

Научная статья  
УДК 004.896  
ББК 22.18  
ГРНТИ 87.15  
ВАК 1.2.1.  
PACS 89.90.+n  
OCIS 010.7340  
MSC 97U50

## Использование искусственного интеллекта для модернизации очистных сооружений склада горюче-смазочных материалов

С. В. Селезнев <sup>1</sup>

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П.  
Бугаева», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 3 августа 2023 года  
После переработки 9 августа 2023 года  
Опубликована 30 сентября 2023 года

---

**Аннотация.** Обсуждаются основные результаты использования искусственного интеллекта для модернизации очистных сооружений склада горюче-смазочных материалов. Описываются принципы промышленной безопасности складов горюче-смазочных материалов и предприятий обеспечения авиационным топливом, а именно экологической безопасности при эксплуатации очистных сооружений сточных вод. Для повышения экологической безопасности территорий предприятий, на которых происходят постоянная очистка сточных вод, предлагается внедрение искусственного интеллекта. Искусственный интеллект может быть реализован с минимальными затратами и доставит значительную пользу для обеспечения сохранения окружающей среды. Рассмотрены основные методы очистки сточных вод, используемые на современных очистных сооружениях.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, машинное обучение, модернизация очистных сооружений, склад горюче-смазочных материалов, экологическая безопасность

---

### Введение

В настоящее время проблемы экологического характера приобретают все большую важность в различных сферах деятельности человека, включая производственную сферу. Одной из проблем является загрязнение производственной территории, водоёмов и поверхностных вод, которое может быть вызвано различными факторами, в том числе неправильной работой очистных сооружений. Актуальность данной темы обусловлена необходимостью соблюдения экологических норм и требований при хранении и использовании горюче-смазочных материалов. Работа является актуальной и может быть использована в качестве основы для дальнейших исследований в данной области. В работе будут рассмотрены существующие проблемы в очистных сооружениях, а также предложены эффективные методы и технологии их решения.

---

<sup>1</sup>E-mail: serg13579@mail.ru

Целью исследования является описание искусственного интеллекта для модернизации очистных сооружений склада горюче-смазочных материалов для обеспечения промышленной безопасности складов горюче-смазочных материалов и предприятий снабжения авиационным топливом. Первой задачей исследования является анализ основных этапов внедрения искусственного интеллекта в систему водоочистных сооружений для модернизации очистных сооружений склада горюче-смазочных материалов. Второй задачей исследования является привлечение внимания и ответственности в промышленной, экологической безопасности руководителей и персонала территорий размещения топливно-заправочных комплексов и складов горюче-смазочных материалов.

## Обзор

Очистка сточных вод представляет собой сложный технологический процесс, который включает в себя множество неопределённостей, что приводит к колебаниям качества и стоимости сточных вод, а также к рискам для окружающей среды. Искусственный интеллект может решать сложные нелинейные задачи и стал мощным инструментом для исследования систем очистки сточных вод и управления ими. В статье [1] представлен краткий обзор текущего состояния и тенденций в исследованиях искусственного интеллекта применительно к очистке сточных вод на основе опубликованных статей и патентов. Результаты, полученные в статье [1], показывают, что в настоящее время искусственный интеллект в основном используется для оценки удаления загрязняющих веществ (обычных, типичных и возникающих загрязнителей), оптимизации моделей и параметров процесса, а также контроля загрязнения мембраны. Будущие исследования, вероятно, будут по-прежнему сосредоточены на удалении фосфора, органических загрязнителей и возникающих загрязнителей. Кроме того, перспективными направлениями исследований являются анализ динамики микробного сообщества и достижение многоцелевой оптимизации. Карта знаний показывает, что в будущем возможны технологические инновации, связанные с прогнозированием качества воды в конкретных условиях, интеграцией искусственного интеллекта с другими информационными технологиями и использованием искусственного интеллекта на основе изображений и других алгоритмов при очистке сточных вод. Кроме того, кратко рассмотрено развитие искусственных нейронных сетей и исследуем эволюционный путь искусственного интеллекта в очистке сточных вод. Результаты, полученные в статье [1], дают ценную информацию о потенциальных возможностях и проблемах для исследователей, применяющих искусственный интеллект для очистки сточных вод.

