

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Факультет хімії та фармації
Кафедра неорганічної хімії та хімічної екології

Дипломна робота

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

на тему: «Вплив природи 3d-металів на каталітичну активність за-
кріплених на трепелі композицій в реакції окиснення діоксиду сірки
киснем повітря»

«Effect of the nature of 3d metals on the catalytic activity of their tripoli anchored
compositions in the reaction of sulfur dioxide oxidation with air oxygen»

Виконала: студентка денної форми нав-
чання спеціальності 102 Хімія

Гайдаржи Маргарита Іванівна

Керівник к.х.н., доц. Кіосе Т.О. _____

Науковий консультант:

д.х.н. проф. Ракитська Т.Л. _____

Рецензент к.х.н., доц. Хома Р.Є.

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри
№ _____ від _____ 2018 р.

Завідувач кафедри
_____ д.х.н., проф. Ракитська Т.Л.

Захищено на засіданні екзаменаційної
комісії № _____

протокол № _____ від _____ 2018 р.

Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою, шкалою
ECTS, бали)

Голова екзаменаційної комісії

_____ к.х.н., доц. Чеботарьов О.М.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота виконана на кафедрі неорганічної хімії та хімічної екології Одеського національного університету імені І.І. Мечникова і присвячена вивченню закономірностей низькотемпературного окиснення діоксиду сірки киснем повітря та розробці високоактивних хемосорбційно-каталітичних композицій, які дозволять здійснювати очистку повітря від SO_2 . У роботі представлені результати досліджень кінетики низькотемпературного окиснення діоксиду сірки киснем в присутності нанесених на природний трепел комплексів купруму(II), паладію(II), кобальту(II), марганцю(II), нікелю(II) та феруму(III). Проаналізовано фізико-хімічні та структурно-адсорбційні властивості природного трепелу Коноплянського родовища (П-Тр(К-II)). Встановлено, що активність закріплених композицій визначається сукупністю найбільш важливих фізико-хімічних властивостей трепелу: хімічним і фазовим складом, співвідношенням фаз, кристалічністю зразків та розміром пор; адсорбційно-десорбційними властивостями відносно парів води і термодинамічної активністю адсорбованої води. Встановлено, що природа 3d-металів суттєво впливає на каталітичну активність закріплених на трепелі композицій в реакції окиснення діоксиду сірки киснем повітря.

Робота виконувалася в рамках д/б теми № 580 «Розробка нового покоління металокомплексних каталізаторів низькотемпературного знешкодження токсичних газоподібних речовин», № ДР 0115U003222, (2017-2019). Науковий керівник теми д.х.н., професор Ракитська Т.Л.

Ключові слова: природний трепел, низькотемпературне окиснення діоксиду сірки, 3d-метали.

Робота викладена на 53 сторінках; вміщує 14 рисунків, 13 таблиць, додаток, список літератури складається з 61 джерел.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1. Фізико-хімічні властивості діоксиду сірки.....	7
1.2. Загальні відомості про дисперсні кремнеземи.....	8
1.2.1. Фазовий склад і ІЧ-спектральні характеристики природних кремнеземів.....	9
1.2.2. Типи гідроксильних поверхневих груп кремнеземів.....	10
1.3. Механізми окиснення діоксиду сірки киснем у присутності комплексів d-металів.....	12
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	16
2.1. Методики проведення експерименту.....	16
2.1.1. Рентгенофазовий аналіз	16
2.1.2. ІЧ-спектроскопія з Фур'є-перетворенням.....	16
2.1.3. Диференційно-термічний аналіз (ДТА) і диференційно-термогравіметричний аналіз (ДТГ).....	16
2.1.4. Дослідження адсорбції-десорбції парів води зразками природного трепелу.....	17
2.1.5. Вимірювання рН суспензій.....	17
2.1.6. Методика випробувань зразків і апаратура.....	17
2.1.7. Методика отримання закріплених металокомплексних композицій.....	18
2.2. Експериментальні дані та їх обговорення.....	20
2.2.1. Фізико-хімічні та структурні характеристики природного трепелу.....	20
2.2.2. Хемосорбційно-каталітичне вловлювання діоксиду сірки природним і хімічно-модифікованим трепелом.....	28
2.2.2.1. Вплив концентрації купруму(II) на активність композицій $\text{CuCl}_2/\text{П-Тр}(\text{К-II})$	28
2.2.2.2. Вплив концентрації паладію(II) на активність композицій $\text{PdCl}_2/\text{П-Тр}(\text{К-II})$	30
2.2.2.3. Вплив концентрації кобальту(II) на активність композицій $\text{CoCl}_2/\text{П-Тр}(\text{К-II})$	32
2.2.2.4. Вплив концентрації мангану(II) на активність композицій $\text{MnCl}_2/\text{П-Тр}(\text{К-II})$	34
2.2.2.5. Вплив концентрації нікелю(II) на активність композицій $\text{NiCl}_2/\text{П-Тр}(\text{К-II})$	35
2.2.2.6. Вплив концентрації феруму(III) на активність композицій	

