

УДК 004.056

Практическое использование информационно-аналитической системы оценки экологической безопасности водоотведения

В. Н. Штепа , **А. Б. Шикунец, А. В. Козырь**
Полесский государственный университет,
Пинск, Беларусь
E-mail: shtepa.v@polessu.by

Н. Ю. Золотых
Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н. И. Лобачевского,
Россия
E-mail: nikolai.zolotykh@itmm.unn.ru

Введение

На рынке программных продуктов информатизации водоотведения водопроводно-канализационных хозяйств (ВКХ) представлен ряд решений, среди них: ArcGIS, MapInfo, qGIS, ГИС Zulu, ГИС GeoLink, GRASS (ГИС), CityCom, IndorGIS, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) TRACE MODE, SIMATIC WinCC Open Architecture (WinCC OA). Они имеют иерархическую структуру и, как правило, включают следующие составляющие [1–3]: измерительные (сенсорные) блоки; модули передачи информации; интерфейсные преобразователи; линии передачи информации; контроллерные элементы; базы данных; специализированное программное обеспечение (управление, отображение информации, анализ данных, формирование отчетов, геопозиционирование и ряд других). При этом решаемые производственные задачи такими программными продуктами в рамках информатизации ВКХ следующие [4–7]: привязка к картографии; регулирование отдельных технологических процессов; мониторинг параметров (как правило, состояния оборудования); поддержка административно-организационной, бухгалтерской и планово-экономической деятельности.

Ключевые недостатки решений-аналогов – отсутствие системного и оперативного подхода в последовательности «мониторинг экологической ситуации – передача, хранение и анализ данных – принятие решений в режиме реального времени (РРВ) об экологической эффективности водоотведения» и фактическое отсутствие последнего элемента в такой цепочки,

что создает предпосылки экологической опасности для геоэкосистем. Поэтому перспективным является использование интеллектуальных решений для анализа и прогноза показателей качества сточных вод (СВ).

Результаты сбора и анализа информации о водоотведении

На коммунальных биологических очистных сооружениях г. Барановичи функционирует на протяжении восьми месяцев система сбора информации о показателях качества СВ, формируя в РРВ базу данных о значениях pH, электропроводности, окислительно-восстановительного потенциала (ОВП или Redox Potential), температуры. Программное обеспечение создано на языке Python с использованием кросс-платформенного фреймворка Qt (рис. 1).

