

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

"Пермский национальный исследовательский политехнический университет"

Адрес: 614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29

Телефон/факс: +7 (342) 219-80-67, 212-39-27

E-mail: rector@pstu.ru

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

д.ф.-м.н., профессор

А.А. Ташкинов



« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на диссертационную работу Пономарёва Дмитрия Сергеевича **«Моделирование и оценка эффективности процесса дезодорации воды 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 сегодняшний день одним из актуальных вопросов современности является проблема водных ресурсов. Ежегодное увеличивающееся негативное антропогенное воздействие на окружающую среду усугубляет данную проблему: в целом наблюдается ухудшение состояния источников питьевого водоснабжения по широкому спектру показателей - в частности, таких как органолептические свойства. Наиболее популярным решением удаления неприятных привкусов и запахов из питьевой воды на очистных сооружениях является применение сорбентов, а именно, углевание воды порошкообразными активированными углями (ПАУ). Однако существует ряд проблем связанных с ПАУ в области дезодорации питьевой воды: отсутствуют рекомендации по выбору оптимального дозирования, выбора марки, времени контакта, сорбционной активности в зависимости от качества исходной воды или водоисточника. Наиболее перспективным в данной области представляется проведение исследований на теоретическом уровне (проведение экспериментальных исследований затруднено в силу дороговизны процесса, к тому же имеется вероятность нарушения водоснабжения населенного пункта). Особый интерес представляет разработка математической модели с применением искусственных нейронных сетей (ИНС) на основе многослойного персептрона.

Имени М.Т. Калашникова  
« 13 » 02 / 20 17 г.  
Вх.№ 07/522



## **Оценка структуры и содержания работы**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 119 страницах и содержит 29 рисунков, 33 таблицы, 3 приложения, библиографические ссылки из 152 наименований.

**В первой главе** исследуется проблема дезодорации питьевой воды и пути ее решения. Доказана актуальность применения моделирования. Сформированы условия для разработки модели, рассмотрена перспективность использования ИНС.

**Во второй главе** проведена оценка эффективности технологической схемы при помощи корреляционного анализа данных, применения метода главных компонент и регрессионного моделирования. Разработаны уравнения регрессии для основных одорирующих веществ в питьевой воде. Проведено сравнение смоделированных результатов с фактическими значениями. Доказана высокая эффективность применения технологической схемы на рассматриваемом предприятии.

**В третьей главе** определена значимость входных параметров (параметры исходной воды) относительно параметров дезодорации. Разработана структура ИНС и проведено ее обучение. При помощи ИНС на основе многослойного персептрона смоделированы основные значения параметров дезодорации питьевой воды.

**В четвертой главе** проведена проверка работоспособности разработанной модели для основных параметров дезодорации питьевой воды на фактических данных. Достоверность полученных результатов была доказана при помощи критерия Фишера, средней ошибки аппроксимации, коэффициента корреляции. На основе полученных результатов были разработаны рекомендации для очистных сооружений водоподготовки и процесса дезодорации.

### **Научная новизна**

1. Разработан при помощи корреляционного анализа данных и регрессионного моделирования метод оценки эффективности технологической схемы предприятия по очистке воды от одорирующих веществ с возможностью моделирования показателей воды.

2. Разработана при помощи искусственной нейронной сети и регрессионного анализа модель, позволяющая в зависимости от качества исходной воды определить дозировку, адсорбционную активность, время контакта для активированного угля.

3. Впервые результаты разработанной модели параметров процесса дезодорации при помощи искусственной нейронной сети и регрессионного анализа применены в качестве инструмента по совершенствованию процесса дезодорации на очистных сооружениях.

4. Впервые с помощью математического метода пошаговой регрессии разработан и запатентован способ оценки риска размножения сине-зеленых водорослей, направленный на повышение качества оценки риска размножения сине-зеленых водорослей в водоеме.



### **Соответствие паспорту специальности**

Содержание диссертации соответствует заявленной научной специальности «Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике)», в частности, в ней представлены области исследований по нумерации паспорта специальности:

пункт 13 «Методы получения, анализа и обработки экспертной информации»;  
пункт 3 «Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»;

пункт 10 «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах»;

пункт 11 «Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности сложных систем».

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты представленной работы могут быть рекомендованы к использованию при проведении процессов дезодорации при помощи активированного угля на городских очистных сооружениях. Разработанные нейрорегрессионные модели а так же применение ИНС на основе многослойного персептрона позволят скорректировать дозирование активированного угля, выбрать оптимальное время контакта сорбента с водой, адсорбционную активность активированного угля в зависимости от качества исходной воды. Результаты диссертационной работы могут быть использованы на таких предприятиях как МУП «Ижводоканал» и СПВ «Пруд-Ижевск», АО «Мосводоканал», МУП «Пермводоканал» и др.

**Достоверность и обоснованность** 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**

Разработан метод позволяющий повысить точность определения параметров дезодорации воды на очистных сооружениях (дозирование сорбента, время контакта сорбента с водой, выбор адсорбционной активности).

Разработан метод позволяющий определить эффективность технологической схемы очистных сооружений водоподготовки.

Доказана перспективность использования методов моделирования к проблеме дезодорации воды. Результаты могут быть использованы в учебном процессе по специальности 05.23.04 «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов» и смежным специальностям для расчета параметров дезодорации питьевой воды.

### **Вопросы и замечания**

1. Каким образом получен массив данных для разработки модели процесса дезодорации питьевой воды



2. В первой главе целесообразно было бы подробно рассмотреть технологию водоподготовки на МУП «Ижводоканал», представить данные по составу исходной и очищенной воды в зависимости от сезонных колебаний температуры.
3. В автореферате (рис.2) некорректно представлена технологическая схема водоподготовки на МУП «Ижводоканал».
4. Недостаточно обоснован выбор показателей, для которых проводится регрессионный анализ данных.

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

### **Заключение**

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на достаточно высоком научном уровне.

Диссертация изложена логичным языком, оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ, все сделанные выводы аргументированы. Работа имеет внутреннее единство и написана единолично, что свидетельствует о личном вкладе в науку. Полученные автором работы результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Автореферат отражает содержание диссертации.


Научные результаты по теме диссертации отражены в 23 научных работах, в том числе: 1 патент на изобретение, 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ; 4 сертификата о регистрации программ для ЭВМ.


Работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, 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 и согласован на заседании ФГБОУ ВО ПНИПУ «08» февраля 2017 года, протокол № 22


Научный руководитель кафедры  
охраны окружающей среды ПНИПУ,  
д-р мед. н., профессор

 Вайсман Яков Иосифович

Заведующая кафедрой  
охраны окружающей среды ПНИПУ,  
доктор технических наук, профессор,  Рудакова Лариса Васильевна

профессор кафедры  
охраны окружающей среды ПНИПУ  
доктор технических наук, профессор  Глушанкова Ирина Самуиловна

Ученый секретарь  
Ученого Совета ПНИПУ,  
к. ист. н., доцент

Подпись Вайсман Яков Иосифович, Рудаковой Л.В., Глушанковой И.С.  
ЗАВЕРЯЮ:  
Ученый секретарь ПНИПУ  Макаревич Владимир Иванович  
В.И. Макаревич