

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: «Екстракційне вилучення Індію(III) у вигляді його
комплексу з перхлоратом
6,7-дигідрокси-2-феніл-4-карбоксилбензопірилію»

«Extraction of indium(III) as a complex with 6,7-dihydroxy-2-phenyl-4-carboxylbenzopyrilium
perchlorate»

Виконала: студентка заочної форми навчання
спеціальності 102 Хімія
Кожокару Мирослава Юріївна

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

Рецензент: к. х. н., доц. Федько Н. Ф.

Рекомендовано до захисту:
протокол засідання кафедри
№ ____ від ____ грудня 2019 р.

Захищено на засіданні екзаменаційної комісії № ____
протокол № ____ від «____» _____ 2019 р.
Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою, за шкалою ECTS, бал)

Завідувач кафедри
_____ к. х. н., доц. Чеботарьов О. М.
(підпис)

Голова екзаменаційної комісії
_____ к. х. н., доц. Чеботарьов О. М.
(підпис)

Одеса – 2019

РЕФЕРАТ

Дипломна робота виконана на кафедрі аналітичної та токсикологічної хімії Одеського національного університету імені І.І. Мечникова і присвячена дослідженню особливостей екстракційного вилучення Індію(III) у вигляді комплексу з перхлоратом 6,7-дигідрокси-2-феніл-4-карбоксилбензопірилію для подальшого спектрофотометричного визначення. Робота є частиною та логічним продовженням наукових досліджень, що проводяться за науковою темою № 145 «Обґрунтування вибору методів концентрування, розділення та визначенням мікрокількостей речовин з близькими фізико-хімічними властивостями», державний реєстраційний номер 0115U001937.

Мета роботи полягає у дослідженні комплексоутворення Індію(III) з 6,7-дигідрокси-2-феніл-4-карбоксилбензопірилію в присутності катіонних ПАР та застосування отриманого комплексу в якості аналітичної форми для екстракційно-спектрофотометричного визначення Індію(III).

В результаті даної роботи досліджено комплексоутворення Індію(III) з 6,7-дигідрокси-2-феніл-4-карбоксилбензопірилію у водних розчинах та в присутності катіонних ПАР, показано що за своїми хіміко-аналітичними характеристиками отриманий комплекс може бути рекомендовано в якості аналітичної форми для екстракційно-спектрофотометричного визначення Індію(III).

Можлива область застосування: визначення мікрокількостей Індію(III).

Ключові слова: комплексоутворення, Індій(III), карбоксилдіоксихроменол, спектрофотометрія.

Дипломна робота складається з: 59 стор. машинописного тексту, 12 рис., 2 схем, 2 табл., 105 використаних джерел літератури, додатку.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1. Загальна характеристика елементів підгрупи алюмінія і методи їх визначення при спільній присутності	7
1.2. Спектрофотометричні методи визначення елементів підгрупи алюмінію в водних розчинах	13
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	28
2.1. Застосовані реактиви та апаратура.....	28
2.2. Методики проведення експерименту	29
2.2.1. Методика синтезу 6,7-дигідрокси-2-феніл-4-карбоксилбензопірилію (КДХ).....	29
2.2.2. Методика визначення оптимального значення рН для утворення комплексу індію(III) з КДХ в присутності та за відсутності ПАР.....	29
2.2.3. Методика визначення складу та стійкості комплексу металу з КДХ методом ізомолярної серії (Остромисленського-Жоба).....	30
2.2.4. Методика визначення складу комплексів металу з КДХ методом зсуву рівноваги.....	30
2.2.5. Методика визначення констант стійкості і молярних коефіцієнтів світлопоглинання комплексів металу з КДХ методом Комаля	31
2.2.6. Визначення оптимального об'єму ПАР та етанолу для процесу комплексоутворення індію(III) з КДХ у розчині	31
2.2.7. Методика побудови градувального графіку.....	32
2.2.8. Вплив органічних розчинників на екстракцію комплексу In(III) з КДХ та ЦПСІ.....	32

2.2.9. Кінетика екстракції комплексу In(III) з КДХ та ЦПСІ.....	33
2.2.10. Визначення оптимального співвідношення водної та органічної фази для екстракції комплексу In(III) з КДХ та ЦПСІ.....	33
2.2.11. Визначення констант екстракції комплексу In(III) з КДХ та ЦПСІ	33
2.2.12. Методика побудови градувального графіку для екстракційно-спектрофотометричного визначення In(III) з КДХ та ЦПСІ.....	34
2.3. Результати та їх обговорення	35
2.3.1. Оптимізація умов комплексоутворення Індію(III) з КДХ	35
2.3.2. Умови екстракційного вилучення комплексу Індію(III) з КДХ ...	40
ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	46

