

УДК 681.785.4 + 543.424

О ПРИМЕНЕНИИ ПОРТАТИВНОГО ФОТОМЕТРА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ЦВЕТА СОРБЕНТОВ В ХИМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

© 2010 Е. А. Решетняк¹, Н. А. Никитина¹, Д. В. Снежко², Я. А. Житняковская¹, Я. А. Бондаренко³, В. М. Островская⁴

Показана возможность применения портативного фотометра для регистрации цветовых характеристик непрозрачных сорбентов. Способ основан на сканировании окрашенных образцов пенополиуретана и реагентных индикаторных бумаг с помощью фотометра, обработке цветовых изображений и построении градуировочных зависимостей в координатах яркость одного из выбранных каналов (R, G или B) — концентрация определяемого компонента с использованием компьютерных программ Microsoft Excel и Origin. Показано, что портативный фотометр по своим рабочим характеристикам не уступает спектрофотометру СФ-2000 (в режиме измерения диффузного отражения). Малые габаритные размеры и технические особенности делают возможным подключение прибора к компьютеру и проведение анализа вне лаборатории.

Ключевые слова: портативный фотометр, сканер-технологии, спектроскопия диффузного отражения, реагентные индикаторные бумаги, пенополиуретан.

Сорбенты разной природы находят применение в аналитической химии для решения различных задач, в частности, для сорбционного концентрирования аналитов из растворов, приготовления твердофазных реагентов и тест-образцов [1]. Цветовые шкалы для визуального тестового анализа готовят как на основе оптически прозрачных сорбентов — полиметакрилатных матриц, желатиновых пленок, так и на основе непрозрачных сорбентов — кремнезема, пенополиуретана (ППУ), целлюлозной бумаги, тканей и др. [2]. При исследовании состояния реагентов в непрозрачных средах чаще применяют метод спектроскопии диффузного отражения [1, 3], а в последние годы — метод цветометрии [4-7]. Цветометрические характеристики рассчитывают на основе спектров диффузного отражения с применением программ компьютерной обработки спектральных данных.

С распространением цифровой фотографии, настольных сканеров и программ обработки изображений появился быстрый, объективный и автоматизированный способ оценки цветометрических характеристик окрашенных образцов [3, 8-14]. Характеристики изображений можно сохранять в памяти компьютера и в дальнейшем выполнять анализ без приготовления градуировочной шкалы, если, конечно, цвет и интенсивность окраски сорбата хорошо воспроизводятся. В работах [8-12] сканирование цветовых шкал на основе полимерных сорбентов, индикаторных бумаг и индикаторных порошков осуществляли с использованием настольного сканера. Цветоделение изображений окрашенных образцов и числовую оценку яркости R-, G-, B-каналов выполняли в графическом редакторе Adobe Photoshop. Авторы утверждают, что яркость цветового изображения для одного пикселя не зависит от расширения сканера, но воспроизводимость результатов измерения яркости ухудшается с увеличением расширения и увеличением концентрации определяемого компонента.

В качестве регистрирующих устройств при анализе различных веществ были предложены цифровой фотоаппарат [13] и цифровая камера [14, 15]. Фотографировали окрашенные таблетки пенополиуретана и оценивали концентрацию продуктов взаимодействия диазотированного ППУ с 4-аминосалициловой кислотой, 4-аминофенолом, 1-нафтиламином, 1- и 2-нафтолами [13]; после фотографирования кювет с окрашенными образцами водных растворов определяли концентрацию красителей в растворах [15], железа (III) и остаточного хлора в водопроводной воде [14]. При фотографировании варьировали мощность вспышки, время выдержки, величину диафрагмы и чувствительность ПЗС-матрицы. Техника обработки изображений, полученных с помощью цифрового фотоаппарата, оставалась такой же, как и в случае сканера. Важными пре-

¹ Харьковський Національний Університет ім. В.Н. Каразіна.

² Харьковський Національний Університет Радіоелектроніки.

³ ГНУ «НТК «Інститут Монокристаллов» НАН України.

⁴ Інститут загальної та неорганічної хімії ім. Н.С. Курнакова Російської академії наук.

