

**ИНТЕГРИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
ВОДООТВЕДЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА:
ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОТЧЕТНОСТИ И ПРЕДИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА**

© 2025 А.А. Березина

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
г. Санкт-Петербург, Россия

Статья поступила в редакцию 27.09.2025

В статье предложена модель управления качеством работы системы водоотведения на целлюлозно-бумажном комбинате, основанная на интегрированном подходе к контролю технологических параметров, управлению процессами очистки и повторного использования сточных вод, а также на формировании единой информационной базы для мониторинга и отчетности. Разработанная модель реализует принципы процессного подхода и цикла Деминга, обеспечивая условия для непрерывного улучшения технологических процессов водоотведения. Научная новизна исследования заключается в разработке комплексной системы управления качеством работы системы водоотведения целлюлозно-бумажного комбината, основанной на интеграции современных цифровых технологий и автоматизированных систем контроля. Предложенная система интегрированного управления качеством очистки сточных вод с автоматизированным формированием отчетности позволяет в режиме реального времени собирать и анализировать данные, подготавливать отчетную документацию, что обеспечивает своевременное предотвращение аварий и точность оформления отчетной документации и передачи ее в контролирующие органы, тем самым минимизируя риск наложения штрафных санкций на предприятие. Полученные практические результаты подтверждают эффективность внедрения автоматизированных систем сбора, хранения и обработки информации на основе действующих нормативных требований и стандартов.

Ключевые слова: целлюлозно-бумажная промышленность, управление качеством, оптимизация, производственные процессы, автоматизация, водоотведение.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-6-37-44

EDN: HUDGON

ВВЕДЕНИЕ

Водоотведение на целлюлозно-бумажных комбинатах (ЦБК) представляет собой значимую технологическую задачу, поскольку ее решение детерминирует уровень экологической безопасности, степень рационального использования ресурсов и экономическую рентабельность производства [1]. В современных условиях, характеризующихся нарастанием антропогенной нагрузки, ужесточением законодательства и климатической нестабильностью, традиционные модели управления водохозяйственными системами ЦБК исчерпали свой адаптационный потенциал [2]. В связи с этим формируется методологическая потребность в построении для данной отрасли новой управленческой модели, основанной на принципах превентивности, интеллектуальности и системности, что является необходимым условием для достижения синергетического эффекта между экономической эффективностью и экологической устойчивостью.

Технологические процессы на ЦБК характеризуются образованием значительных объемов высококонцентрированных сточных вод, содержащих органические и минеральные вещества, щелочи, кислоты и другие трудноудаляемые загрязнения. Традиционные подходы к управлению, основанные на локальном контроле и обработке несистематизированных данных, оказываются неприменимыми в условиях высокой турбулентности технологического процесса и не способны обеспечить требуемую эффективность очистки. Таким образом, разработка и внедрение комплексной модели управления качеством работы системы водоотведения, основанной на интеграции автоматизированных и цифровых систем, является не просто инструментом оптимизации, а стратегической необходимостью для современной целлюлозно-бумажной промышленности.

Целью исследования является разработка модели управления качеством работы системы водоотведения на целлюлозно-бумажном комбинате в соответствии с действующими техническими регламентами и стандартами, основанная на комплексном подходе, который включает непрерывный мониторинг изменений законодательстве, технических регламентах, отраслевых и международных стандартах и формирование отчетной документации на основе анализа полученных данных с использованием цифровых и автоматизированных систем в режиме реального времени.

*Березина Анна Андреевна, старший преподаватель кафедры инноватики и интегрированных систем качества.
E-mail: anybaranova299751@yandex.ru*

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ НА ЦЕЛЛЮЗНО-БУМАЖНОМ КОМБИНАТЕ

На рис. 1 представлена модель управления качеством работы системы водоотведения на ЦБК в соответствии с действующими техническими регламентами и стандартами, основанная на комплексном подходе, который объединяет цифровые и автоматизированные системы управления.



Рис. 1. Модель управления качеством работы системы водоотведения на ЦБК

Этап планирования представляет собой фундаментальную стадию цикла PDCA, в рамках которой формируется системный подход к управлению качеством и экологической результативностью системы водоотведения ЦБК. В соответствии с требованиями стандартов ИСО 9001 и 14001 определены показатели качества работы системы водоотведения, ориентированных на оценку эффективности технологических процессов и удовлетворенность требований всех заинтересованных сторон, включая контролирующие органы [3,4].

