

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

1 (65)

ЯНВАРЬ – МАРТ 2019 г.
ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ
2019

Е. Е. ЕРГОЖИН, Т. К. ЧАЛОВ, Т. В. КОВРИГИНА, К. М. КАЛМУРАТОВА

АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», Алматы, Республика Казахстан

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ДРЕНАЖНЫХ ВОД И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Аннотация. Дан литературный обзор по методам очистки дренажных вод и технологий их утилизации на существующих предприятиях. Показано экологическое значение дренажных вод для окружающей среды, а также социально-экономическое значение работы промышленных предприятий, использующих очищенную дренажную воду.

Ключевые слова: дренажные воды, очистка дренажных вод, сточные воды, утилизация, дренажные системы, сорбция.

Ужесточение требований, предъявляемых к охране окружающей среды, выдвигает в качестве приоритетного направления создание локальных систем переработки разных потоков дренажных вод. Они страдают от загрязнений нефтяными промыслами, предприятиями горнодобывающей промышленности, отходов полей фильтрации, шлаконакопителей и отвалов металлургических заводов, свалок, животноводческих комплексов, канализационных стоков населенных пунктов. Из загрязняющих дренажные воды веществ преобладают: нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы (медь, цинк, свинец, кадмий, никель, ртуть), сульфаты, хлориды, соединения азота.

Авторами [1] выполнен анализ возможности применения существующих в настоящее время промышленных методов очистки воды от соединений азота (аммонийный, нитритный и нитратный азот) для условий очистки дренажных вод горных предприятий.

Применяемые в настоящее время методы очистки сточных вод от соединений азота разделяются на следующие группы:

- физико-химические;
- химические;
- биологические.

Физико-химические методы очистки основаны на удалении из сточных вод соединений азота при проведении процессов адсорбции, ионного обмена, обратного осмоса и электродиализа.

Адсорбция – физико-химический процесс, связанный с переходом ионов и молекул загрязняющих веществ из раствора на поверхность твердого сорбента под действием нескомпенсированных межмолекулярных сил на границе раздела фаз.

Метод ионного обмена основан на обратимой химической реакции обмена ионов между твердым материалом (ионит) и раствором электролита. В качестве ионитов используют синтетические ионообменные смолы или природные материалы.

Электродиализ – процесс сепарации ионов солей, осуществляемый в мембранном аппарате под действием постоянного электрического тока, применяемый для опреснения высокоминерализованных сточных вод.

Химические методы очистки основаны на проведении химических реакций с соединениями азота при введении в сточные воды реагентов, приводящих к образованию малотоксичных веществ. К методам химической очистки, которые могут использоваться для очистки дренажных вод от соединений азота, относятся озонлиз и обработка гипохлоритом натрия или кальция.

Биологическая очистка, являющаяся в настоящее время широко распространенным промышленным методом очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, производится при смешении сточных вод с «активным илом» (сообщество различных микроорганизмов).

Сточные и дренажные воды могут быть еще одним источником получения дополнительных водных ресурсов. После фильтрации и сорбции их можно использовать для технического и оборотного водоснабжения предприятий, а также для орошения. Только в водоснабжении современный уровень сточных вод на земном шаре составляет 470 км³/год, и к концу века он может увеличиться в несколько раз [2]. В соответствии с существующей практикой водопользования в реки и водоемы возвращаются почти все коллекторно-дренажные воды. В пустынях и полупустынях, где развито поливное земледелие, сбрасывается огромное количество коллекторно-дренажных вод, отводимых с орошаемых полей. Если общий объем сбросных вод возрастет с 1200 до 3000 км³/год, то количество дренажных вод в пустынной зоне может увеличиться с 170 до 300 км³/год.

Возвратные коллекторно-дренажные воды обычно содержат растворенные соли (3–5 г/л и редко более 10 г/л), органику и взвешенные твердые частицы, небольшие количества ядохимикатов и дефолиантов. Имеется некоторый опыт в нашей стране и за рубежом непосредственного использования слабоминерализованных вод для орошения («Использование минерализованных...», 1973; Нестерова, 1972; Рахимбаев, Ибрагимов, 1978). Но и самые совершенные методы очистки сточных вод не позволяют полностью освободиться от всех веществ, и в водах остается до 20% самых стойких загрязнителей (Львович, 1977). Наиболее эффективно задачи обессоливания минерализованных дренажных вод и очистки сточных решает опреснение.

Для поддержания качества воды на должном уровне необходимо осуществлять водоохранные мероприятия, которые требуют дополнительных капитальных затрат. Очистка сточных и дренажных вод здесь может дать двойную пользу: получение дополнительных водных ресурсов и защиту водной среды от загрязнения.

Утилизация дренажных и сточных вод на водосборе также актуальна для водосборов Башкортостана. С территорий водосборов в водотоки поступают биогенные элементы и химические загрязнения (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- ,

Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ + K⁺, NH₄, NO³⁻, NO²⁻), нефтепродукты и фенолы, в составе минеральных удобрений тяжелые металлы и ядохимикаты [3]. Обустройство водосборов должно позволять частично перехватывать дренажные воды водооборотными оросительными системами и извлекать оставшиеся загрязнения с помощью природоохранных мероприятий и сооружений. Сточные воды, содержащие органические загрязнения, после соответствующей подготовки целесообразно использовать для удобрения почвы, добавляя их в поливную воду специальных оросительных систем.

Исследована [4] эффективность предмембранной очистки дренажных вод свалок твердых бытовых отходов с применением окислителей, адсорбентов, коагулянтов и флокулянтов. Определены оптимальные значения pH процессов коагуляции и концентрации вводимых коагулянтов. Показано, что для очистки дренажных вод наиболее эффективна коагуляция основным сульфатом алюминия. Результаты испытаний опытной установки, включающей узлы коагуляции и обессоливания обратным осмосом дренажной воды свалки твердых бытовых отходов, показали возможность получения пермеата, отвечающего нормам сброса в канализацию.

Рассмотрен [5] способ размещения осадков сточных вод, образованных на очистных сооружениях канализации, на полигонах ТБО, приводящий к ускорению процесса компостирования отходов и уплотнению свалочного тела. Показана возможность использования тела полигона в качестве аэробного и анаэробного фильтра для очистки дренажных вод.

Показано [6] масштабное негативное воздействие загрязненных дренажных вод на гидросферу в районах интенсивной добычи полезных ископаемых. На основе анализа существующих способов очистки сбросных вод рекомендуется метод сорбции с использованием природных сорбентов и отходов производства ряда отраслей промышленности для первичной («грубой») очистки больших объемов дренажных вод шахт и карьеров.