Загрязнение воды является серьёзной проблемой для здоровья. Несколько исследований недавно продемонстрировали эффективность различных подходов к очистке сточных вод от антропогенной деятельности. Очистка сточных вод — это искусственная процедура, при которой удаляются загрязняющие вещества и примеси из сточных вод или сточных вод перед сбросом сточных вод обратно в окружающую среду. Его также можно перерабатывать путём дальнейшей обработки или полировки, чтобы получить воду безопасного качества для использования, например питьевую воду. Муниципальные и промышленные системы очистки сточных вод предназначены для сброса сточных вод в окружающую среду и должны соответствовать правилам качества сброса в окружающую среду, установленным различными органами власти. Эффективная, недорогая, экологически чистая и долговечная система очистки сточных вод имеет решающее значение для защиты наших уникальных и ограниченных запасов воды. Кроме того, в статье [2] обсуждаются классификация загрязнения воды и три традиционных метода очистки: осаждение или инкапсуляция, адсорбция и мембранные технологии, такие как электродиализ, нанофильтрация, обратный осмос и другие технологии искусственного интеллекта. Эффективность лечения с точки зрения применения

и переменных была полностью рассмотрена. Конечной целью очистки сточных вод является защита окружающей среды, совместимая с общественным здравоохранением и социально-экономическими соображениями. Понимание природы сточных вод является руководящей концепцией для разработки практичной и передовой технологии очистки, обеспечивающей производительность, безопасность и качество очищенных сточных вод.

Растущий спрос на воду для использования в различных секторах во всём мире требует быстрых технологических вмешательств в переработку и повторное использование сточных вод для обеспечения качества окружающей среды. По мере ужесточения нормативных требований к процессу водоподготовки водопользователи должны постоянно искать новые технологии, улучшающие управление технологическим процессом для сокращения химических, биологических и других загрязнителей. Каждый процесс управляется сложной нелинейной зависимостью между различными физическими, химическими и рабочими параметрами в водоочистной промышленности. Исторически сложилось так, что эти отношения были предприняты путем подгонки баз данных к математическим формулам. Одновременные корректировки более чем одного или двух основных параметров процесса обычно не учитывались и часто терпят неудачу, если они распространяются на полномасштабные системы. Текущее управление технологическим процессом в секторе очистки воды основано не на модели — оно опирается на опыт операторов установок — а скорее на наборе нечётко определённых эвристик в сочетании с экспертом. Операторам установок нужны инструменты для выбора подходящих рабочих условий для достижения идеального качества сточных вод на основе мгновенного влияния качества воды на улучшение процедур очистки.

Методы искусственного интеллекта недавно продемонстрировали многообещающие результаты в мониторинге благодаря последним достижениям компьютерных систем. В водном хозяйстве присутствует ряд проблем, связанных со структурированием данных и интеллектуальными водными услугами, благодаря которым искусственный интеллект обладает огромным потенциалом, если эти проблемы будут решены. Инструменты искусственного интеллекта, искусственные нейронные сети и, в частности, генетические алгоритмы широко используются при очистке воды для многоцелевых приложений. Существует несколько приложений, в которых моделируются процедуры очистки воды и оптимизация условий эксплуатации. Подход искусственной нейронной сети фокусируется на обнаружении среди входных и выходных данных процесса повторяемых, идентифицируемых и предсказуемых паттернов. Модели искусственной нейронной сети обучаются на предыдущих оперативных данных и переопределяют модели реальных контактов микрофона. Подход к моделированию искусственной нейронной сети не требует объяснения того, как процессы происходят в микроуровнях или макроуровнях, а только осведомленность о важных переменных, контролируемых процессом. Эта функция является ценным выбором процесса в подходе к моделированию искусственных нейронных сетей. Метод моделирования искусственных нейронных сетей представляет собой важную альтернативу для моделирования процессов в производстве питьевой воды. В статье [3] представлен всесторонний анализ четырех аспектов внедрения искусственного интеллекта в очистку сточных вод: управление, технология, повторное использование и экономика сточных вод. Наконец, в статье [3] дано представление о будущих перспективах использования искусственного интеллекта в очистке сточных вод, которые в сложных практических приложениях одновременно решают проблемы удаления загрязняющих веществ, повторного использования и управления водой, а также решения проблем экономической эффективности.

