

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра аналитической химии и химической экологии

**ТЕСТ - ОПРЕДЕЛЕНИЕ Cu(II), Mn(II), Fe(III) С ПОМОЩЬЮ
ИНДИКАТОРНОЙ БУМАГИ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки IV курса 421 группы
по направлению 44.03.01 Педагогическое образование, профиль «Химия»

Института химии

Айдосовой Руфии Александровны

Научный руководитель

доцент, к.х.н.

И.В. Косырева

Зав. кафедрой

д.х.н., доцент

Т.Ю. Русанова

Саратов 2016

ВВЕДЕНИЕ

Тест-методы в настоящее время в химии актуальны так как- это экспрессные, простые и дешевые приемы обнаружения и определения вещества на месте (onsite). Они, как правило, не требуют сложных приемов подготовки пробы к анализу (например, разделения и концентрирования). При их использовании резко сокращается и во многих случаях отпадает необходимость в использовании дорогостоящего и сложного лабораторного оборудования и самих аналитических лабораторий. Естественно, что при этом уменьшается потребность в высококвалифицированных специалистах, нехватка которых ощущается во всех странах.

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена разработке тест-методик определения ионов некоторых металлов с помощью индикаторной бумаги на основе 8-оксихинолина.

2.3 Спектрофотометрическое изучение реакции взаимодействия ионов Cu(II), Mn(II), Fe(III) с 8-оксихинолином в водном растворе

Для приготовления растворов ионов металлов с концентрациями 10^{-4} ; $2 \cdot 10^{-4}$; $4 \cdot 10^{-4}$; $8 \cdot 10^{-4}$ М, отбирали аликвоту 0,5; 1; 2; 4 мл из исходного раствора 10^{-3} М, далее к аликвоте добавляли 1 мл 8-оксихинолина и доводили до метки 5 мл дистиллированной водой. Затем спектры поглощения регистрировали на спектрофотометре UV-1800 ($l=1$ см, раствор сравнения – вода) в диапазоне длин волн от 270 до 470 нм.

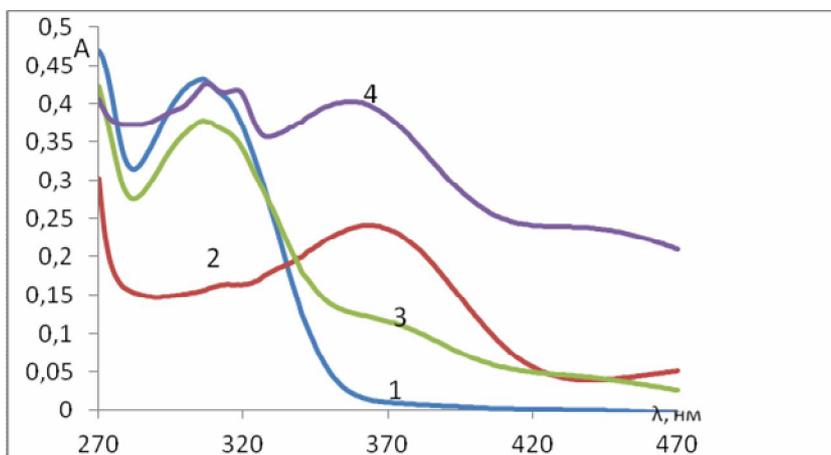


Рисунок 1 – Спектры поглощения системы: 8-ок($2 \cdot 10^{-4}$ М)-металл; С (металлов): 1 – 8ок ($2 \cdot 10^{-4}$); 2 – Cu^{2+} ($8 \cdot 10^{-4}$); 3 – Mn^{2+} ($8 \cdot 10^{-4}$); 4 – Fe^{3+} ($8 \cdot 10^{-4}$). Раствор сравнения – H_2O , pH=5

На рисунке 1 представлены, спектры поглощения системы Me (Cu^{2+} ; Mn^{2+} ; Fe^{3+}) – 8-оксихинолин. Концентрация металлов $8 \cdot 10^{-4}$, данный рисунок показывает, что полоса поглощения для 8-оксихинолина находится в диапазоне 270-470 нм с $\lambda_{\text{макс}} = 310$ нм. При введении в систему ионов металлов наблюдается появление полосы в диапазоне 360-370 нм с $\lambda_{\text{макс}}$: $\text{Cu}^{2+} \lambda_{\text{макс}} = 365$, $\text{Mn}^{2+} \lambda_{\text{макс}} = 365$, $\text{Al}^{3+} \lambda_{\text{макс}} = 360$.