Исследована [7] возможность обезжелезивания дренажной воды свалок твердых бытовых отходов на микрофильтрационных керамических мембранах после реагентной коагуляции или гальванокоагуляции. Показано, что за счет образования модифицирующего слоя из гидроксида железа из дренажной воды практически полностью удаляется железо и снижается содержание других неорганических и органических примесей в определенном интервале pH среды и рабочего давления.

Приведена [8] оценка эффективности применения гомогенных катализаторов в процессах очистки сточных вод Уфимского полигона твердых промышленных и бытовых отходов. Показана высокая эффективность очистки дренажных вод с применением гомогенных катализаторов – железного купороса и хлорида марганца. В роли окислителей использованы кислород и озono-кислородная смесь. В экспериментальной установке в качестве реактора использовался мембранный блок с керамическими мембранами.

Исследованы [9] основные технологические параметры нанофильтрации дренажных вод свалок твердых бытовых отходов. Показано, что этот процесс может рассматриваться как эффективный метод предподготовки указанных сточных вод перед их доочисткой и обессоливанием обратным осмосом, позволяющий снизить содержание органических и минеральных примесей в исходной воде и тем самым уменьшить нагрузку на обратноосмотическую мембрану.

Важным экологическим аспектом работы всех горнодобывающих предприятий, использующих буровзрывную подготовку горной массы с применением промышленных взрывчатых веществ (порэмит, гранэмит, игданит и др.) на основе аммиачной селитры, является неизбежное загрязнение дренажных вод соединениями азота (ион аммония NH_4^+ , ион нитрита NO_2^- и ион нитрата NO_3^+). Эти воды, откачиваемые при осушении месторождений, как правило, сбрасываются в поверхностные водные объекты, приводя к их загрязнению. Выполнение ужесточающихся требований природоохранного законодательства по их охране от загрязнения соединениями азота при сбросе дренажных вод обуславливает необходимость выбора и разработки оптимальной с эколого-экономических позиций технологии их очистки. Для этого необходимо изучение процессов формирования их химического состава по загрязняющим веществам и объема дренажных вод, подлежащих очистке, для горнодобывающих предприятий. В статье [10] рассмотрены процессы формирования химического загрязнения дренажных вод соединениями азота, исследованные в условиях крупного карьера строительной индустрии с целью определения возможных технологий их очистки. Результаты исследований использованы рассматриваемым предприятием при разработке технологии очистки дренажных вод от соединений азота и оптимизации работы очистных сооружений в зависимости от природных и техногенных факторов с учетом конкретных условий предприятия и его инфраструктуры (связь массы выноса соединений азота с сезонностью водопритоков, объемом горной массы, видов применяемых ВВ).

Анализ экспериментальных данных [11], полученных с использованием ЯМР-метода, показывает, что активные центры коллоидной стадии дисперсности, образующиеся в растворах сульфата алюминия под действием магнитного поля после стабилизации анодно-растворенным железом, выполняя роль дополнительных центров коагуляции, оказывают интенсифицирующее действие на процессы очистки дренажных вод полигонов.

Исследованы [12] варианты домембранной очистки дренажной воды полигона депонирования твердых бытовых отходов – окислительных, сорбционных и коагуляционных; наиболее подходящими можно считать последние. При проведении реагентной коагуляции активность коагулянтов может быть расположена в ряд: оксисульфат алюминия > сульфат алюминия > сульфат железа > оксид кальция. По активности электрохимических методов, более выгодной целесообразно считать гальванокоагуляцию,

неоспоримым преимуществом которой является экономичность и простота аппаратного оформления процесса.

В [13] представлены результаты применения сорбента из скорлупы кедровых орехов в процессах извлечения эмульгированных нефтепродуктов. Подобраны параметры (время сорбции и масса адсорбента) для проведения сорбции в статических условиях, при которых степень очистки от нефтепродуктов составляет более 94,0 %. Установлено, что процесс сорбции описывается уравнением Фрейндлиха. Показано, что в динамических условиях сорбции достигается степень извлечения более 96,0%. Полная динамическая сорбционная ёмкость сорбента составляет 0,85 г/г. Приведены данные по эффективности данного сорбента при очистке дренажных вод нефтеперерабатывающего завода, содержащих эмульгированные нефтепродукты.

При анализе результатов научных исследований часто возникают ситуации, когда функция отклика зависит от нескольких факторов. В этих случаях для нахождения параметров моделей используют множественный линейный регрессионный анализ. В статье [14] рассмотрен данный метод анализа, применяемый для системы гидроочистки бензина. Химический состав дренажных вод представлен с помощью множественного регрессионного анализа. С его помощью выявлены компоненты их состава, оказывающие основное влияние на коррозию элементов установки гидроочистки бензина. Для достижения поставленной цели: 1) проведен множественный регрессионный анализ компонентов, присутствующих в дренажных водах; 2) на основании определения наиболее агрессивных компонентов был произведен подбор ингибитора или нейтрализатора, наиболее эффективно подавляющего коррозионные процессы в данных условиях эксплуатации установки гидроочистки бензина. Для уменьшения количества переменных в регрессионной модели использовался их пошаговый отбор. В результате установлено, что дренажные воды нефтеперерабатывающего завода содержат следующие компоненты: Fe, Cl, NH₄, S₂. Анализ аддитивной модели показал, что параметры Cl, NH₄ являются для данной модели незначимыми, то есть не влияют на разрушение металла реактора, где происходят каталитические реакции гидрирования бензина, и выявлено, что агрессивность среды зависит только от показателя pH и содержания серы. Исследуемые дренажные воды имеют щелочной характер. Для их нейтрализации возможно использование солей «слабой» угольной кислоты. Применение данного способа не только более безопасно в техническом и экологическом планах, но и более экономично с точки зрения затрат на нейтрализацию.

Рассмотрена [15] естественная биологическая очистка дренажных вод крупнейшего горного предприятия Урала – ОАО «Ураласбест» – в условиях отработанной горной выработки. Обоснованы параметры отработанной горной выработки для ее использования в качестве базового звена в системе очистки и экологические ограничения, возникающие при таком использовании.

При обосновании технологической схемы системы очистки дренажных вод предприятием учтены и использованы характерные параметры инфраструктуры и геотехнологические особенности, в частности: наличие частично затопленной отработанной горной выработки, состав воды в ней, свободный объем для заполнения, гидрогеологические условия, наличие на территории предприятия водозаборных скважин, геомеханические свойства бортов отработанной горной выработки и др. В качестве базового элемента принятой схемы очистки для разработки проектных решений является использование отработанной горной выработки для предварительной очистки дренажных вод от соединений азота перед их последующей доочисткой на сооружениях биологической очистки. Отработанная горная выработка представляла на начало использования отработанный карьер, частично затопленный за счет поступления атмосферных осадков и подземных вод. Химический состав воды в затопленной части карьера характеризовался отсутствием токсических соединений в концентрациях, превышающих ПДК. Возможность использования выбранной отработанной горной выработки для очистки дренажных вод основывается на использовании естественных микробиологических процессов нитрификации соединений азота (ионов аммония и нитрита) в аэробных условиях в водоемах [16].