имуществами цифровой фотокамеры, по сравнению со сканером, являются высокая производительность, экспрессность, документальность, компактность и доступность [13].

Математическую обработку результатов сканирования или фотографирования осуществляли в редакторе Origin 6.0 или Microsoft Excel. В ходе обработки строили зависимости яркости R-, G-, B-каналов от концентрации определяемого компонента и находили аппроксимирующую функцию для каждой зависимости. Найдено [10, 13], что градуировочные зависимости наиболее адекватно описываются убывающей экспонентой первого порядка:

$$Y = Y_0 + A \cdot \exp(-c/t), \quad (1)$$

где Y_0 , A , t — параметры уравнения регрессии; Y — яркость, изменяющаяся в интервале от 0 до 255; c — концентрация определяемого компонента.

С увеличением концентрации аналита интенсивность окраски сорбента увеличивается, а яркость цветовых изображений R-, G-, B-каналов уменьшается. Для каждой из шкал выделяли наиболее яркий канал и канал, яркость которого убывала сильнее других с увеличением концентрации компонента (обычно это был наименее яркий канал). Так, для образца, окрашенного в желтый цвет, и имеющего максимум поглощения в синей области спектра, наименее ярким был синий канал (B), а наиболее ярким — красный (R) [10].

Достижения в миниатюризации оптических преобразователей позволили создать новые оптические элементы — датчики цвета на основе светоизлучающих диодов [16-19]. Портативный спектрофотометр с микроячейкой, излучающий в диапазоне длин волн 440–640 нм, позволил контролировать содержание Fe (III) в диапазоне концентраций от 0 до 0.2 мг/л с погрешностью, не превышающей 2.4% [16]. Предел определения Fe (III) в водных средах с применением микроспектрофотометра [17] составил 1 мкг/л, относительная погрешность определения — 5%.

Для регистрации сигнала от окрашенных твердых поверхностей предложены датчики цвета [18, 19]. Они представляют собой матрицу фотодиодов, которые размещены на одном кристалле и покрыты системой оптических фильтров, что позволяет проводить измерения в определенных областях спектра. Прибор на основе белых светоизлучающих диодов со встроенным фотодетектором имеет рабочий диапазон длин волн от 370 до 780 нм [19]. В светоотражающем сенсоре [18] предусмотрена улучшенная процедура трехцветной калибровки по длинам волн излучения светодиодов ($\lambda_R = 628$ нм, $\lambda_G = 514$ нм, $\lambda_B = 463$ нм). Координаты цвета, полученные в системе RGB, пересчитывали в трехцветную систему XYZ. Погрешность определения Fe (III) в воде не превысила 5% [18].

Лабораторией инновационных технологий Харьковского национального университета радиоэлектроники разработан рефлектометр — портативный фотометр на базе датчика цвета ADJD-S311-CR999 от AVAGO [20] (схема прибора приведена на рис. 1, а его устройство — на рис. 2). Рефлектометр небольших габаритных размеров (70×60×35 мм) имеет датчики без оптических фильтров с рабочим диапазоном длин волн от 400 до 720 нм и матрицу оптических преобразователей с оптическими фильтрами в красном, синем и зеленом диапазонах спектра ($\lambda_R = 615$ нм, $\lambda_G = 540$ нм, $\lambda_B = 465$ нм). Рабочая схема прибора включает усилители для четырех каналов, аналогово-цифровой преобразователь и цифровой модуль, который управляет процессом измерения и реализует цифровой интерфейс стандарта I²C. Это позволяет совмещать рефлектометр с другими приборами, измерительными системами и компьютером.

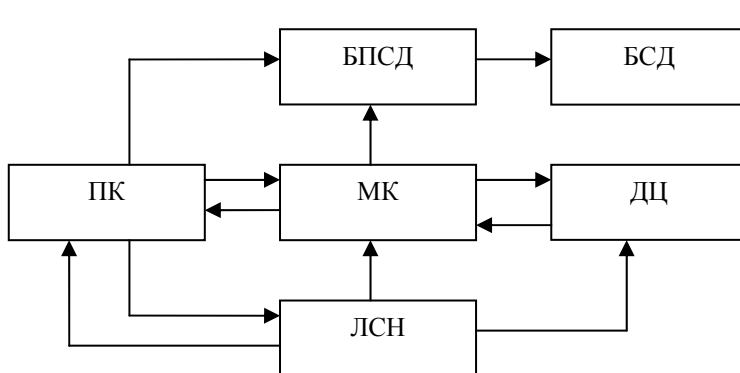


Рис. 1. Схема рефлектометра
 МК — микроконтроллер, ПК — персональный компьютер, ЛСН — линейный стабилизатор напряжения, ДЦ — датчик цвета, БСД — блок светодиодов, БПСД — блок питания светодиодов.

