

Определение микроколичеств меди в пищевых продуктах

В. И. Марданова¹, Х. Д. Нагиев¹, Ф. М. Чырагов¹, М. Ф. Мамедова¹

УДК 550.4.01:546.74:54.412.2

Исследовано взаимодействие меди (II) с азосоединением на основе хромотроповой кислоты – динатриевой солью 2,7-бис(азо-2-дигидрокси-3-сульфо-5-нитробензол)-1,8-дигидроксинафталин-3,6-дисульфокислоты (R) в присутствии диантипирилметана (DAM) и этилендиамина (ED). Установлено влияние концентрации реагирующих веществ, времени и температуры на образование разнолигандных комплексов, а также рассчитаны константы устойчивости и интервал линейности градуировочного графика. Выявлено, что в присутствии избытков ионов Cd (II), Zn (II), Mn (II), Co (II), Ni (II) и др., медь (II) можно избирательно определить в виде разнолигандных комплексов Cu(II)-R-ED(DAM). Разработанный метод определения меди в виде разнолигандного комплекса Cu(II)-R-ED апробирован при анализе пищевых продуктов (горох и гречка).

Ключевые слова: медь (II), динатриевая соль 2,7-бис(азо-2-дигидрокси-3-сульфо-5-нитробензол)-1,8-дигидроксинафталин-3,6-дисульфокислоты, разнолигандный комплекс, этилендиамин, диантипирилметан, пищевые продукты

Введение

Азосоединения широко используют при определении ряда ионов металлов методом спектрофотометрии. Однако большинство этих соединений нерастворимы в воде, вследствие чего их комплексы с ионами металлов экстрагируют подходящим органическим растворителем для дальнейшего спектрофотометрического определения. Такие способы трудоемки и длительны по времени, поэтому необходимы более простые и быстрые методы [1-10].

Известны методики спектрофотометрического определения микроколичеств меди в сложных органических соединениях, содержащих различные функциональные группы. Анализ проводят в присутствии гетероциклических аминов, которые способствуют комплексообразованию при смещении pH раствора в более кислую среду [11-13]. Эффективные спектрофотометрические методики определения ионов меди (II) в природных и промышленных объектах в литературных источниках встречаются достаточно редко [14-16]. Следовательно, актуальной задачей является разработка простого, чувствительного,

селективного и недорогого метода, который позволит определять микроколичества меди (на уровне ниже 0,01% масс.) в различных материалах, в том числе, в пищевых продуктах.

Ионы меди (II) являются токсичными, ПДК в воде составляет – 1 мг/мл. Соответственно, избыточное количество ионов меди в пищевых продуктах опасно для организма человека. Для апробации разрабатываемого метода в качестве объектов исследования выбраны растительные пищевые продукты – горох и гречка.

Цель работы заключается в исследовании взаимодействия меди (II) с азосоединением на основе хромотроповой кислоты – динатриевой солью 2,7-бис(азо-2-дигидрокси-3-сульфо-5-нитробензол)-1,8-дигидроксинафталин-3,6-дисульфокислоты, в присутствии этилендиамина и диантипирилметана и в разработке высокоселективного метода определения микроколичеств меди в пищевых продуктах (горохе и гречке).

Экспериментальная часть

Растворы и реагенты

Динатриевую соль 2,7-бис(азо-2-дигидрокси-3-сульфо-5-нитробензол)-1,8-дигидроксинафталин-

¹ Бакинский государственный университет, г. Баку, Азербайджан.

3,6-дисульфокислоты (R) синтезировали по методу [17]. Реагент представляет собой красно-оранжевое кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде. Структурная формула представлена на рис. 1.

В работе применяли $1,0 \cdot 10^{-3}$ М растворы реагента (R), диантипирилметана (DAM) и этилендиамина (ED). Для перевода в раствор реагента (R) использовали дистиллированную воду, а для диантипирилметана и этилендиамина – смесь воды с этанолом (1:1).

Стандартный раствор $1,0 \cdot 10^{-1}$ М меди (II) готовили растворением металлической меди в разбавленной серной кислоте (1:5) по методу [18]. Перед анализом растворы разбавляли до концентрации меди $1,0 \cdot 10^{-3}$ М дистиллированной водой. Все реагенты имели квалификацию не ниже ч. д. а. Для создания необходимой кислотной среды использовали ацетатно-аммиачные буферные растворы (pH 3,0–11,0) и HCl (pH 0–2,0).

Аппаратура

Измерения проводили на спектрофотометре Lambda-40 в УФ и видимой областях с компьютерным обеспечением (фирмы Perkin Elmer) в кюветах с толщиной слоя 1,0 см. Кислотность растворов измеряли с помощью pH-метра pH-25 (Kelilong Electron) со стеклянным электродом.

Результаты по разработанной методике сравнивали с данными, полученными на атомно-абсорбционном спектрометре AAnalyst 400 (Perkin Elmer).