Исследован процесс [17] электрофлоктокоагуляционной очистки дренажных вод свалки твердых бытовых отходов больших городов. Показаны непригодность использования для наработки коагулянта железных анодов и перспективность алюминиевых. Для снижения расхода алюминия предложено проводить предварительную кислотную коагуляцию исходной сточной воды.

В работе [18] для предочистки дренажной воды был использован метод электрофлоктокоагуляции, совмещающий в себе электрокоагуляцию и электрофлотацию. В соответствии с этим разделение очищаемой воды на три отдельных потока (пенистую фракцию, донный шлам и собственно очищенную воду) позволяет повысить эффективность очистки воды.

На основании экологических исследований [19] для опреснения коллекторно-дренажных вод при массовой концентрации солей в исходной воде до 6 г/л и в опресненной – не менее 0,6-0,7 г/л можно считать наиболее приемлемым метод электродиализа.

В работе [20] показана эффективность работы мембранного реактора с керамическими мембранами при каталитическом окислении дренажных вод Уфимского полигона промышленных и бытовых отходов, содержащих большое количество нефтепродуктов, фенола и других органических соединений. На базе этой экспериментальной установки спроектирована полупромышленная мембранная установка с расходом сточных вод 1 м³/ч.

В настоящий момент недропользователи активно используют водные объекты в качестве приемника сточных вод. Ежегодно добывающей промышленностью в реки сбрасывается более миллиарда кубических метров шахтной, карьерной и поверхностной воды. При этом сбрасываемая вода не

всегда соответствует нормативам допустимого воздействия. Связано это с тем, что большинство очистных сооружений в настоящий момент времени морально устарели, и не могут обеспечить необходимую степень очистки. При этом их реконструкция или строительство новых очистных сооружений маловероятны из-за значительных капиталовложений. В [21] рассмотрен вопрос снижения стоимости очистки дренажных и поверхностных вод. Результаты материалов можно применять для очистки дренажных и карьерных, а также поверхностных вод на всех промышленных площадках.

Искусственные водоемы имеют важное значение в районах, бедных естественными водоемами и водотоками. Каждая дренажная система может собирать почвенно-грунтовые воды с большой площади (50 га и более) и сводить их в один водоприемник. Сбор и накопление дренажных вод в искусственных водоемах полезно использовать в некоторых хозяйствах для организации местного водоснабжения, рыбоводства, разведения водоплавающей птицы и других целей [22].

Для изучения возможности очистки дренажных вод золошлакоотвалов от ионов марганца были проведены исследования по его сорбционному извлечению. В качестве сорбента использовали активный уголь КАД-йодный. Предварительно были определены характеристики исследуемого образца угля по известным методикам. Крупность основной фракции 1,6-2,5 мм; насыпная плотность 0,537 г/см³; механическая прочность 60%; активность по йоду 55%; активность по метиленовому голубому 11,5 мг/г; суммарная пористость 1,0 см³/г. Известно, что на емкостные характеристики сорбентов по отношению к ионам тяжелых металлов значительное влияние оказывает рН среды [23].

В статье [24] дан анализ применяемых схем для обработки поверхностного стока, представлены результаты изучения степени загрязненности поверхностного (дождевого и талого) и дренажного (инфильтрационного) стока. По результатам многолетних натуральных наблюдений получены зависимости для определения количества и характера поступления дренажного (инфильтрационного) стока в канализационные сети. Описана технологическая схема станции очистки поверхностного стока запроектированная и построенная в подземном исполнении. Представлен надежный способ очистки такого резервуара-аккумулятора, а также устройство обеззараживания с использованием установок УФ-облучения.

Исследованы [25] сорбционные свойства бентонитовых глин Камалинского месторождения (Красноярский край) с целью их возможного использования для очистки сточных вод сульфидсодержащих хвостохранилищ от ионов тяжелых металлов. На примере меди (II) изучено влияние величины рН, отношения сорбат/сорбент и увеличение концентрации сорбата на перераспределение металла из модельного раствора в твердую фазу. На основании данных исследования водных вытяжек из вещества клинкеров Беловского цинкового завода (Кемеровская обл.) и его дренажных стоков установлено, что данный объект служит источником кислотного рудничного

дренажа наиболее неблагоприятного типа (незначительное содержание железа и высокое содержание тяжелых металлов и сульфатной серы). Показано, что эффективные результаты по очистке сточных вод хвостохранилищ Беловского цинкового завода могут быть получены при использовании двухстадийной очистки: сначала с применением кальцита, а далее – взаимодействием с глинистым сорбентом.

К дренажным водам [26] относятся ливневые, талые и поверхностные воды, попадающие непосредственно в выработанное пространство карьера, а также подземные воды, поступающие в подземную дренажную систему или на откосы и дно карьера.

При использовании биохимических методов [27] очистки дренажных вод технологические схемы очистки фильтрата основываются на применении преимущественно методов биохимической деструкции органических веществ в сочетании с физико-химическими процессами – коагуляции–флотации, жидкофазного окисления, фильтрации, ультрафильтрации, адсорбции, обратного осмоса, концентрированного выпаривания в различных комбинациях. Сточные воды, содержащие взвешенные и коллоидные примеси, подвергают механической, коагуляционной или флотационной очистке. В последние годы активно применяются технологии на основе обратного осмоса (мембранные методы). Для очистки сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов, магния, кальция используют осадительные, ионообменные или мембранные методы. Наиболее распространенными методами очистки фильтрационных вод являются биохимические – аэробные и анаэробные. Основными преимуществами анаэробной очистки перед аэробной могут быть выделены следующие: – не требуется подача кислорода в обрабатываемую среду; – значительно уменьшаются затраты электроэнергии (немаловажный экономический аспект); – увеличивается минерализация анаэробного осадка при удалении тяжелых металлов, что повышает ценность его как удобрения; – практически не требуется осаждения анаэробного осадка; – устраняются неприятные запахи; – образуется меньшее количество осадка, что облегчает его утилизацию; – снижается количество добавок для питания микрофлоры; – снижаются площади и капитальные затраты на установки за счет уменьшения их размеров; – быстрее погибают патогенные микроорганизмы, особенно в термофильном режиме. Также следует отметить недостатки анаэробной очистки по сравнению с аэробной: – необходимость высоких (более 30°C) температур для достижения эффективной кинетики процесса; – сложность работы в период пуска и необходимость строгого контроля протекания процесса; – меньшая эффективность удаления тяжелых металлов; – необходимость дополнительной обработки для получения требуемой степени очистки. Большинство установок анаэробной очистки работают в интервале температур 34–38°C, что способствует развитию различных видов микроорганизмов. Для роста метаногенных бактерий требуется широкий спектр питательных веществ: углерод, фосфор, азот, сера, кальций, магний, калий и