Изучение системы Me (Cu^{2+} ; Mn^{2+} ; Fe^{3+}) – 8-оксихинолин в среде ацетатно-аммиачного буфера (pH=8)

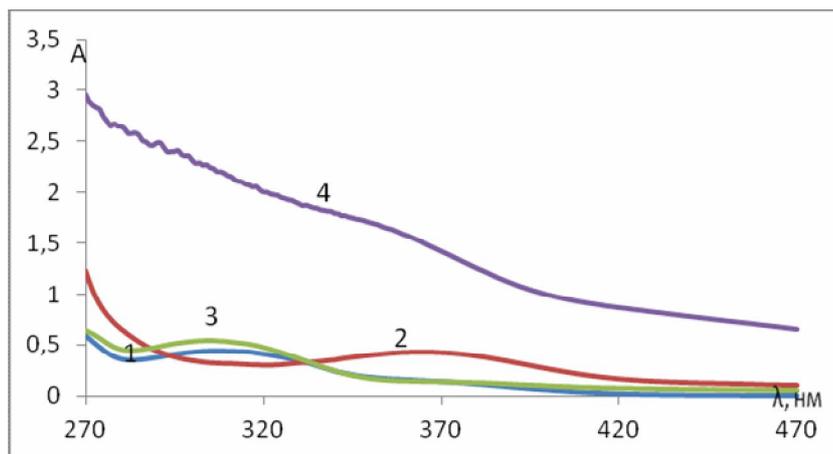


Рисунок 2 – Спектры поглощения системы: 8-ох($2 \cdot 10^{-4}$ М)-металл; 1 – 8ох ($2 \cdot 10^{-4}$); С (металлов): 2 – Cu^{2+} ($8 \cdot 10^{-4}$); 3 – Mn^{2+} ($8 \cdot 10^{-4}$); 4 – Fe^{3+} ($8 \cdot 10^{-4}$). Раствор сравнения – H_2O , pH=8

На рисунке 2 представлены, спектры поглощения системы Me (Cu^{2+} ; Mn^{2+} ; Fe^{3+}) – 8-оксихинолин. Концентрация металлов $8 \cdot 10^{-4}$, данный рисунок показывает, что полоса поглощения для 8-оксихинолина находится в диапазоне 270-470 нм с $\lambda_{\text{макс}} = 305$ нм. При введении в систему ионов металлов наблюдается появление полосы с $\lambda_{\text{макс}}$: $\text{Cu}^{2+} \lambda_{\text{макс}} = 365$, $\text{Mn}^{2+} \lambda_{\text{макс}} = 315$, $\text{Fe}^{3+} \lambda_{\text{макс}} = 360$.

2.3.3 Изучение реакции взаимодействия ионов Cu(II) , Mn(II) , Fe(III) с 8-оксихинолин в присутствии поверхностно-активных веществ

Для приготовления растворов отбирали 1 мл 8-оксихинолина из исходного раствора 10^{-3} М и добавляли 1 мл ионов металлов с концентраций $2 \cdot 10^{-4}$ из исходного раствора 10^{-3} М, далее добавляли 0,1; 0,01 мл ПАВ и доводили до метки 5 мл дистиллированной водой. Затем регистрировали спектры поглощения на спектрофотометре UV-1800 ($l=1$ см, раствор сравнения – вода) в диапазоне длин волн от 270 до 470 нм (рисунки 1 -2)

Спектрофотометрическое изучение реакции взаимодействия ионов Co(II) , Ni(II) , Al(III) с 8-оксихинолином в среде ацетатно-аммиачного буфера в присутствии ПАВ

Для приготовления раствора отбирали 1 мл 8-оксихинолина из исходного раствора 10^{-3} М и добавляли 1 мл ионов металлов с концентраций $2 \cdot 10^{-4}$ из исходного раствора 10^{-3} М, далее добавляли 0,1; 0,01 мл ПАВ и доводили до метки 5 мл ацетатно-аммиачным буфером (рН=8). Затем регистрировали спектры поглощения на спектрофотометре UV-1800 ($l=1$ см, раствор сравнения – вода) в диапазоне длин волн от 270 до 470 нм