Искусственный интеллект — это развивающаяся мощная новая технология, которая может моделировать в реальном времени проблемы, связанные с многочисленными

сложностями. Возможности моделирования методов искусственного интеллекта весьма полезны в процессах очистки воды и очистки сточных вод, поскольку автоматизация таких объектов привела к простоте и дешевизне операций; в дополнение к значительному сокращению количества ошибок, связанных с человеческим фактором. Технологии искусственного интеллекта включают многолинейные или нелинейные отношения и динамику процессов, которые обычно нецелесообразно моделировать с помощью традиционных методологий. В статье [4] представлен краткий обзор последних достижений и открытий в различных технологиях искусственного интеллекта, применяемых для определения качества исходной воды, коагуляции или флокуляции, дезинфекции, мембранной фильтрации, опреснения, моделирования очистных сооружений, прогнозирования загрязнения мембран, удаления тяжелых металлов и мониторинг уровней биологической потребности в кислороде и химической потребности в кислороде. Анализ производительности различных технологий искусственного интеллекта в этом обзоре доказывает успешное применение этих технологий в приложениях, связанных с очисткой воды. В статье [4] подчёркиваются ограничения, которые препятствуют их реализации в реальных системах очистки воды.

Хотя искусственный интеллект, такой как машинное обучение и глубокое обучение, был признан новым и многообещающим инструментом, его применение становится проблематичным из-за неполного сбора данных. В статье [5], в отсутствие данных о загрузке фосфора во входящем потоке и данных о дозировке химикатов для удаления фосфора, использована модель машинного обучения или глубокого обучения для прогнозирования содержания фосфора в сточных водах с использованием данных за девять лет с небольшой установки по очистке сточных вод. Были предприняты попытки выбрать основные входные характеристики модели из 42 переменных с помощью корреляционного анализа Пирсона для выявления внутренних корреляций между переменными. Во-первых, для прогнозирования содержания фосфора в сточных водах использовались пять регрессионных моделей машинного обучения, а максимальный коэффициент детерминации 0.637 был достигнут с помощью модели машины опорных векторов. Затем модель глубокого обучения, называемая долговременной кратковременной памятью, могла предсказать нагрузку фосфора на один день вперед с максимальным значением коэффициента детерминации 0.496. Наконец, на основе исторических данных была предложена конструкция сигнализации аномалий, чтобы свести к минимуму вероятность превышения разрешенного сброса и достичь максимальной точности 79.7 % для прогнозирования концентрации фосфора после сравнения семи моделей классификации машинного обучения. Это исследование представляет собой пример применения искусственного интеллекта для улучшения процессов и потенциального снижения затрат с неполными наборами данных.

Искусственный интеллект в настоящее время является перспективной технологией. Это практика моделирования человеческого интеллекта для различных приложений. По сравнению со стандартной практикой искусственный интеллект развивается быстрыми темпами. Искусственный интеллект доказал свою ценность в нескольких областях, таких как сельское хозяйство, автомобильная промышленность, банковское дело и финансы, исследование космоса, искусственное творчество. Благодаря эффективности, скорости и независимости от операций человека искусственный интеллект теперь входит в сектор очистки сточных вод. Эта технология использовалась для мониторинга работы водоочистных сооружений с точки зрения параметров эффективности, определения биологической потребности в кислороде и химической потребности в кислороде, удаления азота и серы, прогнозирования мутности и жесткости, поглощения загрязняющих веществ в секторе сточных вод. Искусственные нейронные сети, алгоритмы нечёткой логики и генетические алгоритмы являются тремя основными моделями ис-

кусственного интеллекта, преимущественно используемыми в секторе очистки сточных вод. Исследования показывают, что значения коэффициента детерминации 0.99 могут быть достигнуты для химической потребности в кислороде, биологической потребности в кислороде, удаления тяжелых металлов и органических веществ с использованием искусственных нейронных сетей и гибридных интеллектуальных систем. В статье [6] описываются исследования со всеми возможными моделями искусственного интеллекта, используемыми при очистке воды, которые повысили точность процентного удаления загрязняющих веществ в диапазоне от 84 % до 90 % и предоставлена точка зрения на будущие направления новых исследований в этой области с должным вниманием по устранению загрязнения, экономической эффективности, экономии энергии и управлению водными ресурсами.

Известно, что одним из основных способов борьбы с загрязнением территории складов горюче-смазочных материалов, топливно-заправочных комплексов, водоёмов, которые находятся рядом с предприятиями обеспечения нефтепродуктами, является использование очистных сооружений данных предприятий. Однако существующие системы очистки сточных вод могут иметь ряд недостатков и проблем, которые вызывают определённые трудности при эксплуатации. Например, неэффективность очистки сточных вод может привести к загрязнению окружающей среды и повлечь за собой серьёзные экологические последствия. Кроме того, неправильная работа очистных сооружений может негативно сказаться на экологии эксплуатируемой территории, здоровье людей и животных.