Содержательное наполнение этапа включает проведение комплексного анализа технологических решений в области водоотведения, применяемых на ЦБК, с последующим их сопоставлением с установленными целевыми показателями качества сточных вод. На основе выявленных несоответствий разрабатываются корректирующие и предупреждающие стратегии, направленные на оптимизацию работы системы водоотведения и обеспечение полного соответствия актуальным техническим регламентам и стандартам.

Этап реализации заключается в практическом внедрении запланированных мероприятий и функционирование системы управления качеством водоотведения. В соответствии со стратегическими установками этапа планирования осуществляется создание комплекса цифровых и автоматизированных систем управления, обеспечивающих трансформацию теоретических положений в функционирующую систему. Эффективность этапа реализации оценивается через достижение целевых показателей качества работы системы водоотведения, установленных на этапе планирования.

Одним из основных методов контроля качества сточных вод является использование автоматизированной системы мониторинга с использованием онлайн-датчики. Датчики в реальном времени осуществляют измерения по показателям, таких как: pH, химическая потребность в кислороде (ХПК), биологическая потребность в кислороде (БПК), взвешенные вещества и содержание специфических загрязнителей, таких как лигнин и ароматические углеводороды (фенол, толуол и ксилолы). Полученные данные с датчиков непрерывно передаются в центральную систему управления, где в дальней-

шем осуществляется регулярный мониторинг и оперативное реагирование на изменения [5].

Для дальнейшей автоматизации процессов необходимо внедрить систему управления насосами и задвижками, которая обеспечивает автоматическое регулирование потоков сточных вод в соответствии с текущей нагрузкой на очистные сооружения. Эффективное управление системой не только оптимизирует ее работу и предотвращает возможные перебои или простои, но также обеспечивает равномерное распределение нагрузки на очистные сооружения. Автоматическая система контроля также регулирует процесс очистки, включая подачу реагентов и аэрацию, что существенно повышает эффективность процесса и сокращает количество необходимых для достижения требуемых стандартов качества время и ресурсы [6].

Внедрение цифрового двойника системы водоотведения для контроля и управления качеством сточных вод на ЦБК, является инновационным подходом в модернизации и оптимизации процессов водоотведения и очистки сточных вод. Цифровой двойник представляет собой виртуальную модель физической системы, которая позволяет моделировать различные процессы водоотведения и очистки сточных вод. Моделирование на основе цифрового двойника, предполагает использование математических моделей, основанных на алгоритмах и аналитических методах, а так же используется 3D-модель системы, которые обрабатывают данные о реальных процессах, протекающих в системе водоотведения и очистки сточных вод.

Внедрение вышеизложенных автоматизированных систем может осуществляться как единовременно, так и поэтапно в зависимости от множества факторов, включая масштабы проекта, бюджет, технические возможности и потребности предприятия.

Если рассматривать единовременное внедрение систем, то данный процесс обеспечивает комплексный подход, который позволяет системам взаимодействовать друг с другом. Так, автоматизированная система мониторинга качества сточных вод передает данные в систему управления насосами и задвижками, что обеспечивает точное более эффективное управление потоками сточных вод в реальном времени. Цифровой двойник системы водоотведения в таком случае создается с учетом всех этих систем и процессов, что позволяет моделировать их взаимодействие и оптимизировать функционирование систем единовременно. Несмотря на уникальность данного подхода, он имеет значительный недостаток, который заключается во взаимодействии между различными компонентами системы, такими как сенсоры, насосы, процессы очистки и сам цифровой двойник, а так же данный процесс денежно затратный [7].

Постепенное внедрение автоматизированных систем позволит провести детальное тестирование каждой из них, обеспечивая их надежную работу перед переходом на следующий этап. В данном подходе команды могут сосредотачиваться на конкретных задачах и получать обратную связь от пользователей, повышая качество конечного продукта.