Построение градуировочного графика

Cu(II)-R-ED(DAM)

В мерные колбы емкостью 25 мл добавляли различные количества раствора меди (II) до концентраций 0,06–2,56 мкг/мл; 2,5 мл $1,0 \cdot 10^{-3}$ М раствора реагента (R) и 3,0 мл $1,0 \cdot 10^{-3}$ М раствора ED или DAM доводили до метки 0,1 М раствором HCl или 0,01 М раствором HCl в случае Cu(II)-R-DAM. Аналогично готовили раствор для контрольного опыта. Оптическую плотность раствора измеряли на приборе Lambda-40 при $\lambda = 527$ нм ($\lambda = 511$ нм в случае Cu(II)-R-DAM) на фоне контрольного опыта в кювете с толщиной слоя 1,0 см.

Подготовка проб

Навеску образца пищевых продуктов (горох и гречка) массой 200 г после высушивания помещали

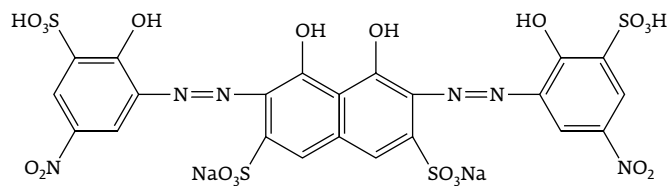


Рис. 1. Структурная формула динатриевой соли 2,7-бис(азо-2-дигидрокси-3-сульфо-5-нитробензол)-1,8-дигидроксинафталин-3,6-дисульфокислоты

в графитовую чашу, сжигали в муфельной печи при температуре 650–750 °С до полного разложения органических веществ. Полученную золу растворяли в смеси 15 мл HCl и 5 мл HNO₃ в чашке из стеклоуглерода и обрабатывали 4–5 мл раствором HCl три раза при 60–70 °С до полной отгонки оксидов азота. Далее смесь растворяли в дистиллированной воде, отфильтровывали в колбу емкостью 100 мл и доводили раствор до метки. Аликвоту пробы переносили в мерную колбу емкостью 25 мл, приливали 2,5 мл $1,0 \cdot 10^{-3}$ М раствора реагента (R) и 3,0 мл $1,0 \cdot 10^{-3}$ М раствора этилендиамина или диантипирилметана.

Результаты и их обсуждение

Исследованы спектры поглощения динатриевой соли 2,7-бис(азо-2-дигидрокси-3-сульфо-5-нитробензол)-1,8-дигидроксинафталин-3,6-дисульфокислоты при различных pH среды [8]. Установлено, что реагент (R) представляет собой четырехосновную кислоту и в зависимости от кислотности среды может находиться в молекулярной (H₄R) и четырех анионных (H₃R¹⁻, H₂R²⁻, HR³⁻ и R⁴⁻) формах. Вычислена молярная доля (%) каждой из форм реагента (R) в зависимости от pH среды (табл. 1). Диаграмма распределения приведена на рис. 2.

Таблица 1. Распределение (α, %) различных форм динатриевой соли 2,7-бис(азо-2-дигидрокси-3-сульфо-5-нитробензол)-1,8-дигидроксинафталин-3,6-дисульфокислоты в зависимости от pH среды

Распределение α, %	pH						
	3	4	5	6	7	8	9
α _{H₄R}	100	20,66	0,56	0,01	0	0	0
α _{H₃R¹⁻}	0	79,34	12,80	1,41	0,11	0	0
α _{H₂R²⁻}	0	0	86,63	96,06	71,26	0	0
α _{H₃R³⁻}	0	0	0	2,52	24,43	47,60	0
α _{R⁴⁻}	0	0	0	0	0	52,40	100

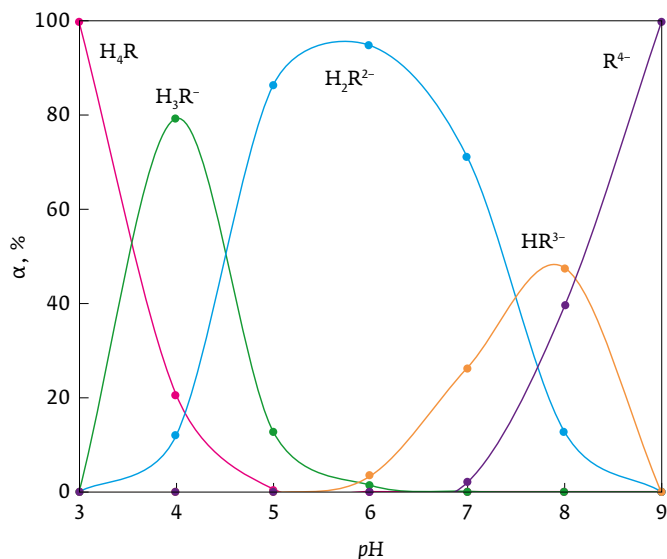


Рис. 2. Диаграмма распределения различных форм динатриевой соли 2,7-бис(азо-2-дигидрокси-3-сульфо-5-нитробензол)-1,8-дигидроксиафталин-3,6-дисульфокислоты в зависимости от pH среды

