

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ХОЗЯЙСТВ

В.Н. Штена¹, проректор по научной работе, д.т.н., доцент,

А.Б. Шикунец¹, магистрант,

Н.Ю. Золотых², директор Института информационных технологий,
математики и механики, д.ф.-м.н., доцент

¹Учреждение образование «Полесский государственный университет»,
Пинск, Беларусь;

²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского»,
Нижний Новгород, Российская Федерация

Проанализированы нормативные документы с точки зрения оценки экологической эффективности водопроводно-канализационных хозяйств (далее – ВКХ) и анализа энергетических затрат их функционирования. Предложен методический подход анализа эколого-энергетических показателей систем водоотведения и сооружений очистки сточных вод нацеленный на прогноз и противодействие чрезвычайным ситуациям, которые могут возникнуть в геоэкосистемах в результате не удаления загрязнителей из водных растворов. Создано программное обеспечение интеллектуальной системы поддержки принятия решений инженером-технологом биологической водообработки. Обоснованы дальнейшие этапы исследований по разработке единой распределённой информационно-аналитической системы управления эколого-энергетической эффективностью ВКХ.

Введение

Одним из важнейших документов, входящих в серию ISO 14000 «Системы экологического менеджмента» является стандарт ISO 14031 «Оценивание экологической эффективности, общие требования». Согласно его постулатов она определяется как измеряемые результаты деятельности системы экологического менеджмента, связанные с контролем уровня воздействия на окружающую среду. При этом увеличение уровня экологической эффективности (далее – ЭЭ) предприятия может быть обеспечено управлением теми элементами деятельности, которые оказывают наиболее значительное воздействие на окружающую среду. Вместе с тем **оценивание ЭЭ** представляет собой внутренний процесс и инструмент управления, предназначенный для

обеспечения руководства информацией о том, насколько экологическая эффективность организации соответствует заданным критериям при тренде минимизации затрат на достижение целей безопасности окружающей среды.

1. Обоснование подходов к определению эколого-энергетической эффективности водопроводно-канализационных хозяйств с учётом превентивного противодействия чрезвычайным ситуациям на водных объектах

Согласно нормативного определения организация водопроводно-канализационного хозяйства – юридическое лицо, имеющее право пользования водными объектами и осуществляющее эксплуатацию централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения, в том числе силами своих специализированных структурных подразделений (участков, бригад). Соответственно, ключевым природным ресурсом, который используется и для которого оценивается ЭЭ ВКХ выступает «вода»: прежде всего, подразумевается выполнение требований предельно-допустимых концентраций (далее – ПДК) загрязнителей в отводимых в геоэкосистемы водных ресурсах.

Существует ряд известных практик анализа экологической эффективности: горизонтальный (сравнение каждой позиции отчетности с предыдущей); вертикальный (определяется структура итоговых финансовых показателей, определяется влияние каждой позиции на результат в целом); трендовый (каждая позиция отчетности прослеживается на протяжении определенного периода времени; определяется тренд по данному показателю); относительных показателей-коэффициентов (расчет отношений данных отчетности); сравнительный (пространственный) – сопоставление показателей по различным структурным подразделениям и сопоставление отдельных предприятий; факторный (анализируется влияние отдельных факторов на результирующий показатель).

Однако задача управления экологической эффективностью усложняется за счёт того, что ВКХ являются нелинейными объектами в терминах автоматического управления, также имеет место нестационарные и стохастические колебания концентрации загрязнителей и объемов водоотведения [1–4]. Другим фактором, крайне негативно влияющим на вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) в геоэкосистемах, куда поступают сточные воды после очистных сооружений (далее – ОС), выступает то, что вся инфраструктура водоотведения, с очистными сооружениями включительно, – распределённая

информационная система с необходимостью параллельной обработки данных. При этом отсутствует возможность контролировать все технологически важные показатели качества сточных вод не только в удалённых узлах, но и даже на ОС – поскольку недостаточно измерительных комплексов способных работать в режиме реального времени, или приближенному к нему [2].

Вместе с тем необходимо учитывать и такой аспект функционирования систем водоотведения, как дополнительное загрязнение сточных вод в процессе их транспортировки к очистным сооружениям – то есть обычная суперпозиция (суммирование) поступления поллютантов от отдельным точкам водоотведения на ОС не работает. Так в анаэробных условиях канализационной сети в результате восстановления серы могут формироваться крайне опасные для активного ила токсиканты, которых в сточных водах отдельных объектов нет.

Исходя из представленного, целесообразно предложить к внедрению на ВКХ схему обработки эколого-энергетических данных с учётом возникновения ЧС, которые могут возникнуть в результате действия нештатных ситуаций на ВКХ, например, залповые выбросы загрязнителей (рисунок 1).

