

УДК 504.45

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

РЕГРЕССИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЕОСМИНА В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ
НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ МУП «ИЖВОДОКАНАЛ»

В данной статье рассматривается корреляционный анализ данных и регрессионное моделирование для концентраций геосмина в питьевой воде при очистке природных вод на основании данных МУП «Ижводоканал». Была рассчитана зависимость концентрации геосмина от расхода активированного угля, его марки, а также показателей воды Ижевского водохранилища (например, таких как биологическое потребление кислорода и концентрация сине-зеленых водорослей).

Ключевые слова: геосмин, активированный уголь, питьевая вода, дезодорация.

На сегодняшний день одним из актуальных вопросов охраны окружающей среды является проблема очистки питьевой воды. В отдельные периоды времени в поверхностных водах появляются неприятные запахи природного или техногенного происхождения, что приводит к ухудшению органолептических свойств питьевой воды и необходимости работы очистных сооружений в усиленном режиме. В Ижевске проблема запаха питьевой воды появилась в 2003 г., и с каждым годом положение ухудшается [1].

Одним из веществ, придающих гнилостный запах питьевой воде, является геосмин [2]. Присутствие данного вещества, придающего воде нежелательный вкус и запах, является одной из основных причин жалоб потребителей.

Перспективным решением данной проблемы стало применение дополнительных технологий очистки воды. На очистных сооружениях «Пруд-Ижевск»

были введены в работу методы углявания воды [3]. Активированный уголь дезодорирует воду, адсорбируя на себе все пахучие вещества, методы углявания воды представляют собой эффективное решение для очистки питьевой воды [4]. Однако возникает проблема в дозировке данного адсорбента, а также проблема огромных (порядка нескольких тонн) остатков активированного угля после сезонной очистки (за апрель – октябрь). Оптимизация расхода адсорбента природных вод поможет сократить его затраты на покупку, транспортировку и хранение, а также оптимизировать процесс очистки воды. Исходя из этого представляется актуальной разработка математической модели процесса дезодорации питьевой воды.

На основании данных МУП «Ижводоканал» [5] был проведен корреляционный анализ данных. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Корреляционный анализ данных

Показатель	БПК мг/дм ³	Дозы угля мг/дм ³	Адс. актив., %	Марка угля	Концентрация сине-зеленых, мг/дм ³	Геосмин, мг/дм ³
БПК, мг/дм ³	1	–	–	–	–	–
Дозы угля, мг/дм ³	0,523	1	–	–	–	–
Адс. актив., %	0,114	0,347	1	–	–	–
Марка угля	–0,195	–0,330	–0,969	1	–	–
Концентрация сине-зеленых, мг/дм ³	0,547	0,627	0,339	–0,365	1	–
Геосмин, мг/дм ³	0,539	0,518	0,198	–0,228	0,905	1

Коэффициенты корреляции выше 0,5 из табл. 1 свидетельствуют о высокой степени связи параметров [6]. Рассчитаем коэффициенты регрессионной статистики для данных параметров. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Коэффициенты регрессионной статистики

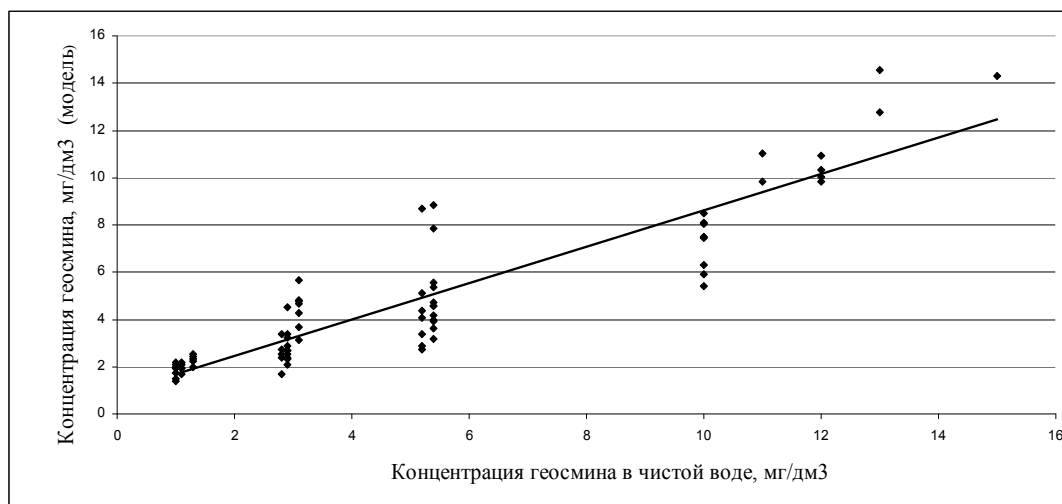
Параметры	Коэффициенты	Стандартная ошибка
У-пересечение	1,446	0,511
БПК, мг/дм ³	0,229	0,154
Дозы угля, мг/дм ³	–0,081	0,048
Концентрация сине-зеленых, мг/дм ³	0,011	0,001

