

УТВЕРЖДАЮ

Начальник института,
полковник внутренней службы,
кандидат исторических наук
Выхорь Сергей Степанович

« 18 »



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию

Пономарёва Дмитрия Сергеевича

«Интеллектуальная система поддержки принятия решений для управления технологическим процессом дезодорации природных поверхностных вод на городских очистных сооружениях»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике)».

Актуальность. На фоне негативного антропогенного воздействия на окружающую среду наблюдается ухудшение состояния многих источников питьевого водоснабжения. Исходя из этого, возникает проблема и для питьевой воды. Одним из самых популярных способов дезодорации является очистка воды порошкообразными активированными углями (ПАУ). Однако на текущий момент отсутствуют рекомендации по выбору параметров дезодорации, а именно: определение наиболее подходящей марки активированного угля и его смесей, дозирования, выбора времени контакта в зависимости от параметров исходной воды.

Следует сказать, что проведение экспериментальных исследований в области дезодорации питьевой воды на очистных сооружениях является довольно дорогостоящим процессом с необходимостью привлечения практически всех ресурсов предприятия и вероятностью нарушения водоснабжения города. Более перспективным будет проведение исследований на теоретическом уровне, а именно - разработка математической модели: это позволит сэкономить ресурсы, изучить процессы во времени с возможностью их прогнозирования, выявить общие закономерности. Таким образом, системный подход к решению данного вопроса является наиболее актуальным.

К решению поставленных задач в работе автором были применены корреляционный анализ данных, регрессионное моделирование, метод главных компонент и метод наименьших квадратов. Большой потенциал и

интерес представляет применение искусственных нейронных сетей (ИНС), так как в отличие от линейных методов статистического анализа данных, они позволяют создать нелинейные зависимости и тем самым более точно описывать рассматриваемые процессы. Кроме того, нейронная сеть обучается на всей выборке, не фрагментируя её, что повышает точность результатов.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Диссертация изложена на 144 страницах и содержит 52 рисунка, 40 таблиц, 8 приложений, библиографические ссылки из 155 наименований.

В первой главе проведен анализ городских очистных сооружений, исследована проблема технологического процесса дезодорации питьевой воды на предприятии и возможные пути ее решения. Установлено, что основными проблемами являются применение порошкообразных активированных углей (а именно: корректировка значений дозирования активированного угля, подбор адсорбционной активности (т.е. марки активированного угля, либо их смесей), определение наиболее подходящего времени контакта воды с сорбентом в зависимости от качества исходной воды). В главе раскрыта актуальность применения математического моделирования к решению проблем, связанных с водоподготовкой. Кроме того, были сформированы основные условия разработки модели для значений показателей питьевой воды и параметров технологического процесса дезодорации, рассмотрена перспективность использования методов системного анализа.

Во второй главе проведен корреляционный анализ данных для значений показателей питьевой и исходной воды технологического процесса дезодорации на городских очистных сооружениях (корреляционная зависимость была установлена для концентраций геосмина (мг/дм^3 (Z_2)), хлороформа (мг/дм^3 (Z_3)) и хлоридов (мг/дм^3 (Z_4)) в питьевой воде). Был применен метод главных компонент, метод наименьших квадратов и регрессионное моделирование для разработки модели основных значений одорирующих веществ в питьевой воде. Проведена сходимость результатов полученных при помощи модели и фактических значений за десятилетний период. Достоверность результатов была доказана при помощи коэффициентов корреляции (для геосмина $r=0,81$, хлоридов $r=0,97$, хлороформа $r=0,76$), а также при помощи критерия Стьюдента. Доказана высокая эффективность применения технологической схемы на рассматриваемом предприятии.