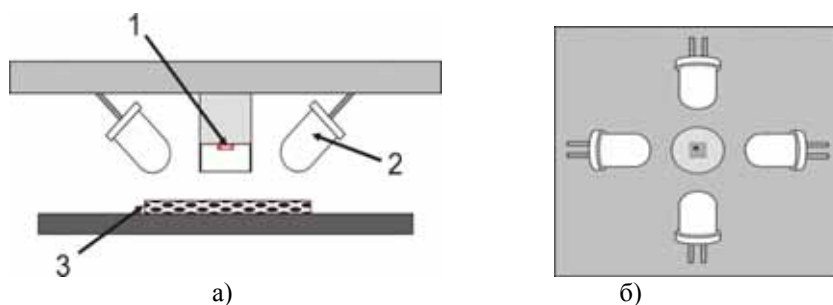


Рис. 2. Устройство портативного фотометра (а — вид сбоку, б — вид снизу).
1 — датчик цвета, 2 — светодиоды, 3 — анализируемый образец.

Для подсвечивания анализируемого образца (3) используются четыре светодиода (2) с узкой диаграммой направленности (рис. 2). Светодиоды расположены с четырех сторон от датчика и направлены под углом 45° к образцу. Датчик цвета (1) расположен между светодиодами на расстоянии 7 мм от поверхности образца. Для дополнительной защиты светодиодов сенсора от бокового излучения встроен непрозрачный цилиндрический экран. Датчик может адаптироваться под различные уровни освещения благодаря калибровке фотометра по белому или черному стандарту.

Цель настоящей работы состояла в изучении возможности применения портативного фотометра в качестве аналитического прибора, пригодного для измерения цветиметрических характеристик окрашенных соединений, иммобилизованных на непрозрачных сорбентах; сопоставлении метрологических характеристик методик определения аналитов с использованием нового прибора и метода спектроскопии диффузного отражения.

Для исследования выбраны два типа сорбентов — пористый пенополиуретан и плотная реagentная бумага. Выбраны разного цвета продукты гетерофазных реакций: голубые и красные тиоцианатные комплексы кобальта (II) и железа (III), сорбирующиеся из раствора на белые таблетки ППУ; фиолетового цвета продукт взаимодействия меди (II) со светло-желтой индикаторной бумагой.

Экспериментальная часть

Сорбенты, реактивы, растворы и оборудование. Для изготовления сорбента из листового пенополиуретана высотой 1 см вырезали таблетки диаметром 16 мм, массой ~ 0.03 г. Таблетки очищали, выдерживая их 30 мин в растворе 0.1 моль/л серной кислоты (для дальнейшего определения кобальта (II)) или в растворе 0.1 моль/л HCl (для дальнейшего определения железа (III)), затем промывали дистиллированной водой до pH 4-5, ацетоном и высушивали на воздухе. Применяли готовые образцы реagentной индикаторной бумаги РИБ ФМОПФ-6-Ц с ковалентно закрепленным 1,3-дифенил-5-(6-метил-4-оксо-3,4-дигидропиримидин-2-ил)-формазаном [23, 24], которые разрезали на полоски размером 2.5×1.0 см.

Использовали реактивы квалификации х.ч. или ч.д.а. Точную концентрацию ионов металлов в исходных растворах солей устанавливали трилометрическим ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, FeCl_3 [26]) и йодометрическим ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ [27]) титрованием. Исходные растворы 0.1 моль/л NaF и 5 моль/л KSCN готовили, растворяя точные навески солей в дистиллированной воде. В случае определения железа (III) раствор KSCN дополнительно очищали от примесей Fe^{3+} с помощью подготовленных к работе таблеток ППУ. Рабочие растворы готовили разбавлением исходных. Нужную кислотность создавали добавками растворов 0.2 моль/л H_2SO_4 или 0.01 моль/л HCl.