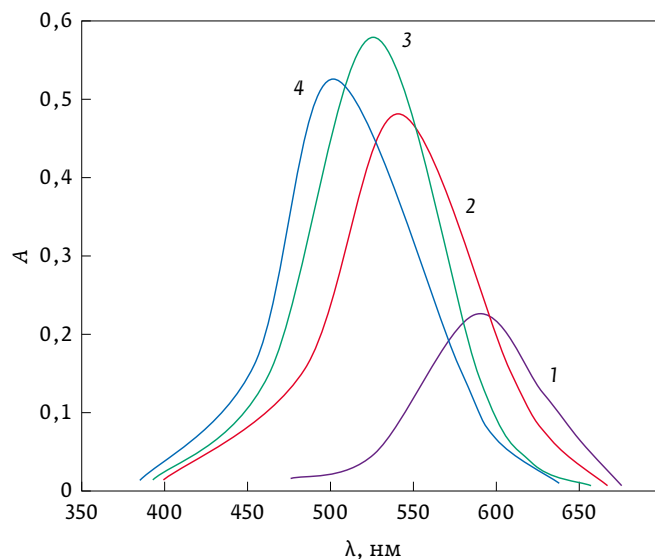


Рис. 3. Спектры поглощения растворов комплексов меди (II) при оптимальном pH среды: 1. R; 2. Cu(II)-R; 3. Cu(II)-R-ED; 4. Cu(II)-R-DAM. $C_{Cu} = 4,0 \cdot 10^{-5}$ М, $C_R = 1,2 \cdot 10^{-4}$ М, $C_{ED(DAM)} = 1,2 \cdot 10^{-4}$ М, λ_{40} , $\ell = 1,0$ см

Определены ступенчатые константы диссоциации реагента (pK_a) методом потенциометрического титрования: $pK_1 = 3,64 \pm 0,07$; $pK_2 = 4,17 \pm 0,05$; $pK_3 = 7,49 \pm 0,04$; $pK_4 = 8,08 \pm 0,06$.

Спектры поглощения динатриевой соли 2,7-бис(азо-2-дигидрокси-3-сульфо-5-нитробензол)-1,8-дигидроксиафталин-3,6-дисульфокислоты и ее однородно- и разнолигандных комплексов с медью (II) приведены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, реагент обладает максимальным поглощением при 577 нм (кривая 1), а его комплекс с медью (II) – при 538 нм (кривая 2). В присутствии этилендиамина и диантипирилметана образуются разнолигандные комплексы Cu(II)-R-ED и Cu(II)-R-DAM, при этом наблюдаются гипсохромные сдвиги в спектрах поглощения. Интенсивность спектров поглощения комплексов Cu(II)-R-ED

и Cu(II)-R-DAM максимальны при 527 и 511 нм, соответственно.

Изучение зависимости оптической плотности от pH раствора показало, что комплексы меди (II) возникают в кислой среде при pH=0–6,0 (рис. 4). Максимальный выход однолигандного комплекса Cu(II)-R наблюдается при pH=3,0–3,5 (кривая 1). При образовании разнолигандных комплексов максимальный выход сдвигается в более кислую область по сравнению с однолигандными комплексами. Оптимальные значения pH ($pH_{\text{опт}}$) для комплексов Cu(II)-R-ED (кривая 2) и Cu(II)-R-DAM (кривая 3) соответственно равны 1,0–1,4 и 1,8–2,3.

Для выбора оптимальных условий образования однородно- и разнолигандных комплексов меди (II) изучено влияние концентрации реагирующих компонентов, времени и температуры.

Таблица 2. Химико-аналитические характеристики изученных комплексов меди (II)

Комплекс	$pH_{\text{опт}}$	λ_{max} , нм	$\Delta\lambda$, нм	Соотношение компонентов	$\epsilon_{\text{max}} \cdot 10^{-4}$	$\lg \beta$	Интервал линейности градуировочного графика, мкг/мл
Cu(II)-R	3,0–3,5	538	39	1:2	$1,04 \pm 0,02$	$8,75 \pm 0,05$	0,13–2,56
Cu(II)-R-ED	1,0–1,4	527	50	1:2:2	$1,30 \pm 0,03$	$13,46 \pm 0,08$	0,06–2,56
Cu(II)-R-DAM	1,8–2,3	511	66	1:2:2	$1,20 \pm 0,04$	$12,90 \pm 0,07$	0,06–2,56

$pH_{\text{опт}}$ – оптимальные значения pH комплексообразования, λ_{max} – максимальная длина волны, $\Delta\lambda$ – разность между максимальными длинами волны соответствующего комплекса и реагента, ϵ_{max} – максимальный молярный коэффициент светопоглощения, β – условная константа устойчивости комплексов.

