

PAPER

АНАЛИЗ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАТРИЕВОЙ СОЛИ 5-МЕТИЛ-2-МЕТОКСИ-4-СУЛЬФОФЕНИЛАЗО-2'- ГИДРОКСИ-6'-НАФТАЛИНСУЛЬФОКИСЛОТЫ (5ММСФАГНС) И ЕЁ КОМПЛЕКСА С ИОНАМИ НИКЕЛЯ(II)

Раупова Судоба Сухроб кизи^{1,*}

¹магистрант, Узбекский национальный университет

* sudobameliyeva21698@gmail.com

Abstract

В данном исследовании разработан новый метод спектрофотометрического определения иона никеля(II), содержащегося в составе объектов промышленности, фармацевтической отрасли, агропромышленных комплексов, водных источников и других объектов, с использованием водного раствора динатриевой соли 5-метил-2-метокси-4-сульфофенилазо-2'-гидрокси-6'-нафталиンスульфокислоты. Определены оптимальные условия образования комплекса, отдельные физико-химические свойства и метрологические характеристики. Погрешность метода определения проверена во всех случаях и показано, что она не превышает допустимых значений, что свидетельствует о правильности и воспроизводимости разработанного спектрофотометрического метода.

Key words: динатриевая соль 5-метил-2-метокси-4-сульфофенилазо-2'-гидрокси-6'-нафталиンスульфокислоты, ион никеля(II), оптимальные условия, закон Бугера-Ламберта-Бера, чувствительность по Сэнделу, истинный молярный коэффициент поглощения, константа равновесия по графическому методу Толмачёва.

Введение

В настоящее время в аналитической химии спектрофотометрический метод определения тяжёлых и токсичных ионов металлов с помощью окрашивающих реагентов является одним из основных методов. Преимуществами данного метода являются его высокая чувствительность, селективность действия и, что особенно важно, эффективность. Наука аналитической химии продолжает поиск удобных методов определения. Следует подчеркнуть, что спектрофотометрические методы до сих пор не утратили своей значимости, так как наряду

с простотой они отличаются высокой точностью, и поэтому остаются актуальными в наши дни.

Материалы и методы

В процессе разработки спектрофотометрического метода определения иона никеля(II) с использованием реагента 5-метил-2-метокси-4-сульфофенилазо-2'-гидрокси-6'-нафталиンスульфокислоты применялись спектрофотометрические, фотометрические, потенциометрические методы,

а также ИК и Раман спектроскопия, квантово-химические расчёты и статистическая обработка полученных данных.

Цель исследования

Целью работы является определение оптимальных условий для реагента 5-метил-2-метокси-4-сульфопенилазо-2'-гидрокси-6'-нафталинсульфокислоты и образуемого им комплекса с ионом никеля(II), а также проведение анализа реагента и комплекса методами ИК, Раман спектроскопии.

Экспериментальная часть

В данном исследовании изучались различные физико-химические характеристики реагента 5ММСФАГНС, его спектры ИК и Раман, а также определялась предполагаемая структурная формула комплекса, образованного данным реагентом с ионом никеля(II).

Определение заряда комплексного соединения

Для этого были использованы аниониты марок АВ16ГС и АН-2ФН, а также катиониты марок КУ-2 и КПС-10. Сначала по 1,0 г катионита и анионита было взято и помещено в колонку. Через анионит пропускали 5,0 мл 0,1 н раствора гидроксида натрия (NaOH), а через катионит — 5,0 мл 0,1 н раствора хлороводородной кислоты (HCl). Затем 4–5 раз промывали по 20 мл дистиллированной воды до достижения нейтральной среды (pH = 7,0). После этого через катионит и анионит пропускали по 10 мл растворов комплексных соединений. При прохождении раствора комплексного соединения через катионит изменения окраски не наблюдалось, тогда как в случае с анионитом окраска комплекса исчезала, и он адсорбировался анионитом. На основании этого сделан вывод, что заряд комплекса является отрицательным (–).

