

Отзыв

на автореферат диссертации Головесова Владимира Алексеевича на тему «Повышение эффективности технологии опреснения воды методом обратного осмоса на основе исследований механизма действия ингибиторов осадкообразования», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.4. - Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов

Диссертация Головесова Владимира Алексеевича посвящена решению **актуальной задачи**, направленной на совершенствование технологии обратного осмоса. Успех массового внедрения обратноосмотических установок связан не только с их широкими возможностями, но невозможен без сокращения затрат на реагенты, электроэнергию и другие эксплуатационные расходы, зависящие от интенсивности загрязнения мембран. В работе изучается механизм действия наиболее распространенных типов ингибиторов и на базе этих исследований предлагаются рекомендации по выбору и методика оценки эффективности ингибиторов. В диссертационной работе рассмотрена роль микроскопических примесей, содержащихся в обрабатываемой воде, в процессах кристаллизации и ингибирования, что составляет научную новизну работы. В **научной новизне** относится установление и экспериментальное подтверждение свойств ингибиторов, которые оказывают влияние на его эффективность, и как следствие на затраты на ингибитор. Также автором технологически и экономически доказывается преимущество применения нанофильтрации для схем частичного обессоливания и очистки воды, что имеет и большое **практическое значение** для отрасли.

Судя по автореферату, диссертационная работа имеет законченный характер. сформулированные в ней цели и задачи, указанная научная новизна и практическая значимость соответствуют уровню кандидатской диссертации, выводы основываются на проведенных исследованиях и в целом соответствуют поставленным задачам. Автором проведен большой объем экспериментальных исследований, использовано современное аналитическое и научное оборудование. Автореферат изложен грамотным техническим языком и отражает суть проделанной работы.

По автореферату можно сделать следующие замечания:

- при описании первой главы следовало бы кратко пояснить, какие выводы были сделаны из анализа литературы;

- некоторые из поставленных задач не отражены в полной мере в тексте автореферата и в заключении, в частности, нет информации про прогнозирование снижения производительности мембранных аппаратов и частоты проведения химических промывок, а задачу по разработке рекомендаций по повышению эффективности процесса опреснения воды методом обратного осмоса следовало бы сформулировать более узко, например, как разработку рекомендаций по выбору ингибитора и технологической схемы частичного обессоливания воды.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Головесова Владимира Алексеевича на тему «Повышение эффективности технологии опреснения воды методом обратного осмоса на основе исследований механизма действия ингибиторов осадкообразования», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.4. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов

Диссертационная работа Головесова В.А. посвящена актуальному вопросу совершенствования обратноосмотической технологии опреснения воды на основе изучения механизма действия ингибиторов солеотложений и исследования процессов осадкообразования на нанофильтрационных и обратноосмотических мембранах.

Точное определение механизма действия ингибиторов солеотложений и факторов, влияющих на него, представляет собой сложную задачу, которая требует проведения комплекса экспериментов для изучения как внешних проявлений процесса образования отложений минеральных солей на уровне мембранного аппарата, так и внутренних явлений, происходящих на уровне молекул и ионов. Несмотря на многолетние исследования в этой области, действие ингибиторов еще недостаточно полно изучено: некоторые детали, касающиеся как характера взаимодействия ингибитора с кристаллами, так и методик оценки эффективности ингибиторов, остаются дискуссионными среди специалистов. Это затрудняет объективную и научно обоснованную оценку качества реагентов для потребителя, с учетом «секретности» точных рецептур ингибиторов, поставляемых производителями. Учитывая все вышесказанное, тема работы представляется весьма актуальной, а предполагаемые результаты — полезными для практики водоснабжения.

В автореферате описано проведение серии лабораторных экспериментов для определения интенсивности накопления осадка карбоната и сульфата кальция и скорости адсорбции ингибитора в мембранных аппаратах. Параллельно действие ингибитора изучалось с помощью электронной и флуоресцентной микроскопии, с применением новых образцов ингибиторов со встроенными флуоресцентными метками. Установлены зависимости интенсивности адсорбции ингибитора и накопления кристаллического осадка, взаимодействие ингибитора с микрогетерогенными примесями воды, ионами жесткости и материалом обратноосмотической мембраны, роль метилиминодиметиленфосфоновой кислоты в составе фосфонатных ингибиторов. Полученные данные позволили сформировать рекомендации по применению и оценке ингибиторов для обратноосмотических установок.

В автореферате приведены результаты экспериментальной и экономической оценки применения нанофильтрации в технологических схемах обессоливания природных вод. На примере очистки подземных вод показано технологическое и экономическое преимущество нанофильтрационных мембран перед обратноосмотическими.