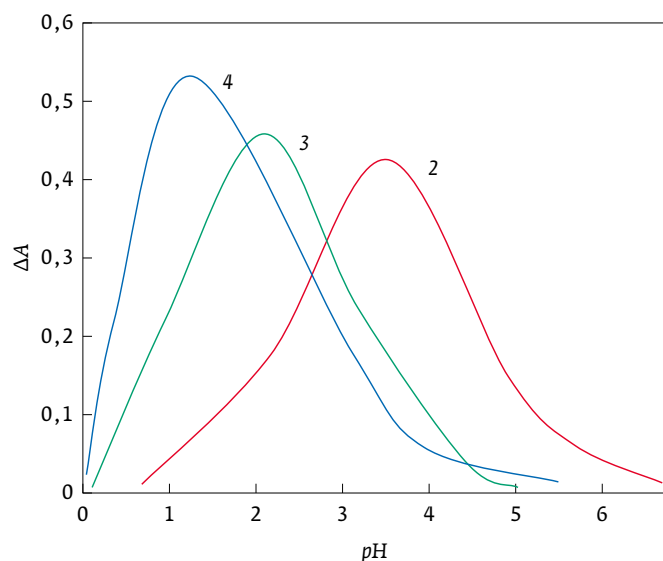


Рис. 4. Зависимость оптической плотности растворов комплексов меди(II) от pH при $\lambda_{\text{макс}}$: 1. Cu(II)-R, 2. Cu(II)-R-ED, 3. Cu(II)-R-DAM. $C_{\text{Cu}} = 4,0 \cdot 10^{-5}$ M, $C_{\text{R}} = 1,2 \cdot 10^{-4}$ M, $C_{\text{ED(DAM)}} = 1,2 \cdot 10^{-4}$ M, $\lambda = 40$, $\ell = 1,0$ см

Выход однородного комплекса Cu(II)-R максимален при концентрации реагента (R) – $1,2 \cdot 10^{-4}$ M, а разнолигандных комплексов Cu(II)-R-ED и Cu(II)-R-DAM – при $1,0 \cdot 10^{-4}$ M ED и $1,2 \cdot 10^{-4}$ M DAM, соответственно. Оптическая плотность раствора однолигандного комплекса Cu(II)-R остается постоянной при 3,0–8,0-кратных молярных избытках реагента, а в разнолигандных комплексах Cu(II)-R-ED и Cu(II)-R-DAM – 2,5–10,0-кратных реагента и 3,0–12,0-кратных этилендиамина и диантипирилметана соответственно. Все комплексы меди (II) возникают сразу после смешивания растворов компонентов и устойчивы в течение более суток и при температуре до 70 °C.

Медь (II) с реагентом (R) образует окрашенный комплекс Cu(II)-R при соотношении компонентов 1:2 в кислой среде при pH 3,0–3,5. В присутствии диантипирилметана и этилендиамина появляются разнолигандные комплексы в соотношении компонентов Cu(II):R:ED(DAM)=1:2:2, с образованием которых наблюдается гипсохромный сдвиг в спектре поглощения и максимальный выход смещается в более кислую среду по сравнению с однороднолигандным комплексом Cu(II)-R.

Молярные коэффициенты светопоглощения и другие химико-аналитические характеристики одно- и разнолигандных комплексов меди (II) приведены в табл. 2. Разнолигандные комплексы обладают наибольшими значениями молярных коэффициентов светопоглощения.

Установлена линейность градуировочных графиков при определении меди (II) в однородно- и разнолигандных комплексах (табл. 3). Выявлено, что градуировочный график линейен в диапазоне 0,13–2,56 мкг/мл для комплекса Cu(II)-R и 0,06–2,56 мкг/мл для комплексов Cu(II)-R-ED и Cu(II)-R-DAM. По методу наименьших квадратов рассчитаны уравнения градуировочных графиков ($A = \alpha \cdot c + b$) [19].

$$A = (0,162 \pm 0,010) \cdot c + (2,00 \pm 0,16) \cdot 10^{-3}; \text{ Cu(II)-R}$$

$$A = (0,203 \pm 0,008) \cdot c + (2,85 \pm 0,10) \cdot 10^{-3}; \text{ Cu(II)-R-ED}$$

$$A = (0,188 \pm 0,010) \cdot c + (1,60 \pm 0,09) \cdot 10^{-3}; \text{ Cu(II)-R-DAM.} \quad (1)$$

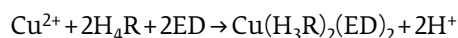
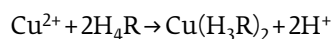
Таблица 3. Допустимые соотношения по массе сопутствующих ионов к меди (II) при ее определении в виде однородно- и разнолигандных комплексов

