

# ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Литвинова Д.А., группа НАП-06м

Руководитель доц. Хламов М.Г.

Целью данной работы является оценка степени влияния влияющих факторов (рН и температуры) на измерение концентрации ионов хрома  $\text{Cr}^{+6}$  в сточных водах, что является основой для формирования структурной схемы экстракционной фотометрической системы.

Промышленные стоки занимают первое место по объему и ущербу, который они наносят водным объектам. По данным управления статистики на 2006 год объем сточных вод Донецкой области превышает 1,6 млрд.м<sup>3</sup> на год, из которых 40% загрязнены (не отвечают установленным требованиям)[1].

На протекание естественных процессов в воде большое влияние оказывает содержание в ней тяжелых металлов. Радченко Н.Н., Мнускиной В.В. были проведены исследования, целью которых являлась количественная оценка загрязнения реки Кальмиус тяжелыми металлами [2]. Результаты данного исследования показали, что одним из тяжелых металлов, требующих оперативного контроля, является  $\text{Cr}^{+6}$ , поступающий в водоемы со сточными водами гальванических цехов машиностроительных, авиационных, автомобильных заводов, предприятий химической, кожевенной промышленности и пр.

В речных загрязненных и слабозагрязненных водах концентрация  $\text{Cr}^{+6}$  колеблется от нескольких десятых долей мг/дм<sup>3</sup> до нескольких мг/дм<sup>3</sup>. Из-за высокой токсичности содержание  $\text{Cr}^{+6}$  в водоемах нормировано и не должно превышать ПДК, равной 0,05 мг/дм<sup>3</sup> [3]. Одним из обязательных условий контроля содержания  $\text{Cr}^{+6}$  в природных водах является оперативность его

определения, так как хранение проб невозможно в связи с переходом  $\text{Cr}^{+6}$  в анаэробных условиях в  $\text{Cr}^{+3}$  [4].

Существуют следующие методы, используемые для анализа содержания тяжелых металлов в воде: потенциометрический метод, полярографический метод, атомно-абсорбционный метод, рентгеноспектральный метод [5,6,7]. Широкое распространение получил экстракционно-фотометрический метод, заключающийся в экстракции окрашенного катионного соединения  $\text{Cr}^{+6}$  с дифенилкарбазидом в изопенталоне [4,5,6,7].

При экстракционно-фотометрическом методе количество вещества определяется по интенсивности окраски окрашенных соединений. Определяемый ион металла при помощи реагента переводят в окрашенное соединение, а затем измеряют интенсивность окраски его раствора. Для формирования информационного сигнала рассматривается оптическая система, представленная на рисунке 1.

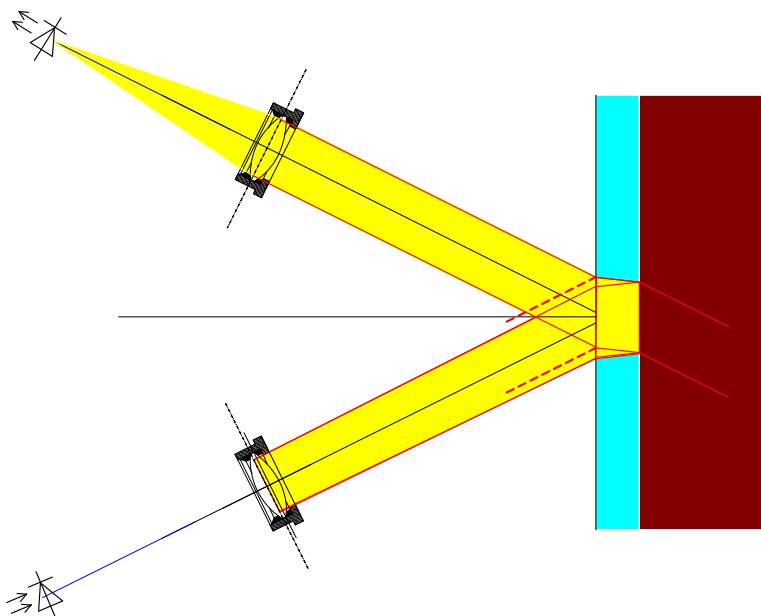


Рисунок1 – Оптическая система формирования информационного сигнала

Так как источник излучения частотно зависим и спектр поглощения ограничен, то в качестве источника излучения выбирается светоизлучающий