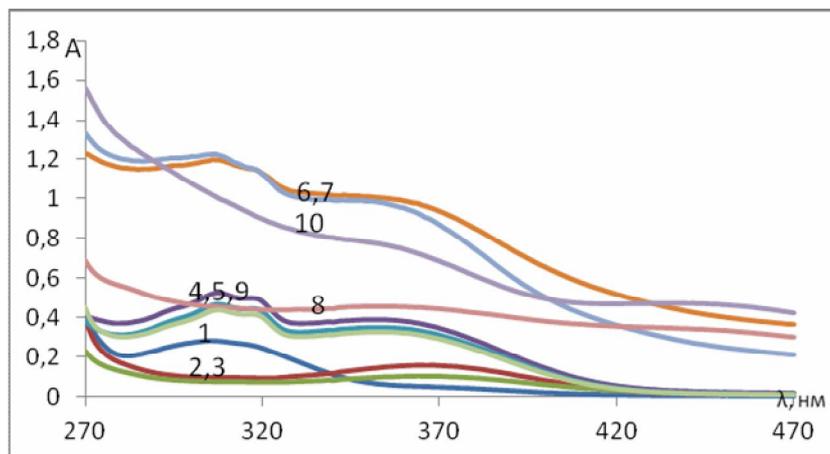


Рисунок 23 – Спектры поглощения системы: 8-ох($2 \cdot 10^{-4}$ М)-Ме (Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+})- ПАВ; 1 – 8ох ($2 \cdot 10^{-4}$); С (Ме: Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+}): 2– 8-ох + Cu^{2+} ДДС ($2 \cdot 10^{-5}$) + буфер; 3 – 8-ох + Cu^{2+} ЦПХ ($2 \cdot 10^{-5}$) + буфер; 4– 8-ох + Mn^{2+} ДДС ($2 \cdot 10^{-5}$) + буфер; 5 – 8-ох + Mn^{2+} ЦПХ ($2 \cdot 10^{-5}$) + буфер; 6 – 8-ох + Fe^{3+} ДДС ($2 \cdot 10^{-5}$) + буфер; 7 – 8-ох + Fe^{3+} ЦПХ ($2 \cdot 10^{-5}$) + буфер; 8-8-ох + Cu^{2+} ($2 \cdot 10^{-4}$) + буфер; 9- – 8-ох + Mn^{2+} ($2 \cdot 10^{-4}$) + буфер; 10-8-ох + Fe^{3+} ($2 \cdot 10^{-4}$) + буфер

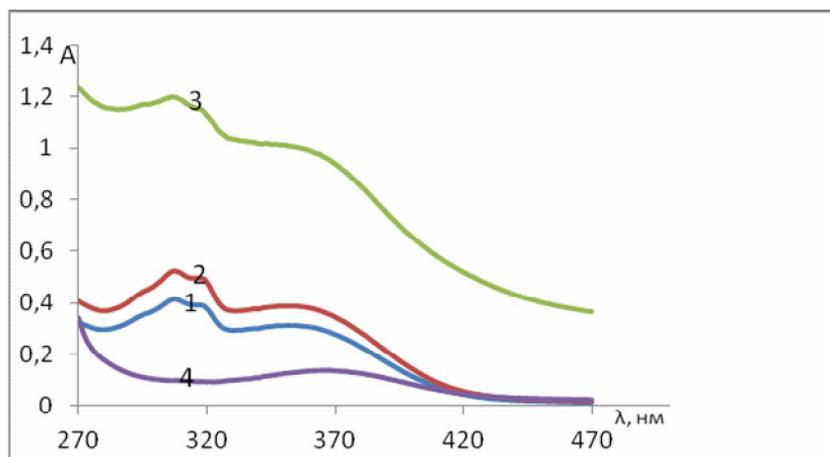


Рисунок 25 – Спектры поглощения системы: 8-ох($2 \cdot 10^{-4}$ М)-Ме (Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+})- ПАВ; 1 – 8ох ($2 \cdot 10^{-4}$); С (Ме: Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+}): 2-8-ох + Cu^{2+} ДДС ($2 \cdot 10^{-5}$) + буфер; 3-8-ох + Mn^{2+} ДДС ($2 \cdot 10^{-5}$) + буфер; 4-8-ох + Fe^{3+} ДДС ($2 \cdot 10^{-5}$) + буфер.

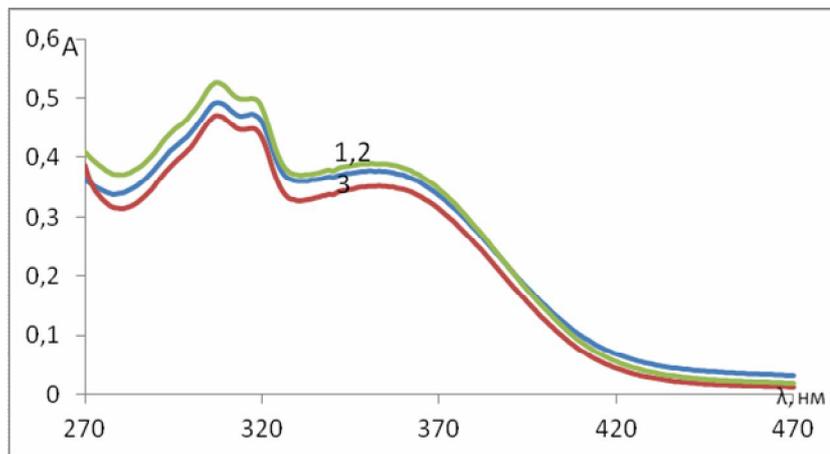


Рисунок 18 – Спектры поглощения системы: 8-ох($2 \cdot 10^{-4} \text{M}$)- Mn^{2+} - ПАВ;
 С (Mn^{2+}): 1- 8-ох + Mn^{2+} ДДС ($2 \cdot 10^{-5}$) + буфер; 2-8-ох + Mn^{2+} ЦПХ ($2 \cdot 10^{-5}$) + буфер;
 3- 8-ох + Mn^{2+} + буфер

Как видно из рисунков 4-6 при введении третьего компонента (ПАВ) в систему характер спектров не меняется, что свидетельствует о том, что в среде ацетатно-аммиачного буфера ($\text{pH} = 8$) в присутствии ПАВ проводить данную реакцию для аналитических целей не представляет возможности.

