

УДК 504.45

В. Г. Исаков, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
Д. С. Пономарев, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЕОСМИНА В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

Проблема дезодорации питьевой воды для города Ижевска возникла в 2003 г. и является до сих пор не решенной [1]. В свете новых задач представляется актуальным разработка и применение математической модели для процесса дезодорации питьевой воды с целью его оптимизации и возможности прогноза концентраций дезодорирующих веществ в будущем. Разработка модели производилась с помощью построения нейронной сети МУП «Ижводоканал» (с 2003 по 2014 г.) [2] и вполне может быть применена для других предприятий.

В качестве входных переменных были выбраны основные параметры, влияющие на органолептические свойства питьевой воды. В качестве выходного параметра была выбрана концентрация геосмина в питьевой воде (мг/дм^3). Была определена значимость входных параметров, в ходе которой показатели, имеющие наименьшую значимость, были отброшены [3]. Данная процедура была проведена несколько раз. В результате чего были выделены 6

наиболее значимых параметров. Результаты представлены на рис. 1.

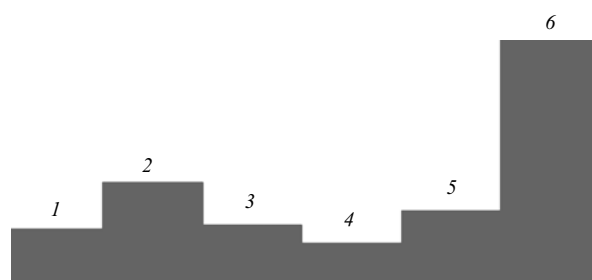


Рис. 1. Значимость параметров питьевой воды при ее очистке от геосмина: 1 – марка активированного угля; 2 – мутность (мг/л); 3 – цветность (градусы); 4 – концентрация хлоридов (мг/дм^3); 5 – биологическое потребление кислорода (мгО/дм^3); 6 – концентрация сине-зеленых водорослей (тыс. кл/мл)

Создадим двухслойную нейронную сеть (с одним скрытым слоем) и архитектурой «6-3-1» [4]. Структура нейронной сети представлена на рис. 2.

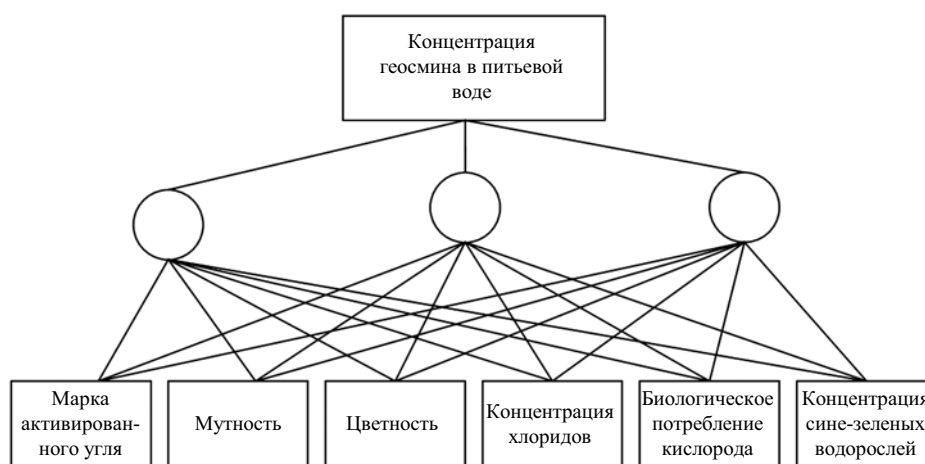


Рис. 2. Структура нейронной сети для процесса очистки питьевой воды от геосмина

Далее проводится обучение нейронной сети и регрессионный анализ данных для смоделированных значений при ее помощи [5]. В результате была получена формула нейрорегрессии:

$$y = 3,314 + 0,875x_1 - 0,101x_2 + 0,064x_3 - 0,650x_4 + 1,520x_5 + 0,010x_6,$$

где y – концентрация геосмина в питьевой воде; x_1 – марка активированного угля; x_2 – мутность (мг/л); x_3 – цветность (градусы); x_4 – концентрация хлоридов (мг/дм^3); x_5 – биологическое потребление кислорода (мгО/дм^3); x_6 – концентрация сине-зеленых водорослей (тыс. кл/мл).