Другим из способов борьбы с загрязнением территории и водоёмов является эффективное и правильное использование очистных сооружений. Однако существующие системы очистки сточных вод могут иметь ряд недостатков и проблем, которые вызывают определённые трудности при эксплуатации. Например, неэффективность очистки сточных вод может привести к загрязнению окружающей среды и повлечь за собой серьёзные экологические последствия.

Современная гражданская авиация характеризуется наличием крупных аэропортов, где множество самолётов следуют по разным направлениям. Аэропорты, как одно из самых значимых мест сосредоточения транспорта и людей, сталкиваются с серьёзными экологическими проблемами. Основным источником загрязнения воздуха в зоне аэропортов является эмиссия авиационных двигателей во время взлетно-посадочного цикла воздушных судов. При этом в нижние слои атмосферы поступает более половины общего количества вредных веществ, которые оказывают существенное негативное воздействие на окружающую среду и здоровье людей. Состав выхлопных газов включает такие токсичные компоненты, как угарный газ, углеводороды, окислы азота и сернистый газ. Кроме того, произвольные разливы и утечки авиационного топлива также являются источником загрязнения окружающей среды. Из-за большого количества техники, используемой на таких объектах, а также из-за особенностей хранения и транспортировки топлива происходят различные аварии и нештатные ситуации, которые могут привести к проливам нефтепродуктов и других опасных веществ. Стоки от зданий, сооружений и площадок технического обслуживания воздушных судов содержат различные вредные примеси, такие как нефтепродукты, растворители, керосин, масла, жиры, дезинфицирующие реагенты и другие химические вещества. Эти вещества могут попадать в сточные воды и затем в грунтовые воды, нанося значительный вред окружающей среде и здоровью людей. Кроме того, при хранении авиатоплива на складах может происходить утечка или разлив топлива, что приводит к загрязнению грунтовых вод. В случае несвоевременного обнаружения и устранения аварийной ситуации, загрязнение грунтовых вод может произойти на большой площади и длительное время.

## Методы и материалы

Для решения проблемы очистки сточных вод были рассмотрены различные методы очистки. Методы очистки сточных вод различаются в зависимости от типа загрязнений, которые необходимо удалить из воды. Перед тем как приступить к любому методу очистки сточных вод, производится физико-химический анализ состава сточной воды. Это позволяет определить, какие загрязнения находятся в воде, и выбрать соответствующий метод очистки. Первым методом очистки сточных вод является механическая очистка, представляющая собой первый этап очистки и заключающаяся в удалении крупных и мелких механических загрязнений из сточной воды. В процессе механической очистки применяются различные методы, такие как сортировка, гравитационная фильтрация, пневматическая очистка, гидроциклоны и др. Вторым методом очистки сточных вод является биологическая очистка, которая проводится в специальных резервуарах (биореакторах), в которых создаются условия для размножения бактерий и других микроорганизмов, которые используются для превращения загрязнений в более безопасные соединения. В процессе биологической очистки сточной воды микроорганизмы получают кислород, необходимый для жизни, который обеспечивается за счёт притока воздуха. Третьим методом очистки сточных вод является химическая очистка, основанная на применении химических реагентов для увеличения скорости реакции, которая удаляет загрязнения из сточных вод. Основной целью химической очистки является перевод вредных веществ в безопасные соединения. Уже после первого этапа механической очистки отдельные фракции загрязнений могут быть удалены при помощи факторов окисления, коагуляции и флокуляции. Четвёртым методом очистки сточных вод является фильтрация через песок, заключающийся в использовании специальных фильтров, наполненных песком, который задерживает и удаляет загрязнения из сточных вод. Метод фильтрации через песок часто используется в сочетании с другими методами очистки, такими как флотация, сортировка, аэрация. Пятым методом очистки сточных вод является ультрафильтрация, представляющая собой метод очистки сточных вод, основанный на пропускании сточной воды через мембраны, которые задерживают загрязнения и частицы крупнее определённого размера. Этот метод очистки используется для удаления бактерий и других микроорганизмов из сточных вод. Шестым методом очистки сточных вод является обратный осмос, основанный на очистке сточных вод с использованием мембраны, которая задерживает все загрязнения, крупные и мелкие. Этот метод очистки используется для удаления всех загрязнений из воды, в том числе солей и минералов. Седьмым методом очистки сточных вод является электрофизическая очистка, основанная на использовании электрического поля для удаления токсичных веществ из сточных вод. Метод заключается в том, что частицы в сточной воде заряжены и могут быть задержаны при помощи электрического поля. Этот метод используется для удаления различных загрязнений, таких как нефть, жир, масла и другие органические соединения. Восьмым методом очистки сточных вод является ультразвуковая очистка, основанная на очистке сточных вод, при которой используются ультразвуковые волны для разрушения бактерий и других загрязнений в сточной воде. Применение ультразвука позволяет удалить большинство токсинов из сточных вод. Девятым методом очистки сточных вод является озонирование, представляющее один из наиболее эффективных методов очистки сточных вод. Этот метод основан на использовании озона, который обладает сильными окислительными свойствами. Озон удаляет все виды загрязнений, включая бактерии, вирусы и другие микроорганизмы. Десятым методом очистки сточных вод является фитоочистка, представляющая собой более экологически чистый метод очистки сточных вод. Этот метод основан на использовании растений, которые способны очищать воду от загрязнений и токсинов. В процессе фитоочистки сточную воду пропускают через различные