ВСТУП

Найбільш цінними в аналітичному відношенні, як правило, є такі органічні речовини, які містять в своєму складі атомні угруповання здатні до комплексоутворення, які забезпечують можливість утворення з йонами металів інтенсивно забарвлених халатних сполук. До подібного роду органічних речовин можна віднести піридинові азосполуки, похідні триоксифлуоронів, трифенілметанові барвники та похідні 6,7-дигідроксибензопірилію. В свою чергу, Індій є одним із елементів, який відіграє важливу роль у створенні сучасних електротехнічних пристроїв. При цьому необхідність визначення слідових кількостей цього елементу є актуальним завданням як при дослідженні сировини для добування індію так і готової продукції, що містить сполуки цього елементу.

Таким чином, необхідність визначення мікрокількостей Індію(III) в природніх, біологічних і промислових об'єктах і значення її для аналітичної хімії робить дану роботу актуальною.

Мета роботи: полягає у дослідженні комплексоутворення Індію(III) з 6,7-дигідрокси-2-феніл-4-карбоксилбензопірилію в присутності катіонних ПАР та застосування отриманого комплексу в якості аналітичної форми для екстракційно-спектрофотометричного визначення Індію(III). Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання.

Завдання дослідження:

- оптимізувати умови комплексоутворення та встановити склад, стійкість і хімізм утворення комплексу перхлорату 6,7-дигідрокси-2-феніл-4-карбоксилбензопірилію з Індієм(III);
- дослідити вплив катіонних ПАР (наприкладі цетилпіридиній хлориду) на склад, умови утворення та хіміко-аналітичні характеристики потрібного комплексу;

- вивчити умови екстракційного вилучення потрібного комплексу комплексу та оцінити його придатність для розробки екстракційно-спектрофотометричної методики визначення слідових кількостей Індію(III).

ВИСНОВКИ

1. Виявлено, що In(III) утворює з реагентом 6,7-дигідрокси-2-феніл-4-карбоксилбензопірилію (КДХ) комплекс при рН 3,5. Склад комплексу $\text{In(III):КДХ} = 1:3$ ($\lambda = 500$ нм, $\varepsilon = 2,5 \cdot 10^4$). Закон Бера виконується в діапазоні концентрацій In(III) 0,05 - 2,5 мкг/мл.
2. Показано, що при введенні в систему катіонної ПАР цетилпіридиній хлориду оптимальне рН комплексоутворення зсувається в більш кислу область до рН 3,0. Відмічено, що в спектрах світлопоглинання спостерігається батохромний зсув смуги поглинання. Встановлено, що утворюється потрійний комплекс складу $\text{In(III):КДХ:ЦП} = 1:3:3$ ($\lambda = 550$ нм, $\varepsilon = 5,0 \cdot 10^4$) Закон Бера виконується в діапазоні концентрацій In(III) 0,02 - 2,0 мкг/мл.
3. Оптимізовані умови екстракційного вилучення комплексу In(III):КДХ:ЦП . Встановлено, що максимальне вилучення комплексу спостерігається при використанні в якості екстрагенту ізоамілового спирту, а оптимальним співвідношенням органічної фази та води є співвідношенні 1:5. При цьому спостерігається коефіцієнт розподілу $D = 80,5$, при цьому досягається ступінь вилучення $R=93\%$.
4. Показано що за своїми хіміко-аналітичними характеристиками отриманий комплекс може бути рекомендовано в якості аналітичної форми для екстракційно-спектрофотометричного визначення Індію(III). Закон Бера виконується в діапазоні концентрацій In(III) 0,005 - 1,6 мкг/мл.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дымов А.М. Аналитическая химия галлия (Серия «Аналитическая химия элементов») / А.М. Дымов, А.М. Савостин. - М.: Наука. 1968. - 256 с.
2. Тихонов В.П. Аналитическая химия алюминия. (Серия «Аналитическая химия элементов») / В.Н. Тихонов. - М.: Наука, 1971. - 267 с.
3. Бусев А. И. Аналитическая химия индия. (Серия «Аналитическая химия элементов») / А. И. Бусев М. Изд-во АН СССР, 1958. - 244 с.
4. Бандман АЛ. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп: Справ. / АЛ. Бандман, Г.А. Гудзовский, Л.С. Дубейковская, Б.А. Ивин и др. / Под ред. В.А. Филова и др. - Л.: Химия, 1988. -512с.
5. Борисенко Л.Ф. Минерально-сырьевые ресурсы галлия и способы его извлечения / Л.Ф. Борисенко, Л.М. Дслицын - М.: Геоинформмарк, 1992. 32с.
6. Федоров П.И. Индий / П.И. Федоров, Р.Х. Акчурин М.: Наука, 2000. - 276 с.
7. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах / Я.М. Грушко. - Л.: Химия, 1979. 160 с.
8. Мюнд Л.А. Состояние ионов галлия в щелочных растворах по данным спектроскопии комбинационного рассеяния / Л.А. Мюнд, Л.Ф. Султанова, К.А Бурков, Л.С. Лилич // Проблемы современной химии координационных соединений.-Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1989. Вып. 9. С 23 30.
9. Назаренко В. А. Гидролиз ионов металлов в разбавленных растворах / В. А. Назаренко, В. 11. Антонович, Е. М. Невская. М.: Атомиздат, 1979. - 192 с.

