

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦИНКА

© Джафарова Нахида Али гызы (а)

(а) Кафедра «Химия и технология неорганических веществ» Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности, старший преподаватель, кандидат химических наук, [jafarova-naxida@rambler.ru](mailto:jafarova-naxida@rambler.ru), Баку

**Аннотация.** Цинк и его соединения находят весьма широкое применение в различных областях производства, в частности при получении металлов, в электролитических ячейках и аккумуляторах, в полиграфической промышленности, медицине и др. Учитывая высокое значение цинка для производственных нужд, необходима разработка новых эффективных методов качественного и количественного определения цинка в аналитической химии. В этой работе нами рассмотрены наиболее основные используемые методы для определения цинка и его производных в аналитике.

**Ключевые слова:** спектрофотометрический анализ, цинк, молярный коэффициент поглощения, чувствительность по Сэнделлу, мешающие ионы, аналитические реагенты

## APPLICATION OF THE SPECTROPHOTOMETRY METHOD FOR DETERMINATION OF ZINC

© Jafarova Nahida Ali (a)

(a) candidate of chemical sciences, senior lecturer at the Department of Chemistry and, Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, [jafarova-naxida@rambler.ru](mailto:jafarova-naxida@rambler.ru)

**Annotation.** Zinc and its compounds are widely used in various fields of production, in particular in the production of metals, in electrolytic cells and batteries, in the printing industry, medicine, etc. Given the high importance of zinc for industrial needs, it is necessary to develop new effective methods for qualitative and quantitative determination zinc in analytical chemistry. In this work, we reviewed the most basic methods used for the determination of zinc and its derivatives in analytics.

**Key words:** spectrophotometric analysis, zinc, molar absorption coefficient, Sandell sensitivity, interfering ions, analytical reagents

Цинк является одним из важнейших металлов при производстве сплавов различного назначения. На сегодняшний день на разные применения цинка приходится: цинкование – 45-60 %, медицина (оксид цинка как антисептик) - 10 %, производство сплавов - 10 %, производство резиновых шин - 10 %, масляные краски - 10 %. Учитывая высокую значимость цинка в различных областях промышленности, быта и сельского хозяйства,

необходима разработка эффективных методов качественного и количественного определения цинка в различных промышленных образцах, фармацевтических объектах и др. В этой работе нами рассмотрены основные методы, используемые для поределения цинка в аналитической и фармацевтической химии.

Так, в работе [1] предложен простой, быстрый, чувствительный и новый спектрофотометрический метод оценки содержания цинка в фармацевтических препаратах. Метод зависит от реакции цинка с новым синтезированным реагентом [4,5-дифенил-2-((1E)-4-(1-(2-фенилгидразино)этил)фенил)диазенил)-4Н-имидазол]ом (DPHEDPI), с которым он образует красновато-розовый комплекс при pH 7,5 с мольным соотношением (M:L) (1:2), комплекс демонстрирует максимальное поглощение при 520 нм с коэффициентом молярного поглощения ( $\epsilon$ )  $4,4 \cdot 10^2$  л/моль  $\times$  см. Закон Бера выполняется в пределах (0,5–27) ppm для цинка с коэффициентом корреляции (0,9996) и константой стабильности равной  $1 \cdot 10^{12}$  л/моль. Относительное стандартное отклонение для семи повторных измерений, относительная ошибка и значения восстановления этого оказались равными 0,0015%, -0,778% и 99,22% соответственно. Окончательно, предложенный метод был применен для определения цинка в цинковых препаратах, в сульфатных капсулах, и результаты сравнивали с атомными методами поглощения.