Это подтвердило, что молярное соотношение металла и реагента составляет Ni:R = 1:2. (рис. 1)

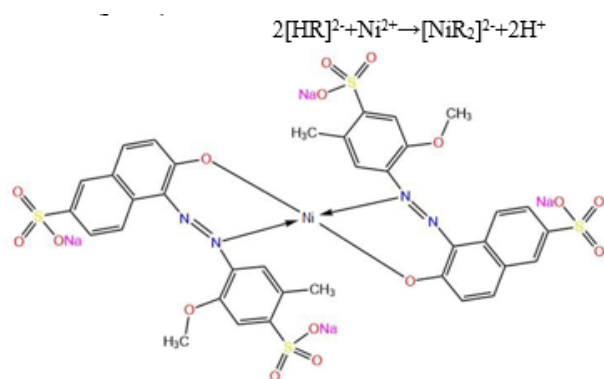


Рис. 1. Предполагаемая формула образованного комплекса, установленная на основании полученных результатов

Изучение структуры комплекса никеля(II) с реагентом 5ММСФАГНС методом спектроскопии Раман. Спектроскопия комбинационного рассеяния (Раман) и инфракрасная (ИК) спектроскопия применяются для исследования структуры молекул и химических связей, однако они основаны на различных физических явлениях и в ряде аспектов отличаются друг от друга. На рис. 2 и 3 представлены Раман спектры

реагента и образовавшегося комплекса.

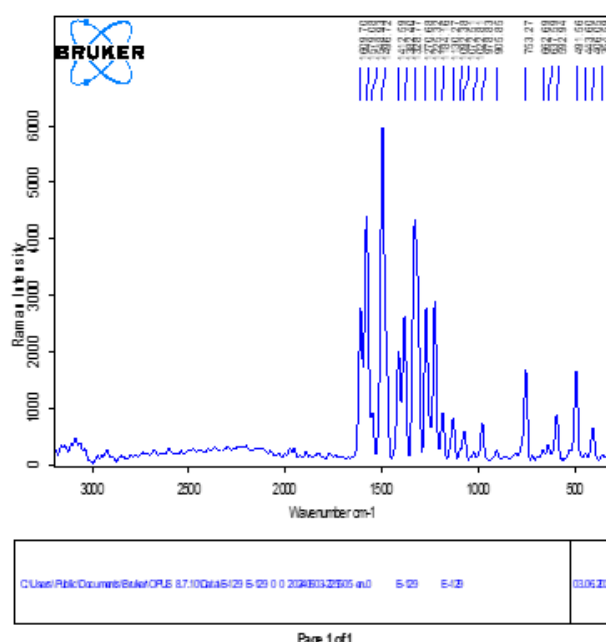


Рис. 2. Раман спектр реагента 5ММСФАГНС

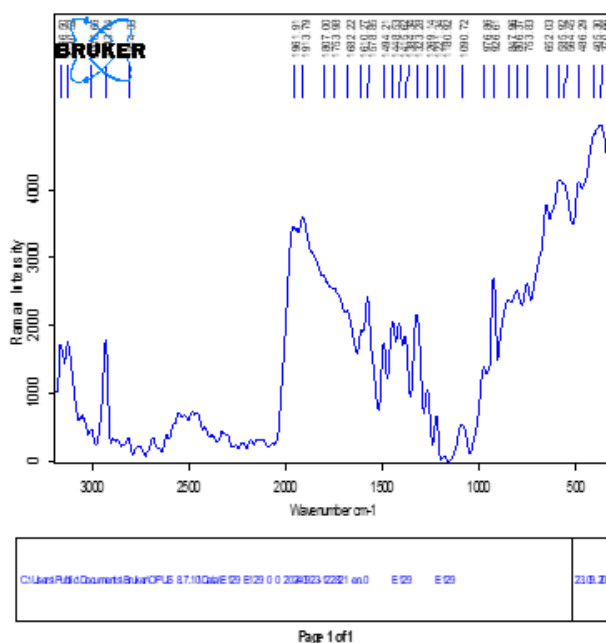


Рис. 3. Раман спектр комплекса иона никеля(II) с 5ММСФАГНС

Интерпретация Раман спектров 5ММСФАГНС и его комплексного соединения приведена в табл. 1.

Раман и ИК спектроскопия являются взаимодополняющими методами. В Раман спектре регистрируются вибрации, чувствительные к поляризации, тогда как в ИК спектре – вибрации, чувствительные к изменению дипольного момента. Поэтому их совместное применение позволяет более точно анализировать полную структуру и химические свойства молекул.

Таблица 1.

Анализ Раман спектров реагента 5ММСФАГНС и его комплексного соединения

Раман спектры, см ⁻¹			
Раман спектр 5-метил-2-метокси-4-сульфофенилазо-2'-гидроксид-6'-нафталинсульфонокислоты		Раман спектр комплекса нона никеля(II) с 5-метил-2-метокси-4-сульфофенилазо-2'-гидроксид-6'-нафталинсульфонокислотой	
$\nu_{OH}=3000$	$\nu_{S=O}=662,69$	$\nu_{O-Ni}=370,66$	$\nu_{S=O}=652,03$
$\nu_{C=C}=1270,68$	$\nu_{S=O}=637,59$	$\nu_{C=C}=1269,14$	$\nu_{S=O}=585,92$
$\nu^{as}_{SO_3}=1022,81$	$\nu_{N=N}=1496,72$	$\nu^{as}_{SO_3}=1323,28$	$\nu_{N=N}=1448,53$
$\nu^{as}_{SO_3}=1072,51$		$\nu^{as}_{SO_3}=1384,34$	

Изучение структуры комплекса никеля с 5ММСФАГНС методом ИК спектроскопии. Экспериментально структура комплекса никеля(II) с 5ММСФАГНС была исследована с помощью ИК спектроскопии на приборе «BRUKER» в области 600–4000 см⁻¹ (рис. 4, 5; табл. 2).