На рис. 2 представлен алгоритм машинного обучения, используемый для создания цифрового двойника в автоматизированной системе, основанный на методике разработки цифровой модели системы водоотведения целлюлозно-бумажного комбината (рис. 3) [8]. Процесс начинается с загрузки и обработки данных, далее модель обучается на них. После этого модель используют для прогнозирования качества воды на основе новых данных.

Таким образом, реализация данного этапа обеспечивает переход от дискретного контроля к непрерывному управлению качеством водоотведения на основе данных реального времени, формируя основу для последующего этапа проверки и корректирующих воздействий.

Этап проверки представляет собой оценочную фазу, обеспечивающую верификацию эффективности функционирования системы управления качеством водоотведения. На данном этапе в автоматизированном режиме осуществляется сбор и обработка данных для оценки степени достижения показателей качества, установленных на этапе планирования, а также для формирования отчетной природоохранной документации.

Процесс оценки осуществляется через следующие этапы:

Непрерывный мониторинг и измерительные процедуры. Система обеспечивает регулярный сбор параметров качества очищенных сточных вод (ХПК, БПК, взвешенные вещества), объемов сбросов и ресурсопотребления с использованием автоматизированных средств измерений. Полученные данные подвергаются статистическому анализу для выявления тенденций и отклонений, а также в режиме реального времени поступают в базу данных системы отчетности.

Оценка соответствия нормативным требованиям. Осуществляется периодическая верификация соблюдения законодательных норм и внутренних стандартов предприятия посредством сравнения фактических показателей с нормативными значениями. Результаты формализуются в виде протоколов соответствия, служат прямыми входными данными для автоматического формирования разделов отчетности, предоставляемой в контролирующие органы (например, формы 2-ТП). Система позволяет оперативно актуализировать перечень законодательных требований и автоматически сверять полученные показатели с нормативными значениями.



Рис. 2. Алгоритм машинного обучения для создания цифрового двойника системы водоотведения ЦБК

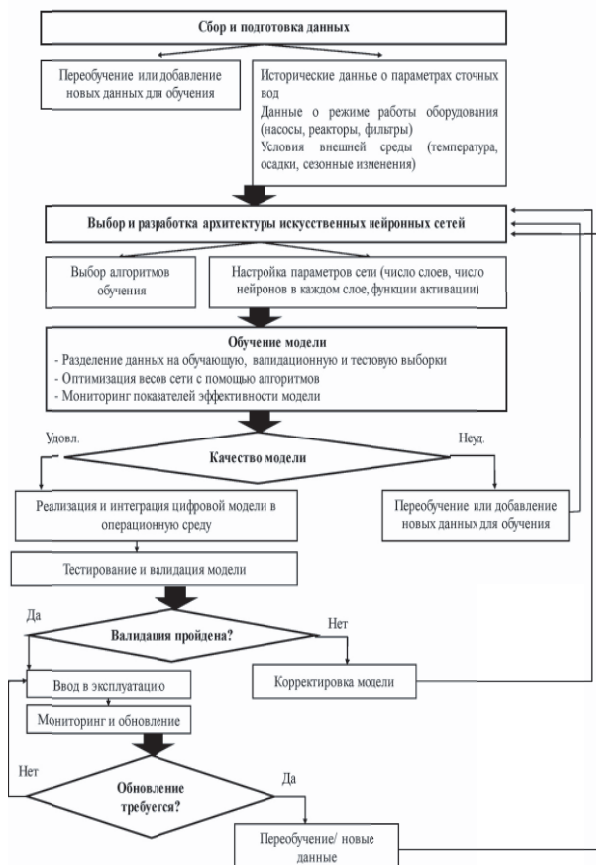


Рис. 3. Методика разработки цифровой модели системы водоотведения ЦБП

Внутренние аудиты систем менеджмента. Проводятся плановые аудиты системы менеджмента качества и системы экологического менеджмента на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ Р ИСО 14001. Аудит включает оценку документации, интервью с персоналом и анализ объективных свидетельств.

Анализ несоответствий и корректирующие действия. Выявленные отклонения регистрируются в системе управления несоответствиями. Для каждого случая проводится анализ первостепенных причин с последующей разработкой корректирующих и предупреждающих действий.

