

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

## Дипломна робота

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

на тему: «**Кислотно-основні властивості систем  
“оксид сульфуру(IV) – амін – тропеолін ООО – вода”**»

«Acid-base properties of the “sulfur dioxide – amine – tropeoline - water” systems»

Виконала: студентка заочної форми навчання  
спеціальності 102 Хімія

**Будько Лілія Сергіївна**

Керівник: к. х. н., доц. Хома Р. Є. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент: д. х. н., доц. Кокшарова Т.В.

Рекомендовано до захисту:  
протокол засідання кафедри  
№ 6 від 17 грудня 2018 р.

Захищено на засіданні екзаменаційної комісії №\_\_  
протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 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 – 2018**

## Реферат

Дипломна робота виконана на кафедрі аналітичної хімії Одеського національного університету імені І.І. Мечникова і присвячена дослідженню кислотно-основних властивостей систем “оксид сульфуру(IV) – амін – тропеолін ООО – вода”. Робота є частиною та логічним продовженням наукових досліджень, що проводяться за важливішою тематикою кафедри “Обґрунтування вибору методів концентрування, розділення та визначення мікрокількостей речовин з близькими фізико-хімічними властивостями” та є частиною проведених в Фізико-хімічному інституті захисту навколишнього середовища і людини (ФХІЗНСІЛ) МОН України та НАН України систематичних досліджень з уловлювання та утилізації кислих газів. Робота виконана в рамках договору про науково-технічне співробітництво між ОНУ імені І.І. Мечникова і ФХІЗНСІЛ у відділі № 3 “Теоретичних основ уловлювання кислих і основних газів” інституту.

Мета роботи: встановлення кислотно-основних, спектрофотометричних та кольориметричних характеристик системи “оксид сульфуру(IV) – амін – тропеолін ООО – вода”.

Здійснено рН-метричне, спектрофотометричне та кольориметричне дослідження кислотно-основних властивостей систем “хлоридна кислота – основа – тропеолін ООО – вода” та “оксид сульфуру(IV) – основа – тропеолін ООО – вода” (основа – гідроксид калію, моноетаноламін, етилендіамін, поліетиленполіамін та гексаметилентетраамін).

Можлива область застосування: хімічний аналіз, охорона навколишнього середовища.

*Ключові слова:* кислотно-основні рівноваги, оксид сульфуру(IV), тропеолін ООО, аміни, водні розчини.

Кваліфікаційна робота складається з: 58 стор. машинописного тексту, 32 рис., 3 табл., 56 використаних джерел літератури.

	Стор.
<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ</b> .....	4
<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	8
<b>1.1.</b> Кисотно-основні рівноваги в системах “оксид сульфуру(IV) – амін – вода” .....	8
<b>1.2.</b> Хімічні властивості азобарвників .....	16
<b>1.2.1.</b> Використання тропеоліну ООО в хімічному аналізі .....	18
<b>1.3.</b> Застосування цифрових технологій у кольориметричних тестах ...	19
<b>РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА</b> .....	25
<b>2.1.</b> Об’єкти дослідження .....	25
<b>2.2.</b> Методики проведення експерименту .....	25
<b>2.3.</b> Дослідження спектрофотометричних та кольориметричних характеристик досліджуваних систем.....	26
<b>2.4.</b> Кольориметричні розрахунки .....	26
<b>2.5.</b> Результати та їх обговорення .....	29
<b>2.5.1.</b> Системи “хлоридна кислота – основа – тропеолін ООО – вода” .....	25
<b>2.5.2.</b> Системи “оксид сульфуру(IV) – амін – тропеолін ООО – вода” .....	39
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	52
<b>ЛІТЕРАТУРА</b> .....	53

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ**

Скорочення	Назва
Am	амін
AMSA	амінометансульфокислота
BzA	бензиламін
DBzA	дибензиламін
DETA	діетилентриамін
DEA	діетаноламін
DEMEA	N,N-діетилмоноетаноламін
DMAA	N,N-диметилацетамід
DMBzA	N,N-диметилбензиламін
DMMEA	N,N-диметилмоноетаноламін
EDA	етилендіамін
HMDA	гексаметилендіамін
HMTA	гексаметилентетрамін
MDEA	N-метилдіетаноламін
MeA	метиламін
MEA	моноетаноламін
Mf	морфолін
MMEA	N-метилмоноетаноламін
<i>n</i> -BuA	<i>n</i> -бутиламін
<i>n</i> -HpA	<i>n</i> -гептиламін
<i>n</i> -OcA	<i>n</i> -октиламін
<i>n</i> -PrA	<i>n</i> -пропіламін
PEPA	поліетиленполіамін
Pz	піперазин
SCD	питома колірна відмінність
<i>t</i> -BuA	<i>трет</i> -бутиламін