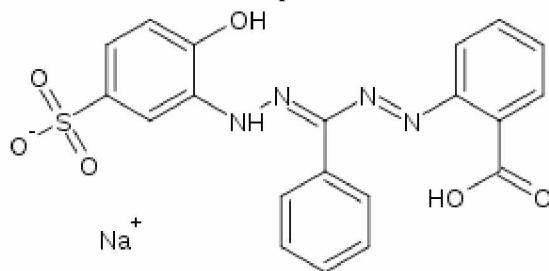
Описан простой, быстрый, дешевый и чувствительный спектрофотометрический метод определения цинка в фармацевтических образцах [2]. Метод основан на образовании хелата цинк-8-гидроксихинолина, максимальное поглощение ( $I_{\max}$ ) при 384 нм. Метод подчиняется закону Бера в диапазоне 1-5 мг/мл, а соответствующее значение молярной поглощательной способности составляет  $0,01578 \cdot 10^3$  л/моль  $\times$  см. Значения чувствительности по Сэнделлу для пределов обнаружения (LOD) и количественного определения (LOQ) составили 0,381 мг/мл и 1,156 мг/мл соответственно. Процент восстановления цинка оказался 98,00 %, 98,96 %, 99,91 %, 97,50 %, 98,5 % и 99,30 % для (Капсула-13 мг), (Таблетка-20 мг), (Таблетка-40 мг), (Капсула-50) мг, (капсула – 50 мг) и (флакон инсулина – 0,025 мг) соответственно. Все переменные параметры были оптимизированы в соответствии с аналитическими рекомендациями. Точность метода устанавливали путем сравнения с традиционным пламенно-атомно-абсорбционным спектрометрическим методом с использованием t-критерия,  $t_{\text{таб.}} = 2,571$ ,  $t_{\text{cal.}} = 0,3231$  при уровне достоверности 95%, что указывает на отсутствие систематических ошибок.

Установлено [3], что 2-гидрокси-N<sup>1</sup>-(1-(пиридин-2-ил)этилиден)бензогидразид (ГПЭБГ) является селективным и чувствительным реагентом для определения Zn(II) в пищевых продуктах, воде и синтетических пробах. ГПЭБГ образует бесцветный комплекс (Zn- ГПЭБГ) с Zn(II) в водном ДМФА при pH 5,0. Лиганд показывает максимальное поглощение при 312 нм, тогда как комплекс показывает максимальное поглощение при 351 нм. Закон Бера соблюдается в диапазоне 0,653–6,53 мкг/мл Zn(II) с коэффициентом корреляции 0,9996. Молярная поглощающая способность ( $\epsilon$ ) и чувствительность Сэнделла комплекса составляют  $6,27 \cdot 10^4$  л/моль см и 0,026 мкг/мл соответственно. Соотношение металла и реагента 1:1 подтверждено методами Джоба и мольных соотношений. Оптимизированный метод успешно применяется для определения Zn(II) в пищевых продуктах, воде и синтетических пробах в присутствии разнообразных ионов. Также обнаружено, что полученные результаты хорошо согласуются с методом ААС. Следовательно, предлагаемый метод достаточно чувствителен и воспроизводим.

Разработан высокочувствительный метод спектрофотометрического определения цинка [4]. При pH 4,5 в 50% среде этанол-вода и в присутствии ди-2-пиридилкетона салицилоилгидраза цинк образует желтый комплекс, имеющий максимальное поглощение при 376 нм. Молярное поглощение составляет  $4,82 \times 10^4$  л/моль см. Предел обнаружения этого метода составляет 62,1 нМ для Zn(II). Метод был применен для спектрофотометрического определения цинка в фармацевтических препаратах, и результаты соответствуют результатам, полученным с помощью ААС. Предлагаемый метод прост, быстр и точен.

В работе [5] предложен чувствительный и селективный спектрофотометрический метод быстрого определения цинка(II) с использованием производного 8-гидроксихинолина 7-(4-нитрофенилазо)-8-гидроксихинолин-5-сульфоновой кислоты (*p*-NIAZOXS) в качестве нового спектрофотометрического метода. реагент. Реакция между *p*-NIAZOXS и цинком(II) происходит мгновенно при pH 9,2 (буфер буры), а поглощение остается стабильным в течение более 24 часов. Метод позволяет определять цинк в диапазоне 0,05-1,0 мг/мл с молярной поглощательной способностью  $3,75 \times 10^4$  л/моль см и имеет предел обнаружения 15 нг/мл. Предложенный метод успешно применен для определения цинка в ряде фармацевтических препаратов и медных сплавах. Прецизионность (RSD < 2%) и полученная точность были удовлетворительными.