Заключительным этапом модели является корректировка стратегий, основанных на комплексном анализе и оценке. Данный процесс осуществляется до тех пор, пока система не будет функционировать в соответствии с заданными критериями, стандартами и требованиями управления качеством работы системы водоотведения на ЦБК.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ОТЧЕТНОЙ ПРИРОДООХРАННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

В связи с ужесточением экологического законодательства, выражающегося в расширении перечня обязательных форм отчетности и усилении административной ответственности, повышается трудоемкость и ресурсозатратность задач, связанных с обеспечением экологической безопасности промышленных предприятий. Традиционные методы, основанные на ручном сборе, обработке данных и заполнении отчетных форм, характеризуются высокой вероятностью возникновения ошибок, несоблюдением регламентированных сроков и, как следствие, риском к административным штрафам и другим негативным последствиям для предприятия [9].

Для существенного упрощения, ускорения и повышения точности подготовки обязательной природоохранной отчетности для контролирующих органов предложена система автоматизации процесса разработки отчетной природоохранной документации (рис.4) [10]. Предлагаемая система представляет собой многокомпонентное программно-аппаратное решение, интегрирующее разносторонние источники данных: показания автоматических средств измерения и контроля (датчиков, газоанализаторов), данные производственного экологического контроля (ПЭК), сведения из лабораторных информационных систем и нормативно-справочную информацию [11].