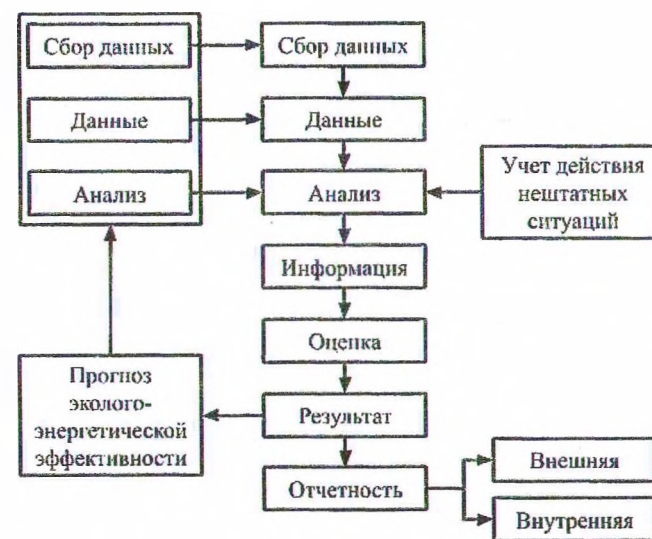


Рисунок 1 – Схема обработки эколого-энергетических данных водно-канализационных хозяйств с учётом потенциального возникновения чрезвычайных ситуаций

2. Методика определения эколого-ресурсной эффективности водопроводно-канализационных хозяйств с учётом потенциального возникновения чрезвычайных ситуаций

На основе обоснованности комплексного учёта эколого-энергетических аспектов функционирования водопроводно-канализационного хозяйства на начальном этапе за базис принимается материальный и энергетический анализ, который включает оценку потоков веществ (в том числе поллютантов) и энергии внутри объектов формирующих сточные воды, сети водоотведения, ОС и окружающей средой. Моделирование основано на составлении балансов основных компонентов сырья и материалов, воды, приоритетных загрязняющих веществ и позволяет давать оценки как по отдельным звеньям ВКХ, так и по ВКХ в целом.



Рисунок 2 – Методика определения эколого-энергетической эффективности водопроводно-канализационных хозяйств с учётом возможности возникновения чрезвычайным ситуациям на водных объектах

В целом оценка материальных и энергетических потоков имеет следующие цели [3]: визуализация отдельных материальных и энергетических потоков; унификация системы представления материальных и энергетических потоков; разработка и поддержка единой базы данных и целенаправленное предоставление информации лицам, принимающим решения; определение ответственности за поддержание качественной информации о потоках; контроль соответствия экологическим и экономическим целям возможных влияний материальных потоков в любых процессах принятия решений; целенаправленное изменение материальных и энергетических потоков за счет технических и организационных (управленческих) разработок; адаптация материальных и энергетических потоков в соответствии с возникающими требованиями. Тогда методика эколого-энергетического управления ВКХ, при дополнении классических подходов [3] задачами прогнозирования возникновения чрезвычайных ситуаций, как на распределённых элементах систем водоотведения, так и на очистных сооружениях, будет одновременно соответствовать требованиям ISO 9001 «Системы менеджмента качества», ISO 14001 «Системы экологического менеджмента», ISO 50001 «Системы энергетического менеджмента», ISO 31000 «Менеджмент рисков» (рисунок 2) [5].

3. Программная реализация определения экологической эффективности биологических очистных сооружений

Первым этап реализации концепции создания *единой распределённой системы управления эколого-энергетической эффективностью ВКХ* стала разработка подсистемы сбора данных и интеллектуального анализа технологической информации с прогнозированием состояния активного ила (далее – АИ) на биологических очистных сооружениях (далее – БОС).

Рекомендации по управлению БОС формируются с использованием методов статистического анализа данных и машинного обучения. Решающее правило строится с помощью метода опорных векторов [6] на основе размеченных исторических данных. Настройка гиперпараметров производится с помощью решения задачи глобальной оптимизации. Ранее данный подход был успешно применен в задаче предсказания спроса региона на воду [7].

Программное обеспечение создано на языке Python с использованием кросс-платформенного фреймворка Qt (рисунок 3), поскольку использование Python облегчает подключение множества различных научных и других модулей для анализа данных, машинного обучения.