Для определения ионов Co^{2+} и Fe^{3+} в мерных колбах вместимостью 25 мл последовательно смешивали требуемый объем раствора $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ или FeCl_3 , 5 мл раствора KSCN, 2 мл раствора NaF (в случае определения Co^{2+}), 2 мл раствора 0.2 моль/л H_2SO_4 и доводили дистиллированной водой до метки. Приготовленные растворы переливали в конические колбы вместимостью 100 мл, в каждую погружали по одной таблетке ППУ, из сорбента удаляли пузырьки воздуха с помощью стеклянной палочки и встряхивали на механическом смесителе 30 мин в случае определения Co^{2+} и 15 мин — Fe^{3+} . Окрашенные таблетки вынимали из растворов и сушили на воздухе [21, 22].

Для определения ионов Cu^{2+} в мерных колбах вместимостью 25 мл готовили растворы требуемой концентрации Cu^{2+} с рН 3 (HCl) и переливали в чашки Петри. Образцы РИБ погружали в растворы на 15 мин, с помощью пинцета вынимали из растворов и сушили на воздухе.

Окрашенные образцы ППУ и РИБ сканировали с помощью портативного фотометра, предварительно калибруя фотометр по белому стандарту. Образцы располагали на белой подложке и плотно прижимали к экрану прибора. Цветовыделение изображений и определение яркости R-, G-, B-каналов выполняли с помощью компьютерных программ Microsoft Excel и Origin 6.0. Яркость каналов менялась в диапазоне значений от 0 до 4500, что соответствует диапазону значений от 0 до 225 при использовании настольного сканера.

Диффузное отражение (R) этих же образцов ППУ и РИБ измеряли на спектрофотометре СФ-2000 относительно холостых образцов и пересчитывали в функцию Кубелки-Мунка (F) по формуле:

$$F = (1 - R)^2 / 2R. \quad (2)$$

Результаты и их обсуждение

Выбор исследуемых систем определялся, с одной стороны, тем, что тест-системы хорошо изучены [11, 24, 28], а с другой стороны, тем, что их спектры диффузного отражения (рис. 3) перекрывают почти весь видимый диапазон длин волн. Максимумы поглощения составили 622 нм, 488 нм и 558 нм для продуктов реакции взаимодействия ионов Co^{2+} и Fe^{3+} с KSCN, сорбированных на ППУ, и для продукта реакции взаимодействия ионов Cu^{2+} с иммобилизованным на бумаге формазаном, соответственно.

Для всех систем были найдены диапазоны концентраций ионов металлов, в которых зависимость функции Кубелки-Мунка от $c(\text{M}^{z+})$ имела линейный характер. Уравнения градуировочной зависимости $\Delta F = a + k \cdot c(\text{M}^{z+})$ приведены в табл. 1.

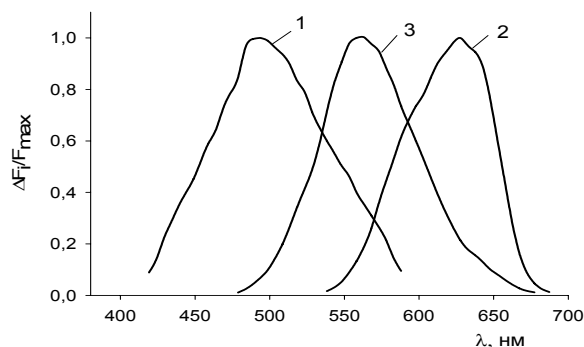


Рис 3. Нормированные спектры поглощения комплексов, иммобилизованных на сорбентах: 1 — тиоцианатные комплексы Fe^{3+} на ППУ, 2 — тиоцианатные комплексы Co^{2+} на ППУ, 3 — комплексы Cu^{2+} с формазаном на бумаге.