2.4.2 Визуально-колориметрическое и цветометрическое изучение системы Cu(II) , Mn(II) , Fe(III) – иммобилизованный 8-оксихинолин

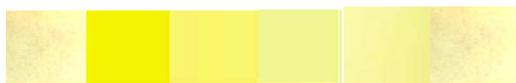
Для изучения реакции взаимодействия металлов с 8-оксихиналином на поверхности бумаги предварительно была приготовлена индикаторная бумага. Индикаторную бумагу получали, пропитыванием 8-оксихинолина с концентрацией 1 М (2,5 мл) по всей поверхности фильтровальной бумаги с красной лентой размером 9×9 см, высушивали в сушильном шкафу при 70°C . Далее полученную индикаторную бумагу разрезали на квадраты размером 1×1 см. На полученные квадраты наносили каплю в центр квадрата растворы металлов с концентрациями в диапазоне от 10^{-3} до 10^{-5} (в среде ацетатно-аммиачного буферного раствора $\text{pH}=8$). Контрольный образец индикаторной бумаги не содержит ионы металлов.

После нанесения пробы, индикаторную бумагу высушивали в сушильном шкафу, далее фиксировали окраску визуально и цветометрически.

Визуально-колориметрическое определение металлов

Результаты представлены следующими цветовыми шкалами:

8-оксихинолин (1М) +Cu(II) + ацетатно-аммиачный буфер(pH=8)



Контр. 10^{-3} М, $5 \cdot 10^{-4}$ М, 10^{-4} $5 \cdot 10^{-5}$ М 10^{-5}

НГОС= 10^{-5} М

8-оксихинолин (1М) +Mn(II)+ ацетатно-аммиачный буфер(pH=8)



Контр. 10^{-3} М, $5 \cdot 10^{-4}$ М 10^{-4} М $5 \cdot 10^{-5}$ М, 10^{-5}

НГОС= 10^{-5} М

8-оксихинолин(1М) +Fe(III)+ацетатно-аммиачный буфер(pH=8)



контр, 10^{-3} М, $5 \cdot 10^{-4}$ М, 10^{-4} $5 \cdot 10^{-5}$ М, 10^{-5}

НГОС= 10^{-5} М

Как видно из представленных цветовых шкал определить визуально-колориметрически можно в диапазоне от 10^{-3} М до 10^{-5} . Наилучшей по контрастности является система 8-оксихинолин+Fe(III)+буферацетатный(pH=6). Что позволяет использовать данные системы при определении ионов металлов.

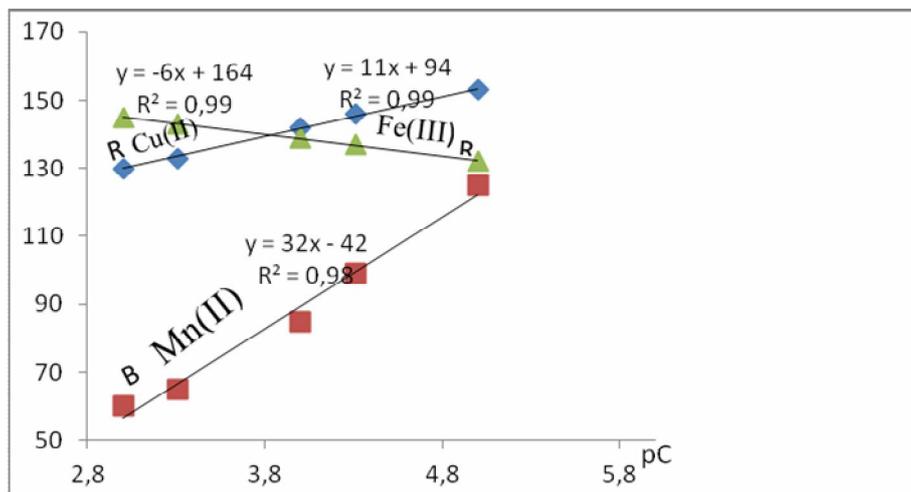
В данной работе показана возможность математической обработки полученных результатов. Были применены сканер-технологии и цветометрия.

Окрашенную индикаторную бумагу фотографировали фотокамерой iPhone 4s .

Применяя графический редактор AdobePhotoShop CS5, необходимую часть цветного изображения усредняли до одного пикселя. После усреднения цвета, у полученного изображения определяли яркость цветовых параметров R, G, B. По полученным характеристикам цвета строили градуировочные зависимости яркости цветового канала от логарифма концентрации ионов Cu(II),Mn(II),Fe(III) далее на рисунках 1-9 представлены зависимостей параметров цвета от концентрации ионов Cu(II),Mn(II),Fe(III) .