Сопутствующие ионы и маскирующие вещества	Соотношение сопутствующих ионов к меди (II) по массе		
	Cu(II)-R	Cu(II)-R-ED	Cu(II)-R-DAM
Na ⁺	★	★	★
K ⁺	★	★	★
Ca ²⁺	625	★	★
Ba ²⁺	43	★	★
Cd ²⁺	813	1792	1792
Zn ²⁺	609	1016	1523
Mn ²⁺	172	1800	1800
Mg ²⁺	375	★	★
Co ²⁺	83	1840	1750
Ni ²⁺	92	1930	1750
Cr ³⁺	17	850	654
Al ³⁺	422	856	664
Fe ³⁺	18	220	220
Sn ⁴⁺	19	1040	780
Pb ⁴⁺	64	128	96
V ⁵⁺	159	425	300
F ⁻	100	1600	1200
Лимонная кислота	90	1000	500
Винная кислота	234	2340	2100
ЭДТА	18	460	460

★ – не мешает.

Как видно из табл. 3, с возрастанием молярных коэффициентов поглощения комплексов увеличиваются углы наклона (α) линейных уравнений.

Соотношения компонентов в составе образующихся окрашенных комплексов меди (II) в растворе установлены методами сдвига равновесия, относительного выхода Старика-Барбанеля и изомолярных серий [20]. Все методы показали, что соотношение компонентов в однолигандном комплексе Cu(II)-R составляет 1:2, а в разнолигандных комплексах Cu(II)-R-ED и Cu(II)-R-DAM – 1:2:2 (табл. 3). Для выяснения химизма их возникновения применяли метод Астахова [21]. Учитывая константы гидролиза ионов Cu (II) [22] и форму реагента в растворе (рис. 2) в оптимальных условиях, можно предположить следующие схемы образования одно- и разнолигандных комплексов меди (II):



По методу пересечения кривых рассчитаны стехиометрия и константы устойчивости этих соединений. Результаты, полученные вышеуказанными методами, подтверждены при определении стехиометрии. Найдено, что $\lg \beta(\text{Cu-R}) = 8,75 \pm 0,05$; $\lg \beta(\text{Cu-R-ED}) = 13,46 \pm 0,08$; $\lg \beta(\text{Cu-R-DAM}) = 12,90 \pm 0,07$.

Также при изучении влияния сопутствующих ионов и маскирующих веществ установлено, что в присутствии этилендиамина и диантипирилметана избирательность реакции значительно увеличивается. И следовательно, определению меди (II) в виде разнолигандных комплексов Cu(II)-R-ED и Cu(II)-R-DAM не мешают ионы Cd (II), Zn (II), Mn (II), Co (II), Ni (II) и др. с более чем 1000-кратном избытком по массе (табл. 3).

В результате проведенных исследований разработана методика определения меди (II) с динатриевой солью 2,7-бис(азо-2-дигидрокси-3-сульфо-5-нитробензол)-1,8-дигидрокси-3,6-дисульфокислотой в присутствии этилендиамина в пищевых продуктах (горохе и гречке). В табл. 4 представлены результаты, полученные с использованием предложенного подхода и атомно-абсорбционного метода

Таблица 4. Содержание меди в образцах гороха и гречки ($n=5$, $P=0,95$)

Анализируемый объект	Метод анализа	Содержание Cu, $\left(\bar{X} \pm \frac{t_{p,f} \cdot S}{\sqrt{n}} \right)$, % масс.	$S_r = \frac{S}{\bar{X}}$
Гречка	Спектрофотометрический R-ED	$(1,13 \pm 0,06) \cdot 10^{-3}$	0,046
	ААС	$(1,17 \pm 0,08) \cdot 10^{-3}$	0,060
Горох	Спектрофотометрический R-ED	$(7,54 \pm 0,22) \cdot 10^{-4}$	0,025
	ААС	$(7,61 \pm 0,28) \cdot 10^{-4}$	0,032

анализа (ААС), которые хорошо согласуются между собой.

Разработанная методика достаточно проста, экспрессна и дает надежные результаты.

Заключение

Для определения меди спектрофотометрическим методом использованы азопроизводные хромотроповой кислоты. Реагент в зависимости от кислотности среды может находиться в молекулярной (H_4R) и четырех анионных (H_3R^{1-} , H_2R^{2-} , HR^{3-} и R^{4-}) формах. Рассчитаны молярная доля (%) реагента в зависимости от pH среды и константы диссоциации (pK_a) методом потенциометрического титрования: $pK_1 = 3,64 \pm 0,07$, $pK_2 = 4,17 \pm 0,05$, $pK_3 = 7,49 \pm 0,04$, $pK_4 = 8,08 \pm 0,06$.