После сканирования окрашенных образцов ППУ и РИБ с помощью портативного фотометра и математической обработки результатов сканирования были построены зависимости яркости R-, G-, B-каналов от концентрации ионов металлов в растворе (рис. 4). Мы убедились, что с увеличением концентрации аналитов интенсивность окраски сорбентов увеличивалась, а яркость цветных изображений R-, G-, B- каналов уменьшалась. Как и следовало ожидать, наиболее ярким каналом для голубых таблеток ППУ с иммобилизованными комплексами Co(II) оказался канал B, для красных таблеток ППУ с комплексами Fe(III) и фиолетовых РИБ — канал R. Для каждой системы можно выделить канал, яркость которого убывает сильнее других с увеличением концентрации металла в растворе: для Co(II) и Cu(II) это канал R, для Fe(III) — канал G.

Обработка полученных результатов с помощью программы Origin показала, что все экспериментальные зависимости лучше описала не убывающая экспонента первого порядка (ур. (1)), а убывающая степенная функция вида:

$$I(R,G,B) = a \cdot c^{-t}, \quad (3)$$

где a, t — параметры уравнения кривой, c — концентрация определяемого компонента.

В табл. 2 для всех трех систем приведены значения параметров градуировочной зависимости и коэффициента регрессии, диапазон определяемого содержания ионов Me^{z+} и число концентраций (n) на градуировочной зависимости.

Таблица 1. Уравнения градуировочных зависимостей, диапазоны линейности градуировочного графика и значения предела определения ионов Cu^{2+} , Co^{2+} и Fe^{3+} методом спектроскопии диффузного отражения (СДО) и методом сканер-технологии (n — число точек на градуировочном графике)

Me^{z+}	Уравнения градуировочных зависимостей	Диапазон линейности градуировочного графика, мг/л	R^2	C_{lim} , мг/л
Метод СДО				
Cu^{2+}	$\Delta F = (0.106 \pm 0.011) + (1.27 \pm 0.09) \cdot 10^{-3}c$ ($n=9$)	15—200	0.993	14
Co^{2+}	$\Delta F = (0.6 \pm 0.2) + (3.3 \pm 0.4)c$ ($n=9$)	0.10—0.90	0.983	0.089
Fe^{3+}	$\Delta F = (1.91 \pm 0.16)c$ ($n=14$)	0.05—0.38	0.993	0.031
Сканер-технологии				
Cu^{2+}	$I(R) = (4.120 \pm 0.010) \cdot 10^3 - (60 \pm 3)c$ ($n=5$)	10—25	0.998	10
Co^{2+}	$I(R) = (3.07 \pm 0.02) \cdot 10^3 - (1.118 \pm 0.002) \cdot 10^3c$ ($n=5$)	0.03—0.10	0.998	0.033
Fe^{3+}	$I(G) = (3.65 \pm 0.04) \cdot 10^3 - (5.24 \pm 0.03) \cdot 10^3c$ ($n=6$)	0.05—0.13	0.989	0.029

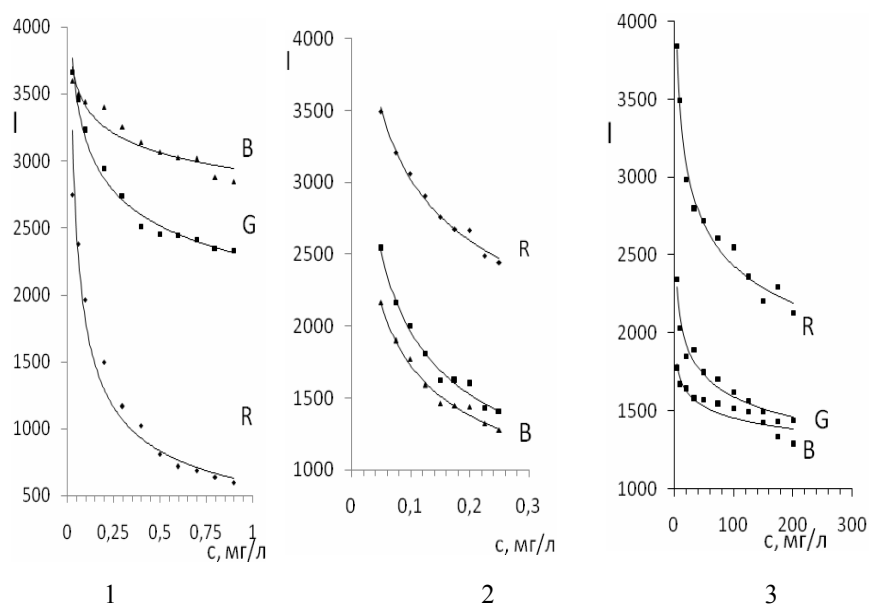


Рис. 4. Зависимость яркости R-, G- и B-составляющих окраски комплексов, иммобилизованных на сорбентах, от концентрации ионов металлов в растворе.