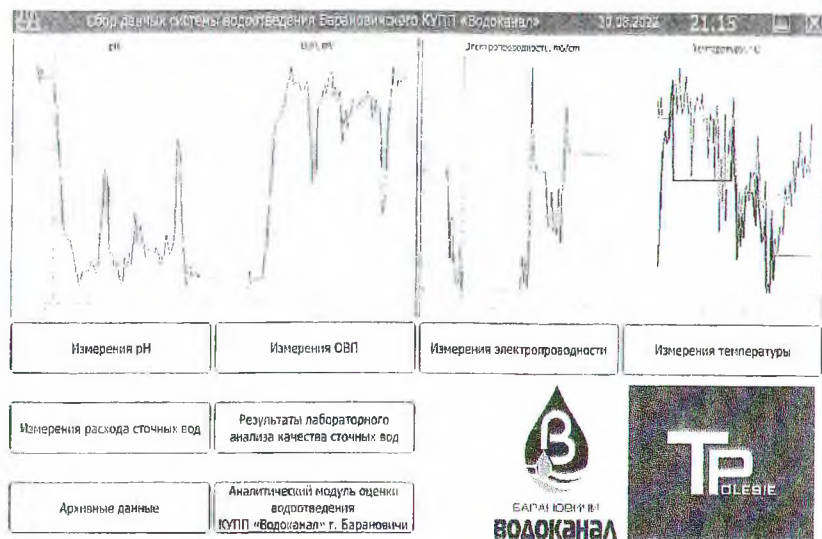


Рисунок 3 – Интерфейс программного обеспечения поддержки принятия решений инженером-технологом биологических очистных сооружений на основе подходов машинного обучения

Задача такой интеллектуальной подсистемы (рисунок 3):

- повысить эффективность очистки сточных вод на БОС, за счёт прогноза состояния активного ила на основе косвенных и прямых оценок потенциального воздействия на него загрязнителей [8];
- значительно сократить время реакций инженера-технолога на поступление залповых концентраций загрязнителей негативно влияющих на АИ, например, токсикантов различной природы;
- упростить и систематизировать работу инженеров-технологов очистных сооружений путём видения и постоянного анализа базы знаний процессов водоотведения и очистки сточных вод, куда интегрируются и ресурсные показатели работы этих комплексов, аналогично автоматизированной системе контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ).

Заключение

Для превентивного противодействия потенциальным чрезвычайным ситуациям на водных объектах, которые могут возникнуть в результате некачественной работы очистных сооружений, необходимо создание *единой распределённой информационно-аналитической системы управления эколого-энергетической эффективностью ВКХ*.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на реализацию следующих этапов: создание распределённой системы сбора информации о состоянии ВКХ (включая контроль параметров водоотведения от отдельных объектов) с оперативной передачей данных, энергонезависимостью датчиков и ГИС-решениями; разработка комплексных информационно-аналитических систем на основе интеллектуальных моделей с прогнозированием эколого-энергетической эффективности ВКХ.

Список литературы

1. Штепа В.Н. Энергетические критерии производственного внедрения экологически безопасных технологий (канал управления – очистка сточных вод (водоподготовка) / В.Н. Штепа // Инновации в сельском хозяйстве: теоретический и научно-практический журнал. – 2014. – Выпуск № 4 (9) – С. 167–171.
2. Штепа, В.Н. Методическое обеспечение управления экологической безопасностью локальных систем очистки сточных вод / В.Н. Штепа, Д.Г. Алексеевский, Н.А. Заец // Научно-технический прогресс в жилищно-коммунальном хозяйстве : сборник трудов: в 2 ч. / Институт жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси; [под общ. ред. В.О. Китикова]. – Минск : БГТУ, 2021. – Ч. 2. – С. 215–221.
3. Каракеян, В.И. Экономика природопользования / В.И. Каракеян. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 478 с.
4. Штепа В.Н. Экспериментально-аналитические исследования комбинированных систем водоочистки / В.Н. Штепа // Агропанорама: научно-технический журнал. – 2015. – № 6 (112). – С. 31–37.
5. Штепа, В.Н. Этапы создания информационно-аналитических систем обеспечения регионального рационального водопользования / В.Н. Штепа, И.А. Янковский // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. / Сев.-Вост. науч. центр Трансп. акад. Украины ; [ред. кол. В.А. Богомолов (гл. ред.) и др.]. – Харьков: ХНАДУ. – 2015. – № 70. – С. 119–121.
6. Cortes, C. Support-vector networks / Cortes, Corinna; Vapnik, Vladimir // Machine Learning. – 1995. – V. 20, Issue 3. – P. 273–297.
7. Candelieri A. Tuning hyperparameters of a SVM-based water demand forecasting system through parallel global optimization / A. Candelieri [et al.] // Computers and Operations Research. – 2019. – V. 106. – P. 202–209.
8. Alekseevsky D.G. Formalization of the Task of Creating a Mathematical Model of Combined Wastewater Treatment Processes / D.G. Alekseevsky, Ye.Yu. Chernysh, V.N. Shtepa // Journal of Engineering Sciences : peer-reviewed scientific journal. – 2021. – V. 8, Issue 2. – P. H1–H7.