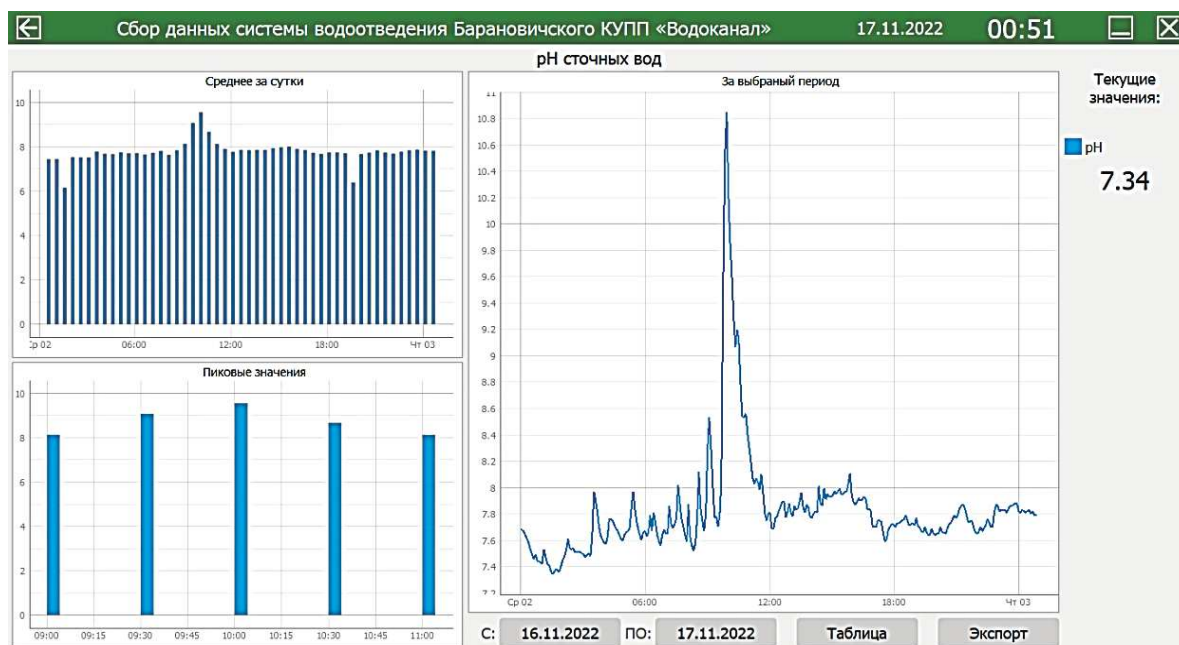


Рис. 1. Интерфейсное окно (регистрация и обработка показателей pH) программного продукта, функционирующего на коммунальных биологических очистных сооружениях г. Барановичи

Исходя из зафиксированных значений активной реакции водных растворов, можно сделать вывод об экологической опасности, вызванной системным поступлением на вход биологических очистных сооружений СВ со значениями pH выше 8,5, что недопустимо из-за проектной документации. Применяв вейвлет-преобразование с глубиной разложения 8 и порядком вейвлета 10, выделили сглаженную компоненту информационного сигнала (рис. 2).

Анализ графика рис. 2 указывает на отсутствие сезонности и нелинейность исследуемого временного ряда. Особый интерес вызывает падение активной реакции на 0,6–0,9 единиц на пятый месяц регистрации. Такая

ситуация должна быть вызвана остановкой водоотведения ключевым объектом(-ами)-загрязнителем(-ями) и изменением технологии формирования СВ. Следующим шагом стал расчет среднеарифметических значений рН для дней недели всего анализируемого отрезка (рис. 3).

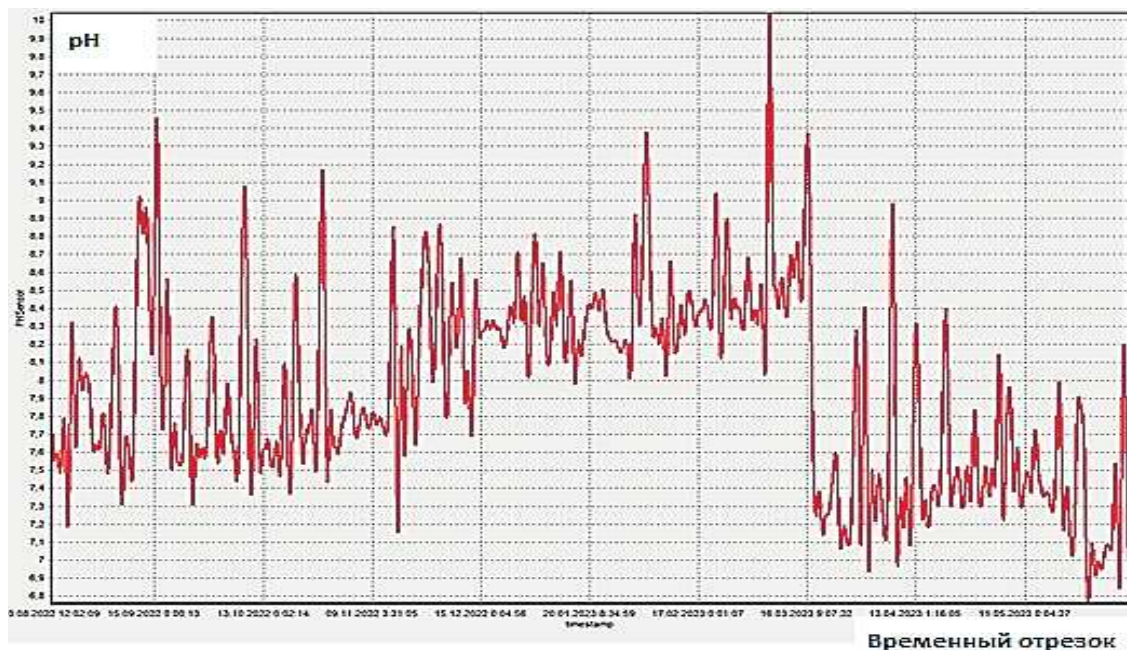


Рис. 2. Визуализация (с использованием вейвлет-преобразования) изменения за восемь месяцев (октябрь 2022 г. – май 2023 г.) рН СВ системы водоотведения г. Барановичи