1 — тиоцианатные комплексы Co^{2+} на ППУ, 2 — тиоцианатные комплексы Fe^{3+} на ППУ, 3 — комплексы Cu^{2+} с формазаном на бумаге.

Таблица 2. Значения параметров градуировочной зависимости вида $I(R,G,B) = a \cdot c^{-1}$.

Me^{z+}	Диапазон определяемого содержания, мг/л	n	Параметры		R^2
			a	t	
Cu^{2+}	10—200	11	$(4.83 \pm 0.02) \cdot 10^3$	0.15 ± 0.02	0.972
Co^{2+}	0.01—0.90	10	$(6.1 \pm 0.9) \cdot 10^2$	0.48 ± 0.07	0.964
Fe^{3+}	0.05—0.33	12	$(85 \pm 0.6) \cdot 10^2$	0.36 ± 0.02	0.984

Оценка метрологических характеристик методик анализа.

Оценку предела определения аналитов (C_{lim}) с использованием линейной градуировочной зависимости $\Delta F = a + k \cdot c (Me^{z+})$ проводили согласно рекомендациям IUPAC [25]. Значение предела вычисляли по формуле:

$$c_{lim} = (t_{p,f} \cdot s_0 / k) / [1 - (t_{p,f} \cdot s_k / k)^2]^{1/2}, \quad (3)$$

где $t_{p,f}$ — табличное значение критерия Стьюдента при доверительной вероятности $P=0.95$ и числе степеней свободы $f=n-2$; k — градуировочный параметр (чувствительность); s_0 — остаточное стандартное отклонение; s_k — стандартное отклонение параметра k .

В случае портативного фотометра для оценки c_{lim} использовали только начальный линейный участок зависимости яркости канала от концентрации ионов M^{z+} : $I(R,G,B) = a + k \cdot c(M^{z+})$. Вычисленные значения c_{lim} приведены в табл. 1.

Как следует из данных табл. 1 и 2, диапазоны определяемого содержания ионов металлов двумя методами совпадают для всех тест-систем. Оцененные значения предела определения Cu^{2+} и Co^{2+} несколько ниже при использовании портативного фотометра, для Fe^{3+} значения практически совпали для двух методов.

Показателями прецизионности результатов измерений являются сходимос ть и воспроизводимос ть. Сходимость оценивали для одних и тех же образцов из пяти повторных измерений отражения на приборе СФ-2000 и яркости цветового канала с использованием портативного фотометра (табл. 3). При измерении отражения окрашенных РИБ и ППУ на всем диапазоне исследуемых концентраций разброс результатов был примерно одинаковым, значение относительного стандартного отклонения менялось от 0.02% до 0.6%. Для портативного фотометра разброс результатов измерения R-, G- и B-составляющих окраски комплексов оказался больше для ППУ, особенно при измерении яркости красного канала для системы Co^{2+} -ППУ.

В случае оценки воспроизводимости усредняли результаты параллельных измерений отражения и $I(R,G,B)$ девяти образцов, приготовленных для всех уровней концентраций рабочего диапазона. Как видно из данных табл. 3, разброс значений s_r для всех тест-систем сузился, но средние значения относительного стандартного отклонения увеличились и совпали для двух методов.

