

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Гулько Сергея Евгеньевича** на тему «*Научные основы экологически безопасных технологий при использовании шахтных вод*», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.23.19 - экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

Рецензируемая работа содержит 325 страниц, в том числе 249 страниц основного текста, 76 полных страниц с рисунками и таблицами, 24 страницы списка источников литературы и 12 страниц приложений.

Актуальность избранной темы.

Угледобывающая промышленность Донбасса в виде эксплуатируемых и закрытых шахт создает общегосударственную экологическую проблему в сфере водных ресурсов. Суммарные объемы откачки шахтных вод в регионе составляют примерно 100 млн. м³/год (в ДНР - 60 м³/год и в ЛНР более 38 м³/год). Откачиваемые шахтные воды обладают высокой минерализацией, повышенной концентрацией тяжелых металлов, железа и подразделяются на хлоридно-сульфатные и сульфатно – хлоридные. При поступлении шахтных вод в поверхностные водоемы происходит интенсивное загрязнение последних, что исключает возможность использования поверхностных вод в промышленных и коммунальных целях и в целом приводит к деградации территории региона. Так, за последние 50 лет динамика выноса минеральных веществ шахтными водами возросла с 270 тыс.т в год (в том числе сульфатов – 131 тыс.т, железа-0.1 тыс. т) до 411 тыс.т в год (сульфатов - 211 тыс.т, железа - 6,5 тыс.т). В 1.5 раза увеличилась минерализация водоисточников, свидетельствующая об интенсивном загрязнении грунтовых вод, малые реки региона вследствие загрязнения находятся на пределе потенциала самоочищения, а качество воды в основной реке Донбасса – Северском Донце по показателю индекса загрязнения воды изменилось с умеренно загрязненного до загрязненного. Вследствие этого наблюдается тренд постоянного увеличения стоимости очистки этой воды.

Необходимая Донбассу вода в годовом объеме 2500 млн.м³ транспортируется каналом Северский Донец – Донбасс: 2000 млн.м³/год потребляет Донецкий регион, 500 м³/год - Луганский. Вода потребляется преимущественно тремя секторами: промышленностью - 1400 млн. м³/год, сельским хозяйством - 200 млн. м³/год, коммунальным хозяйством - 630 млн. м³/год.

Годовой сброс шахтных вод в объеме 100 млн. м³ составляет 4% от годового потребления в объеме 2500 млн.м³. Эта та «ложка дегтя, которая портит бочку меда» в виде водных ресурсов региона.

При поступлении шахтных вод в поверхностные водоемы и дефиците пресной воды возникает необходимость решения проблемы ресурсосбережения и замены пресной воды шахтной водой в некоторых сферах экономики, а также для коммунальных целей.

Сбережение полезных свойств воды – ее высокой теплоемкости и большой растворяющей способности обеспечиваются только при очистке, кондиционировании шахтной воды от некоторых примесей. Однако при широко используемых технологиях очистки происходит вторичное загрязнение окружающей среды. Поэтому проблема научного обоснования выбора технологий очистки шахтных вод и основных параметров технического процесса: необходимых объемов и степени очистки, типов используемых реагентов с учетом их экологических свойств, является важной с точки зрения экологической безопасности и обеспечения устойчивости окружающей среды. Актуальность темы диссертационной работы не вызывает сомнения.

Диссертация направлена на решение актуальной проблемы – повышение экологической безопасности технологических процессов использования шахтных вод за счет разработки способов их применения в системах теплоснабжения и водоснабжения в промышленности и коммунальной сфере.

Разработанные новые научно обоснованные решения получения экологически безопасных альтернативных источников водоснабжения в результате инновационной комплексной подготовки шахтных вод путем снижения их минерализации и обеспечения нормативных требований для использования в промышленных системах и коммунальной сфере позволит внести значительный вклад в развитие Донбасса.