Сообщается [6], что цинкон (2-карбоксит-2'-гидрокси-5'-сульфоформазилбензол) давно известен как превосходный колориметрический реагент для обнаружения ионов цинка и меди в водных растворах. Чтобы расширить универсальность хелатора для количественного определения ионов металлов в металлопротеинах, спектральные свойства цинкона и его комплексов с  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  и  $Co^{2+}$  были исследованы в присутствии гидрохлорида гуанидина и мочевины, два распространенных денатуранта, используемые для стабилизации ионов металлов в белках. Эти исследования показали, что обнаружение металлов в целом более чувствительно при использовании мочевины. Кроме того, профили pH, зарегистрированные для этих металлов, показали, что оптимальный pH для образования комплекса и стабильности составляет 9,0. Как следствие, оптимизированный метод, позволяющий легко определять  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  и  $Co^{2+}$  с пределами обнаружения в высоком наномолярном диапазоне. Кроме того, описана простая двухэтапная процедура количественного определения  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  и  $Co^{2+}$  в одном образце. Таким образом, спектрофотометрическое определение ионов металлов с помощью цинкона можно использовать как быстрый и недорогой способ оценки содержания металлов в цинк-, медь-, кобальт- и цинк/медьсодержащих белках. Показана эффективность данного метода двойного количественного определения металлов в металлопротеинах.



цинкон

Комплекс цинка(II) с 1-(2-пиридилазо)-2-нафтолом (ПАН) в присутствии бромид цетилтриметиламмония (ЦТМАБ) растворим в воде. На этом принципе разработан прямой

спектрофотометрический метод определения цинка [7]. Получены спектры поглощения этого комплекса, солюбилизированного раствором ЦТМАБ и ПАН-ЦТМАБ. Определен состав комплекса цинк(II)-ПАН. Определены оптимальные концентрации ПАН и ЦТМАБ, обеспечивающие максимальное поглощение. Выяснилось влияние посторонних ионов. Максимальное поглощение наблюдается при 554 нм с молярной поглощательной способностью  $5,0 \times 10^4$  л/моль см. Закон Бера соблюдается для концентрации цинка в диапазоне 0,1-1,0 мл. Метод был применен для определения цинка в инсулине.

*N*-этил-3-карбазолкарбоксальдегид-3-тиосемикарбазон (ЕССТ) предложен в качестве нового чувствительного реагента для экстрактивного спектрофотометрического определения цинка(II). ЕССТ образует желтоокрашенные частицы цинка (II) в диапазоне pH 3,0–5,5, и комплекс экстрагируют бензолом [8]. Комплекс Zn(II)-ЕССТ демонстрирует максимальное поглощение при 420 нм с молярным поглощением и чувствительностью Сэнделла, составляющими  $1,55 \times 10^4$  л/моль см и  $4,212 \times 10^{-3}$  мкг/см<sup>2</sup> соответственно. Система подчиняется закону Бера в диапазоне 0,4–6,0 мг/л, с превосходной линейностью по значению коэффициента корреляции 0,999. Большинство обычных ионов металлов, обычно связанных с цинком, не мешают. Повторяемость метода проверяли путем нахождения относительного стандартного отклонения (RSD). Разработанный метод успешно применяется для определения цинка(II) в пищевых продуктах. Различные сертифицированные эталонные материалы (NIST 1573, NBS 1572 и NIST SRM 8435) были протестированы для определения цинка с целью валидации настоящего метода.

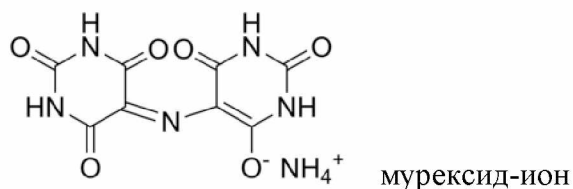
Для быстрого исследования Zn(II) с использованием 2-гидрокси-5-(2-гидроксиафталин-1-ил)дiazенила бензойной кислоты в работе [9] предложен особый новый спектрофотометрический метод. Взаимодействие азореагента с Zn(II) происходит мгновенно при pH 7, а поглощение раствора стабильно более 24 ч. Этот метод позволяет поддерживать уровень цинка в пределах 1–18 частей на миллион при молярном поглощении  $1,516 \times 10^4$  л/моль см. Предлагаемый метод для оценки цинка широко применяется во многих фармацевтических препаратах. Ошибка детерминации не превышает 4%.

Поглощение желтого комплекса, образовавшегося в ацетатном буфере с pH 4,8, измеряют при 410 нм в 40% (по объему) диметилформамиде. Молярная поглощающая способность составляет 68 000 л/моль см. Обсуждается влияние интерференции, метод применяется к цинку в водопроводной воде и стандартным сплавам [10].

