

математике, где успешность освоения новых тем напрямую зависит от полноты понимания предшествующего материала. Использование ИИ-технологий обеспечивает реализацию принципа персонализации обучения. Алгоритмы адаптивных систем позволяют варьировать уровень сложности заданий, темп предъявления материала и объём дополнительных пояснений в зависимости от индивидуальных особенностей студента. Это способствует формированию регулятивных умений, включая навыки самоконтроля, рефлексии и корректировки собственной учебной стратегии. Кроме того, интеллектуальные системы создают условия для более глубокой проработки теоретического материала за счёт поэтапной проверки понимания и последовательного усложнения задач.

В условиях цифровизации высшего образования дальнейшая разработка методических моделей интеграции искусственного интеллекта представляется научно обоснованной и практически востребованной. Перспективными направлениями исследований являются определение педагогических условий эффективного применения ИИ, разработка критериев оценки его результативности, а также формирование методических рекомендаций по включению интеллектуальных инструментов в структуру самостоятельной работы студентов. Вместе с тем внедрение интеллектуальных технологий не может рассматриваться как исключительно технический процесс. Оно требует комплексного педагогического подхода, включающего методическое проектирование учебного контента, подготовку преподавателей к работе с цифровыми инструментами и обеспечение академической добросовестности обучающихся. Искусственный интеллект должен функционировать как вспомогательное средство, усиливающее педагогическое воздействие, а не заменяющее профессиональную деятельность преподавателя.

Литература:

1. Омирзакова Ф., Тілеубай С., Менліхожаева С. Искусственный интеллект в математическом образовании: возможности и препятствия // *Bulletin of the Karaganda University. Pedagogy Series.* — 2025. — № 4. — С. 128–139.
2. Спирина Е. А., Казимова Д. А., Копбалина С. С., Турсынғалиева Г. Н., Турмуратова Д. А. К вопросу об интеграции искусственного интеллекта в систему высшего образования: мнение преподавателей // *Bulletin of the Karaganda University. Pedagogy Series.* — 2024. — Т. 29, № 4. — С. 136–145.
3. Балмагамбетова Ф. Т., Сейлова Р. К., Кубиева В. А. Использование онлайн-платформ и цифровых технологий в системе высшего образования РК // *3i: intellect, idea, innovation.* — 2023. — № 3. — С. 3–7.
4. Послание народу Казахстана Президента Республики Казахстан К.-Ж. К. Токаева «Экономический курс Справедливого Казахстана» [Электронный ресурс] https://adilet.zan.kz/rus/docs/K23002023_1?utm_source.
5. Концепция развития высшего образования и науки в Республике Казахстан на 2023–2029 годы [Электронный ресурс] https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000248?utm_source

Матимбаева А.А., Карагандинский Университет Казпотребсоюза, ФЭУиП, гр. Эко-24-2, студент
(Научный руководитель – маг.ест.н, ст. преп. Куанышбаев М.Т.)

ОПЫТ ОЧИСТКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД В ГОРОДЕ КАРАГАНДЕ

Сохранение водных запасов в Казахстане является одной из главных и острых тем на данный момент. Использование сточных вод в сельском хозяйстве может стать эффективным решением для рационального использования водных ресурсов. Сточные воды – это атмосферные осадки и отводимая с территорий населенных пунктов и промышленных предприятий вода, загрязненная из-за деятельности человека.

Ситуация с водными ресурсами в Казахстане остаётся напряжённой. Снижение притока воды и долгосрочные климатические изменения требуют комплексного подхода: от модернизации инфраструктуры и адаптации сельского хозяйства до усиленного контроля за использованием водных ресурсов.

По данным документа «Концепция развития системы управления водными ресурсами Республики Казахстан 2023-2029 год» можно отметить, что основная доля водозабора (60%) приходится на сельское хозяйство. В объёме воды потребляемой сельским хозяйством основная доля приходится на регулярное орошение (в 2009 году – 10,6 км³, в 2022 году – 11,2 км³), где также с ростом водозабора растут и потери (в 2009 году – 2 км³, в 2022 году – 2,2 км³). Из этого следует, что объём потерь при транспортировке воды для орошаемого земледелия снизился с 2009 года на 15% в результате проводимой работы по ремонту и реконструкции водохозяйственной инфраструктуры. Вместе с тем, по состоянию на 2022 год доля потерь в орошаемом земледелии остается все еще высокой и составляет 65 % [1].

При этом в южных областях страны, на которые приходится основная доля орошаемого земледелия, уровень внедрения водосберегающих технологий составляет всего 3% от общей площади орошаемых земель. Это подтверждает, насколько важно внедрять технологии повторного использования очищенных сточных вод, чтобы сократить потери и повысить эффективность водопользования.

Для изучения способа повторного использования очищенных сточных вод в целях сохранения водных ресурсов Казахстана были поставлены следующие задачи.

Первым делом стоит изучить опыт станции аэрации города Караганды - как происходит очистка сточных вод, какие методы они используют и на сколько чистая вода получается.