TBzA	трибензиламін
TMEDA	N,N,N',N'-тетраметилетилендіамін
TRIS	трис(гідроксиметил)амінометан
TrOOO	Тропеолін OOO
TEA	триетаноламін
TMG	тетраметилгуанідин
$\Delta E_{76}$	повна колірна відмінність
MB	межа визначення
МЗБЛБ	межі виконання закону Бугера-Ламберта-Бера

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Раніше з метою розробки теоретичних засад створення N-вмісних хемосорбентів оксиду сульфуру (IV) детально досліджена кислотно-основна взаємодія  $SO_2$  з водними розчинами алкіламінів (алкіламінів, амідів, етаноламінів, ді- та поліамінів) з застосуванням електрохімічних методів (рН-, редокс- і кондуктометрія) [1-5]: визначено склад і природа сполук, що утворюються, проведена оцінка їхньої відносної стійкості; виділені та охарактеризовані різними фізико-хімічними методами індивідуальні продукти взаємодії; досить докладно описані хімічні процеси, що перебігають у водній фазі [6-12].

Співробітниками ФХІЗНСІЛ розроблені хемосорбенти кислих газів респіраторного призначення з індикацією “спрацьовування” динамічної поглинальної ємності [13-15], одержані шляхом просочування волокнистих носіїв водними розчинами N-вмісних органічних основ, до складу яких додавались кислотно-основні індикатори з інтервалом переходу забарвлення у межах рН 5,0 – 9,2. Раніше співробітниками кафедри аналітичної хімії ОНУ імені І.І. Мечникова вивчена поведінка кислотно-основних індикаторів методами спектрофотометрії та кольорометрії [16-20]. Методом кольорометрії проведено оціночне дослідження кислотно-основної рівноваги в системах (Am – MEA, PEPA і HMTA).

Тому більш детальне дослідження кислотно-основних властивостей систем “ $SO_2$  – Am – TrOOO –  $H_2O$ ” за допомогою методів рН-метрії, спектрофотометрії та кольорометрії є, безумовно, актуальним завданням.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи було встановлення кислотно-основних, спектрофотометричних та кольорометричних характеристик систем “оксид сульфуру(IV) – амін – тропеолін ООО – вода”. Для реалізації вказаної мети було необхідно вирішити наступні завдання:

- провести рН-метричне, спектрофотометричне та кольорометричне дослідження взаємодії в системах “оксид сульфуру(IV) – амін – тропеолін ООО – вода”;

- провести рН-метричне, спектрофотометричне та кольориметричне дослідження взаємодії в системах “хлоридна кислота – амін – тропеолін ООО – вода”
- зробити порівняльну оцінку поведінки рН, кольориметричних та спектрофотометричних характеристик систем “SO<sub>2</sub> – Am – TrOOO – H<sub>2</sub>O”.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше для систем “SO<sub>2</sub> – Am – TrOOO – H<sub>2</sub>O” експериментально встановлено спектрофотометричні та кольориметричні характеристики.

## ВИСНОВКИ

На основі даних рН-метрії, спектрофотометрії та кольориметрії встановлено особливості кислотно-основної поведінки систем “оксид сульфуру(IV) – амін – тропеолін ООО – вода”