др. Эффективность очистки обеспечивается регулярным контролем механизма процесса сбраживания и поддержанием основных параметров в установленных пределах. К основным контролируемым параметрам относят потребление жирных кислот, щелочность (3500–5000 мг/дм³) и рН (7–7,5). Также применяется метод аэробной очистки, при котором в качестве аппаратного оформления выступают аэротенки и биореакторы. В результате аэробной очистки происходит снижение БПК в среднем на 20–35 %. При этом может возрасти минерализация, а также содержание хлоридов и сульфатов. Происходит улучшение органолептических свойств сточных вод. Применение аэробных методов для очистки «старых» фильтратов возможно при проведении предварительной физико-химической и химической очистки, так как они имеют высокое солесодержание, наличие хлорорганических соединений и оказывают ингибирующее действие на активный ил. Так как зачастую имеют дело со смешанным фильтратом, то для очистки используют комбинацию аэробной и анаэробной очистки. Также крайне необходима доочистка фильтрата различными методами. В качестве коагулянтов для очистки фильтрата от тяжелых металлов могут использоваться: оксид кальция, сульфат алюминия, сульфат железа. Наиболее эффективным является сульфат алюминия, применение которого позволяет достичь 50%-ной степени очистки по ХПК и 80 %-ного обесцвечивания. Гальванокоагуляция может быть использована в качестве предочистки фильтрационных вод для удаления ВМС, ионов тяжелых металлов, хлоридов. В качестве гальванопор может использоваться металлический скрап (железная или алюминиевая стружка), углеродсодержащие отходы различных производств. За счет разности потенциалов токопроводящих элементов «железная стружка – углеродсодержащий материал» возникает множество гальванопор, влекущих за собой окисление и растворение металла, смещение рН, гидролиз. Образующиеся гидроксиды железа или алюминия (в зависимости от применяемой стружки), способствуют коагуляции, сорбции и осаждению примесей. Применение гальванокоагуляции позволяет достичь снижения ХПК до 75%, цветности до 85%, меди и цинка практически на 100%. К тому же микротоки, образующиеся в поле гальванопор, деструктивно действуют на патогенную микрофлору, обеспечивая глубокое обеззараживание.

Авторы [28] в качестве сорбента используют дробленый вспученный аргиллит с размером частиц 0,5–3,0 мм. Последовательно обрабатывают 6 %-ным раствором серной кислоты и 6 %-ным раствором гидроксида натрия или калия при 60–198 °С. Обработку проводят методом барботирования с последующей промывкой водой. Метод применяется для промышленной очистки коллекторно-дренажных вод и использования воды на питьевые нужды.

Изобретение [29] относится к технологии очистки дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов, содержащих многочисленные компоненты распада органических веществ. Способ включает предварительную электрохимическую обработку дренажных вод от загрязняющих примесей с

переводом не менее 25 мас.% аммонийного азота в нитратную форму. Образующийся при этом активный хлор способствует обеззараживанию обрабатываемых вод. Затем дренажную воду фильтруют и подвергают обратноосмотическому разделению. Пермеат доочищают на сорбенте, часть концентрата до 35 мас.% возвращают в тело полигона, а не менее 65 мас. % концентрата подают в испаритель и накопительную емкость – кристаллизатор, откуда кристаллическую соль отводят на утилизацию. Дренажные воды свалки всегда содержат хлор-ион, поскольку хлориды натрия вносятся в тело полигона твердых бытовых отходов с бытовым мусором и отходами, что подтверждается статическими данными их составов. При незначительной концентрации хлоридов в очищаемой воде даже при оптимальных параметрах электрохимической обработки не будет выделяться требуемое количество активного хлора и не обеспечится качество очистки по ряду показателей. В этом случае требуется дополнительное введение NaCl с корректировкой состава по хлор-иону. При возрастании Cl⁻ - ионов в исходных водах увеличивается солесодержание исходных дренажных вод, что дает дополнительную нагрузку на стадию обратноосмотического обессоливания. Кроме того, при электролизе выделяется избыточное количество активного хлора, не участвующего в реакциях окисления, что требует повышенного расхода дехлорирующего реагента. Экспериментально установлено, что оптимальное содержание хлор-иона для предлагаемой технологии находится в диапазоне концентраций 0,8-4,5 г/л.

Применение после электрохимической обработки двухступенчатой механической фильтрации обеспечивает удаление из дренажных вод основных видов механических примесей с размером частиц более 5 мкм.

В [30] рассматривается возможность локального подхода к размещению дренажа в виде замкнутых водооборотных систем. Необходимыми элементами такой системы являются технологические узлы по очистке и обессоливанию дренажных вод и пруды-накопители дренажного стока. Приводятся данные по объемам и качеству их стока для оросительных систем юга России, формулы для расчета объема воды для разбавления загрязненного и минерализованного стока и необходимого количества сорбента для его кондиционирования.

Исследована [31] эффективность очистки при дренировании шахт, производимой в горнодобывающей промышленности в Менгзи, Юньнань, Китай. Проверено влияние обработанного дренажа на электрохимическое поведение минеральных электродов. Проводили эксперименты с различными дозами полиакриламида (ПАА) и полимерного сульфата трехвалентного железа (СТЖ) при разных значениях pH и предварительную очистку активированным углем (АУ). По сравнению с СТЖ лучшим коагулятором для эффективности удаления является ПАА, при оптимальных условиях удаление Pb²⁺, Zn²⁺, Cu²⁺ и ХПК из раствора составляет 94,8, 79,9, 87,6 и 85% соответственно. При предварительной очистке размер частиц активированного угля и время перемешивания играют важную роль в эффек-

тивности удаления. Каждая концентрация загрязняющих веществ может соответствовать стандарту выбросов загрязняющих веществ для свинцово-цинковой промышленности.

В работе [32] исследованы основные технологические параметры нано-фильтрации дренажных бытовых отходов в селе Велики Дмитровичи и селе Пирогово Киевской области. Было показано, что этот процесс можно считать эффективным методом предварительной обработки рассматриваемых сточных вод до их последующей обработки и опреснения обратным осмосом, что позволяет уменьшить содержание органических и минеральных примесей в исходной воде и тем самым снизить нагрузку на мембраны обратного осмоса.