FeCl ₃ /Π-Tr(K-II).....	37
2.2.2.7. Порівняльна характеристика активності монометальних композицій.....	39
2.2.2.8. Зіставлення активності моно- і біметальних композицій на основі природного трепелу в реакції хемосорбційно-каталітичного окиснення діоксиду сірки.....	42
ВИСНОВКИ	45
ЛІТЕРАТУРА	46
ДОДАТОК	53

+

ВСТУП

З розвитком промисловості збільшується обсяг забруднюючих речовин, що потрапляють в навколишнє середовище та можуть бути небезпечними для людини. Одним з найбільш небезпечних газоподібних полутантів є діоксид сірки. Викиди SO_2 можуть мати негативний ефект на здоров'я людини, а також бути причиною смогу та кислотних дощів.

Існуючі методи знешкодження діоксиду сірки – використання оксидів та гідроксидів магнію та кальцію у якості адсорбенту – мають суттєві недоліки, наприклад, неможливість регенерації та протікання реакції при високих температурах. В промислових процесах використовують рідкофазне, хемосорбційно-каталітичне окиснення SO_2 у присутності солей феруму (III) та галогенід-іонів. Нажаль, ані такі сорбенти, ані розчини солей неможливо використовувати в засобах індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД). Тому перспективною є розробка нанесених металокомплексних каталізаторів на основі носіїв-сорбентів та солей d-металів. У якості носіїв використовують синтетичні (активоване вугілля, SiO_2 , Al_2O_3 , синтетичні цеоліти – NaX, NaA, KA) та природні (природні алюмосилікати та дисперсні кремнеземи) сорбенти. Однак пошук нових доступних та дешевих сорбентів діоксиду сірки і досі є актуальним.

На кафедрі неорганічної хімії і хімічної екології Одеського національного університету імені І.І. Мечникова ведуться систематичні дослідження з метою розробки методів очистки повітря від діоксиду сірки. Зокрема, було встановлено, що металокомплексні сполуки, закріплені на природному клинотилоліті, є ефективними хемосорбентами діоксиду сірки.

Тому одною з актуальних задач є створення хемосорбентів SO_2 для засобів захисту органів дихання, що вимагає проведення досліджень активності природних та модифікованих сорбентів при концентрації SO_2 у повітрі ≤ 15 ГПК – максимальній концентрації токсиканту, при якій можливе застосування полегшених засобів індивідуального захисту органів дихання – респіраторів.