К работе имеется несколько замечаний:

1. В автореферате не указано, измерялись ли уровни концентрационной поляризации на обратноосмотических и нанофильтрационных мембранах. Рассматривалась ли в работе концентрационная поляризация как фактор, влияющий на образование кристаллических осадков в мембранных аппаратах? Рассматривалось ли в свою очередь влияние кристаллического осадка на концентрационную поляризацию в мембранном аппарате?

2. В автореферате не указано, какие параметры работы мембранного аппарата были установлены при проведении экспериментов с карбонатом и сульфатом кальция, описываемые во второй главе, а именно: расход концентрата и пермеата, рабочее давление, скорость потока в напорном тракте мембранного элемента.

Указанные замечания не снижают высокой оценки представленной работы.

Диссертационная работа Головесова Владимира Алексеевича является самостоятельной и завершенной научно-квалификационной работой, выполненной по актуальной тематике, содержит оригинальные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся научной новизной и практической значимостью. Диссертационная работа,

представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» (утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.), а ее автор достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.4. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов.

Доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры математического
моделирования и информационных технологий
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный
университет имени Г. Р. Державина»

 Ковалев Сергей Владимирович

«24» апреля 2024 г.

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина»
Кафедра математического моделирования и информационных технологий
E-mail: sseedd@mail.ru
тел.: 8 (4752) 72-34-34 доб. 2021
адрес: 392036, Тамбов, ул. Интернациональная, д. 33



Отзыв

на автореферат диссертации

Головесова Владимира Алексеевича

на тему «Повышение эффективности технологии опреснения воды методом обратного осмоса на основе исследований механизма действия ингибиторов осадкообразования», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.4 — Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов

Диссертационная работа Головесова В.А. посвящена актуальной проблеме борьбы с образованием осадков малорастворимых солей в обратноосмотических аппаратах. С самого начала широкого применения метода обратного осмоса эта проблема стала одной из важнейших и остается таковой и по сей день. В практике водоподготовки наиболее часто она решается путем дозирования ингибиторов осадкообразования, и в рассматриваемой работе ингибиторы изучаются как вещества, обладающие способностью адсорбироваться на твердой фазе, находящейся в воде в мелкодисперсном состоянии. В зависимости от интенсивности этой адсорбции соискатель предлагает оценивать эффективность ингибитора по замедлению образования кристаллических осадков солей карбоната и сульфата кальция. Согласно классическим взглядам на теорию ингибирования, это происходит за счет взаимодействия молекул ингибитора с кристаллами солей и их зародышами. Вместе с этим в диссертационной работе демонстрируется и другой механизм действия ингибиторов, который заключается в блокировании мелкодисперсных частиц, присутствующих в воде. Для этого соискатель применяет в своей работе такие передовые приемы, как флуоресцентную микроскопию и ингибиторы с флуоресцентными метками. Химические свойства фосфатных ингибиторов также оцениваются с помощью метода ядерного магнитного резонанса, а кристаллические осадки изучаются с помощью сканирующей электронной микроскопии. Такой набор исследовательского инструментария позволил соискателю получить новые интересные результаты, уточняющие действующую теорию ингибирования солеотложений в мембранных аппаратах.

На основе этих данных в работе разработана экспериментальная методика оценки скоростей адсорбции ингибиторов и предложены рекомендации по выбору наиболее эффективного ингибитора для установок обратного осмоса по минимуму эксплуатационных затрат, что составляет научную новизну и практическую значимость.

Другое направление исследований, также решающее проблему образования кристаллических осадков в мембранных аппаратах, связано с изучением метода нанофильтрации. В работе показано, что нанофильтрационные мембраны по сравнению с обратноосмотическими характеризуются уменьшенной интенсивностью образования осадка карбоната кальция, что позволяет снизить дозу ингибитора при их использовании. Экономическая оценка технологических схем с применением нанофильтрации и обратного осмоса показывает преимущество первой для случаев очистки подземных вод от ионов жесткости, лития, фтора.

Таким образом, можно констатировать, что тема работы и решаемые проблемы актуальны, полученные результаты исследования обладают научной новизной и представляют интерес для теории и практики соответствующей предметной области. Результаты работы могут быть полезны для специалистов, занимающихся проектированием, производством и эксплуатацией водоподготовительных установок, а также для химиков, разрабатывающие новые реагенты для систем обратного осмоса.

Результаты работы опубликованы в 15 научных работах, в том числе 8 из них — в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ, и 4 работы — в журналах, индексируемых в международных базах Web of Science и Scopus. Работа прошла апробацию на 3 конференциях различного уровня.

По автореферату можно сделать следующие замечания:


1. Соискателем не раскрыто практическое значение измерения скорости адсорбции ингибитора на кристаллическом осадке, как его можно использовать при выборе ингибиторов и их сравнении, например, на производстве при эксплуатации мембранной установки (в дополнение к измерению скорости роста осадка и расчета эффективности ингибирования отложений). Или же предпола-

гается, что этот параметр и эти исследования будут полезны только разработчикам ингибиторов, но не их потребителям?