виды растений, которые поглощают загрязнения из воды и перерабатывают их в безопасные для окружающей среды соединения.

## Результаты

Для эффективной работы любых очистных сооружений необходимо внедрение искусственного интеллекта. Опишем процедуру внедрения искусственного интеллекта в специализированное оборудование для очистки сточных вод от нефтепродуктов. Внедрение искусственного интеллекта в систему водоочистных сооружений может быть довольно сложной задачей, требующей не только технических знаний, но и понимания процессов очистки воды. Далее представлены основные этапы внедрения искусственного интеллекта в систему водоочистных сооружений. Первый этап внедрения искусственного интеллекта в систему водоочистных сооружений состоит в оценке потенциальной выгоды. Прежде чем рассматривать возможность внедрения искусственного интеллекта в систему водоочистных сооружений, необходимо определить потенциальную выгоду от использования искусственного интеллекта и сравнить её с затратами на его внедрение. Вторым этапом внедрения искусственного интеллекта в систему водоочистных сооружений является сбор данных. Для использования искусственного интеллекта для анализа данных необходимо иметь доступ к большому объёму информации о процессах очистки воды, включая данные о химических параметрах, давлении, расходе воды, энергопотреблении и других параметрах. Третьим этапом внедрения искусственного интеллекта в систему водоочистных сооружений является подготовка данных. Для успешного использования искусственного интеллекта необходимо иметь пригодные для обработки данные, которые могут быть представлены в удобном формате и обладают достаточной степенью качества. Четвёртым этапом внедрения искусственного интеллекта в систему водоочистных сооружений является выбор методов искусственного интеллекта, который производится в зависимости от конкретных целей внедрения искусственного интеллекта в систему водоочистных сооружений необходимо выбрать оптимальные методы искусственного интеллекта, которые могут быть применены для решения задач. Пятым этапом внедрения искусственного интеллекта в систему водоочистных сооружений является создание модели, которая выполняется с помощью выбранных методов искусственного интеллекта необходимо создать модели, которые будут анализировать данные и выделять наиболее значимые параметры, влияющие на качество воды. Шестым этапом внедрения искусственного интеллекта в систему водоочистных сооружений является тестирование и настройка выполняется после создания модели необходимо ее протестировать и настроить, чтобы достичь максимально точных результатов. Седьмым этапом внедрения искусственного интеллекта в систему водоочистных сооружений является внедрение в производство. Это производится после того, как модель протестирована и настроена, она может быть внедрена в систему водоочистки и использоваться для оптимизации процесса очистки воды.

Революция искусственного интеллекта оказывает значительное влияние на различные отрасли, включая область очистки воды. Системы очистки на основе искусственного интеллекта становятся всё более востребованными в промышленности, предоставляя компаниям ряд преимуществ, которые делают их привлекательными для управления водными ресурсами. Искусственный интеллект может помочь в решении экологической проблемы. Примером успешной реализации такого подхода является проект, проведённый Центром экологии и гидрологии Великобритании, в котором удалось выявить 926 случаев несанкционированного попадания сточных вод в природные водоёмы на протяжении 11 лет.

