

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Факультет хімії та фармації
Кафедра аналітичної та токсикологічної хімії

Дипломна робота

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

на тему: «Сорбційне вилучення Cu(II) за допомогою
модифікованого 6,7-дигідрокси-2-феніл-4-метилбензопірилій
бромідом катіонітом КУ-2-8»

«Sorption extraction of Copper (II) CU-2-8 modified with 6,7-dihydroxy-2-phenyl-
4-methylbenzopyrylium bromide»

Виконала: студентка денної форми навчання
спеціальності 102 Хімія

Захарова Юлія Юрївна

Керівник: к. х. н., доц. Гузенко О. М. _____
(підпис)

Рецензент: к. х. н., доц. Труба А. С.

Рекомендовано до захисту:
протокол засідання кафедри
№ __ від __ грудня 2021 р.

Завідувач кафедри

_____ к. х. н., доц. Щербакова Т. М.
(підпис)

Захищено на засіданні екзаменаційної комісії № __
протокол № __ від «__» _____ 2021 р.
Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою, за шкалою ECTS, бал)

Голова екзаменаційної комісії

_____ д. х. н., проф. Марцинко О. Е.
(підпис)

Одеса – 2021

РЕФЕРАТ

Дипломна робота виконана на кафедрі аналітичної та токсикологічної хімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова і присвячена дослідженню особливостей сорбційного вилучення міді бромідом 6,7-дигідрокси-2,4-дифенілхроменилію, іммобілізованому на КУ-2-8. Робота є частиною та логічним продовженням наукових досліджень, що проводяться за важливішою тематикою кафедри НДР №145 «Обґрунтування вибору методів концентрування, розділення та визначення мікрокількостей речовин з близькими фізико-хімічними властивостями» (номер держ. реєстрації 0115/U001937).

Мета роботи: встановлення особливостей сорбційного вилучення Cu(II) за допомогою модифікованого бромідом 6,7-дигідрокси-2,4-дифенілхроменилієм (ДФДОХ) органополімерного сорбента КУ-2-8 у статичному режимі.

Досліджено механізм вилучення купруму(II) модифікованою ДФДОХ поверхнею КУ-2-8 у статичних умовах. Шляхом обробки отриманих експериментальних даних розраховані кількісні та термодинамічні параметри сорбційної системи.

Ключові слова: бромід 6,7-дигідрокси-2,4-дифенілхроменилій, катіонообмінник КУ-2-8, модифікація, купрум, атомно-абсорційний спектрометрія.

Дипломна робота складається з: 56 стор. машинописного тексту, 18 рис., 7 табл., 100 використаних джерел літератури.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	6
1.1. Основні типи сорбентів. Іонообмінники. Види іонообмінників та їх властивості	6
1.2. Види модифікаторів хімії щеплених поверхневих сполук. Якірна група	8
1.3. Способи хімічної модифікації	12
1.4. Загальна характеристика та використання хроменолів в аналітичній практиці	14
1.5. Загальна характеристика та визначення сполук купруму	19
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	22
2.1. Об'єкти дослідження та апаратура	22
2.2. Методики проведення експерименту	23
2.2.1. Оптимізація умов сорбції ДФДОХ катіонітом КУ-2-8	23
2.2.2. Методика модифікування КУ-2-8 ДФДОХ	25
2.2.3. Побудова градувального графіку для атомно-абсорбційного визначення $Cu(II)$	25
2.2.4. Оптимізація умов сорбції $Cu(II)$ за допомогою модифікованого ДФДОХ КУ-2-8 у статичному режимі	26
2.2.5. Методика вилучення $Cu(II)$ за допомогою модифікованого ДФДОХ КУ-2-8 у статичному режимі	27
2.3. Результати та їх обговорення	28
2.3.1. Оптимізація умов сорбційного вилучення ДФДОХ поверхнею КУ-2-8	28
2.3.2. Дослідження сорбційного вилучення ДФДОХ катіонітом КУ-2-8 при різних температурах	32
2.3.3. Оптимізація умов сорбційного вилучення $Cu(II)$ поверхнею модифікованого ДФДОХ катіоніту КУ-2-8	36
ВИСНОВКИ	45
ЛІТЕРАТУРА	46

ВСТУП

Для вирішення багатьох задач аналітичної хімії використовують різноманітні сорбенти, наприклад, іонообмінники, які дозволяють вибірково вилучати речовини з об'єктів навколишнього середовища та розробляти високочутливі методики їх визначення. Тільки з появою синтетичних органічних іонітів процеси іонного обміну стали широко використовувати в аналітичній та препаративній хімії, а також в хімічній технології.

