

ФГБОУ ВО «Курский государственный университет»
Факультет физики, математики, информатики
Кафедра программного обеспечения и администрирования
информационных систем

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

Сборник научных статей по материалам
IV Всероссийской с международным участием конференции

21–23 ноября 2023 года

Курск, 2023



УДК 004.8+004.9
ББК 32.973
И 73

Печатается по решению
редакционно-издательского
совета Курского
государственного университета

Рецензент

С.Г. Григорьев, докт. техн. наук, профессор, член-корреспондент РАО,
профессор департамента информатики, управления и технологий
института цифрового образования ГАОУ ВО «Московский городской
педагогический университет»

В.Г. Довбня, докт. техн. наук, доцент, главный научный сотрудник
НИИЦ (г. Курск) ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ

Редакционная коллегия:

А. А. Халин, канд. физ.-мат. наук (отв. ред.)

К. С. Макаров, канд. техн. наук

В. А. Кудинов, докт. пед. наук, профессор

А. В. Кривонос, канд. техн. наук

И73 Интеллектуальные информационные системы: Теория и практика: сб. науч.ст. по материалам IV Всерос. с междунар. участием конф. / отв. ред. А.А. Халин; Курск. гос. ун-т. – Курск, 2023. – 233 с.

В сборнике публикуются научные статьи по материалам IV Всероссийской с международным участием научно-технической конференции «Интеллектуальные информационные системы: Теория и практика».

Издание адресовано студентам, аспирантам, преподавателям вузов, кандидатам и докторам наук, практикующим специалистам, всем, кто проявляет интерес к проектированию и разработке интеллектуальных информационных систем, их практическим приложениям, а также методам и алгоритмам интеллектуального анализа и обработки.

УДК 004.8+004.9
ББК 32.973

ISBN 978-5-88313-995-5

© Авторы, 2023
© Курский государственный
университет, 2023

УДК 628.3:621.3

ПРЕДОБРАБОТКА ДАННЫХ И ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЙ pH СТОЧНЫХ ВОД

Штепа Владимир Николаевич

доктор технических наук, проректор по научной работе
Полесский государственный университет, Беларусь, г. Пинск
E-mail: shtepa.v@polessu.by

Кудинов Виталий Алексеевич

доктор педагогических наук, профессор кафедры программного
обеспечения и администрирования информационных систем
Курский государственный университет, Россия, г. Курск
E-mail: kudinovva@yandex.ru

Кузьмич Роман Константинович

студент
Полесский государственный университет, Беларусь, г. Пинск

**Бобрикович Алексей Владимирович, Бобрикович Юрий
Владимирович**

студенты
Столинский государственный аграрно-экономический колледж,
Беларусь, г. Столин

В работе проанализированы ключевые направления развития экологического мониторинга водных ресурсов. Представлены объектно-ориентированные аспекты актуальности использования системы сбора информации о параметрах водоотведения. Выполнены предварительная обработка и оценка полученных данных с выделением технологических особенностей зафиксированных значений физических величин. Реализован корреляционный анализ с целью выявления влияния электропроводности, окислительно-восстановительного потенциала и температуры на pH сточных вод. Предложена структурная схема использования нейросетевого прогнозирования значений активной реакции водных растворов, поступающих на очистные сооружения с передачей информации на специализированные системы управления.

Ключевые слова: прогнозирование, экспертный анализ, корреляция, нейронная сеть, экологическая безопасность, очистные сооружения.

Введение. Согласно оценке исследований других авторов, современными целями экологического мониторинга водных ресурсов являются [1, 2]:

- своевременное выявление и прогнозирование развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние, разработка и реализация мер по предотвращению негативных последствий;

- оценка эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов;

- информационное обеспечение управления в области использования и охраны водных объектов.

При этом можно отметить, что развитие экологического мониторинга водных ресурсов и оценки состояния водных экосред, к которым можно отнести и технологические узлы систем коммунально-промышленного водоотведения, сопровождается перспективными целями разработки и совершенствования [3, 4]:

- сбора, хранения, обработки и разноаспектной визуализации натурной информации о состоянии систем и их свойств;

- оценки интегративных (эмерджентных) свойств и функций объектов;

- оценки системного статуса водных объектов;

- моделирования процессов, водных экосистем, их ответной реакции на естественные и антропогенные воздействия;

- системного нормирования нагрузок на водные объекты.

