

**МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ТАДЖИКИСТАНА**

УДК: 628.16.081.312:632.349.5:628.316.12 (575.3)

На правах рукописи



ХОДЖИЗОДА САИДМУКБИЛ КОСИМ

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД ОТ
ТЯЖЕЛЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ МЕТАЛЛОВ
(на примере шахтных и сточных вод Северного Таджикистана)**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.17.00 – Химическая технология
(05.17.01 – Технология неорганических веществ)

Душанбе – 2025

Работа выполнена в аналитической лаборатории Горно-металлургического института Таджикистана

Научный консультант **Азизов Рустам Очилдиевич**
доктор технических наук, профессор,
академик ИАРТ

Официальные оппоненты: **Нурмуродов Тулкин Исамуродович** -
доктор технических наук, профессор,
проректор по научным работам и инновациям
Навийского государственного горно-
технологического университета

Мирзозода Баходур - доктор технических
наук, с.н.с. отдела науки, инноваций,
международных связей и издательской
деятельности филиала Московского
государственного университета имени М.В.
Ломоносова в г.Душанбе

Шарифов Абдумумин - доктор технических
наук, профессор, заведующий отделом
водородной энергетики Института химии
имени В.И. Никитина Национальной
академии наук Таджикистана

Ведущая организация: Институт водных проблем, гидроэнергетики
и экологии Национальной академии наук
Таджикистана

Защита состоится «17» сентября 2025 года в 09-00 часов на заседании
объединенного диссертационного совета 6Д.КOA-042 при Институте химии
им. В.И. Никитина НАНТ и Агентства по ХБРЯ безопасности НАНТ по адресу:
734063, г. Душанбе, ул.Айни 299/2, E-mail: f.khamidov@cbrn.tj

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте
Института химии им. В.И. Никитина НАНТ www.chemistry.tj

Автореферат разослан « ____ » _____ 2025 года.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук



Хамидов Ф.А.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Деятельность большинства промышленных предприятий тесно связана с процессами, требующими использования воды в качестве ключевого ресурса. Недостаток этого ресурса приводит к замедлению хода технологических цепочек, основанных на подобных процессах, и может даже привести к полной остановке отдельных отраслей промышленности. Вместе с тем, открытие новых предприятий связано с ростом численности населения разных стран, что в свою очередь чувствительно влияет на значительную нехватку чистой воды во всех регионах мира.

Поскольку 93% территории Таджикистана занимают горы, количество промышленных предприятий год от года увеличивается, особенно в горнорудном секторе. Горнодобывающие предприятия, стремясь извлечь ценные компоненты из руд, часто нарушают правила использования недр, особенно путем вскрытия геологических разломов без предварительного исследования. Это может привести к загрязнению подземных вод горными породами. Примерами таких предприятий являются ГУП «Таджредмет» и ОАО «Ленинабадский комбинат редких металлов». В настоящее время в некоторых затопленных шахтах работают глубинные насосы, которые перекачивают воду без предварительной очистки от загрязнителей для использования в питьевых и сельскохозяйственных целях. Основными загрязнителями вод в этих шахтах являются радиоактивные и тяжелые металлы.

Ещё одним существенным источником загрязнения сточных вод является применение гальванической технологии для нанесения защитного покрытия на строительные крепежи с целью предотвращения коррозии, что осуществляется на предприятии ООО «Точфилиз». В этих стоках содержится значительное количество тяжелых металлов и других загрязнителей, а применение данной технологии требует больших объемов химических реагентов и чистой воды.

В связи с указанными проблемами возникает существенная экологическая задача по очистке шахтных и сточных вод от радиоактивных и тяжелых металлов. Среди основных методов очистки наиболее предпочтительными являются методы сорбции и коагуляции. Применение указанных методов для очистки шахтных и сточных вод имеет важное значение для Таджикистана и других стран, что определило актуальность данного исследования.

Степень изученности научной проблемы, теоретические и методологические основы исследований. Активное исследование очистки шахтных и сточных вод в Таджикистане началось еще в XX веке. Значительный вклад в изучение практических основ очистки шахтных вод внесло Государственное предприятие «Востокредмет» (в настоящее время - Государственное унитарное предприятие «Таджредмет»). В XXI веке значимый вклад в исследования по очистке шахтных и сточных вод внесли

такие ученые, как Мирсаидов У.М., Хакимов Н.Х., Назаров Х.М., Мирсаидов И.М., Бобоев Б.Д., Ашурув Х.Ё., Давлатов Д.С., Бокизода Д.З., Баловцев С.В., Алексеев Ю.В., Абрамов А.П., Бусарев А.В. и другие.

Нехватка источников чистой воды остается актуальной проблемой для значительной части населения г.Истиклол, г.Худжанд и пгп.Чорухдайрон Согдийской области Республики Таджикистан. В этих регионах проблемы с водоснабжением имеют долгосрочные последствия, которые негативно сказываются на качестве жизни местных жителей. Для эффективного решения этой проблемы крайне важно произвести очистку шахтных вод, а также наладить систему их подачи в населенные пункты. Без подобной меры невозможно обеспечить населения качественной питьевой водой, что требует срочного вмешательства и внедрения новейших технологий очистки.

Технология очистки шахтных вод с использованием сорбционных и коагуляционных методов является многоступенчатым процессом, который зависит от физико-химических характеристик конкретного источника загрязненной воды. Каждое месторождение имеет свои особенности, требующие тщательного подхода. Проведение этих исследований с использованием высокоточных аналитических методов и современных приборов позволило нам очистить шахтную воду до заданных норм и сделать её безопасной для потребления. Эти методы гарантируют не только эффективность очистки, но и минимизацию воздействия на окружающую среду.

Кроме того, стоит отметить наличие еще одной серьезной экологической проблемы - сброс сточных вод ООО «Точфилиз» без предварительной очистки в городскую канализацию. Экспериментальные результаты анализов физико-химического состава загрязнённой воды, сбрасываемой предприятием, показывают наличие опасных примесей, таких как взвешенные вещества, а также металлов - цинка, железа и меди. Эти загрязнители наносят вред экосистеме и могут вызвать загрязнение водоемов, в том числе ухудшение качества водоснабжения для близлежащих населенных пунктов.

Для решения проблемы сточных вод ООО «Точфилиз» необходимо разработать технологию их очистки с использованием химического и коагуляционного методов, которая также зависит от физико-химических характеристик загрязнённой воды. Однако стоит отметить, что до сих пор исследования, посвященные сточным водам производственного процесса крепежных изделий, не проводились, что делает нашу работу в этой области уникальной и важной. Применение высокоточных современных приборов для анализа сточных вод позволило нам детально изучить состав воды и выявить все загрязнители, что в свою очередь помогло выработать оптимальные методы очистки.

Связь исследований с научными программами и темами. Диссертационная работа выполнялась в рамках программы реализации Национальной концепции Республики Таджикистан по реабилитации

хвостохранилищ отходов переработки урановых руд на 2016-2024 годы (Постановление Правительства Республики Таджикистан «О Программе реализации Национальной концепции Республики Таджикистан по реабилитации хвостохранилищ отходов переработки урановых руд на 2016-2024 годы» от 27 июля 2016 года, № 329) и программы «Очистка сточных вод промышленных предприятий» (НИР Горно - металлургического института Таджикистана, срок исполнения: 2021-2025).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель исследования: разработка научно-прикладных основ комплексных технологий очистки шахтных и сточных вод от тяжелых и радиоактивных металлов, обеспечивающих эффективное удаление загрязнений и экологическую безопасность водных объектов.

Задачи исследования:

- исследование подробных физико-химических характеристик шахтных и сточных вод различными методами;
- исследование статической и динамической обменной емкости (СОЕ/ДОЕ) различных сорбентов из шахтных вод урановых месторождений Табошар и Киик-Тал;
- исследование кинетики процесса сорбции урана из шахтных вод урановых месторождений Табошар и Киик-Тал с использованием различных сорбентов;
- изучение процесса десорбции урана из насыщенных сорбентов с помощью серной и соляной кислот;
- исследование состава шахтных вод месторождения Чорухдайрон в разное время года с использованием различных методов;
- исследование процесса удаления радиоактивных и тяжелых металлов из шахтных вод месторождения Чорухдайрон при помощи различных коагулянтов;
- изучение влияния времени коагуляции, температуры, дозы коагулянтов, рН среды и количества замутнителя на степень очистки шахтных вод от радиоактивных и тяжелых металлов;
- исследование процесса устранения железа из сточной воды изготовления крепежа с использованием перекиси водорода;
- анализ изменения мутности сточной воды изготовления крепежа до и после очистки;
- изучение процесса очистки сточной воды изготовления крепежа химическим способом для удаления ионов тяжелых металлов (включая цинк, железо и медь) с применением оксида кальция, гидроксида натрия и карбоната натрия в качестве осадителей;
- исследование процесса очистки сточной воды изготовления крепежа от ионов цинка, железа и меди коагуляционным методом с использованием сульфата алюминия в качестве коагулянта;

- разработка новых технологических схем очистки шахтных вод от радиоактивных и тяжелых металлов с использованием сорбционных и коагуляционных методов;

- разработка комплексной технологической схемы очистки сточной воды от ионов цинка, железа и меди с применением химических и коагуляционных методов.

Объект исследования: шахтные воды ГУП «Таджредмет», ОАО «Ленинабадский комбинат редких металлов» и сточные воды ООО «Точфилиз».

Предмет исследования: процессы очистки шахтных и сточных вод от радиоактивных и тяжелых металлов, а также взвешенных веществ физико-химическими методами с использованием сорбентов и химических реагентов.

Научная новизна исследования:

- исследован физико-химический состав шахтных и сточных вод разных промышленных предприятий;

- изучены процессы сорбции радиоактивных и тяжелых металлов из шахтных вод в статических и динамических условиях, кинетика процесса сорбции, десорбция радиоактивных и тяжелых металлов, а также процесс обезжелезивания сточной воды производства крепежа;

- определены зависимости степени очистки шахтных и сточных вод от различных параметров;

- установлено влияние различных параметров на процесс очистки шахтных и сточных вод от радиоактивных и тяжелых металлов при использовании сорбционного, химического и коагуляционного методов;

- разработаны принципиально новые комплексные технологические схемы процесса очистки шахтных и сточных вод от радиоактивных и тяжелых металлов.

Теоретическая ценность исследования. В работе приведены теоретические аспекты процессов сорбции, десорбции, осаждения радиоактивных и тяжелых металлов из шахтных и сточных вод сорбционным, химическим и коагуляционным методами с применением различных сорбентов, коагулянтов и химических реагентов. Также описана роль факторов, влияющих на их интенсификацию.

Практическая ценность исследования. На сегодняшний день загрязнение водных ресурсов стало одной из самых острых проблем, угрожающих экологической безопасности и здоровью людей. В условиях интенсивного промышленного производства и увеличения нагрузки на природные ресурсы, защита источников чистой воды (как подземных, так и поверхностных) выходит на первый план. Важно понимать, что без должной очистки воды, особенно шахтных и сточных вод, их сброс в водоемы может привести к необратимым экологическим последствиям. Загрязнение воды радиоактивными веществами и тяжелыми металлами представляет особую

угрозу для флоры, фауны и человека, поскольку эти вещества могут накапливаться в организмах и вызывать серьезные заболевания.

Для предотвращения загрязнения водных объектов необходимо очистить шахтные и сточные воды до требуемых норм перед их сбросом в реки, озера или другие водоемы. Этот процесс очистки включает удаление опасных примесей, таких как тяжелые металлы, радионуклиды и другие токсичные вещества, которые могут серьезно ухудшить качество водных ресурсов. Только при соблюдении таких стандартов можно гарантировать безопасность водоемов и избежать нарушения экологического баланса.

Результаты экспериментальных исследований, изложенные в докторской диссертационной работе, имеют высокую значимость для практического применения в решении химических технологий и экологических проблем. Эти исследования направлены на обеспечение безопасности водных ресурсов и здоровья населения. В частности, они ориентированы на улучшение качества водоснабжения и экологии в таких городах и населенных пунктах, как г.Худжанд, г.Истиклол, г.Бустон и пгт.Чорухдайрон. Полученные данные и предложенные методы очистки сточных и шахтных вод могут значительно повысить получения ценного компонента, уровень экологической безопасности региона, снизить риск загрязнения водоемов и гарантировать населению доступ к безопасной питьевой воде.

Основные исследовательские работы были выполнены в аналитической лаборатории Горно-металлургического института Таджикистана, что позволило получить высококачественные и достоверные результаты, важные как для научной, так и для практической деятельности в области химических технологий, охраны окружающей среды и водных ресурсов. Лаборатория оснащена современным оборудованием, которое позволило провести точные химические и физико-химические исследования сточных и шахтных вод, а также исследовать их загрязненность различными опасными веществами, такими как тяжелые металлы и радиоактивные элементы.

Полученные данные представляют собой ценную информацию, которая может быть использована в различных областях. Работники научно-исследовательских институтов и лабораторий могут применять эти результаты для дальнейших исследований в области очистки воды и защиты водных ресурсов, а также для разработки и внедрения новых технологий получения ценного компонента. Важно отметить, что эти исследования имеют значительный потенциал для решения экологических проблем, связанных с загрязнением водоемов, что в свою очередь улучшит качество жизни населения, а также повысит экологическую безопасность региона.

Кроме того, результаты исследований могут быть полезными для подготовки студентов бакалавриата и магистрантов в сфере химической технологии, экологии, инженерной защиты окружающей среды и мониторинга состояния природных ресурсов. Особенно важным является использование

этих данных в рамках учебных программ по профилям 480101 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» и 330101-05 «Инженерная защита окружающей среды». Эти дисциплины активно развиваются в ВУЗах Таджикистана и других стран, и результаты данной работы могут служить полезным практическим материалом для обучения будущих специалистов, которые будут заниматься охраной окружающей среды и водных ресурсов.

Методы исследования: контроль процессов сорбции, десорбции, осаждения и коагуляции радиоактивных и тяжелых металлов методами титриметрии, атомно-абсорбционной спектрометрии и турбидиметрии (до и после очистки) при протекании вышеупомянутых процессов.

Отраслями исследования являются очистка шахтных и сточных вод промышленных предприятий Северного Таджикистана от загрязнителей.

Этапы исследования: исследование изменения физико-химических параметров шахтных и сточных вод промышленных предприятий в зависимости от различных факторов. На основе полученных результатов разработка технологии очистки шахтных и сточных вод от радиоактивных и тяжелых металлов.

Достоверность диссертационных результатов. Для обеспечения достоверности экспериментальных данных в процессе исследования использовались современные приборы, которые были откалиброваны и протестированы по каждому определяемому элементу с применением стандартных растворов. Для проведения экспериментов по очистке шахтных и сточных вод от радиоактивных и тяжелых металлов использовались только новые сорбенты производства Украины, Германии и Англии, а также химические реагенты, прошедшие официальную сертификацию, в частности, сульфаты и хлориды железа и алюминия, оксид кальция, гидроксид натрия и карбонат натрия. Результаты диссертационной работы отражены в актах внедрения.

Основная информационная и экспериментальная база:

- лабораторный шейкер типа IKA KS 260 (Германия);
- альфа-бета радиометр для измерения малых активностей УМФ-2000 (ООО НПП «Доза», Россия);
- Waterproof Handheld PCD 650 (Geotech Environmental Equipment, Inc., Сингапур);
- YSI 556 MPS (YSI Incorporated, США);
- аналитические весы Selon FA224 (Biobase, Китай);
- турбидиметр типа HI 98703 (HANNA Instruments, Румыния);
- турбидиметр типа Xin Rui Instruments (Китай);
- атомно-абсорбционный спектрометр типа AAnalyst 800 с графитовой печью и пламенной атомизацией элементов (Perkin Elmer, США);
- флокулятор типа Flocculator 2000 (Kemira, Швеция);

- спектроскан МАКС-GF2E с программным обеспечением «QAV» (ООО НПО «Спектрон», Россия);
- фотометр типа SQ 118 (MERCK, Германия);
- рентгеновский дифрактометр Дрон-3.0 (НПП "Буревестник", г.С.-Петербург, Россия).

Положения, выносимые на защиту:

- обоснование эффективности различных методов очистки шахтных и сточных вод от радиоактивных и тяжелых металлов, таких как сорбция, химическая обработка и коагуляция, с использованием различных сорбентов, реагентов и коагулянтов;

- результаты исследований СОЕ, ДОЕ, кинетики процесса сорбции радиоактивных и тяжелых металлов из шахтных вод в статических условиях с применением различных сорбентов;

- результаты исследований, показывающих влияние дозы коагулянтов, продолжительности процесса, рН среды, количества веществ, вызывающих мутность, и температуры на эффективность очистки шахтных и сточных вод от радиоактивных и тяжелых металлов;

- результаты исследований, демонстрирующих влияние дозы сульфата алюминия, рН среды, времени перемешивания и количества веществ, вызывающих мутность, на снижение физико-химических параметров, таких как удельная электропроводность, соленость, TDS и мутность сточных вод;

- рекомендации по очистке шахтных и сточных вод для их дальнейшего использования в поливе, питье и приготовления исходного электролита, а также для обеспечения экологической безопасности водных ресурсов.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. В соответствии с паспортом специальностей Государственного учреждения «Высшая аттестационная комиссия при Президенте Республики Таджикистан», утвержденного решением Президиума Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан от 28 сентября 2017 г. № 4/1 работа соответствует специальности «Технические науки», шифру специальности 05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ), область исследования соответствует подпункту: 1. Химические и физико-химические основы технологических процессов: химический состав и свойства веществ, термодинамика и кинетика химических и межфазных превращений. 4. Способы и последовательность технологических операций и процессов переработки сырья, промежуточных и побочных продуктов, вторичных материальных ресурсов (отходов производства и потребления) в неорганические продукты. 5. Способы и последовательность технологических операций и процессов защиты окружающей среды от выбросов неорганических веществ. 6. Свойства сырья и материалов, закономерности технологических процессов для разработки, технологических расчетов, проектирования и управления химико-технологическими процессами и производствами.

Личный вклад соискателя заключается в обработке литературных данных, постановке задачи диссертационной работы, нахождении методов их решения, проведении экспериментальных опытов, анализе, обработке и обобщении полученных результатов, формулировке выводов и положений диссертации.

Апробация диссертации и информация об использовании её результатов. Результаты данной работы обсуждены на международных и республиканских конференциях: на республиканской научно-практической конференции – «Соҳаи кӯҳкорӣ ва металлургия яке аз заминаҳои асосии саноатикунонии босуръати кишвар», г.Бустон, 15 ноября 2020г.; на республиканской научно-практической конференции «Общее загрязнение воды и пути её очистки», посвященной 3-ей годовщине программы «Вода для устойчивого развития 2018-2028», р-н. Матча, 13 марта 2021г.; на республиканской научно-практической конференции «Устойчивые шаги к развитию национальной промышленности», посвященной 15-летию Горно-металлургического института Таджикистана, 24 апреля 2021 года; на научно-практической конференции - «Вклад ИА РТ в стратегических направлениях развития Таджикистана», Душанбе, 15 октября 2021 года; на республиканской научно-практической конференции – XVI-Нумоновских чтений «Достижения химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», посвященной 75-летию Института химии имени В.И. Никитина НАНТ и 40-летию лаборатории «Коррозионностойкие материалы», 27 октября 2021 года; на республиканской научно-практической конференции - «Горно-металлургическая отрасль – одна из основ ускоренной индустриализации страны», посвященной 30-летию независимости Республики Таджикистана, Бустон, 30 октября 2021 года; на X Международной научно-практической интернет-конференции соискателей высшего образования и молодых ученых - «Химия и современные технологии», Днепр, Украина, 23-24 ноября 2021 года; на республиканской научно-практической конференции, посвященной изучению и развитию естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования 2020-2040гг, г.Бустон, 28 мая 2022 года; на Международной научно-практической конференции «Использование природных ресурсов, экология и устойчивое развитие» в рамках Международного десятилетия действий “Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы”. г.Бустон, 24 сентября 2022 года; на XIV Международного научного форума «Перспективные задачи инженерной науки». Москва, 17 мая 2023 года; на II – Традиционной международной научно-практической конференции. 2023; на IV Международной Косыгинский Форум «Проблемы инженерных наук: формирование технологического суверенитета». Москва. 20-22 февраля 2024 года; на Республиканской научно-практической конференции “Внутренняя и внешняя политика Республики Таджикистан в процессе реализации программы защиты ледников и гидроэнергетических ресурсов” р.Мастчоҳ, пгп.Бустон, 25 мая 2024 года; на Международной

научно-практической конференции «Применение современных технологий в учебных процессах естественных, точных и математических наук» г.Бустон, 19 июня 2024 года.

Публикация результатов диссертации. По теме диссертации опубликована одна монография, 26 статьи в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, ВАК РФ и ВАК Узбекистан, а также 25 статей в сборниках республиканских и международных научно-практических конференций. Получены два малых патента Республики Таджикистан на изобретение.

Под руководством автора диссертации защитились 3 молодых ученых, которые стали кандидатами технических наук по специальности 25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, литературного обзора, методической и экспериментальной частей, обсуждения результатов, выводов, списка использованной литературы и приложений. Диссертация изложена на 303 страницах компьютерного текста, содержит 74 таблицы и 73 рисунка. Список использованной литературы включает 368 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении диссертационной работы подробно рассматриваются актуальность темы, цель исследования, а также основные задачи, которые необходимо решить для достижения поставленных целей. Здесь также подчеркивается как научная, так и практическая значимость работы, что свидетельствует о ее вклад в развитие области очистки вод от радиоактивных и тяжелых металлов.

В первой главе диссертации проводится глубокий анализ существующих литературных источников, касающихся технологических основ очистки шахтных и сточных вод. При выборе технологии очистки особое внимание уделяется составу шахтных и сточных вод, что существенно влияет на эффективность применяемых методов. Глава завершается четкой формулировкой задач, которые будут решаться в ходе дальнейшего исследования.

Во второй главе излагаются и анализируются местоположение и характеристики четырех исследуемых объектов. Также подробно представлены результаты комплексного исследования физико-химических параметров, включая атомно-абсорбционные, масс-спектрометрические, альфа- и бета-радиометрические, титриметрические и турбидиметрические анализы шахтных вод ГУП «Таджредмет» и ОАО «Ленинабадский комбинат редких металлов». Дополнительно приведены результаты исследования химического состава замутнителя, что позволяет оценить его эффективность в процессе очистки.

В третьей главе обсуждается местоположение и характеристики одного исследуемого объекта, а также результаты физико-химических исследований

сточных вод, образующихся на производстве крепежа в ООО «Точфилиз». В данной главе также приводятся данные атомно-абсорбционных, титриметрических и турбидиметрических анализов, а также результаты исследования химического состава замутнителя, что является важным для понимания процесса очистки.

В четвертой главе анализируется процесс сорбции и десорбции радиоактивных и тяжелых металлов. Обсуждаются ключевые факторы, влияющие на эффективность очистки шахтных вод, и приводятся технологические схемы. На основе проведенных исследований выделяются наиболее эффективные методы для каждого объекта, среди которых сорбционные и коагуляционные методы.

В пятой главе рассматриваются результаты исследования процесса обезжелезивания сточных вод. Здесь представлены данные по очистке сточных вод с использованием реагентного и коагуляционного методов от таких тяжелых металлов, как цинк, железо и медь. Обсуждаются факторы, влияющие на степень очистки, а также представлены сравнительные результаты и технологические схемы, которые демонстрируют эффективность различных методов очистки сточных вод, что является важным аспектом для практического применения полученных данных.

В шестой главе обсуждаются результаты исследований процессов извлечения урана и очистки воды от тяжёлых и радиоактивных металлов. Также представлены сравнительные результаты исследований и наилучший метод очистки шахтных и сточных вод от загрязняющих веществ.

Опробование и методика проведения анализов шахтных и сточных вод *Местонахождение и характеристика исследуемых объектов.*

Известно, что активная добыча и переработка урановых руд месторождения Табошар (г. Истиклол, Республики Таджикистан) в период с 1945 по 1965 годы привели к загрязнению территорий и образованию больших объёмов твердых и жидких отходов.

Источником шахтной (штольневой) воды является отработанный (затопленный) урановый карьер, расположенный в 2,0 км к северо-востоку от г. Истиклол (ранее Табошар). Карьер овальной формы, наибольший поперечник - около 800 м, глубина от верхней бровки – 120 м, наибольшая глубина от поверхности воды – около 70 м. Карьер заполнен подземными водами Табошарского месторождения, в период дождей подпитывается атмосферными осадками. Воды карьера, фильтруясь через днище, частично разгружаются в речную сеть через полузасыпанную штольню №6, портал которой находится в пойменной части Сарым-Сахлы-Сая в 350 м юго-западнее карьера.

В некоторых местах воду данного объекта используют для полива садов и огородов жители г.Истиклола, Согдийской области. Также вода из штольни используется в неформальном масштабе для хозяйственно-питьевых потребностей из-за недостатка воды из альтернативной линии водоснабжения

города Истиклола. Необходимо отметить, что физико-химические параметры воды данного объекта превышают предельно-допустимые концентрации (ПДК). Поэтому можно считать, что воду из штольни №6 нельзя употреблять для любых целей. При использовании такой воды мы обогащаем верхний слой грунта, и эта пыль насыщается тяжелыми и радиоактивными металлами в килограммовых количествах.

Урановое месторождение Киик-Тал было открыто в 1968 году Канимансурской ГРЭ УГ при СМ Таджикской ССР и расположено в центральной части южных склонов горного массива Могол-Тау. Оно было раскрыто при буровой оценке комплексных золото-вольфрам-молибденовых геохимических аномалий. Аномалии оказались непродуктивными, но в ряде пробуренных скважин геологами на площади около 0,25 квадратных километров было найдено бедное урановое оруденение, которое располагалось на глубине от 100 до 500 метров от поверхности. В результате геологических работ (1969-1970гг) было установлено, что месторождение Киик-Тал имеет значительные запасы бедных урановых руд и непригодно для добычи открытым способом. С учетом этого факта проводить добычу урана из руд было решено способом подземного выщелачивания. С этой целью в 1971-1973гг в центральной части месторождения были пробурены штольни с системой штрековых выработок и короткометражных скважин из него.

Добыча урана в период с 1973 по 1987 год осуществлялось способом подземного выщелачивания слабым сернокислотным раствором. Работы были прекращены по ряду причин, в числе которых было опасение за их влияние на экологическую обстановку правобережной части г. Худжанд.

В процессе опытных работ и эксплуатации месторождения был выявлен ряд факторов, позволяющих с большой долей уверенности сказать, что накопление воды в густой сети горных выработок и технологических скважин, созданных на месторождении, в долгосрочной перспективе приведут к выщелачиванию урана из рудоносной зоны.

После закрытия рудника в 1987г. для очистки шахтных вод установлена самотечная сорбционная установка, заполненная пористой анионообменной смолой АМ-п, где загрязненные воды очищаются от урана, а затем сбрасываются в фильтрационный-испарительный пруд (ФИП), заполненный известняковым щебнем, в котором эти воды нейтрализуются и частично очищаются от избыточной минерализации, после чего фильтруются в водоносный горизонт четвертичных отложений правого берега реки Сыр-Дарья.

Необходимо отметить, что работа сорбционной колонны проходит в неоптимальном режиме. В связи с этим необходимо разработать новую технологию по получению урана из шахтных вод, которая соответствовала бы всем требованиям недропользования.

Шахта «Восточная» находится в зоне добычи Шурале I. С 1955 по 1972 год здесь велись работы по извлечению руды для производства вольфрамового

концентрата. После изменения технологического процесса на производство порошкового концентрата, шахта была оставлена без присмотра и впоследствии залита водой. Из геологических данных известно, что приток воды в шахту «Восточная» достигал 700 м³ в час. В настоящее время для откачки воды, используемой в питьевых и сельскохозяйственных целях, в шахте работают несколько глубинных насосов.

Шахта «Капитальная», находящаяся в Главной рудной зоны, была активна с 1955 по 1972 год, когда из неё извлекали руду для производства вольфрамового концентрата. С переходом к порошковой металлургии шахта оказалась без присмотра и впоследствии затоплена. Геологические данные указывают, что приток воды в шахту «Капитальная» составляет от 120 до 150 кубических метров в час. Исходя из структуры рудных зон и минералогии, можно предположить, что рядом с рудным телом проходят Андигенский и Северный разломы, через которые вода проникает в шахту, вызывая выщелачивание и загрязнение горных пород. В настоящее время для откачки воды, используемой в питьевых и аграрных целях, в шахте установлен глубинный насос.

В августе 2019 года начало свою работу ООО «Точфилиз», специализирующееся на производстве строительного крепежа. Продукция компании выделяется на фоне конкурентов благодаря высокому качеству и занимает уникальное положение на рынке Таджикистана. Высокий стандарт изделий также открывает перед ООО «Точфилиз» перспективы для экспорта за пределы страны.

Понимание важности экологической безопасности и устойчивого развития делает задачу очистки сточных вод ООО «Точфилиз» особенно актуальной. Исследование состава сточных вод позволит определить наиболее опасные загрязнители и разработать эффективную систему очистки, которая сможет минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Разработка технологии должна включать не только удаление загрязнителей, но и возможность повторного использования очищенной воды в производственном процессе, что снизит общее потребление воды и уменьшит экологический след предприятия.

Атомно-абсорбционный метод определения концентрации металлов.

С помощью атомно-абсорбционного метода можно определить концентрации металлов в водных растворах до 1 мкг/л. При этом необходимо предварительно знать, в каком интервале находятся концентрации тех или иных металлов, в зависимости от чего создаётся калибровочный график, в пределах которого можно определить концентрацию металлов. Если концентрация металлов находится за пределами калибровочного графика, исследуемый раствор необходимо разбавить, и затем, с учетом коэффициента разбавления, вычислить истинную концентрацию искомого элемента.

Перед проведением измерения спектрометр был откалиброван, после чего проводились соответствующие измерения. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. - Концентрации тяжелых и радиоактивных металлов в воде штольни №6 месторождения Табошар

Определяемые элементы	Концентрации элементов, мг/л	ПДК, мг/л
Zn	0,067	5
Cu	0,052	1
Pb	0,76	0,03
Cd	<0,001	0,001
U	1,2	0,03

По табличным данным концентрации урана и свинца в исследуемой воде значительно превышают ПДК для питьевой воды.

Для определения содержания тяжелых и радиоактивных металлов в шахтной воде месторождения Киик-Тал использовался атомно-абсорбционный спектрометр (ААС) типа АAnalyst 800. Полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. - Концентрации тяжелых и радиоактивных металлов в шахтной воде месторождения Киик-Тал

Определяемые элементы	Концентрации элементов, мг/л	ПДК, мг/л
Zn	0,34	5
Cu	0,16	1
Pb	0,31	0,03
Cd	0,0006	0,001
U	23	0,03

Анализ табличных данных показал, что концентрация урана и свинца значительно превышают ПДК. Следовательно, воды данного исследуемого объекта можно использовать для извлечения ценного компонента, в частности урана, что представляется целесообразным.

Также для определения концентрации тяжелых металлов в воде шахты «Восточная» использовался ААС. Отобранные пробы по сезонам года подвергались анализу. Полученные результаты приведены в таблице 3.

Из данных таблицы 3 следует, что концентрация тяжелых металлов в воде из шахты «Восточная» в течение всех сезонов года существенно выше установленных предельно допустимых концентраций (ПДК). Это указывает на то, что использование воды из этой шахты в качестве источника питьевой воды невозможно без её предшествующей обработки для удаления тяжелых металлов.

Таблица 3. - Динамика концентрации тяжелых металлов в воде по сезонам года

Определяемые элементы	Концентрации тяжелых металлов, мг/л				ПДК, мг/л
	Весной	Летом	Осенью	Зимой	
Pb	1,4243	0,6075	0,6341	0,5349	0,03
As	0,6132	0,5006	0,4387	0,4287	0,05
Zn	0,7461	0,5238	0,5465	0,4977	0,01
Cu	1,3542	1,2749	1,3762	1,2265	1
Ni	0,3133	0,2732	0,3107	0,2911	0,1

Также для определения концентрации тяжелых металлов в воде шахты «Капитальная» использовался ААС. Отобранные пробы по сезонам года подвергались анализу. Полученные результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4. - Динамика концентрации тяжелых металлов в воде по сезонам года

Определяемые элементы	Концентрации тяжелых металлов, мг/л				ПДК, мг/л
	Лето	Осень	Зима	Весна	
Pb	0,9255	0,8866	0,9061	0,8737	0,03
As	0,5267	0,5046	0,5156	0,4972	0,05
Zn	0,6397	0,6129	0,6263	0,6039	0,01
Cu	1,1520	1,1036	1,1278	1,0875	1
Ni	0,2618	0,2508	0,2563	0,2471	0,1

Анализ табличных данных показал, что концентрации металлов значительно превышают ПДК по всем сезонам года и её необходимо очистить до уровня питьевой.

Как и для других исследуемых объектов, для определения содержания тяжёлых металлов в сточных водах использовался ААС. Полученные результаты приведены в таблице 5.

Таблица 5. - Концентрации тяжелых металлов в сточных водах производства крепежа

Номер пробы	Концентрации металлов в сточной воде, мг/л	
	Zn	Cu
№1	25043	13,41
№2	25360	13,57
ПДК, мг/л	5	1

Анализ табличных данных показал, что концентрации металлов значительно превышают ПДК. Следовательно, ее нельзя сбрасывать в канализацию без предварительной очистки от цинка и меди.

Химический метод определения концентрации параметров. Для более подробного уточнения состава штольной воды месторождения Табошар использован химический метод. В основном применялся метод титриметрии, например, для объемного определения сульфат-ионов с хлоридом бария. В зависимости от содержания сульфат-ионов в пробе воды отбирают аликвотную часть от 1 до 5 мл, если аликвотная часть меньше 5 мл, то её доливают до 5 мл

дистиллированной водой, прибавляют 1 каплю 0,1н соляной кислоты, 15 мл этилового спирта, 1 каплю индикатора нитрохромоза и титруют пробу 0,05н хлоридом бария до перехода окраски из фиолетовой в голубую (устойчивой в течение 1-2 секунд).

Необходимо отметить, что если у исследуемой воды большой солевой состав, то к ней можно добавить 0,5 мл 5%-ного комплексона. При этом можно посадить все катионы на смолу. После смолы пробы не нужно подкислять. А пробы, содержащие большие количества CO и HCO₃, после подкисления следует прокипятить. Если проба очень бедная, то её можно оттитровать с добавкой серной кислоты, затем вычсть холостую по формуле:

$$C_{SO_4} = \frac{a \cdot 0,048 \cdot 0,05 \cdot 1000}{\text{аликвотная часть}} \text{ (г/л)}.$$

где a – объем 0,05н хлорида бария.

Для других параметров также применялся метод титриметрии в зависимости от спецификации каждого параметра и полученные результаты приведены в таблице 6.

Таблица 6. - Результаты химического анализа воды штольни №6 месторождения Табошар

Физико-химические показатели	Фактическое значение				ПДК
	Зимой	Весной	Летом	Осенью	
Жесткость, мг-экв/л	9,95	9,56	11	10,54	7
Ca ²⁺ , мг/л	132	123,6	147,6	133	100
Mg ²⁺ , мг/л	41	41,3	44,4	47,4	50
K ⁺ , мг/л	14,13	12,8	14,79	12,6	12
Na ⁺ , мг/л	30,9	28,9	37,95	40,3	200
U, мг/л	0,97	1,25	1,35	1,31	0,03
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,022	0,04	0,031	0,042	0,5
CO ₃ ²⁻ , мг/л	2,37	3,21	3,6	3,1	-
HCO ₃ ⁻ , мг/л	241,4	228,5	297,68	280,7	30
NO ₃ ⁻ , мг/л	6,1	6,12	6,66	6,33	45
Сух. ост., мг/л	776,4	797,6	808,8	810,7	1000
SO ₄ ²⁻ , мг/л	225,9	286,6	339,5	390,3	500
Cl ⁻ , мг/л	32,7	23,8	28,71	33,4	350
Fe ³⁺ , мг/л	0,44	0,47	0,66	0,57	0,3

Все приведенные результаты являются средними значениями. Установлено, что особенно уран превышает значение ПДК для питьевой воды, делая её непригодной для питьевой и поливной целей.

Также состав шахтной воды месторождения Киик-Гал был изучен химическими методами. Для получения достоверных и надежных данных по шахтной воде в работе отбирались пробы по сезонам года. Например, полученные результаты по 2021 году приведены в таблице 7.

По результатам исследования установлены, что уран, жесткость, кальций, калий, аммоний и другие параметры по всем сезонам года превышают

значения ПДК. Следует отметить, что извлечение из этой воды ценных компонентов, в частности урана, представляется целесообразным.

Таблица 7. - Результаты химического анализа шахтной воды месторождения Киик-Тал

Физико-химические показатели	Фактическое значение				ПДК
	Зимой	Весной	Летом	Осенью	
Жесткость, мг-экв/л	10,95	12,76	12,3	13,5	7
Ca ²⁺ , мг/л	175	193	188	203	100
Mg ²⁺ , мг/л	27	38	36	41	50
K ⁺ , мг/л	14,9	23,7	23,4	25	12
Na ⁺ , мг/л	179,8	217	210	230	200
U, мг/л	20,3	24,6	23,17	22,1	0,03
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,09	016	0,22	0,12	0,5
CO ₃ ²⁻ , мг/л	7,8	13	12	16,3	-
HCO ₃ ⁻ , мг/л	213,94	267,32	256,4	250,6	30
NO ₃ ⁻ , мг/л	44,2	48,4	56,6	59,3	45
Сух. ост., мг/л	1614,1	1543,7	1513	1526	1000
SO ₄ ²⁻ , мг/л	807,16	735,6	701,2	726,5	500
Cl ⁻ , мг/л	45,32	90,8	99,97	106,3	350
Fe ³⁺ , мг/л	0,12	0,19	0,23	0,22	0,3

Для того чтобы проследить сезонные колебания химического состава воды в шахте «Восточная», выборки воды проводились в середине каждого сезона. Анализ данных показал, что большинство химических параметров воды значительно варьируются в зависимости от времени года (таблица 8).