диод СИД-3Л341Г с длиной волны  $\lambda=560$  нм, что соответствует максимуму спектра поглощения и обеспечивает избирательность метода [8]. Входным звеном оптической системы является оптический элементный объектив SCA-IR-3.5-F2-I с рабочим диапазоном длин волн  $\Delta\lambda=0.3...1.5$  мкм и фокусным расстоянием  $F=19.0$  мм [9].

Так как в качестве экстракта была выбрана суспензия, то прошедший через нее поток быстро затухает, и поэтому в качестве информативного параметра был выбран отраженный поток, который зависит от длины волны источника излучения и состава исследуемой пробы (концентрации ионов хрома, уровня pH, температуры) (рис. 2). Рекомендуемый материал для кюветы - плавленый кварц.

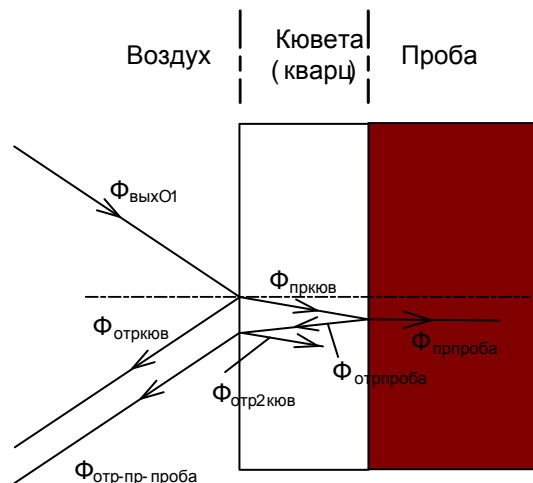


Рисунок 2 – Движение потока излучения

Зависимость коэффициента отражения от длины волны и концентрации хрома можно представить в виде графика (рис. 3) и описать формулой (1):

$$r_1(\lambda\lambda, C_{Cr}) := r(\lambda\lambda) \cdot k_1 \cdot \left[ 1 + bb_1 \cdot (C_{Cr} - C_{Cr0}) \cdot \left[ 1 - e^{-bb_2 \cdot (C_{Cr} - C_{Cr0})} \right] \cdot \left[ \frac{(\lambda\lambda - \lambda\lambda_m)}{\Delta\lambda\lambda_0} \right]^2 \cdot \left[ \frac{(\lambda\lambda_M - \lambda\lambda)}{\Delta\lambda\lambda_0} \right]^{1.85} \right] \quad (1)$$

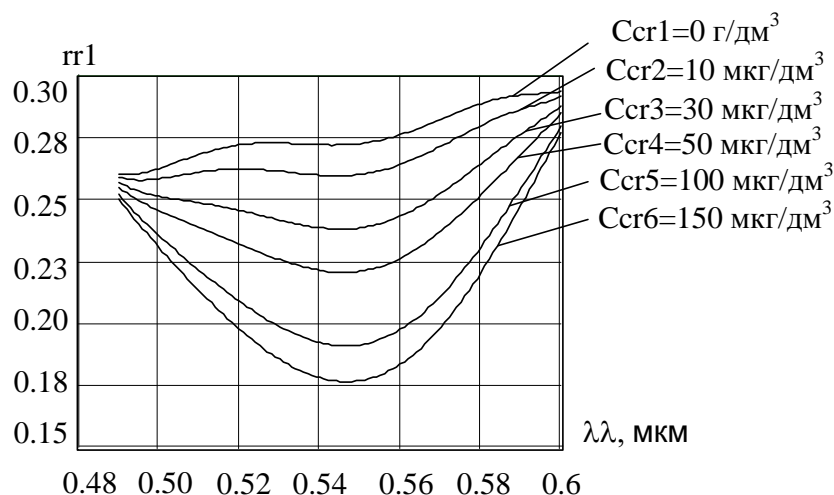


Рисунок 3 – График зависимости коэффициента отражения от длины волны и концентрации хрома