Іонообмінники дозволяють концентрувати слідові кількості визначуваних речовин, визначати сумарний солевміст розчинів, видаляти заважаючі аналізу іони, кількісно розділяти компоненти складних сумішей. Їх застосовують для пом'якшення і знесолення води в тепловій і атомній енергетиці, в електричній промисловості; в кольоровій металургії – при комплексній гідрометалургійній переробці бідних руд кольорових, рідких і цінних металів; у харчовій промисловості – при виробництві цукру, при переробці гідролізатів; в медичній промисловості – в процесі отримання антибіотиків та інших лікарських засобів, а також для багатьох інших промисловостей.

Для досягнення більш ефективного вилучення речовин з розчину застосовують різні методи модифікування поверхонь. Фіксація активного компонента на поверхні носія може здійснюватися за рахунок фізичних або хімічних взаємодій. Інтерес до таких матеріалів величезний, оскільки вони знаходять різнобічне застосування. Досягнути більшої стійкості до різних впливів зовнішнього середовища можна застосовуючи хімічну модифікацію поверхні сорбенту. При хімічному закріпленні модифікатору можна знизити кількість нанесеного на поверхню активного компонента при збереженні, а іноді навіть при поліпшенні характеристик продукту.

Таким чином, одним з найбільш перспективних шляхів отримання систем «активний компонент - поверхня носія» - є хімічне закріплення різних речовин на твердих підкладках. Дійсно, іммобілізовані ферменти, сенсори,

гетерогенні металокомплексні каталізатори, нерухомі фази для рідинної та газової хроматографії, наповнювачі полімерів, стабілізатори емульсій та багато інших матеріалів отримують шляхом хемосорбції того чи іншого активного компонента на відповідному носії.

Мета роботи: встановлення особливостей сорбційного вилучення Cu(II) за допомогою модифікованого бромідом 6,7-дигідрокси-2,4-дифенілхроменілієм (ДФДОХ) органополімерного сорбента КУ-2-8 у статичному режимі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні *задачі*:

- отримати ряд градувальних графіків визначення ДФДОХ у розчині при різних значеннях рН;
- оптимізувати умови модифікації поверхні органополімерного сорбенту КУ-2-8 ДФДОХ у статичному режимі;
- побудувати ізотерми сорбції ДФДОХ поверхнею катіоніту КУ-2-8 при різних температурах;
- розрахувати кількісні параметри сорбційної системи «Розчин ДФДОХ – катіоніт КУ-2-8»;
- оптимізувати умови вилучення Cu(II) за допомогою модифікованого ДФДОХ катіоніту КУ-2-8;
- побудувати ізотерми сорбції Cu(II) модифікованою ДФДОХ поверхнею катіоніту КУ-2-8 при різних температурах;
- розрахувати кількісні параметри сорбційної системи « Cu(II) — ДФДОХ-катіоніт КУ-2-8».

Методи дослідження: атомно-абсорбційна спектроскопія, спектрофотометрія, рН-метрія, сорбція.