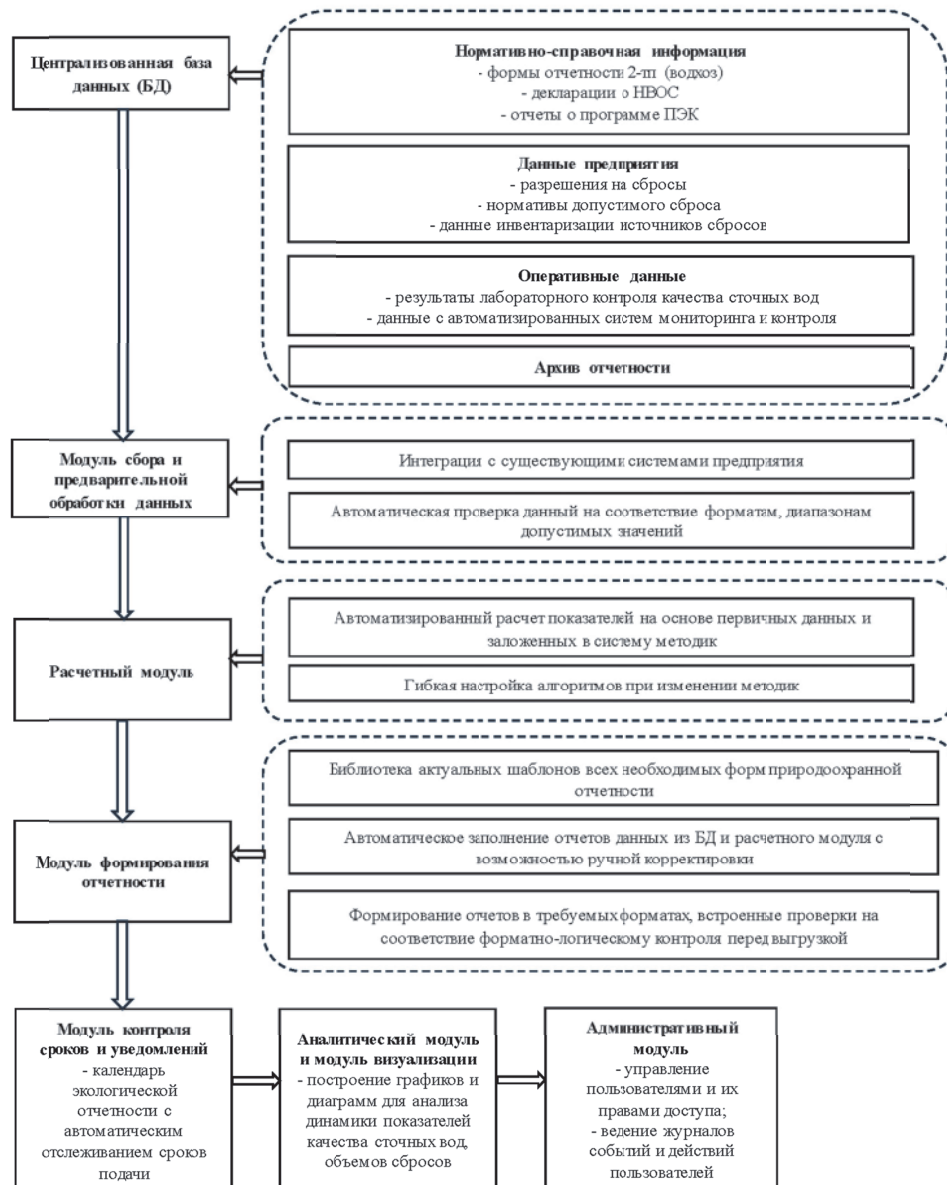


Рис. 4. Система интегрированного управления качеством очистки сточных вод с автоматизированным формированием отчетности

По данным Росприроднадзора за период 2019-2024 гг. была проведена количественная оценка влияния внедрения системы автоматизации на снижение количества ошибок и повышение уровня безошибочности отчетных документов. В таблице 1 представлены данные для анализа состояния отчетности до и после внедрения автоматизированной системы.

Повышение точности обеспечивается за счет интеграции системы автоматизации с источниками первичных данных. Результаты мониторинга и измерений в режиме реального времени передаются в систему автоматизации процесса разработки отчетной природоохранной документации, применение которой позволяет улучшить показатель качества, относящийся к точности предоставления информации и отчетной документации контролирующим органам, за счет минимизации количества ошибок, связанных с человеческим фактором.

Для оценки экономической эффективности внедрения системы автоматизации на основе данных таблицы 1 был выполнен расчет потенциальных финансовых потерь предприятия, связанных с ошибками в отчетности, по формуле:

$$PFL = E_{cp} \cdot F_{cp}, \quad (1)$$

где PFL – потенциальные финансовые потери (тыс. руб.);

E_{cp} – среднее количество существенных ошибок в отчетности (%);

F_{cp} – средний размер штрафа за одну существенную ошибку (тыс. руб.).

Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 1. Исходные данные для сравнительного анализа эффективности системы автоматизации

Аспекты, где ошибки особенно критичны	Наименование документации предприятия ЦБК	Количество отчетов в год	Вероятность допустить ошибку, влияющую на итоговую сумму и достоверность данных на один отчет, %		Средний размер финансовых потерь от одной существенной ошибки, тыс. руб.
			до	после	
Правильность расчета платы на негативное воздействие на окружающую среду (НВОС)	Декларация по плате за НВОС	1	10	1	50
Корректность данных в отчете 2-ТП (водхоз)	Отчет 2-ТП (водхоз)	1	15	2	80

Таблица 2. Расчет потенциальных потерь из-за ошибок до и после внедрения системы автоматизации

Наименование документации ЦБК	Вероятность ошибки		Ожидаемое количество ошибочных деклараций в год		Потенциальные финансовые потери, тыс. руб.		Суммарные ожидаемые годовые финансовые потери, тыс. руб.	
	до	после	до	после	до	после	до	после
Декларация по плате за НВОС	0,1	0,01	0,1	0,01	5,0	3,0	17,0	4,6
Отчет 2-ТП (водход)	0,15	0,02	0,15	0,02	12,0	1,6		

Анализ таблицы 2 показывает снижение суммарных потенциальных финансовых потерь на 73% – с 17,0 до 4,6 тыс. руб. в год. Данный результат подтверждает экономическую целесообразность внедрения системы автоматизации подготовки отчетной документации.

Для верификации эффективности системы проведена оценка уровня безошибочности отчетности, результаты представлены в таблице 3. На этапе, предшествующем внедрению автоматизации, анализ репрезентативной выборки объемом 2 отчета выявил математическое ожидание количества ошибок на уровне 0,253, что соответствует уровню безошибочности 87,5%. После внедрения системы анализ аналогичного объема отчетности показал снижение ожидаемого количества ошибок до 0,03 при уровне безошибочности 98,5%.