10. Барановский В.Ф. Физико-химические методы анализа / В.Ф. Барановский. - М.: Химия, 1980.-204 с.
11. Реми Г. Курс неорганической химии / Г. Реми. М. Мир, 1972. - 824 с.
12. Мазсль В.А. Производство глинозема / В.А. Мазель. - М.: Металлургия, 1978. -276 с.
13. Новый справочник химика и технолога. Аналитическая химия. Ч. 1 / Под общ. ред. Калинкина И.П. - С.-116.: АНО ИИ10 «Мир и семья», 2002. - 964 с.
14. Кузнецов С.И. Физическая химия производства глинозема по способу Байера / С.И. Кузнецов, В.А. Деревянкин. М.: Металлургия, 1994. - 320 с.
15. Абрамов В.Я. Физико-химические основы комплексной переработки алюминиевого сырья / В.Я. Абрамов, Г.Д. Стельмаков, И.В. Николаев. М.: Металлургия, 1985. 258 с.
16. Коровин С.С. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология: Учеб. для вузов по специальности. Кн. III / С. С. Коровин, В. И. Букин, П. И. Федоров, М. Резник. - М.:МИСИС,2003.-438с.
17. Смирнов Д.И. Комплексная безотходная сернокислотно-сорбционная технология переработки красных шламов глиноземного производства / Д.И. Смирнов, Т.В. Молчанова, Л.И. Водолазов // Эколог, системы и приборы. - 2001.-№1. С. 29-31.
18. Казанбаев Л.А. Индий. Технология получения / Л.А. Казанбаев, П.А. Козлов,
19. Марченко З. Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе. / З. Марченко, М. Бальцежак. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 711с.
20. Перьков И.Г. Одновременное флуориметрическое определение алюминия, галлия, индия и магния 8-оксихиполином в хлориде калия особой чистоты. / И.Г. Перьков, Ю.В. Подружи и ков, А.В. Дрозд, Г.В.

- Арцебашев, И.В. Середа // Журн. аналит.химии. 1990. -Т.45, вып. 11. - С.2220-2230.
21. Абраменкова О.И. Гвердофазно-флуориметрическое определение галлия (111) в воде /О.И.Абраменкова, В.Г.Амелин, I [С.Алешин, Д.С. Королев // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2012. - Т.78, № 9. С.212-223.
 22. Вэй Цинь. Экспрессное флуориметрическое определение микроколичеств индия (III) в среде микроэмульсий после концентрирования и разделения с помощью сульфогидрил-декстранового геля / Цинь Вэй, Бинь Ду, Хуэй Чжань, Янь Ли, Цзайцзюнь Ли //Журн. аналит. химии. - 2005. - Т.60, № 9. С.979-984.
 23. Vitense K.R. Simultaneous determination of aluminium (III) and gallium (III) with lumogallion by phase-resolver fluorimetry / K.R. Vitense, Г.В. McGown // Analyst. 1987. — V. 112,№9.-P. 1273-1277.
 24. Демидова М.Г. Атомно-абсорбционный метод определения галлия и цинка в алюминатных растворах / М.Г. Демидова, Н.Ф. Бейзель // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2009,- Т. 75, № 5. - С. 8-10.
 25. Aller A.J. Determination de indio en aleaciones base aluminio mediante las tecnicas de absorcion atomicaó fotometria de llama. / A.J. Aller// Rev. roum. chim. - 1982. - V.27, ¹ 9-10.- P. 1067- 1078.
 26. Kuroda Rocuro. Определение следовых концентраций In в горных породахметодом ААС с графитовой печью / Kuroda Rocuro, Wada Takehary, Soma Takayuki, Itsubo Noriyuki, Oguma Koichi // Analys. - 1990 - 115, ¹ 12 С. 1535-1537.
 27. Волынский А.Б. Влияние органических модификаторов матрицы на определение галлия методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии / А.Б. Волынский, О.Р. Валединская, Н.К. Куцева // Журн. аналит. химии. - 1992. - Т.47, вып. 3. - С. 493- 501.