Мета роботи – встановити вплив природи 3d-металів на каталітичну активність закріплених на трепелі композицій в реакції окиснення діоксиду сірки киснем повітря.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні завдання:

- дослідити фізико-хімічні та структурно-адсорбційні властивості природного трепелу Коноплянського родовища (П-Тр(К-II));
- вивчити закономірності низькотемпературного окиснення діоксиду сірки киснем у присутності комплексів кобальту(II), нікелю(II), паладію(II), купруму(II), марганцю(II) і феруму(III), нанесених на природний трепел;
- дослідити процес низькотемпературного окиснення діоксиду сірки біметальними композиціями Cu(II)-Co(II), Cu(II)-Mn(II), Cu(II)-Ni(II), Cu(II)-Pd(II), Cu(II)-Fe(III) на основі природного трепелу.

ВИСНОВКИ

1. На підставі рентгенофазового аналізу встановлено, що трепел є кристалічним мінералом, що містить чотири основні фази – α - SiO_2 , α -тридиміт, β -кристобаліт і α -кристобаліт. ІЧ-спектральні дослідження також підтвердили поліфазний характер природного мінерала.
2. На підставі термохімічних досліджень встановлено, що природний трепел характеризується лише одним ендоефектом, який характеризує десорбцію фізично- та хімічно-зв'язаної води.
3. За результатами адсорбції-десорбції парів води встановлено, що природний трепел є неоднорідно-пористим сорбентом, та характеризується мезопористою структурою з розміром пор в області 2,96-9,66 нм.
4. Порівняння активності монометальних композицій на основі природного трепелу показало, що максимальну активність в реакції окиснення діоксиду сірки має система на основі солей купруму(II).
5. Встановлено, що закріплення хлориду феруму(III) майже не впливає на активність отриманої монометальної композиції в реакції окиснення діоксиду сірки у порівнянні з природним трепелом, але зі збільшенням концентрації даного 3d-металу захисні, сорбційні і кінетичні параметри процесу проходять через максимум при $C_{\text{Fe(III)}} = 1,0 \cdot 10^6$ моль/г.
6. Активність композицій у процесі окиснення діоксиду сульфуру визначається не тільки природою іона металу, а і його присітністю в монометальній або в біметальній композиції. У випадку біметальних композицій синергічний ефект ($K_S > 1$) виявили закріплені на природному трепелі композицій Cu(II)-Pd(II) , Cu(II)-Ni(II) , Cu(II)-Fe(III) . Інгібуюча дія ($K_S < 1$) спостерігалася у разі композицій $\text{CuCl}_2\text{-CoCl}_2\text{/II-Trp(K-II)}$ і $\text{Cu(II)-Mn(II)/II-Trp(K-II)}$.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Вредные вещества в промышленности.: Справочник для химиков і врачей: В 3 т. / Под ред. Н.В. Лазарева і И.Д. Гадаскиной. – Л.: Химия, 1977. – Т.3: Неорганические элементарорганические соединения. – С. 63.
- 2 Справочник сернокислотчика / Под ред. К.М. Малина. – М.: Химия, 1971. – С. 67-77.
- 3 Guantes R. High order finite difference methods algorithms for solving Schrödinger equation in molecular dynamics. II Periodic variables / R. Guantes, S.C. Farantos // J. Chem. Phys. – 2000. – Vol. 113, N 23. – P.10429 – 10437.
- 4 Prosmiati R. Assigning the transition from normal to local vibrational mode in SO₂ by periodic orbits / R. Prosmiati, S.C. Farantos, H. Guo // Chem. Phys. Lett. – 2000. – N. 311. – P. 241 – 247.
- 5 Mews R. Coordination chemistry in and of sulfur dioxide / R. Mews, E. Lork, P.G. Watson, B. Gortler // Coord. Chem. Rev. – 2000. – Vol. 197, N 1. – P.277 - 320
- 6 S.C. Vibronic Relaxation among the Clements Bands of SO₂ from the E-Band Excitation/ S.C. Bae, H.S. Son, G.H. Kim, J.K. Ku // J. Phys. Chem. A. – 1999. – Vol. 1-3. – P. 7432-7436.
- 7 Beloborodov I.I., Sukhostavets S.V. Modification of Power Fillers in Order to Improve Operating Properties of Composite Polymer-B Materials // Powder Metallurgy Metal Cer. – 2005. – Vol. 43, N 5–6. – P. 219–222.
- 8 Трепел // Интернет-портрет Винницкого региона. – Режим доступа к электронному ресурсу: <http://www.expo.vin.com.ua/uk/main/minerals>
- 9 Comparative study of Cu²⁺ adsorption on a zeolite, a clay and a diatomite from Serbia / M. Sljivic, I. Smiciklas, S. Pejanovic, I. Plecas // Appl. Clay Sci. – 2009. – Vol. 43, N 1. – P. 33–40.