Таким образом, актуальной задачей является создание моделей, которые бы позволили прогнозировать показатели отводимых (сбрасываемых) сточных вод с технологически обоснованной точностью, что значительно бы улучшило эффективность профильного экологического менеджмента.

Технико-технологические аспекты оперативного определения показателей качества сточных вод на реальных объектах. Очистка сточных вод на биологических очистных сооружениях происходит путём использования активного ила (АИ), который представляет собой биоценоз зоогенных скоплений (колоний) бактерий и простейших организмов, которые выполняют редукцию загрязнителей водных растворов. Соответственно, АИ является биологическим объектом со своими комфортными параметрами существования и функционирования.

На основе лабораторного мониторинга показателей качества сточных вод (СВ) было определено, что на вход биологических очистных сооружений (БОС) населённого пункта системно поступают

водные растворы с недопустимыми значениями показателя «рН» (нормативные значения: 6,5 – 8,5): есть периоды протяжённостью до 2 часов когда рН выше значения 8,5 (максимально достигая значений около 11). Такая продолжительная во времени фиксируемая активная реакция водного раствора, поступающего на активный ил однозначно провоцирует гибель его микробной популяции и блокирует не только эффективную, но и редукцию загрязнителей в целом.

При этом высокие (щелочные) значения рН, плюс температурно-кислородные условия сети канализования, создают условия для синтезанедопустимых концентраций крайне опасных серосодержащих токсикантов. Так зафиксированные диапазоны значений концентрация сульфид-иона и сероводорода (суммарно) – 0,22 – 1,4 мг/дм³. Микроорганизмы активного ила при резких колебаниях нагрузок по сероводороду (в пересчете на сульфид-ион) до 0,10 мг/дм³ и выше испытывают стрессовое воздействие, которое приводит к летальному исходу всего биоценоза и/или отдельных индикаторных видов АИ.

Соответственно, критически важно фиксировать и прогнозировать значения рН СВ, поступающих на БОС [5]. Для формирования набора технологических данных была создана система сбора информации о параметрах водоотведения [6]. Программное обеспечение (ПО) использует следующие модули, кроме встроенных в Python: numpy, pandas, requests, xlrd, XlsxWriter, PyQt5, pyqtgraph; для учета внедрена база данных SQLite3. Интерфейс ПО реализован с использованием кроссплатформенного фреймворка Qt.

Фиксируются следующие показатели качества СВ (автоматическая запись в базу данных (БД) каждые 5 минут): рН, окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), электропроводность, температура. Выбор таких параметров для мониторинга вызван тем, что для измерения существуют метрологически отлаженные средства промышленного исполнения способные работать в оперативном режиме и агрессивных условиях с интегрированными преобразователями интерфейсов передачи данных [5].

Предварительная оценка результатов мониторинга показателей качества сточных вод. С использованием системы сбора информации о параметрах водоотведения (установлена на входе БОС, имеющих производительность 30000 м³/сутки СВ) сформирована БД с глубиной 56000 наборов технологических данных (регистрация с декабря по май, при двух периодах технического обслуживания оборудования).

Изначально оценили почасовое изменение рН в течение обобщённого дня, усреднив выборку мониторинга водоотведения (рис. 1). Экспертный анализ показывает следующие закономерности:

– не в один из агрегированных часов суток нет превышения нормативных требований по активной реакции СВ, однако её значения характеризуются щелочным трендом (диапазон значения: 8,104 – 8,126);

– на протяжении вечерне-ночного периода происходит повышения рН с 8,105 у.е. (начиная с 17 часов) до максимального – 8,126 у.е. (9 часов утра).

Также были сгруппированы усреднённые значения активной реакции водных растворов по дням недели, позволившие сделать дополнительные оценки параметров водоотведения (рис. 2):

– в обобщённых данных, как и в случаи почасовой суточной реализации, не в один из дней недели нет превышения нормативных требований по активной реакции СВ, однако её значения также характеризуются щелочным трендом (диапазон значения: 7,79 – 8,12 у.е.);

– максимальные значения рН зарегистрированы в четверг (8,12 у.е.) и пятницу (8,09 у.е.), минимальные на выходных: суббота – 7,88 у.е., воскресенье – 7,79 у.е.