Исследовано взаимодействие меди (II) с динатриевой солью 2,7-бис(азо-2-дигидрокси-3-сульфо-5-нитробензол)-1,8-дигидрокси-3,6-дисульфокислоты (R) в присутствии диантипирилметана (DAM) и этилендиамина (ED). Изучение зависимости комплексообразования от pH показало, что выход комплексов наблюдается при pH = 3,0–3,5, $\lambda_{\text{max}} = 538$ нм для Cu(II)-R, при pH = 1,0–1,4, $\lambda_{\text{max}} = 527$ нм для Cu(II)-R-ED и при pH = 1,8–2,3, $\lambda_{\text{max}} = 511$ нм для Cu(II)-R-DAM. Установлено соотношение реагирующих компонентов, которое составляет 1:2 для Cu(II)-R и 1:2:2 для Cu(II)-R-ED и Cu(II)-R-DAM. Рассчитаны интервалы линейности градуировочных графиков: 0,13–2,56 мкг/мл для Cu(II)-R и 0,06–2,56 мкг/мл для комплексов Cu(II)-R-ED и Cu(II)-R-DAM.

Разработанный метод определения меди в виде разнолигандного комплекса Cu(II)-R-ED апробирован при анализе гороха и гречки. Стандартное отклонение S_r составило 0,046 в гречке и 0,025 в горохе. Правильность результатов подтверждена сравнением с результатами метода ААС.

Литература / References

1. Nayif A. A., Al-Da'amy M. A., Kadhim S. H. Spectrophotometric Determination of Cu(II) Using (DMIPNI) as a New Reagent Derived from 4,5-Diphenyl Imidazole. *International Journal of Drug Delivery Technology*. 2022; 12(2): 522–527.
2. Kumar A., Bhatti V., Mohan B., Modi K. et al. A Highly Selective Ratiometric and Colorimetric Detection of Ni²⁺ and Cu²⁺ Ions Using Schiff Base Ligand. *Journal of Molecular Structure*. 2022; 1268, 133609. DOI:10.1016/j.molstruc.2022.133609.
3. Javadzade T. A., Mammadov P. R., Sucayev A. R., Mammadova R. E. New Simple Method for the Determination of Trace Level Copper (II) Using 1-[2-(allylamino)-1-methylethyl] Thiourea in Presence of Hydrofob Amines by Molecular Absorption Spectral Method in the UV and Visible Region. *Azerbaijan Journal of Chemical News*. 2022; 4(2): 40–50. DOI: 10.32010/AJCN04022022-40.
4. Працкова С. Е., Худайбердина Д. Р. Спектрофотометрическое определение меди(II) в почве в виде комплекса с пирогалловым красным в присутствии поверхностно-активных веществ. *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия*. 2024; 65(1): 67–72. DOI: 10.55959/MSU0579-9384-2-2024-65-1-67-72. Pratskova S. E., Khudaiberdina D. R. Spectrophotometric Determination of Copper(II) in Soil in the Form of a Pyrogallol Red Complex in the Presence of Surfactants. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 2. Chemistry*. 2024; 65(1): 67–72. DOI: 10.55959/MSU0579-9384-2-2024-65-1-67-72. (In Russ.).
5. Raafid E., Al-Da'amy M. A., Kadhim S. H. Spectrophotometric Determination of Cu(II) in Analytical Sample Using a New Chromogenic Reagent (HPEDN). *Indones. J. Chem*. 2020; 20(5): 1080–1091. DOI: 10.22146/ijc.47894.
6. Atiyah M. H., Hussain A. F. Spectrophotometric Determination of Micro Amount of Copper (II) Using a New of (Azo) Derivative, Study of Thermodynamic Functions and Their Analytical Application. *Systematic Reviews in Pharmacy*. 2020; 11(10): 171–181. DOI: 10.31838/srp.2020.10.29.
7. Omarova S., Demir S., Andac M. Development of a New Spectrophotometric Based Flow Injection Analysis Method for the Determination of Copper (II). *Journal of Taibah University for Science*. 2018; 12(6): 820–825. DOI: 10.1080/16583655.2018.1521710.
8. Марданова В. И., Гаджиева С. Р., Чырагов Ф. М. Изучение комплексообразования меди (II) с 2,7-бис(азо-2-гидрокси-3-сульфо-5-нитро бензол)-1,8-дигидроксинифталин-3,6-дисульфатриевой солью в присутствии третьих компонентов. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2019; 9(3): 385–394. DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-385-394. Mardanova V. I., Hajiyeva S. R., Chyragov F. M. Component Complexation Study of Copper (II) and 2,7-bis(azo-2-hydroxy-3-sulpho-5-nitrobenzene)-1,8-dihydroxynaphthalene-3,6-disulphonate Salt. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2019; 9(3): 385–394. DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-385-394. (In Russ.).
9. Jia H., Liu W., Li N., Wang J., Song Y. Spectrophotometric Determination of Copper(II) in Water based on Fluorescein Diacetate. *Journal of Analytical Chemistry*. 2020; 75: 330–342. DOI: 10.1134/S1061934820030089.
10. Hatam R. S., Shaheed I. M., Hussain A. F. Spectrophotometric Determination of Copper (II) using 2,2 [O-Tolidine-4,4-bis azo] bis [4,5-diphenyl imidazole] (MBBAI). *Baghdad Science Journal*. 2020; 17(1): 287–294. DOI: 10.13140/RG.2.2.22274.02241.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



М. Отто

Современные методы аналитической химии

Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2021. — 656 с.
ISBN 978-5-94836-615-9

Цена 2200 руб.