3-Гидроксибензиламинобензойная кислота, синтезированная в лаборатории в качестве реагента для определения цинка в различных пробах воды, использовалась в работе [11]. Цинк(II) реагирует с 3-гидроксибензиламинобензойной кислотой и образует комплекс светло-желтого цвета при pH 5,0. Комплекс имеет максимальную абсорбцию при 460 нм. Комплекс стабилен более двенадцати часов. Изучены другие параметры, такие как влияние pH, выбор растворителя, также было исследовано взаимодействие электролитов.

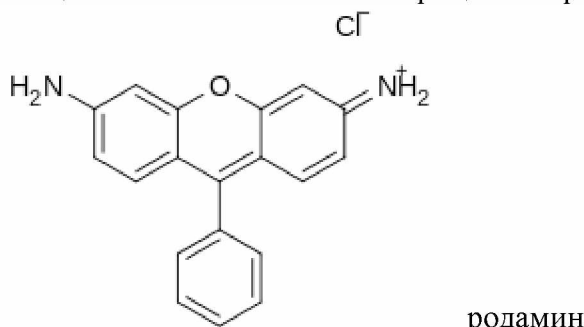
Целью исследования [12] является разработка нового спектрофотометрического метода определения цинка(II) и меди(II) с использованием колориметрического реагента в виде мурексид-иона. Комплексообразование Zn(II) и Cu(II) с мурексидом изучено спектрофотометрически при максимумах поглощения 450 и 470 нм для Zn-мурексида и Cu-мурексида соответственно. Мурексидный реагент взаимодействует с Zn(II) и Cu(II) мгновенно при pH 7 и pH 5,5 соответственно, оптическая плотность раствора стабильна в течение

ние 220 и 120 минут соответственно. Используя метод непрерывной вариации Джоба, было обнаружено, что стехиометрия комплексов составляет соотношение металла к лиганду 1: 2 для Zn и Cu соответственно. Метод непрерывного изменения использовался для оценки значений констант устойчивости ( $K_{stab}$ ), которые оказались порядка  $1,35 \times 10^{16}$  и  $2,30 \times 10^7$  для комплексов Zn и Cu соответственно. Предложенная спектрофотометрическая методика установила, что содержание цинка(II) и меди(II) можно оценить на уровне 0,2-2,0 и 0,5-5,0 ppm, что соответствует значениям молярной поглощательной способности  $1,95 \times 10^4$  и  $6,55 \times 10^3$  л/моль см. соответственно. Аналогично, образовавшиеся комплексы были стабильны при разных значениях pH, что позволяло одновременно оценивать содержание двух металлов.



Разработан простой и чувствительный спектрофотометрический метод определения цинка в водных растворах [13]. Ион металла образует комплекс зеленовато-желтого цвета с изоникотиноилгидразоном 2,4-дигидроксибензальдегида (2,4-ДГБИНГ) в диапазоне pH 4–10. Комплекс демонстрирует максимальное поглощение при 390 нм и в диапазоне pH 6–8. Закон Бера соблюдается в диапазоне 0,10–1,50 мкг/мл Zn(II). Молярная поглощающая способность и чувствительность Сэнделла составляют  $3,55 \times 10^4$  л/моль см и  $0,0016$  мкг/см<sup>2</sup>, соответственно. Состав комплекса 1:1. Изучено влияние мешающих ионов, метод применен для определения цинка(II) в питьевой воде и фармацевтических препаратах. Также предложен метод быстрой производной спектрофотометрии для определения цинка в диапазоне 0,06–1,60 мкг/мл, который более чувствителен, чем метод нулевого порядка.

Описан чувствительный и селективный метод спектрофотометрического определения цинка [14]. Метод основан на реакции родамина 6Ж с анионом тетрацианоцинката(II) с образованием продукта розового цвета, стабилизированного желатином. Окраска развивается быстро и остается стабильной в течение как минимум 3 часов. Легко определить содержание цинка, составляющее 0,2–5,0 мкг в 10 мл пробы. Метод точен и применяется для определения цинка в синтетических матрицах и образцах почвы.



