

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Института водных проблем,
гидроэнергетики и экологии НАНТ,
доктор технических наук
Гулахмадзода А.А.

« 26 » 08 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Ходжизоды Саидмукбила Косима на тему: «Физико-химические основы комплексных технологий очистки шахтных и сточных вод от тяжелых и радиоактивных металлов (на примере шахтных и сточных вод Северного Таджикистана)», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ).

Соответствие темы и содержания диссертации паспорту научной специальности. Тема диссертационной работы Ходжизоды Саидмукбила Косима на тему «Физико-химические основы комплексных технологий очистки шахтных и сточных вод от тяжелых и радиоактивных металлов (на примере шахтных и сточных вод Северного Таджикистана)» и её содержания соответствует требованиям паспорта научной специальности 05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ).

Актуальность темы диссертационной работы. Как известно, деятельность большинства промышленных предприятий неразрывно связана с использованием воды как основного ресурса, необходимого для осуществления различных технологических процессов. Вода применяется для охлаждения оборудования, промывки сырья, переработки продукции, а также в химических реакциях. Её дефицит способен не только значительно замедлить производственные процессы, но и полностью остановить деятельность целых отраслей промышленности. В условиях глобального роста численности населения и расширения производства во многих странах мира наблюдается усиление проблемы нехватки чистой воды, особенно в регионах с ограниченными природными ресурсами.

В Таджикистане, где более 93% территории занимает горный рельеф, с каждым годом увеличивается количество промышленных предприятий, в том числе в горнорудной и горнодобывающей отраслях. Особую обеспокоенность вызывает деятельность таких предприятий, как государственное унитарное предприятие «Таджредмет» и ОАО «Ленинабадский комбинат редких металлов». В погоне за извлечением ценных минералов из руд они нередко в своё время нарушали установленные нормы природопользования. Одним из примеров подобных нарушений

является вскрытие геологических разломов без предварительного геоэкологического анализа, что может приводить к загрязнению подземных вод породами, содержащими радиоактивные элементы и тяжёлые металлы. Особенно опасно то, что в затопленных шахтах используются глубинные насосы, откачивающие воду без должной очистки. Эта вода зачастую поступает в системы питьевого и сельскохозяйственного водоснабжения, что создаёт серьёзную угрозу здоровью населения и экологической безопасности региона.

Ещё одним значимым источником загрязнения водных ресурсов является гальваническое производство, применяемое, например, на предприятии ООО «Точфилиз». Гальваника требует значительных объёмов чистой воды и химических реагентов для нанесения защитных покрытий на металлические изделия с целью предотвращения коррозии. В процессе производства образуются сточные воды, насыщенные тяжёлыми металлами и другими вредными веществами. Кроме того, после обработки детали промываются, что также способствует увеличению объёма загрязнённых вод, требующих последующей очистки. Таким образом, гальваническое производство становится одним из основных потребителей и одновременно загрязнителей водных ресурсов.

В условиях нарастающей экологической нагрузки особую актуальность приобретает задача эффективной очистки шахтных и промышленных сточных вод, особенно от тяжёлых и радиоактивных металлов. Среди современных методов очистки наибольшую эффективность демонстрируют технологии сорбции и коагуляции, которые позволяют значительно снизить концентрацию опасных веществ. Применение этих методов имеет ключевое значение для устойчивого развития промышленности и охраны окружающей среды. Это делает рассматриваемое направление исследований особенно важным не только для Таджикистана, но и для других стран, сталкивающихся с аналогичными экологическими и водными проблемами.

Степень обоснованности научных положений, выводов и предложений, изложенных в диссертации. Исследования по очистке шахтных и сточных вод в Таджикистане начались в XX веке. Существенный вклад внесло ГП «Востокредмет» (ныне ГУП «Таджредмет»). В XXI веке работу продолжили такие учёные, как Мирсаидов У.М., Хакимов Н.Х., Назаров Х.М. и др.

Дефицит чистой воды остаётся острой проблемой в г. Истиклол, г.Худжанд и пгт. Чорухдайрон. Для её решения необходима очистка шахтных вод и организация их подачи населению. Используемые сорбционные и коагуляционные методы зависят от состава загрязнённой воды и позволяют довести её до безопасных нормативов с минимальным экологическим воздействием.

Серьёзную угрозу также представляет сброс сточных вод ООО «Точфилиз» без предварительной очистки, содержащих взвешенные вещества и тяжёлые металлы. Впервые проведённые исследования этих вод

выявили опасные примеси и позволили разработать эффективную технологию очистки с применением современных аналитических методов.