28. Молот Л. А. Аналитическая химия алюминия / Л. А. Молот. - Саратов: Изд-во Саратов, ун-та, 1971. 135 с.
29. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / К).К). Лурье. - М.: Химия, 1984 - 447с.
30. Ахмедин М.К. Исследование реагентов для спектроскопического определения галлия / М.К.Ахмедин, Е.Л. Глушенко // Журн. аналит. химии. - 1967. Т. 19, вып.5. - С. 556-560.
31. Бабко А.К. Спектрофотометрическое определение алюминия / А.К. Бабко, П.П. Киш // Журн. аналит. химии. - 1962. - вып.6, № 17. - С. 693-699.
32. Ямпольский М.З. К вопросу о выборе реактивов для колориметрического определения индия и галлия / М.З. Ямпольский // Труды комиссии по аналит. химии,- 1958.-Т.8.-С.141-151.
33. Бусев Л.И. Фотометрическое определение индия с использованием пиридиловых азосоединений / Д.И. Бусев, В.М. Иванов, П.С. Хлыбова // Журн. аналит. химии. 1967. - Т.22, вып.4. - С. 547-551.
34. Шкробот Е.И. Сульфоназо и его дибром- и диметилпроизводные как реагенты на индий и галлий / Е.П. Шкробот // Журн. аналит. химии. - 1962. - Т. 17, вып.3. -С. 311-317.
35. Туруханова Н.Т. Фотометрическое определение галлия с 1 (2-хинолиназо)- α -аминофенолом / Н.Т. Туруханова, Ш.Т. Талипов, Х.А. Мирзазимов // Журн. аналит. химии. - 1988. - Т.43, вып.6. - С. 1042-1045.
36. Басаргин И.И. Корреляция и прогнозирование аналитических свойств органических реагентов и хелатообразующих сорбентов / Н.Н. Басаргин, Э.И. Исаев. - М.: Наука, 1986. - 200 с.
37. Алиева Р. А. Бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо)бензидин как реагент для фотометрического определения алюминия / Р.А.Алиева, Ф.С.Алиева, Ф.М.Чырагов // Журн. аналит.химии. - 2006. - Т. 61, №7. - С.686-689.

38. Алиева Р.А. Спектрофотометрическое определение индия с бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо)бензидином в присутствии папаверина, дибазола и уротропина / Р.А. Алиева, Ф.С.Алиева, Ф.М. Чырагов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2006. 1772, № 5. - С. 17-19.
39. Тихонов В.Н. Фотометрическое определение алюминия в титановых материалах в виде разнолигандного комплекса с хромазуолом S и цегилтриметиламмонием / В.Н. Тихонов, Л.А. Карпеева // Журнал аналит. химии. - 1980. - Т. XXXI, вып. 11. - С. 2267-2269.
40. Ганаго Л.И., Ищенко И.Н. Изучение комплексных соединений галлия и индия с хромазуолом S и бромидом цетилпиридиния / Л.И. Ганаго, И.Н. Ищенко // Журнал аналит. химии. - 1978. - Т. XXXV, вып. 9. - С. 1718-1722.
41. Танцюра Г.Ф. Спектрофотометрическое изучение комплексов индия и галлия с карбоксилдиоксихроменолом и поверхностно-активными веществами. / Г.Ф. Танцюра, П.И. Савенко, А.Н. Чеботарёв, А.К. Екбаль // Укр. хим. журн. 1989, - Т. 55, № 11. - С. 1191-1194.
42. Кочелаева Г.А. 1-пирокатехиновый новый фиолетовый в новых оптических методах определения алюминия / Г.А. Кочелаева, М.М. Иванов, Е.Н. Симонова // Журн. аналит. химии, - 2008. - Т. 63, № 4. С. 376-382.
43. Нагиев Х.Д. Фотометрическое определение галлия в вулканогенных породах / Х.Д. Нагиев, Ф.В. Кулиева, Д.Г. Гамбаров, А.М. Аюбова // Зав. лаборатория. Диагностика материалов. - 2007. - Т. 73, № 3. - С. 203-207.
44. Нагиев Х.Д. Фотометрическое определение галлия в присутствии алюминия / Х.Д. Нагиев, Ф.В. Кулиева, Д.Г. Гамбаров, А.М. Аюбова // Журн. аналит. химии. - 2007. - Т. 62, № 8. - С. 811-813.
45. Саввин С.Б. Определение микроколичеств алюминия с хромазуолом S в присутствии мезел-нейонных поверхностно-активных веществ / С.Б. Саввин, Ф.К. Чернова, Л.М. Кудрявцева // Журн. аналит. химии. - 1978. - Т. XXXIII, вып. 11. - С. 2127-2133.