Таблица 8. - Результаты химического анализа воды шахты «Восточная»

Определяемые параметры	Фактические значения параметров				ПДК
	Весной	Летом	Осенью	Зимой	
Жесткость, мг-экв/л	17,4	14,7	13,35	13,63	7
Ca ²⁺ , мг/л	246	231	206	213	100
Mg ²⁺ , мг/л	63,4	43,6	37,2	39	50
K ⁺ , мг/л	15	10,3	5,8	7,45	12
Na ⁺ , мг/л	172	153	135	129	200
U, мг/л	0,15	0,089	0,057	0,066	0,03
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,021	0,036	0,027	0,017	0,5
CO ₃ ²⁻ , мг/л	7,3	6,2	6	6,7	-
HCO ₃ ⁻ , мг/л	200,7	238	244	240	30
NO ₃ ⁻ , мг/л	79	65	58	66	45
Окисляемость, мг/л	0,63	0,61	0,71	0,54	5
Сух. ост., мг/л	1707,4	1261	1437,5	1542,6	1000
Взвешенные вещества, мг/л	2,3	2,24	1,89	1,62	0,25

Повышенные уровни этих параметров обусловлены вымыванием их из породы подземными водами, которые впоследствии аккумулируются в шахтной воде.

Весной наблюдаются наиболее высокие значения измеряемых параметров воды. Это, вероятно, обусловлено повышенной скоростью водного потока в этот период, что, в свою очередь, ускоряет процесс выщелачивания минералов из горных пород. Исследование показало, что уровни аммония, нитратов и карбонатов в шахтной воде демонстрируют относительно стабильные значения в течение различных сезонов. Наблюдаемые колебания концентраций этих компонентов оказались незначительными в летний, осенний и зимний периоды.

Однако, согласно данным, представленным в таблице 8, зафиксировано, что химический состав воды в исследуемой шахте претерпевает значительные изменения в течение года. Большинство измеренных параметров превышают установленные предельно допустимые концентрации (ПДК), что указывает на значительное изменение качества воды в зависимости от времени года

С целью определения состава воды шахты «Капитальная» пробы отбирались в середине сезонов года. Таким способом определялись некоторые другие параметры шахтной воды. Полученные результаты по сезонам года приведены в таблице 9.

Таблица 9. - Результаты химического анализа воды шахты «Капитальная»

Физико-химические показатели	Фактическое значение				ПДК
	Весной	Летом	Осенью	Зимой	
Жесткость, мг-экв/л	14,1	15,3	13,5	14,5	7
Ca ²⁺ , мг/л	187,68	204	214	180,17	100
Mg ²⁺ , мг/л	51,6	56,1	58,85	49,55	50
K ⁺ , мг/л	7,36	8	8,4	7,1	12
Na ⁺ , мг/л	144,45	157	164	138,6	200
U, мг/л	0,092	0,11	0,105	0,101	0,03
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,012	0,013	0,014	0,011	0,5
CO ₃ ²⁻ , мг/л	5,41	6,1	6,40	5,39	–
HCO ₃ ⁻ , мг/л	214,54	233,2	244,63	205,96	30
NO ₃ ⁻ , мг/л	61,64	67	70,28	59,17	45
Окисляемость, мг/л	0,5	0,49	0,47	0,51	5
Сухой остаток, мг/л	1486,35	1615,6	1694,76	1426,9	1000
Взвешенные вещества, мг/л	1,6	1,7	1,25	1,4	0,25

Полученные физико-химические показатели указывают (по сезонам года) на незначительные изменения по концентрации аммония, калия, натрия и окисляемости, что соответствует ПДК для питьевой воды. Все остальные параметры не соответствуют ПДК. На здоровье человека отрицательно влияют радиоактивные элементы, в частности уран, что категорически запрещает использовать данную воду для питья.

В тёплое время года уровни жёсткости воды, содержание урана, сухой остаток и количество взвешенных частиц обычно повышаются. Это явление обусловлено сокращением объёма водных потоков в период лета. В то время как в остальные сезоны колебания этих показателей остаются минимальными.

Титриметрическим методом была определена концентрация железа, и полученные результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10. - Концентрации железа в сточных водах производства крепежа

Номер пробы	Концентрации железа в сточной воде, мг/л	ПДК, мг/л
№1	248,7	0,3
№2	257,24	

Действительно, повышенные концентрации железа в сточных водах требуют внимания, так как их сброс без предварительной очистки может привести к серьёзному загрязнению водных ресурсов. Это не только нарушает экологические нормы, но и может оказать негативное влияние на водную флору и фауну. Поэтому необходимо применять соответствующие методы очистки для снижения уровней железа до безопасных пределов перед сбросом сточных вод.

Анализ и установление факторов, влияющих на процесс очистки воды штольни №6 уранового месторождения Табошар от металлов

Исследование процесса сорбции урана из воды штольни №6 в статических условиях. Исследование сорбции урана в статических условиях произведены на водах штольни №6 уранового месторождения Табошар, состав которых приведен в таблицах 1 и 6.

С целью выбора наиболее эффективного по сорбционным характеристикам сорбента в лабораторных условиях опробовано 9 образцов различных сорбентов: сильноосновные макропористые аниониты - АМ-п и Lewatit DW 630; слабоосновной макропористый анионит - АМ-2Б; сильноосновные гелевые аниониты - АВ-17-8 и АМП; сильноокислотный гелевый катионит - КУ-2-8; слабоокислотный макропористый катионит – КМА; твердый экстрагент - ТВЭКС-ТБФ и кокосовый активированный уголь (КАУ) марки 207С.

В начальной стадии анализа, в 4 колбы объемом 500 мл с 0,01 г сорбента (в пересчете на массу сухого сорбента) наливали исследуемую воду в количестве 150, 200, 250 и 300 мл (исходная концентрация урана равна 1,25 мг/л). Затем колбы закрывались пробкой и ставились на лабораторный шейкер типа ИКА KS 260 и вращались со скоростью 350 об/минуту. При этом время перемешивания составило 8 часов, после чего пробы оставляли на 16 часов для достижения состояния равновесия. По окончании процесса сорбции в статическом режиме сорбент отделялся от воды и маточки сорбции анализировались с помощью атомно-абсорбционного спектрометра.

При исследовании зависимости статической обменной емкости (СОЕ) всех сорбентов от равновесной концентрации урана использовалась следующая формула:

$$COE = \frac{(C_{исх.} - C_{равн.}) \cdot V}{m} \text{ (мг/г)},$$

где V – объемы воды (л), m – масса сухого сорбента (г), $C_{исх.}$ - исходная концентрация урана (мг/л), $C_{равн.}$ - равновесная концентрация урана (мг/л).

Полученные результаты по сорбции урана из вод штольни №6 сильноосновными анионитами представлены на рисунке 1.

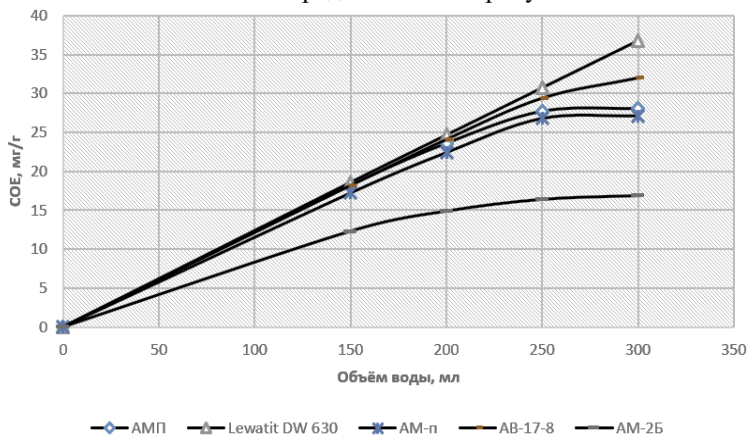


Рисунок 1. - Изотерма сорбции урана в воде штольни №6 сильно- и слабоосновными анионитами

По представленным результатам установлено, что наибольшая селективная сорбция урана определяется с применением Lewatit DW 630, СОЕ которого составляет 36,81 мг/г. Наблюдается, что при малой остаточной концентрации урана резко поднимаются изотермы сорбции. Видно, что зависимость СОЕ от равновесной концентрации урана почти линейна, из чего можно сделать вывод, что он ещё не насыщен и может далее сорбировать уран из воды. Для подтверждения этого ввели в контакт с ним дополнительное количество воды до 400 мл и определили предел его насыщения. При этом СОЕ Lewatit DW 630 составила 42,35 мг/г.

На втором месте в качестве селективного сорбента стоит АВ-17-8. При его применении СОЕ сорбента по урану достигла 32,011 мг/г. Сорбенты марок АМП и АМ-п по эффективности сорбции урана уступили двум вышеприведенным сорбентам, и с ними СОЕ достигли 28,05 и 27,14 мг/г соответственно. Наименьшая СОЕ получается с применением АМ-2Б, она составила 16,83 мг/г. Изотермы сорбции урана на остальных исследуемых сорбентах представлены на рисунке 2.

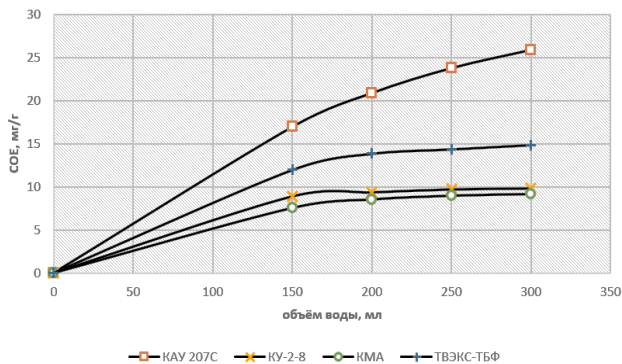


Рисунок 2. - Изотермы сорбции урана на катионитах, твердом экстрагенте и кокосовом активированном угле

Показано, что COE кокосового активированного угля составила 25,92 мг/г, а для остальных сорбентов не поднималась выше 15 мг/г. Наименьшая COE получается с применением КУ-2-8 и КМА, она составила 9,84 мг/г и 9,15 мг/г, соответственно. Это вполне возможно, потому что уран в воде исследуемого объекта больше встречается в виде анионных комплексов (рисунок 3).

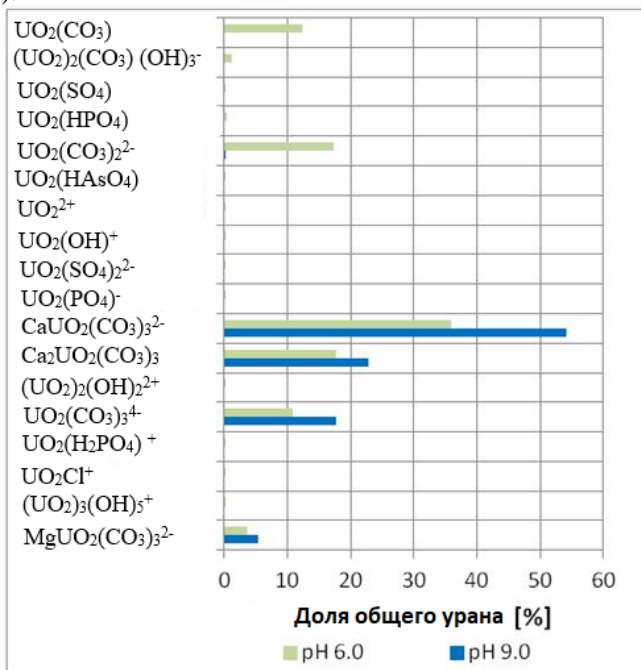


Рисунок 3. - Видообразование уранила в зависимости от pH среды

Согласно полученным данным, по типу ионного обмена, для удаления урана из воды штольни №6 необходимо определить, как тип смолы, так и видообразование уранила. Из-за присутствия кальция и гидрокарбонатов в исследуемой воде, вероятно, произойдет уранил-ионное комплексобразование (например, $\text{Ca}_2\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3$ – комплекс). Как известно, кальций уранил-карбонаты замедляют сорбцию уранила. В случае неблагоприятного видообразования, необходимо откорректировать pH среды для обеспечения эффективного удаления урана ионным обменом. С учетом этого факта был снижен pH воды с 9 (природное состояние воды) до 6 (подкисление), чтобы уточнить видообразование уранила (это рассчитано при помощи программное обеспечение PhreeqC и Wateq4f, включая породы щелочно-земельного уранил-карбоната) и выбор операционного потенциала смолы.

По рисунку 3 замечено, что количество катионов уранила в исследуемой воде незначительно, из-за чего СОЕ сорбентов типа КУ-2-8 и КМА не очень высока.

На основе экспериментальных полученных данных можно сделать вывод, что наибольшая СОЕ по урану получается с применением смолы типа Lewatit DW 630. Наряду с удалением урана из воды штольни №6, другие радиоактивные и тяжелые металлы удаляются с ней, в значительном количестве и очищенная вода соответствует определению технической.

Таким образом, по эффективности сорбции урана из вод штольни №6 месторождения Табошар все исследованные сорбенты можно расположить в следующий ряд: Lewatit DW 630 > АВ-17-8 > АМП > АМ-п > КАУ 207С > АМ-2Б > ТВЭКС-ТБФ > КУ-2-8 > КМА.

Исследование сорбции урана из воды штольни №6 в динамических условиях. Вторым из способов для уточнения селективности сорбентов является сорбция вещества в динамических условиях. С этой целью в стеклянную сорбционную колонну (бюретку) поместили 1 г смолы (в пересчете на массу сухого сорбента) и пропустили через неё воду. Сначала исследовали зависимости ДОЕ сорбента от скорости пропускания воды. Из полученных результатов можно сделать вывод, что оптимальная скорость подачи воды через сорбент типа Lewatit DW 630 составляет 0,8 мл/мин. Периодически отбирались пробы воды для анализа урана до прорыва его концентрации в фильтрате. При этом вычислена ДОЕ по формуле:

$$\text{ДОЕ} = \frac{C_{\text{исх}} \cdot V_{\text{пр}}}{m},$$

где $C_{\text{исх}}$ - исходная концентрация урана (мг/л), $V_{\text{пр}}$ – объем пропущенной воды до прорыва (л), m – масса сухого сорбента (г).

Необходимо отметить, что для уточнения наилучшего сорбента для очистки воды штольни №6 в динамических условиях использованы три сорбента (Lewatit DW 630, АВ-17-8 и АМП), с которыми в статическом режиме степень очистки воды вышла наибольшей. Полученные экспериментальные сравнительные результаты представлены на рисунке 4.

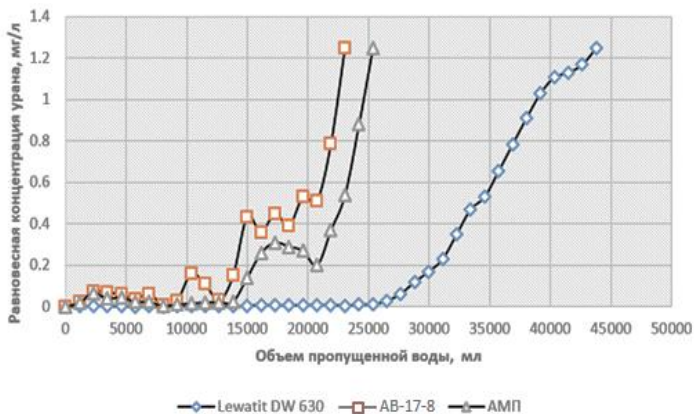


Рисунок 4. - Сравнительные результаты по зависимости проскока концентрации урана от объема пропущенной воды при сорбции в динамическом режиме

По результатам эксперимента установлено, что наиболее эффективно уран сорбируется с применением Lewatit DW 630, а наименее – с АВ-17-8. ДОЕ сорбента типа АМП находится между Lewatit DW 630 и АВ-17-8. При одинаковых условиях проведения экспериментов равновесная концентрация урана в очищаемой воде с сорбентом АВ-17-8 возрастает быстрее. На втором месте стоит сорбент АМП. Если для АВ-17-8 проскок концентрации урана наблюдается за 20 суток, а для АМП – за 22 суток, то для Lewatit DW 630 проскок наблюдается за 38 суток.

Также исследовались зависимости ДОЕ сорбентов от объема пропущенной воды при одинаковых условиях. Сравнительные результаты по этим опытам представлены на рисунке 5.

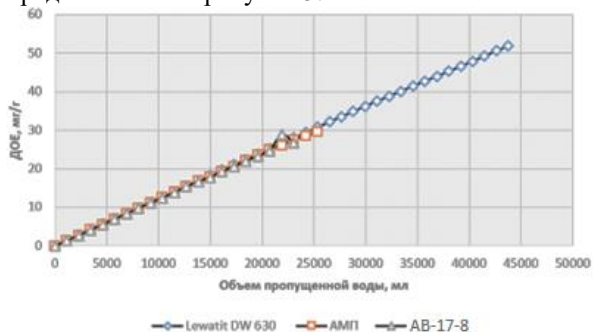


Рисунок 5. - Зависимости ДОЕ сорбентов от объема пропущенной воды через сорбенты

По полученной зависимости (рисунок 5) установлено, что при 23000 мл объема пропущенной воды через сорбент АВ-17-8 наблюдается проскок, показывающий его насыщение. А сорбент АМП насыщается только при 25344

мл. Сорбент Lewatit DW 630 насыщается при 43776 мл расхода пропущенной воды. Из этих данных можно сделать вывод, что наиболее селективным сорбентом является Lewatit DW 630 и ДОЕ с ним составляет 51,95 мг/г. ДОЕ с АМП и АВ-17-8 составляют 29,55 и 26,75 мг/г, соответственно.

Следует отметить, что при очистке воды с Lewatit DW 630 от урана до уровня ниже питьевой (рекомендации МАГАТЭ - ПДК=0,03 мг/л) необходимо пропустить через него всего 26,5 л воды (рисунок 6). Но при этом расходе воды сорбенты типа АМП и АВ-17-8 уже являются насыщенным. Также, при сорбции урана (на 97,76%) другие металлы в виде комплексов сорбируются (Th - 89,56% и Ra - 96,62%), а их концентрация падает ниже ПДК для технической воды.

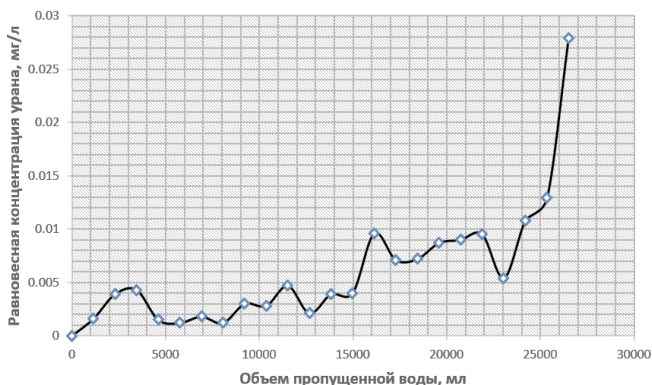


Рисунок 6. - Зависимость равновесной концентрации урана до достижения значения ПДК от объема пропущенной воды при использовании Lewatit DW 630 в качестве сорбента в динамических условиях

Таким образом, на основе полученных экспериментальных данных можно сделать вывод, что самым подходящим сорбентом для удаления урана и других металлов из вод штольни №6 в динамических условиях является Lewatit DW 630, который производится в Германии.

Исследование десорбции урана из насыщенных сорбентов. Для уточнения наиболее эффективного метода десорбции урана из насыщенных сорбентов для каждого из сорбентов взято по 1 см³ с последующим исследованием процесса десорбции. В начале исследовалось соотношение «твердое и жидкое» (Т:Ж) в процессе десорбции. В три конических колбы с насыщенным Lewatit DW 630 наливали 15%-ную серную кислоту в соотношении 1:1, 1:2 и 1:3, затем получившуюся смесь перемешивали с помощью лабораторного шейкера в течение 1 часа. Далее сорбент отделяли от раствора и повторяли процесс десорбции с применением серной кислоты при вышеописанных соотношениях Т:Ж. После чего сорбент снова отделяли от раствора, трижды перемешивали с дистиллированной водой в течение часа и ещё раз отделяли. Десорбат подвергался атомно-абсорбционному анализу.

Аналогичные эксперименты по десорбции урана проводились и для сорбентов АВ-17-8 и АМП. Полученные результаты приведены в таблице 11.

Таблица 11. - Результаты десорбции урана из сорбентов с применением 15%-ной серной кислоты в качестве растворителя

Соотношение Т:Ж	Степень десорбции урана из сорбентов, %		
	АВ-17-8	АМП	Lewatit DW 630
1:1	47,4	52,6	63,21
1:2	74,7	82,21	85,6
1:3	79,32	79,84	83,9

Из табличных данных установлено, что при соотношении Т:Ж=1:1 наибольшая степень десорбции урана из сорбентов достигнута для Lewatit DW 630, а наименьшая получена для АВ-17-8. При Т:Ж=1:3 степень десорбции урана из Lewatit DW 630 также превосходит другие сорбенты. Увеличение соотношения Т:Ж выше 1:2 не приводит к увеличению эффективности процесса десорбции. Это может быть связано с возникновением процесса сорбции урана из раствора обратно в Lewatit DW 630. Процесс также ухудшается для АМП, но для АВ-17-8 в этом случае степень десорбции урана возрастает почти на 5%.

Также исследован процесс десорбции урана из сорбентов с применением 15%-ной соляной кислоты. Условия проведения экспериментов были аналогичны опытам с 15%-ной серной кислотой. Полученные результаты по этим экспериментам приведены в таблице 12.

Таблица 12. - Результаты десорбции урана из сорбентов с применением 15%-ной соляной кислоты в качестве растворителя

Соотношение Т:Ж	Степень десорбции урана из сорбентов, %		
	АВ-17-8	АМП	Lewatit DW 630
1:1	55,76	59,42	83,32
1:2	95,47	98,85	99,08
1:3	98,64	98,66	98,87

Из полученных данных определено, что оптимальным соотношением для десорбции урана из Lewatit DW 630 и АМП является Т:Ж=1:2, при котором он десорбируется на 99,08 и 98,85%, соответственно. Оптимальным для АВ-2-8 является Т:Ж=1:3, десорбция урана при котором составляет 98,64%.

Полученные результаты по десорбции урана из Lewatit DW 630 с применением разных растворителей показывают, что применение соляной кислоты в качестве растворителя является наиболее эффективным (рисунок 7).

По кривой зависимости (рисунок 7) степени десорбции урана установлено, что для обоих растворителей максимальная степень десорбции его достигается при Т:Ж=1:2. С соляной кислотой, при таком соотношении, десорбируется 99,08% урана, а с серной кислотой степень десорбции составила всего 85,6%. Из полученных десорбатов уран осаждается с помощью аммиачной воды.

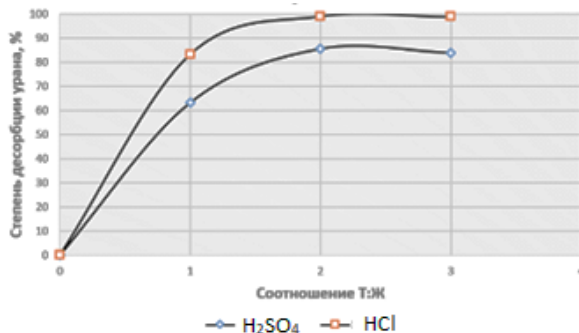


Рисунок 7. - Зависимость степени десорбции урана из Lewatit DW 630 при использовании серной и соляной кислоты

На основе полученных данных можно сделать вывод, что для десорбции урана из Lewatit DW 630 соляная кислота является наиболее эффективным растворителем, позволяющим десорбировать уран более чем на 99%.

Разработка принципиально новой технологической схемы процесса очистки воды штольни №6 месторождения Табошар от радиоактивных и тяжелых металлов. На основе многочисленных экспериментальных данных можно сделать вывод, что из 9 использованных сорбентов для удаления радиоактивных и тяжелых металлов из воды наибольшая величина СОЕ, ДОЕ, кинетика процесса сорбции и десорбции металлов достигаются при использовании сорбента типа Lewatit DW 630. Данный сорбент по всем характеристикам опережает наиболее распространённый сорбент АВ-17-8. При динамических условиях сорбции, когда ДОЕ АВ-17-8 составляет 26,75 мг/г, ДОЕ Lewatit DW 630 составляет 51,95 мг/г. Также Lewatit DW 630 имеет ряд преимуществ при десорбции урана из насыщенных сорбентов с применением соляной кислоты. Примерно с такими же затратами можно очистить воды штольни №6 до уровня технической воды методом коагуляции, но в результате образуется большое количество шламов, содержащих радий и уран, около 2100 т/год. Утилизация этих отходов создает еще одну проблему, которую невозможно решить малыми затратами.

С учетом вышеперечисленных факторов в работе разработана принципиальная технологическая схема (рисунок 8) и она состоит из следующих стадий:

На первой стадии очищаемая вода пропускается через слой Lewatit DW 630 со скоростью 0,8 мл/мин в направлении сверху вниз. Процесс сорбции урана контролируется до проскока концентрации урана, т.е. до насыщения сорбента и насыщенный сорбент отделяется от воды.

На второй стадии насыщенный сорбент подвергается десорбции с помощью 15%-ной соляной кислоты при Т:Ж=1:2 дважды в течение часа при комнатной температуре. Затем в три раз при Т:Ж=1:2 с дистиллированной водой перемешиваем в течение 1 часа.

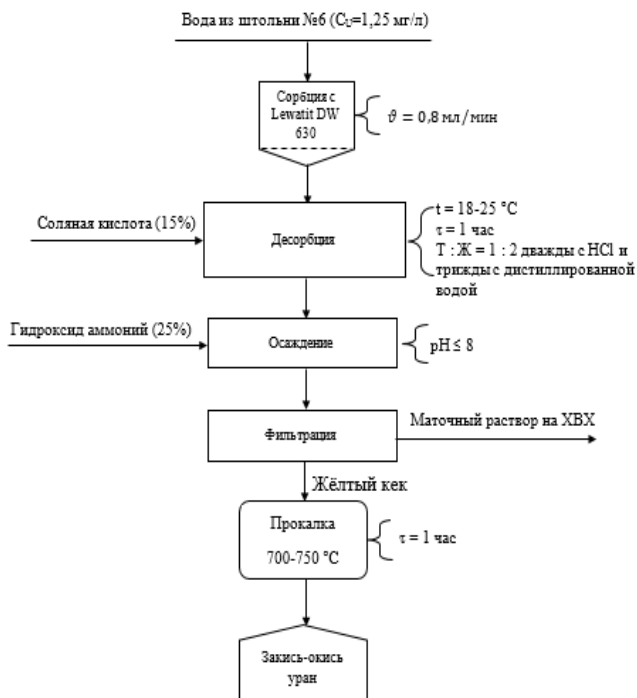


Рисунок 8. - Принципиальная новая технологическая схема процесса очистки воды штольни №6 от радиоактивных и тяжелых металлов

На третьей стадии сорбент отделяется и раствор направляется на осаждение. При этом для осаждения урана используется гидроксид аммония (25%) с целью корректировки pH до 8. В результате осаждается диуранат аммония.

На четвертой стадии желтый кек отделяется от маточного раствора.

На пятой стадии желтый кек прокаливается в печи при температуре 700-750°C в течение 1 часа. В итоге выполнения вышеперечисленных стадий из диураната аммония получается закись-окись урана. Прокаливание диураната аммония при температурах 700-750°C протекает стадийно.

На шестой стадии получается концентрат закиси-окиси урана, в составе которой присутствуют другие радиоактивные и тяжелые металлы. Присутствие их в концентрате урана свидетельствует об очистке воды штольни №6 от этих металлов.

Анализ и установление факторов, влияющих на процесс очистки шахтной воды уранового месторождения Киик-Тал от металлов

Исследование сорбции урана из шахтной воды в статических условиях

После закрытия рудника Киик-Тал в 1987г. для очистки шахтных вод установлена самотёчная сорбционная установка, заполненная пористой

анионообменной смолой АМ-п, где загрязненные воды очищаются от урана, а затем сбрасываются в фильтрационный-испарительный пруд (ФИП).

Задачей данного этапа исследования является изучение возможности извлечения урана из шахтных вод месторождения Киик-Тал различными сорбентами - как альтернатива к используемой сильноосновной анионообменной смоле АМ-п с тем, чтобы довести его концентрацию в сбрасываемых водах до уровня ПДК, исключив таким образом загрязнение подземных вод.

С целью выбора наиболее эффективного по сорбционным характеристикам сорбента в лабораторных условиях было опробовано 9 образцов различных сорбентов: сильноосновные макропористые аниониты - АМ-п и Lewatit DW 630; слабоосновной макропористый анионит - АМ-2Б; сильноосновные гелиевые аниониты - АВ-17-8 и АМП; сильнокислотный гелевый катионит - КУ-2-8; слабокислотный макропористый катионит – КМА; твердый экстрагент - ТВЭКС-ТБФ и кокосовый активированный уголь (КАУ) марки 207С.

Методика проведения экспериментов была следующей: для построения изотерм методом «переменных объемов» в 4 колбах объемом 250 мл, содержащие 0,01 г сорбента типа АМ-п (в пересчете на сухой сорбент), наливали исследуемую воду в количестве 30, 60, 90 и 120 мл, затем колбы закрывались пробками и ставились на лабораторный шейкер типа ИКА KS 260. Время перемешивания шейкером составило 8 часов, после чего колбы оставляли на 16 часов для достижения состояния равновесия. По окончании процесса сорбции в статическом режиме сорбент отделялся от воды и маточники сорбции анализировались с помощью атомно-абсорбционного спектрометра.

Сначала исследовалась зависимость СОЕ всех сорбентов от равновесной концентрации урана в воде. Полученные результаты по сорбции урана из шахтных вод сильноосновными анионитами представлены на рисунке 9.

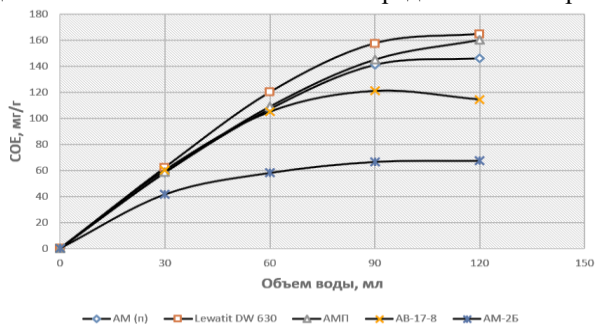


Рисунок 9. - Изотерма сорбции урана из шахтных вод сильноосновными анионитами

По полученным результатам установлено наибольшая селективная сорбция урана, которая достигается с применением сильноосновной

анионообменной смолы Lewatit DW 630, СОЕ и равна 164,8 мг/г. Показано, что при малой остаточной концентрации урана изотермы сорбции резко увеличивается. Следует отметить, что зависимость СОЕ от равновесной концентрации урана является нелинейной. Из этого можно сделать вывод, что в последней точке кривой он насыщается (рисунок 9).

На следующем месте, как селективный сорбент, является АМП с СОЕ 160,2 мг/г. Сорбент марки АМ-п по сорбции урана по своему показателю уступил двум вышеприведенным сорбентам, с ним СОЕ достигла 146,3 мг/г. Также определено, что при использовании анионита АВ-17-8 СОЕ достигла 114,5 мг/г, а при использовании смолы АМ-2Б в данных условиях СОЕ достигла 67,3 мг/г. Изотермы сорбции урана по остальным исследуемым сорбентам представлены на рисунок 10.

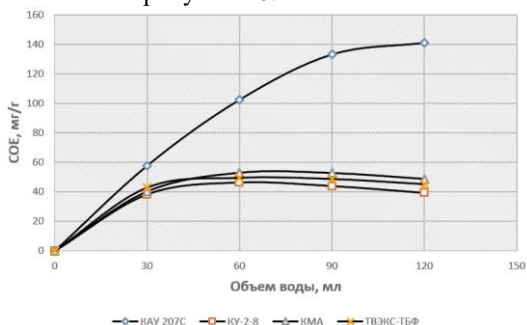


Рисунок 10. - Изотермы сорбции урана на катионитах, твердом экстрагенте и кокосовом активированном угле

Показано, что СОЕ кокосового активированного угля составила 141,1 мг/г, а для остальных сорбентов не увеличивалась выше 53 мг/г. Наименьшая СОЕ получается с применением КУ-2-8 – 39,2 мг/г.

На основе экспериментальных полученных данных можно сделать вывод, что наибольшая СОЕ по урану получается с применением смолы типа Lewatit DW 630. Наряду с ураном из воды в значительном количестве удаляются также и другие радиоактивные и тяжелые металлы [18-А, 44-А].

Таким образом, по эффективности сорбции урана из шахтных вод месторождения Киик-Тал все исследованные сорбенты можно расположить в следующий ряд: Lewatit DW 630 > АМП > АМ-п > КАУ 207С > АВ-17-8 > АМ-2Б > КМА > ТВЭКС-ТБФ > КУ-2-8.

Исследование сорбции урана из шахтной воды в динамических условиях. С целью уточнения эффективности сорбентов в динамических условиях, в стеклянную сорбционную колонну поместили 1 г в пересчете на массу сухого сорбента и через него пропустили воду (состав исходной воды приведен в таблицах 2 и 7). Сначала исследовали зависимости ДОЕ сорбентов от скорости подачи воды. Из полученных результатов можно сделать вывод, что оптимальная скорость подачи воды для сорбента типа Lewatit DW 630 составляет 0,65 мл/минут. Вода подавалась в направлении снизу вверх.

Периодически отбирались пробы воды для анализа урана до проскока его концентрации в фильтрате.

Необходимо отметить, что для уточнения наилучшего сорбента по очистке шахтной воды в динамических условиях тестировались три сорбента (Lewatit DW 630, АМП и АМ-п), с которыми в статическом режиме получалась наибольшая степень очистки воды от урана. Сравнительные результаты представлены на рисунке 11.

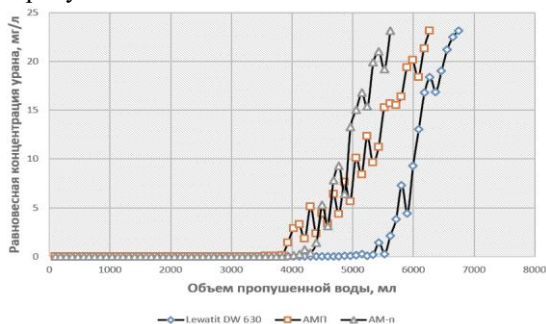


Рисунок 11. - Сравнительные результаты по зависимости проскока концентрация урана от объема пропущенной воды при сорбции его в динамическом режиме

По результатам опыта определено, что наибольшая эффективность сорбции урана (на 99,97% до уровня ниже питьевой воды - рекомендации МАГАТЭ - ПДК=0,03 мг/л) достигается с применением Lewatit DW 630, а наименьшая – с АМ-п. ДОЕ сорбента типа АМП находилась между Lewatit DW 630 и АМ-п. При одинаковых условиях проведения экспериментов равновесная концентрация урана в очищаемой воде с сорбентом АМ-п возрастает быстрее. На втором месте по этому показателю стоит сорбент АМП. Если при использовании АМ-п проскок концентрации урана наблюдается за 60 суток, а с сорбентом АМП - за 67 суток, то с Lewatit DW 630 проскок концентрации урана наблюдается за 72 суток.

Также исследованы зависимости ДОЕ сорбентов от объема пропущенной воды при одинаковых условиях. Полученные результаты по этим опытам представлены на рисунке 12.

По зависимости (рисунок 12) установлено, что при 5616 мл воды, пропущенной через сорбент АМ-п, наблюдается проскок, что указывает на его насыщенность. Сорбент АМП насыщается только при 6271 мл, тогда как Lewatit DW 630 только при 6740 мл. Из этих данных можно сделать вывод, что наиболее селективным сорбентом является Lewatit DW 630, ДОЕ которого составляет около 154 мг/г. При этих условиях ДОЕ с АМП и АМ-п составляют почти 143 и 128 мг/г, соответственно.

Таким образом, на основе полученных экспериментальных данных можно сделать вывод, что самым подходящим сорбентом для удаления урана и других металлов из воды в динамических условиях является Lewatit DW 630.

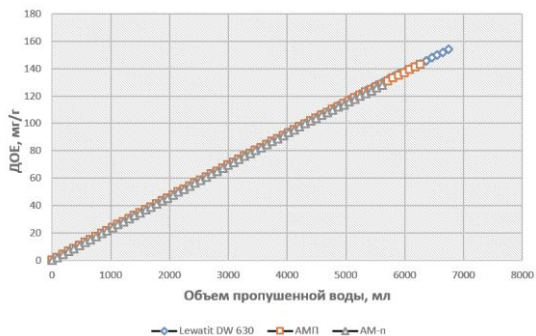


Рисунок 12. - Зависимости ДОЕ сорбентов от объема воды, пропущенной через сорбент

Разработка принципиально новой технологической схемы процесса очистки шахтной воды месторождения Киик-Тал от радиоактивных и тяжелых металлов. На основе многочисленных экспериментальных данных можно сделать вывод, что из 9 использованных сорбентов по удалению радиоактивных и тяжелых металлов из шахтной воды месторождения Киик-Тал наибольшая величина COE, ДОЕ, а также наилучшая кинетика процесса сорбции и десорбции урана достигается только при использовании сорбента типа Lewatit DW 630. Данный сорбент по всем характеристикам опережает наиболее распространённый сорбент AM-п, который в настоящее время используется для сорбции урана на исследуемом объекте. При замене его на Lewatit DW 630 процесс сорбции урана из воды значительно улучшается – ДОЕ Lewatit DW 630 и будет на 17% выше, чем у AM-п.

С учетом вышеперечисленных факторов нами разработана принципиальная технологическая схема (рисунок 13) и она состоит из следующих стадий:

На первой стадии очищаемая вода пропускается через слой Lewatit DW 630 со скоростью 0,65 мл/минут в направлении снизу вверх. Процесс сорбции урана контролируется до проскока концентрации урана, т.е. до насыщения Lewatit DW 630.

На второй стадии насыщенный сорбент подвергается десорбции с помощью 15%-ной соляной кислоты при Т:Ж=1:2 дважды в течение 1 часа при комнатной температуре. Затем он трижды перемешивается дистиллированной водой при Т:Ж=1:2 в течение 1 часа.

