протоколы лабораторных испытаний в аккредитованной лаборатории качества воды до и после очистки воды от железа на опытной установке, фотофиксация применения портативного колориметра для измерений содержания железа в воде на опытной площадке, диплом, благодарность, сертификаты участия автора в научных конференциях.

Полнота опубликования основных результатов работы

Материалы диссертации изложены в 9 публикациях, в том числе 4 статьи, опубликованные в журналах, включенных в перечень ВАК, из них 1

статья – в международной цитатно-аналитической базе Scopus. Получены патенты РФ на изобретения RU №2740932 и RU №2763421. Научные статьи достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

Замечания по диссертационной работе

В целом положительно оценивая результаты диссертационной работы Смирнова В.А. следует отметить следующие замечания:

1. Первая глава диссертации перегружена подробной информацией о существующих методах обезжелезивания воды, ряд из которых не целесообразно к использованию на предприятиях АПК.
2. Не совсем верно интерпретирована информационная модель технологического процесса обезжелезивания воды озонородной смесью на с. 97 диссертации (рис. 3.17). Указанные на схеме внешние воздействия не могут быть постоянными, как это указано в описании модели, они переменные во времени, что делает систему динамической. Математического анализа динамики технологического процесса, выполняемого устройством для обезжелезивания воды, в работе не представлено.
3. В работе основной акцент сделан на содержание железа в подземных источниках водоснабжения сельскохозяйственных предприятий, в то же время поверхностные источники также находят широкое применение в практике хозяйственно-питьевого обеспечения предприятий агропромышленного комплекса. Однако, этот вопрос в работе не освещён.
4. На основании представленных рисунков 2.2 и 2.3 (с.56) сделана сводная диаграмма 2.4 (с.57), на которой отражено время реакции окисления в минутах, что несколько искажает данные рисунка 2.2 (с.56) окисления закисного железа кислородом воздуха в часах.
5. В тексте второй главы (с.59) приведен механизм действия озона в отношении растворенного железа с помощью прямого окисления, непрямого окисления — окисления радикалами, озонлиза и катализа, но нет точного указания какой механизм реализуется в проектируемом устройстве для обезжелезивания озонородной смесью.
6. Нет обоснования объёма катализатора «Stirox», который добавляли к песчаной засыпке в соотношении 10 % от общего объёма засыпки (с.102), для повышения эффективности работы разработанного устройства водоподготовки.
7. В диссертационной работе не приведён общий объём воды, обработанной в процессе исследований.

Заключение

Диссертационная работа Смирнова Владислава Алексеевича на тему: «Совершенствование технологии обезжелезивания воды озонородной смесью на предприятиях АПК» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения установки

обезжелезивания воды озонородушной смесью для водоснабжения агропромышленного комплекса из подземных вод.

Отмеченные выше недостатки не снижают общей значимости выполненной работы. В целом диссертация соответствует паспорту научной специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки) и критериям, изложенным в пп. 9,10,11,13,14 положения «О порядке присуждения научных степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (с изменениями и дополнениями)) и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Смирнов Владислав Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки).

Диссертационная работа, автореферат диссертационной работы и отзыв ведущей организации рассмотрены на расширенном заседании секции №1 Ученого совета Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», протокол №8 от 28.09.2022 г.

Председатель Секции №1 Ученого совета ИАЭП - филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, кандидат технических наук, доцент по специальности, ведущий научный сотрудник (специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства)



Перекопский Александр Николаевич

Контактные данные:

Индекс, почтовый адрес: 196625; Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш., 3, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

E-mail: nii@sznii.ru (для писем и корреспонденции);
телефон: +7 (812) 466-55-78; сайт: <https://www.sznii.ru>