Таблица 3. Показатели прецизионности измерения отражения и яркости цветовых каналов

Тест-система	Сходимость, s_r , % (n=5)		Воспроизводимос ть, s_r , % (n=9)	
	СФ-2000	Фотометр	СФ-2000	Фотометр
Cu^{2+} -РИБ	0.05-0.3	0.08-0.3	0.1-0.3	0.1-0.3
Co^{2+} -ППУ	0.02-0.6	0.4-1.2	0.1-0.5	0.1-0.7
Fe^{3+} -ППУ	0.02-0.4	0.1-0.8	0.1-0.5	0.1-0.6

Правильность результатов анализа проверяли методом «введено–найдено» на стандартных растворах (табл. 4). Результаты определений хорошо согласуются между собой, систематическая погрешность отсутствует. Относительная погрешность определения кобальта (II) с использованием портативного фотометра оказалась ниже.

Таблица 4. Результаты проверки правильности методик определения

Тест-система	$c(M^{z+})$, мг/л		
	Введено, мг/л	Найдено, мг/л (n=3, P=0.95)	
		СДО	Сканер-технологии
Cu^{2+} -РИБ	125	125 ± 1 ($s_r = 0.002$)	126 ± 1 ($s_r = 0.002$)
Co^{2+} -ППУ	0.45	0.44 ± 0.05 ($s_r = 0.026$)	0.46 ± 0.01 ($s_r = 0.005$)
Fe^{3+} -ППУ	0.15	0.14 ± 0.01 ($s_r = 0.017$)	0.16 ± 0.01 ($s_r = 0.015$)

Таким образом, показано, что портативный фотометр по своим рабочим характеристикам не уступает спектрофотометру СФ-2000 (в режиме измерения диффузного отражения). Его применение позволяет расширить диапазоны определяемого содержания кобальта (II) и меди (II) с использованием указанных тест-систем. Рабочая схема фотометра, низкая потребляемая мощность (не превышает 0.5 Вт в режиме измерения), возможность калибровки и программного настраивания под конкретные тест-системы, малые габаритные размеры делает возможным подключение прибора к USB-порту компьютерной техники и проведение анализа вне лаборатории. Портативный фотометр может быть применен для работы с сыпучими сорбентами, используя дополнительное приспособление-кювету. Такие исследования планируется продолжить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотов Ю.А., Цизин Г.И., Дмитриенко С.Г., Моросанова Е.И. Сорбционное концентрирование микрокомпонентов из растворов: применение в неорганическом анализе. – М.: Наука, 2007. – 320 с.
2. Золотов Ю.А., Иванов В.М., Амелин В.Г. Химические тест-методы анализа. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 304 с.
3. Дмитриенко С.Г., Апяри В.В. Пенополиуретаны: сорбционные свойства и применение в химическом анализе. – М.: КРАСАНД, 2010. – 264 с.
4. Иванов В.М., Кузнецова О.В. // Успехи химии. 2001. Т. 70. № 5. С. 411-428.
5. Иванов В.М., Кузнецова О.В., Гринева О.В. // Журн. аналит. химии. 1999. Т. 54. № 3. С. 263-267.
6. Морозко С.А., Иванов В.М. // Журн. аналит. химии. 1997. Т. 52. № 8. С. 858-865.
7. Иванов В.М., Кузнецова О.В. // Журн. аналит. химии. 2000. Т. 55. № 9. С. 998-1003.
8. Герасимов А.В. Журн. аналит. химии. 2004. Т. 59. № 4. С. 392-397.
9. Brown N., Peng J., Jackson M.R., Parkin R.M. // Optics & Laser Technology. 33. 2001. 103-10.
10. Дмитренко С.Г., Апяри В.В., Свиридова О.А., Бадакова С.А., Золотов Ю.А. // Вестник Моск. Ун-та. Сер.2. Химия. 2004. Т. 45 №2. С.131-138.
11. Шишкин Ю.Л., Дмитриенко С.Г., Медведева О.М., Бадакова С.А., Пяткова Л.Н. // Журн. аналит. химии. 2004. Т. 59. № 2. С. 119-124.
12. Kompany-Zareh M., Mansourian M., Ravaee F. // Anal. Chim. Acta. 471. 2002. P.97-104.
13. Апяри В.В., Дмитриенко С.Г. // Журн. аналит. химии. 2008. Т. 63. № 6. С. 581-588.
14. Suzuki Ya., Endo M., Jin J., Iwase K., Iwatsuki M. // Analytical Sciences. Vol. 22. 2006. P.411-414.
15. Aghanouri A., Amirshahi S.H., Agahian F. // Analytical Sciences. Vol. 26. 2010. P.101-105.
16. Shimazaki Ya., Watamabe Sh., Takahashi M., Iwatsuki M. // Analytical Sciences. Vol. 16. 2000. P.1091-1093.
17. Kawakubo S., Naito A., Fujihara A., Iwatsuki M. // Analytical Sciences. Vol. 20. 2004. P.1159-1163.
18. Yang P.K., Chen J.C., Chang Y.H. // Optics Communications. 272.2007. P. 320-324.
19. Liang K., Li W., Liu X.L., Wang W.J., Han D.J. // Displays. 30. 2009. 107-113.
20. Сніжко Д.В. Рефлектометр для біомедичних досліджень // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2009. Вип. 156. С. 263 - 267.
21. Дмитренко С.Г. // Сорбционно-фотометрические и тест-методы анализа с применением пенополиуретанов. М.: МГУ, 2003. – 30 с.
22. Островская В.М. Реактивные индикаторные средства (РИС) для многоэлементного тестирования воды. М.: МПО «1-ая Образцовая типография», 1992. — 36 с.
23. Островская В.М., Запорожец О.А., Будников Г.К., Чернавская Н.Н. Вода. Индикаторные системы. М.: Эконикс, 2002. – 266 с.
24. Lloyd A. Currie// Purges Appl.Chem. 1995. Vol.67. № 10. P 1699-1723.
25. Умланд Ф., Янсен А., Тириг Д., Вюнш Г. Комплексные соединения в аналитической химии. М.: МИР, 1975. – 499 с.
26. Бугаевский О.А., Дрозд А.В., Науменко В.А., Юрченко О.І. Лабораторний практикум з аналітичної хімії. Х.: ХНУ, 1999.- 139 с.
27. Решетняк Е.А., Никитина Н.А., Логинова Л.П., Островская В.М. // Журн. аналит. химии. 2005. Т.60. № 10. С. 1102–1109.