Аналитическая химия, будучи наукой междисциплинарной, включает в себя множество разнообразных методов, использующих различные химические, физические, а в последнее время — и биологические явления.

В пятом издании известного учебника подробно рассмотрены современные методы математической обработки результатов химического анализа и наиболее актуальные проблемы аналитической химии — автоматизация анализа, анализ материалов, биологических объектов и объектов окружающей среды.

Автор учебника сумел изложить разнообразные методы анализа — от классических до самых современных — с единых позиций, основанных на представлении об аналитическом процессе как процедуре извлечения информации о веществе. Книга, безусловно, будет полезна студентам университетов, изучающим химию, и специалистам-химикам.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

125319, Москва, а/я 91; тел.: +7 495 234-0110; e-mail: knigi@technosphere.ru; sales@technosphere.ru

11. Moustafa A. H., El-Sayed H. A., Amin A. S., El-Haggar A. M., Gouda A. A. Surfactant Assisted Spectrophotometric Determination of Copper (II), and Mercury (II) in Real Samples Using 2- amino-4-((4-nitrophenyl)diazenyl) pyridine-3-ol. *Bulletin of Faculty of Science Zagazig University*. 2023; 3: 11–26. DOI: 10.21608/bfszu.2022.178725.1219.
12. Todjiyev N. J., Nurmukhammat T. G., Suyunovna T. et al. Spectrophotometric Determination of Microconcentrations of Zinc(II) and Copper(II) in Water and Industrial Alloys Using a New Chromogenic Reagent [4-Amino-5-hydroxy-6-[(5-methyl-2-pyridyl)azo]-3-sulfo-1-naphthyl]sulfonyloxy-sodium. *Chemical Review and Letters*. 2024; 7(3): 388–403. DOI:10.22034/crl.2024.457689.1338.
13. Турабов Н. Т., Хусанов Б. М., Тоджиев Ж. Н., Эшмурзаев Й. Ш., Тошходжаев М. А. Новый способ спектрофотометрического определения ионов меди(II). *Universum: химия и биология: электрон. научн. журн.* 2023; 6(108). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/15620> (дата обращения: 20.03.2025). Turabov N. T., Husanov B. M., Todzhiev Zh. N., Jeshmurzaev J. Sh., Toshhodzhaev M. A. A New Method for Spectrophotometric Determination of Copper(II) Ions. *Universum: Chemistry and Biology: Electron. Scientific Journal* 2023; 6(108). 20.03.2025 Available at: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/15620>. (In Russ.).
14. Nayif A. A., Al-Da M. A., Kadhim S. H. Spectrophotometric Determination of Cu (II) Using DMIPNI as a New Reagent Derived from 4,5-diphenylimidazole. *IJDDT*. 2022; 12(2): 522–527.
15. Khan A. M., Arif N., Singh V. K., Agnihotri N. K. Simple, Sensitive, and Cost-Effective Trace Level Determination of Copper in Alcoholic Beverages and Biological Samples with 4-(2-pyridylazo)resorcinol in Presence of Neutral Micellar Medium Using Derivative Spectrophotometry. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*. 2021; 8(12): 262–285.
16. Kuchekar Sh. R., Pulate Sh. D., Aher H. R., Gaikwad V. B., Han S. H. Solvent extraction, spectrophotometric determination of copper (II) from environmental samples using o-methylphenyl thiourea as a novel reagent. *Eurasian Chemical Communications*. 2019; 212–222.
17. Гамбаров Д. Г. Новый класс фотометрических реагентов – азосоединения на основе пирогаллола. Дисс. на соиск. уч. степ. док. хим. наук. М. 1984. 295 с. Gambarov D. G. Novyj klass fotometricheskikh reagentov – azosoeedineniya na osnove pirogallola. Diss. for the degree of Doctor of Chemical Science. Moscow. 1984. 295 p.
18. Коростелев П. П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. М.: Наука, 1964. 261 с. Korostelev P. P. Prigotovlenie rastvorov dlja himiko-analiticheskikh rabot. Moscow: Nauka Publ., 1964. 261 p. (In Russ.).
19. Батунер Л. М., Позин М. Е. Математические методы в химической технике. Л.: Хим. лит., 1963. 638 с. Batuner L. M., Pozin M. E. Matematicheskie metody v himicheskoj tehnikе. Leningrad: Him. lit. Publ., 1963. 638 p. (In Russ.).
20. Булатов М. И., Каликин И. П. Практикум по фотометрическому и спектрофотометрическому методам анализа. Л.: Химия. 1972. 407 с. Bulatov M. I., Kalikin I. P. Praktikum po fotometricheskim i spektrofotometricheskim metodam analiza. Leningrad: Himija Publ., 1972. 407 p. (In Russ.).
21. Астахов К. В., Вериникин В. Б., Зимин В. И., Зверькова А. А. Спектрофотометрическое изучение комплексообразования некоторых редкоземельных элементов с нитрилоуксусной кислотой. *Журн. неорган. химия*. 1961; 6: 2069–2076. Astahov K. V., Verinikin V. B., Zimin V. I., Zver'kova A. A. Spectrophotometric Study of Complexation of Some Rare Earth Elements with Nitriloacetic Acid. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. 1961; 6: 2069–2076. (In Russ.).
22. Назаренко В. А., Антонович В. П., Невская Е. М. Гидролиз ионов металлов в разбавленных растворах. М.: Атомиздат, 1979. 192 с. Nazarenko V. A., Antonovich V. P., Nevskaja E. M. Gidroliz ionov metallov v razbavlennykh rastvorah. Moscow: Atomizdat Publ., 1979. 192 p. (In Russ.).