Анализ полученных с помощью информационной системы данных позволяет сформировать образ ключевых объектов(а)-загрязнителей(я) сточных вод: работают(ет) в 5-ти дневном режиме, график – 3-ёх сменный, ключевой отвод СВ осуществляется около 5-7 часов утра (с учётом гидравлических характеристик канализования населённого пункта).

При этом изменение значений загрязнителей характеризуется нелинейностью, нестационарностью и сложностью (невозможностью) экспертного прогноза их трендов.

Использование корреляционного анализа для анализа данных мониторинга показателей качества сточных вод. Для статистической оценки характеристик полученных выборок использовали метод расчёта коэффициента корреляции Пирсона (r_{xy}). Его возможные значения от 0 до ± 1 : чем больше абсолютное значение r_{xy} – тем выше теснота связи между двумя величинами; $r_{xy} = 0$ показывает отсутствие связи; $r_{xy} = 1$ – свидетельствует о наличии абсолютной (функциональной) связи.

Для оценки тесноты, или силы, линейной корреляции обычно используют общепринятые критерии, согласно которым абсолютные значения $r_{xy} < 0,3$ свидетельствуют о слабой связи, значения $r_{xy} 0,3 – 0,7$ – о связи средней тесноты, значения $r_{xy} > 0,7$ – о сильной связи.



Рисунок 1 – Усреднённые почасовые значения pH сточных вод в течении суток (по оси абсцисс – часы суток, ось ординат – pH)

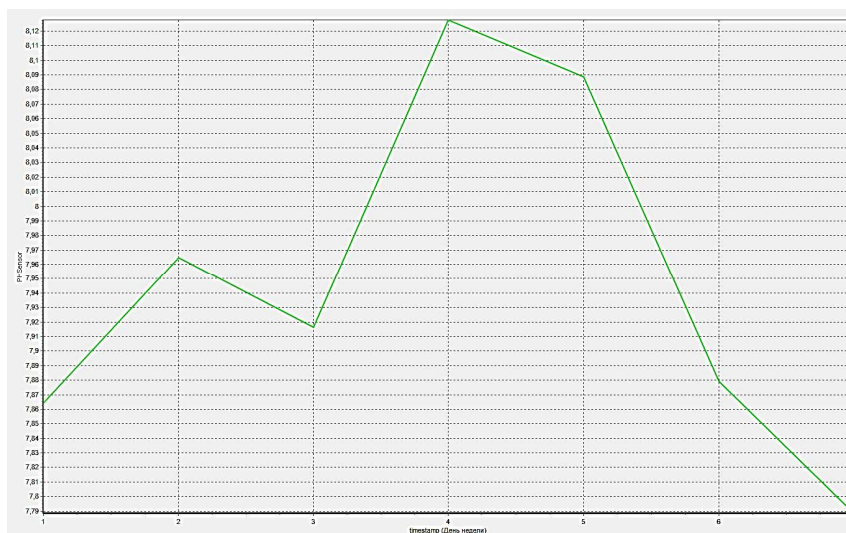


Рисунок 2 – Усреднённые суточные значения pH на протяжении недели (по оси абсцисс – дни недели: 1,...,7 – понедельник,..., воскресенье, соответственно; ось ординат – pH)

Сам статистический анализ был выполнен на аналитической платформе Deductor, которая может являться основой для создания прикладных программно-аналитических решений. Определялись линейные связи между регистрируемые показателями качества СВ (рис. 3):

- ОВП (RedoxSensor),
- электропроводимость (ECSensor),
- температура водного раствора (TPHSensor).


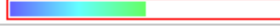

Входные поля		Корреляция с выходными полями	
№	Поле	PHSensor	
1	RedoxSensor		-0,925
2	ECSensor		0,502
3	TPHSensor		0,797

Рисунок 3 – Линейные корреляционные связи между рН и другими измеряемыми показателями качества сточных вод: окислительно-восстановительным потенциалом, электропроводностью и температурой

Анализируя попарные взаимосвязи (см. рис. 3) можно сделать следующие выводы:

- параметры имеют значительные взаимосвязи, соответственно, номенклатура сенсоров системы сбора информации о параметрах водоотведения выбрана верно;

- получена дополнительная характеристика объектов(а)-загрязнителей(я) СВ населённого пункта – высокая температура отводимых в канализацию водных растворов.