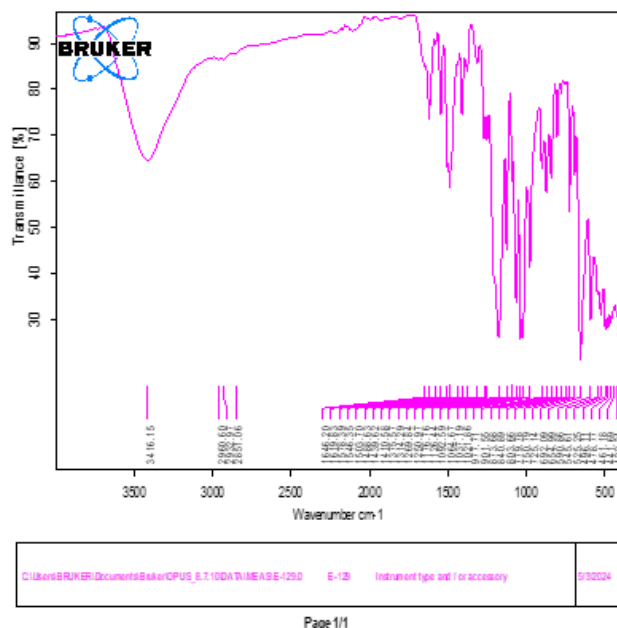


Рис. 4. ИК спектр реагента 5ММСФАГНС

В составе исследуемого реагента 5ММСФАГНС присутствуют функциональные группы –ОН и –N=N–. Эти функциональные группы играют ключевую роль в образовании комплекса реагента с ионом металла. Было установлено, что 5ММСФАГНС образует окрашенные комплексы с рядом металлов. За счёт перехода π -электронов атома металла на д-орбитали формируется комплексная связь с атомом кислорода гидроксильной группы. Благодаря наличию неподелённых электронных пар между лигандами возникают химические связи. Колебательные частоты валентных связей исходного вещества отличаются от частот, наблюдаемых в образовавшемся комплексе. Эти изменения подтверждают факт образования новых комплексов.

На основании приведённых выше данных о составе, результатов квантово-химических расчётов и анализа заряда комплекса можно предложить следующую предполагаемую формулу образовавшегося комплекса.

Заключение

На основании полученных результатов, квантово-химических расчётов и определения заряда комплекса

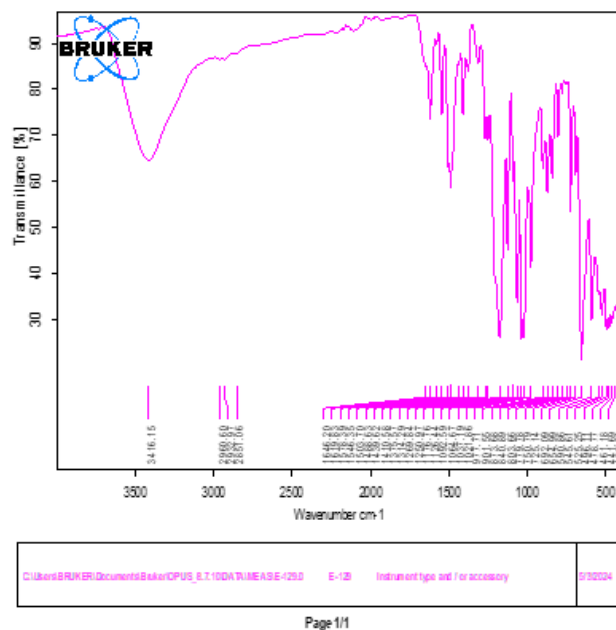


Рис. 5. ИК спектр комплекса иона никеля(II) с 5ММСФАГНС

Таблица 2.

Частоты в ИК области для 5ММСФАГНС и его комплекса с ионом никеля(II).