Зависимость коэффициента отражения от длины волны, концентрации хрома и уровня pH можно представить в виде графика (рис. 4) и описать формулой (2):

$$rr1(\lambda\lambda, Ccr, pH) := rr(\lambda\lambda) \cdot k1 \cdot \left[ 1 + bb1 \cdot (Ccr \cdot HH(pH) - Ccr0) \cdot \left[ 1 - e^{-bb2 \cdot (Ccr \cdot HH(pH) - Ccr0)} \right] \cdot \left[ \frac{(\lambda\lambda - \lambda\lambda m)}{\Delta\lambda\lambda 0} \right]^2 \cdot \left[ \frac{(\lambda\lambda M - \lambda\lambda)}{\Delta\lambda\lambda 0} \right]^{1.85} \right] \quad (2)$$

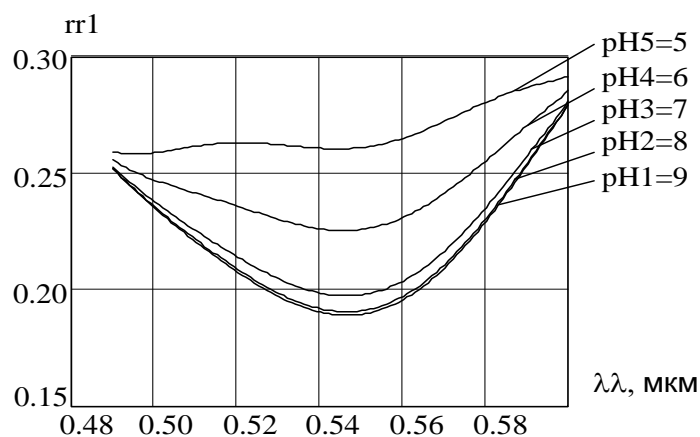


Рисунок 4 – График зависимости коэффициента отражения от длины волны и уровня pH при концентрации хрома  $Ccr = 100 \cdot 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup>

Зависимость коэффициента отражения от длины волны, концентрации хрома, уровня pH и температура можно представить в виде графика (рис. 5) и описать формулой (3):

$$rr1(\lambda\lambda, Ccr, pH, t) := rr(\lambda\lambda) \cdot k1 \cdot \left[ 1 + bb1 \cdot (Ccr \cdot HH(pH) \cdot ee(t) - Ccr0) \cdot \left[ 1 - e^{-bb2 \cdot (Ccr \cdot HH(pH) \cdot ee(t) - Ccr0)} \right] \cdot \left[ \frac{(\lambda\lambda - \lambda\lambda m)}{\Delta\lambda\lambda 0} \right]^2 \cdot \left[ \frac{(\lambda\lambda M - \lambda\lambda)}{\Delta\lambda\lambda 0} \right]^{1.85} \right] \quad (3)$$