На третьей стадии сорбент отделяется от раствора и раствор направляется на осаждение урана. При этом для осаждения урана используется гидроксид аммония (25%), корректирующий раствор до pH=8.

На четвертой стадии желтый кек отделяется от маточного раствора.

На пятой стадии желтый кек прокаливается в печи при температуре 700-750°C в течение 1 часа, и в результате выполнения вышеперечисленных

операций из диураната аммония получается закись-окись урана. Прокаливание диураната аммония при температурах 700-750°C протекает стадийно.

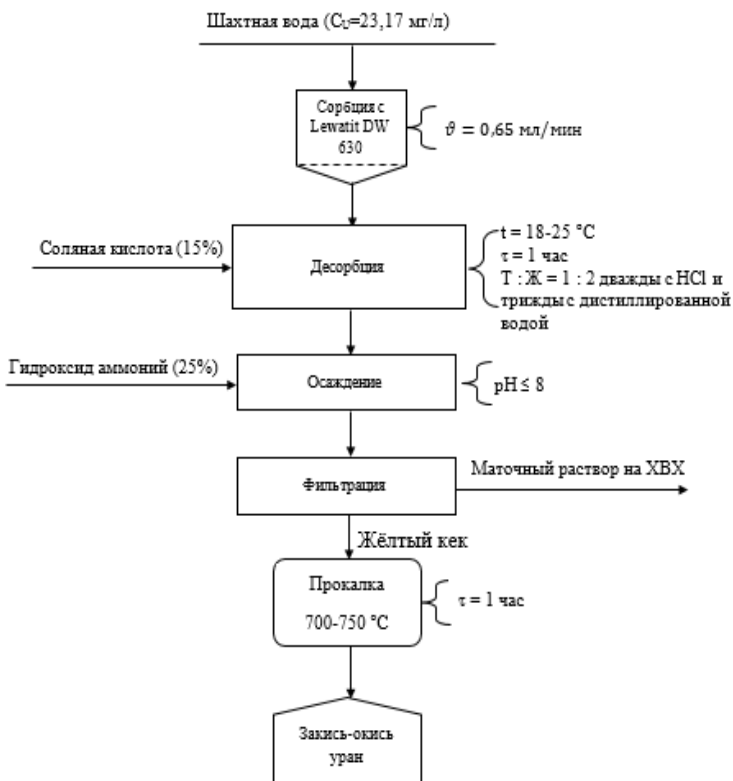


Рисунок 13. - Принципиальная новая технологическая схема процесса очистки шахтной воды месторождения Киик-Тал от радиоактивных и тяжелых металлов

На шестой стадии получается концентрат закиси-оксида урана, в составе которого присутствуют другие радиоактивные и тяжелые металлы. Присутствие их в концентрате урана свидетельствует об очистке шахтной воды от металлов.

Анализ и установление факторов, влияющих на процесс коагуляции примесей воды шахты «Восточная»

Исследование факторов, влияющих на степень очистки шахтной воды от радиоактивных и тяжелых металлов при использовании смешанного коагулянта на основе хлоридов железа и алюминия. Шахтная вода, как известно, часто содержит значительное количество загрязняющих веществ, включая тяжелые металлы и радионуклиды, что представляет серьезную экологическую проблему.

Смешанный коагулянт сочетает в себе свойства обоих компонентов - хлоридов железа и алюминия, что позволяет эффективно улучшать процессы коагуляции и флокуляции. Хлориды железа известны своей способностью к связыванию и осаждению загрязняющих веществ, тогда как алюминий способствует образованию более крупных флокул, что упрощает их последующее удаление из воды. Эксперименты проводились в аналогичных условиях, как и с предыдущими коагулянтами. Сначала была тщательно исследована зависимость степени очистки воды из шахты «Восточная» от продолжительности процесса коагуляции в диапазоне от 20 до 60 минут. Для этого эксперимента была выбрана вода, содержащая высокие концентрации как тяжелых металлов, так и радиоактивных веществ, что характерно для данной шахты. Полученные результаты приведены в таблице 13.

Таблица 13. - Зависимость степени очистки воды от продолжительности процесса коагуляции

Продолжительность процесса, минут	Степень очистки воды от радиоактивных и тяжелых металлов, %					
	Pb	As	U	Cu	Ni	Mn
20	53,51	36,22	57,53	39,42	37,07	41,15
30	69,61	51,9	69,8	57,67	53,26	57,52
40	80,52	68,44	88,62	72,36	72,86	73,97
50	90,34	81,07	93,4	83,29	86,51	85,02
60	95,69	97,62	100	90,96	98,37	99,07

Из данных таблицы следует, что спустя 20 минут процесса, максимальная эффективность очистки наблюдается для урана, достигая 57,53%, в то время как для мышьяка она самая низкая и составляет 36,22%. Продление процесса еще на 10 минут приводит к увеличению очистки всех металлов, с результатами между 51,9% и 69,8%. При увеличении времени до 60 минут, степень очистки возрастает до 91-100%, при этом самый низкий показатель очистки отмечен для меди - 90,96%, а для урана достигнута полная очистка - 100%.

Необходимо отметить, что нижний предел обнаружения ААС по урану составляет 1 мкг/л, и в этом пределе уран не был обнаружен. С учетом этого факта можно предположить, что уран был удалён из шахтной воды на 100%. При этом остаточные концентрации железа и алюминия в зависимости от условий проведения опытов изменились 0,0023 мг/л (0,01%) и 0,172 мг/л (2,3%), соответственно.

В последующем исследовании было рассмотрено воздействие различных дозировок смешанного коагулянта, содержащего хлориды железа и алюминия, на процесс коагуляции. Эксперименты включали использование коагулянта в пропорциях 1:2, 1:1 и 2:1. Подобно предыдущим исследованиям, для повышения эффективности формирования хлопьев в воду добавляли глину как замутнитель. Результаты представлены в таблице 14.

Таблица 14. - Зависимость степени очистки воды от дозы смешанного коагулянта

Дозы смешанного коагулянта, мг/л	Степень очистки воды от радиоактивных и тяжелых металлов, %					
	Pb	As	U	Cu	Ni	Mn
33+67	81,19	85,14	90,45	82,12	82,8	87,74
50+50	87,69	90,62	96,79	86,46	93,37	89,07
67+33	95,69	97,62	100	90,96	98,37	99,07

Из анализа табличных данных следует, что увеличение дозы смешанного коагулянта приводит к увеличению степени очистки воды от металлов. Минимальная эффективность очистки воды отмечается при применении 33 мг/л хлорида железа, тогда как максимальная очистка достигается при увеличении дозы до 67 мг/л. Этот процесс выявил особую активность в удалении цинка и марганца, в отличие от коагуляции меди, которая происходит менее интенсивно.

Также было проведено исследование влияния замутнителя на степень очистки воды от радиоактивных и тяжелых металлов. Замутнитель, в данном контексте, представляет собой вещество, добавляемое в процессе коагуляции для улучшения взаимодействия между загрязняющими веществами и коагулянтом. Это может способствовать образованию более крупных флоккул, которые легче удаляются из воды.

Для этого эксперимента условия проведения опытов с использованием смешанного коагулянта на основе хлоридов железа и алюминия были аналогичны тем, что использовались для других испытанных коагулянтов. Мы тщательно подбирали концентрацию замутнителя, чтобы оценить его влияние на эффективность процесса очистки.

В ходе испытаний мы варьировали дозировку замутнителя и проводили анализы на предмет содержания загрязняющих веществ в воде до и после коагуляции. Полученные результаты приведены в таблице 15.

Таблица 15. - Зависимость степени очистки воды от количества замутнителя

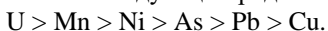
Количество замутнителя, мг/л	Степень очистки воды от радиоактивных и тяжелых металлов, %					
	Pb	As	U	Cu	Ni	Mn
50	69,57	80,82	86,74	68,55	87,59	80,22
100	95,69	97,62	100	90,96	98,37	99,07
150	91,38	91,99	98,9	90,69	94,24	92,08
200	89,26	84,03	99,1	86,88	89,47	92,38

Изучение данных таблицы позволяет сделать вывод, что применение 50 мг/л замутнителя способствовало удалению радиоактивных и тяжелых металлов на 68,55-87,59%. Повышение дозы замутнителя до 100 мг/л увеличило эффективность очистки до 91-100%. Тем не менее, дальнейшее увеличение дозы до 200 мг/л привело к росту концентраций железа, алюминия

и других элементов замутнителя, что не оказало заметного влияния на общую эффективность процесса очистки.

Необходимо отметить, что очистка урана на 100% связана, во-первых, с незначительностью его концентрации в шахтной воде, которая составляет 0,089 мг/л, и, во-вторых, с тем фактом, что гидроксиды железа в водных растворах очень хорошо коагулируют соединения урана. Поэтому в радиохимическом методе определения радиоактивности урана часто используют хлорид железа.

Таким образом, при использовании смешанного коагулянта на основе хлоридов железа и алюминия степень очистки металлов из вод шахты «Восточная» можно расположить в следующий ряд:



Разработка принципиально новой технологической схемы процесса очистки воды шахты «Восточная» от тяжелых и радиоактивных металлов. На основе установленных оптимальных условий, новая технологическая схема очистки воды шахты «Восточная» от тяжелых и радиоактивных металлов может включать следующие этапы (рисунок 14):

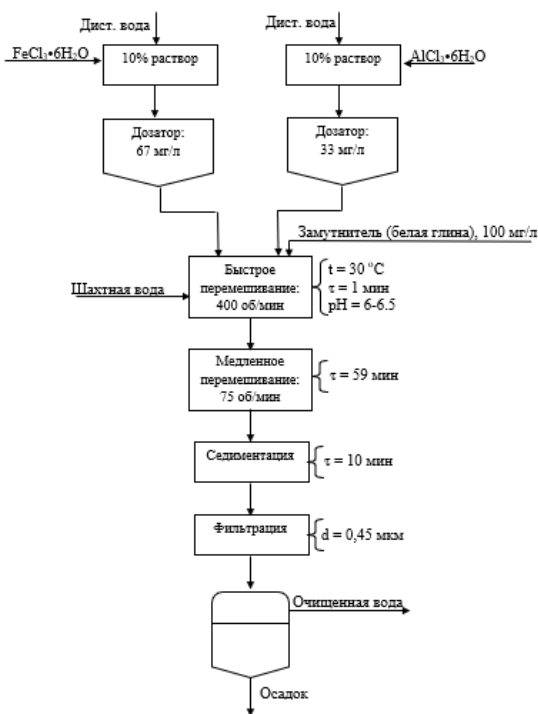


Рисунок 14. - Принципиальная новая технологическая схема по очистке воды шахты «Восточная» от радиоактивных и тяжелых металлов

Подготовка 10%-ного смешанного коагулянта, добавление отмеренной дозы коагулянта в шахтную воду с последующим быстрым перемешиванием, добавление замутнителя, медленное перемешивание, седиментация в течение 10 минут, фильтрация раствора и разделение очищенной воды от осадка загрязняющих веществ.

Анализ и установление факторов, влияющих на процесс коагуляции примесей воды шахты «Капитальная»

Исследование факторов, влияющих на степень очистки воды от тяжелых и радиоактивных металлов при использовании хлорида железа в качестве коагулянта. В фокусе исследования оказалась зависимость эффективности очистки воды из шахты «Капитальная» (состав исходной воды приведен в таблицах 4 и 9) от продолжительности процесса коагуляции при дозе хлорида железа в 200 мг/л. Полученные экспериментальные результаты приведены в таблице 16.

Таблица 16. - Зависимость степени очистки воды шахты «Капитальная» от продолжительности процесса коагуляции

Продолжительность процесса, минут	Степень очистки воды от радиоактивных и тяжелых металлов, %					
	Pb	As	U	Cu	Ni	Mn
10	51,60	45,36	55,41	37,86	16,65	43,22
20	68,11	74,91	75,58	54,19	36,81	68,62
30	77,85	85,58	88,76	67,29	54,21	78,45
40	87,49	92,61	91,32	80,41	72,67	89,06
50	97,02	93,13	99,47	90,30	93,26	98,04

Исходя из данных таблицы 16, можно отметить, что в течение первых 20 минут коагуляции наблюдается значительное увеличение эффективности удаления большинства изученных металлов, кроме никеля. После 30 минут процесса, очистка воды от никеля достигает 54,2%, тогда как для мышьяка и урана этот показатель превышает 85%. С течением времени скорость очистки снижается, и к 50-й минуте процент удаления мышьяка и урана составляет 93,13% и 99,47% соответственно, а для свинца - более 97%. Эти результаты указывают на то, что 50 минут является оптимальной продолжительностью процесса коагуляции, в течение которой концентрация радиоактивных и тяжелых металлов в воде снижается до уровня ниже предельно допустимых концентраций (ПДК) для питьевой воды. Продление процесса до 60 минут не приводит к заметному улучшению очистки, что делает такую продолжительность неэффективной. При оптимальных условиях остаточная концентрация железа составила 0,15% (0,1 мг/л).

Определение оптимальной дозы коагулянта является ключевым аспектом процесса очистки воды, так как это напрямую влияет на эффективность удаления загрязняющих веществ. В нашем исследовании варьировались дозы

хлорида железа в интервале от 100 до 500 мг/л. Полученные экспериментальные данные приведены в таблице 17.

Таблица 17. - Зависимость степени очистки воды от дозы хлорида железа

Доза хлорида железа, мг/л	Степень очистки воды от радиоактивных и тяжелых металлов, %					
	Pb	As	U	Cu	Ni	Mn
100	54,99	65,06	67,44	61,44	53,69	74,02
200	97,02	93,13	99,47	90,30	93,26	98,04
300	98,27	94,71	93,81	92,94	95,39	99,18
400	98,70	97,47	94,9	93,57	94,45	99,36
500	99,35	99,62	95,57	94,92	92,49	98,67

Данные, представленные в таблице 17, демонстрируют, что при использовании 100 мг/л хлорида железа степень очистки шахтной воды от радиоактивных и тяжелых металлов варьируется от 53,69% до 74%. Это свидетельствует о том, что на начальных этапах коагуляции эффективность удаления загрязняющих веществ находится на относительно низком уровне, что может быть обусловлено недостаточной концентрацией коагулянта для полного связывания и осаждения всех присутствующих металлов.

Однако увеличение дозы коагулянта до 200 мг/л существенно повышает степень очистки, достигая более 90% для всех исследованных металлов. Это подчеркивает важность оптимизации дозировки коагулянта: с увеличением его концентрации повышается вероятность взаимодействия между коагулянтом и загрязняющими веществами, что приводит к более эффективному образованию флоккул и их удалению из воды.

Интересно отметить, что дальнейшее увеличение дозировки до 500 мг/л не приводит к заметному улучшению очистки воды от металлов. Это может указывать на достижение предельной эффективности коагулянта, после которой дополнительные количества не оказывают существенного влияния на процесс, а могут даже привести к негативным последствиям, таким как ухудшение осаждения флоккул или изменение химических свойств воды.

Оптимальные условия коагуляции с хлоридом железа включают дозу 200 мг/л, температуру 25°C, pH 6,48 и продолжительность 50 минут. При этих параметрах концентрация металлов в воде остаётся ниже норм для питьевой воды. Это открывает возможности для внедрения этих рекомендаций в практику очистки шахтной воды, что улучшит качество воды и снизит экологическую нагрузку.

Используя хлорид железа для очистки вод шахты «Капитальная», можно упорядочить степень очистки металлов следующим образом:

$$U > Mn > Pb > Ni > As > Cu.$$

Разработка принципиально новой технологической схемы процесса очистки воды шахты «Капитальная» от тяжелых и радиоактивных металлов. Технологическая схема очистки шахтной воды от радиоактивных и тяжелых металлов включает несколько последовательных этапов для

эффективной очистки (рисунок 15): подготовка 10%-ного раствора хлорида железа, дозирование, быстрое перемешивание, медленное перемешивание, седиментация, фильтрация и отделение очищенной воды от шлама.

Эта технология предназначена для комплексной очистки шахтной воды, включая удаление радиоактивных и тяжелых металлов. Она оптимизирована для эффективного удаления загрязняющих веществ с использованием хлорида железа в качестве коагулянта и последующей фильтрации.

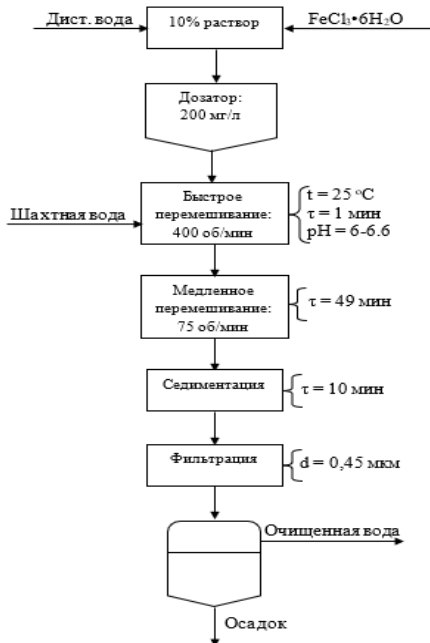


Рисунок 15. - Принципиальная новая технологическая схема по очистке воды шахты «Капитальная» от радиоактивных и тяжелых металлов

Анализ и установление факторов, влияющих на процесс очистки сточных вод производства крепежа

Исследование факторов, влияющих на степень очистки сточной воды при использовании сульфата алюминия в качестве коагулянта. В процессе очистки сточных вод применялся метод коагуляции с использованием сульфата алюминия.

Коагуляция проводилась с использованием аппарата Flocculator 2000. В ходе экспериментов в литровые стеклянные емкости заливался 1 литр сточной воды. Процесс начинался с интенсивного перемешивания воды на протяжении 60 секунд при скорости 400 оборотов в минуту, после чего скорость снижалась до 75 оборотов в минуту, и перемешивание продолжалось в течение 35-59 минут. Программа флокулятора активировалась после введения в воду рассчитанных доз сульфата алюминия, полиакриламида и замутнителя.

Для обеспечения оптимального уровня pH в диапазоне от 6 до 6,5 в раствор добавлялся оксид кальция. Это добавление было критически важным, так как pH среды влияет на эффективность коагуляции и флокуляции, а также на степень удаления загрязняющих веществ. После завершения этапа перемешивания растворы оставались на 50 минут для отстаивания, что позволяло флокулам образовываться и осаждаться на дно. По истечении этого времени растворы фильтровались с использованием аппаратуры фирмы Millipore и фильтров с размером пор 0,45 мкм, что обеспечивало высокую степень очистки и минимизировало наличие взвешенных частиц в финальном продукте.

Эксперименты проводились в диапазоне температур от 10 до 30°C, что позволяло оценить влияние температуры на процессы коагуляции и флокуляции. Температура является одним из ключевых факторов, так как она влияет на скорость химических реакций и растворимость загрязняющих веществ. Для проведения испытаний были приготовлены 10%-ные растворы сульфата алюминия и полиакриламида (ПАА), используя дистиллированную воду.

Различные временные интервалы были выбраны для оценки оптимального времени, необходимого для достижения максимального удаления загрязняющих веществ. Полученные результаты представлены на рисунке 16.

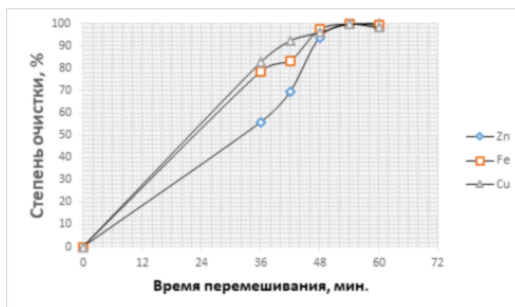


Рисунок 16. - Зависимость степени очистки сточной воды от металлов при времени перемешивания от 36 до 60 минут

Из результатов опытов, представленных на рисунке 16, следует, что в промежутке с 36 до 42 минут времени перемешивания достигается наивысшая степень очистки сточной воды от меди, что объясняется её низкой начальной концентрацией в сточной воде. С другой стороны, наименьшая степень очистки в данном случае наблюдается для цинка, в связи с его высокой концентрацией в исходной воде. Кроме того, степень удаления железа из сточной воды на 9,2% меньше, чем степень удаления меди. Эти результаты показывают, что оптимальное время для процесса коагуляции в данных условиях составляет 54 минуты. В течение этого времени достигается максимальная степень очистки сточной воды от железа и цинка, превышающая

99%. Это указывает на то, что дальнейшее увеличение времени перемешивания до 60 минут не является эффективным и не приводит к значительному улучшению качества очистки. Таким образом, можно сделать вывод, что для достижения наилучших результатов важно не только подобрать правильные реагенты, но и точно соблюдать время коагуляции.

Для дальнейших исследований была изучена зависимость степени очистки сточной воды от содержания металлов при фиксированном времени перемешивания, равном 54 минутам. Это время было выбрано на основе предыдущих экспериментов, где установлено, что оно может обеспечить оптимальное взаимодействие между коагулянтном и загрязняющими веществами. Полученные результаты представлены на рисунке 17.

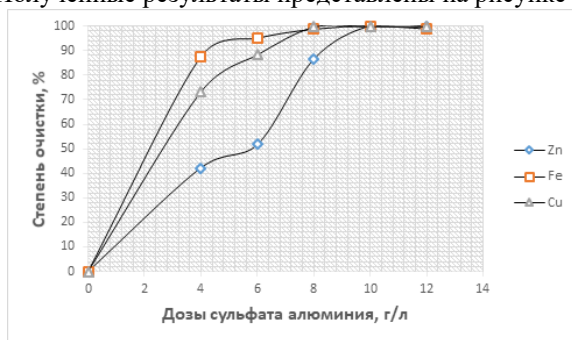


Рисунок 17. - Зависимость степени очистки раствора от металлов при дозах сульфата алюминия от 4 г/л до 12 г/л

Экспериментальные данные, представленные на рисунке 17, показывают, что при использовании 4 г/л сульфата алюминия наивысшая степень очистки сточной воды от металлов достигается для железа, в то время как эффективность удаления цинка оказывается наименьшей среди трех исследованных металлов. Это различие можно объяснить исходными концентрациями этих металлов в исследуемой воде. Железо, как правило, присутствует в меньшем количестве, что делает его более доступным для связывания с коагулянтном, в то время как высокие концентрации цинка могут быть причиной его менее эффективного удаления.

Эффективность очистки железа выше, чем у цинка и меди, при дозе сульфата алюминия 6 г/л. При дозе 8 г/л степень очистки железа и меди становится одинаковой. При дозе 10 г/л степень очистки превышает 99% [34-А, 35-А], что подтверждает высокую эффективность коагуляции. При дозе коагулянта 12 г/л степень очистки снизилась. Также было обнаружено превышение концентрации сульфат- и хлорид-ионов над нормой. Это подчеркивает важность тщательного контроля за дозировкой коагулянтов и другими добавками в процессе очистки сточных вод. Важно учитывать не только эффективность удаления загрязняющих веществ, но и возможное негативное влияние на окружающую среду.

Анализ полученных данных показал, что с увеличением температуры наблюдается повышение степени очистки сточной воды от цинка, железа и меди. Концентрация меди снизилась до уровня ниже предельно допустимой концентрации (ПДК) для питьевой воды уже при 15°C. Для цинка это значение достигается только при 25°C, а для железа - при 20°C.

Разработка принципиально новой технологической схемы процесса очистки сточной воды производства крепежа от металлов. На основе анализа результатов и установленных оптимальных условий была разработана технологическая схема очистки сточных вод (рисунок 18).

Процесс очистки включает подготовку 10%-ного раствора сульфата алюминия, его введение в обрабатываемую воду в соответствии с рекомендованной дозировкой, добавление ПАА и замутнителя. Далее следует этапы интенсивного перемешивания в течение 60 секунд, затем более медленного перемешивания на протяжении 53 минут, осаждения в течение 50 минут, фильтрации и, в конце, разделения на очищенную воду и осадок.

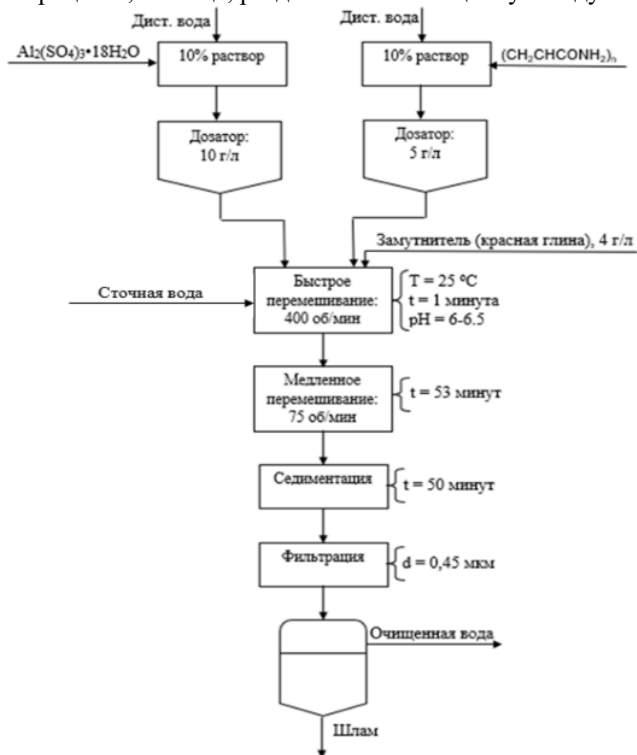


Рисунок 18. - Принципиальная новая технологическая схема очистки сточной воды производства крепежа ООО «Точфилиз» от металлов методом коагуляции

Разработка совокупности теоретических достижений. Разработка совокупности теоретических достижений, отражающих научное значение проведенных исследований в области очистки воды на примере урановых месторождений и производственных объектов, предполагает формирование уникальной системы научных выводов и практических решений. Эти выводы и решения могут стать основой для дальнейших исследований, направленных на совершенствование методов очистки воды, а также для разработки новых технологий, которые обеспечат эффективное управление водными ресурсами. В частности, результаты могут быть использованы для применения на практике в таких областях, как получение неорганических веществ, охрана окружающей среды, водоснабжение и промышленная очистка воды. Включение в этот процесс современных методов мониторинга и анализа качества воды, а также применения инновационных технологий, откроет новые возможности для решения экологических проблем, связанных с загрязнением водоемов и водных ресурсов, а также для обеспечения устойчивого и безопасного использования воды в промышленности и на производственных объектах.

1. Исследования экосистемных рисков и необходимости очистки. Одним из ключевых научных достижений является выбор штольни №6 и других объектов, что обусловлено высоким уровнем загрязнения водных ресурсов, вызванным высокими концентрациями урана и других радиоактивных и токсичных элементов. Эти исследования дают четкое понимание о том, как загрязнение на таких объектах влияет на здоровье местного населения и экосистему, а также дают представление о масштабе проблемы, что служит основой для разработки эффективных методов очистки.

2. Физико-химический анализ. Проведенные исследования по анализу состава вод штольни №6 и других объектов позволили разработать новые подходы к пониманию концентрации радиоактивных и других тяжелых веществ в подземных и поверхностных водах, что стало основой для поиска эффективных методов их очистки. Это открывает новые направления в разработке экологически безопасных технологий очистки воды.

3. Инновационные технологии очистки воды. В ходе экспериментов были выбраны и испытаны различные сорбенты и коагулянты для очистки воды от загрязнителей, таких как уран, и тяжелых металлов. Одним из важнейших научных достижений стало использование сорбента Lewatit DW 630, который показал в два раза большую эффективность, чем традиционный сорбент АВ-17-8. Это открывает новые горизонты для применения таких сорбентов в промышленной очистке вод и минимизации экологических рисков, связанных с утилизацией опасных отходов. Также для очистки воды шахты «Восточная» наилучшие результаты показал смешанный коагулянт на основе хлоридов железа и алюминия, а для очистки воды шахты «Капитальная» наиболее эффективным коагулянтом оказался хлорид железа. Что касается очистки

сточных вод, то наилучшим методом очистки был коагуляционный метод с применением сульфата алюминия в качестве коагулянта.

4. Экономическая и экологическая целесообразность методов очистки.

Изучение экономической эффективности различных методов очистки, таких как коагуляция и сорбция, на примере шахтных вод месторождения Киик-Тал показало, что использование сорбента Lewatit DW 630 не только более эффективно, чем АМ-п на 17%, но и экономически выгоднее применения местных сорбентов. Это также демонстрирует важность научных исследований для развития экологически безопасных и экономически обоснованных технологий очистки водных ресурсов.

5. Перспективы применения на других объектах. Полученные результаты исследования позволяют применить разработанные методы на других урановых месторождениях и в промышленных водоочистных системах. Это включает в себя не только улучшение качества воды, но и снижение затрат на очистку, что способствует развитию экологически безопасных решений на глобальном уровне.

Таким образом, на основе проведенных исследований можно выделить несколько важнейших научных достижений:

- Разработка теоретических основ очистки воды с высоким содержанием радиоактивных и тяжелых металлов.
- Определение эффективных методов очистки, включая использование инновационных сорбентов, что значительно улучшает результаты очистки.
- Разработка экологически безопасных и экономически эффективных технологий, которые могут быть масштабированы для других объектов.
- Применение результатов в рамках более широких экологических и водоочистных задач, включая минимизацию воздействия на окружающую среду.

Эти достижения обосновывают квалификацию работы как значимый вклад в научное сообщество и развитие химической технологии, устойчивого водоснабжения и промышленной очистки, обладающий огромным потенциалом для испытания в реальных условиях.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Основные научные результаты диссертации

1.1. В работе определены концентрации основных загрязняющих веществ шахтных и сточных вод всех исследуемых объектов, в частности, по радиоактивным и тяжелым металлам [1-А, 3-А, 9-А, 10-А, 11-А, 12-А, 13-А, 17-А, 18-А, 19-А, 24-А, 27-А, 28-А, 45-А, 48-А, 52-А, 53-А].

1.2. Установлены оптимальные показатели СОЕ и ДОЕ различных сорбентов в воде штольни №6 месторождения Табошар и определен наилучший сорбент для сорбции урана и других металлов, которым является Lewatit DW 630 [15-А, 16-А, 48-А].

1.3. Определены оптимальные показатели СОЕ и ДОЕ различных сорбентов в шахтной воде месторождения Киик-Тал и определен наилучший сорбент для сорбции урана и других металлов, которым является Lewatit DW 630 [20-А, 44-А, 54-А].

1.4. Установлено, что степень очистки воды шахты «Восточная» от тяжелых и радиоактивных металлов зависит от дозы смешанного коагулянта на основе соединений железа и алюминия, продолжительности процесса, рН, количества замутнителя и температуры. Максимальная степень очистки воды при оптимальных условиях составила от 91% до 100% [4-А, 5-А, 8-А, 23-А, 29-А, 31-А, 32-А].

1.5. Методом коагуляции установлено, что степень очистки воды шахты «Капитальная» от тяжелых и радиоактивных металлов зависит от дозы хлорида железа, продолжительности процесса, рН и температуры. При оптимальных условиях степень очистки шахтной воды от тяжелых и радиоактивных металлов составила от 90% до 99% [2-А, 6-А, 7-А, 24-А, 30-А, 38-А, 39-А, 52-А].

1.6. Определена кинетика процесса сорбции урана из шахтных вод месторождений Табошар и Киик-Тал с различными сорбентами в статических условиях, а также определены оптимальные условия десорбции урана из насыщенных сорбентов с применением 15%-ных соляной и серной кислоты [25-А, 26-А].

1.7. Установлены оптимальные параметры дозировки оксида кальция и уровня рН для эффективного реагентного метода очистки сточных вод от цинка, железа и меди. Наивысшая степень очистки достигается при дозе оксида кальция 41,3 г/л и рН раствора 9,5. При этих условиях степень удаления металлов из раствора составила более 98% [12-А, 35-А].

1.8. Установлены оптимальные параметры коагуляционного метода очистки сточных вод производства крепежа от металлов. При этих условиях степень очистки воды от цинка, железа и меди составила более 99% [13-А, 34-А].

1.9. Установлена зависимость мутности воды шахты «Капитальная» от дозы хлорида железа как наилучшего коагулянта. При оптимальных условиях мутность воды была ниже ПДК и составила 0,26 НЕМ [38-А].

1.10. Установлена зависимость мутности сточной воды от дозы сульфата алюминия, времени перемешивания и количества замутнителя. При оптимальных условиях мутность очищенной сточной воды составила 1,74 НЕМ [36-А].

1.11. Установлена экспериментальная зависимость удельной электропроводности, солености и TDS раствора от дозы сульфата алюминия, времени перемешивания и количества замутнителя. При этих условиях достигается наибольшее снижение значений указанных параметров, составляющее 3,61 мСм/см, 1,23 г/л и 0,81 г/л соответственно [12-А, 13-А].

1.12. Разработаны новые технологические схемы процесса очистки воды штольни №6 месторождения Табошар, шахтной воды месторождения Киик-Тал, а также воды шахт «Восточная» и «Капитальная» месторождения Чорухдайрон от радиоактивных и тяжелых металлов с использованием сорбционных и коагуляционных методов [26-А, 39-А, 52-А].

1.13. Разработаны новые технологические схемы процесса очистки сточной воды производства крепежа ООО «Точфилиз» от цинка, железа и меди с применением реагентных и коагуляционных методов [40-А, 53-А].

2. Рекомендации по практическому использованию результатов

На основе собранных экспериментальных данных рекомендуется внедрение разработанных технологий очистки шахтных и сточных вод, направленных на получение ценного компонента и улучшение экологической обстановки в регионе. Эти технологии могут также обеспечить возможность повторного использования очищенной воды для питьевых и оросительных нужд на территории Согдийской области Республики Таджикистан, что способствует более эффективному использованию водных ресурсов и сокращению их загрязнения.

Реализация данных рекомендаций окажет существенное влияние на экологическую ситуацию в городах Истиклол, Худжанд, Бустон и пгп. Чорухдайрон. Внедрение технологий очистки позволит значительно снизить уровень загрязнения воды, улучшить состояние водоёмов и повысить качество жизни местных жителей.

Кроме того, использование разработанных методов очистки поможет в защите подземных вод этих регионов, предотвращая их загрязнение радиоактивными и тяжелыми металлами. Это, в свою очередь, окажет положительное влияние на здоровье населения, а также на устойчивость экосистем региона. В результате комплексное применение данных технологий будет способствовать устойчивому развитию и улучшению экологической ситуации в Согдийской области в долгосрочной перспективе.

**Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при
Президенте Республики Таджикистан**

- [1-А]. Ходжиев, С.К. Физико-химический состав воды шахты «Восточная» / Д.С. Давлатов, Х.Ё. Ашуров, С.К. Ходжиев // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. – Душанбе 2020. -№4 (52). –С.52-56.
- [2-А]. Ходжиев, С.К. Очистка шахтной воды от тяжелых металлов с применением сульфата железа в качестве коагулянта / Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. – Душанбе 2020. -№4 (52). –С.60-63.
- [3-А]. Ходжиев, С.К. Физико-химический состав шахтных вод шахты «Мармар» / Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев // Научный журнал «Наука и инновация». – Душанбе 2020. -№3. –С.217-221.
- [4-А]. Ходжиев, С.К. Смешанные коагулянты для очистки шахтной воды от свинца и меди методом коагуляции / Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев, Х.Ё. Ашуров // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№1-2 (5-6). –С.138-141.
- [5-А]. Ходжиев, С.К. Влияние дозы смешанного коагулянта и замутнителя на степень очистки воды от никеля и марганца методом коагуляции / Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев, Х.Ё. Ашуров // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№1-2 (5-6). –С.132-135.
- [6-А]. Ходжиев, С.К. Коагулирующая способность хлорида железа при очистке шахтных вод / Х.Ё. Ашуров, Р.О. Азизов, С.К. Ходжиев, Д.С. Давлатов // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№1-2 (5-6). –С.122-126.
- [7-А]. Ходжиев, С.К. Сравнительный анализ результатов очистки шахтной воды от тяжелых металлов методом коагуляции / Х.Ё. Ашуров, Р.О. Азизов, С.К. Ходжиев // Учёные записки. Серия естественные и экономические науки. – Худжанд 2021. -№3 (58). –С.46-49.
- [8-А]. Ходжиев, С.К. Оптимальные параметры процесса очистки шахтной воды от тяжелых металлов с применением смешанных коагулянтов / Д.С. Давлатов, О.Х. Амирзода, С.К. Ходжиев // Учёные записки. Серия естественные и экономические науки. – Худжанд 2021. -№3 (58). –С.50-57.
- [9-А]. Ходжиев, С.К. Исследование физико-химических параметров проб электролита, используемого в производстве крепежа / Д.З. Бокизода, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№3-4 (7-8). –С.270-275.
- [10-А]. Ходжиев, С.К. Исследование состава сточной воды и шлама технологии производства крепежа / Д.З. Бокизода, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№3-4 (7-8). –С.286-290.
- [11-А]. Ходжиев, С.К. Исследование процесса обезжелезивания отработанных растворов технологии производства крепежа / Д.З. Бокизода, З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. – Душанбе 2021. -№2 (54). –С.65-68.