В третьей главе разработана структура искусственной нейронной сети, определено количество скрытых слоев в ней. Выбрана функция активации многослойного персептрона (доказано, что в разработке наиболее подходящей будет использование сигмоидальной функции активации). Определены входящие (X) и исходящие сигналы (Y), проведена их нормализация. Проведено обучение искусственной нейронной сети на выборке, сформированной по данным предприятия. Разработана модель для основных значений параметров дезодорации питьевой воды, а именно: дозирование сорбента, его адсорбционная активность и время контакта с водой. Адекватность полученных результатов доказана при помощи критерия Фишера (для дозирования активированного угля $F_{\text{доз.}} = 23,22$; для адсорбционной активности $F_{\text{адс. акт.}} = 81,15$; для времени контакта $F_{\text{время}} = 43,19$ при табличных значениях $F_{\text{доз.}}=2,53$; $F_{\text{адс. акт.}}=2,53$; $F_{\text{время}}=2,54$ соответственно, $P=0,95$).

В четвертой главе проверена адекватность полученных результатов и возможность их применения в качестве инструмента по улучшению технологического процесса дезодорации питьевой воды. Достоверность полученных результатов была доказана при помощи критерия Фишера, средней ошибки аппроксимации, коэффициента корреляции. На основе полученных результатов были разработаны рекомендации для системы водоподготовки и технологического процесса дезодорации. Установлено, что применение полученных результатов позволит сократить количество сорбента при сезонной дезодорации питьевой воды, скорректировать значения адсорбционной активности (т.е. выбрать марку активированного угля, либо их смесь), рассчитать наиболее подходящее время контакта сорбента с водой.

Научная новизна

1. Установлена зависимость численных значений параметров питьевой воды исходя из качества исходной при проведении процесса дезодорации (для таких параметров как геосмин, хлороформ и хлориды). Полученные результаты помогут более точно определить качество работы предприятия в области дезодорации питьевой воды, выявить новые зависимости между значениями параметров процесса водоочистки (пункт 8 паспорта специальности «Теоретико-множественный и теоретико-информационный анализ сложных систем»).

2. Разработаны модели, благодаря которым возможно спрогнозировать значения параметров питьевой воды исходя из изменяющихся условий исходной воды на городских очистных сооружениях (пункт 3 паспорта специальности «Разработка критериев и моделей описания и оценки

эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»).

3. Разработана модель управления технологическим процессом дезодорации питьевой воды, базирующаяся на применении искусственных нейронных сетей (пункт 5 паспорта специальности «Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»).

4. Разработана система интеллектуальной поддержки, позволяющая скорректировать работу водоочистных сооружений к изменяющимся параметрам источников питьевого водоснабжения в области дезодорации воды и применении сорбентов, базирующаяся на нейрорегрессионном моделировании (пункт 10 паспорта специальности «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах»).

Соответствие паспорту специальности

Диссертационная работа выполнена в соответствии с пунктами 3. «Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации», 5. «Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации», 8. «Теоретико-множественный и теоретико-информационный анализ сложных систем», 10. «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах» паспорта специальности 05.13.01 - «Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике)».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты представленной работы могут быть рекомендованы к использованию при проведении технологического процесса дезодорации питьевой воды на сооружениях водоочистки. Разработанные модели при помощи искусственной нейронной сети позволят скорректировать дозирование сорбента, выбрать подходящее время контакта его с водой и адсорбционную активность в зависимости от качества исходной воды.

Кроме того, полученные в диссертационном исследовании результаты могут быть использованы в учебном процессе по специальностям 05.23.04 «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных

ресурсов» и 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации».

Достоверность полученных результатов подтверждается применением в работе научно-обоснованных методов экспериментальных и теоретических исследований; корректностью использования физико-химических законов; применением теоретически обоснованных методов системного анализа сложных прикладных объектов исследования, включая вопросы анализа, моделирования, оптимизации, совершенствования принятия решений.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в следующем

1. В главе 2 разработана методика, позволяющая провести теоретико-информационный анализ технологической схемы систем водоочистки и выявить связь между значениями исходной и питьевой воды в области дезодорации (пункт 8 паспорта специальности «Теоретико-множественный и теоретико-информационный анализ сложных систем»).