ВИСНОВКИ

1. Встановлені особливості сорбційного вилучення Cu(II) за допомогою модифікованого бромідом 6,7-дигідрокси-2,4-дифенілхроменієм органополімерного сорбенту КУ-2-8 у статичному режимі.
2. Оптимізовані умови модифікації поверхні КУ-2-8 ДФДОХ у статичному режимі:
 - рН 3: $m_c = 0,4$ г; $\tau_{\text{конт}} = 30$ хв; $d_3 = 0,30 \div 0,43$ мм; $S = 68\%$;
 - рН 5: $m_c = 0,3$ г; $\tau_{\text{конт}} = 40$ хв; $d_3 = 0,30 \div 0,43$ мм; $S = 72\%$;
 - рН 7: $m_c = 0,4$ г; $\tau_{\text{конт}} = 40$ хв; $d_3 = 0,43 \div 0,50$ мм; $S = 60\%$.
3. За допомогою ізотерм адсорбції розраховані числові значення статичної об'ємної ємності (СОЄ) при різних температурах ($+20^\circ\text{C} \div (+40^\circ\text{C})$), що дозволило оцінити кількісні характеристики гетерогенної системи «ДФДОХ – поверхня КУ-2-8». Отримано рівняння апроксимації, яке може бути використане при оцінюванні впливу температури та рН на величину СОЄ у подібних системах. Встановлено, що отримані ізотерми сорбції ДФДОХ поверхнею КУ-2-8 відносяться до S-типу.
4. Оптимізовані умови вилучення Cu(II) за допомогою модифікованого ДФДОХ катіоніту КУ-2-8: рН 5; $m_c = 0,1$ г; $\tau_{\text{конт}} = 15$ хв; $d_3 = 0,30 \div 0,43$ мм; $S = 93\%$.
5. Встановлено, що отримані ізотерми сорбції Cu(II) модифікованим ДФДОХ поверхнею КУ-2-8 відносяться до H-типу.
6. За допомогою ізотерм сорбції Cu(II) модифікованим ДФДОХ катіонітом КУ-2-8, отриманих при різних температурах, розраховані значення СОЄ та термодинамічних параметрів системи «Розчин Cu(II) — ДФДОХ-катіоніт КУ-2-8». Показано, що формування адсорбційного шару відбувається переважно за хемосорбційним механізмом.
7. Встановлені кількісні та термодинамічні параметри системи «Розчин Cu(II) — ДФДОХ-катіоніт КУ-2-8» дозволяють рекомендувати використовувати модифікований ДФДОХ катіоніт КУ-2-8 в якості ефективного поглинача для вилучення Cu(II) з водних розчинів.

ЛИТЕРАТУРА

1. Griбанov, E. N., Oस्कotskaya, E. R., & Saunina, I. V. (2018). Сорбционная очистка природных и сточных вод от Hg(II), Cd(II) и Pb(II) природным цеолитом Хотынецкого месторождения. *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2018. Т. 18. №3. С. 316-323.
2. Ходосова и др. Сорбция формальдегида и воды природными и термообработанными клиноптилолитом и монтмориллонитом. *Сорбционные и хроматографические процессы*, 2012. Т. 12. Вып. 3. С. 445-452.
3. Арипов Э.Я. Природные минеральные сорбенты, их активирование и модифицирование. Ташкент: ФАН, 1970. 332 с.
4. Климов Е.С., Бузаева М.В. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод: монография. Ульяновск: УлГТУ, 2011. 201 с.
5. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. Л.: Химия, 1982. 168 с.
6. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984. 591 с.
7. Амфлетт Ч. Неорганические иониты / пер. с англ. С.С. Родина. М.: Мир, 1966. 188 с.
8. Барбалат Ю.А. [и др.] Новый справочник химика и технолога. В 2 ч. Ч. I. Аналитическая химия / под общ. ред. проф., д.х.н. Калинкина И.П. СПб.: Мир и Семья, 2002. 964 с.
9. Robinson, S.M., Kent, T.E. and Arnold, W.D., 1993. Natural Zeolites 93. In: Ming, D.W. and Mumpton, F.A., eds, *International Communication of Natural Zeolites*, Brockport, New York. 1995. pp. 579-586
10. Вольхин В.В., Егоров Ю.В., Ф.А. Белинская и др. Неорганические сорбенты. Ионный обмен. М.: Наука, 1981. 271 с.
11. Hamoudi S., Yang Y., Moudrakovski I. L., Lang S., Sayari A. Synthesis and potential applications of the modified ordered mesoporous silicas. *J. Phys. Chem.* 2001. Vol. 105. №38. P.9118.