- 10 Prasad M., Xu H., Saxena S. Multi-component sorption of Pb(II), Cu(II) and Zn(II) onto low-cost mineral absorbent // *J. Hazard. Mater.* – 2008. – Vol. 154, N 1-3. – P. 221–229.
- 11 Alzadien A.S. Adsorption of methylene blue from aqueous solution onto a low-cost natural Jordanian tripoli // *Am. J. Envir. Sci.* – 2009. – Vol. 5, N 3. – P. 197–208.
- 12 Diatomite as high performance and environmental friendly catalysts for phenol hydroxylation with H₂O₂ / Y. Jia, W. Han, G. Xiong, W. Yang // *Sci. Technol. Adv. Mater.* – 2007. – Vol. 8, N. 1-2. – P. 106–109.
- 13 Erdem E., Colgecen G., Donat R. The removal of textile dyes by diatomite earth // *J. Colloid Interface Sci.* – 2005. – Vol. 282, N 2. – P. 314–319.
- 14 Al-Omari H. Evaluation of the thermodynamic parameters for the adsorption of cadmium ion from aqueous solutions // *Acta Chim. Slov.* – 2007. – Vol. 54, N.6. – P. 611–616.
- 15 Kaufhold S., Dohrmann R., Ulrichs C. Shelf life stability of diatomites // *Appl. Clay Sci.* – 2005. – Vol. 41, N. 3-4. – P. 158–164.
- 16 Khraishen A.M., Al-Degs Y., McMinn A.M. Remediation of wastewater containing heavy metals using raw and modified diatomite // *Chem. Eng. J.* – 2004. – Vol. 99, N. 2. – P. 177–184.
- 17 Maxe L. An earth sedimentary deposit as analogue to martian: the comparison of IR-spectra // *Lunar and Plan. Sci.* – 2005. – Vol. XXXVI. – P. 1386–1387.
- 18 Iliá I. K., Stamatakis M. G., Perraki T. S. Mineralogy and technical properties of clayey diatomites from north and central Greece // *Central European Journal of Geosciences.* – 2009. – Vol. 1. – №. 4. – P. 393-403.
- 19 Модифицированные кремнеземы в сорбции, катализе і хроматографии / Под. ред. Г.В. Лисичкина. – М.: Химия, 1986. – 248 с.
- 20 Чукин Г.Д. Химия поверхности і строение дисперсного кремнезёма / Чукин Г.Д. – М: Типография Паладин, ООО «Принта», 2008. – 172 с.