1. Виявлено вплив природи аміну на спектрофотометричні та кольориметричні характеристики системи “оксид сульфуру(IV) – тропеолін ООО – вода”.
2. Встановлено, що тропеолін ООО незворотно реагує з компонентами реакційного середовища “оксид сульфуру(IV) – амін – вода”.
3. Отримані спектрофотометричні та кольориметричні дані підтверджують і доповнюють наявну інформацію щодо хімізму взаємодії в системах “оксид сульфуру(IV) – амін – вода”.
4. Тропеолін ООО при взаємодії з компонентами систем “оксид сульфуру(IV) – амін – вода”, очевидно, утворює іонні пари та естери.
5. Отримані результати рекомендовано використовувати при подальшій розробці методики спектрофотометричного визначення амінометансульфокислот.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Хома Р.Е., Шестака А.А., Гельмбольдт В.О. *Состав и относительная устойчивость продуктов взаимодействия оксида серы (IV) с водными растворами этаноламинов*. Питання хімії та хімічн. технолог. 2009. № 5. С. 86-89.
2. Хома Р.Е., Шестака А.А., Сохраненко Г.П., Гавриленко М.И., Гельмбольдт В.О. *Комплексообразование оксида серы (IV) с гексаметилентетрамином и гексаметилендиамином в воде*. Журн. прикл. химии. 2011. Т. 84, № 1. С. 18-24. DOI: 10.1134/S1070427211010034
3. Хома Р.Е., Шестака А.А., Гельмбольдт В.О. *О взаимодействии оксида серы (IV) с водными растворами этаноламинов*. Журн. прикл. химии. 2012. Т. 85, № 11. С. 1656-1665. DOI: 10.1134/S1070427212110067
4. Хома Р.Е. *Комплексообразование оксида серы (IV) с этилендиамином и его производными в воде*. Журн. общей химии. 2015. Т. 85, № 4. С. 554-562. DOI: 10.1134/S1070363215040052
5. Хома Р.Е. *Состав и относительная устойчивость продуктов взаимодействия оксида серы (IV) с водными растворами морфолина и N-алкилированных производных моноэтаноламина*. Питання хімії та хімічн. технолог. 2015. № 5. С. 42-46.
6. Хома Р.Е., Шестака А.А., Шишкин О.В., Баумер В.Н., Брусилковский Ю.Э., Короева Л.В., Эннан А.А., Гельмбольдт В.О. *Особенности взаимодействия в системе оксид серы(IV) – гексаметилентетрамин – вода. Первый пример идентификации продукта со связью сера–углерод*. Журн. общ. химии. 2011. Т. 81, № 3. С. 525-526. DOI: 10.1134/S1070363211030352
7. Хома Р.Е., Гельмбольдт В.О., Короева Л.В., Эннан А.А., Мазепа А.В., Брусилковский Ю.Э. *Спектральные характеристики продуктов взаимодействия оксида серы (IV) с водными растворами этаноламинов*. Питання хімії та хімічн. технолог. 2012. № 1. С. 133-136.
8. Хома Р.Е., Эннан А.А., Гельмбольдт В.О., Шишкин О.В., Баумер В.Н. *Синтез, кристаллическая структура, колебательные спектры и термохимиче-*

- ские превращения сульфата трис(оксиметил)аминометана.* Журн. неорг. химии. 2014. Т. 59, № 1. С. 60-65. DOI: 10.1134/S0036023614010069
9. Хома Р.Е., Эннан А.А., Гельмбольдт В.О., Шишкин О.В., Баумер В.Н., Мазепа А.В., Брусилковский Ю.Э. *Синтез и некоторые физико-химические свойства сульфатов бензиламмония.* Журн. общей химии. 2014. Т. 84, № 4. С. 557-561. DOI: 10.1134/S1070363214040069
10. Хома Р.Е., Гельмбольдт В.О., Баумер В.Н., Пузан А.Н., Эннан А.А. *Синтез и строение сульфата метиламмония.* Журн. неорг. химии. 2015. Т. 60, № 10. С.1315-1319. DOI: 10.1134/S0036023615100101
11. Хома Р.Е., Гельмбольдт В.О., Эннан А.А., Баумер В.Н., Пузан А.Н., Кокшарова Т.В., Мазепа А.В. *Ониевые соли серусодержащих оксианионов – продукты взаимодействия оксида серы(IV) с водными растворами 1,2-диаминов и морфолина.* Журн. неорг. химии. 2017. Т. 62, № 6. С. 751–760. DOI: 10.1134/S0036023617060109
12. Хома Р.Е., Гельмбольдт В.О., Эннан А.А., Баумер В.Н., Ракипов И.М., Длубовский Р.М. *Ониевые сульфаты и гидросульфаты – продукты взаимодействия оксида серы(IV) с водными растворами алкиламинов и анилина.* Журн. неорг. химии. 2018. Т. 63, № 5. С. 625-630. DOI: 10.1134/S0036023618050157
13. Патент України на корисну модель UA 94660, МПК В01D 39/00 *Склад для просочування фільтруючого матеріалу.* Эннан А.А., Хома Р.Е., Длубовський Р.М., Абрамова Н.Н., Наумчак В.А. № u201405985. Заявл. 02.06.2014. Опубл. 25.11.2014, Бюл. № 22.
14. Патент України на корисну модель UA100677, МПК В01D 39/00 *Склад для просочування фільтруючого матеріалу.* Эннан А.А., Хома Р.Е., Длубовський Р.М., Абрамова Н.Н. № u201413733. Заявл. 22.12.2014. Опубл. 10.08.2015, Бюл. № 15
15. Патент України на винахід UA 112848, МПК В01D 39/00 *Склад для просочування фільтруючого матеріалу.* Эннан А.А., Хома Р.Е., Длубовський Р.М., Абрамова Н.М., Березовська Т.І. № a201305812; Заявл. 07.05.2013; Опубл. 10.11.2016, Бюл. № 21