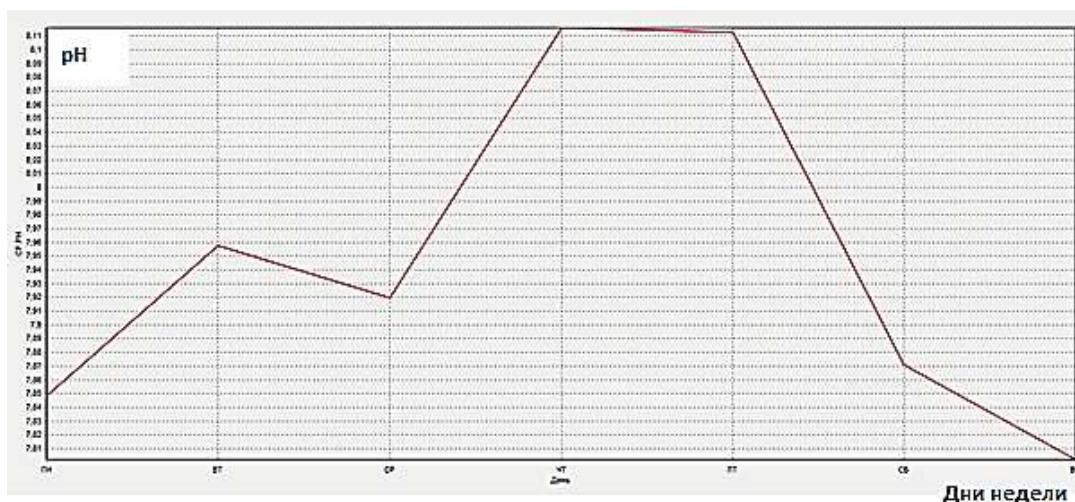


Рис. 3. Визуализация значений рН СВ системы водоотведения г. Барановичи по дням недели за восемь месяцев (октябрь 2022 г. – май 2023 г.)

Оценка рис. 3 приводит к очевидным выводам, что источниками загрязнений СВ, приводящих к щелочному значению активной реакции, выступают объекты, работающие в пятидневном режиме или имеющие ориентированный на такой подход выпуск продукции с использованием в технологических процессах, например каустика или схожих реагентов.

Применив специализированный пакет математических программ Deductor (аналитическая платформа, созданная для формирования законченных прикладных решений в области анализа данных) для установления влияния других фиксируемых показателей СВ на pH (ОВП – RedoxSensor, электропроводимость – ECSensor, температура воды – TPHSensor), провели корреляционный анализ максимумом взаимокорреляционной функции (рис. 4).

Входные поля			Корреляция с выходными полями
№	Поле		PHSensor
1	RedoxSensor		-0,925
2	ECSensor		0,502
3	TPHSensor		0,797

Рис. 4. Корреляционные влияния фиксируемых показателей СВ г. Барановичи на pH водного раствора

Хорошие взаимосвязи между ОВП и pH и значительные взаимосвязи между электропроводностью и pH (см. рис. 4) объясняются из химической теории. В то же время коэффициент корреляции 0,797 между температурой и pH формирует утверждение, что СВ локальных объектов-загрязнителей помимо значительной щелочности характеризуются и высокими значениями температуры.

Создание нейросетевой модели анализа pH сточных вод

Используя архитектуру многослойного персептрона и оптимизационные подходы [8], была создана соответствующая архитектура нейронной сети (рис. 5).