- 21 Matteson M. J., Stober W., Luther H. Kinetics of the oxidation of sulfur dioxide by aerosols by manganese sulfate // *I & E.C. Fund.* – 1969. – Vol. 8, N 4. – P. 677-687.
- 22 Cains P.W., Carabine M.D. Oxidation of sulphur dioxide in aerosol droplets, catalysed by manganous sulphate // *J. Chem. Soc. Faraday Trans.* – 1977. – Vol. 74. – P. 2689-2702.
- 23 Crump J.G., Flagan R.C., Seiufeld J. H. An experimental study of the oxidation of sulfur dioxide in aqueous manganese sulfate aerosols // *Atmos. Environ.* – 1983. – Vol. 17, N 7. – P. 1277-1289.
- 24 Ibusuki T., Barness H.M. Manganese(II) catalyzed sulfur dioxide oxidation in aqueous solution at environmental concentrations // *Atmos. Environ.* – 1984. – Vol. 18, N 1. – P. 145-151.
- 25 Siskos P. A., Peterson N. C., Huie R. E. Kinetics of the manganese(III)-sulfur(IV) reaction in aqueous perchloric acid solutions // *Inorg. Chem.* – 1984. – Vol. 23, N 8. – P. 1134-1137.
- 26 Berglund J., Elding L.I. Manganese-catalysed autoxidation of dissolved sulfur dioxide in the atmospheric aqueous phase // *Atmos. Environ.* – 1995. – Vol. 29, N 12. – P. 1379-1391.
- 27 Hong A.P., Bahnemann D.W., Hoffmann M.R. Cobalt(II) Tetrasulfophthalocyanine on Titanium Dioxide. 2. Kinetics and Mechanisms of the Photocatalytic Oxidation of Aqueous Sulfur Dioxide // *The Journal of Physical Chemistry.* – 1987. – Vol. 91, N 24. – P. 6245-6251.
- 28 Голодов В.А. Окисление диоксида серы в водных растворах / В.А. Голодов, Л.В. Кашникова // *Успехи химии.* – 1981. – Т. 57, Вып.11. – С. 1796-1814.
- 29 Голодов В.А. Реакции двуокиси серы с комплексами металлов ІВ і VIII группы периодической системы / В.А. Голодов, Ю.И. Панов, Л.В. Кашникова // *Комплексные соединения в катализе: Тр. ИОКЭ АН КазССР.* – Алма-Ата: Наука КазССР, 1980. – Т.22. – С. 130-141.

- 30 Дорфман Я.А. Жидкофазный катализ / Я.А. Дорфман. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1981. – 364 с.
- 31 Conklin M.H. Metal ion-sulfur(IV) chemistry. 1. Structure and thermodynamics of transient copper(II)-sulfur(IV) complexes / M.H. Conklin, M. R. Hoffmann // Environ. Sci. Technol. – 1988. – Vol. 22, No 8 . – P. 883–891.
- 32 Conklin M.H. Metal ion-sulfur(IV) chemistry. 2. Kinetic studies of the redox chemistry of copper(II)-sulfur(IV) complexes / M.H. Conklin, M.R. Hoffmann // Environ. Sci. Technol. – 1988. – Vol. 22, No 8 . – P. 891–898.
- 33 Conklin M.H. Metal ion-sulfur(IV) chemistry. 3. Thermodynamics and kinetics of transient iron(III)-sulfur(IV) complexes / M.H. Conklin, M.R. Hoffmann // Environ. Sci. Technol. – 1988. – Vol. 22, No 8 . – P. 899-907.
- 34 Reddy K.B. Redox cycling of iron in atmospheric water: the important role of sulphite / K.B. Reddy, N. Coichev, R. Eldik // J. Chem. Soc., Chem. Commun. – 1991. – P. 481-483.
- 35 Reddy K.B. Kinetics and mechanism of the sulfite-induced autoxidation of Fe(III) in acidic aqueous solution / K.B. Reddy, R. Eldik // Atmos. Environ. – 1992. – Vol. 26A, No 4. – P. 661-665.
- 36 Brandt C. Kinetics and mechanism of the iron(III)-catalyzed autoxidation of sulfur(IV) oxides in aqueous solution. evidence for the redox Cycling of iron in the presence of oxygen and modeling of the overall reaction mechanism / C. Brandt, I. Fabian, R. Eldik // Inorg. Chem. – 1994. – Vol. 33, No 4. – P. 687-701.
- 37 Ракитская Т.Л. Модифицированный ионами меди(II) природный клинопилолит в реакции низкотемпературного окисления диоксида серы / Т.Л. Ракитская, Т.А. Киосе, Е.В. Каменева, А.В. Ярыч, В.Я. Волкова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2013 – Т. 26 (65),