16. Snigur D.V., Chebotarev A.N., Bevziuk K.V. *A tristimulus colorimetric study of the acid–base properties of 6,7-dihydroxybenzopyrylium chlorides in solutions*. Moscow Univ. Chem. Bull. 2017. Vol .58, N 4. P. 187-191.
17. Чеботарёв А.Н., Снигур Д.В., Бевзюк Е.В. *К вопросу о возможностях цветометрии в исследовании кислотно-основных равновесий красителей в растворах*. Методы и объекты хим. анализа. 2017. Т. 12, № 2. С. 76-84.
18. Чеботарёв А.Н., Снигур Д.В., Бевзюк Е.В., Пацай И.О. *О возможностях цветометрии и спектрофотометрии в исследовании протолитических равновесий 2,3,7-триоксифлуоронов*. Укр. хим. журн. 2017. Т. 83, № 5. С. 63–70.
19. Снигур Д.В. *Застосування кольорометричних функцій в дослідженні кислотно-основних рівноваг у розчинах органічних сполук*. Дис. ... канд. хім. наук. Ужгород, 2017. 140 с.
20. Snigur D.V., Chebotarev A.N., Bevziuk K.V. *Acid–Base Properties of Azo Dyes in Solution Studied Using Spectrophotometry and Colorimetry*. J. Appl. Spectrosc. 2018. Vol. 85, N 1. P. 21-26. DOI: 10.1007/s10812-018-0605-
21. Хома Р.Е., Эннан А.А.-А., Чеботарев А.Н., Водзинский С.В., Маянская А.О. *Термодинамика диссоциации этаноламмонийных катионов в водных растворах*. Вісник ОНУ. Хімія. 2017. Т. 22, № 1. С. 6-19. DOI: 10.18524/2304-0947.2017.1(61).94707
22. Бородкин В.Ф. *Химия красителей*. М.: Химия, 1981. 248 с.
23. Балашова Т.Д., Журавлева Н.В., Коновалова М.В., Куликова М.А. *Основы химической технологии волокнистых материалов*. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2005. 363 с.
24. Степанов Б.И. *Введение в химию и технологию органических красителей*. М.: Химия 1984. 349 с.
25. Sastry T.M., Rambabu R. *Sensitive Extraction Spectrophotometric Method for the Assay of Abacavir Sulphate using Tropaeolin OOO in Dosage Forms*. Int. J. Chem. Anal. Sci. 2012. Vol. 3, N 8. P. 1533-1536.

26. Baba Harinadha K., Rambabu C., Rao Vara Prasada K., Khan R., Rao Prasada K.V.S. *Assay of Dexmedetomidine in Bulk Samples and Pharmaceutical Formulations by Extractive Spectrophotometry*. Chem. Sci. Trans. 2015. Vol. 4, N 1. P. 270-274. DOI:10.7598/cst2015.4624
27. Naganjaneyulu T., A. Devi T., Papa Rao C., Venkat Rao S.V., Venkat Rao, Rambabu C. *Extractive spectrophotometric methods for the determination of docetaxel in pure and pharmaceutical formulations*. Der Pharma Chemica. 2013. Vol. 5, N 1. P. 131-136.
28. Kalyana R.B., Raghubabu K. *Ion association method for the determination of sumatriptan succinate from tablet dosage forms using tropaeolin OOO*. Int. J. Pharm. Pharm. Sci, 2011b, N 3. P. 175–178.
29. Ismaiel O.A., Hosny M.M. *Development and Validation of a Spectrophotometric Method for the Determination of Tramadol in Human Urine Using Liquid-Liquid Extraction and Ion Pair Formation*. Int. J. Instrum. Sci. 2012. Vol 1, N. P. 34-40. DOI: 10.5923/j.instrument.20120103.02
30. Vinay K.B., Revanasiddappa H.D. *Spectrophotometric determination of quetiapine fumarate through ion-pair complexation reaction with Tropaeolin OOO*. Indian J. Chem. Technol. 2015. Vol. 19, N 3. P. 205-212.
31. Ravindra N. *Spectrophotometric methods for quantitative estimation of sertraline hydrochloride from tablet formulation*. Int. J. Pharm. Anal. Res. 2014. Vol. 3, N 4. P. 422-425.
32. Kumar K.K., Nadh V.R., Nagoji K.E.V. *Extractive Spectrophotometric Determination of Nicergoline Through Ion-Pair Complexation Reaction*. Oriental J. Chem. 2013. Vol. 29, N 1. P. 263-269.
33. Sastry C.S.P., Krishna M.D. *New Spectrophotometric Methods For The Determination Of Pyrithioxine*. Ind. J. Pharm. Sci. 1995. Vol. 57, N 3. P. 130-132.
34. Гаевская О.А. *Исследование травы красавки как источника промышленного получения алкалоидов*. Автреф. дисс. ... канд. фарм. наук. 2004. Москва. 21 с.