12. Han Yu., Xiao et al. A Novel Method for Incorporation of Heteroatoms into the Framework of Ordered Mesoporous Silica Materials Synthesized in Strong Acidic Media. *J. Phys. Chem.* 2001. Vol. 105. №33. P. 7963.
13. Benjelloun M., Voort M., Van der P., Coll P. et al. Pore structure and surface area of silica. *J. Phys. Chem.* 2001. Vol. 3. №1. P. 127.
14. Sliwinska-Bartkowiak M. Dudziak G., Sikorski R. et al. The role of surface chemistry and roughness. *J. Chem. Phys.*, 2001. Vol. 114. №2. P. 950.
15. Itoh A., Kodama T., Inagaki S., Masaki Y. Chiral Phosphine-Free Pd-Mediated Asymmetric Allylation of Prochiral Enolate with a Chiral Phase-Transfer Catalyst. *Org. Lett.* 2001. Vol. 3. №17. P. 2653.
16. Мінаєва В. О. Іонний обмін та іонообмінна хроматографія. Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. 128 с.
17. Алесковский В. Б. Курс химии надмолекулярных соединений. Л.: ЛГУ, 1990. 284 с.
18. Иванов В. М., Кочелаева Г. А. Применение модифицированных ксерогелей в тест-методах анализа. *Вестник Моск. ун-та. Серия 2. «Химия»*. 2001. Т. 42. № 2. С. 103.
19. Иванов В. М. Гетероциклические азотсодержащие азосоединения. М.: Наука, 1982. С. 230.
20. Иванов В. М., Кочелаева Г. А. Сорбционно-цветометрическое и тест-определение меди в водах. *Вестн. Моск. ун-та. Серия 2. «Химия»*, 2001. Т. 42. № 2. С. 103–105.
21. Амелин В. Г. Применение в тест-методах индикаторных бумаг, содержащих дитизонаты металлов. *Журн. аналит. химии*. 1999. Т. 54. №7. С. 753–757.
22. Амелин В.Г., Иванов В.М. Тест-метод анализа с применением иммобилизованных на бумаге ассоциатов азопроизводных пирокатехина, триоксифлуоронов с цетилпиридином и их хелатов с ионами металлов. *Журн. аналит. химии*. 2000. Т. 55. № 4. С. 411–418.

23. Амелин В.Г. Модифицированные поверхностно-активными веществами органические реагенты и реактивные индикаторные бумаги в фотометрических и тест-методах определения микрокомпонентов. М.: МГУ, 1998. 283 с.
24. Чернова Р. К., Штыков С.И., Аграновская Л. А., Бубело В. Д. Разработка новых материалов и тест-систем для сорбции и анализа нефтепродуктов и нефти. М.: МГУ, 1990. №13. С. 234.
25. Тертых В. А., Белякова Л. А. Химические реакции с участием поверхности кремнезема. Киев: Наукова думка, 1991. 260 с.
26. Химия привитых поверхностных соединений / под ред. Г.В. Лисичкина. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. С. 15.
27. Юрин В.М. Имобилизованные клетки и ферменты: курс лекций. Минск: БГУ, 2006. С. 29-31.
28. Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры. М.: Техносфера, 2005. С. 125.
29. Davankov V.A., Kurganov A.A., Tevlin A.V. *J. Chromatogr.* 1983. Vol. 261. №2. pp. 223-230.
30. Амелин В. Г., Колодкин И. С. Органические реагенты в аналитической химии. *VII Всерос. конф.*: тез. докл., Саратов: ТЕЗ. 1999. С. 345.
31. Линь Янь, Деревицкая В.А., Рогозин З.А. Высокомолекулярные соединения. М.: Химия, 1959. 157 с.
32. Рогозин З.А., Гальбрайт Л. С. Химические превращения и модификация целлюлозы. М.: Химия, 1979. 208 с.
33. Вавзюнок С. Гетероциклические соединения. М.: Изд-во иностр. лит., 1954. 650 с.
34. Неницеску К.Д. Органическая химия. Изд-во иностр.лит., 1962.– 862 с.
35. Бусев А.И. Синтез новых органических реагентов для неорганического анализа. Изд-во МГУ, 1972.– 245 с.