- [12-A]. Ходжиев, С.К. Исследование изменения физико-химических параметров при процессе обезжелезивания сточных вод технологии производства крепежа / Д.З. Бокизода, З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2021. -№3-4 (11-12). –С.330-334.
- [13-A]. Ходжиев, С.К. Исследование результатов очистки раствора от металлов при разных физико-химических параметрах / Д.З. Бокизода, З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2021. -№3-4 (11-12). –С.300-304.
- [14-A]. Ходжиев, С.К. Осветление сточных вод как наилучший способ обеспечения водооборота и повышения технологических показателей / С.К. Ходжиев, М.К. Ходжён // Вода: химия и экология. г.Москва. ООО Издательство «Манускрипт» (ОГРН 1226100004679). -2022, -№4, -С.8-15.
- [15-A]. Ходжиев, С.К. Исследование процесса сорбции урана из штольной воды в статических условиях / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2022. -№4 (16). –С.134-137.
- [16-A]. Ходжиев, С.К. Исследование сорбции урана из воды в динамических условиях / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2022. -№4 (16). –С.189-192.
- [17-A]. Ходжиев, С.К. Химические и масс-спектрометрические методы определения состава штольной воды месторождения Табошар / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2022. -№4 (16). –С.286-290.
- [18-A]. Ходжиев, С.К. Исследование физико-химических показателей шахтной воды месторождения Киик-Тал / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2022. -№4 (16). –С.290-294.
- [19-A]. Ходжиев, С.К. Спектрометрический метод определения радиоактивности штольных вод месторождения Табошар / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2023. -№3 (19). –С.89-93.
- [20-A]. Ходжиев, С.К. Исследование сорбции урана из шахтных вод уранового месторождения Киик-Тала в динамических условиях / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2023. -№4 (20). –С.120-122.
- [21-A]. Ходжиев, С.К. Эффективность фито-инженерных сооружений для децентрализованных систем очистки сточных вод / П. Марина, М.Б. Марамов, И.И. Каландарбеков, М.С. Собиров, Д.Д. Ходжибоев, С.К. Ходжиев, Т.Х. Содикзода // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. – Душанбе 2024. -№1 (65). –С.170-175.
- [22-A]. Ходжиев, С.К. Исследование качества питьевой воды регионов Согдийской области / З.А. Разыков, Д.Д. Ходжибаев, С.К. Ходжиев, И.И. Каландарбеков // Горный вестник Узбекистана. -2023. -№4 (95). -С116-118.
- [23-A]. Ходжиев, С.К. Эффективность коагулянтов на основе железа и алюминия в процессе очистки шахтной воды от тяжелых и радиоактивных металлов / Р.О. Азизов, С.К. Ходжиев // Водные ресурсы, энергетика и экология. –2024. -Том 4. -№3. –С.175-183.

[24-А]. Ходжиев, С.К. Эффективность смешанных коагулянтов на основе железа и алюминия в процессе очистки воды шахты «Восточная» от тяжелых и радиоактивных металлов / С.К. Ходжиев, Х.Ё. Ашуров, М.К. Хочиён, И.И. Каландарбеков // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. –Душанбе 2024. -№3 (67). –С.24-30.

[25-А]. Ходжизода, С.К. Кинетика сорбции урана из шахтной воды месторождения Киик-Тала с различными сорбентами / С.К. Ходжизода // Водные ресурсы, энергетика и экология. –2025. -Том 5. -№3.

[26-А]. Ходжизода, С.К. Технологии получения концентрата урана из воды штольни №6 уранового месторождения Табошар / С.К. Ходжизода // Водные ресурсы, энергетика и экология. –2025. -Том 5. -№2. –С.93-98.

Статьи, опубликованные в материалах международных и республиканских конференций

[27-А]. Ходжиев, С.К. Атомно-абсорбционный метод определения содержания тяжелых металлов в шахтных водах / С.К. Ходжиев, З.В. Кобулиев, О.Х. Амирзода, Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов // Маҷмуъи қорҳои конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ – Соҳаи кӯҳкорӣ ва металлургия яке аз заминаҳои асосии саноатикунонии босуръати кишвар, Бӯстон, 15 ноябри соли 2020. – С.30-32.

[28-А]. Ходжиев, С.К. Фотометрический метод определения физико-химических показателей шахтных вод / С.К. Ходжиев, З.В. Кобулиев, О.Х. Амирзода, Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов // Маҷмуъи қорҳои конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ - Соҳаи кӯҳкорӣ ва металлургия яке аз заминаҳои асосии саноатикунонии босуръати кишвар, Бӯстон, 15 ноябри соли 2020. – С.32-33.

[29-А]. Ходжиев, С.К. Очистка воды шахты «Восточная» от мышьяка и цинка методом коагуляции / С.К. Ходжиев, Д.С. Давлатов, Х.Ё. Ашуров // Научно-практическая конференция «Общее загрязнение воды и пути её очистки», посвященная 3-летию программы «Вода для устойчивого развития 2018-2028». р-н Матча, 13 марта 2021г. –С.59-61.

[30-А]. Ходжиев, С.К. Сравнительный анализ коагулирующей способности сульфат алюминия и хлорид алюминия при очистке шахтных вод / С.К. Ходжиев, Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов // Научно-практическая конференция «Общее загрязнение воды и пути её очистки», посвященная 3-ей годовщине программы «Вода для устойчивого развития 2018-2028». р-н Матча, 13 марта 2021г. –С.62-66.

[31-А]. Ходжиев, С.К. Коагуляционный метод очистки шахтной воды / С.К. Ходжиев, З.В. Кобулиев, Х.Ё. Ашуров // Промышленный форум «Қадамҳои устувор баҳри рушди саноати миллий», посвященный 15-летию Горно-металлургического института Таджикистана, 24 апреля 2021 года. Бустон. – С.82-83.

[32-А]. Ходжиев, С.К. Очистка шахтной воды от химических загрязнителей / С.К. Ходжиев, О.Х. Амирзода, Д.С. Давлатов // Форуми саноати таҳти унвони

«Қадамҳои устувор баҳри рушди саноати миллий», бахшида ба муносибати таҷлили 15-умин солгарди таъсисёбии Донишкадаи кӯхия металлургии Тоҷикистон, Бустон. 24 апрели соли 2021. –С.84-85.

[33-А]. Ходжиев, С.К. Исследование состава шлама технологии производства крепежа / З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Промышленный форум «Қадамҳои устувор баҳри рушди саноати миллий», посвящённый 15-летию Горно-металлургического института Таджикистана, Бустон. 24 апреля 2021г. –С.115-116.

[34-А]. Ходжиев, С.К. Коагуляционный метод очистки отработанных растворов производства крепежа от ионов металлов / М.М. Юнусов, С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Научно-практическая конференция «Вклад ИА РТ в стратегических направлениях развития Таджикистана». Душанбе, 15 октября 2021г. –С.49-53.

[35-А]. Ходжиев, С.К. Очистки сточных вод производства крепежа реагентным методом / С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Республиканской научно-практической конференции – XVI-Нумоновских чтений «Достижение химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», посвященной 75-летию Института химии имени В.И. Никитина НАНТ и 40-летию лаборатории «Коррозионностойкие материалы». Душанбе. 27.10.2021г. –С200-203.

[36-А]. Ходжиев, С.К. Исследование факторов, влияющих на мутность сточной воды при её очистке от тяжелых металлов коагуляционным методом / З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Материалы республиканской научно-практической конференции. Бустон. 30 октября 2021г. –С.25-28.

[37-А]. Hojiev, S.K. Study of physical and chemical parameters of the galvanic production wastewater / М.М. Yunusov, S.K. Hojiev, D.Z. Bokizoda // X Международной научно-практической интернет-конференции соискателей высшего образования и молодых ученых «Химия и современные технологии», Днепр, Украина, 23–24 ноября 2021г. –С.54-57.

[38-А]. Ходжиев, С.К. Исследование изменения мутности шахтной воды при коагуляционном методе её очистки от тяжелых металлов / С.К. Ходжиев, Н.А. Сулейманова, Х.Ё. Ашуров, С.Дж. Гафоров, Ш.Г. Рачабова // Материалы республиканской научно-практической конференции. Бустон, 27 ноября 2021г. –С.244-247.

[39-А] Ходжиев, С.К. Разработка принципиально новой технологической схемы процесса очистки воды шахты «Капитальная» от тяжелых металлов / С.К. Ходжиев, Н.А. Сулейманова, Х.Ё. Ашуров, С.Дж. Гафоров, Ш.Г. Рачабова // Материалы республиканской научно-практической конференции. Бустон, 27 ноября 2021г. –С.247-249.

[40-А]. Ҳочиев, С.К. Таҳлили муқоисавии натиҷаҳои тозаҷавии маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ / Ҳочиев С.Қ., Бокизода Д.З. // Материалы научно - практической конференции посвящённая “Изучению и

развитию естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования 2020-2040гг”. Бустон. 28 мая 2022г. -С.123-124.

[41-А]. Ходжиев, С.К. Методика отбора проб, измерения расхода и анализа при исследовании качества воды трансграничных рек / Разыков З.А., Ходжибаев Д.Д., Ходжиев С.К., Мирбобоев Ш.Ж. // Материалы Международной научно-практической конференции «Использование природных ресурсов, экология и устойчивое развитие» в рамках Международного десятилетия действий “Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы”. Бустон, 24 сентября 2022. –С.39-45.

[42-А]. Ходжиев, С.К. Умягчение оборотной воды на обогатительных фабриках / Хочиён М.К., Жекеев М.К., Юнусов М.М., Ходжиев С.К., Саидов Б.И. // Материалы Международной научно-практической конференции «Использование природных ресурсов, экология и устойчивое развитие» в рамках Международного десятилетия действий “Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы”. Бустон, 24 сентября 2022. –С.113-116.

[43-А]. Ходжиев, С.К. Регенерация сульфогля в оборотной схеме водоснабжения на обогатительных фабриках / М.К. Хочиён, С.К. Ходжиев, М.М. Юнусов, Б.И. Саидов // Водные ресурсы, энергетика и экология. –2022. – Т.2, -№4. –С.66-71.

[44-А]. Ходжиев, С.К. Исследование сорбции урана из шахтной воды месторождения КиикТал в статических условиях / Юнусов М.М., Хочиён М.К., Ходжиев С.К. // Сборник статей XIV Международного научного форума «Перспективные задачи инженерной науки» (Россия, Москва, 17 мая 2023 года). Международная инженерная академия. М: ООО «Инженерный центр «Импульс», РГУ им. А.Н. Косыгина, 2023. –С.241-247.

[45-А]. Ходжиев, С.К. Определения радиоактивности штольных вод месторождения Табошар / Азизов Р.О., Ходжиев С.К., Ашуров Х.Ё., Муродов Ш.С. // Материалы II – традиционной международной научно-практической конференции. Бустон. 9 декабря 2023. №2 -С.79-81.

[46-А]. Ходжиев, С.К. Исследование качества питьевой воды регионов Согдийской области / Разыков З.А., Ходжиев С.К., Ходжибаев Д.Д., Мирбобоев Ш.Ж. // Научные труды Инженерной академии Республики Таджикистан «Перспективные задачи инженерной науки в Таджикистане». – Душанбе 2023. –С.86-91.

[47-А]. Hojiev, S.K. Research on drinking water quality: emphasis on the importance of water hardness / Razykov Z.A. Hojiboev D.D., Hojiev S.K., Qalandarbekov I.I. // Тезисы докладов XI Международной научно-практической интернет-конференции соискателей высшего образования и молодых ученых. «Химия и современные технологии» Том 1. 06-07 декабря 2023 г.м. Днепр, Украина. -pp53-54.

[48-А]. Ходжиев, С.К. Исследование уровней радиоактивного загрязнения воды на площадках уранового наследия / Юнусов М.М., Азизов Р.О., Хочиён М.К., Ходжиев С.К. // IV Международный Косыгинский Форум «Проблемы

инженерных наук: формирование технологического суверенитета». Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы ключевых отраслей экономики страны» (20-22 февраля 2024г). Том 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2024. –С.34-37.

[49-А]. Ходжиев, С.К. Исследование качества питьевой воды и деятельность сообщества COP4WASH in Central Asia / З.А. Разыков, М. Абдуллоева, Д.Д. Ходжибаев, С.К. Ходжиев // Изменение климата и его влияние на экономическое и социальное развитие стран. Международная научно-теоретическая конференция. 12 марта 2024г. -С85-94.

[50-А]. Ҳочиев, С.Қ. Таҳқиқи сифати оби нушоқӣ дар ноҳияҳои Ҷ.Расулов ва Конибодом / Ҳочиев С.Қ., Ашӯров Х.Ё., Муродов Ш.С. // Материалы Республиканской научно-практической конференции “Внутренняя и внешняя политика Республики Таджикистан в процессе реализации программы защиты ледников и гидроэнергетических ресурсов” р-н Матча, 25 мая 2024. -С.65-67.

[51-А]. Hojiev, S. The impact of the oil and gas production industry on the natural environment / Olimov A., Wenbin Sun, Hojiev S. // Материалы Международной научно-практической конференции «Применение современных технологий в учебных процессах естественных, точных и математических наук» г.Бустон, 19 июня 2024. -р230-231.

Патенты и изобретения

[52-А]. Ходжиев, С.К. Малый патент Республики Таджикистан №ТJ 1173, МПК C02F 103/10. Способ очистки шахтных вод / С.К. Ходжиев, З.З. Насриддинов, З.В. Кобулиев, О.Х. Амирзода, Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов // №2101531; заявл. 13.04.2021г.; опубл. 23.06.2021г.

[53-А]. Ходжиев, С.К. Малый патент Республики Таджикистан №ТJ 1247, МПК C02F 103/16. Способ очистки сточных вод от ионов металлов / С.К. Ходжиев, З.В. Кобулиев, З.З. Насриддинов, Д.З. Бокизода, Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов // №2101594; заявл. 28.09.2021г.; опубл. 18.03.2022г.

Монография

[54-А]. Ходжиев, С.К. Особенности выделения урановых концентратов из руд и урансодержащих вод Таджикистана / У.М. Мирсаидов, Х.М. Назаров, С.К. Ходжиев, Н.Н. Рахматов // Под редакцией кандидата технических наук Н.У. Хакимовой. Издательство «Дониш». -Душанбе, 2019. -190с.

**ВАЗОРАТИ САНОАТ ВА ТЕХНОЛОГИЯҶОИ НАВИ
ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
ДОНИШКАДАИ КӯҶИЮ МЕТАЛЛУРГИИ ТОҶИКИСТОН**

ВБД: 628.16.081.312:632.349.5:628.316.12 (575.3)

Ба ҳуқуқи дастнавис



ҲОЧИЗОДА САИДМУҚБИЛ ҚОСИМ

**АСОСҶОИ ФИЗИКИЮ ХИМИЯВИИ ТЕХНОЛОГИЯИ
КОМПЛЕКСИИ ТОЗАКУНИИ ОБҶОИ ШАХТАВӢ ВА ПАРТОВ АЗ
МЕТАЛЛҶОИ РАДИОАКТИВ ВА ВАЗНИН
(ДАР МИСОЛИ ОБҶОИ ШАХТАВӢ ВА ПАРТОВИ ТОҶИКИСТОНИ
ШИМОЛӢ)**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т И

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии доктори илмҶои техникӣ
аз рӯи ихтисоси 05.17.00 – Технологияи химиявӣ (05.17.01-Технологияи
моддаҶои ғайриорганикӣ)

Душанбе – 2025

Кор дар озмоишгоҳи таҳлилии Донишкадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон иҷро гардидааст.

Мушовири илмӣ: **Азизов Рустам Очилдиевич**
доктори илмҳои техникаӣ, профессор, академики АМҚТ

Муқарризони расмӣ: **Нурмуродов Тулкин Исамуродович** - доктори илмҳои техникаӣ, профессор, муовини ректор оид ба корҳои илм ва инноватсияи Донишгоҳи давлатии кӯҳӣ-технологии Навоӣ

Мирзозода Баҳодур - доктори илмҳои техникаӣ, ходими калони илмии шуъбаи илм, инноватсия, робитаҳои байналмилалӣ ва фаъолияти нашриявии филиали Донишгоҳи давлатии Москва ба номи М.В. Ломоносов дар шаҳри Душанбе

Шарифов Абдумумин - доктори илмҳои техникаӣ, профессор, мудири шуъбаи энергетикаи гидрогении Институти химияи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Муассисаи пешбар: Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Ҳимояи диссертатсия «17» сентябри соли 2025, соати 09-00 дар ҷаласаи Шурои диссертатсионии муштараки 6D.КOA-042 назди Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИТ ва Агентии амнияти ХБРЯ-и АМИТ баргузор мегардад. Суроға: 734063, ш. Душанбе, куч. Айнӣ 299/2, E-mail: f.khamidov@cbrn.tj

Бо мӯхтавои диссертатсия дар китобхонаи илмӣ ва сомонаи Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИТ www.chemistry.tj шинос шудан мумкин аст.

Автореферат «___» _____ 2025с. аз рӯи феҳристи пешниҳод шуда, фиристода шуд.

Котиби илмии
шурои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои техникаӣ



Ҳамидов Ф.А.

МУҚАДДИМА

Мубрамияти таҳқиқот. Фаъолияти аксарияти корхонаҳои саноатӣ бо равандҳое, ки истифодаи обро ҳамчун захираи асосӣ талаб мекунад, зич алоқаманд аст. Набудани ин захира боиси суст шудани раванди занҷирҳои технологӣ, ки дар асоси ин гуна равандҳо асос ёфтааст ва ҳатто метавонад боиси тамоман қатъ гардидани баъзе соҳаҳои саноат гардад. Дар баробари ин, ифтихои корхонаҳои нав бо афзоиши аҳолии дар кишварҳои гуногун алоқаманд аст, ки дар навбати худ ба камбудии оби тоза дар тамоми минтақаҳои ҷаҳон таъсири ҷиддӣ мерасонад.

Азбаски 93%-и ҳудуди Тоҷикистонро кӯҳҳо ташкил мекунад, миқдори корхонаҳои саноатӣ, махсусан дар қитъаҳои кӯҳсор сол аз сол афзун шуда истодааст. Корхонаҳои коркарди чинсҳои кӯҳӣ бо мақсади дастраскунии ҷузъи арзишнок, қоидаҳои истифодаи қишри заминро дағалона вайрон карда, қабатҳои геологиро бе иктишоф мекушоянд. Ин метавонад ба ифлосшавии обҳои зеризаминӣ бо чинсҳо оварда расонад. Намунаи чунин корхонаҳо КВД «Фулузоти нодири Тоҷикистон» ва ҶСК «Комбинати фулузоти нодири Ленинобод» ҳисоб меёбанд. Айни замон дар баъзе шахтаҳои бо об пуршуда насосҳо ворид карда шудаанд, ки обро барои таъмини нӯшоқӣ ва зарурияти хоҷагии халқ бе тозакунии пешакӣ аз ифлосӣ ба истифода медиҳанд. Ифлоскунандаҳои асосии обҳои шахтавӣ металлҳои вазнин ва радиоактив ҳисоб меёбанд.

Манбаи дигари ифлоскунии обҳои партов технологияи галванӣ оид ба рӯйпӯшкунии масолеҳи васлукунии сохтмонӣ барои ҳимоя аз зангзани дар ҶДММ «Точфилиз» мебошад. Дар ин обҳо миқдори зиёди металлҳои вазнин ва дигар ифлоскунандаҳо ҷой дошта, аммо татбиқи технологияи мазкур ҳаҷми зиёди реагентҳои химиявӣ ва оби тозаро талаб мекунад.

Дар мувофиқа бо ин муаммоҳои номбаршуда, масъалаи экологии тозакунии обҳои шахтавӣ ва партов аз металлҳои радиоактив ва вазнин ба мадди аввал мегузарад. Усули нисбатан маъмул аз усулҳои мавҷудаи тозакунии – усулҳои сорбсионӣ ва коагулятсионӣ ҳисоб меёбанд. Истифодаи ин усулҳо барои коркарди обҳои шахтавӣ ва партов барои Тоҷикистон ва дигар кишварҳо муҳим аст ва мувофиқан масъалаи мубрами рисолаи мазкурро муайян менамояд.

Дарачаи омӯхташудаи муаммои илмӣ, асосҳои назариявӣ ва методологии зинаи таҳқиқот. Таҳқиқоти фаъол оид ба коркарди обҳои шахтавӣ ва партов дар Тоҷикистон ҳанӯз дар асри XX оғоз ёфта буд. Дар омӯзиши принсипҳои амалии коркарди обҳои шахтавӣ Муассисаи давлатии «Востокредмет» (ҳоло Корхонаи воҳиди давлатии «Фулнодточ») саҳми арзанда гузоштааст. Дар асри XXI дар таҳқиқотҳои коркарди обҳои шахтавӣ ва партов аз ҷумлаи олимони ба мисли Мирсаидов У.М., Ҳақимов Н.Ҳ., Назаров Х.М., Мирсаидов И.М., Бобоев Б.Д., Ашӯров Х.Ё., Давлатов Д.С. Боқизода Д.З., Баловцев С.В., Алексеев Ю.В., Абрамов А.П., Бусарев А.В. ва дигарон саҳми арзанда гузоштаанд.

Набудани манбаъҳои оби тоза барои як қисми зиёди аҳолии ш.Истиқлол, ш.Хучанд ва шаҳраки Чорухдайрони вилояти Суғди Ҷумҳурии Тоҷикистон як мушкилии мубрам боқӣ мемонад. Дар ин минтақаҳо мушкилоти таъмини оби нӯшокӣ оқибатҳои дарозмуддат дорад, ки ба сифати зиндагии сокинони маҳаллӣ таъсири манфӣ мерасонад. Барои ҳалли пурсамари ин масъала тоза кардани обҳои шахтавӣ ва ба роҳ мондани системаи бо об таъмин намудани маҳалҳои аҳолинишини ниҳоят муҳим аст. Бе чунин тадбир таъмин намудани аҳоли бо оби хушсифати нӯшокӣ имконнопазир аст, ки ин даҳолати таъҷилӣ ва ҷорӣ намудани технологияи навтарини тозакуниро талаб мекунад.

Технологияи тоза кардани обҳои шахтавӣ бо истифода аз усулҳои сорбсионӣ ва коагулятсионӣ раванди бисёрмарҳила аст, ки комилан ба хусусиятҳои физикӣ ва химиявӣ манбаи мушаххаси оби ифлосшуда вобаста аст. Ҳар як кон дорои хусусиятҳои худро дорад, ки муносибати эҳтиёткоронаро талаб мекунад. Гузаронидани ин тадқиқотҳо бо истифода аз усулҳои дақиқи таҳлилӣ ва таҷҳизотҳои замонавӣ ба мо имкон дод, ки обҳои шахтавиरो то меъёрҳои муайян тоза намуда, барои истеъмол бехатар гардонем. Ин усулҳо на танҳо тозакунии самарабахшро таъмин мекунад, балки таъсириро ба муҳити атроф низ кам мекунад.

Илова бар ин, мавҷудияти як мушкили ҷиддии экологии дигар - бе коркарди пешакӣ ба хати корези шахр партофтани обҳои партови ҶДММ «Тоҷфилиз»-ро қайд кардан бамаврид аст. Натиҷаҳои таҷрибавӣ таҳлили таркиби физикию химиявӣ обҳои ифлосшуда, ки аз тарафи корхона партофташудаанд, мавҷуд будани ифлоскуандаҳои хатарнок, аз қабили моддаҳои муаллақ, инчунин металлҳо - руҳ, оҳан ва мисро нишон медиҳанд. Ин ифлоскуандаҳо ба экосистема зарар мерасонанд ва метавонанд боиси ифлосшавии объектҳои обӣ, аз ҷумла бад шудани таъминоти об барои маҳалҳои аҳолинишини наздик гарданд.

Барои ҳалли мушкилоти обҳои партови ҶДММ «Тоҷфилиз» бояд технологияи тозакунии онҳоро бо истифода аз усулҳои химиявӣ ва коагулятсионӣ таҳия намуд, ки он инчунин аз хусусиятҳои физикию химиявӣ обҳои партов вобаста аст. Бо вучуди ин, бояд қайд кард, ки то ба ҳол тадқиқоти ба тозакунии обҳои партови раванди истеҳсолоти маводи васлқунӣ бахшидашуда, гузаронида нашудааст, ки кори моро дар ин соҳа беназир ва муҳим мегардонад. Истифодаи асбобҳои муосири дақиқ барои таҳлили обҳои партов ба мо имкон дод, ки таркиби обҳоро муфассал омӯзем ва ҳама ифлоскуандаҳоро муайян кунем, ки дар навбати худ ба таҳияи усулҳои оптималии тозакунии мусоидат карданд.

Алоқамандии таҳқиқот бо барномаҳо ва мавзӯҳои илмӣ. Кори диссертатсионӣ дар доираи барномаи татбиқи Консепсияи миллии Ҷумҳурии Тоҷикистон оид ба солимгардонии маҳфузгоҳҳои партовҳои коркарди маъдани уран барои солҳои 2016-2024» (Қарори Ҳукумати

Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи Барномаи татбиқи Консепсияи миллии Ҷумҳурии Тоҷикистон оид ба солимгардонии маҳфузгоҳҳои партовҳои коркарди маъдани уран барои солҳои 2016-2024» аз 27 июли соли 2016, № 329) ва барномаи «Коркарди обҳои партови корхонаҳои саноатӣ» (КИТ Донишқадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон, давраи иҷро: 2021-2025) анҷом дода шудааст.

ТАВСИФИ УМУМИИ РИСОЛА

Мақсади таҳқиқот: кор карда баромадани асосҳои илмӣ ва амалии технологияи комплекси аз металлҳои вазнин ва радиоактив тоза кардани обҳои шахтавию партов ва таъмини самарабахши баргараф намудани ифлоскунандаҳо ва бехатарии экологии объектҳои обӣ.

Вазифаҳои таҳқиқот:

- таҳқиқи муфассали физикию кимиёии тавсифи обҳои шахтавӣ ва партов бо усулҳои гуногун;
- таҳқиқи ғунҷоиши ивазкунии статикӣ (ҒИС) ва динамикии (ҒИД) сорбентҳои гуногун аз обҳои шахтавии кони урани Табошар ва Киик-Тал;
- таҳқиқи кинетикаи равандҳои сорбсионии уран дар обҳои шахтавии кони урани Табошар ва Киик-Тал бо истифода аз сорбентҳои гуногун;
- омӯختани раванди десорбсияи уран аз сорбентҳои сершуда бо истифода аз тезобҳои хлорид ва сулфат;
- таҳқиқи таркиби обҳои шахтавии кони Чорухдайрон бо усулҳои гуногун ва нисбат ба фаслҳои сол;
- таҳқиқи раванди тозакунии металлҳои радиоактив ва вазнин аз обҳои шахтавии кони Чорухдайрон бо истифода аз коагулянтҳои гуногун;
- омӯختани таъсири давомнокии раванди коагулятсионӣ, ҳарорат, воия коагулянтҳои омехташуда, рН-и муҳит ва миқдори тиракунанда ба дарчаи тозашии обҳои шахтавӣ аз металлҳои радиоактив ва вазнин;
- таҳқиқи раванди беоҳангардонии обҳои партови истеҳсоли васлкунак бо истифода аз пероксиди гидроген;
- таҳлили тағйирёбии тирагии обҳои партови истеҳсоли васлкунак пеш аз лаҳзаи тозакунии ва баъд аз он;
- омӯختани равандҳои тозакунии обҳои партови истеҳсоли васлкунак бо усулҳои химиявӣ бо мақсади хоричкунии ионҳои металлҳои вазнин (ба монанди руҳ, оҳан ва мис) бо истифода аз такшонкунандаҳои оксиди калсий, гидроксиди натрий ва карбонати натрий;
- таҳқиқи равандҳои тозакунии обҳои партови истеҳсоли васлкунак бо усули коагулятсионӣ аз ионҳои руҳ, оҳан ва мис бо истифода аз сульфати алюминий ба сифати коагулянт;
- коркарди тарҳи маҷмӯии технологияи амалан нави тозакунии обҳои шахтавӣ аз металлҳои радиоактив ва вазнин бо истифода аз усулҳои сорбсионӣ ва коагулятсионӣ;
- коркарди тарҳи маҷмӯии технологияи амалан нави тозакунии обҳои партов аз ионҳои руҳ, оҳан ва мис бо истифода аз усулҳои химиявӣ ва коагулятсионӣ.

Объекти таҳқиқот: обҳои шахтавии КВД «Фулузоти нодири Тоҷикистон», ҚСК «Комбинати фулузоти нодири Ленинобод» ва обҳои партови ҚДММ «Тоҷфилиз».

Предмети таҳқиқот: равандҳои тозакунии обҳои шахтавӣ ва партов аз металлҳои радиоактив ва вазнин, ҳамчунин аз моддаҳои муаллақ бо усулҳои физикию химиявӣ бо истифода аз сорбентҳо ва реагентҳои химиявӣ.

Навгониҳои илмӣ таҳқиқот:

- таҳқиқ карда шуд таркиби физикию химиявӣ обҳои шахтавӣ ва партови корхонаҳои саноатӣ мухталиф;
- омӯхта шуданд равандҳои сорбсионӣ металлҳои радиоактив ва вазнин аз обҳои шахтавӣ дар шароити статикӣ ва динамикӣ, кинетикаи раванди сорбсия, раванди десорбсия металлҳои радиоактив ва вазнин, ҳамчунин раванди беоҳангардонӣ обҳои партови истеҳсоли васлкунак;
- муайян карда шуд вобастагии дараҷаи тозашии обҳои шахтавӣ ва партов аз параметрҳои мухталиф;
- муқаррар карда шуд таъсири параметрҳои мухталиф ба раванди тозакунии обҳои шахтавӣ ва партов аз металлҳои радиоактив ва вазнин бо истифода аз усулҳои сорбсионӣ, химиявӣ ва коагулясионӣ;
- коркард карда шуд тарҳи маҷмӯи технологияи амалан нави тозакунии обҳои шахтавӣ ва партов аз металлҳои радиоактив ва вазнин.

Арзиши назариявӣ таҳқиқот. Дар рисола ҷабҳаҳои назариявӣ раванди сорбсия, десорбсия, такшоншавӣ металлҳои радиоактив ва вазнин дар обҳои шахтавӣ ва партов бо усулҳои сорбсионӣ, химиявӣ ва коагулясионӣ бо истифода аз сорбентҳои гуногун, коагулянтҳо ва реагентҳои химиявӣ оварда шудааст. Инчунин нақши омилҳои, ки ба пурмаҳсулшавӣ ин равандҳо таъсир мекунад, шарҳ дода шудааст.

Арзиши амалӣ таҳқиқот. Имрӯз ифлосшавӣ об ба яке аз муаммоҳои муҳим табдил ёфтааст, ки ба амнияти экологӣ ва саломатии инсон таҳдид мекунад. Дар шароити интенсивӣ истеҳсолоти саноатӣ ва афзоиши бор ба захираҳои табиӣ, ҳифзи манбаъҳои оби тоза (ҳам зеризаминӣ ва ҳам сатҳӣ) ба мадди аввал меафтад. Фаҳмидани он муҳим аст, ки бидуни тозакунии дурусти обҳо, махсусан обҳои шахтавӣ ва партов, ба обанборҳои партофтани онҳо метавонад боиси оқибатҳои бебозгашти экологӣ гардад. Ифлосшавӣ об бо моддаҳои радиоактив ва металлҳои вазнин барои олами набототу ҳайвонот ва одамон хатари махсус дорад, зеро ин моддаҳо дар организмҳо ҷамъ шуда, боиси бемориҳои ҷиддӣ мегарданд.

Барои пешгирии ифлосшавӣ иншоотҳои обӣ, пеш аз партофтан ба дарёҳо, кӯлҳо ё дигар обанборҳои обҳои шахтавӣ ва партовро то меёрҳои зарурӣ тоза кардан лозим аст. Ин раванди тозакунии тоза кардани ифлоскундаҳои хатарнок, аз қабилӣ металлҳои вазнин, радионуклидҳо ва дигар моддаҳои захролудкунандаро дар бар мегирад, ки метавонанд ба сифати захираҳои обӣ зарари ҷиддӣ расонанд. Танҳо дар сурати риояи

чунин стандартҳо бехатарии обанборҳоро кафолат додан мумкин аст ва аз вайроншавии тавозуни экологӣ пешгирӣ кардан мумкин аст.

Натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавӣ, ки дар қори диссертатсионии докторӣ оварда шудаанд, барои истифодаи амалӣ дар ҳалли мушкилоти технологияҳои химиявӣ ва экологӣ аҳамияти калон доранд. Ин таҳқиқотҳо ба таъмини бехатарии захираҳои обӣ ва саломатии аҳолии нигаронида шудаанд. Аз ҷумла, онҳо ба беҳтар кардани сифати обтаъминкунӣ ва экология дар шаҳрҳо ва маҳалҳои аҳолинишин, ба монанди шаҳрҳои Хучанд, Истиқлол, Бустон ва шаҳраки Чорухдайрон равона карда шудаанд. Маълумотҳои бадастомада ва усулҳои пешниҳодшудаи тозакунии обҳои партов ва шахтавӣ метавонанд дараҷаи гирифтани ҷузъи мақсаднок, сатҳи амнияти экологии минтақаро ба таври назаррас афзоиш диҳанд, хатари ифлосшавии обанборҳоро коҳиш диҳанд ва дастрасии аҳолиро ба оби тозаи ошомиданӣ кафолат диҳанд.

Қорҳои асосии таҳқиқотӣ дар озмоишгоҳи таҳлили Донишкадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон анҷом дода шуданд ва имкон доданд натиҷаҳои баландсифат ва боэътимод ба даст оварда шаванд, ки ҳам барои фаъолияти илмӣ ва ҳам амалӣ дар соҳаи технологияҳои химиявӣ, ҳифзи муҳити зист ва захираҳои обӣ муҳим мебошанд. Озмоишгоҳ бо таҷдизотҳои муосир мучаҳҳаз буда, имкон дод, ки таҳқиқоти дақиқи химиявӣ ва физикуи химиявии обҳои партов ва шахтавӣ гузаронида шавад, ҳамчунин ифлосшавии онҳо бо моддаҳои гуногуни хатарнок, аз қабيلي металлҳои вазнин ва унсурҳои радиоактив таҳқиқ карда шавад.

Маълумотҳои бадастомада маълумоти пурарзишро ифода мекунанд, ки дар соҳаҳои гуногун истифода мешаванд. Қорандони институтҳои илмӣ-таҳқиқотӣ ва озмоишгоҳҳо ин натиҷаҳоро барои таҳқиқоти минбаъдаи соҳаи тоза кардани обҳо ва муҳофизати захираҳои обӣ, инчунин барои қор карда баромадан ва қорӣ намудани технологияи нави гирифтани ҷузъи мақсаднок истифода бурда метавонанд. Бояд қайд кард, ки ин таҳқиқотҳо барои ҳалли мушкилоти экологии марбут ба ифлосшавии обҳо иқтисодии назаррас доранд, ки дар навбати худ сифати зиндагии мардумро беҳтар намуда, амнияти экологии минтақаро баланд мебардоранд.

Илова бар ин, натиҷаҳои таҳқиқот метавонанд барои тайёр кардани бакалаврҳо ва магистрантон дар соҳаҳои технологияи химиявӣ, экология, ҳифзи муҳандисии муҳити атроф ва мониторинги захираҳои табиӣ муфид бошанд. Истифодаи ин маълумотҳо дар доираи барномаҳои таълимӣ барои ихтисосҳои 480101 «Технологияи химиявии моддаҳои ғайриорганикӣ, мавод ва маҳсулот» ва 330101-05 «Ҳифзи муҳандисии муҳити атроф» махсусан муҳим аст. Ин ихтисосҳо дар муассисаҳои олии Тоҷикистон ва кишварҳои дигар фаълоне инкишоф меёбанд ва натиҷаи ин қор метавонад барои тайёр кардани мутахассисони оянда, ки ба ҳифзи

муҳити атроф ва захираҳои обӣ машғул хоҳанд шуд, ҳамчун маводи муфиди амалӣ хизмат кунанд.

Усулҳои таҳқиқот: назорати равандҳои сорбсия, десорбсия, такшоншавӣ ва коагулятсияи металлҳои радиоактив ва вазнин бо усулҳои титриметрӣ, спектрометрияи атомӣ-абсорбсионӣ ва турбидиметрӣ (пеш ва баъд аз тозакунии) дар раванди ҷоришавии амалҳои номбаршуда.

Соҳаи таҳқиқот тозакунии обҳои шахтавӣ ва партови корхонаҳои саноятии Тоҷикистони Шимоли аз ифлоскунандаҳо мебошад.

Зинаҳои таҳқиқот: таҳқиқи дигаргуншавии параметрҳои физикию химиявии обҳои шахтавӣ ва партови корхонаҳои саноятӣ дар алоқамандӣ аз омилҳои гуногун. Коркарди технологияи тозакунии обҳои шахтавӣ ва партов аз металлҳои радиоактив ва вазнин дар заминаи натиҷаҳои гирифташуда.

Саҳеҳияти натиҷаҳои рисола: барои таъмини саҳеҳияти натиҷаҳои таҷрибавӣ дар раванди таҳқиқот аз таҷҳизотҳои муосир истифода карда шуд, ки барои ҳар як элементи муайяншаванда, бо истифода аз маҳлӯлҳои стандартӣ амали калибронӣ ва назоратӣ гузаронида шудааст. Барои иҷрои таҷрибаҳо нисбати тозакунии обҳои шахтавӣ ва партов аз металлҳои радиоактив ва вазнин, танҳо сорбентҳои нави истеҳсоли Украина, Олмон ва Англия, инчунин реагентҳои химиявии аз сертификатсияи расмӣ гузаронида шуда, ба монанди: сульфати оҳан ва хлориди оҳан; сульфати алюминий ва хлориди алюминий; оксиди калсий; гидроксиди натрий ва карбонати натрий истифода шуданд. Натиҷаҳои дар рисола дарҷ гардида тариқи санадҳои санҷиш инъикос гардидаанд.

Базаи асосии иттилоотӣ ва таҷрибавӣ:

- шейкери озмоишии навъи IKA KS 260 (Олмон);
- алфа - бета радиометр барои ченкунии фаъолнокии кам УМФ-2000 (ЧДММ КИИ «Доза», Россия);
- Waterproof Handheld PCD 650 (Geotech Environmental Equipment, Inc., Сингапур);
- YSI 556 MPS (YSI Incorporated, ИМА);
- тарозуи аналитикии Selon FA224 (Biobase, Чин);
- турбидиметри навъи HI 98703 (HANNA Instruments, Руминия);
- турбидиметри навъи Xin Rui Instruments (Чин);
- спектрометри атомӣ-абсорбсионии навъи AAAnalyst 800 бо печи графитӣ ва атомизатсияи плазмагии элементҳо (Perkin Elmer, ИМА);
- флокулятори навъи Flocculator 2000 (Kemira, Шветсия);
- спектроскани МАКС-GF2E бо таъминоти барномавии «QAV» (ЧДММ ИИИ «Спектрон», Россия);
- фотометри навъи SQ 118 (MERCK, Олмон);
- дифрактометри рентгении Дрон-3.0 (КИИ "Буревестник", ш.Санкт-Петербург, Россия).