В работе [15] разработаны аналитические методики определения следовых количеств цинка в различных металлах с использованием спектрофотометрических свойств цинкового комплекса  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -тетрафенилпорфина в ледяной уксусной кислоте.

Определение цинка методом спектрофотометрического анализа также рассматривалось в работах [16-18].

Новый, простой и чувствительный спектрометрический метод определения цинка был разработан с использованием карбоновых углеродных нанотрубок (УНТ) в качестве тонера [19]. Определены оптимальные условия эксплуатации, включая pH, установлен объем и порядок добавления раствора реагентов. Сравнительные эксперименты показали, что карбоксильные УНТ обладают очевидным свойством гиперхромного эффекта, оптическая плотность комплекса увеличилась почти на 70,3% за счет оптимизации технологических параметров; система окраски показала максимальное поглощение при 529,6 нм с молярным значением поглощения  $1,12 \times 10^5$  л/моль·см. Закон Бера соблюдается в отношении цинка в диапазоне концентраций 0–11 мкг/25,0 мл.

Был разработан простой, сверхчувствительный и высокоселективный спектрофотометрический метод для количественного определения следов цинка (Zn) с использованием 2-гидроксинафталяльдегида бензоилгидразона (HNABH) [20]. Zn образует бледно-желтовато-зеленый комплекс (максимальное поглощение при 426 нм) с HNABH (1:1, об : об) в слабокислом растворе (0,00005–0,00023 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Найдены средний молярный коэффициент поглощения и чувствительность Сэнделла:  $2,87 \times 10^5$  л/моль·см и 12 нг/см<sup>2</sup>·Zn соответственно. Наблюдаемый диапазон линейности для Zn составлял 0,01–50 мг/л с пределом обнаружения 1 мкг/л. Было обнаружено, что анализ биологических, пищевых и растительных образцов с использованием предложенного метода полностью соответствует анализам, полученным с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) и оптической эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES). Метод обладает высокой точностью и достоверностью ( $s = \pm 0,01$  для 0,5 мг/л). Предел количественного определения предлагаемого метода составил 10 мкг/л.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Mohammed A.F., Baqir S.J. Spectrophotometric Determination of zinc in pharmaceutical preparations by using a new synthesized reagent [4,5-diphenyl-2-((1E)-(4-(1-(2-phenylhydrazono)ethyl)phenyl)diazenyl)-4H-imidazole] / A.F. Mohammed, S.J. Baqir // Iraq National Journal of Chemistry. - 2015. - Vol. 15. - N 3. - Pp. 271-283
2. Najim S., Al-Shakban M., Al-Mathkuri T. Spectrophotometric Determination of Zinc in Pharmaceutical Medication Samples Using 8-Hydroxyquinoline Reagent / S. Najim, M. Al-Shakban, T. Al-Mathkuri // International Journal of Chemistry. - 2019. - Vol. 12. - N 1. - Pp. 29-37 DOI:10.5539/ijc.v12n1p29
3. Reddy P.N., Trivikram G., Kumar S., Parveen S.N. Spectrophotometric determination of Zn(II) in food and water samples using 2-hydroxy-N<sup>1</sup>-(1-(pyridin-2-yl)ethylidene) benzohydrazide as a sensitive and selective analytical reagent / P.N. Reddy, G. Trivikram, S. Kumar, S.N. Parveen // Der Pharmacia Lettre. - 2016. - Vol. 8. - N 12. - Pp. 251-259
4. Gaubeur I., Gunha-Areias M., Avilla-Terra L.H., Suarez M.E. Spectrophotometric determination of zinc in pharmaceutical samples using di-2-pyridyl ketone salicyloylhydrazone / L. Gaubeur, M. Gunha-Areias, L.H. Avilla-Terra, M.E. Suarez // Spectroscopy Letters. - 2003. - Vol. 35. - N 3. - Pp. 455-465 doi.org/10.1081/SL-120005678
5. Korn M., Ferreira A., Teizeira L., Codts A. Spectrophotometric Determination of Zinc Using 7-(4-Nitrophenylazo)-8-Hydroxyquinoline-5-Sulfonic Acid / Korn M., Ferreira A., Teizeira L., Codts A. // Journal of Brazilian Chemical Society. - 1999. - Vol. 10. - N 1. - Pp. 312-318 <https://doi.org/10.1590/S0103-50531999000100008>