Использование нейросетевого прогнозирования рН сточных вод с передачей результатов на систему управления очистными сооружениями. Исходя из предварительного анализа зарегистрированных выборок и статистического анализа создана структура использования нейросетевого моделирования при прогнозировании изменения рН сточных вод, поступающих на очистные сооружения (рис. 4).

Суть предложенного подхода нейросетевого прогнозирования активной среды СВ (см. рис. 4), заключается в создании ассоциации двух концепций построение моделей: предиктирования временного ряда и расчёт потенциальных значений исходя из регрессионного приёма на основе значений других показателей качества сточных вод, получаемых от измерительных средств (ОВП, электропроводность и температура). При этом необходимо отметить, что метрологические комплексы, в последнем варианте моделирования, необходимо разместить в точках водоотведения ключевых объектов-загрязнителей (контрольных колодцах) определённых предварительным импактным мониторингом. При прогнозировании согласно концепции обработки временного ряда, измеритель рН СВ размещаются на входе очистных сооружений, например, после механической очистки.

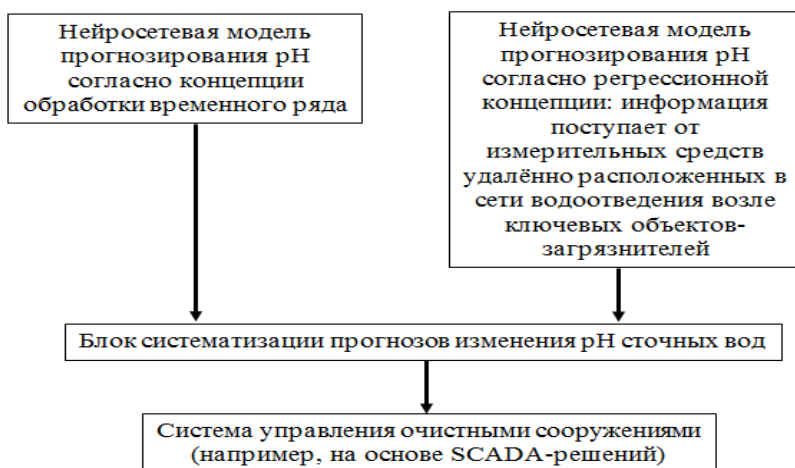


Рисунок 4 – Структурная схема использования нейросетевого прогнозирования pH сточных вод с передачей результатов на систему управления очистными сооружениями (например, на основе SCADA-решений)

Заключение. Прогнозирование качества сточных вод, в том числе её pH, представляет собой сложную задачу, поскольку процессы формирования загрязнителей характеризуются многофакторностью био-физико-химических процессов, нестационарностью, нелинейностью и отсутствием полноты технологической информации (крайне ограничено количество измерительных средств способных работать в оперативном режиме при воздействии агрессивной внешней среды).

Предложенный подход нейросетевого прогнозирования активной реакции на основе ассоциации моделей обработки временного ряда pH и регрессионного предиктирования (входы: ОВП, электропроводность и температура) потенциально позволит улучшить эффективность предсказания и расширит количество репрезентативных информационных каналов систем управления очистными сооружениями.

Последующие исследования целесообразно нацелить на создание информационных средств, использующих математический аппарат нейронных сетей и способных к взаимодействию с существующими программными продуктами (например, геоинформационные системы и SCADA-решения) с дальнейшей их интеграцией в цифровые двойники (цифровые тени) комплексов водоотведения.

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

Список используемой литературы

1 Развитие мониторинга водных объектов на основе интегральной оценки экологического статуса и моделирования экологических функций / Д.Э. Архипов [и др.] // *European Journal of Natural History*. – 2022. – № 2. – С. 31-37

2 Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal L*. – 2000. – 73 p.

3 Predicting the ecological status of rivers and streams under different climatic and socioeconomic scenarios using Bayesian Belief Networks / E. Molina-Navarro [et al] // *Limnologica*. – 2020. – Vol. 80. – 125742.

4 Штепа, В.Н. DataMining 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.*

5 Shtepa, V. N. Preventive improvement of wastewater treatment efficiency / V. N. Shtepa, Ye. Yu Chernysh, D. V. Danilov // *Journal of Engineering Sciences: научный журнал*. – 2021. – Vol. 8, Issue 1. – pp. H8-H15.