Нуктаҳои ба ҷимоя пешниҳод шаванда:

- асосноккунни самаранокии тозакунии обҳои шахтавӣ ва партов аз металлҳои радиоактив ва вазнин бо усулҳои сорбсионӣ, коркарди химиявӣ ва коагулятсионӣ бо истифода аз сорбентҳо, реагентҳо ва коагулянтҳои гуногун;

- натиҷаҳои таҳқиқи ГИС, ФИД, кинетикаи равандҳои сорбисияи металлҳои радиоактив ва вазнин аз обҳои шахтавӣ дар шароити статикӣ бо истифода аз сорбентҳои гуногун;

- натиҷаҳои таҳқиқоти вобастагии таъсири дозаи коагулянтҳо, давомнокии раванд, рН-и муҳит, миқдори моддаи тиракуниро ба вучудоваранда ва ҳарорат ба самаранокии тозашавии обҳои шахтавӣ ва партов аз металлҳои радиоактив ва вазнин;

- натиҷаҳои таҳқиқоти таъсири вояи сульфати алюминий, рН-и муҳит, вақти омехтакунии ва миқдори моддаи тиракуниро ба вучудоваранда ба камшавии бузургиҳои физикию химиявии параметрҳо, ба монанди электроронқиляти хос, дараҷаи шӯрӣ, TDS ва тирагии обҳои партов;

- пешниҳодҳо нисбати тозакунии обҳои шахтавӣ ва партов бо мақсади истифодаи минбаъдаи онҳо барои обёрӣ, нӯшоқӣ ва омодагии маҳлули ибтидоии электролитӣ, ҳамчунин, барои таъмини бехатарии экологии объектҳои обӣ.

Мувофиқати рисола ба шиносномаи ихтисоси илмӣ. Мутобиқи шиносномаи ихтисосҳои Муассисаи давлатии «Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон», ки бо қарори Раёсати Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 28 сентябри соли 2017, таҳти №4/1 тасдиқ шудааст, рисола ба самти ихтисоси “Илмҳои техникӣ”, шифри ихтисоси 05.17.00 – Технологияи химиявӣ (05.17.01 – Технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ), соҳаи таҳқиқот бошад ба бандҳои зерин мувофиқат мекунад: 1. Асосҳои химиявӣ ва физикию химиявии равандҳои технологӣ: таркиби химиявӣ ва ҳосиятҳои моддаҳо, термодинамика ва кинетикаи табдилёбиҳои химиявӣ ва байнифазаӣ. 4. Усулҳо ва пайдарпаии амалиёт ва равандҳои технологияи коркарди ашёи хом, маҳсулоти мобайнӣ ва иловагӣ, захираҳои дуумдараҷаи моддӣ (партовҳои истеҳсолӣ ва истеъмоли) ба маҳсулоти ғайриорганикӣ. 5. Усулҳо ва пайдарҳамии амалиётҳо ва равандҳои технологияи хифзи муҳити зист аз партовҳои моддаҳои ғайриорганикӣ. 6. Хусусиятҳои ашёи хом ва масолах, қонуниятҳои равандҳои технологӣ барои кор карда баромадан, ҳисобҳои технологӣ, лоиҳакашӣ ва идоракунии равандҳои химиявии технологӣ ва истеҳсолот.

Саҳми муаллиф дар коркарди маълумоти адабӣ, гузоштани масъалаи кори рисола, дарёфти усулҳои ҳалли онҳо, гузаронидани таҷрибаҳо, таҳлил, коркард ва ҷамъбасти натиҷаҳои бадастомада, таҳияи хулоса ва муқаррароти рисола иборат аст.

Тасбиб ва амалисозии натиҷаҳои рисола. Натиҷаҳои рисолаи мазкур дар конференсияҳои байналмилалӣ ва ҷумҳуриявии зерин баррасӣ ва

муҳокима шудаанд: Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ «Соҳаи кӯҳкорӣ ва металлургия яке аз заминаҳои асосии саноатикунонии босуръати кишвар», ш. Бӯстон, 15 ноябри соли 2020; Конференсияи илмӣ-амалии «Олудашаваии умумии об ва роҳҳои тозакунии он», бахшида ба 3-солагии барномаи «Об барои рушди устувор 2018-2028», н.Мастчоҳ, 13 марти соли 2021; Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ «Устойчивые шаги к развитию национальной промышленности», бахшида ба 15-солагии Донишкадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон, 24 апрели соли 2021; Конференсияи илмӣ-амалии «Вклад ИА РТ в стратегических направлениях развития Таджикистана», Душанбе, 15 октябри соли 2021; Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ Хонишҳои Нӯмоновии XVI-уми «Достижения химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», бахшида ба 75-солагии Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АМИТ ва 40-солагии лабораторияи «Коррозионностойкие материалы», 27 октябри соли 2021; Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ «Горно-металлургическая отрасль – одна из основ ускоренной индустриализации страны», бахшида ба 30-солагии Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Бӯстон, 30 октябри соли 2021; Интернет-конференсияи байналмилалӣ X –уми унвонҷӯён ва олимони ҷавони муассисаҳои олий - «Химия и современные технологии», Днепр, Украина, 23-24 ноябри соли 2021; Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ, бахшида ба омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар самти маориф ва илм барои солҳои 2020-2040, ш.Бӯстон, 28 майи соли 2022; Конференсияи илмӣ-амалии байналмилалӣ «Использование природных ресурсов, экология и устойчивое развитие» дар доираи Даҳсолаи байналмилалӣ амали «Об барои рушди устувор, солҳои 2018-2028», ш.Бӯстон, 24 сентябри соли 2022; Форуми XIV-уми илмӣ байналмилалӣ «Перспективные задачи инженерной науки», Москва, 17 майи соли 2023; Конференсияи илмӣ-амалии II-юми анъанавӣ байналмилалӣ соли 2023; Форуми IV-уми байналмилалӣ ба номи Косигин «Проблемы инженерных наук: формирование технологического суверенитета». Москва, 20-22 феввали соли 2024; Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ «Внутренняя и внешняя политика Республики Таджикистан в процессе реализации программы защиты ледников и гидроэнергетических ресурсов» н.Мастчоҳ, 25 майи 2024; Конференсияи илмӣ-амалии байналмилалӣ «Применение современных технологий в учебных процессах естественных, точных и математических наук» ш.Бӯстон, 19 июни 2024.

Интишороти тибқи мавзӯи рисола. Оид ба мавзӯи рисола 1 монография, 26 мақолаи илмӣ дар нашрияҳои аз ҷониби ҚОА-и назди Президенти ҶТ, ҚОА-и ФР ва ҚОА-и Усбекистон тавсия шуда, ҳамчунин 25 мақола дар маҷмӯи маводҳои конференсияҳои илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ ва байналмилалӣ ба таъбири расидаанд. Ду нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон барои ихтирооти гирифта шудааст.

Таҳти роҳбарии муаллифи рисола 3 нафар олимони ҷавон аз рӯйи ихтисоси 25.00.27 – Гидрологияи хушкӣ, захираҳои обӣ, гидрохимия рисолаҳои номзadiaшонро дифоъ намуда, номзади илмҳои техникӣ гардиданд.

Соҳтор ва ҳаҷми рисола. Рисола аз муқаддима, шарҳи адабиёт, қисматҳои методӣ ва таҷрибавӣ, муҳокимаи натиҷаҳо, хулосаҳо, рӯйхати адабиётҳои истифодашуда ва замимаҳо иборат аст. Рисола дар 303 саҳифаи матни ҷопии компютерӣ навишта шуда, 74 ҷадвал ва 73 расмро муттаҳид сохтааст. Рӯйхати адабиётҳои истифодашуда 368 номгӯйро дарбар мегирад.

МУНДАРИҶАИ ҚОР

Дар муқаддимаи қори диссертатсионӣ аҳамияти мавзӯ, ҳадафи таҳқиқот, инчунин вазифаҳои асосие, ки барои ноил шудан ба ҳадафҳо бояд ҳал карда шаванд, муфассал баррасӣ мешавад. Дар он ҳам аҳамияти илмӣ ва ҳам амалии қор қайд карда мешавад, ки ин аз саҳми он дар инкишофи соҳаи тоза кардани об аз металлҳои радиоактив ва вазнин далолат мекунад.

Дар боби якуми рисола таҳлили амиқи сарчашмаҳои адабиёти мавҷуда вобаста ба асосҳои технологияи қорқарди обҳои шахтавӣ ва партов оварда шудааст. Ҳангоми интиҳоби технологияи тозакунии ба таркиби обҳои шахтавӣ ва партов диққати махсус дода мешавад, ки ин ба самаранокии усулҳои истифодашаванда таъсири калон мерасонад. Боб бо ифодаи аниқи муаммоҳое, ки дар рафти таҳқиқоти минбаъда ҳал карда мешаванд, ба охир мерасад.

Боби дуюм ҷойгиршавӣ ва хусусиятҳои ҷор объекти омӯзиширо тавсиф ва таҳлил мекунад. Натиҷаҳои омӯзиши ҳамаҷонибаи параметрҳои физикию химиявӣ, аз ҷумла бо усулҳои атомӣ-абсорбсионӣ, масс-спектрометрӣ, алфа ва бета-радиометрӣ, титриметрӣ ва турбидиметрии обҳои шахтавии КВД «Фулузоти нодири Тоҷикистон» ва ҶСК «Комбинати фулузоти нодири Ленинобод» низ пешниҳод карда шудаанд. Илова бар ин, натиҷаҳои омӯзиши таркиби химиявии тиракунанда пешниҳод карда мешаванд, ки имкон медиҳад самаранокии он дар раванди тозакунии баҳо дода шавад.

Дар боби сеюм ҷойгиршавӣ ва хусусияти як объекти таҳқиқотӣ, инчунин натиҷаҳои таҳқиқоти физикӣ ва химиявии обҳои партов, ки дар истеҳсоли маводи васлкунӣ дар ҶДММ «Тоҷфилиз» ба вучуд меоянд, муҳокима карда мешаванд. Дар ин боб инчунин маълумотҳо бо усулҳои атомӣ-абсорбсионӣ, таҳлилҳои титриметрӣ ва турбидиметрӣ, инчунин натиҷаҳои омӯзиши таркиби химиявии тиракунанда оварда шудааст, ки барои фаҳмидани раванди тозакунии муҳим аст.

Дар боби чорум натиҷаҳои равандҳои сорбсия ва десорбсияи металлҳои радиоактив ва вазнин таҳлил карда шудаанд. Омилҳои асосие, ки ба самаранокии қорқарди обҳои шахтавӣ таъсир мерасонанд, баррасӣ

ва диаграммаҳои ҷараёни равандҳои пешниҳод карда мешаванд. Дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашуда барои ҳар як объект усулҳои самарабахш, аз ҷумла усулҳои сорбсионӣ ва коагулятсионӣ муайян карда мешаванд.

Дар боби панҷум натиҷаҳои таҳқиқоти раванди беоҳангардониҳои оби партов муҳокима карда мешавад. Дар ин боб маълумотҳо оид ба тозакунии обҳои партов бо истифода аз усулҳои реагентӣ ва коагулятсионӣ аз металлҳои вазнин, ба монанди руҳ, оҳан ва мис пешниҳод карда шудаанд. Омилҳои, ки ба дараҷаи тозакунии таъсир мерасонанд, муҳокима карда шуда, натиҷаҳои муқоисавӣ ва тарҳҳои технологияи тозакунии, ки самаранокии усулҳои гуногуни тозакунии оби партов ба шумор рафта, ҷанбаи муҳими татбиқи амалии маълумоти гирифташуда мебошанд.

Дар боби шаштум натиҷаҳои таҳқиқоти равандҳои истихроҷи уран ва тоза кардани обҳо аз металлҳои вазнин ва радиоактив муҳокима карда шудаанд. Ҳамчунин натиҷаҳои муқоисавии таҳқиқот ва беҳтарин усули тоза намудани обҳои шахтавӣ ва партов аз ифлоскунандаҳо оварда шудааст.

Намунагирӣ ва усулҳои гузаронидани таҳлили обҳои шахтавӣ ва партов

Мавзеи ҷойгиршавӣ ва тавсифи объектҳои таҳқиқотӣ. Маълум аст, ки коркарди ғазоли конҳои урани Табошар (шаҳри Истиклол, Ҷумҳурии Тоҷикистон) дар давраи солҳои 1945 – 1965 боиси ифлосшавии худуд ва ташаккулиҳои ҳаҷми калони партовҳои саҳт ва моеъ гардид.

Манбаи оби шахтавии (нақби кон) кони уран дар масофаи 2 км аз шаҳри Истиклол дар самти шимолу шарқӣ ҷой гирифта, ҳисоб меёбад. Ин кон шакли эллипсоиди дошта, дарозииаш – 800 метр, паҳноииаш аз сатҳи канораш – 120 м, нуқтаи аз ҳама чуқуртаринаш аз сатҳи об – 70 метр аст. Кони мазкур бо оби зеризаминии мавзеи Табошар пур карда шудааст ва дар фасли боришот бо оби борону барф илова мегардад. Оби кон тариқи ҷолоиш дар қабат қисман тоза шуда, бо воситаи даромадгоҳи нақби кони №6, ки қисман пур карда шудааст, ба шабакаи ҷуйҷаҳои дар қисми поёнии мавзеи Сарим-Саҳли-Сой, воқеъ дар 350 метр ба самти ҷанубу ғарбии кон мебарояд.

Дар баъзе маҳалҳои объекти мазкур ин обро барои обёрии боғи заминҳои наздиқавлигии аҳолии шаҳри Истиклол вилояти Суғд истифода мебаранд. Ҳамчунин, оби нақби кон барои қонеъ гардонидани талаботи истеъмолии хоҷагӣ ҳамчун варианти алтернативии хати обтаъминкунии шаҳри Истиклол сарф мешавад. Қайд кардан бамаврид аст, ки параметрҳои физикию химиявии оби объекти мазкур аз концентратсияи ҳадди имконпазир (КҲИ) хеле калон аст. Бинобар ин ҳисобидан мумкин аст, ки оби нақби кони №6-ро бо мақсади истеъмоли обёрии боғҳои истифода кардан қатъиян манъ аст. Ҳангоми истифодаи чунин обҳо қабати болоии замин бо зарраҷаҳои металии радиоактив ва вазнин сер шуда, боиси захролудгардии минтақа мегардад.

Кони урани Киик-Тал соли 1968 аз ҷониби экспедитсияи геологиро иктишофии Конимансури Идораи геологияи назди Совети Вазирони РСС Тоҷикистон кашф шуда, дар қисмати марказии қаторкӯҳи Муғул-Той ҷойгир шудааст. Вай ҳангоми баҳодиҳии маҷмӯи тилло-волфрам-молибдени аномалияи геохимиявӣ кашф шуда буд. Аномалияи мазкур бемаҳсул баромад, лекин дар як қатор чоҳҳои кофта шуда аз ҷониби геолоҳо дар масоҳати 0,25 километри мураббаъ манбаи каммаҳсули маъдани уран дошта ошкор карда шуд, ки дар чуқурии аз 100 то 500 метр нисбат ба сатҳ ҷойгир шудааст. Дар натиҷаи корҳои геологӣ (солҳои 1969 – 1970) муқаррар карда шуд, ки кони Киик-Тал захираи назарраси кони каммаҳсули урандор дорад, ки барои дастраскунӣ бо усули кушод ғайриимкон аст. Бо назардошти ин омил қарор қабул карда шуд, ки ҳосилкунии уран аз маъдан бо усули ҷудокунии зеризаминӣ иҷро карда шавад. Бо ин мақсад солҳои 1971 – 1973 дар қисмати марказии кон нақб бо системаи коркарди штрекӣ ва чоҳҳои кӯтоҳ дар он кофта шуд.

Гирифтани уран дар давраи солҳои 1973 то 1987 бо усули ҷудокунии зеризаминӣ бо маҳлули кислотаи сульфати заиф иҷро гардид. Аммо бо якҷанд омилҳо, аз ҷумла, хатари вайроншавии ҳолати экологии соҳили рости шаҳри Хучанд ба ин фаъолият таваққуф дода шуд. Дар раванди корҳои кушод ва истифодаи конҳои номбар шуда якҷанд омилҳо ошкор карда шуданд, ки бо ҳиссаи калони боварӣ пешгӯикунии ҷамъшавии обро дар шабакаи ғафси коркардҳои кӯҳӣ ва чоҳҳои технологӣ, ки дар қонҳо сохта шудаанд, имконпазир гардонида, дар амалияи давомноки минбаъда боиси ҷудошавии уран аз мавзӯҳои урандор мегардад.

Баъди маҳкам кардани кони мазкур дар соли 1987 барои тозакунии обҳои шахтавии худкорӣ таҷҳизоти сорбсионӣ устувор карда шуда буд, ки одатан бо қатрони тарқишноки анионивазкунандаи АМ-п пур карда мешаванд. Дар он обҳои ифлос гардида аз уран тоза карда шуда, сипас, ба ҳавзҳои полоишӣ-буҳоршаванда (ҲПБ) партофта мешаванд. Ин ҳавзҳо бо оҳаксанг пур карда шудаанд, ки қобилияти нейтрализатсиякунии обҳоро доранд ва қисман обҳо аз ғашҳои металлӣ тоза мегарданд, минбаъд ба соҳили рости Сирдарё партофта мешаванд.

Қайд кардан зарур аст, ки фаъолияти сутунҳои сорбсионӣ дар речаи ғайриустувор мегузарад. Бинобар ин зарурияти коркарди нави технологӣ нисбати гирифтани уран аз обҳои шахтавӣ ба миён омадааст, ки ба талаботҳои гузашта шудаи истифодаи конҳои маъдани пурра ҷавоб дода тавонад.

Шахтаи «Шарқӣ» дар минтақаи кони Шуралӣ воқеъ аст, ки аз соли 1955 то соли 1972 дар ин ҷо барои ҳосил намудани концентрати волфрам қорҳо ба ҷо оварда мешуданд. Баъди тағйир додани раванди ҳосил намудани концентрати хока шахта беназорат монда, баъд аз он зери об монд. Аз маълумотҳои геологӣ маълум аст, ки ҷоришавии об дар шахтаи «Шарқӣ» дар як соат ба 700 метри мукааб мерасад. Айни замон дар шахта

якчанд насосҳои обкашӣ барои обро бавовардан, бо мақсади барои нӯшоқӣ ва хоҷагии қишлоқ кор мекунанд, истифода мешавад.

Шахтаи «Капиталӣ» дар ҳудуди кони Асосӣ ҷойгир буда, ғаёлона дар солҳои 1955 то 1972, аз он маъдан бо мақсади ҳосил кардани концентрати волфрам гирифта мешуд. Баъди гузаштан ба технологияи металлургияи ҳокавӣ, шахтаи мазкур беназорат монда, бо об пур гардид. Маълумотҳои геологӣ нишон медиҳанд, ки ба шахтаи «Капиталӣ» ҷорӣ шудани об дар як соат аз 120 то 150 метри мукаабро ташкил медиҳад. Мувофиқи маълумотҳои геологӣ, суръати воридшавии об дар шахтаи «Капиталӣ» ба 120 – 150 м³/соат баробар аст. Дар асоси сохти минтақаҳои маъданӣ ва минералогия тахмин кардан мумкин аст, ки дар наздикии кон тарқишҳои Андиген ва Шимолӣ мегузаранд, ки тавассути онҳо об ба шахта ворид шуда, боиси шусташавӣ ва олудашавии чинсҳо мегардад. Дар шароити имрӯза ба ин шахта насоси амудӣ фуруварда шуда, оби он барои ошомидан ва обёрикунии хоҷагии халқ истифода мешавад.

Моҳи августи соли 2019 ҶДММ «Тоҷфилиз», ки ба истеҳсоли масолеҳи васлкунӣ сарукардор аст, ба кор шурӯъ кард. Маҳсулоти ширкат бо сифати баланди худ аз рақибон фарқ мекунад ва дар бозори Тоҷикистон мавқеи беназирро ишғол мекунад. Инчунин сатҳи баланди маҳсулоти ҶДММ «Тоҷфилиз» барои содирот берун аз кишвар роҳ мекушояд.

Махсусан, фаҳмидани аҳамияти амнияти экологӣ ва рушди устувор вазифаи коркарди обҳои партовро дар ҶДММ «Тоҷфилиз» муҳим мегардонад. Омӯзиши таркиби оби партов ба мо имкон медиҳад, ки ифлоскунандаҳои хатарноктаринро муайян кунем ва системаи самараноки тозакуниро таҳия кунем, ки таъсири манфиро ба муҳити зист то ҳадди имкон кам кунад.

Коркарди технология бояд на танҳо тоза кардани ифлоскунандаҳо, балки қобилияти истифодаи дубораи оби тозашударо дар раванди истеҳсолот дар бар гирад, ки истеъмоли умумии обро коҳиш медиҳад ва таъсири экологии корхонаро ба муҳит коҳиш медиҳад.

Усули атомӣ-абсорбсионӣ муайянкунии концентратсияи металлҳо. Бо ёрии усули атомӣ-абсорбсионӣ концентратсияи металлҳо дар маҳлулҳои обӣ то қимати 1 мг/л чен кардан имконпазир аст. Дар ин ҳолат пешакӣ бояд донист, ки концентратсияи ин ё он металлҳо дар кадом ҳудуд ҷой гирифтааст. Баъди муайян кардани ин ҳудуд графикаи калибронӣ тартиб дода шуда, дар ҳамин ҳудуд концентратсияи металлҳо чен мекунанд. Агар концентратсияи металлҳо берун аз ҳудуди графикаи калибронӣ ҷой гирифта бошад, пас, маҳлули таҳқиқ шавандаро бояд оби муқаттар илова кардан лозим меояд, сипас, бо назардошти коэффисиенти иловакунӣ, концентратсияи ҳақиқии ҳисоб шавандаро муайян мекунанд.

Пеш аз иҷрои ченкунӣ спектрометрро калибровка мекунем, сипас, ченкуниҳои зарурӣ гузаронида шуд. Натиҷаҳои ченкунӣ дар ҷадвали 1 нишон дода шудаанд.

Ҷадвали 1. - Концентратсияи металлҳои радиоактив ва вазнин дар оби нақби №6-и кони Табошар

Элементҳои муайяншаванда	Концентратсияи элементҳо, мг/л	КҲИ, мг/л
Zn	0,067	5
Cu	0,052	1
Pb	0,76	0,03
Cd	<0,001	0,001
U	1,2	0,03

Аз таҳлили натиҷаҳои ҷадвали мазкур бармеояд, ки концентратсияи уран ва сурб дар оби таҳқиқшаванда ба таври назаррас нисбат ба меъёри КҲИ зиёд мебошад.

Барои муайян кардани миқдори металлҳои вазнин ва радиоактив дар таркиби оби шахтаи кони Киик-Тал аз спектрометри атомӣ-абсорбсионии (САА) навъи AAnalyst 800 низ истифода шуд. Натиҷаҳо дар ҷадвали 2 нишон дода шудаанд.

Ҷадвали 2. - Концентратсияи металлҳои вазнин ва радиоактив дар оби шахтаи кони Киик-Тал

Элементҳои муайяншаванда	Концентратсияи элементҳо, мг/л	КҲИ, мг/л
Zn	0,34	5
Cu	0,16	1
Pb	0,31	0,03
Cd	0,0006	0,001
U	23	0,03

Таҳлили натиҷаҳои ҷадвали мазкур нишон доданд, ки миқдори элементҳои уран ва сурб нисбат ба КҲИ хеле зиёданд. Пас, оби шахтаи мазкурро барои ҷудо карда гирифтани ҷузъи арзишнок, махсусан уран истифода намудан ба мақсад мувофиқ аст.

Ҳамчунин, барои муқаррар намудани концентратсияи металлҳои вазнин дар оби шахтаи «Шарқӣ» низ САА истифода карда шуд. Таҳқиқи оби шахтаи мазкур тибқи фаслҳои сол гузаронида шуданд. Натиҷаи ченкуниҳо дар ҷадвали 3 инъикос шудааст.

Тибқи натиҷаҳои ҷадвали 3 муқаррар карда шуд, ки концентратсияи металлҳои вазнин дар тамоми фаслҳои сол барои оби шахтаи «Шарқӣ» ба ғайр аз элементи рух, аз меъёрҳои пешниҳод шудаи КҲИ ба таври назаррас зиёд мебошад. Ин аз он гувоҳӣ медиҳад, ки оби ин шахтаро бидуни коркарди пешақӣ барои хориҷ кардани металлҳои вазнин ҳамчун манбаи оби ошомиданӣ истифода бурдан мумкин нест.

Айнан ҳамин навъи таҳқиқот барои оби шахтаи «Капиталӣ» бо истифода аз САА иҷро карда шуд. Намунаҳои аз ин шахта гирифта шуда

барои ҳар кадоми фаслҳои сол дар алоҳидагӣ таҳқиқ карда шуданд. Натиҷаҳои таҳлил дар ҷадвали 4 дарҷ шудаанд.

Ҷадвали 3. - Динамикаи консентратсияи металлҳои вазнин дар об нисбат ба фаслҳои сол

Элементҳои ченшаванда	Консентратсияи металлҳои вазнин, мг/л				КҲИ, мг/л
	Баҳор	Тобистон	Тирамоҳ	Зимистон	
Pb	1,4243	0,6075	0,6341	0,5349	0,03
As	0,6132	0,5006	0,4387	0,4287	0,05
Zn	0,7461	0,5238	0,5465	0,4977	0,01
Cu	1,3542	1,2749	1,3762	1,2265	1
Ni	0,3133	0,2732	0,3107	0,2911	0,1

Ҷадвали 4. - Динамикаи консентратсияи металлҳои вазнин дар об нисбат ба фаслҳои сол

Элементҳои ченшаванда	Консентратсияи металлҳои вазнин, мг/л				КҲИ, мг/л
	Тобистон	Тирамоҳ	Зимистон	Баҳор	
Pb	0,9255	0,8866	0,9061	0,8737	0,03
As	0,5267	0,5046	0,5156	0,4972	0,05
Zn	0,6397	0,6129	0,6263	0,6039	0,01
Cu	1,1520	1,1036	1,1278	1,0875	1
Ni	0,2618	0,2508	0,2563	0,2471	0,1

Таҳлили натиҷаҳои ҷадвали мазкур нишон доданд, ки консентратсияи металлҳо дар тамоми фаслҳои сол аз КҲИ зиёданд ва он бояд то сатҳи оби нӯшокӣ тоза карда шавад.

Барои муайян кардани миқдори металлҳои вазнин дар обҳои партов низ аз САА истифода бурда шуд. Натиҷаҳои ҷенкунӣ дар ҷадвали 5 оварда шудаанд.

Таҳлили натиҷаҳои ҷадвали мазкур нишон доданд, ки консентратсияи металлҳо аз КҲИ зиёданд. Аз ин рӯ, оби мазкурро бе тозакунии пешакӣ аз мису руҳ ба хати ташноби шахрӣ партофтан мумкин нест.

Ҷадвали 5. - Консентратсияи металлҳои вазнин дар обҳои партови истеҳсоли васлкунак

Рақами намуна	Консентратсияи металлҳо дар оби партов, мг/л	
	Zn	Cu
№1	25043	13,41
№2	25360	13,57
КҲИ, мг/л	5	1

Усули химиявӣ муайянкунии консентратсияи параметрҳо. Барои нисбатан саҳеҳ муайян намудани таркиби обҳои нақбӣ №6 кони Табошар аз усули химиявӣ истифода карда шуд. Асосан аз усули титриметрия истифода кардем, ки барои муайянкунии ҳаҷми ионҳои сулфат бо хлориди барий пешбинӣ шудааст. Дар алоқамандӣ аз миқдори ионҳои сулфат дар намунаи таҳқиқшаванда қисми аликвотири аз 1 то 5 мл ҷудо карда

мегирем. Агар ин ҳисса аз 5 мл кам бошад, он гоҳ ба вай то 5 мл оби муқаттар ҳамроҳ мекунем ва ҳамчунин 1 қатра тезоби сулфати 0,1н, 15 мл спирти этил, 1 қатра индикатори нитхромазо ҳамроҳ карда, ва танҳо баъди ин дар давоми 1-2 сония амали титрирониро дар муҳити 0,05н хлориди барий то лаҳзаи дигаргуншавии ранги бунафш ба кабуд мегузаронем.

Қайд намудан лозим аст, ки агар дар оби таҳқиқшаванда таркиби намак зиёд бошад, он гоҳ ба вай то 0,5% комплексони 5% илова кардан мумкин аст. Дар ин ҳолат ҳамаи катионҳоро дар филтр такшон кардан мумкин аст. Баъди филтркунӣ намунаро турш кардан лозим нест. Намунаҳое, ки микдори зиёди СО ва НСО₃ доранд, баъди туршкунӣ меҷӯшонанд. Агар намуна хеле каммаҳсул бошад, пас онҳоро бо иловакунии тезоби сулфат титриронида, танҳо баъди он концентратсияи метали ванинро бо муодилаи зерин ҳисоб кардан мумкин аст:

$$C_{SO_4} = \frac{a \cdot 0.048 \cdot 0.05 \cdot 1000}{\text{ҳиссаи алиқвота}} \text{ (г/л)}$$

дар ин ҷо a – ҳаҷми 0,05н хлориди барий.

Барои параметрҳои дигар низ усули мазкури титриметрӣ дар алоқамандӣ аз махсусияти ҳар як параметр татбиқ карда шуда, натиҷаҳои ҳисобкунӣ дар ҷадвали 6 ҷой дода шудааст.

Ҷадвали 6. - Натиҷаҳои таҳлили химиявии оби нақби №6-и кони Табашар

Нишондиҳандаҳои физикино кимиёӣ	Қиматҳои ҳақиқӣ				КҲИ
	Зимистон	Баҳор	Тобистон	Тирамоҳ	
Дурушгӣ, мг-экв/л	9,95	9,56	11	10,54	7
Ca ²⁺ , мг/л	132	123,6	147,6	133	100
Mg ²⁺ , мг/л	41	41,3	44,4	47,4	50
K ⁺ , мг/л	14,13	12,8	14,79	12,6	12
Na ⁺ , мг/л	30,9	28,9	37,95	40,3	200
U, мг/л	0,97	1,25	1,35	1,31	0,03
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,022	0,04	0,031	0,042	0,5
CO ₃ ²⁻ , мг/л	2,37	3,21	3,6	3,1	-
HCO ₃ ⁻ , мг/л	241,4	228,5	297,68	280,7	30
NO ₃ ⁻ , мг/л	6,1	6,12	6,66	6,33	45
Боқим. хушк, мг/л	776,4	797,6	808,8	810,7	1000
SO ₄ ²⁻ , мг/л	225,9	286,6	339,5	390,3	500
Cl ⁻ , мг/л	32,7	23,8	28,71	33,4	350
Fe ³⁺ , мг/л	0,44	0,47	0,66	0,57	0,3

Тамоми натиҷаҳои дар ин ҷадвал оварда шуда қимати миёнаи бузургҳои ченшударо ифода мекунанд. Муқаррар карда шудааст, ки дар оби шахтавии корхонаи мазкур махсусан элементи уран аз меъёри муқаррарии КҲИ зиёд буда, истифодаи онро барои ошомидан ва обёрии заминҳои киштукор ғайриимкон мегардонад.

Бо истифода аз усули химиявӣ таркиби оби шахтавии кони Киик-Тал омӯхта шуд. Барои гирифтани қиматҳои саҳеҳ ва эътимоднок аз шахтаи мазкур обҳои таҳлилшаванда тибқи фаслҳои сол гирифта шуданд.

Натиҷаҳои гирифта шуда барои чор фасли соли 2021 дар ҷадвали 7 инъикос ёфтааст.

Ҷадвали 7. - Натиҷаҳои таҳлили химиявии оби шахтавии қони Киик-Тал

Нишондиҳандаҳои физикию кимиёӣ	Қиматҳои ҳақиқӣ				КҲИ
	Зимистон	Баҳор	Тобистон	Тираноҳ	
Дурушгӣ, мг-экв/л	10,95	12,76	12,3	13,5	7
Ca ²⁺ , мг/л	175	193	188	203	100
Mg ²⁺ , мг/л	27	38	36	41	50
K ⁺ , мг/л	14,9	23,7	23,4	25	12
Na ⁺ , мг/л	179,8	217	210	230	200
U, мг/л	20,3	24,6	23,17	22,1	0,03
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,09	0,16	0,22	0,12	0,5
CO ₃ ²⁻ , мг/л	7,8	13	12	16,3	-
HCO ₃ ⁻ , мг/л	213,94	267,32	256,4	250,6	30
NO ₃ ⁻ , мг/л	44,2	48,4	56,6	59,3	45
Боқим. хушк, мг/л	1614,1	1543,7	1513	1526	1000
SO ₄ ²⁻ , мг/л	807,16	735,6	701,2	726,5	500
Cl ⁻ , мг/л	45,32	90,8	99,97	106,3	350
Fe ³⁺ , мг/л	0,12	0,19	0,23	0,22	0,3

Тибқи натиҷаҳои таҳқиқот муайян карда шуд, ки уран, дуруштии об, калсий, калий, аммоний ва дигар параметрҳо барои ҳамаи фаслҳои сол аз меъёри КҲИ зиёд мебошанд. Қайд кардан лозим аст, ки ҷудо кардани ҷузъҳои арзишнок, ба мисли уран, аз ин об ба мақсад мувофиқ аст.

Бо мақсади муайян кардани таркиби оби шахтаи «Шарқӣ» намунаҳо дар миёнаи фаслҳои сол гирифта шуданд. Аз натиҷаҳои гирифта шуда муайян карда шуд, ки қариб ҳамаи параметрҳои оби шахтаи «Шарқӣ» аз ҳамдигар ба таври назаррас фарқ намуда, аз фасли сол вобастагӣ доранд (ҷадвали 8).

Сабаби баланд будани консентратсияи параметрҳои оби шахтаи мазкур дар он зоҳир мегардад, ки онҳо бо обҳои қабатӣ ҳал шуда, сипас, дар оби шахта ҷамъ шудаанд. Дар фасли баҳор нишондиҳандаҳои бениҳоят баланди параметрҳои муайяншаванда мушоҳида гардиданд. Дар ин замина, пешниҳод карда мешавад, ки ин ҳолат ба афзуншавии суръати сели об алоқамандӣ дорад, ки дар навбати худ ба суръати ҳалшавандагии ҷинсҳои кӯҳӣ даҳолат мекунад. Таҳқиқот нишон дод, ки сатҳи аммоний, нитрат ва карбонат дар оби шахтавӣ, дар фаслҳои гуногун қиматҳои нисбатан устуворро нишон доданд. Тағйирёбии мушоҳидашудаи консентратсияи ин ҷузъҳо дар фасли тобистон, тирамоҳ ва зимистон ночиз буд.

Аммо аз рӯи маълумотҳои дар ҷадвали 8 овардашуда қайд карда мешавад, ки таркиби химиявии оби шахтавии таҳқиқшаванда дар давоми сол тағйироти кулӣ ба амал меояд. Аксари параметрҳои ҷеншуда аз

концентратсияи КҲИ зиёданд, ки ин аз тағйироти назарраси сифати об вобаста ба фаслҳои сол шаҳодат медиҳад.

Ҷадвали 8. - Натиҷаҳои таҳлили химиявии оби шахтаи «Шарқӣ»

Параметрҳои муайяншаванда	Ҷиматҳои ҳақиқӣ				КҲИ
	Баҳор	Тобистон	Тиранмоҳ	Зимистон	
Дурушгӣ, мг-экв/л	17,4	14,7	13,35	13,63	7
Ca ²⁺ , мг/л	246	231	206	213	100
Mg ²⁺ , мг/л	63,4	43,6	37,2	39	50
K ⁺ , мг/л	15	10,3	5,8	7,45	12
Na ⁺ , мг/л	172	153	135	129	200
U, мг/л	0,15	0,089	0,057	0,066	0,03
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,021	0,036	0,027	0,017	0,5
CO ₃ ²⁻ , мг/л	7,3	6,2	6	6,7	-
HCO ₃ ⁻ , мг/л	200,7	238	244	240	30
NO ₃ ⁻ , мг/л	79	65	58	66	45
Оксидшавӣ, мг/л	0,63	0,61	0,71	0,54	5
Боким. хушк, мг/л	1707,4	1261	1437,5	1542,6	1000
Моддаҳои муаллақ, мг/л	2,3	2,24	1,89	1,62	0,25

Бо мақсади муайянкунии таркиби оби шахтаи «Капиталӣ» намунаҳо дар мобайни фаслҳои сол гирифта шуданд. Бо ин усул як қатор параметрҳои дигари оби шахтавӣ муайян карда шуданд. Натиҷаҳои ҳисоб шуда дар ҷадвали 9 дарҷ шудааст.

Ҷадвали 9. - Натиҷаҳои таҳлили химиявии оби шахтаи «Капиталӣ»

Нишондиҳандаҳои физикию кимиёӣ	Ҷиматҳои ҳақиқӣ				КҲИ
	Баҳор	Тобистон	Тиранмоҳ	Зимистон	
Дурушгӣ, мг-экв/л	14,1	15,3	13,5	14,5	7
Ca ²⁺ , мг/л	187,68	204	214	180,17	100
Mg ²⁺ , мг/л	51,6	56,1	58,85	49,55	50
K ⁺ , мг/л	7,36	8	8,4	7,1	12
Na ⁺ , мг/л	144,45	157	164	138,6	200
U, мг/л	0,092	0,11	0,105	0,101	0,03
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,012	0,013	0,014	0,011	0,5
CO ₃ ²⁻ , мг/л	5,41	6,1	6,40	5,39	-
HCO ₃ ⁻ , мг/л	214,54	233,2	244,63	205,96	30
NO ₃ ⁻ , мг/л	61,64	67	70,28	59,17	45
Оксидшавӣ, мг/л	0,5	0,49	0,47	0,51	5
Боким. хушк, мг/л	1486,35	1615,6	1694,76	1426,9	1000
Моддаҳои муаллақ, мг/л	1,6	1,7	1,25	1,4	0,25

Нишондиҳандаҳои физикию химиявии дар ҷадвали 9 оварда шуда барои фаслҳои сол исбот намуданд, ки концентратсияи аммоний, калий,

натрий ва ҳам дараҷаи оксидшавӣ ба таври назарнорас тағйир ёфта, ба меъёрҳои КҲИ оби нушукӣ мувофиқат мекунад. Аммо, ҳамаи параметрҳои боқимонда нисбат ба ин меъёр баланд аст. Ба саломати инсон элементҳои радиоактив, ба мисли уран таъсири манфӣ дорад, ки боиси қатъиян манъ гардидани оби шахтаи мазкур барои нӯшидан мегардад.