Таблица 3. Оценка повышения точности отчетной документации путем снижения количества и последствий ошибок

Снижение годовых финансовых потерь из-за ошибок	Снижение количества ожидаемых существенных ошибок в год		Количество предотвращенных ошибок в год	Суммарные ожидаемые годовые финансовые потери, тыс. руб.		Уровень безошибочности и отчетов, %	
	до	после		до	после	до	после
12,4	0,25	0,03	0,22	17,0	4,6	87,5	98,5

Полученные результаты показывают, что внедрение автоматизированных процессов обеспечило повышение уровня безошибочности отчетности на 11 %.

Таким образом, применение модели управления качеством работы системы водоотведения на ЦБК позволит обеспечить соответствие деятельности предприятия действующим нормативным требованиям и стандартам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования разработана модель управления качеством работы системы водоотведения на целлюлозно-бумажном комбинате в соответствии с действующими требованиями технических регламентов и международных стандартов ИСО 9001 и ИСО 14001, которая основана на интеграции автоматизированных и цифровых систем управления, применении непрерывного мониторинга в реальном времени, использовании цифрового двойника для моделирования процессов и переходе от дискретного к непрерывному управлению качеством водоотведения. Реализация модели осуществляет принцип замкнутого цикла управления на основе метода Деминга, что обеспечивает непрерывное совершенствование процессов водоотведения. Применение данной модели на ЦБК позволит минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, оптимизировать использование водных ресурсов, повысить эффективность работы предприятия, обеспечить соответствие деятельности предприятия действующим нормативным требованиям и стандартам.

Внедрение системы интегрированного управления качеством очистки сточных вод с автоматизированным формированием отчетности представляет собой стратегическую цель современных целлюлозно-бумажных производств в условиях ужесточения экологического законодательства и перехода к принципам наилучших доступных технологий [12].

Практическая значимость исследования подтверждена результатами апробации, показавшими следующие результаты:

- снижение суммарных потенциальных финансовых потерь на 73%;
- сокращение количества ожидаемых существенных ошибок с 0,25 до 0,03 на два отчетных документа;
- повышение уровня безошибочности отчетности до 98,5%;
- обеспечение перехода от дискретного к непрерывному контролю качества сточных вод.

Таким образом, предложенные разработки являются актуальными и значимыми для устойчивого развития целлюлозно-бумажной промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон № 7 «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 10.08.2025).
2. Жильникова, Н. А. Методология и инструментарий обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств: дис. д-ра техн. наук / Н. А. Жильникова. – СПб., ГУАП, 2020. – 409 с.
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования». – М.: Стандартинформ. 2015. – 24 с.
4. ГОСТ Р ИСО 14001-2016 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению». – М.: Стандартинформ. 2016. – 35 с.
5. Березина, А.А. Модели управления качеством воды в водно-ресурсных системах / А.А. Березина // Компетентность / Competency (Russia). – 2025. – № 4. – С. 43-48.
6. Березина, А.А. Внедрение автоматизированной системы управления водно-ресурсными системами в целлюлозно-бумажной промышленности / А.А. Березина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 27, № 3, 2025. – С. 46–57.
7. Штепа, В. Н. Структурные схемы цифровых двойников процессов промышленного водоотведения / В. Н. Штепа, В. В. Смелов, Д. С. Карпович // Прикладной искусственный интеллект: перспективы и риски : Сборник докладов Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 17 октября 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2024. – С. 126-129.
8. Жильникова, Н.А. Создание цифровой модели системы водоотведения производства с использованием искусственных нейронных сетей / Н.А. Жильникова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2025. – Т. 27. – № 3. – С. 67–75.
9. Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2024 № 1290 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 17 апреля 2024 г. № 492». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1307466250> (дата обращения 12.08.2025).
10. Rivo-López, E., Villanueva-Villar, M., Pardo-López, C. et al. Environmental sustainability reporting: a systematic and bibliometric review of two decades of research / Future Business Journal. 2025. Vol.11. P. 1-15. DOI: 10.1186/s43093-025-00580-0.
11. Wen L. et al. Application of LIMS in Quality Management of Environmental Monitoring Laboratory // Academic Journal of Environment & Earth Science. 2022. Vol. 4, N 8. P. 25-29. DOI: 10.25236/AJEE.2022.040805.
12. ИТС 8–2022 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях». 2022. – 93 с.

