

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДСИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННО-КОММУНАЛЬНОГО ВОДООТВЕДЕНИЯ

INTELLIGENT SUBSYSTEM FOR MANAGEMENT OF THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE INDUSTRIAL AND PUBLIC WATER DISPOSAL

В. Н. Штепа, П. В. Васюхневич
V. N. Shtepa, P. V. Vasyuhnyevich

Полесский государственный университет, Пинск, Беларусь
E-mail: shtepa.v@polessu.by
Polesky State University, Pinsk, Belarus
E-mail: shtepa.v@polessu.by

В работе проанализированы современные вызовы, связанные с построением экосреды мегаполисов и акцентированием внимания на функционировании систем водоотведения, включающих очистные сооружения. Определено отсутствие теоретического базиса комплексного обеспечения нормативных природоохранных требований в сегменте «канализационная сеть – очистные сооружения – водные объекты». Обоснована и создана интеллектуальная подсистема управления экологической безопасностью промышленно-коммунального водоотведения, которая представляет собой программное решение импактного мониторинга и предназначена для адаптивной наладки работы централизованного водоотведения, в том числе систем очистки сточных вод. Проведена положительная промышленная апробация синтезированного информационно-управляющего комплекса, реализующего математический аппарат искусственного интеллекта.

The paper analyzes the modern challenges associated with the construction of the eco-environment megacities and focusing on the functioning of wastewater systems, including treatment facilities. The absence of a theoretical basis for the comprehensive provision of regulatory environmental requirements in the “sewer network – treatment facilities – water bodies” segment is determined. The intelligent subsystem for managing the environmental safety of industrial and municipal wastewater disposal has been substantiated and created, which is the software solution for impact monitoring and is designed for adaptive adjustment of the operation of centralized wastewater disposal, including wastewater treatment systems. The positive industrial testing of the synthesized information and control complex, which implements the mathematical apparatus of artificial intelligence, has been carried out.

Ключевые слова: экологическая безопасность, водоотведение, очистные сооружения, информационно-управляющая система, искусственный интеллект.

Keywords: environmental safety, water disposal, treatment facilities, information and control system, artificial intelligence.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-2-249-253>

По оценкам ООН, к 2050 году в городах будет проживать около 60% всего населения планеты. Соответственно, растет городское население, а территория и количество ресурсов в городе в основном остаются прежними. Такая ситуация актуальна и для Республики Беларусь. Современные белорусские города сталкиваются среди прочих и со следующими вызовами: инфраструктурный разрыв и высокий уровень износа основных городских сетей; увеличение экологического давления на города.

Как известно в основе развития умных городов лежат цифровые технологии, позволяющие различным объектам городской среды взаимодействовать друг с другом в гетерогенных и распределенных вычислительных средах на основе обмена данными, происходящего в режиме реального времени. При этом анализируя опыт развития умных городов, можно акцентировать внимание на том, что экологический фактор (использование технологий для решения экологических проблем, эффективного использования природных ресурсов, охраны природных объектов) является одним из наиболее критически важных.

При этом в водной стратегии Республики Беларусь на период до 2030 года в условиях изменения климата под водной безопасностью понимается, в том числе: безопасное отведение сточных вод (включая поверхностные сточные воды (СВ), при обеспечении финансовой доступности услуг водоотведения; безопасное отведение производственных сточных вод при обеспечении их нормативной очистки; защищенность жизни и имущества населения и отраслей экономики от негативного воздействия вод; обеспечение хорошего экологического состояния водных объектов.

В то же время существующие очистные сооружения в городах и районных центрах страны построены преимущественно в 70-е годы прошлого века, имеют большой физический износ и не могут обеспечить выполнение современных требований к качеству очистки сточных вод, в первую очередь, по удалению биогенных элементов. В настоящее время необходимо проведение их комплексной реконструкции и модернизации. Ситуация усугубляется тем, что в планах на 2021–2025 годы было проведение реконструкции, модернизации и строительства 70 коммунальных очистных сооружений, 28 из них – на средства международных финансовых организаций, а такое финансирование на данный момент приостановлено и имеет крайне неопределённые перспективы. Таким образом необходимо значительно более рационально использовать доступный экономический ресурс на основе усовершенствования теоретических подходов по созданию технических заданий проектирования очистных сооружений.