2. В главе 2 разработана модель, позволяющая определить значения показателей питьевой воды (таких как концентрации геосмина, хлороформа, хлоридов) исходя из качества исходной воды в условиях эвтрофированных водоисточников (пункт 3 паспорта специальности «Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»).

3. В главе 3 разработана при помощи ИНС модель и алгоритм управления технологического процесса дезодорации питьевой воды (пункт 5 паспорта специальности «Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»).

4. В главе 4 разработана методика, позволяющая адаптировать систему водоочистки к изменяющимся параметрам источников питьевого водоснабжения, базирующаяся на нейромоделировании (пункт 10 паспорта специальности «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах»).

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. В автореферате показан вклад автора в проведенное исследование, отражена степень новизны, теоретическая и практическая значимость результатов исследований. Приведенный в автореферате список публикаций автора отражает основные научные результаты диссертации. Автореферат изложен

литературным языком, грамотно, стиль изложения доказательный и соответствует нормам научной лексики.

По диссертацию имеются следующие вопросы и замечания.

1. Возможно ли применение полученных результатов для предприятий, технологическая схема водоочистки которых отличается от рассматриваемого?

2. В таблице 3.8 на странице 100 диссертации имеется опечатка: в коэффициенте детерминации дозирования активированного угля должна быть 3, а не 7. Следует отметить, что данная опечатка не влияет на конечные результаты расчетов.

3. Чем руководствовался автор, когда выбирал функцию активации перцептронов искусственной нейронной сети? Также из текста диссертации не совсем ясно чем обусловлен выбор сигмоидной функция активации?

4. Присутствуют неточности редакционного характера. Например, ставятся точки в наименований таблиц и рисунков (таблица 1 автореферата, рисунки 1.2, 1.4 текста диссертации).

5. Из диссертации неясна возможность применения полученных результатов диссертационного исследования на предприятиях и в учебном процессе (нет сведений об актах внедрения)?

6. Метрологическая обработка результатов измерений не доведена до логического завершения (отсутствуют сведения о погрешностях измерений).

7. По тексту диссертации встречается применение внесистемное обозначение единиц измерений.

Следует отметить, что указанные вопросы и замечания не снижают достоинств выполненной работы, не противоречат достоверности, новизне и практической значимости полученных результатов.

Заключение

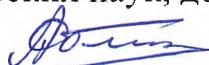
Диссертационная работа Пономарёва Д.С. изложена логичным языком, оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ, все сделанные выводы обоснованы. Работа имеет внутреннюю целостную структуру, написана единолично, что свидетельствует о личном вкладе в науку. Полученные результаты адекватны и достоверны, заключения аргументированы. Автореферат отражает содержание диссертации.

Научные результаты по теме диссертации отражены в 24 работах, в том числе: 5 статей опубликованы в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК при Минобрнауки России; 1 патент на изобретение; 1 статья в сборнике конференции, включенном в базу *Web of Science*; 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Диссертация отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, а ее автор — Пономарёв Дмитрий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 - «Системный анализ управление и обработка информации (в науке и технике)».

Отзыв обсужден на расширенном заседании кафедры безопасности информации и защиты сведений, составляющих государственную тайну Федерального казённого образовательного учреждение высшего образования «Воронежский институт Федеральной службы исполнения наказаний» «11» марта 2019 года, протокол № 7

Профессор кафедры безопасности информации
и защиты сведений, составляющих государственную тайну
ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России,
доктор технических наук, доцент



Соловьев Александр Семенович

Подпись профессора Соловьева А.С. заверяю.
Начальник отдела кадров и работы с личным составом
ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России



Шкуменов Александр Александрович



Федеральное казённое образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский институт Федеральной службы исполнения наказаний»

Адрес: 394072, г. Воронеж, ул. Иркутская 1-а.

Телефон/факс: +7 (473) 222 - 43 - 26

E-mail: vifsin@mail.ru