46. Петрова Т.В. Цветные реакции алюминия, титана и других элементов в водноорганических средах, содержащих уксусную кислоту / Т.В. Петрова, С.Б. Саввин, К.Д. Монгуш // Журн. аналит. химии. - 1978. - Т.33, вып.2. - С. 265-273.
47. Петрова Т.В. Влияние органических растворителей на кислотную ионизацию пикрамина М и реакции его комплексообразования с галлием и идиом / Т.В. Петрова, И.А. Матвеец, В.М. Иванов, С.Б. Саввин // Журн. аналит. химии. 1986,- Т. 41, вып.1. - С.35-40.
48. Петрова Т.В. Избирательное спектрофотометрическое определение галлия с пикрамином М в водноорганических смесях / Т.В. Петрова, И.А. Матвеец, С.Б. Саввин // Журн. аналит. химии. -1985. - Т.40, вып.2. - С. 280-285.
49. Пятницкий И.В. Маскирование и демаскирование в аналитической химии / И.В. Пятницкий, В.В. Сухан. - М.: Наука, 1990. - 222 с.
50. Резник А.М. Процессы экстракции и сорбции в химической технологии галлия / А.М. Резник, Е.И. Понамарева Ю.Н. Силаев и др. Алма-Ата: Наука, 1985. 184 с.
51. Liu J.S. Extraction and separation of In(III), Ga(III) and Zn(II) from sulfate solution using extraction resin / J.S. Liu, H. Chen, X.Y. Chen, Z.L. Guo, Y.C. Jie, C.P. Liu, Y.Z. Sun //Hydrometallurgy. - 2006. -V. 82. - P. 137-143.
52. Джераян Л.Л. Экстракционно-фотометрическое определение галлия фенилфлуоропом в щелочно-карбонатных растворах в присутствии полиэтиленгликоля / Т.Г. Джераян, В.М. Шкинев, А.М. Резник, А.Н. Митронов, В.К. Карандашев // Ж. аналит. химии. - 2006. - Т. 61, № 6. - С. 614-619.
53. Divrikli U. Separation and enrichment of gallium(III) as 4-(2-thiazolylazo)resorcinol (TAR) complex by solid phase extraction on Amberlite XAD-4 adsorption resin / U. Divrikli, M. Soylak, L. Elci // Environ. Analysis. - 2003. -V. 36. - P. 839-852.

54. Hiromichi Yamada. Utility of Phenylacetic Acid as an Extracting Agent for aluminium(III), Gallium(III) and Indium(III) / Hiromichi Yamada, Yoshihiro Taguchi, Hiroko Wada // Anal. Sci. - 1997. - V.13. ¹³. - P.355-363.
55. Бусыгина Н.С. Экстракция галлия изододецилфосфетовой кислотой / Н.С. Бусыгина, Ю.М. Глубокое, В.Ф. Травкин, В.А. Кубасов // Цветная металлургия. - 2004. - №2. - С.20-24.
56. Бусыгина Н.С. Фосфорорганические кислоты как экстрагенты индия из сульфатных растворов / Н.С. Бусыгина, Ю.М. Глубокой, В.Ф. Травкин // Ученые записки МИТХТ. -2004. - Вып. 11.-С. 19-23.
57. Саввин С.Б. Сорбционно-спектроскопические и тест методы определения ионов металлов на твердой фазе ионообменных материалов / С.Б. Саввин, В.И. Дедкова, О.И. Швоева // Успехи химии. - 2000. -Т.69, №3 - С. 203-217.
58. Toshishige I. The Separation and Concentration of Gallium (III) and / or Indium (III) Using Polystyrene Resins Functionalized with Complexane-Type Ligands / Toshishige M. Suzuki, Toshiro Yokoyama, Hideyuki Matsunaga, Tetsuo Kimura //Bull. Chem. Soc. Jap. - 1986. -V. 56, № 3. - P.863-865.
59. Suzuki T.M. Селективная адсорбция Ga (3+) и In (3+) на полистирольных смолах, содержащие бис-карбокциметиламинные функциональные группы / Т.М.Suzuki, Т.Yokoyama, Н.Matsunada, Т.Kimura // Chem. Lett. 1985. - ¹¹. - P. 41-44
60. Лукиша Г.В. Сорбционное извлечение галлия из солянокислых растворов хелатной смолой PUROLITE S-930 / Т.В.Лукиша, Л.Н. Адеева, В.Ф. Борбат // Вестник Тюменского гос. Ун-та. Химия. -2011. - №5. - С.85-89.
61. Strelow F.W.E. Separation of Trace Amounts of Indium, Gallium and Aluminium from Each Other by Cation-exchange Chromatography on