Современные системы искусственного интеллекта умеют распознавать моменты перелива загрязнённых потоков из очистных сооружений и попадания нечистот в пресные

водоёмы. Обнаружение таких случаев стало возможным благодаря длительному исследованию на примерах конкретных объектов. Такие случаи загрязнения природных вод происходят, когда выпадает много осадков и ливневые резервуары оказываются переполненными дождевой водой. Большинство подобных эпизодов оставались незамеченными до появления искусственного интеллекта. Однако теперь, опираясь на данные этого исследования, власти могут увидеть слабые места существующей системы очистки и утилизации сточных вод. Такие системы основываются на возможности контролировать качество воды в режиме реального времени, благодаря алгоритмам искусственного интеллекта. Это позволяет быстро выявлять любые потенциальные проблемы и принимать меры для их решения.

Системы очистки воды с использованием искусственного интеллекта также обеспечивают более точный анализ воды, поскольку они способны обнаруживать загрязняющие вещества с большей точностью, чем традиционные методы. Это помогает компаниям более точно определять наилучшие действия при борьбе с загрязнением воды. Одним из других преимуществ систем очистки воды с использованием искусственного интеллекта является повышенная эффективность управления водными ресурсами. Они могут делать более точные прогнозы о том, сколько воды необходимо очищать, как её следует обрабатывать и когда её нужно очищать. Это помогает компаниям оптимизировать использование воды и сократить расходы. Системы очистки воды с использованием искусственного интеллекта способствуют повышению безопасности, поскольку они могут обнаруживать любые потенциальные опасности для здоровья, которые могут присутствовать в воде, что позволяет компаниям предпринимать соответствующие шаги для их устранения. В целом, системы очистки воды, модернизированные на основе искусственного интеллекта, предлагают ряд преимуществ, которые делают их привлекательными для компаний, стремящихся оптимизировать управление водными ресурсами. Использование алгоритмов искусственного интеллекта позволяет обнаруживать изменения в составе воды, анализировать загрязняющие вещества с большей точностью, оптимизировать использование воды и обнаруживать любые потенциальные опасности для здоровья.

Искусственный интеллект может использоваться для улучшения эффективности процесса очистки воды и уменьшения негативного влияния на окружающую среду. Вот несколько способов, которыми искусственный интеллект может помочь модернизировать водоочистные сооружения. Первый способ, которым искусственный интеллект может помочь модернизировать водоочистные сооружения, заключается в анализе данных. Использование искусственного интеллекта для анализа данных позволит выделить наиболее значимые параметры, которые могут повлиять на качество воды. Это поможет определить оптимальную концентрацию химических реагентов и технологических параметров для их использования. Второй способ, которым искусственный интеллект может помочь модернизировать водоочистные сооружения, заключается в оптимизации работы оборудования. Искусственный интеллект можно использовать для оптимизации процесса очистки воды, что приведёт к экономии времени и снижению затрат. Например, системы машинного обучения могут анализировать данные производства в режиме реального времени и оптимизировать работу оборудования, чтобы сохранять оптимальный уровень энергопотребления. Третий способ, которым искусственный интеллект может помочь модернизировать водоочистные сооружения, заключается в мониторинге качества воды. Использование искусственного интеллекта для мониторинга качества воды может помочь предотвращать загрязнение водных ресурсов. Системы машинного обучения могут анализировать большие объёмы данных о качестве воды и своевременно определять наличие возможных проблем, таких как высокий уровень бактерий или загрязнения. Четвёртый способ, которым искусственный интеллект мо-

жет помочь модернизировать водоочистные сооружения, заключается в автоматизации процесса очистки воды. Использование искусственного интеллекта для автоматизации процесса очистки воды может повысить эффективность работы сооружений и снизить человеческий фактор ошибок. Пятый способ, которым искусственный интеллект может помочь модернизировать водоочистные сооружения, заключается в прогнозировании. Использование искусственного интеллекта для прогнозирования спроса на воду позволит лучше планировать производство и уменьшить потери воды. Кроме того, системы машинного обучения могут использоваться для прогнозирования изменений климата и адаптации к ним. В целом, использование искусственного интеллекта в водоочистных сооружениях может значительно увеличить эффективность процесса очистки воды, снизить затраты и повысить качество продукции.