6. Sabel C., Neureuther J.M., Siemann S. A spectrophotometric method for the determination of zinc, copper, and cobalt ions in metalloproteins using Zincon / C. Sabel, J.M. Neureuther, S. Siemann // *Anal. Biochem.* - 2010. - Vol. 397. - N 2. - Pp. 218-226 doi: 10.1016/j.ab.2009.10.037
7. Krystek J., Kobytecka J., Ptaszyrski B. Spectrophotometric Determination of Zinc with 1-(2-Pyridylazo)-2-naphthol and Cetyltrimethylammonium Bromide in Insulin / J. Krystek, J. Kobytecka, B. Ptaszyrski // *Chem. Anal. (Warsaw)*. - 1993. - Vol. 38. - N 1. - Pp 607-612
8. Janardhan R., Kumar R., Ramachandraiah C., Thriveni T. Spectrophotometric determination of zinc in foods using *N*-ethyl-3-carbazolecarboxaldehyde-3-thiosemicarbazone: Evaluation of a new analytical reagent / R. Janardhan, R. Kumar, C. Ramachandraiah, T. Thriveni // *Food Chemistry*. - 2007. - Vol. 101. - N 2. - Pp. 585-591 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.018>
9. Alabidi H., Farhan A.M., Al-Rufaie M. Spectrophotometric Determination of Zn(II) in Pharmaceutical Formulation Using a New Azo Reagent as Derivative of 2-Naphthol / H. Alabidi, A.M. Farhan, M. Al-Rufaie // *Current Applied Science and Technology*. - 2021. - Vol. 21. - N 1. - Pp. 176-187 DOI 10.14456/cast.2021.17
10. Rosales D., Gomez-Ariza J.L. Spectrophotometric determination of zinc with 1-(2-pyridylmethylidene)-5-(salicylidene)thiocarbohydrazone / D. Rosales, J.L. Gomez-Ariza // *Analytica Chimica Acta*. - 1985. - Vol. 169. - Pp. 367-372 [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)86242-X](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)86242-X)
11. Kiarn K. Spectrophotometric Determination of Zinc in Water Samples Using 3-Hydroxybenzylaminobenzoic Acid / K. Kiarn // *Chem. Sci. Trans.* - 2012. - Vol. 1. - N 3. Pp. 669-673 DOI:10.7598/cst2012.248
12. Elsherif Kh., Hadidan Q., Alkariwi Kh. Spectrophotometric Determination of Zn(II) and Cu(II) in Analytical Sample Using Murexide Reagent / Kh. Elsherif., Q. Hadidan, Kh. Alkariwi // *Progress in Chemical and Biochemical Research*. - 2022. - Vol. 5. - N 3. - Pp. 229-238 <https://doi.org/10.22034/pcbr.2022.338475.1222>
13. Sivaramaiah S., Reddy P. Direct and Derivative Spectrophotometric Determination of Zinc with 2,4-Dihydroxybenzaldehyde Isonicotinoyl Hydrazone in Potable Water and Pharmaceutical Samples / S. Sivaramaiah, P. Reddy // *Journal of Analytical Chemistry*. - 2005. - Vol. 60. - Pp. 828-832
14. Rao P., Ramakristina T.V. Spectrophotometric determination of zinc with thiocyanate and Rhodamine 6G / P. Rao, T.V. Ramakristin // *Analyst*. - 1980. - Vol. 105. - N 1252. - Pp. 674-678
15. Bisque R., Banks Ch. Spectrophotometric determination of zinc and other metals with  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -tetraphenylporphine / R. Bisque, Ch. Banks // *Papers of Iowa State University*. - 1957. - Vol. 29. - N 4. - Pp. 522-526 <https://dr.lib.iastate.edu/handle/20.500.12876/6743>
16. Chakravarty S., Mishra R.K. Spectrophotometric determination of zinc at trace level in environmental samples / S. Chakravarty, R.K. Mishra // *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. - 1993. - Vol. 34. - Pp. 613-614
17. Santos A. Spectrophotometric determination of zinc in copper-base alloys with TAN / A. Santos // *Microchimica Acta*. - 1995. - N 3. - Pp. 412-417
18. Turabov N.T., Todjiev J.N. Spectrophotometric determination of zinc and copper(II) ions / N.T. Turabov, J.N. Todjiev // *Science and Education*. - 2020. - Vol. 1. - N 1. - Pp. 13-22