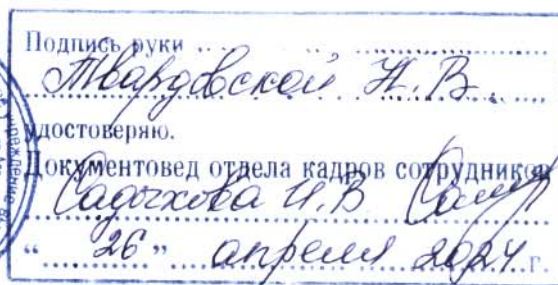
2. В работе не раскрыто, какой практический результат можно получить из вывода, что в процессе обработки воды, содержащей ионы жесткости (по сравнению с дистиллированной водой), ингибитор в гораздо меньшей степени взаимодействует с поверхностью обратноосмотической мембраны, а активно образует комплексы с этими катионами. Этот эффект, по-видимому, представляет собой побочное действие, так как на это взаимодействие расходуется часть реагента. Может быть, стоило обратить на это внимание.

Указанные замечания не снижают ценности представленной диссертационной работы на тему «Повышение эффективности технологии опреснения воды методом обратного осмоса на основе исследований механизма действия ингибиторов осадкообразования», которая представляет собой законченный научный труд и полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Головесов Владимир Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.4 — Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов.

Кандидат технических наук, доцент,
заведующая кафедрой «Водоснабжение,
водоотведение и гидравлика»,
ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I»,
Твардовская Надежда Владимировна


«26» 04 2024 г.

Адрес: 190031, Санкт-Петербург, Московский пр. 9
Тел.: (812) 436-98-07. (812) 457-83-04
E-mail: tvardovskaya@pgups.ru, vvig@pgups.ru



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Головесова Владимира Алексеевича

**«ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕСНЕНИЯ
ВОДЫ МЕТОДОМ ОБРАТНОГО ОСМОСА НА ОСНОВЕ
ИССЛЕДОВАНИЙ МЕХАНИЗМА ДЕЙСТВИЯ ИНГИБИТОРОВ
ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ»,**

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.4 – Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов

Интенсивное внедрение мембранных технологий в системы подготовки воды для питьевых и производственных целей обусловлено высоким качеством получаемой воды, компактностью установок и возможностью извлекать практически все загрязнения. Однако на водах характеризующихся, например, высокой жесткостью образование плотного слоя отложений на поверхности мембраны требует либо введения ступени по умягчению воды, либо использование различных ингибиторов. В связи с этим работа Головесова В.А. решает актуальные задачи: защиты мембран от осадкообразования и использование их для снижения жесткости воды.

Автором работы выполнен значительный объем экспериментальной работы, причем обращает на себя внимание использование самого современного оборудования для исследования воды и осадков.

Научная новизна работы состоит в определении механизма ингибирования отложений карбоната и сульфата кальция, установлены места адсорбции ингибитора и его влияние на рост кристаллов, выявлено влияние микрогетерогенных примесей на формирование зародышей кристаллов в пересыщенных растворах.

В качестве практической значимости работы следует указать на подтверждение возможности использования метода ультрафильтрации для предварительной очистки воды перед установками обратного осмоса, научно обоснованное доказательство использования метода нанофильтрации в схемах частичного опреснения (обессоливания) воды в сочетании с фосфонатными ингибиторами, позволяющее снизить дозу ингибитора и количество образующегося в мембранных аппаратах осадка карбоната кальция.

Работа получила широкую апробацию на научных конференциях и статьях в периодических изданиях. Особенно обращает внимание что работа выполнялась в рамках гранта РФФИ № 19-38-90078 от 20.08.2019 г.

К материалу автореферата имеются следующие замечания и вопросы:

1. В автореферате представлены результаты исследований скорости адсорбции ингибитора, скорости осадкообразования от кратности концентрирования, дозы ингибитора и его вида. Не ясно влияние температуры воды на эти величины.

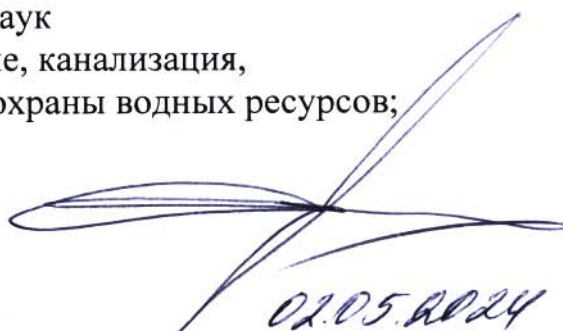
2. Автором не представлена информация о влиянии рН и органических соединений на исследуемые параметры работы ингибиторов.