Вторая, не менее важная задача - определить, сколько переработанной воды сбрасывает данное предприятие, чтобы понять, насколько это будет выгодно для нашей страны в сельскохозяйственном и экономическом плане.

Третьей задачей является выяснение, насколько переработанные сточные воды пригодны и могут ли быть использованы в сельском хозяйстве, не нанося вреда при поливе.

Не менее важным является и вопрос экономической выгоды переработки сточных вод, поскольку данный критерий показывает, насколько это поможет сохранить водные ресурсы, одновременно обеспечивая развитие экономики. Рассмотрение опыта других стран по этому направлению станет четвертой задачей статьи. Этот пункт может способствовать для развития и улучшения отрасли использования сточных вод и показать, что для нашей страны это может стать одним из наиболее перспективных по сохранению водных запасов.

На данный момент для очистки сточных вод применяются три основных метода: механические, биологические и химические. Механическая очистка является первым и основным этапом предназначенная для фильтрации твердых элементов и растительных включений. Удаляются жиры, масла, нефтепродукты. Она осуществляется с помощью решеток, песколовков, отстойников и фильтров. Биологическая очистка сточных вод основана на способности колоний живых микроорганизмов использовать органические образования для собственного развития. В первую очередь это касается фосфора и азота, которые необходимы для роста бактерий. Химическая очистка включает процессы нейтрализации, окисления и восстановления. Она применяется для удаления растворенных токсичных веществ, тяжелых металлов и труднорастворимых соединений. Эти методы считаются классическими и наиболее надежными для городских канализационных сточных

По канализационным сетям, состоящим на балансе ТОО «Караганды Су», все сточные воды города Караганды поступают в главную канализационных очистных сооружений. Канализационные очистные сооружения г. Караганды – это комплекс механической и биологической очистки сточных вод. Проектная пропускная способность 232 тыс.м³ в сутки. Фактическая пропускная способность 169 тыс.м³ в сутки, сточных вод. Разность между рабочим режимом приема сточных вод и паводковым периодом порядка 1 млн.339 тыс.м³ в год – это неучтенные сточные воды, которые они вынужденно принимают и очищают [2]. Все поступающие сточные воды, приходящие в главную насосную станции Аэрации проходят через решетки, где задерживается крупный мусор, далее насосами воды попадает на песколовки. После песколовки стоки через распределительную чашу распределяются по первичным отстойникам. В конце механической очистки, сточные воды поступают в аэротенки для биологической очистки, при прохождении полного цикла очистки, очищенные сточные воды сплавляются в реку Сокур.

Очищенную воду, из очистных сооружений города Караганды можно использовать для сельского хозяйства, но в составе присутствует как бытовая, так и промышленный компонент, что требует дополнительного контроля из за возможного содержания тяжелых металлов и химических соединений. Она подходит для полива технических растений, злаков, кормовых трав, зеленых насаждений и лесополос, где контакт с растениями и почвой не приводит к санитарным рискам. Для полива овощей, фруктов и других культур, употребляемых в сыром виде, требуется более глубокая очистка и постоянный лабораторный контроль.

Если говорить об опыте других стран, то можно поставить в пример Израиль и Испанию. Они являются мировыми лидерами в сфере вторичного водопользования, показывая всему миру высокую эффективность технологий очистки. Израиль перерабатывает около 86 % всех сточных вод. Около 60 % воды для орошения полей – это очищенные стоки, подаваемые через системы капельного орошения. Завод «Шафдан» ежегодно возвращает 130 млн³ воды для нужд промышленности, сельского хозяйства и города. В Испании городе Гранада успешно протестированы мембранные биореакторы, совмещающие биологическую очистку и ультрафильтрацию. Это позволяет получать воды, безопасную даже для полива овощей и фруктов, употребляемых в сыром виде [3].

Как показано выше, проектная пропускная способность станции аэрации города Караганды 232 тыс. м³, а фактическая — 169 тыс. м³. Так же в паводковый период она принимает порядка 160–180 тыс. м³ сточных вод, и всё это в сутки. Если принять, что фактическая пропускная способность относится к объёму очищенных стоков, то в обычный день станция сбрасывает около 169 тыс. м³ очищенной воды в сутки. В паводковый период этот объём может увеличиваться и быть примерно 160–180 тыс. м³ в сутки [3]. Учитывая дефицит пресной воды в Казахстане, очищенная вода, поступающая в реку Сокур, представляет собой важный резерв для сельского хозяйства и повышения водной безопасности региона. Для земель вблизи точки сброса при надлежащей очистке и регулярном мониторинге сбрасываемые воды могут использоваться для орошения технических, а также некоторых пищевых культур. Территория, расположенная ниже по течению, может получать дополнительную воду в русле Сокур. Её можно будет использовать для полива, технических нужд и подпитки почв. Если часть очищенной воды не сбрасывать в реку, то это уменьшит объём загрязняющих веществ, попадающих в природу, соответственно, снизит суммы экологических платежей за эмиссии в окружающую среду. При направлении на орошение или технические циклы может стабилизироваться гидравлический режим, а поддержание оптимальных условий в отстойниках и биореакторах станет в разы легче.