Диссертационная работа выполнялась в рамках поручений и заданий Правительства ДНР (Разработка технического задания на использование шахтных вод промышленными предприятиями как альтернативного источника водоснабжения), (Выполнить технико – экономическое обоснование использования шахтных вод закрытых угледобывающих предприятий для дополнительного водоснабжения г. Снежное), а также НИОКТР №01170000277.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Результаты диссертационного исследования базируются на всестороннем анализе исследований, посвященных очистке и использованию вод различного происхождения.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается: сходимостью экспериментальных данных с достоверной вероятностью $\Phi(D) = 0,95$, полученных на современных приборах: электрофотокolorиметре ФЭК-М, фотометре Photolab Spectral, WTW (Германия), анализаторе ионов AI-123 (*pH*), Konduktometer LF-318 с

ячейками TetraCon 325, микроскопе МБС-10, вискозиметре ПВР-2, рН-метре И-101М; адекватностью статистических математических модулей описания процессов с использованием аналогий и принципа Хантли.

Все положения, выносимые на защиту, теоретически обоснованы и подтверждены лабораторными и натурными исследованиями, и, следовательно, являются адекватными и обоснованными.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

Научная новизна диссертационной работы :

– обосновано использование шахтных вод, как недооценённого ресурса, позволяющего решить проблему дефицита пресной воды и обеспечить экологическую безопасность аридных регионов;

– для повышения экологической безопасности систем теплоснабжения разработаны теоретические положения использования шахтных вод для подпитки тепловых сетей с закрытым водоразбором, заключающиеся в определении: величины снижения карбонатного индекса с применением карбоксильных катионитов; растворимости полиморфных соединений карбоната кальция; а также индукционного периода кристаллизации гипса, что обеспечивает безопасные условия регенерации фильтров;

– впервые установлены граничные значения карбонатного индекса и получены аналитические зависимости индукционного периода кристаллизации карбоната кальция, что обеспечивает условие надежной работы оборотных систем водопользования при использовании шахтной воды в качестве теплоносителя;

– обоснованы экологически безопасные инновационные технологии противонакипной отработки воды в оборотных системах через снижение карбонатной жесткости известью, а также определены приоритетные реагенты с учетом оценки эффективности очистки от накипеобразователей;

– впервые установлены условия кристаллизации карбоната кальция на различных материалах, используемых в качестве оросителей градирен, заключающиеся в получении аналитической зависимости интенсивности осаждения от угла смачивания поверхности;

– впервые установлена критериальная зависимость переноса пермиата через обратноосмотическую мембрану в зависимости от скорости потока ретентата, концентрации солей, коэффициентов диффузий соли и вязкости потока, длины хода потока и расстояния между мембранами, что позволяет количественно установить влияние отдельных факторов и выбрать оптимальные условия эксплуатации установок поперечной фильтрации;

– установлено влияние различных рабочих схем подключения обратноосмотических модулей на степень обессоливания исходной воды и производительность обратноосмотической установки по пермиату;

– впервые обосновано использование режима близкого к идеальному вытеснению при термической переработке ретентата за счет использования секционированного потока выпариваемой жидкости;

– впервые разработаны теоретические положения выбора экологически безопасной технологии вымораживания ретентата и обоснованы причины относительно низкой степени обессоливания – перехода солей в лед за счет дискретной молекулярной структуры воды;

– установлены аналитические зависимости остаточного содержания тяжелых металлов в шахтной воде в зависимости от уровня pH и обоснована необходимость ступенчатого осаждения соединений тяжелых металлов, что обусловлено их амфотерными свойствами.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационного исследования подтверждается использованием поверенных контрольно-измерительных приборов, хорошей сходимостью результатов теоретических и натурных исследований и не вызывает сомнений.

Основное содержание работы.

Во **введении** приводится информация, раскрывающая объект и предмет научных исследований, научную новизну, теоретическую и практическую значимость полученных результатов, а также степень апробации работы.

В первом разделе показано негативное влияние шахтных вод на экосистемы и их проявление в нарушении биосферы на современном этапе и в будущем. Приведена характеристика качества шахтных вод с анализом трудностей при их очистке. В ретроспективном анализе рассмотрены вопросы удаления взвешенных в отстойниках, проанализированы вопросы очистки от гомогенных примесей путем электродиализа и ионного обмена, упаривания, обратного осмоса. Отмечено, что при использовании мембранных технологий для очистки вод повышенной минерализации необходимо применение тонкой очистки воды от поливалентных металлов и коррекция ионного состава для предотвращения быстрого загрязнения мембран. Основными проблемами являются процессы переработки и сброса ретентата, но нерешенными являются проблемы выбора технологий и реагента при подготовке воды для крупнотоннажных потребителей.