Цетометрическое определение металлов

На рисунке представлены наилучшие зависимости яркости канала R от логарифма концентрации ионов Cu(II), Mn(II), Fe(III). Уравнение регрессии составляет для Cu(II) $=11x+94$ и коэффициент регрессии графических зависимостей равен $R^2=0,99$, для Mn(II) $=32x-42$ и коэффициент регрессии графических зависимостей равен $R^2=0,98$, для Fe(III) $=-6x-164$ и коэффициент регрессии графических зависимостей равен $R^2=0,99$



2.4.3. Визуально-колориметрическое и цветометрическое изучение системы Cu(II), Mn(II), Fe(III) - иммобилизованный 8-оксихинолин в присутствии ПАВ

При изучении влияния ПАВ на систему Cu(II), Mn(II), Fe(III) – 8-оксихинолина применяли анионные (додецилсульфат натрия), катионные (цетилпиридий хлорид), неионные (ОП-10).

Для изучения реакции взаимодействия металлов с 8-оксихинолином на поверхности бумаги предварительно была приготовлена индикаторная бумага. Индикаторную бумагу получали:

1) Готовили смесь - 2,5 мл из 2 М спиртового раствора 8-оксихинолина + 0,1 мл из 10^{-2} ЦПХ + 2,4 мл этанола. Затем данным раствором пропитывали поверхность фильтровальной бумаги, высушивали в сушильном шкафу при 70°C .

2) Готовили смесь - 2,5 мл из 2 М спиртового раствора 8-оксихинолина + 0,25 мл ДДС + 2,25 мл этанола, затем пропитываем данным раствором поверхность фильтровальной бумаги, высушиваем в сушильном шкафу при 70°C .

3) 2,5 мл 2М 8-оксихинолина + 0,25 мл ОП-10 + 2,25 мл этанола, затем пропитываем данным раствором поверхность фильтровальной бумаги, высушиваем в сушильном шкафу при 70°C . Далее полученную индикаторную

бумагу разрезали все 3 фильтровальные бумаги, на квадраты размером 1×1 см.

Полученную индикаторную бумагу пропитанную приготовленной смесью разрезали на квадраты и наносили каплю в центр квадрата раствора ионов металлов с концентрациями в диапазоне от 10^{-3} до 10^{-5} (в среде ацетатно-аммиачного буферного раствора pH=8). Контрольный образец индикаторной бумаги не содержит ионы металлов.

После нанесения пробы, индикаторную бумагу высушивали в сушильном шкафу, далее фиксировали окраску визуально и цветометрически.

После нанесения пробы, индикаторную бумагу высушивали в сушильном шкафу, далее фиксировали окраску визуально и цветометрически.

8-оксихинолин (1М) +ЦПХ + ионы меди + ацетатный буфер(pH=8)



Контр. $5 \cdot 10^{-3}$ М, 10^{-3} М $5 \cdot 10^{-4}$ М 10^{-4} М $5 \cdot 10^{-5}$ М, 10^{-5}

НГОС= 10^{-5} М

8-оксихинолин (1М) +ДДС + ионы меди + ацетатный буфер(pH=8)



Контр. $5 \cdot 10^{-3}$ М, 10^{-3} М $5 \cdot 10^{-4}$ М 10^{-4} М $5 \cdot 10^{-5}$ М, 10^{-5}

8-оксихинолин (1М) +ОП-10 + ионы меди + ацетатный буфер(pH=8)



Контр. $5 \cdot 10^{-3}$ М, 10^{-3} М $5 \cdot 10^{-4}$ М 10^{-4} М $5 \cdot 10^{-5}$ М, 10^{-5}

8-оксихинолин (1М) + ЦПХ + ионы марганца + ацетатный буфер(pH=8)



Контр. $5 \cdot 10^{-3}$ М, 10^{-3} М $5 \cdot 10^{-4}$ М 10^{-4} М $5 \cdot 10^{-5}$ М, 10^{-5}

НГОС= 10^{-5} М

8-оксихинолин (1М) +ДДС + ионы марганца + ацетатный буфер(pH=8)



Контр. $5 \cdot 10^{-3}$ М, 10^{-3} М $5 \cdot 10^{-4}$ М 10^{-4} М $5 \cdot 10^{-5}$ М, 10^{-5}

8-оксихинолин (1М) +ОП-10 + ионы марганца + ацетатный буфер(pH=8)



Контр. $5 \cdot 10^{-3}$ М, 10^{-3} М $5 \cdot 10^{-4}$ М 10^{-4} М $5 \cdot 10^{-5}$ М, 10^{-5}
 8-оксихинолин(1М) + ЦПХ + ионы железа (III)+буфер(pH=8)



Контр. $5 \cdot 10^{-3}$ М, 10^{-3} М $5 \cdot 10^{-4}$ М 10^{-4} М $5 \cdot 10^{-5}$ М, 10^{-5}
 НГОС= 10^{-5} М
 8-оксихинолин (1М) + ДДС + ионы железа + буфер(pH=8)



Контр. $5 \cdot 10^{-3}$ М, 10^{-3} М $5 \cdot 10^{-4}$ М 10^{-4} М $5 \cdot 10^{-5}$ М, 10^{-5}
 НГОС= 10^{-5} М
 8-оксихинолин(1М) + ОП-10 + ионы железа(III)+буфер(pH=8)



Контр. $5 \cdot 10^{-3}$ М, 10^{-3} М $5 \cdot 10^{-4}$ М 10^{-4} М $5 \cdot 10^{-5}$ М, 10^{-5}
 НГОС= 10^{-5} М

Как видно из представленных цветовых шкал определить визуально-колориметрически можно каждый из изучаемых металлов в диапазоне от $5 \cdot 10^{-3}$ М до 10^{-5} М.