6 Штепа, В.Н. Интеллектуальная подсистема управления экологической безопасностью промышленно-коммунального водоотведения / В.Н. Штепа, П.В. Васюхневич // *Сахаровские чтения 2023 года: экологические проблемы XXI века: материалы 23-й Международной научной конференции, Минск, 18-19 мая 2023 г.: в 2 ч. / Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета. – Минск : МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, 2023. – Ч. 2. – С. 249-253.*



СОДЕРЖАНИЕ

I. МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ.....	6
<i>Басов В. А.</i> Прикладные математические методы предварительного анализа и обработки текстовой образовательной информации	7
<i>Букирев А. С., Савченко А. Ю.</i> Алгоритм диагностирования информационно-преобразующих элементов бортового оборудования воздушных судов на основе машинного обучения	13
<i>Галицына А. А., Макаров К. С.</i> Использование технологии map reduce для эффективной обработки и анализа больших данных	26
<i>Кривонос А. В.</i> Эффективность методов помехоустойчивого кодирования с применением нейродекодеров простой архитектуры.....	35
<i>Михайлов Д. В., Яковлев О. В.</i> Применение шума перлина для автоматической генерации набора данных	47
<i>Перетяцько С. И., Кудинов В. А.</i> Технологии интеллектуального анализа различных представлений трёхмерных данных	53
<i>Петров А. Е., Кривонос А. В.</i> Применение нейронных сетей для декодирования блочных турбо-кодов	65
<i>Позднякова Е. Д., Рассолова В. М., Халин А. А.</i> Трансферное обучение в искусственном интеллекте.....	73
<i>Секерин А. В., Кудинов В. А.</i> Исследование алгоритмов машинного обучения для выявления идеологических категорий текста.....	79



II. ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СФЕРЕ 87

Анарбекова Г. А., Аканова А. С., Шарипова С. Е. Анализ современного состояния аналитических систем прогнозирования динамики численности вредителей..... 88

Водолад Д. В., Кудинов В. А. О некоторых аспектах анализа видеоданных на основе использования нейронных сетей 95

Воробьев А. В., Кудинов В. А. Применение искусственного интеллекта в социальной сфере: основные направления и барьеры широкого внедрения 100

Истратова Е. Е., Николин В. В. Применение сверточных нейронных сетей для распознавания государственных автомобильных номерных знаков..... 108

Кудинов В.А., Карбукова А. В. Задача распознавания жестов рук: пример решения..... 114

Кольцов В. П., Салтанаева Е. А. Анализ подходов реализации архитектуры моделей рекомендательных систем 120

Лучина С. М, Макаров К. С. Сегментация изображений дорог на спутниковых снимках с использованием машинного обучения..... 125

Наташкина Е. А., Екатериничев А. Л., Бабаев А.Б. Вопросы государственного регулирования сферы искусственного интеллекта 131

Перетьяк С. И., Кудинов В. А. Системы генерации и анализа графических объектов на основе подходов и моделей трёхмерного глубокого обучения..... 141

Чаплыгин П. А., Макаров К. С. Подходы к решению задачи определения цвета на изображениях с использованием технологий глубокого обучений..... 153



<i>Чистилина Е. В., Евстифорова А. В.</i> Интеллектуальные системы управления персоналом организации.....	160
<i>Штена В. Н., Кудинов В.А., Кузьмич Р. К., Бобрикович А. В., Бобрикович Ю. В.</i> Предобработка данных и обоснование подходов использования нейросетевого прогнозирования значений рН сточных вод.....	166
<i>Яковлев Ю. М., Соколова Т. Н.</i> Правовые аспекты применения чат-ботов с искусственным интеллектом в социально-экономической сфере.....	174
<i>Яцков В. Н., Скакун В. В.</i> Имитационное моделирование временных групп выживаемости онкопациентов.....	179
III. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА, ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	187
<i>Афанасьев А. А., Кудинов В. А.</i> Исследование подходов к моделированию данных на основе онтологии предметной области качества данных корпоративных хранилищ.....	188
<i>Березкин Д. А., Коновальцев Э. В.</i> Алгоритм преобразования входного слова в телеграфный трехрегистровый код МТК-2	201
<i>Корольков А. А., Кудинов В. А.</i> Автоматизация процесса тестирования с использованием оценочных заданий для проверки знаний обучающихся	210
<i>Шкурко Н. В., Ураева Е. Е.</i> Применение информационных технологий для организации приемной кампании ВУЗа	221
Алфавитный указатель	231