35. Адамова Е.М., Чернова Р.К. *Некоторые подходы к экстракционно-фотометрическому определению местноанестезирующих веществ*. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2007. № 1. С. 7-10.
36. Бойко М., Врублевська Т., Коркуна О., Тесляр Г. *Взаємодія сульфаніламідів з барвниками різних класів*. Праці НТШ. Хем. Біохем. 2011. Т. 28. С. 7–18.
37. Богомолова И.В. *Физико-химические свойства и аналитическое применение микроэмульсий на основе катионных и анионных поверхностно-активных веществ*. Автореф. дисс. ... канд. хим. наук. 2005. Саратов. 23 с.
38. Ермак И.М. *Взаимодействие бактериальных липополисахаридов с белками и полисахаридами. Модификация физиологической активности липополисахаридов*. Автореф. дисс. ... докт. хим. наук. 2006. Владивосток, 48 с.
39. Бишоп Э. *Индикаторы*. М.: Мир, 1976. - Т. 1. 496 с.
40. Sabnis R.W. *Handbook of acid-base indicators* CRC Press: Boca Raton, 2008. 416 p.
41. Дубенська Л.О. *Вольтамперометрія іонів рідкісноземельних металів(III) у присутності азобарвників*. Автореф. дис... канд. хім. наук. Дніпропетровськ, 2000, 18 с.
42. Хольцбехер З., Дивиш Л., Крал М., Щука Л., Влачил Ф. *Органические реагенты в неорганическом анализе*. М.: Мир, 1979 . 752 с.
43. Полько М., Врублевська Т., Коркуна О., Бойко М. *Спектрофотометричне дослідження взаємодії тропеоліну ООО з іонами осмію (IV)*. Вісник Львів. ун-ту. Серія хім. 2008. № 49. Ч. 1. С. 144–151.
44. Глазунов В.П., Горбач В.И. *Спектрофотометрическое определение содержания аминокрупп в хитозане*. Биоорганическая химия. 1999. Т. 25, № 3. С. 216-219.
45. Гайнутдинова Д.Ф. *Кинетические методы определения малых количеств селена, основанные на модифицированных и новых индикаторных реакциях*. Автореф. дисс. ... канд. хим. наук. 2000. Казань, 28 с.

46. Байдичева О.В., Рудакова Л.В., Рудаков О.Б. *Применение цифровых технологий в цветных тестах биологически активных веществ*. Бутлеровские сообщения. 2008. Т. 13, № 2. С. 50-61.
47. Иванов В.М., Кузнецова О.В. *Химическая цветометрия: возможности метода, области применения и перспективы*. Успехи химии. 2001. Т. 70, № 5. С. 411-428.
48. Стойе Д., Фрейтаг В. (ред.); пер. с англ. под ред. Э.Ф. Ицко. *Краски, покрытия и растворители*. СПб.: Профессия. 2007. 528с.
49. Кириллов Е.А. *Цветоведение*. Л.: Легпромбытиздат. 1987. 128с.
50. Джадд Д., Вышецки Г.М. *Цвет в науке и технике*. М.: Мир. 1978. 592с.
51. Шлифт Г.Ю. *Цифровая обработка изображений*. М.: Эком. 1997. 339с.
52. Пантелеев В.Г., Егорова О.В., Клыкова Е.И. *Компьютерная микроскопия*. М.: Техносфера. 2005. 304 с.
53. Зяблов А.Н., Жиброва Ю.А., Селеменев В.Ф. *Цифровая обработка изображений. Достоинства и недостатки*. Сорбц. и хроматограф. процессы. 2006. Т.6, № 6. С. 1424-1429.
54. Бейтс Р. *Определение рН: Теория и практика*. Л.: Химия, 1972. 398 с.
55. Никитин В.И., Хома Р.Е, Гавриленко М.И. *Потенциометрическое исследование процесса сорбции диоксида серы водным раствором карбамида*. Изв. ВУЗов. Химия и хим. технол. 2000. Т. 43, № 2. С. 14–16.
56. Домасев М.В., Гнатюк С.П. *Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения*. Санкт-Петербург: Питер, 2009. 224 с.