36. Танцюра Г.Ф., Плавецкая Т.Г. Использование в спектрофотометрии, синтез и свойства некоторых производных о-диоксихроменолов. *Журн. аналит. химии*. 1985. Т. 40. № 2. С. 228–231.
37. Оленович Н.Л., Базилевич А.А., Назаренко В.А., Танцюра Г.Ф. Спектрофотометрические характеристики и константы ионизации некоторых о-диоксихроменолов. *Журн. аналит. химии*. 1975. Т. 30. № 8. С. 1611–1614.
38. Оленович Н.Л., Галанець З.Г., Танцюра Г.Ф., Меншикова О.П. Визначення спектрофотометричних характеристик і констант іонізації деяких похідних о-діоксихромінілів. *Укр. хім. журн.* 1977. Т. 43. № 12. С. 1327–1329.
39. Kolpakova N.A., Glyzina T.S. Stripping voltammetric determination of bismuth in raw gold ores. *Journal of Analytical Chemistry*. 2009. Vol. 64. № 12. P. 1259-1263.
40. Снигур Д.В. Чеботарёв А.Н., Бевзюк Е.В. Цветометрическое изучение кислотно-основных свойств некоторых хлоридов 6,7-дигидроксибензопирилия в растворах. *Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 2. Химия*. 2017. Т. 58. № 4. С. 193–198.
41. Грекова И.М., Базилевич А.А. *Журн. физ. хим.* 1978. Т. 52. С. 1388.
42. Кононенко Л.И., Полуэктов Н.С. Фотометрическое определение германия при помощи о-диоксихроменолов. *Журн. аналит. химии*. 1960. Т. 15. № 1. С. 61–67.
43. Кононенко Л.И., Полуэктов Н. С. Применение о-диоксихроменолов для колориметрического определения циркония и гафния. *Укр. хім. журн.* 1960. Т. 26. № 2. С. 246 – 251.
44. Чеботарёв А.Н., Снигур Д.В., Барбалат Д.А., Михайлова А.С. Комплексообразование Mo(VI) и W(VI) с некоторыми производными хлорида 6,7-дигидроксибензопирилия в растворах. *Укр. хім. журн.* – 2016. Т. 82. № 11. С. 44-51.

45. Танцюра Г. Ф., Оленович Н. Л. Исследование комплексов галлия и индия с производными о-диоксихроменолов. *XI Укр. респ. конф. по неорг. Химии*: тез. докл. конф., г. Симферополь, 8-10 сент. 1981 г. Симферополь, 1981. С. 289.
46. Базилевич А.А., Оленович Н.Л., Назаренко В.А. Спектрофотометрическое исследование взаимодействия галлия с о-диоксихроменолов. *Журн. аналит. химии*. 1973. Т. 28. № 10. С. 2047–2050.
47. Оленович Н.Л., Базилевич А.А., Назаренко В.А., Дира О.А. Спектрофотометрическое исследование взаимодействия индия с о-диоксихроменолов. *Журн. аналит. химии*. 1974. Т. 29, № 11. С. 2287–2289.
48. Оленович Н.Л., Базилевич А.А., Назаренко В.А., Романько В.П. Спектрофотометрическое изучение взаимодействия таллия(III) с хлоридом 6,7-диокси-2,4-дифенилбензопирилия. *Журн. аналит. химии*. 1976. Т. 31, № 12. С. 2353–2356.
49. Чеботарёв А.Н., Снигур Д.В., Барбалат Д.А., Плюта К.В., Койчева А.С. Комплексообразование 6,7-дигидрокси-2,4-дифенилбензопирилия с Вi(III) и его спектрофотометрическое определение в фармацевтических препаратах. *Вопр. химии и хим. технологии*. 2017. Т. 1, № 110. С. 36–42.
50. Chebotarev A.N., Dubovyi V.P., Demchuk A.V., Barbalat D.A., Snigur D.V. Extraction-Spectrophotometric Determination of Cu(II) with 6,7-Dihydroxy-4-Methyl-2-Phenylbenzopyrylium Chloride in Waters of Various Categories. *J. Water Chem. Technol.* 2019. Vol. 41. P. 170–174. <https://doi.org/10.3103/S1063455X19030068>
51. Klochkova A., Barbalat D.A., Chebotarev A.M., Snigur D.V. Dispersive liquid–liquid semi-microextraction of molybdenum(VI) with 6,7-dihydroxy-2,4-diphenylbenzopyrylium chloride for its spectrophotometric determination. *J. Iranian Chem. Soc.* 2020. Vol. 18, № 1. <https://doi.org/10.1007/s13738-020-02008-8>