Дар моҳҳои гармтари сол сатҳи дуруштии об, миқдори уран, боқимондаи хушк ва моддаҳои муаллақ одатан зиёд мешавад. Ин падида аз сабаби кам шудани ҳаҷми ҷараёни об дар фасли тобистон аст. Дар ҳоле ки дар дигар фаслҳо тағйирёбии ин нишондодҳо ҳадди ақал боқӣ мемонад.

Концентратсияи оҳан бо усули титриметрӣ муайян карда шуд ва натиҷаҳои бадастомада дар ҷадвали 10 оварда шудаанд.

Ҷадвали 10. - Концентратсияи оҳан дар таркиби оби партови истехсоли васлкунак

Рақами намуна	Концентратсияи оҳан дар оби партовӣ, мг/л	КҲИ, мг/л
№1	248,7	0,3
№2	257,24	

Воқеан ҳам, концентратсияи баланди оҳан дар обҳои партов таваҷҷӯхро тақозо мекунад, зеро бе коркарди пешакӣ партофтани онҳо метавонад боиси ифлосшавии ҷиддии захираҳои об гардад. Ин на танҳо қоидаҳои экологиро вайрон мекунад, балки метавонад ба олами набототи ҳайвоноти обӣ таъсири манфӣ расонад. Аз ин рӯ, пеш аз партофтани обҳои партов, усулҳои мувофиқи коркардро барои паст кардани сатҳи оҳан ба ҳадди бехатар истифода бурдан лозим аст.

Таҳлил ва муқарраркунии омилҳои ба раванди тозакунии оби нақби №6 кони урани Табошар аз металлҳо

Таҳқиқи раванди сорбсияи уран аз оби нақби №6 дар шароити статикӣ. Ин таҳқиқот дар оби нақби №6-и кони урани Табошар, тибқи таркиби дар ҷадвалҳои 1 ва 6 оварда шуда иҷро карда шуд.

Бо мақсади интихоби самараноки тавсифи сорбентҳо дар шароити озмоишӣ аз 9 намунаҳои сорбентҳои гуногуни зерин истифода карда шуд: анионитҳои макротаркишии қавиасосии АМ-п ва Lewatit DW 630; анионитҳои макротаркишии заифасосии навъи - АМ-2Б; анионитҳои гелии қавиасоси навъи - АВ-17-8 ва АМП; катионити гелии қавитурши навъи - КУ-2-8; катионити макротаркишии заифтурши навъи – КМА; экстрагенти саҳти - ТВЭКС-ТБФ; ангишти фаъоли кокосии (АФК) навъи 207С.

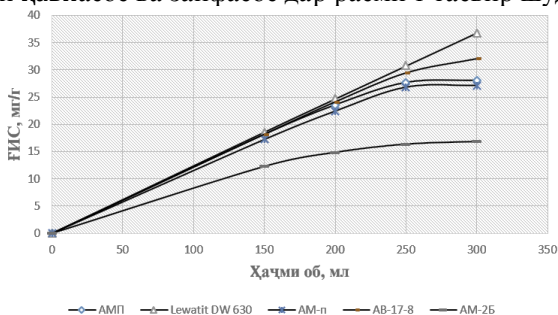
Дар оғози таҳлил, дар 4 зарфи ҳаҷмаш 500 мл бо 0,01 г сорбент (нисбат ба массаи сорбенти хушк) оби таҳқиқшавандаро ба миқдори 150, 200, 250 ва 300 мл (бо қимати ибтидоии концентратсияи уран ба 1,25 мг/л будан) рехтем. Сипас, сарпӯши зарфро маҳкам карда, ба шейкери озмоишии навъи IKA KS 260 устувор намудем ва бо суръати 350 гардиш/дақиқа ба кор андохтем. Дар ин ҳолат вақти омехташавӣ 8 соатро ташкил дод, сипас,

намунахоро дар давоми 16 соат барои бозгаштан ба ҳолати мувозинатӣ нигоҳ доштем. Баъди ба итмом расидани раванди сорбсия дар низоми статикӣ, сорбент аз об ҷудо карда шуда, об бо ёрии спектрометри атомӣ-абсорбсионӣ таҳлил карда шуд.

Ҳангоми таҳқиқи вобастагии ғунҷоиши ионивазкунии статикӣ (ҒИС) ҳамаи сорбентҳо аз консентратсияи мувозинатии уран муодилаи зерин истифода гардид:

$$\text{ҒИС} = \frac{(C_{\text{иб.}} - C_{\text{мув.}}) \cdot V}{m} \text{ (мг/г)},$$

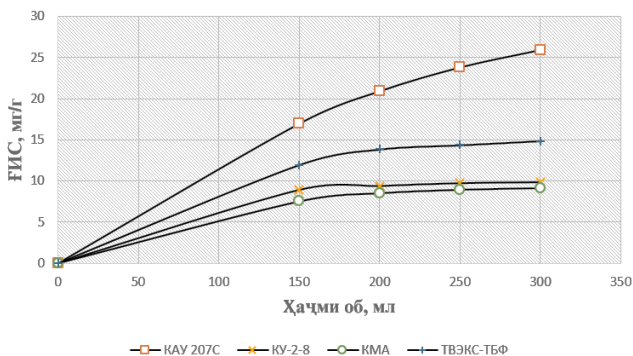
дар ин ҷо V – ҳаҷми об (л), m – массаи сорбенти хушк (г), $C_{\text{иб.}}$ - консентратсияи ибтидоии уран (мг/л), $C_{\text{мув.}}$ - консентратсияи мувозинатии уран (мг/л). Натиҷаҳои ҳосилшуда тибқи сорбсияи уран аз оби нақби №6 бо анионитҳои қавиасос ва заифасос дар расми 1 тасвир шудааст.



Расми 1. - Изотермаи сорбсияи уран дар оби нақби №6 бо анионитҳои қавиасос ва заифасос

Тибқи натиҷаҳои инъикос гардида муқаррар карда шуд, ки сорбсияи зиёдтарини уран бо истифода аз Lewatit DW 630 муайян карда мешавад, ки қимати ҒИС ба 36,81 мг/л баробар аст. Мушоҳида карда шуд, ки дар ҳолати консентратсияи ками боқимондаи уран изотермаи сорбсия якбора афзун мегардад. Дида мешавад, ки вобастагии ҒИС аз консентратсияи мувозинатии уран қариб хаттӣ аст. Аз ин ҷо бармеояд, ки вай ханӯз сер нашудааст ва минбаъд низ сорбсияи уранро аз об идома додан мумкин аст. Барои тасдиқи ин амал ба зарф миқдори иловагии обро то 400 мл ҳамроҳ намуда, худуди сершавиро муайян намудем. Барои ҳолати мазкур ҒИС Lewatit DW 630 қимати 42,35 мг/г-ро соҳиб гардид.

Дар зинаи дуюм ба сифати сорбенти беҳтарин АВ-17-8 меистад. Ҳангоми истифодаи он ҒИС барои уран ба 32,011 мг/г баробар мешавад. Сорбенти навъи АМП ва АМ-п аз рӯи самаранокии сорбсияи уран нисбат ба ду сорбенти болоӣ қиматҳои камтар дошта, ҒИС барои онҳо мувофиқан қиматҳои 28,05 ва 27,13 мг/г-ро дорад. Натиҷаи камтарини ҒИС-ро бо истифода аз АМ-2Б гирифтани мумкин аст, ки ба 16,83 мг/г баробар аст. Изотермаи сорбсияи уран барои сорбентҳои боқимонда дар расми 2 тасвир шудаанд.

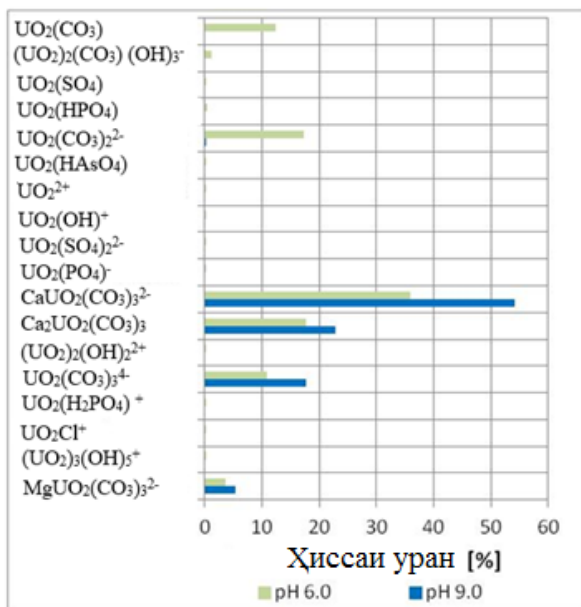


Расми 2. - Изотермаи сорбсияи уран бо катионитҳо, экстрагенти сахт ва ангишти фаъоли кокосӣ

Нишон дода шудааст, ки ҒИС-и ангишти фаъол гардониди шудаи кокосӣ қимати 25,92 мг/г – ро соҳиб гардида, барои сорбентҳои боқимонда бошад, аз қимати 15 мг/г боло намешавад. Қимати хурдтарини ҒИС бо истифода аз КУ-2-8 ва КМА ба даст оварда мешавад, ки мувофиқан ба 9,84 мг/г ва 9,15 мг/г баробар аст. Ин ҳолат имконпазир аст, зеро уран дар оби таҳқиқшаванда бештар дар намуди комплекси анионӣ дучор мешавад (расми 3).

Тибқи қиматҳои гирифта шуда бо усули ивазкунии ионӣ барои хориҷ кардани уран аз оби нақби №6 зарурияти муайянкунии навъи сорбент ва ҳам ташаккулёбии навъи уранил ба мадди назар гирифта шуд. Аз ҳисоби мавҷудияти калсий ва гидрокарбонатҳо, эҳтимол дар оби таҳқиқшаванда ташаккулёбии комплекси уранил-ион (масалан, комплекси $\text{Ca}_2\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3$ пайдо мешавад. Тавре ки маълум аст, уранил-карбонати калсий раванди сорбсияи уранилро суст мегардонад. Дар ҳолати ташаккулёбии номусоид, рН-и муҳитро барои таъмини самараноки хориҷкунии уран бо усули ивазкунии ионӣ мучаҳҳаз кардан лозим аст. Бо назардошти ин омил рН-и об аз қимати 9 (ҳолати табиӣ об) то 6 (ҳолати туршшавӣ) фароварда шуд, то ки саҳеҳии ташаккулёбии навъи уранил (ин амал тибқи таъминоти барномавии PhreeqC ва Wateq4f бо иловакунии ҷинси уранил-карбонати ишқорӣ-заминӣ ҳисоб карда шуд) ва интиҳоби потенциали оператсионии сорбент муайян карда шуд.

Тибқи расми 3 қайд карда шуд, ки миқдори катионҳои уранил дар оби таҳқиқшаванда назарногир аст, бинобар ин ҒИС сорбентҳои навъи КУ-2-8 ва КМА на он қадар баланд аст. Дар заминаи қиматҳои таҷрибавӣ гирифта шуда хулоса баровардан мумкин аст, ки қимати калонтарини ҒИС нисбат ба уран бо истифода аз қатрони навъи Lewatit DW 630 муайян карда шуд. Дар баробари хориҷкунии уран аз оби нақби №6, ҳамчунин ба таври назаррас дигар металлҳои радиоактив ва вазнин низ хориҷ гардида, оби тозашуда аз рӯи сифаташ ба оби техникӣ монанд мегардад.



Расми 3. - Ташаккулёбии навъи уранил дар вобастагӣ аз рН-и муҳит

Ҳамин тавр, аз рӯи самаранокии сорбсияи уран аз оби нақби № 6 кони Табосҳар, тамоми сорбентҳои истифодашударо бо пайдарпаии зерин гузаштан мумкин аст: Lewatit DW 630 > АВ-17-8 > АМП > АМ-п > КАУ 207С > АМ-2Б > ТВЭКС-ТБФ > КУ-2-8 > КМА.

Таҳқиқи сорбсияи уран аз оби нақби № 6 дар шароити динамикӣ.

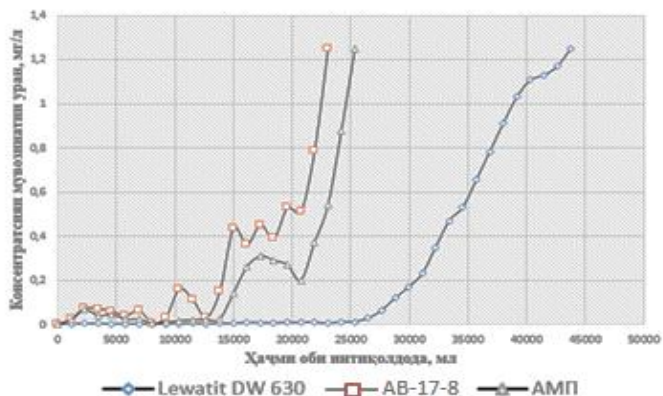
Усули дуҷоми муайянкунии самаранокии сорбентҳо – сорбсияи моддаҳо дар ҳолати динамикӣ ба ҳисоб меравад. Бо ин мақсад дар зарфи шишагии сорбсионӣ (бюретка) ба миқдори 1 г сорбентро (нисбат ба массаи сорбенти хушк) ҷой дода, тавассути он обро гузаронидем. Сараввал вобастагии ҒИД сорбентро аз суръати ҷоришавии об омӯхтем. Аз натиҷаҳои ғирифташуда муқаррар намудем, ки суръати оптималии интиқоли об тавассути сорбенти навъи Lewatit DW 630 қимати 0,8 мл/дақиқа соҳиб мешавад. Ба таври даврӣ намунаи обҳо барои таҳлили уран то ҷаҳиши концентратсияаш дар филтрат ғирифта шуданд. Қимати ҒИД тибқи формулаи зерин ҳисоб карда шуд:

$$\text{ҒИД} = \frac{C_{\text{иб}} \cdot V_{\text{ҷах}}}{m},$$

дар ин ҷо $C_{\text{иб}}$ - концентратсияи ибтидоии уран (мг/л), $V_{\text{ҷах}}$ – ҳаҷми оби интиқол шуда то лаҳзаи ҷаҳиш (л), m – массаи сорбенти хушк (г).

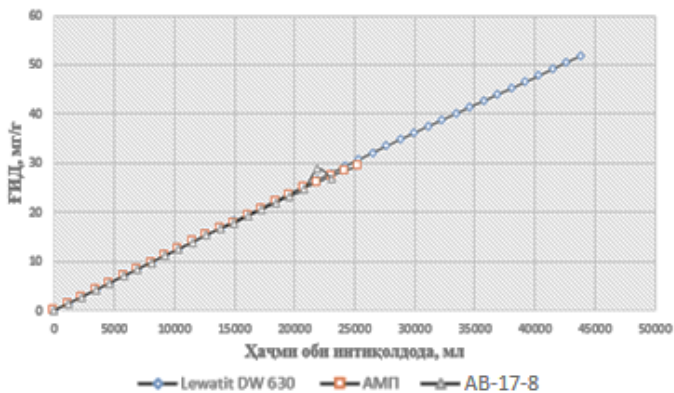
Қайд кардан зарур аст, ки барои интиқоли сорбенти беҳтарин дар раванди тозакунии оби нақби №6 дар низоми динамикӣ се навъи сорбентҳое (Lewatit DW 630, АВ-17-8 ва АМП), ки дар низоми статикӣ бо онҳо қиматҳои баландтарин ғирифта шуда буд, истифода карда шуд.

Натиҷаҳои муқоисавии таҷрибавии гирифташуда дар расми 4 тасвир карда шудаанд.



Расми 4. - Натиҷаҳои муқоисавии вобастагии ҳаҷми концентратсияи уран аз ҳаҷми оби интиқолшуда хангоми сорбсия дар низоми динамикӣ

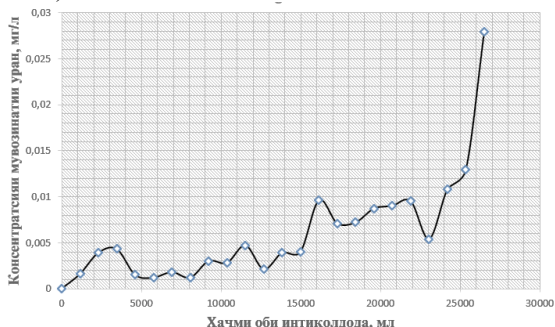
Тибки натиҷаҳои таҷрибавӣ муқаррар карда шуд, ки уран нисбатан бештар бо истифода аз сорбенти Lewatit DW 630 ва нисбатан пасттар аз тарафи сорбенти АВ-17-8 гирифта мешавад. Дар ҳолати якхела будани шarti таҷрибаҳо концентратсияи мувозинатии уран дои тозашианда бо сорбенти АВ-17-8 нисбатан зиёдтар меафзояд. Дар ҷои дуҷум сорбенти АМП меистад. Агар барои АВ-17-8 ҳаҷми концентратсияи уран дар 20 шабонарӯз ва барои АМП 22 шабонарӯз мушоҳида гардад, пас, барои сорбенти Lewatit DW 630 ҳаҷми он дар давоми 38 шабонарӯз мушоҳида мегардад. Айнан ҳамин тавр вобастагии ҒИД-и сорбентҳо аз ҳаҷми оби интиқол шуда дар шароити якхела таҳқиқ карда шуданд. Натиҷаҳои муқоисавӣ нисбати ин таҷрибаҳо дар расми 5 нишон дода шудааст.



Расми 5. - Вобастагии ҒИД-и сорбентҳо аз ҳаҷми оби интиқолшуда

Муқаррар карда шуд, ки ҳангоми интиқоли 23000 мл ҳаҷми оби аз сорбенти АВ-17-8 интиқол шуда ҷаҳиш мушоҳида шаванд, гуфтан мумкин аст, ки сорбент ба сершавӣ дучор гардид. Сорбенти АМП танҳо ҳангоми интиқолшавии 25344 мл ба сершавӣ майл мекунад. Аз ин натиҷаҳо хулоса баровардан мумкин аст, ки сорбенти нисбатан афзалиятноктар навъи Lewatit DW 630 бо ҒИД 51,95 мг/г ба ҳисоб меравад. Айнан чунин қиматҳои ҒИД барои сорбентҳои АМП ва АВ-17-8 мувофиқан ба 29,55 ва 26,75 мг/г – ро ташкил мекунад.

Қайд кардан лозим аст, ки ҳангоми тозакунии об аз уран бо сорбенти Lewatit DW 630 то сатҳи оби нӯшоқӣ (тибқи пешниҳоди АБЭА – КҲИ = 0,03 мг/л) бояд аз ин сорбент ба миқдори 26,5 л обро интиқол намудан лозим аст (расми 6).



Расми 6. - Вобастагии консентратсияи мувозинатии уран то дастраскунии қимати КҲИ аз ҳаҷми оби интиқолшуда бо истифода аз Lewatit DW 630 ба сифати сорбент дар низоми динамикӣ

Аммо бо ҳамин харҷи об сорбентҳои навъи АМП ва АВ-17-8 ба зинаи сершавӣ мебароянд. Ҳамчунин, ҳангоми сорбсияи уран (97,76%), металлҳои дигар дар намуди комплексҳо (Th - 89,56% ва Ra - 96,62%) низ сорбсия мешаванд, аммо консентратсияи онҳо аз меъёри КҲИ барои обҳои техникӣ паст мебошад.

Ҳамин тавр дар заминаи натиҷаҳои таҷрибавии гирифташуда ба хулоса омадан мумкин аст, ки сорбенти нисбатан муносиб барои хориҷ кардани уран ва дигар металлҳо аз оби нақби №6, дар низоми динамикӣ навъи Lewatit DW 630 истехсоли Олмон ба ҳисоб меравад.

Таҳқиқи десорбсияи уран аз сорбентҳои сершуда. Барои муайян намудани усули самаранокӣ десорбсияи уран аз сорбентҳои сершуда, аз ҳар кадоми сорбентҳо ба андозаи 1 см³ гирифта шуд. Дар оғоз таносуби «сахт ва моеъ» (С:М) дар раванди десорбсия омӯхта шуд. Дар се зарфи шишагии шаклаш конусӣ, ки сорбенти сершудаи навъи Lewatit DW 630 дорад, маҳлули 15%-и тезоби сулфатро бо таносуби 1:1, 1:2 ва 1:3 рехта, сипас, омехтаи ҳосилшударо дар шейкери озмоишӣ давоми 1 соат омехта немудем. Баъд, сорбентро аз маҳлул ҷудо карда гирифта, раванди десорбсияро бо истифода аз тезоби сулфат дар таносуби номбаршудаи

С:М такроран гузаронидем. Баъд аз он сорбентро бори дигар аз махлул чудо карда, давоми як соат се маториба бо оби муқаттар омехта карда, такроран боз чудо карда гирифтем. Десорбати ҳосилшударо бо спектрометри атомӣ-абсорбсионӣ таҳлил намудем. Айнан ҳамин навъи таҷрибаҳоро барои десорбсияи уран аз сорбентҳои АВ-17-8 ва АМП низ иҷро намудем. Натиҷаҳои гирифташуда дар ҷадвали 11 инъикос ёфтаанд.

Ҷадвали 11. - Натиҷаҳои десорбсияи уран аз сорбентҳо бо истифода аз тезоби сульфати 15%-а ба сифати ҳалқунанда

Таносуби С:М	Дараҷаи десорбсияи уран аз сорбентҳо, %		
	АВ-17-8	АМП	Lewatit DW 630
1:1	47,4	52,6	63,21
1:2	74,7	82,21	85,6
1:3	79,32	79,84	83,9

Аз натиҷаҳои ҷадвали 11 муқаррар карда шуд, ки дар таносуби С:М=1:1 дараҷаи калонтарини десорбсияи уран аз сорбентҳои Lewatit DW 630 гирифта шуда, хурдтаринаш бошад, ба АВ-17-8 рост меояд. Барои таносуби С:М=1:3 дараҷаи десорбсияи уран аз сорбенти Lewatit DW 630 низ дар муқоиса бо сорбентҳои дигар афзалият дорад. Мутаассифона, афзункунии минбаъдаи таносуби С:М аз қимати 1:2 боло, мутаносибан ба зиёдшавии самараноки дараҷаи раванди десорбсия намеорад. Ин ҳолат, эҳтимол, ба таъдилшавии раванди сорбсияи уран аз махлул баръақс ба сорбенти Lewatit DW 630 алоқаманд аст. Раванди мазкур барои сорбенти АМП низ қаноатманд намегузарад, аммо барои АВ-17-8 дар ин ҳолат дараҷаи десорбсияи уран қариб ба андозаи 5% афзун мегардад.

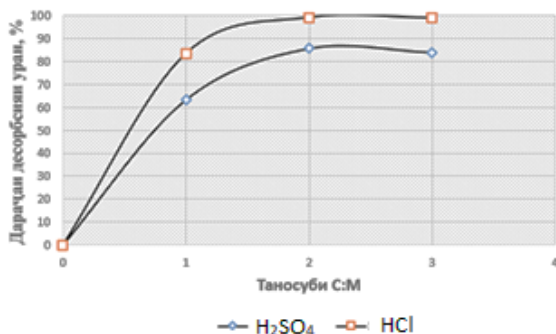
Ҳамчунин раванди десорбсияи уран аз сорбентҳо бо маҳлули 15%-и тезоби хлорид низ омӯхта шуд. Шарти гузаронидани таҷрибаҳо айнан ба мисли таҷрибаҳои бо маҳлули 15%-и тезоби сульфат илова шуда монанд буд. Натиҷаҳои таҷрибаҳои гирифташуда дар ҷадвали 12 дарҷ шудааст.

Ҷадвали 12. - Натиҷаҳои десорбсияи уран аз сорбентҳо ба сифати ҳалқунанда маҳлули 15%-и тезоби хлорид дошта

Таносуби С:М	Дараҷаи десорбсияи уран аз сорбентҳо, %		
	АВ-17-8	АМП	Lewatit DW 630
1:1	55,76	59,42	83,32
1:2	95,47	98,85	99,08
1:3	98,64	98,66	98,87

Аз натиҷаҳои ҷадвали 12 муайян карда шуд, ки таносуби оптималӣ барои десорбсияи уран аз сорбенти навъи Lewatit DW 630 ва АМП шарти С:М=1:2 ба ҳисоб меравад, ки дар он уран мувофиқан ба андозаи 99,08 ва 98,85%, десорбсия мешавад. Барои сорбенти АВ-17-8 шарти оптималии таносуби С:М=1:3 буда, десорбсияи уран қимати 98,64%-ро соҳиб мешавад.

Натиҷаҳои гирифта шуда нисбати десорбсияи уран аз Lewatit DW 630 бо истифода аз маҳлулҳои гуногун исбот намуданд, ки татбиқи тезоби хлорид ба сифати ҳалқунанда нисбатан самаранок аст (расми 7).



Расми 7. - Вобастагии дараҷаи десорбсияи уран аз Lewatit DW 630 ҳангоми истифодабарии тезобҳои хлорид ва сулфат

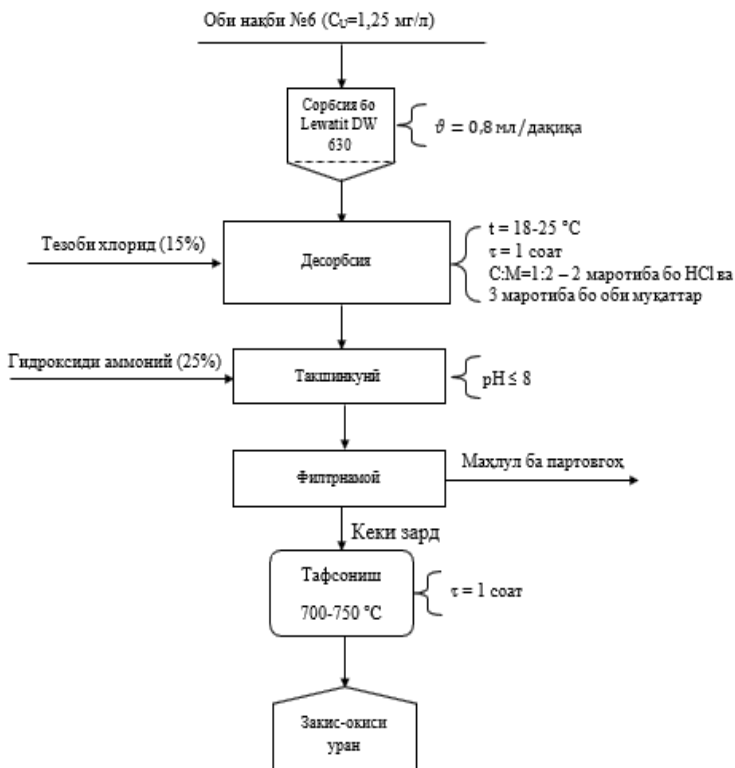
Тибқи хати қачи вобастагии расми 7 муқаррар қада шуд, ки барои ҳар ду ҳалқунандаҳо (тезобҳои сулфат ва хлорид) дараҷаи максималии десорбсияи уран ҳангоми иҷрошавии шартӣ таносуби С:М=1:2 иҷро мегардад. Барои таносуби мазкур дараҷаи десорбсия мувофиқан ба 99,08% (барои тезоби хлорид) ва 85,6% (барои тезоби сулфат) баробар мешавад. Аз десорбатҳои ҳосил карда шуда уран бо ёрии оби аммиакдор тақшон карда мешавад.

Дар заминаи натиҷаҳои гирифта шуда хулоса бароварда шуд, ки барои десорбсияи уран аз сорбенти навъи Lewatit DW 630, тезоби хлорид ҳалқунандаи нисбатан самаранок ба ҳисоб меравад, ки имконияти десорбсиякунии беш аз 99%-и уранро имконпазир мегардонад.

Коркарди технологияи принсипан нави тарҳи раванди тозакунии оби нақби №6 кони Табошар аз металлҳои радиоактив ва вазнин. Дар заминаи қиматҳои таҷрибавии бисёр хулоса баровардан мумкин аст, ки аз 9 сорбентҳои истифодашуда барои хорич кардани металлҳои радиоактив ва вазнин аз об қиматҳои калонтарини ГИС, ГИД, кинетикаи раванди сорбсия ва десорбсия танҳо бо сорбенти навъи Lewatit DW 630 ба даст оварда мешавад.

Сорбенти мазкур бо тамоми тавсифоташ аз сорбенти то имрӯз маъмули АВ-17-8 афзалиятҳои кулл дорад. Дар шароити динамикӣ, ҳангоми ГИД-и АВ-17-8 қимати 26,75 мг/г – ро доштан, ГИД-и сорбенти Lewatit DW 630 ба 51,95 мг/г – ро дорад. Ғайр аз ин, сорбенти Lewatit DW 630 ҳангоми десорбсияи уран аз сорбентҳои сершуда бо истифодаи тезоби хлорид як қатор афзалиятҳои хос дорад. Тақрибан бо чунин хароҷот оби нақби конро то савияи оби техникӣ бо усули коагулятсионӣ тоза кардан мумкин аст, лекин дар натиҷа миқдори зиёди шламҳо ҷудо мешавад (тақрибан 2100 т/сол), ки дар таркибаш радий ва уран мавҷуд шуда метавонад. Тозакунии чунин партовҳо боз як муаммои навро ба миён меорад, ки бо хароҷоти кам ҳал карданаш ғайриимкон аст.

Бо назардошти омилҳои номбаршуда, дар қори мазкур тарҳи технологӣ коркард карда шуд (расми 8) ва он аз зинаҳои зерин иборат аст:



Расми 8. - Тарҳи принципалии нави технологияи раванди тозакунии оби нақби №6 аз металлҳои радиоактив ва вазнин

Дар зинаи аввал оби тозашаванда аз қабати Lewatit DW 630 бо суръати 0,8 мл/дақиқа аз боло ба поён интиқол карда мешавад. Раванди сорбсияи уран то лаҳзаи ҷаҳиши концентратсияи уран, яъне то лаҳзаи сершавии сорбент, назорат карда шуда, сипас, вай аз об ҷудо карда мешавад.

Дар зинаи дуюм сорбенти сершуда дар муҳити маҳлули 15%-и тезоби хлорид бо таносуби С:М=1:2 дар ҳарорати хонагӣ ду маротиба давоми як соат гирифтори десорбсия мегардад. Сипас, дар муҳити маҳлули таносубаш С:М=1:2 се маротиба бо оби муқаттар тӯли як соат омехта мекунанд.

Дар зинаи сеюм сорбент аз маҳлул ҷудо карда шуда ба такшонкунӣ фиристода мешавад. Дар амали такшонкунии уран гидроксили аммоний (25%) бо мақсади таҳрири рН то ба қимати 8 расидани он истифода мешавад. Дар натиҷа диурани аммоний такшон мешавад.

Дар зинаи чорум кек аз маҳлули ибтидоӣ ҷудо карда мешавад.

Дар зинаи панҷум кеки зард ба тафдони ҳарораташ 700-750°C дар давоми як соат гузошта мешавад. Дар натиҷаи иҷроиши зинаҳои номбаршуда аз диурани аммоний закис-оксиди уран ҳосил мешавад. Гудозиши диурани аммоний дар ҳарорати 700-750°C зина ба зина мегузарад.

Дар зинаи шаштум концентрати закис – оксиди уране, ки дар таркибаш металлҳои радиоактивӣ дигар ва вазнин низ ҳастанд, ҳосил карда мешавад. Чой доштани чунин элементҳо дар концентрати уран аз тозашиви оби нақби №6 шаҳодат медиҳад.

Таҳлил ва муқарраркунии омилҳои, ки ба раванди тозакунии оби шахтавии кони урани Киик-Тол аз металлҳо

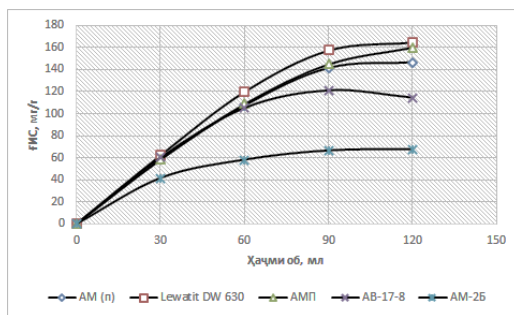
Таҳқиқи сорбсияи уран аз оби шахтавӣ дар низоми статикӣ. Баъди баста шудани кони Киик-Тол дар соли 1987 барои тоза кардани обҳои шахтавӣ дастгоҳи сорбсионӣ пур аз қатрони анионити АМ-п насб карда шуд, ки дар он обҳои ифлосшудаи урандор тоза карда мешаванд ва сипас ба ҳавзи филтратсия-бухоршавӣ (ҲФБ) партофта мешаванд.

Масъалаи ин марҳилаи таҳқиқот омӯзиши имкони истихроҷи уран аз обҳои шахтавии кони Киик-Тол бо истифода аз сорбентҳои гуногун - ҳамчун алтернатива ба қатрони анионивазкунандаи қавиасоси АМ-п, ки бо мақсади паст кардани концентратсияи уран дар обҳои партофташаванда то дараҷаи КҲИ истифода мешаванд, мебошад ва ҳамин тавр ифлосшавии обҳои зеризаминӣ аз байн меравад.

Бо мақсади интиҳоб намудани сорбенти аз ҷиҳати хусусияти сорбсионӣ самарабахштарин 9 намунаи сорбентҳои гуногун дар шароити лабораторӣ санҷида шуд: анионивазкунандаҳои қавиасоси макропори - АМ-п ва Lewatit DW 630; анионивазкунандаи заифасоси макропори - АМ-2Б; анионивазкунандаи гелии қавиасос - АВ-17-8 ва АМП; катионити гелий-қавитурш - КУ-2-8; катионити заифтезоби макропори КМА; экстрагенти саҳт - ТВЭКС-ТБФ ва ангишти фаъоли кокосӣ (АФК) намуди 207С.

Тартиби таҷрибавӣ чунин буд: барои сохтани изотермаҳо бо усули «ҳаҷми тағйирёбанда» оби санҷиширо ба миқдори 30, 60, 90 ва 120 мл ба зарф рехта, баъд зарфҳоро сарпӯш карда, ба дастгоҳи ларзишкунандаи лаборатории навъи КА KS 260 гузоштанд. Вақти ларзиш 8 соат буд, ки пас аз он зарфҳо барои мувозинат то 16 соат гузошта шуданд. Дар охири раванди сорбсия дар низоми статикӣ, сорбент аз об ҷудо карда шуд ва маҳлулҳои модарӣ бо истифода аз спектрометри атомӣ-абсорбсионӣ таҳлил карда шуданд.

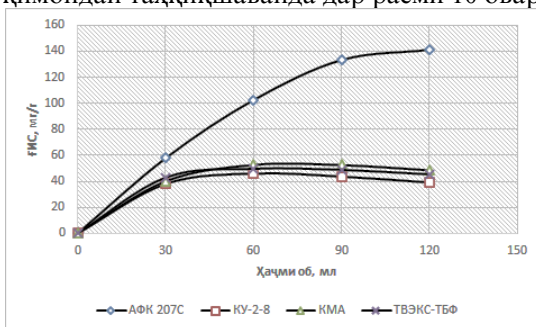
Аввалан, вобастагии ҒИС ҳамаи сорбентҳо аз концентратсияи мувозинатии уран дар об омӯхта шуд. Натиҷаҳои, ки оид ба сорбсияи уран аз оби шахтавӣ тавассути анионитҳои қавиасос гирифта шудаанд, дар расми 9 оварда шудаанд.



Расми 9. - Изотерми сорбсияи уран аз оби шахтавӣ тавассути анионитҳои қавиасос

Дар асоси натиҷаҳои ба даст овардашуда, баландтарин сорбсияи интихобии уран муқаррар карда шуд, ки он бо истифода аз қатрони анионивазкунии қавиасоси Lewatit DW 630 ба даст оварда мешавад ва ҒИС он ба 164,8 мг/г баробар аст. Нишон дода шудааст, ки дар консентратсияи ками боқимондаи уран изотермаи сорбсионӣ яқбора зиёд мешавад. Бояд қайд кард, ки вобастагии ҒИС аз консентратсияи мувозинатии уран ғайрихаттӣ аст. Аз ин хулоса баровардан мумкин аст, ки дар нуқтаи охири қачӣ он сер шудааст (расми 9).

Дар ҷои дигар, ҳамчун сорбенти интихобӣ, АМП бо ҒИС-и 160,2 мг/г қарор дорад. Сорбенти АМ-п аз ҷиҳати сорбсияи уран аз ду сорбенти дар боло номбаршуда пасттар буда, ҒИС-и он ба 146,3 мг/г расид. Инчунин муайян карда шуд, ки ҳангоми истифодабарии анионити АВ-17-8 ҒИС-и он ба 114,5 мг/г ва ҳангоми истифода бурдани қатрони АМ-2Б дар ин шароит ба 67,3 мг/г мерасад. Изотермаҳои сорбсияи уран барои сорбентҳои боқимондаи таҳқиқшаванда дар расми 10 оварда шудаанд.



Расми 10. - Изотермаҳои сорбсияи уран дар катионитҳо, экстрагенти саҳт ва ангишти фаъоли кокосӣ

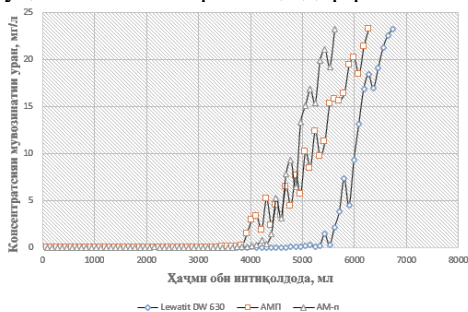
Муайян карда шуд, ки ҒИС-и ангишти фаъоли кокосӣ 141,1 мг/г буда, барои сорбентҳои боқимонда аз 53 мг/г зиёд нашудааст. Камтарин ҒИС бо КУ-2-8 - 39,2 мг/г ба даст оварда мешавад.

Дар асоси маълумоти таҷрибавӣ, метавон ба хулоса омад, ки баландтарин ҒИС барои уран бо истифода аз қатрони намуди Lewatit DW 630 ба даст оварда мешавад. Дар баробари уран, дигар металлҳои радиоактив ва вазнин низ аз об ба миқдори назаррас тоза карда мешаванд [18-М, 44-М].