Авторами [33] приведены качественные и количественные характеристики речных и канализационно-дренажных вод бассейна Аральского моря. Исследован их химический состав в терминах макро- и микрокомпонентов. Установлено, что из-за сброса дренажных вод увеличивается содержание солей и загрязняющих веществ в речных водах. Обоснована целесообразность очистки и повторного использования дренажных вод различного назначения. В работе показана возможность их деминерализации мембранными методами.

Ниже представлены результаты очистки дренажных вод [34] от отвалов твердых бытовых отходов. Изучены процессы дестабилизации и агрегации их примесей методом реагентов, получающих седиментационные характеристики продуктов гидролиза солей железа и органоминеральных комплексов кальция. Разработана технологическая система для их обработки с помощью реагентов и баромембранных методов, которая устраняет вторичное загрязнение окружающей среды отходами процесса очистки.

Формирование огромного количества дренажных вод [35] характерно для орошаемого земледелия в Центрально-Азиатском регионе. При интенсивном освоении новых орошаемых земель они составляли 39-40 км³ от общего поверхностного водного ресурса 110-115 км³. В последние годы наблюдается снижение объема дренажного стока до 32-34 км³ из-за вынужденного сокращения удельного водоснабжения на орошаемый гектар, чрезмерного расширения орошаемых площадей, развития промышленности и других отраслей экономики, использующих воду, а также увеличения населения.

Знания по гидрохимии очень важны для оценки качества воды для эффективного управления водными ресурсами или повторного использования сточных вод. Исходя из этого, оценка качества воды проводилась в районе Агулиница в Пелопоннесе (Западная Греция). Образцы воды для дренажных и оросительных каналов были собраны, обработаны и подвергнуты химическому анализу. Характеристика была проведена с использованием диаграммы Пайпер-трилинейная. Оценка образцов воды с точки зрения коэффициента адсорбции натрия, Na⁺% и остаточного карбоната натрия показала, что 60,0 и 83,3% проб дренажных вод в период до и после

ирригации соответственно химически пригодны для использования в орошении [36].

Повторное использование [37] неиспользуемой фракции («дренажной воды») отработанной ирригационной воды является доказанным, но рискованным вариантом для улучшения управления пресной водой. В настоящем документе представлен обзор различных вариантов повторного использования дренажных вод и рекомендации по его безопасному использованию. Приведены критерии максимальной солености ирригационной воды для предотвращения ухудшения состояния почвы и снижения урожайности культур, максимальной концентрации токсичных веществ и пределов для бактериологического качества воды. Приводятся примеры устойчивого повторного использования дренажных вод в Египте, Индии и США. Показана полезность имитационных моделей для анализа региональных балансов воды и соли.

Исследована [38] эффективность предварительной обработки доочистки мембраной дренажных вод от бытовых мусорных свалок с использованием окислителей, адсорбентов, коагулянтов и флокулянтов. Определены оптимальные значения pH для процессов коагуляции и оптимальные концентрации коагулянта. Обнаружено, что наиболее эффективным коагулятором для этих дренажных вод является сульфат алюминия. Результаты этих экспериментов на экспериментальном объекте, включающем установки для коагуляции и обратного осмоса, обессоливания дренажных вод мусорных отвалов, продемонстрировали возможность получения пермеата, отвечающего требованиям, предъявляемым к сбросу в канализационную систему.

Дренажные системы в Китае в настоящее время трансформируются из комбинированных канализационных систем в отдельные канализационные системы; недавно построенные районы обычно используют последний для очистки сточных и ливневых вод [39]. Загрязненный ливневой сток выгружается непосредственно в реки по трубопроводам, что ухудшает качество воды. В работе модель городской системы ливневых вод была построена с использованием комплексного моделирования уловов Infoworks и подтверждена данными измерений. Проанализирована нагрузка на выходы труб во время ливней. Система штормовых вод преобразована с использованием математических моделей в условиях соблюдения стандартов качества воды в реках и предотвращения ущерба для экологического потенциала воды. Относительные погрешности объемного и пикового стока калибровки модели составляли от -2,33 до +12,06% и от -13,43 до +8,7% соответственно. Исследование показывает, что модель системы ливневых вод может использоваться при анализе сценариев, а ее система может выдерживать наводнения в течение повторяющегося интервала в 10 лет. Кроме того, ливневая канализация может быть непосредственно сброшена в водоемы без превышения пропускной способности водной среды с трансформацией системы ливневых вод.

Рассмотрена [40] возможность использования методов осаждения и сорбции для удаления искусственных радионуклидов из дренажных и грунтовых вод на объектах радиохимического производства. Их химическая обработка (путем умягчения карбоната натрия и осаждения фосфатов) позволяет снизить удельную активность в 15-70 раз. В зависимости от метода химической обработки образуется от 2 до 6 кг м³ сухой слизи с удельной активностью до 1×10⁸ Бк кг⁻¹. Химическая обработка дренажных вод и грунтовых вод позволяет снизить удельную активность растворов до уровня ниже минимальной значимой удельной активности, так что очищенная вода переходит из категории жидких радиоактивных отходов в категорию промышленных отходов, загрязненных искусственными радионуклидами.