AN INTEGRATED WATER QUALITY MANAGEMENT MODEL FOR A PULP AND PAPER MILL: DIGITALIZATION OF REPORTING AND PREDICTIVE ANALYTICS

© 2025 A.A. Berezina

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg, Russia

This article proposes a quality management model for a pulp and paper mill's wastewater disposal system. This model is based on an integrated approach to monitoring process parameters, managing wastewater treatment and reuse processes, and creating a unified information base for monitoring and reporting. The developed model implements the principles of the process approach and the Deming cycle, providing the conditions for continuous improvement of wastewater disposal processes. The scientific novelty of this study lies in the development of a comprehensive quality management system for a pulp and paper mill's Wastewater disposal system, based on the integration of modern digital technologies and automated control systems. The proposed integrated wastewater treatment quality management system with automated reporting enables real-time data collection and analysis, as well as the preparation of reporting documentation. This ensures the timely prevention of accidents and the accurate preparation of reporting documentation and its submission to regulatory authorities, thereby minimizing the risk of fines being imposed on the enterprise. The practical results obtained confirm the effectiveness of implementing automated systems for collecting, storing, and processing information based on current regulatory requirements and standards.

Keywords: pulp and paper industry, quality management, optimization, production processes, automation, water disposal.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-6-37-44

EDN: HUDGOH

REFERENCES

1. Federal'nyy zakon № 7 «Ob okhrane okruzhayushchey sredy» ot 10.01.2002. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/.
2. Zhil'nikova, N.A. Metodologiya i instrumentariy obespecheniya ekologichnosti radioelektronnykh i priborostroitel'nykh proizvodstv: dis. d-ra tekhn. nauk / N. A. Zhil'nikova. – SPb: GUAP, 2020. – 409 s.
3. GOST R ISO 9001-2015 «Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya». – M.: Standartinform. 2015. – 24 s.
4. GOST R ISO 14001-2016 «Sistemy ekologicheskogo menedzhmenta. Trebovaniya i rukovodstvo po primeneniyu». – M.: Standartinform. 2016. – 35 s.
5. Berezina, A.A. Modeli upravleniya kachestvom vody v vodno-resursnykh istochnikakh / A.A. Berezina // Kompetentnost' / Competency (Rossiya). – 2025. – № 4. S. 43–48.
6. Berezina, A.A. Vnedreniye avtomatizirovannoy sistemy upravleniya vodno-resursnymi tsepyami v tsellyulozhno-bumazhnoy promyshlennosti / A.A. Berezina // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk, t. 1, s. 27, № 3, 2025. – S. 46–57.
7. Shtepa, V. N. Strukturnyye skhemy tsifrovyykh dvoynikov protsessov promyshlennogo vodootvedeniya / V. N. Shtepa, V. V. Smelov, D. S. Karpovich // Prikladnoy iskusstvennyy intellekt: perspektivy i riski : Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 17 oktyabrya 2024 goda. – Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet aerokosmicheskogo priborostroyeniya, 2024. – S. 126–129.
8. Zhil'nikova, N.A. Sozdaniye tsifrovoy modeli sistemy vodootvedeniya proizvodstva s ispol'zovaniyem iskusstvennykh neyronnykh setey / N.A. Zhil'nikova // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk, t. 1, s. 27, № 3, 2025. – S. 67–75.
9. Postanovleniye pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 24.09.2024 № 1290 «O vnesenii izmeneniy v postanovleniye pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 17 aprelya 2024 g.». № 492». <https://docs.cntd.ru/document/1307466250>.
10. Rivo-López, E., Villanueva-Villar, M., Pardo-López, C. et al. Environmental sustainability reporting: a systematic and bibliometric review of two decades of research / Future Business Journal. 2025. Vol. 11. P. 1–15. DOI: 10.1186/s43093-025-00580-0.
11. Wen L. et al. Application of LIMS in Quality Management of Environmental Monitoring Laboratory // Academic Journal of Environment & Earth Science. 2022. Vol. 4, N 8. P. 25–29. DOI: 10.25236/AJEE.2022.040805.
12. ITS 8–2022 «Ochistka stochnykh vod pri proizvodstve produktsii (tovarov), vypolnenii rabot i okazanii uslug na krupnykh predpriyatiyakh». 2022. – 93s.