Ҳамин тариқ, мувофиқи самаранокии сорбсияи уран аз обҳои кони Киик-Тол ҳамаи сорбентҳои омӯхташударо дар қатори зерин ҷойгир кардан мумкин аст: Lewatit DW 630 > АМП > АМ-п > АФК 207С > АВ-17-8 > АМ -2Б > КМА > ТВЭКС - ТБФ > КУ-2-8.

Таҳқиқи сорбсияи уран аз оби шахтавӣ дар низоми динамикӣ. Бо мақсади муайянкунии самаранокии сорбентҳо дар шароити динамикӣ, ба зарфи шишагии сорбсионӣ (колонна) 1г сорбентро (нисбат ба массаи сорбенти хушк) гузошта, аз вай обро интиқол медиҳем (таркиби оби ибтидоӣ дар ҷадвалҳои 2 ва 7 нишон дода шудааст). Сараввал вобастагии ҒИД-и сорбентҳоро аз суръати ҷоришавии об омӯхтем. Аз натиҷаҳои гирифташуда муқаррар карда шуд, ки суръати муътадили интиқоли об барои сорбенти навъи Lewatit DW 630 қимати 0,65 мг/дақиқа ро дорад. Об ба самти аз поён ба боло равона карда шуд. Ба таври даврӣ намунаҳои об барои таҳлили уран то ҷаҳиши концентратсияи он дар филтрат гирифта шуданд.

Қайд кардан лозим аст, ки барои муайян кардани сорбенти беҳтарин барои тозакунии оби шахтавӣ дар низоми динамикӣ се навъи сорбентҳо (Lewatit DW 630, АМП ва АМ-п) тафтиш карда шуданд, ки бо онҳо дар речаи статикӣ дараҷаи баланди тозакунии об аз уран мушоҳида гардида буд. Натиҷаҳои муқоисавии ин сорбентҳо дар расми 11 тасвир шудаанд.

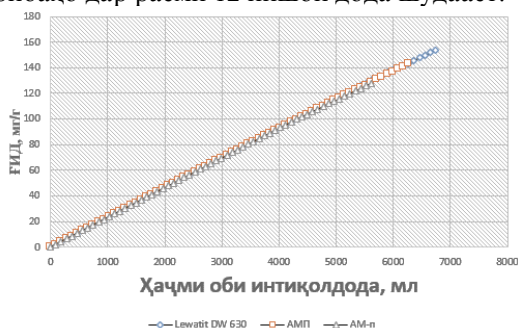


Расми 11. - Натиҷаҳои муқоисавии вобастагии ҷаҳиши концентратсияи уран аз ҳаҷми оби интиқолшуда ҳангоми раванди сорбсия дар низоми динамикӣ

Мувофиқи натиҷаҳои таҷрибавӣ муайян карда шуд, ки самаранокии беҳтарини сорбсияи уран (ба 99,97% то дараҷаи поён барои оби нушоқӣ – тавсияи АБЭА - КҲИ=0,03 мг/л) бо истифодаи сорбенти навъи Lewatit DW 630, пастаринаш бошад, бо навъи АМ-п гирифта мешавад. ҒИД-и сорбенти АМП ҳолати мобайниро байни сорбентҳои Lewatit DW 630 ва

АМ-п ишғол мекунад. Ҳангоми якхела будани шартҳои гузаронидани таҷрибаҳо консентратсияи мувозинатии уран дар оби тозашаванда бо сорбенти АМ-п бештар меафзояд. Дар ҷои дуум бо ин нишондиҳанда сорбенти АМП меистад. Агар бо истифодаи сорбенти АМ-п ҷаҳиши консентратсияи уран баъди 60 шабонарӯз, бо сорбенти АМП бошад – баъди 67 шабонарӯз мушоҳида гардад, пас, бо истифода аз сорбенти Lewatit DW 630 ин нишондиҳанда танҳо баъди 72 шабонарӯз мушоҳида мегардад.

Ҳамчунин вобастагии ҒИД-и сорбентҳо аз ҳаҷми оби интиқолшуда дар шароити якхелаи таҷриба иҷро карда шуд. Натиҷаҳои таҳқиқот нисбати ин таҷрибаҳо дар расми 12 нишон дода шудааст.



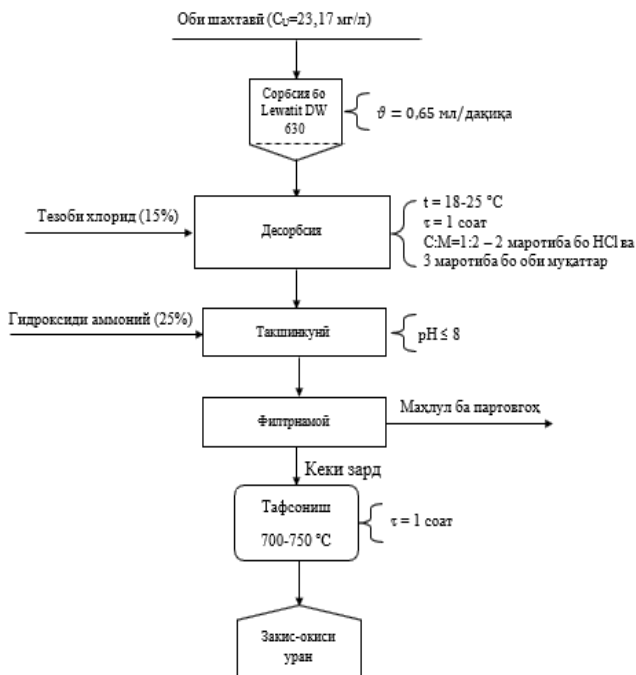
Расми 12. - Вобастагии ҒИД-и сорбентҳо аз ҳаҷми оби аз сорбент интиқолшуда

Тибқи вобастагӣ (расми 12) муқаррар карда шуд, ки ҳангоми ҷоришавии 5616 мл оби аз сорбенти АМ-п гузашта, ҷаҳиш мушоҳида мешавад, ки аз сершавии сорбент гувоҳӣ медиҳад. Сорбенти АМП танҳо ҳангоми 6271 мл сер мешавад, ҳол он ки ин ҳолат барои сорбенти Lewatit DW 630 танҳо барои ҳаҷми оби 6740 мл ҷой дорад. Аз ин натиҷаҳо бармеояд, ки сорбенти нисбатан беҳтарин Lewatit DW 630 ба ҳисоб меравад, ки ҒИД-аш қимати 154 мг/г-ро дорад. Айнан дар чунин шароити таҷриба ҒИД барои сорбенти АМП ва АМ-п мувофиқан ба 143 ва 128 мг/г баробар мешавад. Аз ин натиҷаҳо хулоса баровардан мумкин аст, ки сорбенти аз ҳама мусоид барои хорич намудани уран ва дигар металлҳо аз об дар низоми динамики навъи Lewatit DW 630 ҳисоб меёбад.

Коркарди тарҳи технологияи нави раванди тозакунии оби шахтавии кони Киик-Тол аз металлҳои радиоактив ва вазнин. Дар заминаи қиматҳои таҷрибавӣ пешниҳод карда мешавад, ки аз 9 (нӯҳ) сорбентҳои барои тозакунии оби шахтаи кони Киик-Тол истифодашуда, бузургҳои калонтарини ҒИС, ҒИД ва ҳам кинетикаи беҳтарини раванди сорбсия ва десорбсияи уран танҳо ба татбиқи сорбенти навъи Lewatit DW 630 мувофиқ меояд. Сорбенти мазкур бо тамоми тавсифҳои нисбат ба сорбенти алҳол истифодашавандаи АМ-п, ки бештар барои хорич намудани уран дар объекти таҳқиқшаванда кор фармуда мешавад,

афзалияти кулл дорад. Ҳангоми иваз намудани сорбенти АМ-п бо сорбенти навъи Lewatit DW 630, раванди сорбсияи уран аз оби шахтаи мазкур бениҳоят бехтар мегардад – ҒИД-и Lewatit DW 630 нисбат ба сорбенти АМ-п ба андозаи 17% афзун мегардад.

Бо назардошти омилҳои номбаршуда, тарҳи технологӣ коркард карда шуд (расми 13) ва он аз зинаҳои зерин иборат аст:



Расми 13. - Тарҳи принципии нави технологияи раванди тозакунии оби шахтаи кони Киик-Тол аз металлҳои радиоактив ва вазнин

Дар зинаи аввал оби тозашаванда аз қабати Lewatit DW 630 бо суръати 0,65 мл/дақиқа дар самти аз поён ба боло фиристода мешавад. Раванди сорбсияи уран то лаҳзаи ҳақиқи концентратсияи уран, яъне то савияи сершавии Lewatit DW 630 назорат карда мешавад.

Дар зинаи дуюм сорбенти сершуда ба амали десорбсия бо истифода аз маҳлули 15%-и тезоби хлорид бо таносуби С:М=1:2 ду маротиба дар давоми 1 соат дар ҳарорати хонагӣ дучор карда мешавад. Сипас, ин мавод се маротиба бо оби муқаттар бо таносуби С:М=1:2 дар давоми 1 соат омехта карда мешавад.

Дар зинаи сеюм сорбент аз маҳлул ҷудо карда шуда, ҳуди маҳлул барои такшоншавии уран равона карда мешавад. Бо ин мақсад гидроксида аммоний (25%), ки маҳлулро то қимати рН=8 шуданаш илова мекунанд, истифода мешавад.

Дар зинаи чорум кеки зард аз махлули ибтидоӣ ҷудо карда мешавад. Дар зинаи панҷум кеки зард ба тафдони ҳарораташ 700-750°C гузошта шуда, дар тӯли 1 соат тафсонида мешавад. Дар натиҷаи иҷроиши амалҳои номбаршуда аз диурани аммоний зақис - оксиди уран гирифта мешавад. Тафсонии диурани аммоний дар ҳарорати 700-750°C марҳилавӣ мегузарад.

Дар зинаи ниҳой концентрати зақис - оксиди уран ҳосил карда мешавад, ки дар таркибаш металлҳои дигари радиоактив ва вазнин низ мавҷуд аст. Мавҷудияти чунин элементҳо аз тоза шудани оби шахтаи мазкур шаҳодат медиҳад.

Таҳлил ва муайянкунии омилҳои, ки ба раванди коагулятсияи ғашҳои оби шахтаи «Шарқӣ» таъсир мекунад

Таҳқиқи омилҳои, ки ба дараҷаи тозашиви оби шахта аз металлҳои радиоактив ва вазнин ҳангоми истифодаи коагулянти омехта дар заминаи хлориди оҳан ва алюминий таъсир мекунад. Маълум аст, ки обҳои шахтавӣ аксар вақт дорои миқдори зиёди моддаҳои ифлоскунанда, аз ҷумла металлҳои вазнин ва радиоактив мебошанд, ки мушкilotи ҷиддии экологиро ба вуҷуд меоранд.

Коагулянти омехта ҳосиятҳои ҳарду компонент - хлоридҳои оҳан ва алюминийро муттаҳид мекунад ва ин имкон медиҳад, ки равандҳои коагулятсия ва флокулятсия самаранок тақдир дода шаванд. Хлоридҳои оҳан бо қобилияти пайвастишавӣ ва таҳшин кардани ифлоскунандаҳои маълуманд, дар ҳоле ки алюминий ба ташаккули флокулаҳои калон мусоидат мекунад ва пас аз об хориҷ кардани онҳоро осон мекунад. Таҷрибаҳо дар шароити яхела, чунон ки барои коагулянтҳои омехтаи дигар гузаронда шуда буданд, санҷида шуданд. Аввалан, вобастагии дараҷаи тоза кардани оби шахтаи «Шарқӣ» ба давомнокии раванди коагулятсия дар доираи аз 20 то 60 дақиқа дақиқ омехта шуд. Барои ин озмоиш обе интихоб карда шуд, ки дар таркибаш концентратсияи зиёди ҳам металлҳои вазнин ва ҳам радиоактив мавҷуд аст. Натиҷаҳои бадастомада дар ҷадвали 13 нишон дода шудаанд.

Ҷадвали 13. - Вобастагии дараҷаи тозашиви оби шахтаи «Шарқӣ» аз давомнокии раванди коагулятсия

Давомнокии раванд, дақиқа	Дараҷаи тозагии об аз металлҳои радиоактив ва вазнин, %					
	Pb	As	U	Cu	Ni	Mn
20	53,51	36,22	57,53	39,42	37,07	41,15
30	69,61	51,9	69,8	57,67	53,26	57,52
40	80,52	68,44	88,62	72,36	72,86	73,97
50	90,34	81,07	93,4	83,29	86,51	85,02
60	95,69	97,62	100	90,96	98,37	99,07

Аз маълумоти чадвал бармеояд, ки пас аз 20 дақиқаи чараён самаранокии максималии тозакунии уран ба 57,53% мерасад, дар ҳоле ки барои арсен ин пасттарин буда, 36,22%-ро ташкил медиҳад. Ба 10 дақиқаи иловагӣ дароз кардани раванд боиси зиёд шудани тозакунии ҳамаи металлҳо гардид, ки натиҷаҳо аз 51,9% то 69,8%-ро ташкил доданд. Вақте ки давомнокии раванд то 60 дақиқа зиёд мешавад, дараҷаи тозакунии то 91-100% меафзояд, дар ин ҳолат дараҷаи пасттарини тозакунии барои мис - 90,96% ва баландтарин барои уран, тозакунии пурра - 100% ба даст меояд.

Қайд кардан зарур аст, ки ҳудуди поёнии ошкоркунии спектрометри атомӣ-абсорбсионӣ барои уран 1 мкг/л аст ва дар ин ҳудуд, дар таҷрибаҳои мо гузаронида спектри уран ёфта нашуд. Бо назардошти ин омил пешниҳод кардан мумкин аст, ки уран аз оби шахта то сатҳи 100% ба пуррагӣ хориҷ карда шудааст. Концентратсияи боқимондаи оҳан ва алюминий вобаста аз шартҳои гузаронидани таҷрибаҳо мувофиқан ба андозаи 0,0023 мг/л (0,01%) ва 0,172 мг/л (2,3%), тағйир ёфтанд.

Таҳқиқоти минбаъда таъсири миқдори гуногуни коагулянти омехтаи дорои хлоридҳои оҳан ва алюминий дар раванди коагулятсия тафтиш карда шуд. Таҷрибаҳо истифодаи коагулянтро дар таносуби 1:2, 1:1 ва 2:1 дарбар мегирифтанд. Монанди таҳқиқоти қаблӣ, гил ба об ҳамчун тиракунанда барои баланд бардоштани самаранокии ташаккули лундашавӣ илова карда шуд. Натиҷаҳо дар чадвали 14 оварда шудаанд.

Чадвали 14. - Вобастагии дараҷаи тозашиви об аз вояи коагулянти омехта

Вояи коагулянти омехта, мг/л	Дараҷаи тозашиви об аз металлҳои радиоактив ва вазнин, %					
	Pb	As	U	Cu	Ni	Mn
33+67	81,19	85,14	90,45	82,12	82,8	87,74
50+50	87,69	90,62	96,79	86,46	93,37	89,07
67+33	95,69	97,62	100	90,96	98,37	99,07

Аз таҳлили маълумотҳои чадвал бармеояд, ки зиёд кардани вояи коагулянти омехта боиси баланд шудани дараҷаи тоза шудани об аз металлҳои мегардад. Самаранокии ҳадди ақали тозакунии об ҳангоми истифодаи 33 мг/л хлориди оҳан мушоҳида мешавад, дар ҳоле ки ҳадди ниҳони тозакунии ҳангоми зиёд кардани вояи то 67 мг/л ба даст меояд. Ин раванд фаъолияти махсусро дар хориҷ кардани руҳ ва манган, дар муқоиса бо коагулятсияи мис, ки камтар суст руҳ медиҳад, нишон дод.

Таъсири тиракунанда оид ба дараҷаи аз металлҳои радиоактив ва вазнин тоза шудани об ҳам таҳқиқ карда шуд. Тиракунанда, дар ин замина, моддаест, ки дар чараёни коагулятсия барои беҳтар кардани ҳамчояшавии байни ифлоскунандаҳо ва коагулянт илова карда мешавад. Ин метавонад ба ташаккули флокулаҳои калонтар мусоидат кунад, ки онҳоро аз об тоза кардан осонтар аст.

Барои ин таҷриба шароитҳои таҷрибавӣ бо коагулянти омехтаи хлориди оҳан ва алюминий ба шароитҳои монанд буданд, ки барои дигар коагулянтҳои санҷидашуда истифода мешуданд. Мо концентратсияи тиракунандаро дақиқона интиҳоб кардем, то таъсири онро ба самаранокии раванди тозакунии таҳқиқ кунем.

Ҳангоми санҷишҳо миқдори тиракунандаро тағйир додем ва миқдори ифлоскунандаҳоро дар об пеш аз коагулятсия ва баъд аз он таҳлил кардем. Натиҷаҳо дар ҷадвали 15 оварда шудаанд.

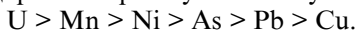
Ҷадвали 15. - Вобастагии дараҷаи тозашиви об аз миқдори тиракунанда

Миқдори тиракунак, мг/л	Дараҷаи тозагии об аз металлҳои радиоактив ва вазнин, %					
	Pb	As	U	Cu	Ni	Mn
50	69,57	80,82	86,74	68,55	87,59	80,22
100	95,69	97,62	100	90,96	98,37	99,07
150	91,38	91,99	98,9	90,69	94,24	92,08
200	89,26	84,03	99,1	86,88	89,47	92,38

Омузиши маълумотҳои ҷадвал имкон дод ба ҳулосае оем, ки истифодаи 50 мг/л тиракунанда ба хориҷшавии металлҳои радиоактив ва вазнин ба миқдори 68,55-87,59% мусоидат кардааст. То 100 мг/л зиёд кардани вояи тиракунанда самаранокии тозакуниро ба 91-100% расонд. Бо вучуди ин, афзоиши минбаъдаи вояи тиракунанда то 200 мг/л боиси зиёд шудани концентратсияи оҳан, алюминий ва дигар элементҳои тиракунанда гардид, ки ба самаранокии умумии раванди тозакунии таъсири назаррас нарасонд.

Қайд кардан лозим аст, ки тозакунии уран то 100%, пеш аз ҳама, ба миқдори ночизи концентратсия доштаниш дар оби шахтавӣ алоқаманд аст, ки 0,089 мг/л-ро ташкил медиҳад ва сониян, бо он омиле вобаста аст, ки гидроксидҳои оҳан дар маҳлули обӣ бо сифати баланд пайвастагиҳои урандорро коагулятсия мекунанд. Бинобар ин дар усули радиокимёии муайянкунии радиоактивнокии уран бештар аз хлориди оҳан истифода мекунанд.

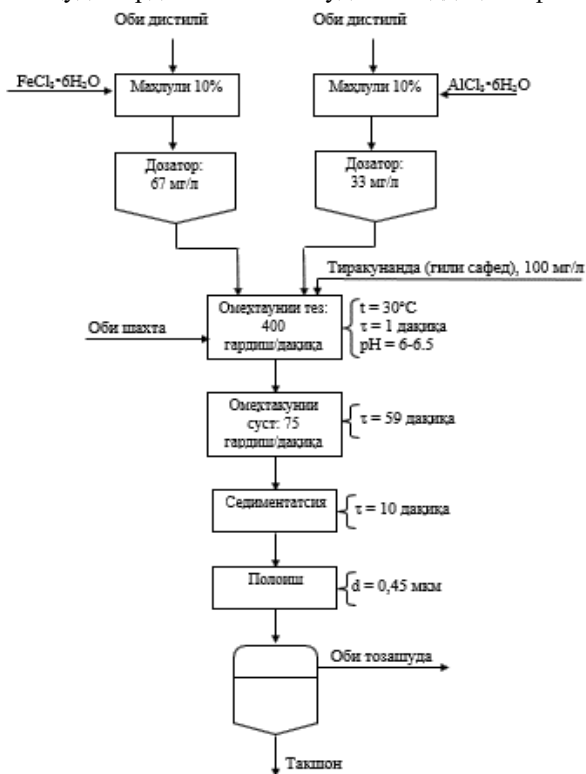
Ҳамин тавр, дар раванди истифодаи коагулянти омехта дар асоси хлориди оҳан ва алюминий, дараҷаи тозакунии металлҳоро аз оби шахтаи «Шарқӣ» тариқи пайдарпаии зерин гузоштан мумкин аст:



Коркарди тарҳи технологияи нави раванди тозакунии оби шахтаи «Шарқӣ» аз металлҳои радиоактив ва вазнин. Дар асоси шароити оптималии муқарраршуда тарҳи нави технологияи тоза кардани оби шахтаи «Шарқӣ» аз металлҳои вазнин ва радиоактив марҳилаҳои зеринро дар бар мегирад (расми 14):

Тартиби тайёр кардани коагулянти омехтаи 10%-за, илова кардани дозаи ҳисобшударо ба оби шахтавӣ ва баъдан бо омехтакунии тез, илова кардани

тиракунанда, омехтакунии суст, седиментатсия дар давоми 10 дақиқа, полоиши маҳлул ва чудо кардани оби тозашуда аз моддаҳои ифлоскунанда.



Расми 14. - Тарҳи принципалии нави технологияи тозакунии оби шахтаи «Шарқӣ» аз металлҳои радиоактив ва вазнин

Таҳлил ва муайянкунии омилҳое, ки ба раванди коагулятсияи ғашҳои оби шахтаи «Капиталӣ» таъсир мекунад

Таҳқиқи омилҳое, ки ба дараҷаи тозашии об аз металлҳои радиоактив ва вазнин бо истифода аз хлориди оҳан ба сифати коагулянт таъсир мерасонад. Дар фокуси таҳқиқот вобастагии самаранокии тозакунии об аз шахтаи «Капиталӣ» (таркиби оби манбаъ дар ҷадвалҳои 4 ва 9 оварда шудааст) ба давомнокии раванди коагулятсия бо вояи хлориди оҳан 200 мг/л буд. Натиҷаҳои таҷрибавии гирифта шуда дар ҷадвали 16 ҷой дода шудаанд.

Муайян намудани вояи оптималии коагулянт ҷанбаи асосии раванди коркарди об мебошад, зеро он ба самаранокии бартараф кардани ифлоскунандаҳо бевосита таъсир мерасонад. Дар таҳқиқоти мо, вояи хлориди оҳан аз 100 то 500 мг/л гирифта шуд. Натиҷаҳои таҷрибавиро дар ҷадвали 17 ворид сохтем.

Чадвали 16. - Вобастагии дараҷаи тозашавии оби шахтаи «Капиталӣ» аз давомнокии раванди коагулятсия

Давомнокии раванд, дақиқа	Дараҷаи тозашавии об аз металлҳои радиоактив ва вазнин, %					
	Pb	As	U	Cu	Ni	Mn
10	51,60	45,36	55,41	37,86	16,65	43,22
20	68,11	74,91	75,58	54,19	36,81	68,62
30	77,85	85,58	88,76	67,29	54,21	78,45
40	87,49	92,61	91,32	80,41	72,67	89,06
50	97,02	93,13	99,47	90,30	93,26	98,04

Чадвали 17. - Вобастагии дараҷаи тозашавии оби шахтаи «Капиталӣ» аз вояи хлориди оҳан

Вояи хлориди оҳан, мг/л	Дараҷаи тозашавии об аз металлҳои радиоактив ва вазнин, %					
	Pb	As	U	Cu	Ni	Mn
100	54,99	65,06	67,44	61,44	53,69	74,02
200	97,02	93,13	99,47	90,30	93,26	98,04
300	98,27	94,71	93,81	92,94	95,39	99,18
400	98,70	97,47	94,9	93,57	94,45	99,36
500	99,35	99,62	95,57	94,92	92,49	98,67

Маълумоти дар чадвали 17 овардашуда нишон медиҳад, ки ҳангоми истифодаи 100 мг/л хлориди оҳан дараҷаи тозакунии оби шахтавӣ аз металлҳои радиоактив ва вазнин аз 53,69 то 74%-ро ташкил медиҳад. Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки дар марҳилаҳои ибтидоии коагулятсия самаранокии баргараф кардани ифлоскунандаҳо дар сатҳи нисбатан паст қарор дорад, ки ин метавонад аз концентратсияи нокифояи коагулянт барои пурра пайваст ва таҳшин кардани тамоми металлҳои мавҷуда бошад.

Аммо то 200 мг/л зиёд кардани вояи коагулянт дараҷаи тозашавиро хеле зиёд карда, барои ҳамаи металлҳои таҳқиқшуда ба зиёда аз 90% мерасад. Ин аҳамияти мувофиқии миқдори коагулянтро нишон медиҳад: бо зиёд шудани концентратсияи он, эҳтимолияти таъсири мутақобила байни коагулянт ва ифлоскунандаҳо зиёд мешавад, ки дар натиҷа самарабахштар ташаккул ва хориҷ кардани флокулаҳо аз об мегардад.

Қолиб он аст, ки афзоиши минбаъдаи вояи то 500 мг/л ба беҳтаршавии назарраси тозакунии об аз металлҳо оварда намерасонад. Ин метавонад нишон диҳад, ки коагулянт ба самаранокии маҳдуди худ расидааст, ки пас аз он миқдори иловагӣ ба раванд таъсири назаррас намерасонад ва ҳатто

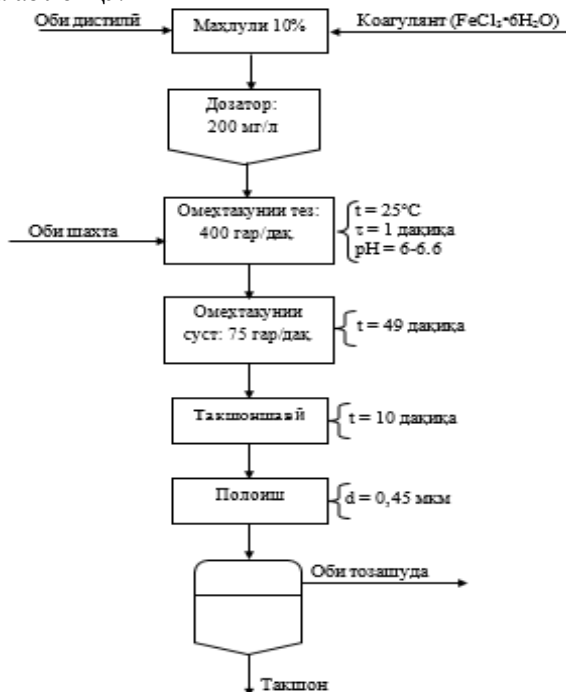
метавонад ба оқибатҳои манфӣ, аз қабилӣ бад шудани таҳшиншавии флокулаҳо ё тағйирёбии хосиятҳои химиявии об оварда расонад.

Шароитҳои оптималии коагулятсия бо хлориди оҳани миқдораш 200 мг/л, ҳарорати 25°C, pH=6,48 ва давомнокии 50 дақиқаро дар бар мегирад. Бо ин параметрҳои консентратсияи металлҳои дар об аз меъёрҳои оби ошомидани паст боқӣ мемонад. Ин имкони ҷорӣ намудани ин тавсияҳоро ба амалияи коркарди оби шахтаҳо фароҳам меорад, ки сифати обро беҳтар намуда ва таъсири манфиро ба муҳити зист коҳиш медиҳад.

Истифодаи хлориди оҳан барои тоза кардани оби шахтаи «Капиталӣ» аз металлҳои ба тариқи зайл гузоштан мумкин аст:



Коркарди тарҳи нави технологияи тозакунии оби шахтаи «Капиталӣ» аз металлҳои радиоактив ва вазнин. Тарҳи технологияи тоза кардани оби шахтавӣ аз металлҳои радиоактив ва вазнин якҷанд марҳилаи пайдарпай барои тозакунии самарабахшро дар бар мегирад (расми 15): тайёр кардани маҳлули 10%-и хлориди оҳан, воия лозими илова кардан, зуд омехтакунии, суст омехтакунии, таҳшинкунии, полоиш ва ҷудо кардани оби тозашуда аз лойқа.



Расми 15. - Тарҳи принципалии нави технологияи тозакунии оби шахтаи «Капиталӣ» аз металлҳои радиоактив ва вазнин

Ин технология барои тозакунии ҳамаҷонибаи оби шахтавӣ, аз ҷумла хориҷ кардани металлҳои радиоактив ва вазнин пешбинӣ шудааст. Он барои самаранок тоза кардани ифлоскунандаҳо бо истифода аз хлориди оҳан ҳамчун коагулянт ва барои полоиши минбаъда мувофиқ карда шудааст.

Таҳлил ва муқарраркунии омилҳои, ки ба раванди тозакунии обҳои партови истеҳсоли васлкунакҳо таъсир мерасонанд

Таҳқиқи омилҳои, ки ба дараҷаи тозашиви оби партов бо истифода аз сульфати алюминий ба сифати коагулянт таъсир мекунад. Дар раванди тоза кардани оби партов усули коагулятсионӣ бо истифода аз сульфати алюминий истифода шудааст.

Коагулятсия бо истифода аз дастгоҳи Flocculator 2000 гузаронида шуд, ки дар давоми таҷрибаҳо 1 литр оби партовро ба зарфҳои шишагии литрӣ рехтанд. Раванд бо бошиддат омехта кардани об дар давоми 60 сония бо суръати 400 гардиш дар дақиқа оғоз ёфт ва пас аз он суръаташ то 75 гардид дар дақиқа кам карда шуд ва фосилаи омехтакунӣ 35-59 дақиқа давом кард. Барномаи флокулятор пас аз илова кардани вояи ҳисобшудаи сульфати алюминий, полиакриламид ва тиракунанда ба об ҷабл карда мешуд.

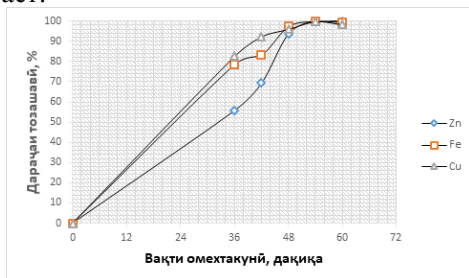
Барои таъмини сатҳи оптималии рН дар доираи аз 6 то 6,5 ба маҳлул оксиди калсий илова карда шуд. Ин изофанамоӣ муҳим буд, зеро рН-и муҳити маҳлул ба самаранокии коагулятсия ва флокулятсия, инчунин ба дараҷаи тоза кардани ифлоскунандаҳо таъсир мерасонад. Пас аз ба итмом расидани марҳилаи омехтакунӣ, маҳлулҳо барои 50 дақиқа гузошта шуданд, то ки флокулаҳо ташаккул ёбанд ва таҳшин шаванд. Пас аз ин вақт, маҳлулҳо бо истифода аз таҷҳизоти Millipore ва филтрҳои андозаи сӯрохиашон 0,45 мкм филтр карда шуданд, ки дараҷаи баланди тозакуниро таъмин намуда, мавҷудияти моддаҳои муаллақ дар маҳсулоти ниҳой кам карда шуданд.

Таҷрибаҳо дар доираи ҳарорати аз 10 то 30°C гузаронда шуданд, ки ин имкон дод, таъсири ҳарорат ба равандҳои коагулятсия ва флокулятсия баҳо дода шавад. Ҳарорат омилҳои асосӣ аст, зеро он ба суръати реаксияҳои химиявӣ ва ҳалшавандагии ифлоскунандаҳо таъсир мерасонад. Барои санҷиш, маҳлулҳои 10%-и сульфати алюминий ва полиакриламид (ПАА) бо истифода аз оби муқаттар омода карда шуданд.

Фосилаҳои гуногуни вақт барои арзёбии вақти оптималии барои ноил шудан ба ҳадди ниҳойи хориҷ кардани ифлоскунанда интиҳоб карда шуданд. Натиҷаҳои бадастомада дар расми 16 оварда шудаанд.

Аз натиҷаҳои таҷрибавӣ, ки дар расми 16 оварда шудаанд, бармеояд, ки дар фосилаи аз 36 то 42 дақиқаи вақти омехташавӣ дараҷаи баландтарини тозакунии оби партов аз мис ба даст меояд, ки ин бо консентратсияи ибтидоии он дар оби партов шарҳ дода мешавад. Аз тарафи дигар, пасттарин дараҷаи тозашавӣ дар ин ҳолат барои руҳ

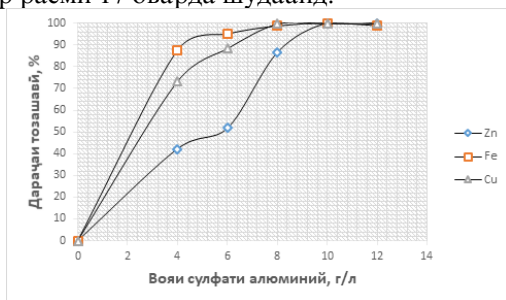
мушоҳида мешавад, зеро консентратсияи ибтидоии он дар оби партов баланд аст. Ғайр аз ин, дараҷаи тоза кардани оҳан аз оби партов нисбат ба мис 9,2 фоиз кам аст.



Расми 16. - Вобастагии дараҷаи тозашавии оби партов аз вақти омехтакунии маҳлул дар ҳудуди 36 – 59 дақиқа

Ин натиҷаҳо нишон медиҳанд, ки вақти оптималии раванди коагулятсия дар ин шароит 54 дақиқа аст. Дар ин муддат дараҷаи максималии тоза кардани оби партов аз оҳан ва руҳ ба даст оварда мешавад, ки зиёда аз 99% аст. Ин нишон медиҳад, ки минбаъд то 60 дақиқа зиёд кардани вақти омехтакуни самаранок нест ва боиси хеле беҳтар шудани сифати тозакуни намегардад. Ҳамин тариқ, мо метавонем хулоса барорем, ки барои ба даст овардани натиҷаҳои беҳтарин на танҳо дуруст интихоб кардани реактивҳо, балки инчунин риояи дақиқи вақти коагулятсия муҳим аст.

Барои таҳқиқоти минбаъда вобастагии дараҷаи тозакунии оби партов аз таркиби металл дар вақти муайяншудаи омехтакуни 54 дақиқа омӯхта шуд. Ин вақт дар асоси таҷрибаҳои қаблӣ интихоб карда шуд, ки дар он маълум гардид, ки он метавонад таъсири мутақобилаи оптималии байни коагулянт ва ифлоскунандаҳоро таъмин кунад. Натиҷаҳои бадастомада дар расми 17 оварда шудаанд.



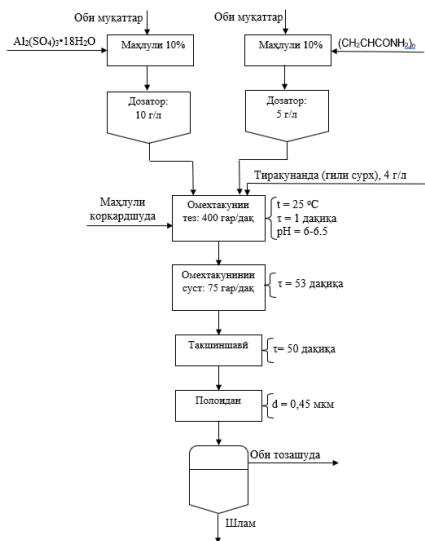
Расми 17. - Вобастагии дараҷаи тозашавии маҳлул аз металлҳо ҳангоми вояи сульфати алюминий аз 4 то 12 г/л гирифта шудан

Маълумоти таҷрибавӣ, ки дар расми 17 оварда шудааст, нишон медиҳанд, ки ҳангоми истифодаи 4 г/л сульфати алюминий дараҷаи

баландтарини тозакунии металл аз оби партов барои оҳан ба даст меояд, дар ҳоле ки самаранокии хориҷкунии руҳ дар байни се металли омӯхташуда пасттарин аст. Ин фарқиятро бо концентратсияи ибтидоии ин металлҳо дар оби таҳқиқшуда шарҳ додан мумкин аст. Оҳан одатан дар миқдори камтар мавҷуд аст, ки онро барои пайваस्तшавӣ ба коагулянт дастрастар мекунад, дар ҳоле ки концентратсияи зиёди руҳ метавонад боиси он гардад, ки он самараноктар нест карда нашавад.

Ҳангоми воияи сульфати алюминий 6 г/л будан самаранокии тозашавии оҳан нисбат ба руҳ ва мис баландтар аст. Ҳангоми воияи 8 г/л тозашавии оҳан ва мис яхела мешавад. Дар воияи 10 г/л дараҷаи тозакунии аз 99% зиёд мешавад [34-М, 35-М], ки ин самаранокии баланди коагулятсияро тасдиқ мекунад. Ҳангоми 12 г/л будани воияи коагулянт дараҷаи тозашавӣ паст мешавад. Ҳамчунин, ошкор гардид, ки концентратсияи сульфат ва хлорид-ионҳо аз меъёр зиёд аст. Ин аҳамияти бодикқат назорат кардани миқдори коагулянтҳо ва дигар иловаҳоро ҳангоми тоза кардани оби партов нишон медиҳад. Муҳим аст, ки на танҳо самаранокии тоза кардани моддаҳои ифлоскунанда, балки таъсири манфии эҳтимолоиро ба муҳити зист низ ба назар бояд гирифт.

Коркарди тарҳи технологияи нави раванди тозакунии оби партови истеҳсоли васлкунак аз металлҳо. Дар асоси таҳлили натиҷаҳо ва шартҳои оптималии муқарраршуда тарҳи технологияи тоза кардани обҳои партов таҳия карда шудааст (расми 18).



Расми 18. - Тарҳи принципиалии нави технологияи тозакунии оби партови истеҳсоли васлкунак дар ЧДММ «Точфилиз» аз руҳ, оҳан ва мис бо усули коагулятсионӣ

Раванди тозакуни аз тайёр кардани маҳлули 10%-и сулфати алюминий, ворид кардани он ба оби коркардшуда мувофиқи миқдори тавсияшуда, илова кардани ПАА ва тиракунанда иборат аст. Пас аз он 60 сония омехтакунии шадид, сипас 53 дақиқа омехтакунии сусттар, 50 дақиқа барои таҳшиншавӣ, филтратсия ва дар ниҳоят ба оби тозашуда ва таҳшин ҷудо карда мешавад.