Таким образом, рассмотрены материалы по сырьевой базе для очистки дренажных вод, возможности использования дренажных систем, а также применение в различных технологических процессах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ревво А.В., Студенок А.Г., Студенок Г.А. Оценка методов очистки сточных вод от соединений азота для дренажных вод горных предприятий // Известия Уральского государственного горного университета. – 2013. – № 2(30). – С. 26-30.
- [2] Колодин М. Вода и пустыни. – М.: Мысль, 1981.
- [3] Хафизов А.Р. Обоснование необходимости обустройства водосборов Башкортостана // Природообустройство. – 2008. – № 3. – С. 32-34.
- [4] Гончарук В.В., Балакина М.Н., Кучерук Д.Д., Скубченко В.Ф., Ярошевская Н.В., Муравьев В.Р., Милюкин М.В., Пищай И.Я. Предмембранная обработка дренажных вод свалок твердых бытовых отходов // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 1. – С. 42-54.
- [5] Быков Д.Е., Чергес К.Л., Назаров В.Д., Назаров М.В., Тупицына О.В., Гвоздева Н.В., Зеленцов Д.В. Использование осадков сточных вод в качестве биопрепарата для ускорения компостирования ТБО // Экология и промышленность России. – 2011. – № 2. – С. 16-18.
- [6] Изотов А.А., Ковердяев О.Н., Вершинина О.О. Способы снижения воздействия дренажных вод на окружающую среду в горнодобывающих районах // Горный журнал. – 2006. – № 10. – С. 103-106.
- [7] Балакина Н.Н. Обезжелезивание сточных вод на керамических мембранах // Доп. НАН Украины. – 2012. – № 1. – С. 187-192.
- [8] Хангильдин Р.И., Шарафутдинова Г.М., Мартяшева В.А., Фаттахова А.М., Кирсанова А.Г. Оценка эффективности применения гомогенных катализаторов в процессах очистки сточных вод // Вода: Химия и экология. – 2011. – № 10(40). – С. 20-27.
- [9] Гончарук В.В., Балакина М.Н., Кучерук Д.Д., Скубченко В.Ф. Наночистота в предпочтительности дренажных вод свалок твердых бытовых отходов // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 2. – С. 182-194.
- [10] Хохряков А.В., Студенок А.Г., Студенок Г.А. Исследование процессов формирования химического загрязнения дренажных вод соединениями азотана на примере карьера крупного горного предприятия // Известия УГГУ. – 2016. – Вып 4(44). – С 35-37.
- [11] Душкин С.С. Интенсификация реагентных методов очистки воды: Уч. пособие. – К.: Вища школа, 1990. – 168 с.
- [12] Балакина М.М. Эффективность домембранных методов очистки дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов // Доп. НАН Украины. – 2011. – № 9. – С. 171-179.
- [13] Пятанова П.А., Адеева Л.Н. Поиск альтернативных источников сорбционных материалов в процессах извлечения эмульгированных нефтепродуктов // Вестник Омского университета. – 2016. – № 1. – С. 44-47.

[14] Насибуллина О.А. Оптимизация химического состава дренажных вод установки гидроочистки бензина методом множественного регрессионного анализа // УГНТУ. – УФА, 2018. – Т. 16, № 4. – С. 135-140.

[15] Студенок Г.А., Хохряков А.В. Исследование естественной биологической очистки дренажных вод горных предприятий // Инновационные технологии в системах водного хозяйства промышленных предприятий и жилищно-коммунального комплекса. – С. 410-417.

[16] Пшеницына А.В., Ларионов М.А. Возможность использования отработанной горной выработки для очистки карьерных вод от соединений азота // Межд. научно-практ. конф. «Уральская горная школа – регионам». – 2017. – С. 628-629.

[17] Гончарук В.В., Багрий В.А., Ремез С.В., Прекрасна Е.П., Баштан С.Ю. Электрофлотокоагуляционная очистка дренажных вод свалки твердых бытовых отходов // Химия и технология воды. – 2012. – Т. 34, № 4. – С. 329-336.

[18] Назарян М.М., Ефимов В.Т. Электрокоагуляторы для очистки промышленных стоков. – Харьков: Вища шк., 1983. – 144 с.

[19] Бейшекеев К.К., Калыбек уулу М. Электродиализ коллекторно-дренажных вод // Известия вузов. – 2014. – № 11. – С. 22-24.

[20] Баландина А.Г., Хангильдин Р.И., Мартяшева В.А., Шундеева Е.В. Аппаратурное оформление процесса очистки трудноокисляемых сточных вод // Башкирский химический журнал. – 2015. – Т. 22, № 2. – С. 101-108.

[21] Свиноаренко С. А., Фадеева И. А. Разработка конструкции и компоновочных решений сорбционных фильтров для очистки дренажных и поверхностных вод // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № s37. – С. 203-207.

[22] Непра А.С. Левченко Э.В. Киденко Н.С. Использование дренажных вод для питания искусственных водоемов и водоснабжения малых объектов // Сб. научных трудов по материалам Межд. научно-практ. конф. – 2018. – С. 90-91.

[23] Фомина Е.Ю., Агеева А.С. Исследование возможности сорбционной очистки дренажных вод золоотвала шелеховского участка НИ ТЭЦ // Вестник ИрГТУ. – 2011. – № 11(58). – С. 178-182.

[24] Иваненко И.И. Исследования качества и количества поверхностного и дренажного стока для строительства очистных сооружений поверхностного стока в пос. Осиновая роща // Вода и экология: проблемы и решения. – 2013. – № 2(54). – С. 46-54.

[25] Гаськова О.Л., Кабанник В.Г. Экспериментальное изучение сорбции тяжелых металлов природными глинами с целью очистки дренажных вод // Химия в интересах устойчивого развития. – 2009. – Т. 17, № 4. – С. 359-369.

[26] Балашова Е.О. Очистка дренажных вод карьера // Студенческий научный журнал. – 2018. – № 8(28).

[27] Душкин С.С., Дегтярь М.В. Очистка дренажных сточных вод // Интернет-конференция ХНУМГ им. О.М. Бекетова «Вода. Экология. Общество». – 2014. – № 1.

[28] Патент № 2062751. Россия. Способ очистки сточных коллекторно-дренажных и подземных вод / Жарков В.В., Жарков Д.В.; опубл. 1996.

[29] Патент № 2003 FG4A. Способ очистки дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов / Поворов А.А., Павлова В.Ф., Ерохина Л.В., Начева И.И., Шиненкова Н.А., Коломийцева О.Н.; опубл. 2003.

[30] Кирейчева Л.В., Глазунова И.В. Методика расчета прудов-накопителей дренажного стока для локальных участков орошения // Природообустройство. – 2012. – № 5. – С. 30-34.

[31] Ke Zeng, Wen-qing Qin, Fen Jiao, Ming-fei He, Ling-qiang Kong Treatment of mine drainage generated by lead-zinc concentration plant // Journal of Central South University. – 2014. – Vol. 21, Issue 4. – P. 1453-1460.

[32] Goncharuk V.V., Balakina M.N., Kucheruk D.D., Skubchenko V.F. Nanofiltration in pre-treatment of drainage waters of the dumps for solid domestic wastes // Journal of Water Chemistry and Technology. – 2007. – Vol. 29, Issue 2. – P. 102-109.

[33] Yevzhanov Kh.N. Cleaning and reuse of the sewer-drainage waters // Journal of Water Chemistry and Technology. – 2009. – Vol. 31, Issue 1. – P. 66-69.

[34] Goncharuk V.V., Shkavro Z.N., Badekha V.P., Kucheruk D.D., Sova A.N., Badekha A.V. Treatment of drainage waters of domestic refuse dumps by reagent and baromembrane methods // *Journal of Water Chemistry and Technology*. – 2007. – Vol. 29, Issue 1. – P. 31-37.

