

Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология

УДК 664:547.979.8

Профессор В.М. Болотов, доцент Е.В. Комарова,
доцент П.Н. Саввин, доцент В.В. Хрипушин
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров, тел. (473) 249-92-37

Изучение цветометрических характеристик воды с использованием метода компьютерной цветометрии

Работа посвящена актуальной теме – изучению воды как многокомпонентной системы, которая может содержать большое количество органических и неорганических примесей, в том числе потенциально опасных для человека. Одним из параметров, позволяющим контролировать качество воды является цветность, которая может быть обусловлена наличием природных соединений (например, солей гуминовых кислот) или окрашенных веществ, попавших в нее в результате техногенного загрязнения. Разработанная методика позволяет получать более точные значения цветности воды, чем при визуальном определении; устраняет субъективность, характерную для визуального метода определения.

The work is devoted to an important subject - the study of water as a multi-component system, which may contain a large number of organic and inorganic contaminants, including potentially dangerous to humans. One of the parameters for checking the quality of the water is the color of which can be attributed to the presence of natural compounds (eg, salts of humic acids) or colored substances introduced into it as a result of industrial pollution. The developed method allows to obtain more accurate values of the color of water than by visual determination, removes subjectivity that characterizes the visual method.

Ключевые слова: органические соединения, метрологические характеристики, цветность воды, цифровая цветометрия

Природная вода представляет собой сложную многокомпонентную систему, которая может содержать большое количество органических и неорганических примесей, в том числе потенциально опасных для человека. Одним из параметров, позволяющим контролировать качество воды, является цветность. Цветность воды может быть обусловлена наличием природных соединений (например, солей гуминовых кислот) или окрашенных веществ, попавших в нее в результате техногенного загрязнения.

В настоящее время для оценки цветности воды используют визуальное определение на основе сопоставления с различными шкалами: платиново-кобальтовой или бихроматокобальтовой [1]. Реже применяют фотоколориметрический метод анализа [2].

Целью работы являлось изучение возможности использования цифровых технологий для количественного определения цветности воды. Компьютерная цветометрия позволяет

повысить объективность анализа, сохранять результаты измерений в электронных базах данных и является относительно экспрессным и экономичным методом контроля [3-4].

В наших исследованиях использована трёхкомпонентная цветовая схема RGB. Математическое описание цвета в этой схеме основано на том, что любой цвет есть сумма определенных количеств трех линейно независимых цветов - красного (R), зеленого (G) и синего (B), т.е. три монохроматических излучения с длинами волн 700, 546.1 и 435.8 нм соответственно [3]. Белый цвет оценивается как $CW = (255, 255, 255)$, красный цвет – $CR = (255, 0, 0)$, зелёный – $CG = (0, 255, 0)$, синий – $CB = (0, 0, 255)$, жёлтый цвет – $CY = (255, 255, 0)$.

Для обработки изображений возможно применение различных профессиональных компьютерных программ: графических редакторов (AdobePhotoshop, Photo-paint и др.), компьютерных денситометров (входят в состав программного обеспечения специализированных приборов); универсальных математических пакетов с возможностью работы с цифро-

вым изображением на уровне пикселей (MatLab, MathCAD). Для обработки цифровых изображений и градуировки аналитического сигнала в данной работе использованы утилиты, созданные в среде пакета MathCAD [3].

Определение цветности воды проводили по бихромат-кобальтовой шкале. Для этого готовили серию стандартных растворов. В 40 мл дистиллированной воды растворяли 0,0875 г $K_2Cr_2O_7$ и 2,0 г $CoSO_4 \cdot 7H_2O$. Растворы смешивали, прибавляли 1 мл HCl (относительная плотность $d=1,84$), объем доводили дистиллированной водой до 1 л.

Для приготовления рабочих растворов смешивали основной раствор с раствором, содержащим 1 мл HCl ($d=1,84$) в 1 л, доводя общий объем раствора до 100 мл. Объем 1 мл основного раствора соответствовал 5 градусам. Например, для приготовления раствора, имеющего цветность 20 градусов, следует смешать 4 мл основного раствора с 96 мл раствора серной кислоты. Рабочий диапазон для определения цветности воды составлял от 5 до 80°. Цветность дистиллированной воды приняли равной нулю. Растворами заполняли оптические кюветы с $l=50$ мм и сканировали изображение. Для этого заполненную кювету устанавливали в специальную насадку (рисунок 1), состоящую из светонепроницаемого корпуса и системы зеркал с внешним светоотражающим покрытием, позволяющей изменять направление освещения от слайд-адаптера через кювету с образцом к оптическому сенсору планшетного сканера. Условия сканирования: сканер HewlettPackardScanjet3570 C со слайд-адаптером, цветовой режим TrueColor, шкала цветности RGB, оптическое разрешение сканирования 200 dpi.