Оценка технологической стороны водообработки демонстрирует, что есть факторы, которые вызывают техногенную нагрузку на окружающую среду со стороны населённых пунктов и затрудняют управление экологической безопасностью транспортировки и очистки водных растворов: возможность действия нештатных ситуаций природного и техногенного происхождения в различных узлах системы водоотведения; отсутствие полноты информации о конкретных комбинированных процессах (каждый объект имеет свои особенности и параметры настройки оборудования для эффективного функционирования); многофакторность характеристик процессов обработки и транспортировки сточных вод; отсутствие всего необходимого перечня измерительного оборудования показателей качества сточных вод способного работать в режиме реального времени или низкая точность и быстродействие современных технических решений.

В связи с указанным возникает необходимость решения актуальной научно-практической задачи государственного масштаба в области создания безопасной экосреды населённых пунктов, которая заключается в разработке методики цифровизации систем водоотведения водопроводно-канализационных хозяйств на основе критерия экологической эффективности очистных сооружений.

В настоящее время создан теоретический базис, который обеспечивает активное внедрение, в том числе и на предприятиях водопроводно-канализационных хозяйств, подходов экологического менеджмента [1–3]. Оценка эффективности экологической деятельности используется для контроля прогресса в области охраны окружающей среды. Также имеются приемлемые теоретические наработки в области использования цифровизации при создании концептов «умных городов» [1, 2].

При этом проблематика построение систем автоматического управления очистными сооружениями (ОС) менее теоретически проработана, что не позволяет обеспечить полной автоматизации процессов, прежде всего из-за отсутствия нужного перечня промышленных датчиков способных работать в режиме реального времени. Для частичного решения таких задач внедряют средства моделирования, что потенциально позволяет улучшить наблюдаемость (прогнозируемость) процессов и возможность соблюдения технологических регламентов [8].

Вместе с тем другими исследователями, по мнению авторов, задача выполнения требований экологической эффективности очистных сооружений населённых пунктов рассматривается в отрыве от анализа функциональных показателей узлов канализационных сетей и оперативного контроля параметров отведения сточных вод промышленными предприятиями, как ключевых загрязнителей СВ. Такой общепринятый теоретический подход создаёт значительные негативные предпосылки неконтролируемого поступления залповых концентраций загрязнителей на коммунальные системы очистки – переводя их режим работы из «штатного» в «нештатный», даже с потенциальной остановкой, и создавая крайне весомую угрозу окружающей среде населённых пунктов. Устранения указанного противоречия в работах других учёных (а именно отсутствие системности при анализе процессов водоотведения) путём использования приёмов цифровизации технологических процессов и моделирования позволит создать единый информационно-аналитический комплекс: «ключевые предприятия-загрязнители сточных вод» – «сеть транспортировки сточных вод» – «очистные сооружения» – «природные водные объекты» и, таким образом, повысить экологическую эффективность удаления загрязнителей на станциях водообработки при уменьшении экологического давления на мегаполисы.

Именно для уменьшения указанного недостатка создана информационная интеллектуальная подсистема управления экологической безопасностью промышленно-коммунального водоотведения (ИПУЭБ ПКВ). Она представляет собой программное решение импактного экологического мониторинга и предназначена для адаптивной наладки работы централизованного водоотведения (включая очистные сооружения путём определения в оперативном режиме, максимально приближённом к режиму реального времени, на основе математического аппарата искусственного интеллекта (ИИ) [3, 4]:

- эффективных и экологических безопасных режимов функционирования очистных сооружений;
- эффективных и экологических безопасных режимов работы систем водоотведения в целом;
- реакции на чрезвычайные и опасные для окружающей среды и технологического оборудования ситуации с минимизацией рисков антропогенного загрязнения геоэкосистем;
- внедрения системы поддержки принятия решений (СППР) технологом очистных сооружений в части мониторинга качества сточных вод на стадиях их приёма системой водоотведения и ОС.

Также математическая обработка создаваемых ИПУЭБ ПКВ баз данных (баз знаний) процессов в системах водоотведения позволяет формировать адекватные технические задания (ТЗ) на проектирование нового строительства (модернизации, реконструкции) ОС коммунальных и промышленных объектах [5].