Проведённые расчёты показывают, что часть очищенной воды, производимой станцией аэрации, может эффективно использоваться для полива сельскохозяйственных культур, в частности кукурузы. При средней производительности станции в 169 тыс. м³/сутки и возможности направлять на оросительные нужды около 30 % очищенного объёма, для сельского хозяйства можно выделять примерно 50–55 тыс. м³ воды в сутки. С учётом средней потребности кукурузы в воде — 5–6 тыс. м³/га за вегетационный период, этот объём способен обеспечить орошение около 8–9 тыс. гектаров посевов. При урожайности 8–9 т/га и средней рыночной цене 75 000–80 000 тенге за тонну, экономический эффект может составить порядка 4,8–5,5 млрд тенге за сезон. Кроме того, применение очищенных сточных вод позволяет снизить затраты на забор пресной воды и экологические платежи, что даёт дополнительную экономию до 10–12 % эксплуатационных расходов. Таким образом, использование вторичных водных ресурсов в Карагандинском регионе обеспечивает не только водную, но и экономическую устойчивость сельского хозяйства.

Для использования очищенной воды в сельском хозяйстве нужно повысить её пригодность. Так как первичная и вторичная очистка уже присутствует на станции, хорошим решением было бы добавить биологическую доочистку, а также УФ-обеззараживание или контрольное хлорирование. Это обеспечит приемлемый уровень качества для большинства непищевых и многих продовольственных применений при условии контроля по металлам. [4]. Внедрение системы регулярного контроля состава воды в накопительных прудах и почве тоже является неотъемлемой частью. Для повышения пропускной способности станции можно модернизировать аэротенки и отстойники. Сейчас часть воды расходуется внутри станции на промывку решёток, песколовков и оборудования и не возвращается в поток очищенной воды. Если наладить внутренний оборот, то часть этой воды можно повторно направлять на полив и технические нужды — это увеличит общий полезный объём очищенной воды. На биопрудах и открытых отстойниках теряется до 5–10 % воды из-за испарения, особенно летом. Если накрыть биопруды плёнками, сетками или сделать закрытые резервуары, можно сохранить до нескольких тысяч м³ воды в сутки. В старых районах часть сточных вод может сбрасываться напрямую в реку или грунт.

Проведённое исследование показало, что использование очищенных сточных вод в сельском хозяйстве является одним из наиболее эффективных путей сохранения водных запасов Казахстана. В условиях дефицита пресной воды и изменения климата повторное применение сточных вод может значительно снизить нагрузку на природные источники, уменьшить объёмы сбросов и повысить устойчивость аграрного сектора.

Для Казахстана внедрение технологий вторичного водопользования имеет стратегическое значение. Рекомендуется разработать государственную программу по повторному использованию сточных вод, модернизировать существующие очистные сооружения, внедрить систему санитарного и экологического мониторинга качества очищенной воды, а также стимулировать предприятия, применяющие технологии повторного водопользования.

Литература:

1. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000066>
2. <https://kar-su.kz/ru/vodootvedenie>
3. <https://isralove.org/load/16-1-0-1281?ysclid=mh0cog746p212288195>
4. https://www.mdpi.com/2073-4395/12/8/1877?utm_source

Нашарбекова Д.Е., Андрущенко Ю.А., Карагандинский национальный исследовательский университет имени академика Е.А. Букетова, факультет математики и информационных технологий, гр. М2-Мат-24-2р, магистранты
(Научный руководитель - PhD, ассоциированный профессор (доцент), профессор Космакова М.Т.)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ С ПАМЯТЬЮ НА ОСНОВЕ ДРОБНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

Аннотация. В работе исследуется краевая задача для волнового уравнения дробного порядка с пространственной нагрузкой, моделирующая процессы в средах с «эффектом памяти». Авторы описывают математическую модель на основе производных Римана–Лиувилля и предлагают численную схему решения с использованием аппроксимации Грюнвальда–Летникова, позволяющую анализировать влияние параметров дробности на динамику и затухание волновых процессов.

Введение. При моделировании волновых процессов в средах со сложной внутренней структурой существенную роль играет учет эффектов памяти, при которых эволюцию системы можно определить не только текущим состоянием, но и всей предысторией процесса. Классические дифференциальные уравнения целого порядка не всегда могут позволять адекватно описывать такие явления, что приводит к необходимости использования аппарата дробного дифференцирования [1–2].

Дробные производные обеспечивают корректное математическое описание наследственных и диссипативных свойств среды и позволяют обобщить классическую модель волнового уравнения [3]. Применение дробного волнового уравнения позволяет расширить возможности анализа динамики колебательных процессов и построения более точных математических моделей реальных физических систем.