[35] Myratgheldy Akmammedov Steady Management of Transboundary Drainage Water // *Water and Food Security in Central Asia*. – P. 197-205.

[36] Dimitris Alexakis, Dimitris Gotsis, Spyros Giakoumakis Assessment of drainage water quality in pre- and post-irrigation seasons for supplemental irrigation use // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2012. – Vol. 184, Issue 8. – P. 5051-5063.

[37] Willardson L.S., Boels D., Smedema L.K. Reuse of drainage water from irrigated areas // *Irrigation and Drainage Systems*. – 1997. – Vol. 11, Issue 3. – P. 215-239.

[38] Goncharuk V.V., Balakina M.N., Kucheruk D.D., Skubchenko V.F., Yaroshevskaya N.V., Muravyev V.R., Milyukin M.V., Pishchay I.Ya. Premembrane treatment of drainage waters from dumps of solid domestic wastes // *Journal of Water Chemistry and Technology*. – 2007. – Vol. 29, Issue 1. – P. 23-30.

[39] Haiqin Peng, Yan Liu, Hongwu Wang, Xuelong Gao, Yi Chen, Luming Ma Urban storm-water forecasting model and drainage optimization based on water environmental capacity // *Environmental Earth Sciences*. – 2016.

[40] Bobrov P.A., Slyunchev O.M., Semenova T.A. Radionuclide removal from radioactively contaminated drainage water and groundwater by precipitation and sorption methods // *Radiochemistry*. – 2015. – Vol. 57, Issue 5. – P.537-541.

REFERENCES

[1] Revvo A.V., Studenok A.G., Studenok G.A. Otsenka metodov ochistki stochnykh vod ot soedineniy azota dlya drenajnykh vod gornyykh predpriyatiy // *Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*. 2013. N 2(30). P. 26-30.

[2] Kolodin M. Voda i pustyini. M.: Myisl, 1981.

[3] Hafizov A.R. Obosnovanie neobходимosti obustroystva vodosborov Bashkortostana // *Prirodoobustroystvo*. 2008. N 3. P. 32-34.

[4] Goncharuk V.V., Balakina M.N., Kucheruk D.D., Skubchenko V.F., Yaroshevskaya N.V., Muravev V.R., Milyukin M.V., Pishchay I.Ya. Predmembrannaya obrabotka drenajnykh vod svalok tverdykh byitovykh othodov // *Himiya i tekhnologiya vody*. 2007. Vol. 29, N 1. P. 42-54.

[5] Byikov D.E., Chertes K.L., Nazarov V.D., Nazarov M.V., Tupitsyina O.V., Gvozdeva N.V., Zelentsov D.V. Ispolzovanie osadkov stochnykh vod v kachestve biopreparata dlya uskorennya kompostirovaniya TBO // *Ekologiya i promyshlennost Rossii*. 2011. N 2. P. 16-18.

[6] Izotov A.A., Koverdyayev O.N., Vershinina O.O. Cposobyi snijeniya vozdeystviya drenajnykh vod na okrujayuschuyu sredu v gornodobyivayuschih rayonah // *Gornyy jurnal*. 2006. N 10. P. 103-106.

[7] Balakina N.N. Obezjelezivanie stochnykh vod na keramicheskikh membranah // *Dop. NAN Ukrainyi*. 2012. N 1. P. 187-192.

[8] Hangildin R.I., SHarafutdinova G.M., Martyasheva V.A., Fattahova A.M., Kirsanova A.G. Otsenka effektivnosti primeneniya gomogennykh katalizatorov v protsessah ochistki stochnykh vod // *Voda: Himiya i ekologiya*. 2011. N 10(40). P. 20-27.

[9] Goncharuk V.V., Balakina M.N., Kucheruk D.D., Skubchenko V.F. Nanofiltrovanie v predochistke drenajnykh vod svalok tverdykh byitovykh othodov // *Himiya i tekhnologiya vody*. 2007. Vol. 29, N 2. P. 182-194.

[10] Hohryakov A.V., Studenok A.G., Studenok G.A. Issledovanie protsessov formirovaniya himicheskogo zagryazneniya drenajnykh vod soedineniyami azotana na primere karera krupnogo gornogo predpriyatiya // *Izvestiya UGGU*. 2016. Vyip 4(44). P. 35-37.

[11] Dushkin S.S. Intensifikatsiya reagentnykh metodov ochistki vody: Uch. posobie. K.: Vischa shkola, 1990. 168 p.

[12] Balakina M.M. Effektivnost domembrannykh metodov ochistki drenajnykh vod poligonov tverdykh byitovykh othodov // *Dop. NAN Ukrainyi*. 2011. N 9. P. 171-179.