Её базовый состав:

- распределённые автоматизированные измерительные комплексы анализа состава сточных вод и других технологических параметров водоотведения (включая энергонезависимые решения),
- интерфейсные беспроводные средства на физическом и логическом уровнях (с обеспечением защиты информации требуемого качества);
- реализация защищённого хранения данных (включая облачные технологии),
- системы поддержки принятия решений о состоянии и прогнозировании параметров водоотведения и его влияния на окружающую среду (в том числе с использованием математического аппарата ИИ).

При этом ИПУЭБ ПКВ интегрируется в существующие информационные системы, в том числе управления технологическими процессами, согласно схемы рисунка 1 в виде «Аналитического модуля».

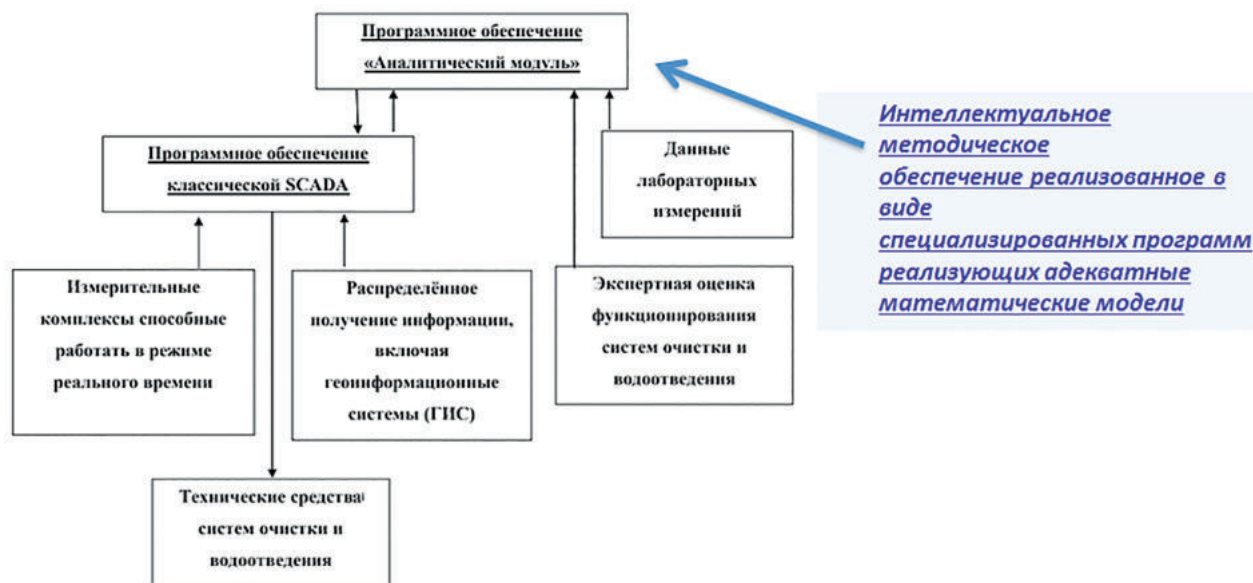


Рисунок 1 – Схема использования ИПУЭБ ПКВ в рамках существующих информационно-управляющих решений систем коммунально-промышленного водоотведения

Внедрение подсистемы на коммунальных очистных сооружениях представлено на рисунке 2.

Результаты функционирования ИПУЭБ ПКВ можно применить в следующих областях: коммунальный сектор (прежде всего водоканалы) – порядка 70% сооружений очистки коммунальных сточных вод Республики Беларусь требуют серьёзной модернизации при значительных ограничениях финансовых средств; промышленность – предприятия реального сектора экономики выполняющие отведение сточных вод, в том числе экспортно-ориентированные (молокоперерабатывающие комплексы, мясокомбинаты, птицефабрики, свинопредприятия), в значительной мере нуждаются в модернизации (строительстве, реконструкции) систем водоотведения.