Во втором разделе рассмотрено использование вод повышенной минерализации для подпитки тепловых сетей. В разделе реализован ряд задач по всестороннему исследованию отложений накипи на теплообменных поверхностях: разработаны теоретические положения использования шахтных вод для подпитки тепловых сетей с закрытым водоразбором, заключающиеся в определении величины снижения карбонатного индекса с применением карбоксильных катионитов; растворимости полиморфных соединений карбоната кальция; а также индукционного периода кристаллизации гипса для обеспечения безопасных условий регенерации фильтров.

Ряд зависимостей: количество отложений от карбонатного индекса, количество отложений от концентрации угольной кислоты; длительность индукционного периода от температуры и произведения концентрации ионов кальция и сульфатов получены автором ранее и опубликованы в различных научных изданиях. Оценка адекватности полученных зависимостей лежит на совести экспертов-рецензентов этих изданий. Выше упомянутые зависимости были использованы для обоснования и регламента предлагаемых технологий для использования шахтных вод для подпитки тепловых сетей.

В третьем разделе рассмотрено использование шахтных вод в оборотных циклах промышленных предприятий с позиций снижения накипеобразования и коррозии оборудования.

Исследованы зависимости образования различных модификаций накипи от произведения растворимости. Изучено влияние на рост кристаллов накипи гидрокарбонатной щелочности, индукционного периода и тип и состояние поверхности раздела фаз.

Установлены и проанализированы основные факторы смещения равновесия в водных системах и способствующие кристаллизации кальция (накипеобразователя): температура воды, рН раствора и концентрация ионов кальция, парциальное давление углекислого газа. Лабораторными исследованиями подтверждены теоретические принципы изменения интенсивности накипеобразования при различном ПК и рН раствора.

Изучены условия образования отложений в зависимости от стабильности воды и влияния использования полифосфата. Получен ряд обобщенных зависимостей по определению индукционного периода кристаллизации карбоната кальция при различных температурах. В разделе как то бессистемно приведен громадный массив исследований, но отсутствуют систематизированные выводы, что снижает ценность всех проведенных исследований.

В четвертом разделе рассмотрены проблемы очистки шахтных вод от тяжелых металлов. Приведены сведения о степени загрязнения тяжелыми металлами (ТМ) шахтных вод. Обобщены данные о химических и токсикологических свойствах ТМ. Отмечено, что мобильность ТМ зависит в основном от рН воды (что хорошо известно), а также от содержания карбонатов и фосфатов, наличия и типа органических веществ, сульфидов и пирита. Приводятся рассуждения о методах обработки воды, в том числе об ее известковании. Для интенсификации процесса осаждения рекомендовано использование коагулянтов и флокулянтов. Экспериментально установлена зависимость концентрации ТМ от величины рН. Получены аналитические уравнения зависимости концентрации ТМ от величины рН. Теоретические и экспериментальные значения имеют хорошую сходимость результатов. На основании проведенных исследований и рассуждений предложена принципиальная схема обработки шахтных сточных вод. При наличии

выводов в конце раздела приведенная информация была бы более убедительна.

В пятом разделе рассмотрено применение обратноосмотического обессоливания шахтных вод.

Выполнен обзор существующих технологий обессоливания минерализованных вод с выделением наиболее конкурентной технологии обратного осмоса. Отмечены достоинства этой технологии и акцентировано внимание на ее параметрах, влияющих на качество процесса, производительность и энергоэффективность технологического оборудования.

Исследованы параметры работы мембранных элементов: проведен анализ потоков через мембранные элементы, определены коэффициенты проницаемости мембран ведущих фирм, проведена оптимизация рабочего давления мембран, обоснована и разработана математическая модель массопереноса через обратноосмотическую мембрану на основе семи переменных функций (давление воды, скорость потока, длина хода потока, расстояние между мембранами, концентрация раствора, коэффициенты диффузии и вязкости раствора).