- AG50W-X4 Resin / F.W.E. Strelow, T.N. Walt//Talanta. - 1987. V.34. №10. - P.895-897
62. Чеботарев А.Ф. Особенности массообмена при сорбции комплексов хрома (VI) с кармоaziном на анионите АВ-17-8 / А.Н. Чеботарев, Е.М. Гузенко, И.С. Ефимова//Вісн. Одеськ. нац. ун-ту. Хімія.-2006. - Т. 11, вип. 1.-С. 59-61.
 63. Лосев В.Н. Сорбционно-люминесцентное определение алюминия с использованием кремнезема, модифицированного полигексаметилепгуанидином и 8-оксихинолин-5-сульфокислотой / В.Н. Лосев, С.И. Метелица //Jornal of Siberian Federal University. Chemistry. 2009. - V. 3, №2. - P.246-253.
 64. Иванов В.М. Оптические и цветометрические характеристики иммобилизованною 4-(2-пиридилазо)резорцината индия / В.М. Иванов, И.И. Ершова //Вести.Моск.ун-та Сер 2 Химия. - 1998.-Т.39, №2.-С 101-103.
 65. Решетняк Е.А. Оптически прозрачные твердофазные аналитические реагенты для фотометрического и визуально-тестового определения алюминия / Е.А. Решетняк, И.В. Ивченко // Вісн. Харківського нац. ун-ту. № 1026. Хімія. 2012.-Т.44, вип.21. -С. 264-273.
 66. Амелин В.Г. Твердофазная флуорисценция в химических тест-методах анализа, основанных на принципах планарной хроматографии. / В.Г. Амелин, Н.С. Алешин //Журн. аналит. химии, 2009. - Т.64, № 1, С. 1217-1220.
 67. Скорых Т.В. Сорбционно-фотометрическое и тест-определение кадмия(II) гетарилформазанами / Т.В. Скорых, И.Г. Гертова, Т.И.Маслакова, Т.д Мельник, И.Н Липунов // Журн. аналит. химии. - 2009. - Т.64, №.6. - С 597-597.
 68. Золотов Ю.А.Химические тест-методы анализа. / Ю.А. Золотов, В.М.Иванов В.Г. Амелин. - М.:Изд. «Эдиториал УРСС», 2002. -302 с.

69. Островская В.М. Определение алюминия в природных водах гест-полосами на основе алюминона / Островская В.М., Решетняк Е.А., Немец Н.Н., Шевченко В.Н. // Методы и объекты химического анализа. - 2009. - Т. 4. №1. - С.85-91.
70. Наджафова О.Ю. Индикаторная бумага для тест-определения алюминия в растворах. / О.Ю.Наджафова,С.В. Лагодзинская, В.В. Сухан // Журн. аналит. химии, 2001, Т.56, №.2, С. 201-205.
71. Амелин В.Г. Особенности тест-реакций ионов металлов с хромазуолом S, иммобилизованным на тонкослойных материалах. / В.Г. Амелин, О.Б. Чернова II Журн. аналит. химии, 2008, Т.63, № 8, С. 873-879.
72. Амелин В.Г. Фенолкарбоновые кислоты трифенилметанового ряда, иммобилизованные на тканях из искусственных и природных волокон, для гест-определения алюминия, бериллия и катионных ПАВ. / В.Г. Амелин, О.Б. Ганькова // Журн. аналит. химии, 2007. - Т.62, № 3, С. 318-323.
73. Чернова Р.К. Аналитические возможности ксерогелей на основе опои и силикатного клея с иммобилизованным хромазуолом S. / Р.К. Чернова, Козлова Л.М., И.В. Мызникова, Ю.Г. Чуднова // Журн. аналит. химии, 2004. - Т.59, № 5, С. 475-479.
74. Ershova N.I. Application of chromaticity characteristics for direct determination of trace aluminum with Eriochrome cyanine R by diffuse reflection spectroscopy. / N.I. Ershova, V.M.Ivanov//Anal. Chim. Acta.-2000. V.408. -P. 145.
75. Иванов В.М. Определение алюминия и бериллия методом спектроскопии Диффузного отражения с использованием цветометрических функции / В.М. Иванов, Н.И. Ершова // Журн. аналит. химии, 2001. - Т.56 р 1262.
76. Булатов М.И. Практическое руководство „о фотометрическим методам анализа / М.И. Булатов, И.П. Калинкин. Л.: Химия, 1986. 432 с