52. Chebotarev A.N., Klochkova A., Dubovyi V.P., Snigur D.V. Dispersive liquid-liquid semi-microextraction of Cu(II) with 6,7-dihydroxy-2,4-diphenylbenzopyrylium chloride for its spectrophotometric determination. *Acta Chim. Slovenica*. 2020. Vol. 67, N4. P. 1118–1123. <https://doi.org/10.17344/acsi.2020.5939>
53. Snigur D.V., Chebotarev A.N., Dubovyi V.P., Barbalat D.A., Klochkova A. Room temperature cloud point extraction: An application to preconcentration and spectrophotometric determination of copper(II). *J. Serbian Chem. Soc.* 2019. Vol. 85, N1. P. 89–96. <https://doi.org/10.2298/JSC190212087S>
54. Snigur D.V., Chebotarev A.N., Dubovyi V.P., Barbalat D.A., Bevziuk K.V. Salicylic acid assisted cloud point extraction at room temperature: Application for preconcentration and spectrophotometric determination of molybdenum(VI). *Microchem. J.* 2018. Vol. 142. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.07.010>
55. Snigur D.V., Barbalat D.A., Chebotarev A.N., Synievyd A., Bevziuk K.V. A rapid cloud point extraction of Molybdenum(VI) with 6,7-dihydroxy-2,4-diphenylbenzopyrylium perchlorate prior to its spectrophotometric determination. *Chem. Pap.* 2021. Vol. 75. P. 1823–1830. <https://doi.org/10.1007/s11696-020-01436-3>
56. Snigur D.V., Dubovyi V.P., Chebotarev A.N. Atomic-Absorption Determination of Copper(II) in Water Samples after Its Cloud-Point Extraction Preconcentration. *Moscow University Chem. Bulletin*. 2020. Vol. 75, № 6. P. 328–332. <https://doi.org/10.3103/S0027131420060073>
57. Chebotarev A.N., Toporov S.V., Snigur D.V., Barbalat D.A. 6,7- and 7,8-dihydroxybenzopyrylium derivatives: synthesis, properties and analytical application (review). *Вісник ОНУ. Хімія*. 2021. V. 26, №. 2(78). p. 73-88.
58. Топоров С., Барбалат Д., Кожокару М., Снігур Д. Спектрофотометричне дослідження взаємодії іонів галію (III) та індію (III) з перхлоратом 6,7-дигідрокси-2-феніл-4-метилбезопірилію. XIX наукова конференція «Львівські хімічні читання-2019». Львів, 2019. С. 116.

59. Щербакова Т.М. Поліфункціональні сорбенти на основі катіоніту КУ-2-8 і амінокислот та їх використання в аналітичній практиці: автореф. дис. ... канд. хім. наук: 02.00.02. Физ.-хим. ин-т ім. О.В.Богатського НАНУ. Одеса. 1998.
60. Большаков В.А. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами. М.: ВНИИИиТЭИсельхоз, 1978. 52 с.
61. Роцин А. В. Гигиена труда и проф. заболевания. 1977. № 11. С. 28—35
62. Helman R. et al. Toxicol. Appl. Pharmacol. 1983. Vol. 67. № 2. P. 238— 245.
63. Смирнова В. М. Фармакология и токсикология. 1968. Т. 31. № 1. С. 112— 113.
64. Бадман А.Л., Гудзовский Г.А., Дубейковская Л.С., и др. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I–IV групп. Л.: Химия. 1988. 512 с.
65. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1971.
66. Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. Краткий справочник по химии. Киев: Наукова думка, 1974.
67. Справочник химика. / Под ред. Б.П. Никольского. М.: Наука, 1964. Т.3. с. 1006
68. Schmitt D., Stein A., Baumer W. (BRD). Пат. ФРГ 2038651, 1979
69. Farag A. B., Hassouna M. E., Abdol-Rahman M. H. Bull. Soc. Chim. Belg., 1987, 96, №2, 147.
70. Schnellverfahren zur Analyse von Kupferspuren in einer Flüssigkeit: пат. 238451 ГДР: МКИ G 01 N 31/22. L. Zabel (DDR); заяв. 11.06.85; опубл. 13.08.86.
71. Золотов Ю.А. Химический анализ без лабораторий: тест-методы. *Вестн. РАН*. 1997. Т.67. № 6. С.508-513.
72. Панталер Р. П., Егорова Л. А., Авраменко Л. И. Бланк А. Б. *Журн. аналит. химии*, 1996. 51. №9. С. 997
73. Амелин В.Г. Приминение в тест-методах индикаторных бумаг, содержащих малорастворимые комплексы металлов с