Цветомерическое определение металлов

В данной работе показана возможность математической обработки полученных результатов. Были применены сканер-технологии и цветометрия.

Окрашенную индикаторную бумагу фотографировали фотокамерой iPhone 4s .

Применяя графический редактор AdobePhotoShop CS5, необходимую часть цветного изображения усредняли до одного пикселя. После усреднения цвета, у полученного изображения определяли яркость цветовых параметров R, G, B. По полученным характеристикам цвета строили градуировочные зависимости яркости цветового канала от логарифма концентрации ионов Cu(II), Mn(II), Fe(III) далее на рисунках 1-21 представлены зависимостей параметров цвета от концентрации ионов Cu(II), Mn(II), Fe(III) .

Цветомерическое определение Cu(II) в присутствии ЦПХ, ДДС, ОП–

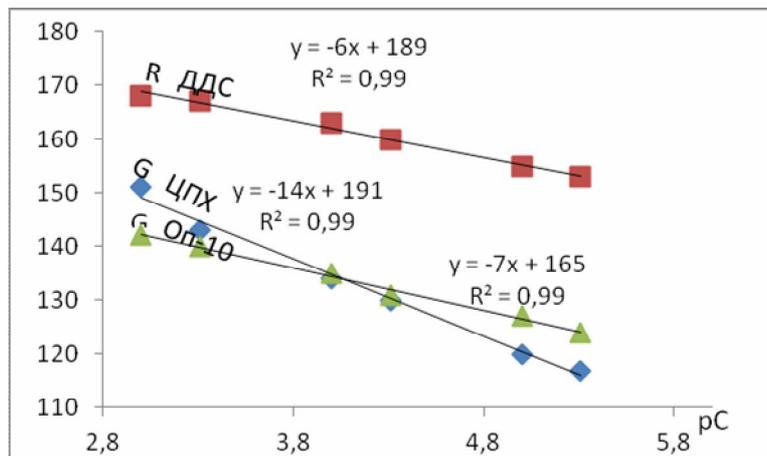


Рисунок 32 - Зависимость яркости канала R,G,B от логарифма концентрации ионов Cu(II) системы ионов Cu(II) – 8-оксихинолин
 Как видно из рисунка 30 представлены параметры цветности, который можно применить для количественного определения Cu(II).

Цветомерическое определение Mn(II) в присутствии ЦПХ, ДДС, ОП-10

На рисунке 31 представлена зависимость яркости канала R от логарифма концентрации ионов Mn(II). Уравнение регрессии составляет $y = 3x + 167$ и коэффициент регрессии графических зависимостей равен $R^2 = 0,98$.

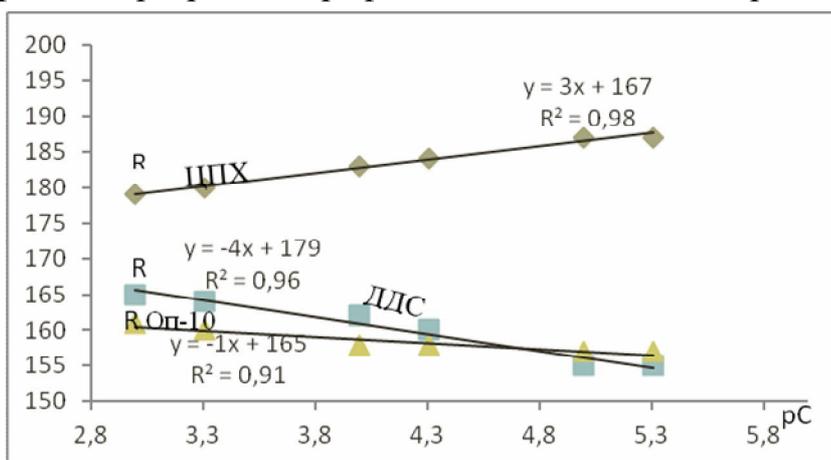


Рисунок 32 - Зависимость яркости канала R,G,B от логарифма концентрации ионов Mn(II) системы ионов Mn(II) – 8-оксихинолин
Цветомерическое определение Fe(III) в присутствии