77. Чеботарев А.Н Протолитические свойства кремнеземных сорбентов / д н Чеботарев, В.Г. Маркова, Данг Дык Нгуен // Укр. хим. журнал. - 1991.-т 57 № Ю.-С. 1073-1076.
78. Тихонов В.Н. Фотометрическое определение алюминия с использованием ксиленолового оранжевого / В.Н. Тихонов // Журн. аналит. химии. 1965. - Т 20, вып. 9.-С. 941-946.
79. Киш П. Спектрофотометрическое изучение реакции галлия с ксиленоловым оранжевым / П. Киш, М.И. Головой // Журн. аналит. химии. - 1965. Т. 20, № 7. _ С. 794-799.
80. Багдасаров К.П. Изучение комплексов индия, кадмия, висмута с ксиленоловым оранжевым и их использование для фотометрического определения названных элементов / К.Н. Багдасаров, И.И. Коваленко, М.А. Шемякина // Журн. аналит. химии. - 1968. - Т. 23, № 4. - С. 515-520.
81. Патент № 62771 УкраУна, МПК ВОН) 15/04 (2006.01). Спосіб ультрагонкого вщокремлення м1крокшькостей алюмпію (III) в'щ його елементв-аналопв гайііфо (III) та шдно (111). / Чеботарьов О.М., Рахлицька О.М.; заявник та патегиовласиик Одеса, ОНУ іМ. І.І. Мечникова. - № и 2011 02981; заяв. 14.03.2011; надр. 12.09.2011, Бюл. № 17.
82. Патент №70433 УкраУна, МПК В01D 15/04 (2006.01). Спосіб ультратонкого роздшення елементв-аналопв гайіііо (111) та шдно (III) / Чеботарьов О.М., Рах;шцька О.М.; заявник та патентовласник Одеса, 011У іМ. І.І. Мечникова. № и 2011 14071; заяв. 29.11.2011; надр.11.06.2012, Бюл. № П.
83. Чеботарёв А.Н. Сорбционное концентрирование и разделение микроколичеств легкогидролизующихся элементов с использованием организованной системы «Диметилхлорсиланаэросил - диполярный растворитель» / А.Н. Че отарев, Е.М. Рахлицкая // VIII Укр. Конф. з аншпт. х!мп з м.жнар учасТІ Т Одеса, 2008. — С. 70.

84. Чеботарев А.Н. Сорбционное концентрирование, разделение и определение микроколичеств элементов подгруппы алюминия с использованием организованной системы «Диметилхлорсиланаэросил - диполярный растворитель» / А.Н. Чеботарёв, Е.М. Рахлицкая // Річна сесія наукової ради НАНУ з проблем «Аналітична хімія». Тез. доп. - Гурзуф, 2009. - С 56
85. Чеботарев А.Н. Гетерогенная система «диметилхлорсиланаэросил диполярный растворитель - водный раствор металла» - модель нанотехнологии ультротонкого разделения элементов- аналогов / АН Чеботарёв, Е.М. Рахлицкая // Річна сесія наукової ради НАНУ з проблеми "Аналітична хімія". Тез. доп. Гурзуф, 2010. - С. 39-40.
86. Чебогарев А.П. I Псевдогетерогенная система «диметилхлорсиланаэросил - диполярный растворитель» как модель нанотехнологии разделения и очистки химических веществ / А.П. Чеботарёв, Е.М. Рахлицкая // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій». - Тернопіль, 2010. -С. 409-410.
87. Чеботарев А.Н. Использование организованной системы "диметилхлорсиланаэросил - диполярный растворитель" для разделения и концентрирования микроколичеств элементов с близкими физико- химическими свойствами / А.Н. Чеботарёв, Е.М. Рахлицкая, А.Н. Захария // II Международная научно-практическая конференция "Современные ресурсосберегающие технологии. Проблемы и перспективы": Сборник докл. - Одесса, 2012.-С. 269-273.
88. Холин Ю.В. Органокремнеземные материалы с иммобилизованными ксиленоловым оранжевым и кальцеином: получение, физико-химические свойства, обнаружение ионов металлов / Ю.В. Холин, С.В. Корнеев, И.В. Христенко. F. Pissetti, Y. Gushikem // Методы и объекты хим. анализа. - 2008 Т. 3, № 1. - С. 64-74.