А)



Б)

Рисунок 2 – Иллюстрация внедрения ИПУЭБ ПКВ на коммунальных очистных сооружениях как элемент системы водоотведения: А – картографическое расположение точек сбора данных, Б – интерфейс главного окна подсистемы сбора и анализа данных функционала биологических ОС

Закключение. Основные научные результаты полученные при обосновании и создании такой интеллектуальной подсистемы: модели системы сбора информации о состоянии сетей водоотведения населённых пунктов с распределённой передачей данных качества сточных вод; модели функционирования очистных сооружений населённых пунктов в условиях нестационарности, нелинейности и неполноты входной информации; концептуальная модель цифровизации системы водоотведения водопроводно-канализационных хозяйств в сегменте «транспортировка – очистка сточных вод» на основе критерия экологической эффективности очистных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шимова, О.С.* Основы экологии и экономика природопользования / О.С. Шимова, Н.К. Соколовский. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск: БГЭУ, 2010. – 454 с.
2. *Ковалев, М.Я.,* Концепция пилотного регионального проекта «Кричев - малый умный город. Кричевский район. Развиваемся вместе» / М.Я. Ковалев, Л.В. Губич, Г.П. Матюшенко / ОИПИ НАН Беларуси, 2018 г.
3. *Штепа, В.Н.* Data Mining процессов очистки сточных вод с использованием нечётких нейронных сетей / В.Н. Штепа, А.Б. Шикунец // Интеллектуальные информационные системы: теория и практика : сборник научных статей по материалам III Всероссийской конференции, Курск, 22–23 ноября 2022 года / Курский государственный университет; отв. ред. А.А. Халин. - Курск, 2022. – С. 210–216.
4. *Штепа, В.Н.* Интеллектуальная система анализа и прогноза экологической безопасности биологических сооружений очистки сточных вод / В.Н. Штепа, Н.Ю. Золотых // Первая выставка-форум IT-академграда «Искусственный интеллект в Беларуси»: сборник докладов, Минск, 13-14 октября 2022 г. / Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси. - Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2022. – С. 41–45.
5. *Штепа, В. Н.* Использование виртуальной меры энергоэффективности водоочистки при цифровизации водопроводно-канализационного хозяйства / В. Н. Штепа, А. Б. Шикунец, Я. Ю. Ёрш // Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации («Шлядинские чтения- 2022»): материалы XIV Международной научно-технической конференции, Пенза, 24-26 октября 2022 г. / под ред. Е.А. Печерской. – Пенза : ПГУ, 2022. – С. 182–186.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ ОЗОнового СЛОЯ OPPORTUNITIES FOR FORECASTING THE STATE OF THE OZONE LAYER

А. Н. Акимов¹, С. И. Гуляева², А. М. Людчик¹
A. N. Akimov, S. I. Gulyaeva, A. M. Liudchik

*¹Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ,
Минск, Республика Беларусь, liudchikam@tut.by*

*²Научно-исследовательский институт прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко,
Минск, Республика Беларусь, ms.bruchkovskaya@yandex.ru*

*National Ozone Monitoring Research Centre of the Belarusian State University, Minsk, the Republic of Belarus
Applied Physical Problems Research Institute named after A. N. Sevchenko, Minsk, the Republic of Belarus,*

Анализируется качество сделанного несколько лет назад прогноза состояния озонового слоя над Северным полушарием. Прогноз был получен с использованием концепции динамической климатической нормы и модели квадратичного многолетнего тренда общего содержания озона по данным спутниковых наблюдений за период 1978–2017 гг. Прогнозные значения многолетнего тренда общего содержания озона сравниваются с расчетами тренда по данным за период, включающий и область прогноза. Использована усовершенствованная модель тренда в виде полинома третьей степени, более соответствующая ожидаемому поведению стратосферного озона. Многолетние тренды для обеих моделей практически совпадают в пределах ранее использованного периода, однако прогноз на период 2018–2022 гг. не во всех случаях оправдался. Анализируются причины несоответствия и возможные пути совершенствования прогноза.

Taking into account the recent observations of the ozone layer over the Northern Hemisphere, the quality of the forecast made several years ago for its state is analyzed. The forecast was obtained using the concept of a dynamic climate norm and the model of a quadratic long-term trend of the total ozone content based on satellite observations for the period 1978–2017. The predicted values of the long-term trend of the total ozone content are compared with the results of calculating the trend based on the data for the period that includes the forecast area. The improved third-degree polynomial trend model is used to better match the expected behavior of stratospheric ozone. Long-term trends in both models practically coincide within the previously used period, however, the forecast for the period 2018–2022 is not justified in all cases. The reasons for the discrepancy and possible ways to improve the forecast are analyzed.