Научная новизна и достоверность полученных результатов заключается в следующем:

- исследован физико-химический состав шахтных и сточных вод различных промышленных предприятий;
- изучены процессы сорбции и десорбции радиоактивных и тяжёлых металлов, а также обезжелезивание сточных вод;
- определены зависимости степени очистки от различных параметров;
- выявлено влияние факторов на эффективность очистки при применении сорбционных, химических и коагуляционных методов;
- разработаны новые комплексные технологические схемы очистки шахтных и сточных вод от радиоактивных и тяжёлых металлов.

Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации. Загрязнение водных ресурсов одна из главных экологических угроз, особенно в условиях роста промышленного производства. Без эффективной очистки шахтных и сточных вод их сброс в водоёмы может привести к накоплению тяжёлых металлов и радионуклидов, что опасно для экосистем и здоровья человека.

Проведённые исследования позволили разработать методы удаления опасных примесей и обеспечить соответствие воды экологическим нормативам. Это имеет большое значение для водоснабжения и экологической безопасности таких населённых пунктов, как Худжанд, Истиклол, Бустон и Чорухдайрон.

Работы выполнены в аналитической лаборатории Горно-металлургического института Таджикистана с применением современного оборудования, что обеспечило точность анализа и надёжность данных. Полученные результаты могут быть использованы как в научной и промышленной практике, так и в образовательном процессе по направлениям «Химическая технология» и «Инженерная защита окружающей среды».

Исследование имеет потенциал для разработки новых технологий очистки и может быть основой для дальнейших научных и прикладных разработок, направленных на охрану водных ресурсов и улучшение качества жизни населения.

Степень достоверности результатов исследования, точность и обоснованность результатов исследования обеспечивалась за счёт применения современных и высокоточных приборов, а также строгого контроля качества экспериментальных данных на всех этапах исследования. Используемое оборудование прошло тщательную калибровку и тестирование для каждого определяемого элемента с использованием сертифицированных стандартных растворов, что гарантировало точность и воспроизводимость получаемых результатов.

Для проведения экспериментов по очистке шахтных и сточных вод от радиоактивных и тяжёлых металлов применялись исключительно новые сорбенты высокого качества, изготовленные ведущими производителями из

Украины, Германии и Англии. Использовались также химические реагенты, имеющие официальные сертификаты соответствия, включая сульфаты и хлориды железа и алюминия, оксид кальция, гидроксид натрия и карбонат натрия. Это обеспечивало стабильность и надёжность процессов очистки.

Установлены, что по эффективности сорбции урана из вод штольни №6 месторождения Табошар в статических условиях наилучшим сорбентом является Lewatit DW 630, и его СОЕ составила 42,35 мг/г.

Также для сорбции урана из шахтной воды месторождения Киик-Тал был установлен наилучший сорбент - Lewatit DW 630, и его СОЕ составила 164,8 мг/г.

Методом коагуляции установлены зависимости степени очистки воды шахты «Восточная» от дозы смешанного коагулянта на основе соединений железа и алюминия. Наибольшая степень очистки воды от тяжёлых и радиоактивных металлов достигается при дозе смешанного коагулянта (хлоридах железа и алюминия в соотношении 2:1) 100 мг/л, рН 6-6,5, количестве замутнителя 100 мг/л и продолжительности процесса 60 минут. При этих условиях степень очистки воды составила от 91% до 100%.

Методом коагуляции установлены зависимости степени очистки воды шахты «Капитальная» от тяжёлых и радиоактивных металлов при различных дозах соединений железа и алюминия. Наибольшая степень очистки воды от металлов достигается при дозе хлорида железа 200 мг/л, рН 6-6,6, температуре 25°C и продолжительности процесса 50 минут. При этих условиях степень очистки составила от 90% до 99%.

Установлены оптимальные параметры коагуляционного метода очистки сточной воды производства крепежа от цинка, железа и меди. Наибольшая степень очистки воды от них достигается при дозе сульфата алюминия 10 г/л, дозе полиакриламида 5 г/л, времени перемешивания 54 минуты, рН среды 6-6,5, температуре в интервале 10-30°C и количестве замутнителя 4 г/л. При этих условиях степень очистки сточной воды от цинка, железа и меди составила от 99,93% до 99,99%.

Все полученные результаты систематически документировались и отражены в актах испытаний, что подтверждает их научную и практическую значимость, а также позволяет обеспечить воспроизводимость и контроль качества на последующих этапах внедрения разработанных технологий.

Личный вклад соискателя в исследование выражается в комплексном выполнении всех ключевых этапов исследования, начиная с тщательного анализа и обработки большого объёма литературных источников, что позволило выявить актуальные проблемы и определить научную новизну работы. Соискатель самостоятельно сформулировал цель и задачи диссертационного исследования, разработал план и методологию их решения, что обеспечило системный и целенаправленный подход к изучению процессов очистки шахтных и сточных вод от радиоактивных и тяжёлых металлов.