Рассмотрено обоснование выбора оптимальной конфигурации обратноосмотических установок и выполнен расчет экономического эффекта в результате изменения конфигурации установок.

Исследованы обратноосмотические установки различной конфигурации на максимальную производительность.

Выполнена сравнительная характеристика использования элементов разного типа с вычислением технико-экономических показателей.

Приведенные исследования убедительно показывают, что обессоливание воды повышенной минерализации с помощью обратноосмотического оборудования позволяет получить воду достаточно низкой стоимости при существующий на данный момент стоимости воды хозяйственно-питьевого качества для промышленных предприятий. Таким образом, использование данной технологии является обоснованным и целесообразным для условий нашего региона, даже учитывая достаточно высокие капитальные расходы на обратноосмотическое оборудование с предочисткой. Главным преимуществом является повышение экологической безопасности за счет использования высокоминерализованных (шахтных вод).

В шестом разделе рассмотрено применение процессов с фазовым переходом для переработки концентрата. Обзорно рассмотрена мировая практика концентрирования отходов процессов обессоливания, обратного осмоса и ионного обмена. Для удовлетворения природоохранных требований наиболее оптимальными являются методы упаривания и вымораживания стоков.

Исследованы вопросы концентрирования солей в мембранных аппаратах с рециркуляцией потока концентрата.

Рассмотрены вопросы концентрирования и переработки рассолов с

использованием процессов испарения, проанализированы и охарактеризованы испарительные установки для переработки рассолов. Выполнен расчет материальных потоков испарительной установки для переработки рассола после обратного осмоса. Рассмотренные технологии и процессы исследовались в привязке к климатическим условиям Донбасса.

Процессы вымораживания изучены экспериментально. Исследовано вымораживание для переработки концентратов, в частности, полученных после обратноосмотической технологии. Изучены процессы вымораживания минерализованных растворов.

Замечания к работе.


1. Несмотря на то, что работа относится к разряду теоретических, в ее структуре необходимо было либо предусмотреть методологический раздел с описанием материалов и методов экспериментальных исследований подтверждающих теоретические данные: характеристику оборудования, химических реактивов, указать повторность, воспроизводимость и оценку результатов, справочники, пакеты программ и проч., либо более подробно акцентировать на эти моменты внимание по ходу работы. Так, в разделах 2 и 3 в процессе рассуждений получен ряд зависимостей куда входят жесткость, щелочность, концентрации ионов и проч., которые не понятно как определялись - аналитически или экспериментально.
2. Все разделы работы должны завершаться систематизированными выводами. Очень сложно по тексту вычленять из громадного массива данных рациональное зерно. Тем более, что вывод это есть ответ на поставленную и решенную задачу.
3. Во многих зависимостях одним и тем же символом обозначены различные параметры. Так, в автореферате в формуле 2 : W – количество отложений, моль/ч, а в формуле 5- W – скорость пропуска реагента, м/ч; в диссертации: в формуле 2.1 - W – скорость фильтрации, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$, а в формуле 2.30 - W – скорость пропуска регенеранта, м/ч, в формуле 6.20- W – массовый расход испаряемого растворителя.
4. В тексте диссертации и автореферата встречаются описки.

Общее заключение о диссертационной работе.

Несмотря на указанные замечания, считаю, что диссертация «*Научные основы экологически безопасных технологий при использовании шахтных вод*», является завершённой научной работой, содержит научные решения актуальной проблемы, отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, **Гулько Сергей Евгеньевич**, заслуживает присуждение ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.19 - экологическая безопасность строительства и городского хозяйства.

Настоящим, я, Дрозд Геннадий Яковлевич, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества.

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры промышленного,
гражданского строительства и
архитектуры Института строительства,
архитектуры и ЖКХ Луганского
национального университета имени
Владимира Даля

 Г.Я. Дрозд

Подпись д.т.н., профессора
Дрозд Г.Я. заверяю:
Ученый секретарь ГОУ ВПО
«Луганский национальный университет
имени Владимира Даля»



 И. Г. Дейнека

91034, г. Луганск, квартал Молодежный,
20-а, тел.: +38(0642) 34-48-18,
факс: +38(0642) 34-48-48,
E-mail: dahl.univer@yandex.ru