Поступила в редакцию 15 августа 2010 г.

О. О. Решетняк, Н. О. Нікітіна, Д. В. Сніжко, Я. А. Житняківська, Я. А. Бондаренко, В. М. Островська. Про використання портативного фотометру для реєстрації кольору сорбентів в хімічному аналізі.

Показано можливість використання портативного фотометра для реєстрації кольорних характеристик непрозорих сорбентів. Спосіб оснований на скануванні забарвлених зразків пінополіуретану и реагентного

індикаторного паперу за допомогою фотометру, обробці кольорових зображень і побудови градувальних залежностей в координатах яскравості одного з обраних каналів (R, G або B) — концентрація компоненту, що визначається, з використанням комп'ютерних програм Microsoft Excel і Origin. Показано, що портативний фотометр за своїми робочими характеристиками не поступається спектрофотометру СФ-2000 (в режимі вимірювання дифузного відбиття). Малі габаритні розміри та технічні особливості роблять можливим підключення приладу до комп'ютеру і проведення аналізу поза лабораторією.

Ключові слова: портативний фотометр, сканер-технології, спектроскопія дифузного відбиття, реагентний індикаторний папір, пінополіуретан.

E. A. Reshetnyak, N. A. Nikitina, D. V. Snizhko, Ya. A. Zhitnyakovskaya, Ya. A. Bondarenko, V. M. Ostrovskaya. About the use of portable photometer for registering the sorbent color in chemical analysis.

The possibility to use the portable photometer for registering color characteristics of non-transparent sorbents was shown. This includes the scanning of colored samples of polyurethane foam and reagent indicating paper using photometer, processing of chromatic images and plotting graduate dependencies in the coordinates "the brightness of the chosen channel (R, G or B) — the concentration of determined component". The portable photometer is not inferior in its performance capabilities to spectrophotometer SF-2000 (in the regime of diffuse reflection measurement). The small overall size and possibility to connect computer make the device suitable for use outside laboratory.

Key words: portable photometer, scanner technologies, spectroscopy of diffuse reflection, reagent indicating paper, polyurethane foam.

Kharkov University Bulletin. 2010. № 932. Chemical Series. Issue 19(42).