Важной частью вклада стало проведение экспериментальных исследований с использованием современного лабораторного оборудования

и сертифицированных реагентов, а также подбор и испытание новых сорбентов и технологий очистки. Соискатель лично участвовал в сборе, обработке и интерпретации экспериментальных данных, применяя методы статистического анализа и физико-химических исследований для выявления закономерностей и оценки эффективности разработанных технологий.

Кроме того, соискатель осуществил обобщение и систематизацию полученных результатов, что позволило сформулировать научно обоснованные выводы и практические рекомендации, легшие в основу диссертации. Все эти этапы обеспечили высокий уровень научной новизны, теоретической и практической значимости работы, что свидетельствует о самостоятельном и творческом характере выполненного исследования.

Публикация результатов диссертации в рецензируемых научных журналах. Результаты диссертации опубликованы в 26 статьях рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, ВАК Российской Федерации и ВАК Республики Узбекистан.

Оценка содержания диссертации и степени её завершенности.
Структура и объём диссертации: диссертация включает введение, обзор литературы, методическую и экспериментальную части, обсуждение результатов, выводы, список литературы и приложения. Объём - 303 страницы, содержит 74 таблицы и 73 рисунка. В списке литературы - 368 источников.

Во введении диссертационной работы подробно раскрываются ключевые аспекты, определяющие актуальность выбранной темы. Отмечается, что загрязнение водных ресурсов радиоактивными веществами и тяжёлыми металлами является одной из наиболее острых экологических и технологических проблем современности, особенно в условиях активной промышленной деятельности. В этой связи подчёркивается необходимость разработки эффективных методов очистки шахтных и сточных вод, что делает исследование особенно своевременным и значимым.

Кроме того, во введении сформулированы цель и задачи диссертационного исследования, направленные на решение конкретных научно-практических вопросов, связанных с повышением эффективности процессов очистки воды. Здесь также обозначены научная новизна и практическая ценность полученных результатов, что подчёркивает вклад работы в развитие области химической технологии, охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. Таким образом, введение задаёт чёткое направление всему исследованию и обосновывает его актуальность как с теоретической, так и с прикладной точки зрения.

В первой главе диссертации проводится всесторонний анализ современных литературных источников, охватывающих теоретические и технологические аспекты очистки шахтных и сточных вод от тяжёлых и радиоактивных металлов. Особое внимание уделяется классификации методов очистки, их преимуществам и ограничениям, а также современным тенденциям в области водоочистных технологий. В процессе анализа

подчёркивается, что при выборе оптимальной технологии необходимо учитывать физико-химический состав загрязнённых вод, который в значительной степени определяет эффективность применяемых методов. Завершается глава чёткой формулировкой целей и задач исследования, а также обоснованием актуальности поставленных научных вопросов.

Во второй главе представлено описание и анализ географического положения, экологических условий и технологических характеристик четырёх исследуемых промышленных объектов. Подробно излагаются результаты комплексного физико-химического исследования шахтных вод, отобранных на территории ГУП «Гаджредмет» и ОАО «Ленинабадский комбинат редких металлов». В числе используемых аналитических методов - атомно-абсорбционный и масс-спектрометрический анализ, альфа- и бета-радиометрия, титриметрия и турбидиметрия. Приведены данные о концентрациях тяжёлых металлов и радионуклидов. Кроме того, представлены результаты изучения химического состава замутнителя, применяемого на стадии предварительной очистки, что позволяет оценить его эффективность и взаимодействие с загрязняющими веществами.

Третья глава посвящена исследованию сточных вод, образующихся в процессе гальванического производства на предприятии ООО «Точфилиз». Подробно описано местоположение исследуемого объекта и технологический процесс, сопровождающийся образованием сточных вод, содержащих значительные концентрации тяжёлых металлов. В главе представлены результаты физико-химического анализа проб, выполненного с использованием атомно-абсорбционного, титриметрического и турбидиметрического методов. Также исследуется состав замутнителя, применяемого в технологической цепочке, что позволяет более глубоко понять механизм очистки.

В четвёртой главе рассмотрены процессы сорбции и десорбции тяжёлых и радиоактивных металлов на различных сорбентах. Проведён анализ факторов, влияющих на эффективность очистки, таких как pH среды, температура, концентрация загрязнителей и свойства сорбента. Приведены технологические схемы очистки, адаптированные для различных типов шахтных вод. По результатам проведённых лабораторных исследований были выделены наиболее эффективные методы очистки для каждого из исследуемых объектов. При этом особое внимание уделялось не только удалению тяжёлых и радиоактивных металлов, но и одновременному извлечению урана из шахтных вод, рассматриваемого как ценный компонент с высоким промышленным потенциалом. Особое внимание уделено применению сорбционных и коагуляционных методов как наиболее перспективных с точки зрения эффективности и экологичности.