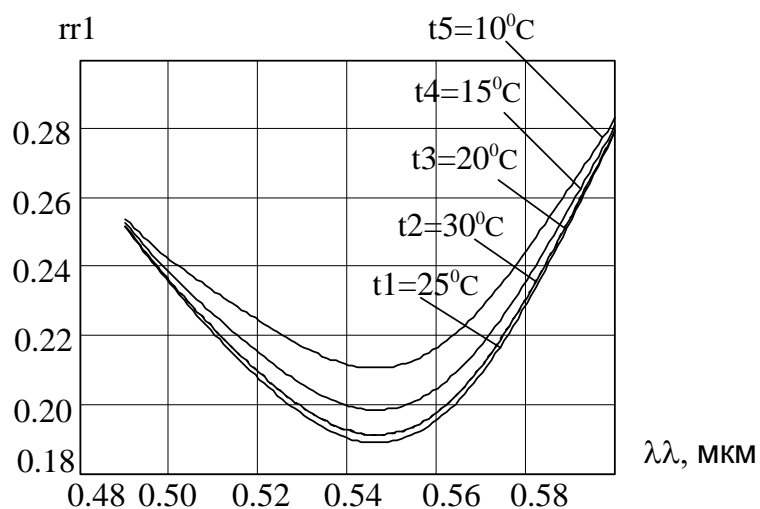


Рисунок 5 – График зависимости коэффициента отражения от длины волны и температуры при концентрации хрома  $C_{Cr}=100 \cdot 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup> и уровне pH=9

Таким образом, согласно полученной статистической модели объекта контроля оптимальными значениями влияющих параметров являются: pH=9 и  $t=25^\circ\text{C}$ . Зависимость величины отраженного потока от длины волны при оптимальных значениях влияющих факторов при нулевой концентрации хрома и концентрации хрома, превышающей ПДК в 3 раза, представлена на рисунке 6.

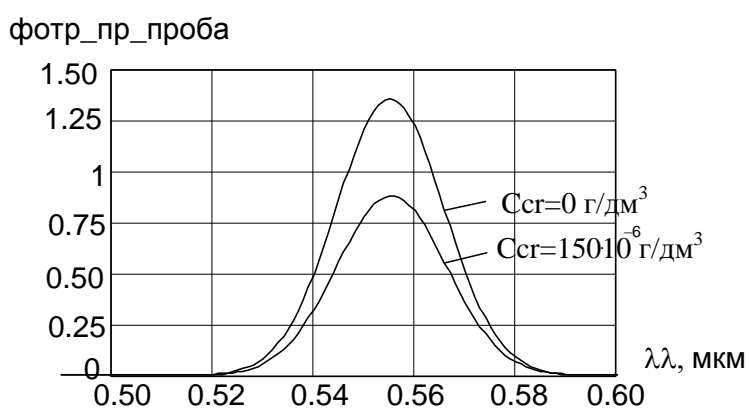


Рисунок 6 – Зависимость величины отраженного потока от длины волны при оптимальных значениях влияющих факторов при нулевой концентрации хрома и концентрации хрома, превышающей ПДК в 3 раза

Для оценки степени влияния влияющих факторов на измерение концентрации ионов хрома  $\text{Cr}^{+6}$  в сточных водах необходимо провести многофакторный эксперимент с использованием элементов теории планирования эксперимента. Критерием оценки являются показатели точности выполнения измерения, которые не должны превышать 2-3%.

На основе полученных данных определяются требования к системе подготовки проб, которая должна стабилизировать уровень рН и температуры, чтоб скомпенсировать влияние неинформативных параметров на результат измерений. По полученным результатам окончательно формируется структурная схема экстракционной фотометрической системы контроля сточных вод промышленных предприятий.

#### Перечень ссылок

1. Земля тревоги нашей: Донбасс // Правда Украины. -2006.
2. Радченко Н.Н., Мнускина В.В. Оценка загрязнения реки Кальмиус тяжелыми металлами // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів: Зб. доп. 1 міжнар. наук. конф. асп. та студ. – Донецьк, 2002. – Т.1
3. Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України (затверджено наказом Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 19 лютого 2002 р. N 37)
4. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа -5-е изд., перераб.- Л.:Химия, 1986. - 432 с.
5. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. В двух книгах: кн..1 – М.: Химия, 1990,-480с.
6. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. В двух книгах: кн..2 – М.: Химия, 1990,-480с.

7. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 2. Физико – химические методы анализа: Учеб. для Химико – технол. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1989. – 384с.
8. Аксененко М.Д., Бараночников М.Л. Приемники оптического излучения. Справочник. – М.: Радио и связь, 1987. – 296с.
9. Криксунов Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники.–М.:Сов. Радио, 1978.–400с.