Таҳияи маҷмуи дастовардҳои назариявӣ. Таҳияи маҷмуи дастовардҳои назариявӣ, ки арзиши илмӣ таҳқиқотҳои анҷомшуда дар соҳаи тозакунии обро дар мисоли конҳои уран ва объектҳои истеҳсоли тачассум мекунад, имконият медиҳад, ки системаи нотакрори хулосаҳои илмӣ ва қарорҳои амалӣ ташкил карда шаванд. Ин хулосаҳо ва қарорҳо метавонанд асоси таҳқиқоти минбаъдае бошанд, ки ба тақмили усулҳои тозакунии об ва инчунин ба таҳияи технологияҳои нав, ки идоракунии самараноки захираҳои обро таъмин мекунанд, равона бошанд. Махсусан, натиҷаҳо метавонанд барои истифодаи амалӣ дар соҳаҳои ба монанди истеҳсоли моддаҳои ғайриорганикӣ, ҳифзи муҳити зист, таъминоти об ва тозакунии саноатии об истифода шаванд. Шомил кардани усулҳои муосири мониторинг ва таҳлили сифатии об, инчунин истифодаи технологияҳои инноватсионӣ, имкониятҳои нав барои ҳалли мушкилоти экологии марбут ба олудашавии обанборҳо ва захираҳои об, ҳамчунин барои таъмини устувор ва бехатар истифодабарии об дар саноат ва объектҳои истеҳсоли мекушояд.

1. Таҳқиқоти хатарҳои экосистемавӣ ва зарурати тозакунии об. Яке аз дастовардҳои асосии илмӣ интиҳоби нақби №6 ва дигар объектҳо, ки то сатҳи баланди ифлосшавии захираҳои об бо концентратсияи баланди уран ва дигар элементҳои радиоактив ва захролудкунанда ба вучуд омадааст, вобаста аст. Ин таҳқиқотҳо фаҳмиши возеҳе медиҳанд, ки чӣ гуна ифлоскунандаҳо дар чунин иншоот ба саломатии аҳоли ва экосистема таъсир мерасонад, ҳамчунин дар бораи дараҷаи мушкилот хабар медиҳанд, ки барои таҳияи усулҳои самараноки тозакунии асос шуда метавонанд.

2. Таҳлили физикию химиявӣ. Таҳқиқотҳо оид ба таҳлили таркиби обҳои нақби №6 ва дигар объектҳо имкон доданд, ки равишҳои нав барои фаҳмидани концентратсияи моддаҳои радиоактив ва дигар моддаҳои вазнин дар обҳои зеризаминӣ ва сатҳӣ таҳия карда шаванд, ки ин барои ҷустуҷӯи усулҳои самараноки тоза кардани онҳо асос гардид. Ин самтҳои навро дар таҳияи технологияҳои аз ҷиҳати экологӣ бехатар барои тозакунии об мекушояд.

3. Технологияҳои инноватсионии тозакунии об. Дар таҳқиқот сорбентҳо ва коагулянтҳои гуногун барои тоза кардани об аз ифлоскунандаҳо ба монанди уран ва металлҳои вазнин интиҳоб ва санҷида шуданд. Яке аз дастовардҳои муҳимтарини илмӣ истифодаи сорбенти Lewatit DW 630 буд, ки нисбат ба сорбенти аънанавии АВ-17-8 ду маротиба самараноктар нишон дод. Ин самтҳои навро барои татбиқи чунин сорбентҳо дар тозакунии саноатии обҳо ва кам кардани хатарҳои экологии партовҳои хатарнок мекушояд. Инчунин барои тоза кардани обҳои шахтаи "Шарқӣ" коагулянти омехта дар асоси хлоридҳои

оҳан ва алюминий натиҷаҳои бехтарин нишон дод ва барои тоза кардани оби шахтаи "Капиталӣ" коагулянти самараноктарин хлориди оҳан муайян карда шуд. Дар мавриди тозакунии оби шоранда, усули бехтарини тозакунии усули коагулясионӣ бо истифода аз сульфати алюминий ба сифати коагулянт муайян гардид.

4. Аз нуқтаи назари иқтисодӣ ва экологӣ ба мақсад мувофиқии усулҳои тозакунии. Омӯзиши самаранокии иқтисодии усулҳои гуногуни тозакунии, ба монанди коагулятсия ва сорбсия, дар мисоли обҳои шахтавии Киик-Тол нишон дод, ки истифодаи сорбенти Lewatit DW 630 на танҳо аз АМ-п 17% самараноктар аст, балки аз ҷиҳати иқтисодӣ нисбат ба истифодабарии сорбентҳои маҳаллӣ низ ғоидаовартар аст. Он инчунин аҳамияти таҳқиқоти илмиро барои рушди технологияҳои аз ҷиҳати экологӣ бехатар ва аз ҷиҳати иқтисодӣ асоснок барои тоза кардани захираҳои об нишон медиҳад.

5. Дурнамои татбиқ дар дигар объектҳо. Натиҷаҳои тадқиқот имкон медиҳанд, ки усулҳои коркардшуда дар дигар қонҳои уран ва системаҳои обтозакунии саноатӣ истифода шаванд. Ин на танҳо ба бехтар кардани сифати об, балки кам кардани хароҷоти тозакуниро дар бар мегирад, ки ба рушди соҳа аз ҷиҳати экологӣ бехатар дар сатҳи ҷаҳонӣ мусоидат мекунад.

Ҳамин тавр, дар асоси таҳқиқотҳои анҷомдодашуда метавон якҷанд дастовардҳои муҳими илмиро ҷудо намуд:

- Таҳияи асосҳои назариявии тозакунии обҳои миқдори зиёди металлҳои радиоактив ва вазниндор.

- Муайян кардани усулҳои самараноки тозакунии, аз ҷумла истифодаи сорбентҳои инноватсионӣ, ки натиҷаҳои тозакуниро ба таври назаррас бехтар мекунад.

- Таҳияи технологияҳои аз ҷиҳати экологӣ бехатар ва аз ҷиҳати иқтисодӣ камхарҷ, ки метавонанд барои дигар объектҳо истифода гарданд.

- Татбиқи натиҷаҳо дар доираи вазифаҳои васеътари экологӣ ва обтозакунии, ки ба кам кардани таъсир ба муҳити зист нигаронида шудаанд.

Ин дастовардҳо такмили корро ҳамчун саҳми назаррас дар ҷомеаи илмӣ ва рушди технологияи химиявӣ, таъминоти устувор ва тозакунии саноатии об, ки дорои потенсиали бузург барои санҷиш дар шароити воқеӣ мебошад, асоснок мекунад.

ХУЛОСАҶОИ УМУМӢ

1. Натиҷаҳои асосии илмӣ рисола

1.1. Дар рисола консентратсияҳои асосии моддаҳои ифлоскунандаи обҳои шахтавӣ ва партов дар тамоми объектҳои таҳқиқшуда, ба мисли металлҳои радиоактив ва вазнин муайян карда шудааст [1-М, 3-М, 9-М, 10-М, 11-М, 12-М, 13-М, 17-М, 18-М, 19-М, 24-М, 27-М, 28-М, 45-М, 48-М, 52-М, 53-М].

1.2. Нишондиҳандаҳои бехтарини ҒИС ва ҒИД барои сорбентҳои гуногун дар оби нақби №6 кони Табошар муқаррар карда шуда, сорбенти бехтарин бо номи Lewatit DW 630 барои сорбсияи уран ва дигар металлҳо интихоб карда шуд [15-М, 16-М, 48-М].

1.3. Нишондиҳандаҳои бехтарини ҒИС ва ҒИД барои сорбентҳои гуногун дар оби шахтавии кони Киик-Тол муайян карда шуда, сорбенти бехтарин бо номи Lewatit DW 630 барои сорбсияи уран ва дигар металлҳо интихоб карда шуд [20-М, 44-М, 54-М].

1.4. Муқаррар карда шудааст, ки дараҷаи аз металлҳои вазнин ва радиоактив тоза кардани оби шахтаи «Шарқӣ» ба воия коагулянти омехта дар асоси пайвастагиҳои оҳану алюминий, давомнокии раванд, рН, миқдори тиракунанда ва ҳарорат вобаста аст. Дараҷаи максималии тозакунии об дар шароити оптималӣ аз 91% то 100%-ро ташкил дод [4-М, 5-М, 8-М, 23-М, 29-М, 31-М, 32-М].

1.5. Бо усули коагулятсионӣ муқаррар карда шуд, ки дараҷаи аз металлҳои вазнин ва радиоактив тоза кардани оби шахтаи «Капиталӣ» ба воия хлориди оҳан, давомнокии раванд, рН ва ҳарорат вобаста аст. Дар шароити оптималӣ дараҷаи тоза кардани оби шахтавӣ аз металлҳои вазнин ва радиоактив аз 90% то 99%-ро ташкил дод [2-М, 6-М, 7-М, 24-М, 30-М, 38-М, 39-М, 52-М].

1.6. Кинетикаи раванди сорбсияи уран аз обҳои шахтавии конҳои Табошар ва Киик-Тол бо сорбентҳои гуногун дар низоми статикӣ муайян карда шуда, шартҳои бехтарини десорбсияи уран аз сорбентҳои сершуда бо истифода аз тезобҳои хлорид ва сульфати 15%-а муайян карда шуданд [25-М, 26-М].

1.7. Параметрҳои оптималии миқдори оксиди калсий ва дараҷаи рН барои бо усули реагентӣ самаранок тоза кардани оби партов аз руҳ, оҳан ва мис муқаррар карда шудаанд. Дараҷаи баландтарини тозакунии бо миқдори оксиди калсий 41,3 г/л ва рН-и маҳлул 9,5 будан, ба даст меояд. Дар ин шароит дараҷаи аз маҳлул тоза кардани металлҳо бештар аз 98%-ро ташкил дод [12-М, 35-М].

1.8. Параметрҳои оптималии бо усули коагулятсионӣ тоза кардани оби партови истеҳсолоти маводи васлкунӣ аз металлҳо муқаррар карда шудаанд. Дар ин шароит дараҷаи тозакунии об аз руҳ, оҳан ва мис бештар аз 99%-ро ташкил дод [13-М, 34-М].

1.9. Вобастагии тирагии оби шахтаи «Капиталий» ба вояи хлориди оҳан ҳамчун коагулянти беҳтарин муайян карда шудааст. Дар шароити оптималӣ тирагии об аз КҲИ пасттар буд ва 0,26 ВНТ-ро ташкил дод [38-М].

1.10. Вобастагии тирагии обҳои партов аз вояи сульфати алюминий, вақти омехтакунии ва миқдори тиракунанда муайян карда шудааст. Дар шароити оптималӣ, тирагии оби партови тозашуда 1,74 ВНТ-ро ташкил дод [39-М].

1.11. Бо роҳи таҷрибавӣ вобастагии электронокилияти ҳос, дараҷаи шӯрӣ ва TDS-и маҳлул аз вояи сульфати алюминий, вақти омехтакунии ва миқдори тиракунанда муқаррар карда шуд. Дар ин шароит, камшавии бештари бузургҳои ин параметрҳо ба даст оварда мешавад, ки мутаносибан 3,61 мС/см, 1,23 г/л ва 0,81 г/л-ро ташкил медиҳанд [12-М, 13-М].

1.12. Тарҳи нави технологияи равандҳои тозакунии обҳои нақби №6 кони Табошар, обҳои шахтавии кони Киик-Тол, обҳои шахтаҳои «Шарқӣ» ва «Капиталий»-и кони Чорухдайрон барои тозакунии аз металлҳои радиоактив ва вазнин бо усулҳои сорбсионӣ ва коагулятсионӣ коркард ва пешниҳод карда шуданд [26-М, 39-А, 52-М].

1.13. Тарҳи нави технологияи раванди тозакунии обҳои партовии истехсоли васлкунаки ҚДММ «Гочфилиз» аз руҳ, оҳан ва мис бо усулҳои реагентӣ ва коагулятсионӣ коркард ва пешниҳод карда шуданд [40-М, 53-М].

2. Пешниҳодҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо

Дар асоси маълумоти ҷамъоваришудаи таҷрибавӣ тавсия дода мешавад, ки технологияҳои коркардшудаи коркарди обҳои шахтавии ва партов, ки барои ба даст овардани ҷузъи пуарарзиш ва беҳтар кардани вазъи экологии минтақа нигаронида шудаанд, ҷорӣ карда шаванд. Ин технологияҳо инчунин имкони истифодаи дубораи оби софро барои эҳтиёҷоти нӯшокӣ ва обёрӣ дар вилояти Суғди Ҷумҳурии Тоҷикистон фароҳам оварда метавонанд, ки ба истифодаи самараноки захираҳои обҳо ва коҳиши ифлосшавии онҳо мусоидат мекунад.

Иҷрои ин тавсияҳо ба вазъи экологии шаҳрҳои Истиқлол, Хучанд, Бӯстон ва шаҳраки Чорухдайрон таъсири калон мерасонад. Ҷорӣ намудани технологияи тозакунии сатҳи ифлосшавии обро ба таври назаррас коҳиш медиҳад, ҳолати объектҳои обиро беҳтар мекунад ва сифати зиндагии сокинони маҳаллиро беҳтар менамояд.

Илова бар ин, истифодаи усулҳои коркардшуда барои ҳифзи обҳои зерзаминии ин минтақаҳо, пешгирии олудашавии онҳо бо металлҳои радиоактив ва вазнин мусоидат мекунад. Ин, дар навбати худ, ба саломатии аҳоли ва инчунин ба устувории экосистемаҳои минтақа таъсири мусбат мерасонад. Дар натиҷа, истифодаи маҷмӯии технологияҳои мазкур ба рушди устувор ва беҳбуди вазъи экологии вилояти Суғд ба дарозмуддат мусоидат хоҳад кард.

**Маводҳое, ки дар маҷаллаҳои илмӣ аз ҷониби ҚОА назди Президенти
Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия шуда ба нашр расидаанд**

- [1-М]. Ходжиев, С.К. Физико-химический состав воды шахты «Восточная» / Д.С. Давлатов, Х.Ё. Ашуров, С.К. Ходжиев // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. – Душанбе 2020. -№4 (52). –С.52-56.
- [2-М]. Ходжиев, С.К. Очистка шахтной воды от тяжелых металлов с применением сульфата железа в качестве коагулянта / Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. – Душанбе 2020. -№4 (52). –С.60-63.
- [3-М]. Ходжиев, С.К. Физико-химический состав шахтных вод шахты «Мармар» / Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев // Научный журнал «Наука и инновация». – Душанбе 2020. -№3. –С.217-221.
- [4-М]. Ходжиев, С.К. Смешанные коагулянты для очистки шахтной воды от свинца и меди методом коагуляции / Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев, Х.Ё. Ашуров // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№1-2 (5-6). –С.138-141.
- [5-М]. Ходжиев, С.К. Влияние дозы смешанного коагулянта и замутнителя на степень очистки воды от никеля и марганца методом коагуляции / Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев, Х.Ё. Ашуров // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№1-2 (5-6). –С.132-135.
- [6-М]. Ходжиев, С.К. Коагулирующая способность хлорида железа при очистке шахтных вод / Х.Ё. Ашуров, Р.О. Азизов, С.К. Ходжиев, Д.С. Давлатов // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№1-2 (5-6). –С.122-126.
- [7-М]. Ходжиев, С.К. Сравнительный анализ результатов очистки шахтной воды от тяжелых металлов методом коагуляции / Х.Ё. Ашуров, Р.О. Азизов, С.К. Ходжиев // Учёные записки. Серия естественные и экономические науки. – Худжанд 2021. -№3 (58). –С.46-49.
- [8-М]. Ходжиев, С.К. Оптимальные параметры процесса очистки шахтной воды от тяжелых металлов с применением смешанных коагулянтов / Д.С. Давлатов, О.Х. Амирзода, С.К. Ходжиев // Учёные записки. Серия естественные и экономические науки. – Худжанд 2021. -№3 (58). –С.50-57.
- [9-М]. Ходжиев, С.К. Исследование физико-химических параметров проб электролита, используемого в производстве крепежа / Д.З. Бокизода, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№3-4 (7-8). –С.270-275.
- [10-М]. Ходжиев, С.К. Исследование состава сточной воды и шлама технологии производства крепежа / Д.З. Бокизода, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№3-4 (7-8). –С.286-290.
- [11-М]. Ходжиев, С.К. Исследование процесса обезжелезивания отработанных растворов технологии производства крепежа / Д.З. Бокизода, З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. – Душанбе 2021. -№2 (54). –С.65-68.

- [12-М]. Ходжиев, С.К. Исследование изменения физико-химических параметров при процессе обезжелезивания сточных вод технологии производства крепежа / Д.З. Бокизода, З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2021. -№3-4 (11-12). – С.330-334.
- [13-М]. Ходжиев, С.К. Исследование результатов очистки раствора от металлов при разных физико-химических параметрах / Д.З. Бокизода, З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2021. -№3-4 (11-12). –С.300-304.
- [14-М]. Ходжиев, С.К. Осветление сточных вод как наилучший способ обеспечения водооборота и повышения технологических показателей / С.К. Ходжиев, М.К. Хочиён // Вода: химия и экология. г.Москва. ООО Издательство «Манускрипт» (ОГРН 1226100004679). -2022, -№4, -С.8-15.
- [15-М]. Ходжиев, С.К. Исследование процесса сорбции урана из штольной воды в статических условиях / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. –Душанбе 2022. -№4 (16). –С.134-137.
- [16-М]. Ходжиев, С.К. Исследование сорбции урана из воды в динамических условиях / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. –Душанбе 2022. -№4 (16). –С.189-192.
- [17-М]. Ходжиев, С.К. Химические и масс-спектрометрические методы определения состава штольной воды месторождения Табошар / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. –Душанбе 2022. -№4 (16). –С.286-290.
- [18-М]. Ходжиев, С.К. Исследование физико-химических показателей шахтной воды месторождения Киик-Тал / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. –Душанбе 2022. -№4 (16). –С.290-294.
- [19-М]. Ходжиев, С.К. Спектрометрический метод определения радиоактивности штольных вод месторождения Табошар / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. –Душанбе 2023. -№3 (19). –С.89-93.
- [20-М]. Ходжиев, С.К. Исследование сорбции урана из шахтных вод уранового месторождения Киик-Тала в динамических условиях / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. –Душанбе 2023. -№4 (20). –С.120-122.
- [21-М]. Ходжиев, С.К. Эффективность фито-инженерных сооружений для децентрализованных систем очистки сточных вод / П. Марина, М.Б. Марамов, И.И. Каландарбеков, М.С. Собиров, Д.Д. Ходжибоев, С.К. Ходжиев, Т.Х. Содикзода // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. –Душанбе 2024. -№1 (65). –С.170-175.
- [22-М]. Ходжиев, С.К. Исследование качества питьевой воды регионов Согдийской области / З.А. Разыков, Д.Д. Ходжибаев, С.К. Ходжиев, И.И. Каландарбеков // Горный вестник Узбекистана. -2023. -№4 (95). -С116-118.
- [23-М]. Ходжиев, С.К. Эффективность коагулянтов на основе железа и алюминия в процессе очистки шахтной воды от тяжелых и радиоактивных

металлов / Р.О. Азизов, С.К. Ходжиев // Водные ресурсы, энергетика и экология. –2024. -Том 4. -№3. –С.175-183.

[24-М]. Ходжиев, С.К. Эффективность смешанных коагулянтов на основе железа и алюминия в процессе очистки воды шахты «Восточная» от тяжелых и радиоактивных металлов / С.К. Ходжиев, Х.Ё. Ашуров, М.К. Хочиён, И.И. Каландарбеков // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. –Душанбе 2024. -№3 (67). –С.24-30.

[25-М]. Ходжизода, С.К. Кинетика сорбции урана из шахтной воды месторождения Киик-Тала с различными сорбентами / С.К. Ходжизода // Водные ресурсы, энергетика и экология. –2025. -Том 5. -№3.

[26-М]. Ходжизода, С.К. Технологии получения концентрата урана из воды штольни №6 уранового месторождения Табошар / С.К. Ходжизода // Водные ресурсы, энергетика и экология. –2025. -Том 5. -№2. –С.93-98.

Маводҳои дар қори конференсияҳои байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ баррасӣ ва нашр шуда

[27-М]. Ходжиев, С.К. Атомно-абсорбционный метод определения содержания тяжелых металлов в шахтных водах / С.К. Ходжиев, З.В. Кобулиев, О.Х. Амирзода, Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов // Маҷмуи қорҳои конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ – Соҳаи кӯҳкорӣ ва металлургия яке аз заминаҳои асосии саноатикунонии босуръати кишвар, Бӯстон, 15 ноябри соли 2020. –С.30-32.

[28-М]. Ходжиев, С.К. Фотометрический метод определения физико-химических показателей шахтных вод / С.К. Ходжиев, З.В. Кобулиев, О.Х. Амирзода, Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов // Маҷмуи қорҳои конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ - Соҳаи кӯҳкорӣ ва металлургия яке аз заминаҳои асосии саноатикунонии босуръати кишвар, Бӯстон, 15 ноябри соли 2020. –С.32-33.

[29-М]. Ходжиев, С.К. Очистка воды шахты «Восточная» от мышьяка и цинка методом коагуляции / С.К. Ходжиев, Д.С. Давлатов, Х.Ё. Ашуров // Научно-практическая конференция «Общее загрязнение воды и пути её очистки», посвященная 3-ей годовщине программы «Вода для устойчивого развития 2018-2028». р-н Матча, 13 марта 2021г. –С.59-61.

[30-М]. Ходжиев, С.К. Сравнительный анализ коагулирующей способности сульфат алюминия и хлорид алюминия при очистке шахтных вод / С.К. Ходжиев, Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов // Научно-практическая конференция «Общее загрязнение воды и пути её очистки», посвященная 3-ей годовщине программы «Вода для устойчивого развития 2018-2028». р-н Матча, 13 марта 2021г. –С.62-66.

[31-М]. Ходжиев, С.К. Коагуляционный метод очистки шахтной воды / С.К. Ходжиев, З.В. Кобулиев, Х.Ё. Ашуров // Промышленный форум «Қадамҳои устувор баҳри рушди саноати миллӣ», посвященный 15-летию Горно-металлургического института Таджикистана, 24 апреля 2021 года. Бӯстон. –С.82-83.

- [32-М]. Ходжиев, С.К. Очистка шахтной воды от химических загрязнителей / С.К. Ходжиев, О.Х. Амирзода, Д.С. Давлатов // Форуми саноати таҳти унвони «Қадамҳои устувор бахри рушди саноати миллӣ», бахшида ба муносибати таҷлили 15-умин солгарди таъсисёбии Донишкадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон, Бустон. 24 апрели соли 2021. –С.84-85.
- [33-М]. Ходжиев, С.К. Исследование состава шлама технологии производства крепежа / З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Промышленный форум «Қадамҳои устувор бахри рушди саноати миллӣ», посвящённый 15-летию Горно - металлургического института Таджикистана, Бустон. 24 апреля 2021г. –С.115-116.
- [34-М]. Ходжиев, С.К. Коагуляционный метод очистки отработанных растворов производства крепежа от ионов металлов / М.М. Юнусов, С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Научно-практическая конференция «Вклад ИА РТ в стратегических направлениях развития Таджикистана». Душанбе, 15 октября 2021г. –С.49-53.
- [35-М]. Ходжиев, С.К. Очистки сточных вод производства крепежа реагентным методом / С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Республиканской научно-практической конференции – XVI-Нумоновских чтений «Достижение химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», посвященной 75-летию Института химии имени В.И. Никитина НАНТ и 40-летию лаборатории «Коррозионностойкие материалы». Душанбе. 27.10.2021г. –С200-203.
- [36-М]. Ходжиев, С.К. Исследование факторов, влияющих на мутность сточной воды при её очистке от тяжелых металлов коагуляционным методом / З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Материалы республиканской научно-практической конференции. Бустон. 30 октября 2021г. –С.25-28.
- [37-М]. Hojiev, S.K. Study of physical and chemical parameters of the galvanic production wastewater / M.M. Yunusov, S.K. Hojiev, D.Z. Bokizoda // X Международной научно-практической интернет-конференции соискателей высшего образования и молодых ученых «Химия и современные технологии», Днепр, Украина, 23–24 ноября 2021г. –С.54-57.
- [38-М]. Ходжиев, С.К. Исследование изменения мутности шахтной воды при коагуляционном методе её очистки от тяжелых металлов / С.К. Ходжиев, Н.А. Сулейманова, Х.Ё. Ашуров, С.Дж. Гафоров, Ш.Г. Рачабова // Материалы республиканской научно-практической конференции. Бустон, 27 ноября 2021г. –С.244-247.
- [39-М] Ходжиев, С.К. Разработка принципиально новой технологической схемы процесса очистки воды шахты «Капитальная» от тяжелых металлов / С.К. Ходжиев, Н.А. Сулейманова, Х.Ё. Ашуров, С.Дж. Гафоров, Ш.Г. Рачабова // Материалы республиканской научно-практической конференции. Бустон, 27 ноября 2021г. –С.247-249.

- [40-М]. Ҳочиев, С.Қ. Таҳлили муқоисавии натиҷаҳои тозашиви маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ / Ҳочиев С.Қ., Боқизода Д.З. // Материалы научно - практической конференции посвящённая “Изучению и развитию естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования 2020-2040гг”. Бустон. 28 мая 2022г. -С.123-124.
- [41-М]. Ходжиев, С.К. Методика отбора проб, измерения расхода и анализа при исследовании качества воды трансграничных рек / Разыков З.А., Ходжибаев Д.Д., Ходжиев С.К., Мирбобоев Ш.Ж. // Материалы Международной научно-практической конференции «Использование природных ресурсов, экология и устойчивое развитие» в рамках Международного десятилетия действий “Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы”. Бустон, 24 сентября 2022. –С.39-45.
- [42-М]. Ходжиев, С.К. Умягчение оборотной воды на обогатительных фабриках / Хочиён М.К., Жекеев М.К., Юнусов М.М., Ходжиев С.К., Саидов Б.И. // Материалы Международной научно-практической конференции «Использование природных ресурсов, экология и устойчивое развитие» в рамках Международного десятилетия действий “Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы”. Бустон, 24 сентября 2022. –С.113-116.
- [43-М]. Ходжиев, С.К. Регенерация сульфогля в оборотной схеме водоснабжения на обогатительных фабриках / М.К. Хочиён, С.К. Ходжиев, М.М. Юнусов, Б.И. Саидов // Водные ресурсы, энергетика и экология. –2022. – Т.2, -№4. –С.66-71.
- [44-М]. Ходжиев, С.К. Исследование сорбции урана из шахтной воды месторождения КиикТал в статических условиях / Юнусов М.М., Хочиён М.К., Ходжиев С.К. // Сборник статей XIV Международного научного форума «Перспективные задачи инженерной науки» (Россия, Москва, 17 мая 2023г). Международная инженерная академия. М: ООО «Инженерный центр «Импульс», РГУ им. А.Н. Косыгина, 2023. –С.241-247.
- [45-М]. Ходжиев, С.К. Определения радиоактивности штольных вод месторождения Табошар / Азизов Р.О., Ходжиев С.К., Ашуров Х.Ё., Муродов Ш.С. // Материалы II – традиционной международной научно-практической конференции. Бустон. 9 декабря 2023. №2 -С.79-81.
- [46-М]. Ходжиев, С.К. Исследование качества питьевой воды регионов Согдийской области / Разыков З.А., Ходжиев С.К., Ходжибаев Д.Д., Мирбобоев Ш.Ж. // Научные труды Инженерной академии Республики Таджикистан «Перспективные задачи инженерной науки в Таджикистане». –Душанбе 2023. –С.86-91.
- [47-М]. Hojiev, S.K. Research on drinking water quality: emphasis on the importance of water hardness / Razykov Z.A. Hojiboev D.D., Hojiev S.K., Qalandarbekov I.I. // Тезисы докладов XI Международной научно-практической интернет-конференции соискателей высшего образования и молодых ученых. «Химия и современные технологии» Том 1. 06-07 декабря 2023 г.м. Днепр, Украина. -pp53-54.

[48-М]. Ходжиев, С.К. Исследование уровней радиоактивного загрязнения воды на площадках уранового наследия / Юнусов М.М., Азизов Р.О., Хочиён М.К., Ходжиев С.К. // IV Международный Косыгинский Форум «Проблемы инженерных наук: формирование технологического суверенитета». Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы ключевых отраслей экономики страны» (20-22 февраля 2024г). Том 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2024. –С.34-37.

[49-М]. Ходжиев, С.К. Исследование качества питьевой воды и деятельность сообщества COP4WASH in Central Asia / З.А. Разыков, М. Абдуллоева, Д.Д. Ходжибаев, С.К. Ходжиев // Изменение климата и его влияние на экономическое и социальное развитие стран. Международная научно-теоретическая конференция. 12 марта 2024г. -С85-94.

[50-М]. Ҳочиев, С.К. Таҳқиқи сифати оби нӯшоки дар ноҳияҳои Ҷ.Расулов ва Конибодом / Ҳочиев С.К., Ашӯров Х.Ё., Муродов Ш.С. // Материалы Республиканской научно-практической конференции “Внутренняя и внешняя политика Республики Таджикистан в процессе реализации программы защиты ледников и гидроэнергетических ресурсов” р-н Матча, 25 мая 2024. -С.65-67.

[51-М]. Hojiev, S. The impact of the oil and gas production industry on the natural environment / Olimov A., Wenbin Sun, Hojiev S. // Материалы Международной научно-практической конференции «Применение современных технологий в учебных процессах естественных, точных и математических наук» г.Бустон, 19 июня 2024. -р230-231.

Патент ва ихтироёт

[52-М]. Ходжиев, С.К. Малый патент Республики Таджикистан №ТJ 1173, МПК C02F 103/10. Способ очистки шахтных вод / С.К. Ходжиев, З.З. Насриддинов, З.В. Кобулиев, О.Х. Амирзода, Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов // №2101531; заявл. 13.04.2021г.; опубл. 23.06.2021г.

[53-М]. Ходжиев, С.К. Малый патент Республики Таджикистан №ТJ 1247, МПК C02F 103/16. Способ очистки сточных вод от ионов металлов / С.К. Ходжиев, З.В. Кобулиев, З.З. Насриддинов, Д.З. Бокизода, Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов // №2101594; заявл. 28.09.2021г.; опубл. 18.03.2022г.

Монография

[54-А]. Ходжиев, С.К. Особенности выделения урановых концентратов из руд и урансодержащих вод Таджикистана / У.М. Мирсаидов, Х.М. Назаров, С.К. Ходжиев, Н.Н. Рахматов // Под редакцией кандидата технических наук Н.У. Хакимовой. Издательство «Дониш». -Душанбе, 2019. -190с.

АННОТАТСИЯ

ба диссертатсияи Ҳочизода Саидмуқбил Қосим дар мавзӯи “**Асосҳои физикию химиявии технологияи комплексии тозакунии обҳои шахтавӣ ва партов аз металлҳои радиоактив ва вазнин (дар мисоли обҳои шахтавӣ ва партови Тоҷикистони Шимолӣ)**” барои дарёфи дараҷаи илмии доктори илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 05.17.00 – Технологияи химиявӣ (05.17.01 – Технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ).

Калимаҳои калидӣ: обҳои шахтавӣ ва партов, металлҳои радиоактив ва вазнин, сорбсия, коагулятсия, технологияи тозакунии об.

Объекти таҳқиқот: обҳои шахтавии КВД «Фулузоти нодири Тоҷикистон», ЧСК «Комбинати фулузоти нодири Ленинобод» ва обҳои партови ЧДММ «Точфилиз».

Предмети таҳқиқот: равандҳои тозакунии обҳои шахтавӣ ва партов аз металлҳои радиоактив ва вазнин, ҳамчунин аз маводҳои муаллақ бо усулҳои физикию кимиёӣ бо истифода аз сорбентҳо ва реагентҳои кимиёӣ.

Мақсади таҳқиқот: кор карда баромадани асосҳои илмӣ ва амалии технологияи комплексии аз металлҳои вазнин ва радиоактив тоза кардани обҳои шахтавию партов ва таъмини самарабахши баргараф намудани ифлоскуандаҳо ва бехатарии экологии объектҳои обӣ.

Навгониҳои илмӣ таҳқиқот: таҳқиқи таркиби физикию кимиёии обҳои шахтавӣ ва партови корхонаҳои саноатии гуногун; омӯзиши равандҳои сорбсионии металлҳои радиоактив ва вазнин аз обҳои шахтавӣ дар шароити статикӣ ва динамикӣ, кинетикаи раванди сорбсия, раванди десорбсияи металлҳои радиоактив ва вазнин, раванди беоҳангардонии обҳои партови истеҳсоли масолеҳи васлкунак; таҳқиқи вобастагии дараҷаи тозашавии обҳои шахтавӣ ва партов аз параметрҳои гуногун; таҳқиқи таъсири параметрҳои гуногун ба раванди тозакунии обҳои шахтавӣ ва партов аз металлҳои радиоактив ва вазнин бо истифода аз усулҳои сорбсионӣ, химиявӣ ва коагулятсионӣ; кокарди тарҳи маҷмӯии технологияи амалан нави тозакунии обҳои шахтавӣ ва партов аз металлҳои радиоактив ва вазнин.

Арзиши амалии таҳқиқот. Имрӯз ифлосшавии об ба яке аз муаммоҳои мубрам табдил ёфтааст, ки ба амнияти экологӣ ва саломатии инсон таҳдид мекунад. Дар шароити интенсивии истеҳсолоти саноатӣ ва афзоиши бор ба захираҳои табиӣ, ҳифзи манбаъҳои оби тоза (ҳам зеризаминӣ ва ҳам сатҳӣ) ба мадди аввал меистад. Фаҳмидани он муҳим аст, ки бидуни тозакунии дурусти обҳо, махсусан обҳои шахтавӣ ва партов, ба обанборҳои партофгани онҳо метавонад боиси оқибатҳои бебозгашти экологӣ гардад. Ифлосшавии об бо моддаҳои радиоактив ва металлҳои вазнин барои олами набототу ҳайвонот ва одамон хатари махсус дорад, зеро ин моддаҳо дар организмҳо чамъ шуда, боиси бемориҳои ҷиддӣ мегарданд.

АННОТАЦИЯ

диссертации Ходжизода Саидмукбил Косим 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)**, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ).

Ключевые слова: шахтная и сточная вода, тяжелые и радиоактивные металлы, сорбция, коагуляция, технология очистки воды.

Объект исследования: шахтные и сточные воды ГУП «Таджредмет», ОАО «Ленинабадский комбинат редких металлов» и ООО «Точфилиз».

Предмет исследования: процессы очистки шахтных и сточных вод от радиоактивных и тяжелых металлов, а также взвешенных веществ физико-химическими методами с использованием сорбентов и химических реагентов.

Цель исследования: разработка научно-прикладных основ комплексных технологий очистки шахтных и сточных вод от тяжелых и радиоактивных металлов, обеспечивающих эффективное удаление загрязнений и экологическую безопасность водных объектов.

Научная новизна исследования состоит в: исследовании физико-химического состава шахтных и сточных вод разных промышленных предприятий; изучении процессов сорбции радиоактивных и тяжелых металлов из шахтных вод в статических и динамических условиях, кинетики процесса сорбции, процесса десорбции радиоактивных и тяжелых металлов, процесса обезжелезивания сточной воды производства крепежа; исследовании зависимости степени очистки шахтных и сточных вод от различных параметров; исследовании влияния различных параметров на процесс очистки шахтных и сточных вод от радиоактивных и тяжелых металлов с использованием сорбционного, химического и коагуляционного методов; разработке принципиально новых комплексных технологических схем процесса очистки шахтных и сточных вод от радиоактивных и тяжелых металлов.

Практическая ценность исследования. На сегодняшний день загрязнение водных ресурсов стало одной из самых острых проблем, угрожающих экологической безопасности и здоровью людей. В условиях интенсивного промышленного производства и увеличения нагрузки на природные ресурсы, защита источников чистой воды (как подземных, так и поверхностных) выходит на первый план. Важно понимать, что без должной очистки воды, особенно шахтных и сточных вод, их сброс в водоемы может привести к необратимым экологическим последствиям. Загрязнение воды радиоактивными веществами и тяжелыми металлами представляет особую угрозу для флоры, фауны и человека, поскольку эти вещества могут накапливаться в организмах и вызывать серьезные заболевания.

ANNOTATION

dissertation by Hojizoda Saidmuqbil Qosim on the topic Physico-chemical foundations of complex technologies for the purification of mine and wastewater from heavy and radioactive metals (using the example of mine and wastewater in Northern Tajikistan), submitted for the degree of Doctor of Technical Sciences in specialty 05.17.00 – Chemical technology (05.17.01 – Technology of inorganic substances).

Keywords: mine and waste water, heavy and radioactive metals, sorption, coagulation, water purification technology.

Research object: mine and waste water of the State Unitary Enterprise "Tajredmet", OJSC "Leninabad Rare Metals Plant" and LLC "Tochfiliz".

Research subject: processes of purification of mine and wastewater from radioactive and heavy metals, as well as suspended substances by physical and chemical methods using sorbents and chemical reagents

Research purpose: development of scientific and applied foundations for complex technologies for cleaning mine and waste water from heavy and radioactive metals, ensuring effective removal of contaminants and environmental safety of water resources.

Academic novelty. Study of the physical and chemical composition of mine and wastewater from various industrial enterprises; studying the processes of sorption of radioactive and heavy metals from mine waters under static and dynamic conditions, the kinetics of the sorption process, the desorption process of radioactive and heavy metals, the process of deferrization of fastener production wastewater; study of the dependence of the degree of purification of mine and waste water on various parameters; study of the influence of various parameters on the process of purification of mine and wastewater from radioactive and heavy metals using sorption, chemical and coagulation methods; development of fundamentally new integrated technological schemes for the process of purifying mine and wastewater from radioactive and heavy metals.

Practical value of the research. Today, water pollution has become one of the most pressing problems threatening environmental safety and human health. In the context of intensive industrial production and increasing pressure on natural resources, the protection of clean water sources (both underground and surface) comes to the fore. It is important to understand that without proper water purification, especially mine and waste water, their discharge into water bodies can lead to irreversible environmental consequences. Water pollution with radioactive substances and heavy metals poses a particular threat to flora, fauna and humans, since these substances can accumulate in organisms and cause serious diseases.