- [13] Pyatanova P.A., Adeeva L.N. Poisk alternativnykh istochnikov sorbtsionnykh materialov v protsessah izvlecheniya emulgirovannykh nefteproduktov // Vestnik Omskogo universiteta. 2016. N 1. P. 44-47.
- [14] Nasibullina O.A. Optimizatsiya himicheskogo sostava drenajnykh vod ustanovki gidro-ochistki benzina metodom mnojestvennogo regressionnogo analiza // UGNTU. UFA, 2018. Vol. 16, N 4. P. 135-140.
- [15] Studenok G.A., Hohryakov A.V. Issledovanie estestvennoy biologicheskoy ochistki drenajnykh vod gornyykh predpriyatiy // Innovatsionnyye tehnologii v sistemah vodnogo hozyaystva promyshlennykh predpriyatiy i jilischno-kommunalnogo kompleksa. P. 410-417.
- [16] Pshenitsyina A.V., Larionov M.A. Vozmozhnost ispolzovaniya otrabotannoy gornoy vyirabotki dlya ochistki karernykh vod ot soedineniy azota // Mejd. nauchno-prakt. konf. «Uralskaya gornaya shkola – regionam». 2017. P. 628-629.
- [17] Goncharuk V.V., Bagriy V.A., Remez S.V., Prekrasna E.P., Bashtan S.Yu. Elektroflotokoagulyatsionnaya ochistka drenajnykh vod svalki tverdykh byitovykh othodov // Himiya i tehnologiya vody. 2012. Vol. 34, N 4. P. 329-336.
- [18] Nazaryan M.M., Efimov V.T. Elektrokoagulyatoryi dlya ochistki promyshlennykh stokov. Harkov: Vischa shk., 1983. 144 p.
- [19] Beyshekeev K.K., Kalyibek uulu M. Elektrodializ kollektorno-drenajnykh vod // Izvestiya vuzov. 2014. N 11. P. 22-24. E.V. Apparaturnoe ofor-mlenie protsessa ochistki trudnookislyayemykh stochnykh vod // Bashkirskiy himicheskiy jurnal. 2015. Vol. 22, N 2. P. 101-108.
- [21] Svinarenko S.A., Fadeeva I.A. Razrabotka konstruksii i komponovochnykh resheniy sorbtsionnykh filtrov dlya ochistki drenajnykh i poverhnostnykh vod // Gornyy informatsionno-analiticheskyy byulleten. 2017. N s37. P. 203-207.
- [22] Nepra A.S. Levchenko E.V. Kidenko N.S. Ispolzovanie drenajnykh vod dlya pitaniya iskusstvennykh vodoemov i vodosnabzheniya malyykh obyektov // Sb. nauchnykh trudov po materialam Mejd. nauchno-prakt. konf. 2018. P. 90-91.
- [23] Fomina E.Yu., Ageeva A.S. Issledovanie vozmozhnosti sorbtsionnoy ochistki drenajnykh vod zolootvala shelehovskogo uchastka NI TETS // Vestnik IrGTU. 2011. N 11(58). P. 178-182.
- [24] Ivanenko I.I. Issledovaniya kachestva i kolichestva poverhnostnogo i drenajnogo stoka dlya stroitelstva ochistnykh sooruzheniy poverhnostnogo stoka v pos. Osinovaya roscha // Voda i ekologiya: problemy i resheniya. 2013. N 2(54). P. 46-54.
- [25] Gaskova O.L., Kabannik V.G. Eksperimentalnoe izuchenie sorbtsii tyajelykh metallov prirodnyimi glinami s tselyu ochistki drenajnykh vod // Himiya v interesah ustoychivogo razvitiya. 2009. Vol. 17, N 4. P. 359-369.
- [26] Balashova E.O. Ochistka drenajnykh vod karera // Studencheskiy nauchniy jurnal. 2018. N 8(28).
- [27] Dushkin S.S., Degtyar M.V. Ochistka drenajnykh stochnykh vod // Internet-konferentsii HNUMG im.O.M. Beketova «Voda. Ekologiya. Obschestvo». 2014. N 1.
- [28] Patent № 2062751. Rossiya. Sposob ochistki stochnykh kollektorno-drenajnykh i podzemnykh vod / Jarkov V.V., Jarkov D.V.; opubl. 1996.
- [29] Patent № 2003 FG4A. Sposob ochistki drenajnykh vod poligonov tverdykh byitovykh othodov / Povorov A.A., Pavlova V.F., Erohina L.V., Nacheva I.I., Shinenkova N.A., Kolomiitseva O.N.; opubl. 2003.
- [30] Kireycheva L.V., Glazunova I.V. Metodika rascheta prudov-nakopiteley drenajnogo stoka dlya lokalnykh uchastkov orosheniya // Prirodoobustroystvo. 2012. N 5. P. 30-34 .
- [31] Ke Zeng, Wen-qing Qin, Fen Jiao, Ming-fei He, Ling-qiang Kong Treatment of mine drainage generated by lead-zinc concentration plant // Journal of Central South University. 2014. Vol. 21, Issue 4. P. 1453-1460.
- [32] Goncharuk V.V., Balakina M.N., Kucheruk D.D., Skubchenko V.F. Nanofiltration in pretreatment of drainage waters of the dumps for solid domestic wastes // Journal of Water Chemistry and Technology. 2007. Vol. 29, Issue 2. P. 102-109.
- [33] Yevzhanov Kh.N. Cleaning and reuse of the sewer-drainage waters // Journal of Water Chemistry and Technology. 2009. Vol. 31, Issue 1. P. 66-69.

[34] Goncharuk V.V., Shkavro Z.N., Badekha V.P., Kucheruk D.D., Sova A.N., Badekha A.V. Treatment of drainage waters of domestic refuse dumps by reagent and baromembrane methods // Journal of Water Chemistry and Technology. 2007. Vol. 29, Issue 1. P. 31-37.

[35] Myratgheldy Akmammedov Steady Management of Transboundary Drainage Water // Water and Food Security in Central Asia. P. 197-205.

[36] Dimitris Alexakis, Dimitris Gotsis, Spyros Giakoumakis Assessment of drainage water quality in pre- and post-irrigation seasons for supplemental irrigation use // Environmental Monitoring and Assessment. 2012. Vol. 184, Issue 8. P. 5051-5063.

[37] Willardson L.S., Boels D., Smedema L.K. Reuse of drainage water from irrigated areas // Irrigation and Drainage Systems. 1997. Vol. 11, Issue 3. P. 215-239.

[38] Goncharuk V.V., Balakina M.N., Kucheruk D.D., Skubchenko V.F., Yaroshevskaya N.V., Muravyev V.R., Milyukin M.V., Pishchay I.Ya. Premembrane treatment of drainage waters from dumps of solid domestic wastes // Journal of Water Chemistry and Technology. 2007. Vol. 29, Issue 1. P. 23-30.

[39] Haiqin Peng, Yan Liu, Hongwu Wang, Xuelong Gao, Yi Chen, Luming Ma Urban stormwater forecasting model and drainage optimization based on water environmental capacity // Environmental Earth Sciences. 2016.

[40] Bobrov P.A., Slyunchev O.M., Semenova T.A. Radionuclide removal from radioactively contaminated drainage water and groundwater by precipitation and sorption methods // Radiochemistry. 2015. Vol. 57, Issue 5. P. 537-541.

Резюме

Е. Е. Ергожин, Т. К. Чалов, Т. В. Ковригина, К. М. Калмуратова

ДРЕНАЖДЫ СУДЫ ТАЗАЛАУ ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

Берілген мақалада қолданыстағы кәсіпорындарда дренажды суларды тазарту әдістері мен оны қайта қалпына келтіру технологиялары жайлы әдеби шолу қарастырылды. Қоршаған орта үшін дренажды сулардың экологиялық маңызы, сондай-ақ тазартылған дренажды суды пайдаланатын өндірістік кәсіпорындардың жұмысына әлеуметтік-экономикалық маңыздылығы көрсетілді.

Түйін сөздер: дренажды сулар, дренажды суларды тазарту, ағынды сулар, қайта қалпына келтіру, дренаждық жүйелер, сорбция.

Summary

E. E. Ergozhin, T. K. Chalov, T. V. Kovrigina, K. M. Kalmuratova.

DRAINAGE WATER TREATMENT METHODS AND THEIR USE

A literature review of drainagewater treatment methods and technologies for their disposal in existing enterprises is presented. The ecological significance of drainage water for the environment is shown, as well as the socio-economic impact on the operation of industrial enterprises using purified drainage water.

Key words: drainage water, drainage water treatment, wastewater, utilization, drainage systems, sorption.