Пятая глава посвящена исследованию процессов обезжелезивания сточных вод, содержащих такие металлы, как железо, цинк и медь. Описаны применяемые технологии реагентной и коагуляционной очистки, представлены количественные показатели эффективности удаления загрязняющих веществ. Выполнено сравнение различных методик, выявлены

условия, обеспечивающие наибольшую степень очистки. Технологические схемы, приведённые в главе, демонстрируют возможности практического применения результатов исследования в условиях реального производства.

Шестая глава содержит результаты исследований по извлечению урана, а также по очистке шахтных и сточных вод от других тяжёлых и радиоактивных металлов. Представлены сравнительные данные эффективности различных методов, выявлен наилучший подход, обеспечивающий максимальное удаление загрязнителей при минимальных издержках. Сделаны выводы о применимости разработанных технологий в промышленных условиях, а также об их вкладе в обеспечение экологической безопасности и устойчивого водопользования.

Соответствие оформления диссертации требованиям Высшей аттестационной комиссии. Диссертация и её автореферат подготовлены в соответствии с требованиями Инструкции по порядку оформления диссертации и автореферата диссертации, утверждённой постановлением Президиума Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан от 27 декабря 2024 года, №493.

Соответствие научной квалификации соискателя для получение ученой степени. Научная квалификация соискателя Ходжизоды С. К. соответствует представленной научной специальности 05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ).

Диссертационное исследование Ходжизоды С.К. поддерживается с той точки зрения, что его работа представляет собой завершённое научное исследование, выполненное автором самостоятельно, в котором изложены новые научно-обоснованные решения в области физико-химических и технологических процессов получения концентрата урана и очистки воды от загрязнителей.

Вместе с тем, по диссертационной работе Ходжизоды С.К. имеются следующие замечания:

1. В первой главе диссертации недостаточно подробно представлены сведения о значимости и актуальности темы исследования.

2. В автореферате диссертационной работы недостаточно представлена информация о химическом составе исследуемых вод.

3. Было бы предпочтительнее использовать промышленные отходы в качестве сорбента.

4. В диссертационной работе недостаточно представлена сравнительная информация о мутности сточных вод.

5. В диссертации не приведены сведения о калибровках, пределах обнаружения и точности измерений при масс-спектрометрии.

6. В диссертации не обоснован вывод о том, что очищенные промышленные воды по качеству соответствует питьевой воде и рекомендуется для водоснабжения населённых пунктов Худжанд, Истиклол, Бустон и Чорухдайрон.

7. В тексте диссертационной работы и в автореферате имеются стилистические и орфографические ошибки.

Однако, эти замечания не снижают научной ценности выполненного исследования.

Автореферат диссертации отражает основное содержание исследования и подготовлен в соответствии с установленными требованиями.

Заключение

Таким образом, диссертация Ходжизода С.К. на тему: «Физико-химические основы комплексных технологий очистки шахтных и сточных вод от тяжелых и радиоактивных металлов (на примере шахтных и сточных вод Северного Таджикистана)» для получения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ) выполнена на необходимом научном уровне и по содержанию соответствует существующим требованиям.

Диссертация соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан и автор достоин присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ).

Отзыв подготовлен в соответствии с пунктами 76 - 79 и 81 Порядка присуждения ученых степеней, утвержденных постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267.

Отзыв обсуждён и утверждён на расширенном заседании учёного совета Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана (НАНТ) (протокол № 8 от 25 августа 2025 года).

На расширенном заседании учёного совета Института присутствовали 13 человек.

Результаты голосования: за - 13 человек, против – нет, воздержавшихся – нет.

Председатель заседания:

Председатель ученого совета Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ,
доктор технических наук



Гулахмадзода А.А.

Эксперт:

Главный научный сотрудник
Института водных проблем, гидроэнергетики
и экологии НАНТ, член-корреспондент НАНТ,
доктор технических наук, профессор



Хакдод М.М.

Секретарь заседания:

Учёный секретарь
Института водных проблем,
гидроэнергетики и экологии НАНТ,
кандидат биологических наук



Кориева Ф.А.

Подписи д.т.н. Гулахмадзода А.А., д.т.н., проф., член – корреспондента
НАНТ Хаклода М.М. и к.б.н. Кориевой Ф.А. подтверждаю.

Начальник отдела кадров
Института водных проблем,
гидроэнергетики и экологии НАНТ



Адамкулова С.С.

Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Бофанда
5/2, тел.: +992 (37) 221-39-01, +992 93 474 88 66, E-mail: info@imoge.tj;
Официальный сайт: www.imoge.tj.