19. Qiang Y., Chen Q., Sun M., Wang L. Spectrophotometric Determination of Zinc Using Carboxylic Carbon Nanotubes / Y. Qiang, Q. Chen, M. Sun, L. Wang // *Inter. J. Electrochem. Sci.* - 2012. - Vol. 7. - Pp. 12489-12494

20. Mohammed J.A., Hossain F., Esham M. A highly selective and simple spectrophotometric method for the determination of zinc at nano-trace levels in some environmental, biological, food, and pharmaceutical samples using 2-hydroxynaphthaldehydebenzoylhydrazone / J.A. Mohammed, F. Hossain, M. Esham // *European Journal of Chemistry.* - 2020. - Vol. 11.- N 2. - Pp. 160-167 <https://doi.org/10.5155/eurjchem.11.2.160-167.1987>

## REFERENCES

1. Mohammed A.F., Baqir S.J. Spectrophotometric Determination of zinc in pharmaceutical preparations by using a new synthesized reagent [4,5-diphenyl-2-((1E)-(4-(1-(2-phenylhydrazono)ethyl)phenyl)diazanyl)-4H-imidazole] / A.F. Mohammed, S.J. Baqir // *Iraq National Journal of Chemistry.* - 2015. - Vol. 15. - N 3.- Pp. 271-283

2. Najim S., Al-Shakban M., Al-Mathkuri T. Spectrophotometric Determination of Zinc in Pharmaceutical Medication Samples Using 8-Hydroxyquinoline Reagent / S. Najim, M. Al-Shakban, T. Al-Mathkuri // *International Journal of Chemistry.* - 2019. - Vol. 12. - N 1. - Pp. 29-37 DOI:10.5539/ijc.v12n1p29

3. Reddy P.N., Trivikram G., Kumar S., Parveen S.N. Spectrophotometric determination of Zn(II) in food and water samples using 2-hydroxy-N'-(1-(pyridin-2-yl)ethylidene) benzohydrazide as a sensitive and selective analytical reagent / P.N. Reddy, G. Trivikram, S. Kumar, S.N. Parveen // *Der Pharmacia Lettre.* - 2016. - Vol. 8. - N 12. - Pp. 251-259

4. Gaubeur I., Gunha-Areias M., Avilla-Terra L.H., Suarez M.E. Spectrophotometric determination of zinc in pharmaceutical samples using di-2-pyridyl ketone salicyloylhydrazone / L. Gaubeur, M. Gunha-Areias, L.H. Avilla-Terra, M.E. Suarez // *Spectroscopy Letters.* - 2003. - Vol. 35. - N 3. - Pp. 455-465 [doi.org/10.1081/SL-120005678](https://doi.org/10.1081/SL-120005678)

5. Korn M., Ferreira A., Teizeira L., Codts A. Spectrophotometric Determination of Zinc Using 7-(4-Nitrophenylazo)-8-Hydroxyquinoline-5-Sulfonic Acid / Korn M., Ferreira A., Teizeira L., Codts A. // *Journal of Brazilian Chemical Society.* - 1999. - Vol. 10. - N 1. - Pp. 312-318 <https://doi.org/10.1590/S0103-50531999000100008>

6. Sabel C., Neureuther J.M., Siemann S. A spectrophotometric method for the determination of zinc, copper, and cobalt ions in metalloproteins using Zincon / C. Sabel, J.M. Neureuther, S. Siemann // *Anal. Biochem.* - 2010. - Vol. 397. - N 2. - Pp. 218-226 [doi: 10.1016/j.ab.2009.10.037](https://doi.org/10.1016/j.ab.2009.10.037)

7. Krystek J., Kobytecka J., Ptaszyski B. Spectrophotometric Determination of Zinc with 1-(2-Pyridylazo)-2-naphthol and Cetyltrimethylammonium Bromide in Insulin / J. Krystek, J. Kobytecka, B. Ptaszyski // *Chem. Anal. (Warsaw).* - 1993. - Vol. 38. - N 1. - Pp 607-612