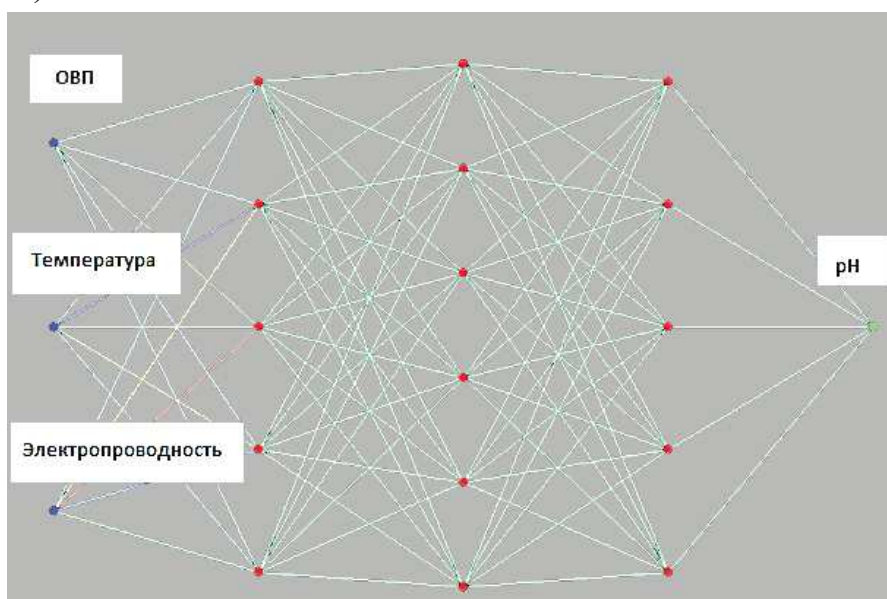


Рис. 5. Архитектура нейронной сети многослойного персептрона анализа pH СВ г. Барановичи

Выполнив линейную нормализацию информационных потоков, удалось достигнуть необходимый процент распознаваемости учебных данных на уровне около 97 % при условии, что данные считаются распознанными при ошибке менее 3 % (500 эпох обучения). Вместе с тем степень отсева амплитудных выбросов является отдельной сложной задачей дальнейших исследований. При этом практическое внедрение информационно-аналитической системы позволило предварительно определить (идентифицировать) «образ» объектов-загрязнителей СВ, отходы которых представляют значительную экологическую опасность для окружающей среды, поскольку вызывают гибель активного ила биологических очистных сооружений.

Заключение

С использованием информационно-аналитической системы анализа водоотведения г. Барановичи установлено: имеется экологическая опасность для геоэкосистем, вызванная системным поступлением на вход биологических очистных сооружений СВ со значениями pH выше 8,5 (недопустимо из-за проектной документации); источниками загрязнений СВ, приводящих к щелочному значению активной реакции, выступают объекты, работающие в пятидневном режиме (имеющие ориентированный на такой режим выпуск продукции с использованием в технологических процессах каустика или схожих реагентов); СВ объектов-загрязнителей помимо значительной щелочности характеризуются и высокими значениями температуры.

Дальнейшие исследования необходимо нацелить на создание нейросетевых моделей с оценкой степени фильтрации входных информационных потоков, поскольку амплитудные выбросы могут иметь значительную технологическую ценность; при линейной нормализации и синтезе многослойного перцептрона моделирования водоотведения удалось достигнуть адекватности около 97 % (500 эпох обучения).

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (договор № Ф23У-012 от 02.05.2023 г.).

Список использованных источников

1. Рожко, В. Н. Опыт внедрения и перспективные направления развития автоматизированной системы управления технологическим процессом водоснабжения и водоотведения / В. Н. Рожко // Наука и технологии – ЖКХ. – 2019. – № 1. – С. 48–55.
2. Прошин, А. И. Современный взгляд на комплексную автоматизацию водоканалов / А. И. Прошин, А. В. Бодырев // Сантехника. – 2020. – № 1. – С. 28–31.

3. Автоматизированные системы диспетчерского управления комплексами водоочистки и водоснабжения [Электронный ресурс] // Информатизация и системы управления в промышленности. – 2013. – № 2 (44). – Режим доступа: <https://isup.ru/articles/3/4456/>. – Дата доступа: 15.06.2023.

4. 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. – Vol. 8, iss. 2. – P. H1–H7.

5. 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» : сб. докл., Минск, 13–14 октября 2022 г. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2022. – С. 41–45.

6. Штепа, В. Н. Цифровизация водопроводно-канализационного хозяйства с учетом требований экологической безопасности окружающей среды / В. Н. Штепа, Я. Ю. Ерш // Инжиниринг: теория и практика : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Пинск, 6 мая 2022 г. – Пинск : ПолесГУ, 2022. – С. 45–47.

7. Штепа, В. Н. Структура и функционал интеллектуальной системы поддержки принятий решений в водоотведении / В. Н. Штепа // Информатика и кибернетика : научный журнал. – 2022. – № 3 (29). – С. 51–57.

8. Головкин, В. А. Нейроинтеллект: теория и применение : в 2 кн. Организация и обучение нейронных сетей с прямыми и обратными связями / В. А. Головкин. – Брест : БПИ, 1999. – Кн. 1. – 260 с.