Диссертационная работа Головесова В.А. несомненно имеет практическую значимость, отличается новизной и актуальностью.

Диссертационная работа отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Владимир Алексеевич Головесов заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.4 – Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов.

Даю свое согласие на обработку персональных данных и включение их в аттестационное дело Головесова В.А.

Заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение»
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Донской государственной
технической университет»,
кандидат технических наук
(05.23.04 Водоснабжение, канализация,
строительные системы охраны водных ресурсов;
03.00.06 Экология),
доцент



02.05.2024

Бутко
Денис Александрович

Подпись Бутко Д.А. заверяю
Начальник Управления кадров

Костина О.И.

Адрес: 344003, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, проспект Гагарина 1;
e-mail: den_111@mail.ru; тел. +7(903)405-85-83

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Головесова Владимира Алексеевича

на тему «Повышение эффективности технологии опреснения воды методом обратного осмоса на основе исследований механизма действия ингибиторов осадкообразования», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.4 – Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов

Тематика диссертации Головесова В.А. посвящена одной из актуальных проблем баромембранной технологии: предотвращение загрязнения мембран и образования на них осадков различной природы. Автор работы подходит к решению этой проблемы, в первую очередь, со стороны изучения процесса формирования и ингибирования наиболее распространенных осадков карбоната и сульфата кальция. На базе экспериментального исследования интенсивности формирования осадков на мембранах обратного осмоса и нанофильтрации в присутствии различных ингибиторов и изучения поведения ингибиторов солеотложений в ходе обратноосмотического обессоливания воды, автор делает ряд выводов относительно механизма действия ингибиторов и роли микропримесей воды в процессах кристаллизации и ингибирования.

Научную новизну диссертационной работы представляет экспериментальная методика оценки эффективности ингибитора, основанная на его сорбционной способности; выводы о механизме действия ингибитора солеотложений, включающие его взаимодействие с микрогетерогенными примесями воды; данные об минимальных эффективных дозах фосфонатных ингибиторов и роли метилиминодиметиленфосфоновой кислоты в их составе; выводы о влиянии ультрафильтрационной обработки воды на интенсивность образования кристаллических осадков в установках обратного осмоса; сравнительные данные по интенсивности образования осадка карбоната кальция на нанофильтрационных и обратноосмотических мембранах в присутствии ингибитора.

К результатам, представляющим практическую ценность работы, можно отнести научное и экспериментальное подтверждение эффективности использования ультрафильтрации для предварительной очистки воды перед установками обратного осмоса; данные по факторам, оказывающим влияние на эффективность ингибиторов, в том числе фосфонатных; экспериментальная методика оценки ингибитора и рекомендации по экономическому обоснованию его выбора; обоснование преимущества использования нанофильтрационных мембран в схемах частичного обессоливания воды.

Автореферат в полном объеме раскрывает ключевые аспекты диссертационного исследования, которое выполнено на хорошем методическом уровне, материал изложен хорошим техническим языком, выводы обоснованы и соответствуют обозначенной цели и задачам работы. Достоверность полученных результатов обеспечивается применением известных методик и научных подходов к проведению экспериментов на мембранных аппаратах, современного аналитического оборудования. Результаты работы широко представлены в научных изданиях различного уровня и освещены на ряде конференций.

К автореферату имеются некоторые вопросы и замечания:

1. Какое значение молекулярного отсека ультрафильтрационных мембран необходимо использовать при предварительной очистке воды, поступающей на установку обратного осмоса, чтобы предотвратить образование осадка в мембранных модулях? Изучался ли такой вопрос при проведении исследований?

2. Как при проведении экспериментов по влиянию ультрафильтрации автор разделял два возможных эффекта от удаления мелкодисперсных примесей: устранение коллоидного осадка на обратноосмотических мембранах, который влияет на

концентрационную поляризацию и тем самым на интенсивность осадкообразования и устранение центров кристаллизации в объеме обрабатываемой воды?

Указанные замечания не снижают ценности представленной диссертационной работы, которая представляет собой законченный научный труд, выполненный по актуальной тематике и представляющий научную и практическую значимость. Диссертационная работа Головесова Владимира Алексеевича на тему «Повышение эффективности технологии опреснения воды методом обратного осмоса на основе исследований механизма действия ингибиторов осадкообразования», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» (утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013), а ее автор достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.4 – Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов.

Лазарев Сергей Иванович
2024



«2» 05.2024₂

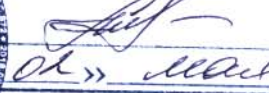
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой механики и инженерной графики,
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
E-mail: mig@tstu.ru

тел.: (4752) 63-03-70, 63-18-01

адрес: 392000, Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Советская, д.106/5, помещение 2



ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ТГТУ

 Г.В. Мозгова
«2» 05.2024 г.