- диэтилкарбаминатом. *Журн. аналит. Химии*. 1999. Т. 54. № 10. С. 1088-1093.
74. Кравченко М.С., Юрченко Л.Н., Аксенова М.Л., Островская В.М. Определение меди индикатором экспресс-тестом на основе реактивной бумаги РИБ ФММОПФ-6-Ц. *Журн. аналит. химии*. 1987. Т.42. № 2. С.263-266.
75. Kolpakova N.A., Glyzina T.S. Stripping voltammetric determination of bismuth in raw gold ores. *Journal of Analytical Chemistry*. 2009. V. 64. № 12. P.1259-1263.
76. Xiaoyu Jia, Han Yi, Liu Xinli, Duan Taicheng, Chen Hangting. Dispersive liquid-liquid microextraction combined with flow injection inductively coupled plasma mass spectrometry for simultaneous determination of cadmium, lead and bismuth in water samples. *Microchimica Acta*. 2010. Vol. 171. № 1-2. P.49-56.
77. Candir Secil, Ibrahim Narin, Mustafa Soylak. Ligandless cloud point extraction of Cr(III), Pb(II), Cu(II), Ni(II), Bi(III), and Cd(II) ions in environmental samples with Tween 80 and flame atomic absorption spectrometric determination. *Talanta*. 2008. Vol. 77. № 1. P. 289-293.
78. Dedkova V.P., Shvoeva O.P., Savvin S.B. Adsorption and determination of bismuth with 4-(2-pyridylazo)resorcinol on a fibrous ion exchanger. *Journal of Analytical Chemistry*. 2010. Vol. 65. № 6. P.577-581.
79. Jenny A. Oviedo, Lucimar L. Fialho, Joaquim A. Nóbrega Determination of molybdenum in plants by vortex-assisted emulsification solidified floating organic drop microextraction and flame atomic absorption spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B*. 2013. P. 4.
80. Chujie Zeng, Xiaodong Wen, Zhiqiang Tan, Pingyang Cai, Xiandeng Hou. Hollowfiber supported liquid membrane extraction for ultrasensitive determination of trace lead by portable tungsten coil electrothermal atomic absorption spectrometry. *Microchemical Journal*. 2010. V. 96. P. 238-242.

81. Shvoeva O.P., Dedkova V.P., Savvin S.B. Complexation of molybdenum(VI) and tungsten(VI) with pyrocatechol violet and phenylfluorone on a solid phase. *Journal of Analytical Chemistry*. 2014. Vol. 69. № 2. P. 111-115.
82. Pytlakowska K., Feist B. Spectrophotometric determination of molybdenum in the presence of tungsten using gallein and benzyldodecyldimethylammonium bromide. *Journal of Analytical Chemistry*. 2013. V. 68. № 1. P. 39-40.
83. Zalov Z., Verdizade N.A. Extraction-spectrophotometry determination of tungsten with 2-hydroxy-5-chlorothiophenol and hydrophobic. *Journal of Analytical Chemistry*. 2013. Vol. 68. № 3. P. 212-217.
84. Zarei K., Alinejad M., Alizadeh R. Simultaneous voltammetric determination of Mo(VI) and W(VI) by adsorptive differential pulse stripping method using adaptive neuro-fuzzy inference system. *Journal of Analytical Chemistry*. 2013. Vol. 68. № 10. P. 885-890.
85. Shigenori Nakano, Chie Kamaguchi, Naoki Hirakawa. Flow-injection catalytic spectrophotometric determination of molybdenum(VI) in plants using bromate oxidative coupling ofp-hydrazinobensenesulfonic acid withN-(1-naphthyl)ethylenediamine. *Talanta*. 2010. Vol. 81. P. 786–791.
86. Guzenko E.M., Chebotarev A.N., Zhukovetska E.M., Toporov S.V., Zakharova J.Yu. Development of colorimetric test method for Cr(VI) based on sorption method water. *8th Black sea basin conference on Analytical chemistry*. 9-11 May, 2018. Istanbul-Turkey. P. 91 (PP21).
87. E. Guzenko, A. Chebotarev, O. Zhukovetska, Ya. Khomytska, Ju. Zakharova Features of cationexchangers surface modification 6,7-dihydroxy-2-methyl-4-phenylbenzopyrylium chloride. *EastWest chemistry conference*. 10-12 october, 2018. Ukraine, Lviv. P. 137 (P-056).
88. Захарова Ю.Ю., Гузенко О.М., Жуковецька О.М., Ожбург В.С., Снігур Д.В., Чеботарьов О.М. Сорбційне вилучення о-діоксихроменолів органічними іонами. *XXI Міжнародна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Сучасні проблеми хімії»*. Київ, 20-22 травня, 2020. С. 55.