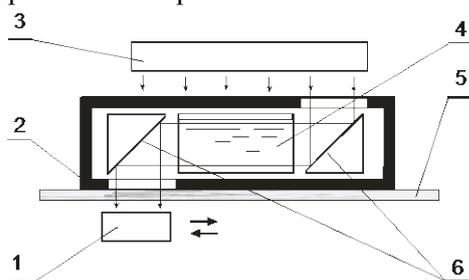


Рисунок 1 - Конструкция приставки для планшетного сканера: 1 – движущийся сенсор сканера; 2 – корпус; 3 – осветитель слайд-адаптера; 4 – кювета с анализируемым раствором; 5 – стекло планшетного сканера; 6 – оборачивающие зеркала

Полученные графические файлы в формате JPG с изображением образца вводили в программу MathCAD, выделяли с помощью компьютерной мыши участок анализируемого изображения 1 см^2 . Программа автоматически рассчитывала усредненные значения яркости

каждого из трех каналов RGB в диапазоне 0-255 условных единиц.

В программе предусмотрен режим градуировки, который позволяет по данным цифровых изображений строить градуировочные зависимости яркостей каналов R, G и B от цветности воды, выраженной в градусах бихромато-кобальтовой шкалы. На основе данных градуировки программа рассчитывает цветность воды в градусах по величинам яркостей каналов $F(R,G,B)$.

Для определения цветности воды с помощью фотоколориметра, измеряли оптическую плотность серии стандартных растворов и образцов воды при $\lambda=345$ нм в оптических кюветках с $l=50$ мм.

На рисунке 2 даны зависимости интенсивности компонент R, G и B от градусов цветности стандартных растворов, из которых следует, что только компонента B пригодна для построения градуировочных графиков в широком интервале градусов цветности, при этом можно выделить два диапазона линейности $F=f(X)$, где X – градус цветности. Это диапазоны $X=0-60$ и $X=50-80$. Для компоненты R линейный диапазон узок и лежит в области $X=0-20$, величина G слабо колеблется во всем интервале $X=0-80$.

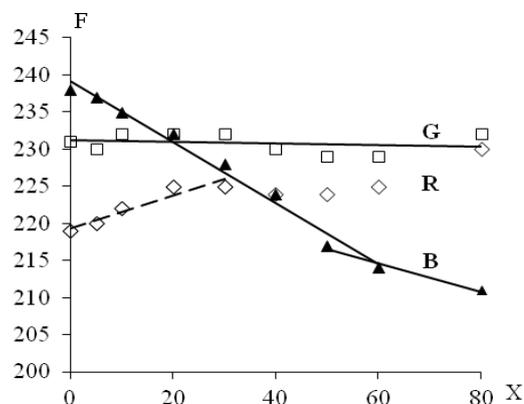


Рисунок 2 - Зависимости интенсивности компонент R, G и B от градусов цветности воды X

На рисунке 3 представлен градуировочный график зависимости оптической плотности D при длине волны $\lambda=345$ нм от градусов цветности воды.

Получены следующие градуировочные зависимости интенсивности синей компоненты B: уравнение (1) в диапазоне от 0 до 60 градусов цветности воды, уравнение (2) в диапазоне от 60 до 80 градусов. Для этих зависимостей характерны высокие степени аппроксимации ($R^2=0.96 - 0.98$). Для компоненты цветности R в диапазоне от 0 до 20 градусов цвет-

ности получена следующая зависимость – уравнение (3). В уравнении 4 представлена градуировочная зависимость оптической плотности от цветности воды:

$$F = -(0.41 \pm 0.02)X + (239.22 \pm 0.68); R2 = 0.98 \quad (1)$$

$$F = -(0.19 \pm 0.04)X + (226.21 \pm 2.40); R2 = 0.96 \quad (2)$$

$$F = (0.31 \pm 0.02)X + (218.80 \pm 0.23); R2 = 0.99 \quad (3)$$

$$D = (0.0037 \pm 0.0003)X; R2 = 0.97 \quad (4)$$

Таким образом, точность измерения цветности воды методом цифровой цветометрии сопоставима с точностью фотоколориметрического метода.