89. Совин О.Р., Пацай І.О. Програма «SpectroCalc– H5A» для розрахунку констант кислотності на основі спектрофотометричних даних // Методы и объекты хим. Анализа. - 2012. - т. 7, № 2. - С. 74–80.
90. Чеботарьов О. М. Кисотно-основні та спектрофотометричні характеристики 5-гідрокси-1-(п-сульфофеніл)-4-[(п-сульфофеніл)-азо]-піразол-3-карбонової кислоти в розчинах / О. М. Чеботарьов, К. В. Бевзюк, Д. В. Снігур // Укр.хим.журн. – 2014. – т. 80, №6. – С. 9 – 14.
91. Chebotarev A. N. Study of the acid-base properties of quercetin in aqueous solutions by color measurements / A. N. Chebotarev, D. V. Snigur // Journal of Analytical Chemistry. – 2015. –v. 70, № 1, – P. 55–59.
92. Chebotarev A.N. Study of the acid-base properties of morin by tristimulus colorimetry / A.N. Chebotarev, D.V. Snigur // Russ. J. Gen. Chem. - 2016. – V. 86. – № 4. – P. 815-820.
93. Чеботарев А.Н. Цветометрическое изучение протолитических равновесий в растворах гидроксоантрахиновых красителей / А.Н. Чеботарев, Д.В. Снігур Е.В. Бевзюк, И.С. Ефимова // Методы и объекты хим. анализа. - 2014. - т. 9. №1. - С. 4.
94. Ivanov V.M. Capabilities and prospects of the development of a chromaticity method in analytical chemistry/ V.M. Ivanov, O.V. Monogarova, K.V Oskolok // J. Analyt. Chem. - 2015. - v. 70. № 10. - P. 1165.
95. Chebotarev A. N. Study of the acid-base properties of quercetin in aqueous solutions by color measurements / A. N. Chebotarev, D. V. Snigur // Journal of Analytical Chemistry. – 2015. v. 70, № 1, P. 55–59.
96. Chebotarev A.N. Study of the acid-base properties of morin by tristimulus colorimetry / A.N. Chebotarev, D.V. Snigur // Russ. J. Gen. Chem. - 2016. – v. 86. – № 4. – P. 815-820.
97. Benvidi A. Spectrophotometric determination of synthetic colorants using PSO–GA–ANN/ Ali Benvidi, Saleheh Abbasi, Sajjad Gharaghani, Marzieh

- Dehghan Tezerjani, Saeed Masoum // Food Chemistry. – 2017. – 220. – P. 377–384.
- 98.Ortea I. Investigation of production method, geographical origin and species authentication in commercially relevant shrimps using stable isotope ratio and/or multi-element analyses combined with chemometrics: An exploratory analysis / Ignacio Ortea, Department of Food Technology // Food Chemistry – 2015.
– 170. – P. 145-153.
 - 99.Niazi A. Microwave-assisted of dispersive liquid–liquid microextraction and spectrophotometric determination of uranium after optimization based on Box–Behnken design and chemometrics methods / A. Niazi, Islamic Azad University // Spectrochimica Acta Part A .– 2015. –135. – P. 69-75.
 100. Smeti E.M. Treated water quality assurance and description of distribution networks by multivariate chemometrics / E.M. Smeti, University of the Aegean // Water research .– 2009. – 43. – P. 4676-4684.
 101. Li S. Rapid discrimination of Chinese red ginseng and Korean ginseng using an electronic nose coupled with chemometrics / S. Li, X. Li, Beijing University of Chinese Medicine // J. of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. – 2012. –70. – P. 605-608.
 102. Hughes I. G. Measurements and their Uncertainties A practical guide to modern error analysis / Ifan G. Hughes, Durham University. – N.Y.: Oxford University Press – 2010. – P. 137.
 103. Rudnicka J .Determination of volatile organic compounds as biomarkers of lung cancer by SPME–GC–TOF/MS and chemometrics / J. Rudnicka, T. Kowalkowski, Nicolaus Copernicus University // Journal of Chromatography B. – 2011. –879. – P. 3360-3366.
 104. Siripatrawan U. Near infrared spectroscopy integrated with chemometrics for rapid detection of E. coli ATCC 25922 and E. coli K12 / U. Siripatrawan, Y. Makino, Chulalongkorn University // Sensors and Actuators B: Chemical. – 2010. –148. – P. 366-370.

105. Momeni-Isfahani T. Spectrophotometric determination of acidity constants of 2-(2-Thiazol ylazo)-Cresol in various water–organic solvent media mixtures using chemometrics methods / T. Momeni-Isfahani, A. Niazi, Islamic Azad University // Spectrochimica Acta Part A. – 2014. – 120. – P. 630-635.