- вип. № 4. – С. 345-357.
- 38 Rakitskaya T.L. Solid-State Compositions for Low-Temperature Sulphur Dioxide Oxidation Consisting of Natural Clinoptilolite, Copper(II) and Halide Ions / T.L. Rakitskaya, E.V. Kameneva, T.A. Kiose and V.Ya. Volkova // *Solid State Phenomena*. – 2015. – Vol. 230, P. 291-296.
- 39 Пат. № 98970 Україна, МПК ⁷ B01 J 23/75 Композиція для очистки повітря від діоксиду сірки / Ракитська Т.Л., Кіосе Т.О. заявник та патентовласник ОНУ імені І.І. Мечникова. – № и 2014 13349; заяв. 12.12.2014 ; надр. 12.05.2015, Бюл. № 9.
- 40 The synergistic effect of manganese (II) in the sulfite-induced autoxidation of metal ions and complexes in aqueous solution / N. Coichev. K. Bal Reddy, R. van Eldik, . *Atmospheric Environment* – 1992. – Vol. 26A, № 13. – P. 2295-2300.
- 41 Speciation, photosensitivity, and reactions of transition metal ions in atmospheric droplets / C.J. Weschler, M. L. Mandich, T. E. Graedel // *Journal of Geophysical Research*. – 1986. – Vol. 91, № D4. – P. 5189-5204.
- 42 Голодов В.А. Каталитическое окисление двуокиси серы синергической системой Cu(II)-Fe(III) в водных растворах / В.А. Голодов, Ю.М. Шиндлер // *Комплексные соединения в катализе: Тр. ИОКЭ АН КазССР*. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1984. – Т.23. – С. 190-213.
- 43 Голодов В.А. О синергизме гомогенных катализаторов на основе галлоидных солей Cu(II) і Fe(III) в реакции окисления SO₂ / В.А. Голодов, Л.В. Кашникова // *Кинетика і катализ*. – 1988. – Т. 22, Вып .3. – С. 793-794.
- 44 Enhanced oxygen absorption into bisulphite solutions containing transition metal ion catalysts / R. K. Ulrich, G.T. Rochelle. R.E. Prada // *Chemical Engineering Science*. – 1986. – Vol. 41, Iss. 8. – P. 2183-2191.

- 45 Atkinson R. Rate constants for the reactions of the OH radical with NO₂ (M=Ar and N₂) and SO₂ (M=Ar) / Atkinson R., Perry R. A., Pitts L. N. // J. Chem. Phys. – 1976. – Vol. 65, No.1. – 306-310.
- 46 Ракитская Т. Л., Эннан А. А., Волкова В. Я. Низкотемпературная каталитическая очистка воздуха от монооксида углерода. – Одесса: Экология, 2005. – 191 с.
- 47 Ракитская Т.Л. Фосфин. Физико-химические свойства і практические аспекты улавливания : монография / Т.Л. Ракитская, А.А. Эннан. – Одесса: Астропринт, 2012. – 208 с.
- 48 Сорбция диоксида серы базальтовым туфом, импрегнированным водным раствором гексаметилентетрамина / М.И. Гавриленко, Т.А. Киосе, Т.Л. Ракитская, О.Н. Постолатий // Вісн. Одеськ. нац. ун-ту. Хімія. – 2008. – Т.13, вип.12. – С. 79-84.
- 49 Ракитська Т.Л. Адсорбційні властивості природних сорбентів відносно діоксиду сірки / Т.Л. Ракитська, Т.О. Киосе, О. В. Каменева, Михайлова О.В. // Вісн. Одеськ. нац. ун-ту. Хімія. – 2011. – Т. 16, вип. 13. – С. 24-33.
- 50 Киосе Т.А. Вплив діоксиду сірки на каталітичну активність нанесених купрум-паладієвих комплексів в реакції низькотемпературного окиснення монооксида вуглецю киснем повітря // Вісн. Одеськ. нац. ун-ту. Хімія. – 2013. – Т. 18, вип. 1(45). – С. 51-56.
- 51 Catalytic compositions based on chlorides of d-metals and natural aluminosilicates for the low-temperature sulfur dioxide oxidation with air oxygen/ T.L. Rakitskaya, T.A. Kiose, K.O. Golubchik, G.M. Dzhiga, A.A. Ennan, V.Y. Volkova // Acta Physica Polonica A. – 2018. — Vol. 133, N 4. – P. 1074-1078.
- 52 Закріплені на природному клиноптилоліті хлориди 3d-металів в реакції низькотемпературного окиснення діоксиду сірки киснем повітря / Т.Л. Ракитська, Т.О. Киосе, Л.А. Раскола, Х.О. Голубчик, Г.Б. Шульга, А.П. Назар, А.А. Стоян // Вісн. Одеськ. нац. ун-ту. Хімія. – 2018. –