Авторы / Authors

Марданова Вусала Исмайл, к. х. н., научный сотрудник НИЛ, преподаватель кафедры «Экологическая химия» и «Аналитическая химия», Бакинский Государственный Университет, г. Баку, Азербайджан. Область научных интересов: аналитическая химия.
Mardanova Vusala Ismayil, Ph.D. (Chemistry), research fellow of the Research Laboratory, lecturer of the Department of Ecological Chemistry and Analytical Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan. Research interests: Analytical chemistry.
vusala_chem@mail.ru
ORCID 0000-0002-2677-9046

Нагиев Халил Джамал, д. х. н., проф, преподаватель кафедры «Аналитическая химия», Бакинский Государственный Университет, химический факультет. г. Баку, Азербайджан. Область научных интересов: Аналитическая химия.
Nagiyev Khalil Jamal, D.Sc. (Chemistry), Prof., Lecturer, Department of Analytical Chemistry, Baku State University, Faculty of Chemistry. Baku, Azerbaijan. Research interests: Analytical Chemistry.
xalil-71@rambler.ru
ORCID: 0000-0003-3349-1486

Чырагов Фамиль Муса, д. х. н., проф, заведующий кафедрой «Аналитическая химия», Бакинский Государственный Университет, химический факультет. г. Баку, Азербайджан. Область научных интересов: Аналитическая химия.
Chiragov Famil Musa, D.Sc. (Chemistry), Prof., Head of the Department of Analytical Chemistry, Baku State University, Faculty of Chemistry. Baku, Azerbaijan. Research interests: Analytical chemistry.
Ciraqov@mail.ru
ORCID 0000-0002-8899-4622

Мамедова Миня Фархад, к. х. н., Преподаватель кафедры «Аналитическая химия», Бакинский Государственный Университет, химический факультет. г. Баку, Азербайджан. Область научных интересов: Аналитическая химия.
Mamedova Minaya Farhad, Ph.D., Lecturer, Department of Analytical Chemistry, Baku State University, Faculty of Chemistry. Baku, Azerbaijan. Research interests: Analytical Chemistry.

Конфликт интересов / Conflict of Interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 07.04.2025
Принята к публикации 08.06.2025



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



Препаративная хроматография

Под ред. Х. Шмидта-Трауба,
М. Шульте, А. Зайделя-Моргенштерна

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2022. – 664 с.,
ISBN 978-5-94836-642-5

Цена 2800 руб.

За 7 лет, которые прошли со времени второго издания книги, практика и теория препаративной хроматографии ушли далеко вперед, что побудило авторов подготовить третье издание.

Появились новые материалы, послужившие основой для создания неподвижных фаз, в особенности для разделения больших биомолекул, и расширившие возможности разработки методов. Проведены более подробные исследования для улучшения количественной оценки многокомпонентных равновесий. В книге обобщены недавние достижения в части оптимизации правил и методов проектирования и эксплуатации хроматографического оборудования. Кроме того, благодаря сотрудничеству инженеров-технологов и математиков были разработаны и могут быть применены к широкому кругу задач более быстрые и более эффективные алгоритмы моделирования и особенно оптимизации хроматографических процессов.

Авторы рассматривают препаративную хроматографию и решаемые ею задачи с точки зрения как химиков, так и инженеров-технологов, чтобы улучшить взаимопонимание и передачу знаний между обеими дисциплинами.

Как заказать наши книги?

По почте: 125319, Москва, а/я 91
По факсу: (495) 956-33-46
E-mail: knigi@technosphaera.ru
sales@technosphaera.ru

ИНФОРМАЦИЯ О НОВИНКАХ
www.technosphaera.ru