ИК спектры, см ⁻¹			
ИК спектр 5-метил-2-метокси-4-сульфофенилазо-2'-гидроксид-6'-нафталинсульфонокислоты		ИК спектр комплекса нона никеля(II) с 5-метил-2-метокси-4-сульфофенилазо-2'-гидроксид-6'-нафталинсульфонокислотой	
$\nu_{OH}=3416,15$	$\nu_{S=O}=692,09$	$\nu_{O-Ni}=522,34$	$\nu^{as}_{SO_3}=1418,84$
$\nu_{C=C}=1569,35$	$\nu_{S=O}=654,99$	$\nu_{H_2O}=3208,81$	$\nu_{S=O}=692,15$
$\nu^{as}_{SO_3}=1126,44$	$\nu_{N=N}=1646,20$	$\nu_{C=C}=1582,87$	$\nu_{S=O}=645,97$
$\nu^{as}_{SO_3}=1314,29$	$\nu_{Ar-N=N-Ar}=1439,62$	$\nu^{as}_{SO_3}=1352,60$	$\nu_{N=N}=1562,59$

установлено, что состав комплексного соединения соответствует соотношению Ni:R=1:2. Были исследованы спектры реагента и комплекса методами ИК, Раман спектроскопии. Изученные условия позволяют рекомендовать данный метод как чувствительный, точный и воспроизводимый способ спектрофотометрического определения ионов никеля(II).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Andris P. et al. Conversion of the Bruker minispec instrumentation into the static magnetic field standard // Measurement Science Review. – 2023. – Т. 23. – №. 3. – С. 124–129.
- J.N.Todjiyev, N.Turabov, G.S.Turaeva, B.M.Xusanov, Kh.E.Yunusov, B.A.Tuliyev, A.S.Gazieva, G.U.Pulatova and Z.A.Smanova, 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]sulfonfylloxysodium. Chemical Review and Letters. Review Article. 3 (2024) 388–403. <https://doi.org/10.22034/CRL.2024.457689.1338>.
- Velyana G., Leniya G., Mariana P. Thermodynamics and kinetics of removal of nickel (II) ions from aqueous solutions using agro-waste walnut shell biochar adsorbent. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.112788>.
- Larkin P. Infrared and Раман spectroscopy: principles and

- spectral interpretation. – Elsevier, 2017.
5. Nguyen A. et al. ChemScanner: extraction and re-use (ability) of chemical information from common scientific documents containing ChemDraw files //Journal of cheminformatics. – 2019. – T. 11. – №. 1. – C. 77.
 6. Genchi G. et al. Nickel: Human health and environmental toxicology //International journal of environmental research and public health. – 2020. – T. 17. – №. 3. – C. 679.
 7. Zhurenko S. V. et al. Upgrade of a bruker NMR spectrometers using a modern digital base //Instruments and Experimental Techniques. – 2021. – T. 64. – №. 3. – C. 427-433.
 8. Awual M.E. et al. Ligand imprinted composite adsorbent for effective Ni (II) ion monitoring and removal from contaminated water //Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2024. – T. 131. – C. 585-592.
 9. Hanif S. et al. Role of mixed micellar media to enhance solubilization of Allura Red: differential spectroscopic and conductometric study //Journal of Taibah University for Science. – 2021. – T. 15. – №. 1. – C. 536-542.
 10. Bişgin A.T. et al. Solid-phase extraction and spectrophotometric determination of Allura Red (E129) in foodstuff, soft drink, syrup and energy drink samples: a comparison study //International Journal of Food Science and Technology. – 2016. – T. 51. – №. 11. – C. 2367-2375.
 11. Ponomarev A.V., Kholodkova E.M., Bludenko A.V. Radiolytic decolouration of aqueous solutions of food dyes //Radiation Physics and Chemistry. – 2022. – T. 199. – C. 110357.
 12. Khudhair A.F. et al. A simple pre-concentration method for the determination of nickel (II) in urine samples using UV-vis spectrophotometry and flame atomic absorption spectrometry techniques //Indonesian Journal of Chemistry. – 2019. – T. 19. – №. 3. – C. 638-649.
 13. Иванов В.М., Кузнецова О.В. Раздельное определение 4-(2-тиазолилазо) резорцинатов никеля, цинка и кобальта в фазе сорбента методом цветометрии //Журн. аналит. химии. – 2000. – 55. – 2000. – №. 9. – C. 998-1003.
 14. Вернигора А.Н. и др. Совместное спектрофотометрическое определение меди (II) и никеля (II) Трилоном б //Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2017. – №. 4 (20). – C. 96-104.
 15. Попова Т. В., Щеглова Н. В., Смотрина Т. В. Фотометрическое определение кобальта в лекарственных препаратах в виде эдта-комплекса кобальта(III) // Перспективы внедрения инновационных технологий в медицине и фармации. – 2017. – C. 183-192.
 16. <https://scholar.google.com>