8. Janardhan R., Kumar R., Ramachandraiah C., Thriveni T. Spectrophotometric determination of zinc in foods using N-ethyl-3-carbazolecarboxaldehyde-3-thiosemicarbazone: Evaluation of a new analytical reagent / R. Janardhan, R. Kumar, C. Ramachandraiah, T. Thriveni // *Food Chemistry.* - 2007. - Vol. 101. - N 2. - Pp. 585-591 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.018>

9. Alabidi H., Farhan A.M., Al-Rufaie M. Spectrophotometric Determination of Zn(II) in Pharmaceutical Formulation Using a New Azo Reagent as Derivative of 2-Naphthol / H. Ala-



bidu, A.M. Farhan, M. Al-Rufaie // *Current Applied Science and Technology*. - 2021. - Vol. 21. - N 1. - Pp. 176-187 DOI 10.14456/cast.2021.17

10. Rosales D., Gomez-Ariza J.L. Spectrophotometric determination of zinc with 1-(2-pyridylmethylidene)-5-(salicylidene)thiocarbohydrazone / D. Rosales, J.L. Gomez-Ariza // *Analytica Chimica Acta*. - 1985. - Vol. 169. - Pp. 367-372 [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)86242-X](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)86242-X)

11. Kiarn K. Spectrophotometric Determination of Zinc in Water Samples Using 3-Hydroxybenzylaminobenzoic Acid / K. Kiarn // *Chem. Sci. Trans.* - 2012. - Vol. 1. - N 3. Pp. 669-673 DOI:10.7598/cst2012.248

12. Elsherif Kh., Hadidan Q., Alkariwi Kh. Spectrophotometric Determination of Zn(II) and Cu(II) in Analytical Sample Using Murexide Reagent / Kh. Elsherif., Q. Hadidan, Kh. Alkariwi // *Progress in Chemical and Biochemical Research*. - 2022. - Vol. 5. - N 3. - Pp. 229-238 <https://doi.org/10.22034/pcbr.2022.338475.1222>

13. Sivaramaiah S., Reddy P. Direct and Derivative Spectrophotometric Determination of Zinc with 2,4-Dihydroxybenzaldehyde Isonicotinoyl Hydrazone in Potable Water and Pharmaceutical Samples / S. Sivaramaiah, P. Reddy // *Journal of Analytical Chemistry*. - 2005. - Vol. 60. - Pp. 828-832

14. Rao P., Ramakristina T.V. Spectrophotometric determination of zinc with thiocyanate and Rhodamine 6G / P. Rao, T.V. Ramakristin // *Analyst*. - 1980. - Vol. 105. - N 1252. - Pp. 674-678

15. Bisque R., Banks Ch. Spectrophotometric determination of zinc and other metals with  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -tetraphenylporphine / R. Bisque, Ch. Banks // *Papers of Iowa State University*. - 1957. - Vol. 29. - N 4. - Pp. 522-526 <https://dr.lib.iastate.edu/handle/20.500.12876/6743>

16. Chakravarty S., Mishra R.K. Spectrophotometric determination of zinc at trace level in environmental samples / S. Chakravarty, R.K. Mishra // *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. - 1993. - Vol. 34. - Pp. 613-614

17. Santos A. Spectrophotometric determination of zinc in copper-base alloys with TAN / A. Santos // *Microchimica Acta*. - 1995. - N 3. - Pp. 412-417

18. Turabov N.T., Todjiev J.N. Spectrophotometric determination of zinc and copper(II) ions / N.T. Turabov, J.N. Todjiev // *Science and Education*. - 2020. - Vol. 1. - N 1. - Pp. 13-22

19. Qiang Y., Chen Q., Sun M., Wang L. Spectrophotometric Determination of Zinc Using Carboxylic Carbon Nanotubes / Y. Qiang, Q. Chen, M. Sun, L. Wang // *Inter. J. Electrochem. Sci.* - 2012. - Vol. 7. - Pp. 12489-12494

20. Mohammed J.A., Hossain F., Esham M. A highly selective and simple spectrophotometric method for the determination of zinc at nano-trace levels in some environmental, biological, food, and pharmaceutical samples using 2-hydroxynaphthaldehydebenzoylhydrazone / J.A. Mohammed, F. Hossain, M. Esham // *European Journal of Chemistry*. - 2020. - Vol. 11. - N 2. - Pp. 160-167 <https://doi.org/10.5155/eurjchem.11.2.160-167.1987>