## Заключение

Искусственный интеллект может быть реализован с минимальными затратами и доставит значительную пользу для обеспечения сохранения окружающей среды. Реализация проекта очистки сточных вод с использованием искусственного интеллекта позволит улучшить экологическую ситуацию на территории склада и повысить его безопасность.

Представлено описание реализации проекта очистки сточных вод с использованием искусственного интеллекта позволит улучшить экологическую ситуацию на территории склада и повысить его безопасность. Автоматизация процесса очистки воды на водоочистных сооружениях с помощью искусственного интеллекта может быть достигнута путём использования различных алгоритмов машинного обучения. На первом шаге создаётся математическая модель для определения оптимальной дозировки химических реагентов, необходимых для очистки воды. Для этого можно использовать алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения, такие как рекуррентные нейронные сети или глубокие нейронные сети, которые могут выявлять зависимости между параметрами воды и концентрации используемых реагентов. На основе этих данных искусственного интеллекта может автоматически определять оптимальные дозировки реагентов для очистки воды. На втором шаге используется искусственный интеллект для определения оптимальной технологии очистки воды. Для этого можно использовать алгоритмы машинного обучения, которые могут анализировать данные о качестве воды и производственных параметрах. Эти данные могут помочь определить оптимальный режим работы оборудования и установить правильную последовательность проведения процессов очистки воды. На третьем шаге используется искусственный интеллект для мониторинга качества воды и определения наличия возможных проблем. Для этого можно использовать алгоритмы машинного обучения, которые могут анализировать данные о качестве воды и своевременно определять наличие возможных проблем, таких как высокий уровень бактерий или загрязнений. Это поможет предотвратить возможное загрязнение водных ресурсов. На четвёртом шаге происходит автоматическая настройка работы оборудования с целью оптимизации процесса очистки воды. Для этого можно использовать алгоритмы машинного обучения, которые могут анализировать данные производства в режиме реального времени и оптимизировать работу оборудования, чтобы сохранять оптимальный уровень энергопотребления и снижать потери. На пятом шаге происходит автоматическое создание отчётов о процессе очистки воды. Для этого можно использовать алгоритмы машинного обучения, которые могут автоматически генерировать отчёты о производственных операциях на основе данных, полученных в процессе работы.

Когда речь идёт об анализе данных для оптимизации процесса очистки воды, одним из наиболее часто используемых методов является машинное обучение. Машинное

обучение является типом искусственного интеллекта, который обучает компьютерные системы на основе анализа данных и позволяет им делать прогнозы и принимать решения. Одним из первых шагов в использовании машинного обучения для анализа данных по качеству воды является сбор данных. Для этого могут использоваться различные источники, например, результаты лабораторных тестов, данные датчиков и информация о ранее проведённых очистках воды. Эти данные могут быть представлены в виде таблиц и баз данных и загружены в систему машинного обучения. Затем, используя алгоритмы машинного обучения, такие как классификация, кластеризация, линейная регрессия и нейронные сети, можно создать модели, которые будут анализировать данные, и выделять наиболее значимые параметры, влияющие на качество воды. Например, модель может определять, какие химические вещества и какие концентрации этих веществ наиболее сильно влияют на качество воды. После того, как модель создана, её можно использовать для определения оптимальной концентрации химических реагентов и технологических параметров для очистки воды. Модель может предсказывать, как изменения концентрации веществ будут влиять на качество воды и на основе этих прогнозов можно выбирать оптимальные параметры. Кроме того, машинное обучение может помочь обнаружить неожиданные связи и зависимости между параметрами, которые могут быть упущены при ручном анализе данных. Например, модель может определять связь между временем суток и концентрацией химических веществ, что может помочь оптимизировать процесс очистки воды.

Внедрение искусственного интеллекта в оборудование, предназначенное для очистки сточных вод от нефтепродуктов на территории складов горюче-смазочных материалов, может быть весьма эффективным решением. Автоматизация процессов очистки позволит повысить точность определения концентрации загрязнений и более эффективно управлять процессом очистки сточных вод.