89. Гузенко О., Чеботарьов О., Жуковецька О., Захарова Ю., Снігур Д. Модифікування органополімерних іонітів аналітичними реагентами 29 класу о-діоксихроменолів. *XVII наукова конф. «Львівські хімічні читання - 2019»*. Львів: Видавничий центр Львівського національного університету імені І. Франка, 2-5 червня, 2019. С. А3.
90. Чеботарев А.Н., Гузенко Е.М., Жуковецкая Е.М. Модификация анионитов АВ-17-8 и Гранион АWA-G1 ксиленоловым оранжевым. *Київська конференція з аналітичної хімії «Сучасні тенденції 2017»*. Київ. 18–21 жовтня, 2017. С. 38.
91. Гузенко Е.М. Особенности динамики сорбции комплекса 1,5-дифенилкарбазоната хрома(III) катионитами КУ-2-8 и КБ-4п-2 из вод разных категорий. *Вестник ОНУ. Сер. Химия*. 2013. Т.18, Вып. 1(45). С. 64–70.
92. Чеботарьов О.М., Гузенко О.М., Барбалат Д.О., Снігур Д.В. Сорбційне модифікування поверхні органополімерних аніонітів ксиленоловим оранжевим. *Вестник ОНУ. Сер. Химия*. 2018. Т. 23, Вып. 4. С. 78-85.
93. Чеботарьов О.М., Гузенко О.М., Жуковецька О.М., Снігур Д.В., Захарова Ю.Ю., Мукієнко Д.М. Модифікування поверхні іонітів бромід 6,7-дигідрокси-4-карбокси-2-фенілхроменілем. *Київська конференція з аналітичної хімії «Сучасні тенденції 2020»*: тези доп. Київ. 21–23 жовтня, 2020. С. 10.
94. Гузенко О.М., Чеботарьов О.М., Жуковецька О.М., Снігур Д.В., Захарова Ю.Ю. Модифікування поверхні іонітів бромідом 6,7-дигідрокси-4-карбокси-2-фенілхроменілію. *XVIII наукова конф. «Львівські хімічні читання - 2021»*. Львів: Видавничий центр Львівського національного університету імені І. Франка, 31 травня - 2 червня, 2021. С. А4.
95. Гузенко О.М., Чеботарьов О.М., Жуковецька О.М., Снігур Д.В., Захарова Ю.Ю., Мукієнко Д.М. Адсорбційне модифікування органополімерних іонітів бромідом 6,7-дигідрокси-4-карбокси-2-фенілхроменілію. *76-та звітна наукова конференція професорсько-викладацького складу і*

наукових працівників Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. Одеса. 2021, 25 листопада.

96. Фролов Ю.Т. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: [учеб. для вузов]. М.: Химия, 1988. 464 с.
97. Giles C.H., MacEwan T.H., Nakhwa S.N. et al. A system of classification of solution adsorption isotherms, and its use in diagnosis of adsorption mechanisms and in measurement of specific surface areas of solids. *J. Chem. Soc.* 1960. № 10. P. 3973–3993.
98. Чеботарьов О.М., Гузенко О.М., Жуковецька О.М., Снігур Д.В., Захарова Ю.Ю., Мукієнко Д.М. Модифікування поверхні іонітів бромід 6,7-дигідрокси-4-карбокси-2-фенілхроменілем. *Київська конференція з аналітичної хімії «Сучасні тенденції 2020»*. Київ. 21–23 жовтня, 2020. С. 10.
99. Гузенко О.М., Чеботарьов О.М., Жуковецька О.М., Снігур Д.В., Захарова Ю.Ю. Модифікування поверхні іонітів бромідом 6,7-дигідрокси-4-карбокси-2-фенілхроменілію. *XVIII наукова конф. «Львівські хімічні читання - 2021»*. Львів: Видавничий центр Львівського національного університету імені І. Франка, 31 травня – 2 червня, 2021. С. А4.
100. Гузенко О.М., Чеботарьов О.М., Жуковецька О.М., Снігур Д.В., Захарова Ю.Ю., Мукієнко Д.М. Адсорбційне модифікування органополімерних іонітів бромідом 6,7-дигідрокси-4-карбокси-2-фенілхроменілію. *76-та звітна наукова конференція професорсько-викладацького складу і наукових працівників Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. Одеса. 2021, 25 листопада.*