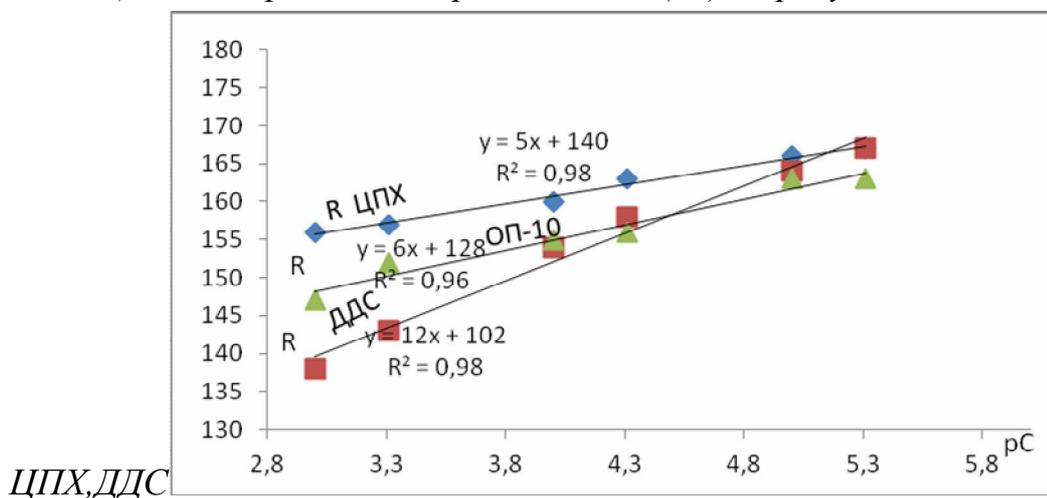


Рисунок 33 - Зависимость яркости канала R от логарифма концентрации ионов Fe(III) системы ионов Fe(III) – 8-оксихинолин

Как видно из рисунка 33, представлены наилучшие параметры цветности, который можно применить для количественного определения Fe(III).

На рисунку 11 представлены спектры диффузного отражения в виде функции Гуревича-Кубелки-Мунка продуктов взаимодействия ионов Cu(II), Mn(II), Fe(III) с 8-оксихинолином в среде ацетатно-аммиачного буферного раствора (pH=8) на бумаге, фильтр с красной лентой.

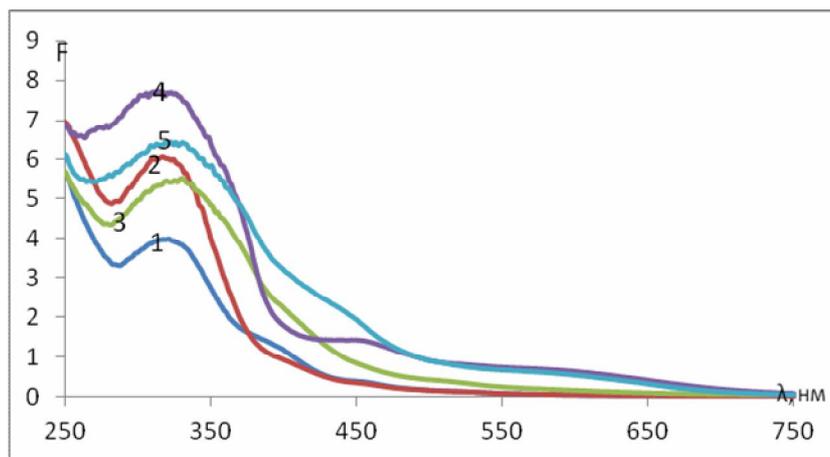


Рисунок 44 - Спектр диффузного отражения в виде функции Гуревича-Кубелки-Мунка продуктов взаимодействия ионов Cu(II), Mn(II), Fe(III) с 8-оксихинолином в среде ацетатно-аммиачного буферного раствора (pH=8) на бумаге, фильтр с красной лентой

1 - контр. 2 – $C_{Cu(II)} 5 \cdot 10^{-3} M$; 3 – $C_{Mn(II)} 5 \cdot 10^{-3} M$; 4 – $C_{Fe(III)} 5 \cdot 10^{-3} M$ 5-С сумма металлов: $C_{Cu(II);Mn(II);Fe(III)} 5 \cdot 10^{-3} M$;

Как видно из рисунка 44, полоса поглощения в системе Cu(II), Mn(II), Fe(III)-8-оксихинолин в среде ацетатно-аммиачного буфера (pH=8) находится в диапазоне 250-750 нм, данный рисунок показывает, что полоса поглощения для 8-оксихинолина находится в диапазоне 250-750 нм с $\lambda_{\text{макс}} = 320$ нм. При введении в систему ионов металлов наблюдается появление полосы с $\lambda_{\text{макс}}$: $Cu^{2+} \lambda_{\text{макс}} = 410$, $Mn^{2+} \lambda_{\text{макс}} = 410$, $Fe^{3+} \lambda_{\text{макс}} = 410$.

2.5 Сравнение реакции взаимодействия ионов Cu(II), Mn(II), Fe(III) с 8-оксихинолином в водных растворах и на поверхности бумаги

В данной работе представили сравнение реакции взаимодействия ионов Cu(II), Mn(II), Fe(III) с 8-оксихинолином в водных растворах и на поверхности бумаги. При изучении реакции взаимодействия Cu(II), Mn(II), Fe(III) с 8-оксихинолином получены спектры диффузного отражения и спектры поглощения (рисунок 69).