На основании данных корреляционного анализа и коэффициентов регрессионной статистики составим формулу зависимости концентрации геосмина от анализируемых параметров:

$$C_g = 1,446 + 0,229 \cdot BOD - 0,081 \cdot C_c + 0,01 \cdot C_a,$$

где C_g – модель концентрации геосмина, мг/дм³; BOD – биологическое потребление кислорода, мг/дм³; C_c – концентрация дозы угля, мг/дм³; C_a – концентрация сине-зеленых водорослей, мг/дм³.

Подставляя данные в разработанную формулу, построим график описывающий зависимость экспериментальных и рассчитанных данных (рисунок).



График, описывающий зависимость экспериментальных данных, рассчитанных при помощи модели

Для сравнения степени статистической зависимости между двумя переменными (моделью и экспериментальными значениями), а также для сравнения их дисперсий, следует провести описательную статистику. Полученные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты математической описательной статистики для концентрации геосмина

Параметры	Эксперимент	Модель
Среднее	4,932	4,717
Стандартная ошибка	0,427	0,361
Стандартное отклонение	3,749	3,176
Дисперсия выборки	14,056	10,087
Уровень надежности (95,0 %)	0,851	0,721

Для достоверности расчетов коэффициент критерия Фишера должен быть не выше 2,97 [7]. В данном случае критерий Фишера можно рассчитать, разделив большее значение дисперсии выборки на меньшее. В нашем случае критерий Фишера для геосмина равен 1,39. Другими словами, полученные результаты являются достоверными и находятся в установленных пределах.

Также следует рассчитать коэффициент корреляции. В данном случае он равен 0,91. Для достоверности расчетов коэффициент корреляции должен быть выше |0,7| [8], в нашем случае это условие выполняется.

Можно сказать, что концентрация геосмина в питьевой воде, прежде всего, зависит от биологического потребления кислорода, дозы активированного угля, затрачиваемого на очистку, а также концентрации сине-зеленых водорослей в прудовой воде. Марка активированного угля и его адсорбционная активность при очистке воды также играют роль, но менее значимую. Полученные результаты подтверждает построенная регрессионная математическая модель концентрации геосмина в питьевой воде, а также доказательство ее адекватности при помощи критерия Фишера и коэффициента корреляции.

Библиографические ссылки

1. Помосова Н. Б., Становских А. А., Синицина О. О., Герасимов М. М. Проблемы водоподготовки в условиях эвтрофикации источника питьевого водоснабжения г. Ижевска // Водоснабжение и санитарная техника. – 2006. – № 8. – С. 25–29.
2. Там же.
3. Там же.
4. Когановский А. М., Клименко Н. А., Левченко Т. М., Рода И. Г. Адсорбция органических веществ из воды. – Л.: Химия, 1990. – 256 с.
5. Ткачук Е. А. Технологический отчет водопроводного узла № 2 за 2003–2011 гг. // ВКХ СПб «Пруд-Ижевск»; Ижевск, 2005. – 50 с.
6. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Высш. шк., 2003. – 403 с.
7. Там же.
8. Там же.

Ponomarev D. S., Post-graduate, Kalashnikov ISTU;
Isakov V. G., DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU

Regression modeling the geosmin concentrations in drinking water based on data from MUP "Izhvodokanal"

This article discusses the data correlation analysis and regression modeling for geosmin concentrations in drinking water when cleaning natural water base according to data given by MUP "Izhvodokanal". The dependence of geosmin concentration on the flow rate of the activated carbon, its grade as well as indicators of Izhevsk water reservoir (e.g., biological oxygen demand and concentration of blue-green algae) has been calculated.

Keywords: geosmin, activated carbon, drinking water, deodorization.