Для доказательства адекватности модели следует сравнить критерий Фишера с табличным значением [6]. Табличное значение критерия Фишера при доверительной вероятности 0,95, $\nu_1 = k = 6$, $\nu_2 = n - k - 1 = 70$, составляет 2,23. Поскольку $F_{\text{расч}} =$

$= 14,72 > F_{\text{табл}} = 2,23$, то уравнение регрессии можно считать адекватным. Сравнение экспериментальных и смоделированных значений концентраций геосмина (с 2003 по 2014 г.) представлено на рис. 3.

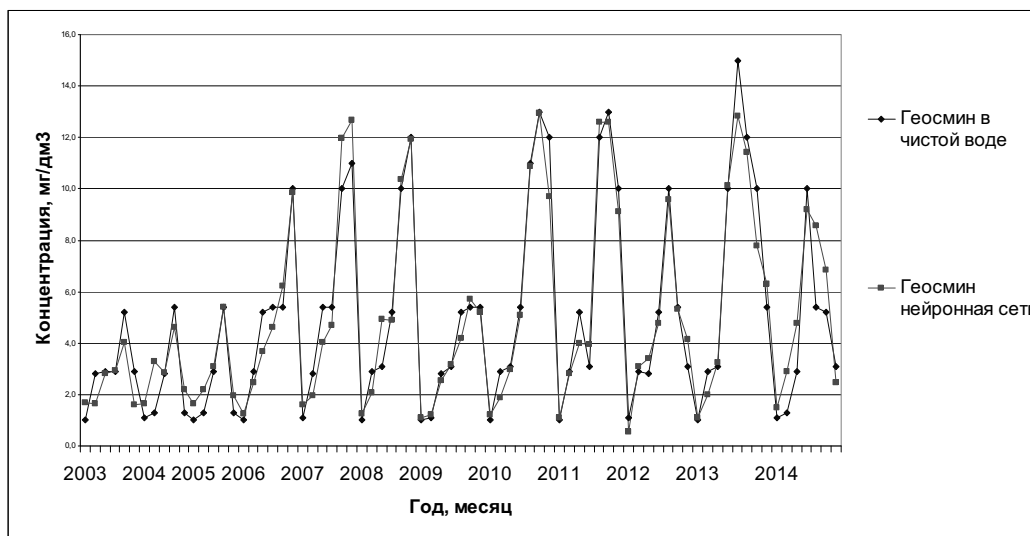


Рис. 3. Графики концентраций геосмина в питьевой воде (в период с 2003 по 2014 г.) для экспериментальных и смоделированных значений

Как видно из графика, результаты нейромоделирования хорошо аппроксимируют фактические данные. При этом общая квадратичная ошибка составляет всего 2,5 %. Значения на основе уравнения регрессии для смоделированных данных при помощи нейронной сети довольно точно описывают изменение концентрации геосмина в питьевой воде в период с 2003 по 2014 г. и могут быть использованы для разработки прогноза концентраций данного вещества в будущем, а также для подбора оптимальных параметров при дезодорации питьевой воды. Достоверность разработанной модели концентрации геосмина в питьевой воде и полученные результаты были подтверждены при помощи критерия Фишера.

Получено 18.12.15

Библиографические ссылки

1. Жолдакова З. И. Выявление причин образования запаха питьевой воды в г. Ижевске и разработка рекомендаций по его предотвращению на основании полученных данных : отчет о НИР (Заключ.) / ГУ НИИ ЭЧ и ГОС им. А. Н. Сысина, 2006. – С. 21–94.
2. Технологические отчеты водопроводного узла № 2 за 2003–2014 гг. // ВКХ СПВ «Пруд-Ижевск» ; Ижевск, 2003–2014. – С. 34–51.
3. Федотов В. Х. Нейронные сети в MS Excel / Чувашский гос. ун-т имени И. Н. Ульянова. – Чебоксары, 2004. – С. 35–61.
4. Там же.
5. Там же.
6. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – М. : Высш. шк., 2003. – С. 210–235.

УДК 004.85

Ю. В. Николаева, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОБУЧЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРЦЕПТРОНА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Парадигма нейронных сетей широко используется в решении практических задач в самых различных предметных областях – от

распознавания графических объектов в поисковых системах и системах автоматического проектирования до интеллектуального моделирования финансо-