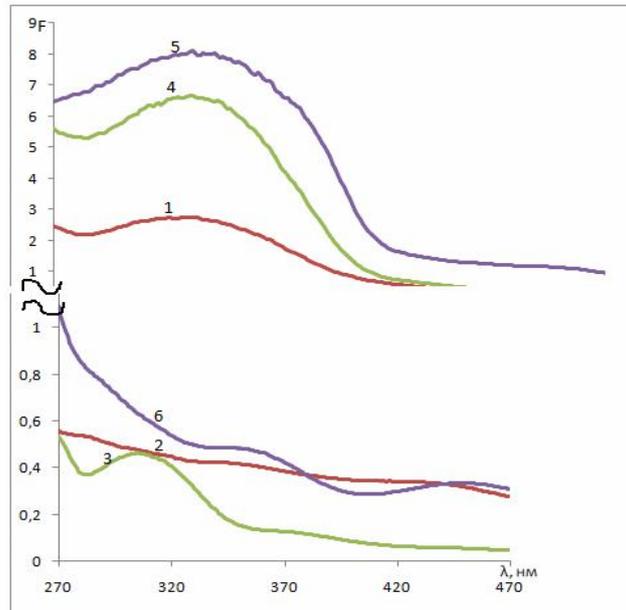


Рисунок 45 - Спектры диффузного отражения (1, 4, 5) в виде функции Гуревича-Кубелки-Мунка и спектры поглощения (2, 3, 6) продуктов взаимодействия ионов Cu(II), Mn(II), Fe(III) с 8-оксихинолином.

1. 1;2 Cu(II)+8-оксихинолин+ацетатно-аммиачный буфер(pH=8)

2. 3;4Mn(II)+8-оксихинолин+ацетатно-аммиачный буфер(pH=8)

3. 5;6 Fe(III)+8-оксихинолин+ацетатно-аммиачный буфер(pH=8)

Из рисунка 69 видно, что в растворе и на поверхности бумаги идет взаимодействие в системе Cu(II), Mn(II), Fe(III)-8-оксихинолин с образованием комплексов при $\lambda_{\text{макс.}}=360$ нм. Более выражено процесс происходит в водном растворе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведён анализ литературных данных по тест-методам определения ионов металлов с помощью иммобилизованного 8-оксихинолина за последние 30 лет. 80 % - применяют иммобилизованные реагенты на твердом носителе — бумагах, силикагелях, пенополиуретане.

2. Изучена реакция взаимодействия ионов Cu(II), Mn(II), Fe(III) с 8-оксихинолином в водном растворе с помощью спектрофотометрии $\lambda_{\text{макс}}$ для Cu(II) составляет $\lambda_{\text{макс}}=370\text{нм}$, для Mn(II) $\lambda_{\text{макс}}=310$, для Fe(III) $\lambda_{\text{макс}}=370$, и на поверхности бумаги с помощью спектроскопии диффузного отражения $\lambda_{\text{макс}}$ составляет для Cu(II) $\lambda_{\text{макс}}=410\text{ нм}$, для Mn(II) $\lambda_{\text{макс}}=350\text{ нм}$, для Fe(III) $\lambda_{\text{макс}}=450\text{ нм}$.

3. Показано, что в присутствии ПАВ характер спектров продуктов взаимодействия в системе Cu(II), Mn(II), Fe(III)- 8-оксихинолин не изменяется, но происходит лучшее закрепление реагента на поверхности металла в присутствии ДДС.

4. Найдены оптимальные условия иммобилизации 8-оксихинолина на поверхность бумаги (готовили смесь – спиртового раствора 8-оксихинолина 1М+ДДС ($5 \cdot 10^{-3}$), затем пропитывали данным раствором поверхность фильтровальной бумаги, высушивали в сушильном шкафу при $t=70^\circ\text{C}$)

5. Разработаны тест - методики определения ионов Cu(II), Mn(II), Fe(III). Диапазон определяемых содержаний ионов составляет НГОС (Cu(II))= 10^{-5}М , НГОС(Mn(II))= 10^{-5}М , НГОС (Fe(III))= 10^{-5}М . ДОС составляет для Cu(II) $5 \cdot 10^{-3}-10^{-5}\text{М}$, для Mn(II) $5 \cdot 10^{-3}-10^{-5}\text{М}$, для Fe(III) $5 \cdot 10^{-3}-10^{-5}\text{М}$.

6. Показана возможность цветометрической обработки тест-средств для определения ионов Cu(II), Mn(II), Fe(III). Наилучшая яркость канала для

Cu(II)- R ($y = 11x + 9$ и $R^2 = 0,99$), наилучшая яркость канала для

Mn(II)-R ($y = -6x + 164$ и $R^2 = 0,99$), наилучшая яркость канала для Fe(III) –

B ($y = 32x - 42$ и $R^2 = 0,98$)