#### Список использованных источников

1. Artificial intelligence in wastewater treatment: A data-driven analysis of status and trends / Shubo Zhang [et al.] // *Chemosphere*. — 2023. — sep. — Vol. 336. — P. 139163. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139163>.
2. The role of conventional methods and artificial intelligence in the wastewater treatment: a comprehensive review / Wahid Ali Hamood Altowayti [et al.] // *Processes*. — 2022. — sep. — Vol. 10, no. 9. — P. 1832. — URL: <https://doi.org/10.3390/pr10091832>.
3. Ramesh Poornima, Suganya Kathirvel, Maheswari T. Uma [et al.]. Relevance of artificial intelligence in wastewater management. — 2022. — may. — URL: <https://doi.org/10.1002/9781119823469.ch14>.
4. A review of artificial intelligence in water purification and wastewater treatment: recent advancements / Soma Safer [et al.] // *Journal of Water Process Engineering*. — 2022. — oct. — Vol. 49. — P. 102974. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102974>.
5. Artificial intelligence-assisted prediction of effluent phosphorus in a full-scale wastewater treatment plant with missing phosphorus input and removal data / Yanran Xu [et al.] // *ACS EST Water*. — 2023. — jan. — URL: <https://doi.org/10.1021/acsestwater.2c00517>.
6. Malviya Arti, Jaspal Dipika. Artificial intelligence as an upcoming technology in wastewater treatment: a comprehensive review // *Environmental Technology Reviews*. — 2021. — jan. — Vol. 10, no. 1. — P. 177–187. — URL: <https://doi.org/10.1080/21622515.2021.1913242>.

**Сведения об авторах:**

**Сергей Валерьевич Селезнев** — кандидат технических наук, доцент кафедры авиатопливообеспечения ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева», Ульяновск, Россия

E-mail: serg13579@mail.ru

ORCID iD  0009-0002-8818-1784

Web of Science ResearcherID  IZE-7076-2023

Original article  
PACS 89.90.+n  
OCIS 010.7340  
MSC 97U50

## Using artificial intelligence to modernize the treatment facilities of the fuel and lubricants warehouse

S. V. Seleznev 

*Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev,  
432071, Ulyanovsk, Russia*

Submitted August 3, 2023  
Resubmitted August 9, 2023  
Published September 30, 2023

---

**Abstract.** The main results of using artificial intelligence to modernize the treatment facilities of the fuel and lubricants warehouse are discussed. The principles of industrial safety of warehouses of fuels and lubricants and aviation fuel supply enterprises are described, namely, environmental safety in the operation of wastewater treatment facilities. To improve the environmental safety of the territories of enterprises where continuous wastewater treatment takes place, the introduction of artificial intelligence is proposed. Artificial intelligence can be implemented at minimal cost and will bring significant benefits to ensure the preservation of the environment. The main methods of wastewater treatment used in modern treatment facilities are considered.

**Keywords:** artificial intelligence, machine learning, modernization of treatment facilities, storage of fuels and lubricants, environmental safety

---

### References

1. Artificial intelligence in wastewater treatment: A data-driven analysis of status and trends / Shubo Zhang [et al.] // *Chemosphere*. — 2023. — sep. — Vol. 336. — P. 139163. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139163>.
2. The role of conventional methods and artificial intelligence in the wastewater treatment: a comprehensive review / Wahid Ali Hamood Altowayti [et al.] // *Processes*. — 2022. — sep. — Vol. 10, no. 9. — P. 1832. — URL: <https://doi.org/10.3390/pr10091832>.
3. Ramesh Poornima, Suganya Kathirvel, Maheswari T. Uma [et al.]. Relevance of artificial intelligence in wastewater management. — 2022. — may. — URL: <https://doi.org/10.1002/9781119823469.ch14>.
4. A review of artificial intelligence in water purification and wastewater treatment: recent advancements / Soma Safer [et al.] // *Journal of Water Process Engineering*. — 2022. — oct. — Vol. 49. — P. 102974. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102974>.
5. Artificial intelligence-assisted prediction of effluent phosphorus in a full-scale wastewater treatment plant with missing phosphorus input and removal data / Yanran Xu [et al.] // *ACS EST Water*. — 2023. — jan. — URL: <https://doi.org/10.1021/acsestwater.2c00517>.

6. Malviya Arti, Jaspal Dipika. Artificial intelligence as an upcoming technology in wastewater treatment: a comprehensive review // Environmental Technology Reviews. — 2021. — jan. — Vol. 10, no. 1. — P. 177–187. — URL: <https://doi.org/10.1080/21622515.2021.1913242>.

**Information about authors:**

**Sergei Valerievich Seleznev** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Aviation Fuel Supply, Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev, 432071, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: [serg13579@mail.ru](mailto:serg13579@mail.ru)

ORCID iD  0009-0002-8818-1784

Web of Science ResearcherID  IZE-7076-2023