- Т. 23, вип. 2(65). – С.6-17.
- 53 Овчаренко Ф.Д. Гидрофильность глин і глинистых минералов. Киев: изд-во АН УССР, 1961. 291 с.
- 54 Тарасевич Ю. И., Овчаренко Ф. Д. Адсорбция на глинистых минералах. Київ: Наукова думка, 1975. 352 с.
- 55 Тарасевич Ю. И., Овчаренко Ф. Д. Строение і химия поверхности слоистых силикатов. Київ: Наукова думка, 1988. 248 с.
- 56 Тарасевич Ю. И. Природные сорбенты в процессе очистки вод. Київ: Наукова думка, 1981. 208 с.
- 57 Ракитская Т.Л., Труба А.С., Киосе Т.А., Раскола Л.А. Механизмы формирования на пористых носителях комплексов d-металлов і их каталитическая активность в редокс-реакциях. Вісник Одеського національного університету. Хімія. 2015. Т. 20, № 2. С. 27-48.
- 58 Gregg, S. J.; Sing, K. S. W. Adsorption, Surface Area and Porosity. – London: Academic Press, 1982. – 303 p.
- 59 Дистанов У.Г., Михайлов А.С., Конюхова Т.П. Природные сорбенты СССР. – М.: Недра, 1990. – 206 с.
- 60 Newman G., Powell D.B. The infra-red spectra and structures of metal-sulphite compounds. Spectrochimica Acta. 1963. Vol. 19, N 1. P. 213–224
- 61 Хома Р.Е., Эннан А.А.-А., Молекулярные комплексы оксида серы(IV) с N,O-содержащими органическими основаниями (обзор). Вісник Одеського національного університету. Хімія. 2016. Т. 21, № 3. С. 6–31.

ДОДАТОК

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ І ВИСТУПІВ НА КОНФЕРЕНЦІЯХ

1. Т. Л. Ракитська, Г. Б. Шульга, М. І. Гайдаржи / Хемосорбційно-каталітична очистка повітря від діоксиду сірки моно- та біметальними композиціями, нанесеними на природний бентоніт // Наукові керівники – д.х.н., проф.. Ракитська Т.Л. // 73 звітна студ. конф. ОНУ імені І.І. Мечникова. – 25 квітня 2017 р. (*стендова доповідь*).
2. Моно- і биметалльные композиции, закрепленные на природном бентоните, в процессе хемосорбционно-каталитического улавливания диоксида серы из воздуха / Т. А. Киосе, Т. Л. Ракитская, Т. М. Тимуш, М.И. Гайдаржи // "Хімічні Каразінські читання - 2017": ІХ всеукр. наук. конф. студентів та аспірантів, 18-20 квітня 2017 р. : тези доп. – Харків, 2017. – С.35.
3. Т.Л. Ракитська, Г. Б. Шульга, Т. М. Тімуш, М. І. Гайдаржи / Вплив природи 3d-металів на каталітичну активність закріплених на трепелі композицій в реакції окиснення діоксиду сірки киснем повітря // Науковий керівник – д.х.н., проф.. Ракитська Т.Л. // 74 звітна студ. конф. ОНУ імені І.І. Мечникова. – 26 квітня 2018 р. (*стендова доповідь*).