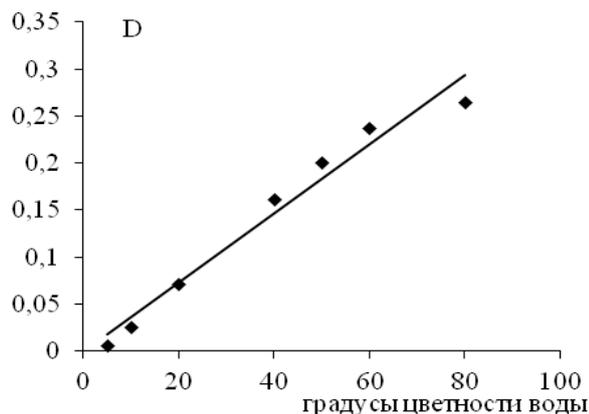


Рисунок 3 - Градуировочный график зависимости оптической плотности от цветности воды, выраженной в градусах бихромато-кобальтовой шкалы

По ГОСТу 3351-74 и СанПиН 2.1.4.559-96 на питьевую воду цветность воды не должна превышать 20 градусов. Таким образом, по цветности пробы водопроводной воды, взятой в промышленных районах г. Воронежа, зачастую не удовлетворяют требованиям нормативной документации. Нами определена цветность нескольких проб воды и из природных источников (таблица 1). Из этой таблицы следует, что качество воды по цветности в популярных среди населения родниках близко к качеству дистиллированной воды.

Т а б л и ц а 1

Цветность воды из природных источников

№	Место отбора проб	Цветность воды в градусах	
		ПС НР	ФК
1	родник близ санатория им. Горького, г. Воронеж	1.1	0.8
2	колодец, Воронежская область, г. Россошь.	12.9	6.2
3	р. Чамлык, Липецкая область	10.3	5.4
4	р. Битюг, Липецкая область	35.2	31.1
5	родник, Липецкая область, Добринский район, с. Верхний Чамлык	0.2	0.3
6	родник, Липецкая область, с. Поддубовка	14.7	8.4

Разработанная методика позволяет получать более точные значения цветности воды, чем при визуальном определении; устраняет субъективность, характерную для визуального метода определения. Метрологические характеристики цветометрической методики сопоставимы с характеристиками фотоколориметрического определения. В то же время, сравнительно низкая стоимость аппаратуры, простота выполнения анализа делает перспективным этот метод контроля качества и безопасности воды.

ЛИТРАТУРА

1 Таубе, П.Р. Практикум по химии воды [Текст] / П.Р. Таубе, А.Г. Баранова. – М.: Высшая школа, 2001. – 280 с.

2 Фомин, Г.С. Вода. Контроль химической, бактериологической и радиационной безопасности по международным стандартам. [Текст] / Г.С. Фомин. - М.: Изд-во «Протектор», 2000. – 848 с.

3 Хрипушин, В.В. Определение цветности растительных масел с применением цифровой фотографии [Текст] / В.В. Хрипушин, О.В. Байдичева, Л.В. Рудакова, О.Б. Рудаков // Масложивная промышленность. – 2007. - №2. – С. 15-16.

4 Иванов, В.М. Химическая цветометрия: возможности метода, области применения и перспективы [Текст] / В.М. Иванов, О.В. Кузнецова // Успехи химии. – 2001. - №5. – С. 18-20.

REFERENCES

1 Taube, P.R. Workshop on water chemistry [Text] / P.R. Taube, A.G. Baranova. - M.: Vysshaya shkola, 2001. - 280 p.

2 Fomin, G.S. Water. Control of chemical, bacteriological and radiological safety to international standards [Text] / G.S. Fomin. – M.: Publishing House "Protector", 2000. - 848 p.

3 Hripushin, V.V. Determining the color of vegetable oils using digital photography [Text] / V.V. Hripushin, O.V. Baydicheva, L.V. Rudacova, O.B. Rudakov // Fat industry. – 2007. - № 2. - P. 15 -16

4 Ivanov, V.M. Chemical colorimetry: opportunities method, scope and prospects [Text] / V. M. Ivanov, O.V. Kuznetsova // Progress of chemistry. – 2001. - № 5. - P. 18-20.