

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Слюзара Андрія Володимировича  
«Теоретичні основи і технології очищення безкисневих газів  
від сірководню хінгідронним методом»  
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
за спеціальністю 05.17.01 Технологія неорганічних речовин

**Актуальність теми дисертаційної роботи.** Постійне підвищення вимог до якості вуглеводневої сировини, чистоти доквілля, а також збільшенням питомого об'єму перероблення сірчистих і високосірчистих нафт, газів, вугілля зумовлюють важливість й актуальність очищення безкисневих газів від сірководню. У результаті сіркоочищення газів отримують якісну газову сировину або паливо; уникають отруєння каталізаторів; досягають зменшення корозійної дії цих газів, збільшення часу роботи обладнання і комунікацій, зменшення шкідливих викидів в атмосферу.

Сучасні промислові методи очищення високодебітних безкисневих газів у газо- і нафтопереробній галузях промисловості (етаноламінові способи очищення з методом Клауса) характеризуються багатостадійністю, є незавершеними в екологічному аспекті та пропонують одержання сірки невисокої якості. Окрім того, спостерігається тенденція до збільшення перероблення сірководневмісних природних, попутних нафтових та інших газів з низькодебітних родовищ. Особливо це стосується очищення біогазів, частка яких, разом з іншими відновлюваними джерелами енергії, інтенсивно зростає останні два десятиліття. Існуючі технології є економічно недоцільними для очищення газів з низькодебітних джерел. Відповідно такі гази часто використовують тільки як паливо, забруднюючи при тому доквілля дещо менш шкідливим двооксидом сірки. Так, клас небезпеки для  $H_2S$  – II і граничнодопустимі викиди -  $5 \text{ мг/м}^3$ , а для  $SO_2$  – IV і  $500 \text{ мг/м}^3$ .

Тому розвиток теоретичних основ і технологій очищення безкисневих (природних і технологічних) газів від сірководню хінгідронними окисними системами є актуальним завданням, дасть змогу значно підвищити гнучкість та

селективність методу, а також, за рахунок можливості одержання двох цінних модифікацій сірки – дрібнодисперсної та полімерної, його економічну ефективність.

Дисертаційна роботи виконувалась за держбюджетними темами: «Розробка теоретичних і технологічних основ вилучення сірководню з неокисневмісних газів хінгідронним методом» (ДБ/Хінгідрон) (номер державної реєстрації 0104U002327), «Розробка теоретичних і технологічних основ перероблення розчинів хемосорбованого сірководню у сірку» (ДБ/ХМС) (номер державної реєстрації 0106U000263), «Дослідження процесів перероблення сірковмісних матеріалів з одержанням сірки та її сполук» (номер державної реєстрації 0107U005040), «Електрохімічна регенерація поглинальних розчинів хінгідронного методу очищення газів від сірководню (номер державної реєстрації 0116U006727), а також в межах госпдоговірних НДР «Пошуки раціональних шляхів та розроблення основ технологій перероблення сірковмісних відходів та сполук кольорових металів ЗАТ «Лукур» з одержанням товарних продуктів» (№ 6982) та ТОВ «Карпатнафтохім» (м. Калуш Івано-Франківської обл.) «Дослідження стану діючого обладнання та рекомендації щодо удосконалення діючих технологічних процесів на ТОВ «Карпатнафтохім» (№А2019100275/35).

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації** Слюзара А.В. є високим і базується на всебічному, ґрунтовному аналізі наукової та патентної літератури, що стосується методів очищення газів від сірководню, попередніх досліджень з розробки хінгідронного методу, масообмінної апаратури в системі Г-Р та можливих електрохімічних процесів у хінгідронному поглинальному розчині. Представлені у дисертаційній роботі ідеї, рішення та висновки підтверджені одержаними експериментальними результатами, їх комп'ютерним обробленням та належною інтерпретацією, відповідністю результатів моделювання експериментальним результатам, а також коректним використанням сучасних методів досліджень: циклічної і лінійної вольтамперометрії, потенціометрії, об'ємного аналізу, ІЧ, УФ та видимої спектроскопії, скануючої електронної мікроскопії.



**Наукова новизна.** Автором вперше встановлено закономірності фазової рівноваги в системі сірководень – хінгідронний поглинальний розчин, на підставі чого виведено математичну залежність рівноважного парціального тиску сірководню від складу хінгідронного поглинального розчину та розроблено технологічні засади двостадійного очищення газів від сірководню хінгідронним методом; розширено знання про властивості та механізм формування ХОС залежно від часу експозиції та складу карбонатних і карбонатно-тіосульфатних розчинів хінгідрону, на підставі чого запропоновано вдосконалену методику її приготування для збільшення ефективності очищення газів і селективності цілеспрямованого окиснення хемосорбованого  $H_2S$  до  $S$  чи  $Na_2S_2O_3$ ; розроблено і експериментально перевірено математичну модель процесу хемосорбції  $H_2S$  з безкисневих газів ХПР у барботажному апараті, що враховує вплив тиску, ступеня насичення сірководнем та і початкової концентрації натрію карбонату; розроблено математичну модель процесу хемосорбції  $O_2$  з повітря під час регенерації хінгідронного поглинального розчину та встановлено кінетичні параметри цього процесу у абсорбері з суцільним барботажем шаром, що дало змогу аргументувати вибір масообмінного обладнання для здійснення регенерації хінгідронного поглинального розчину киснем повітря; вперше вивчено вплив компонентів безкисневих газів на очищення безкисневих газів від  $H_2S$  хінгідронним поглинальним розчином та його регенерацію, що дало змогу практично уніфікувати технологічні схеми очищення різних природних і технологічних газів; вперше встановлені закономірності впливу складу карбонатного розчину хінгідрону та технологічних параметрів на електрохімічну регенерацію ХПР, що дало змогу запропонувати технологічну схему хінгідронного методу очищення газів від  $H_2S$  з електрохімічною і напівелектрохімічною регенерацією ХПР.

**Практичне значення дисертаційної роботи** полягає у розробленні технологічних процесів для очищення безкисневих (природних і технологічних) газів від сірководню хінгідронним методом, особливістю яких є здійснення процесів за атмосферного чи підвищеного тиску, стадійність (одно- чи двостадійне), хімічна чи електрохімічна регенерація розчинів, цілеспрямоване



одержанням сірки чи тіосульфатного розчину. Здійснено аналіз ресурсів сірководневмісних газів у різних галузях промисловості, які можуть слугувати сировиною для одержання сірки чи її сполук : природний газ Локачинського родовища (с. Локачі Волинської обл.); попутний нафтовий газ родовища «Прорва» (Республіка Казахстан); регенераційний газ після МЕА установок на ПАТ «Алчевський КХЗ»; вуглеводневий газ ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття» (м. Надвірна Івано-Франківської обл.); піролізний газ ТзОВ «Карпатнафтохім» (м. Калуш Івано-Франківської обл.); біогаз ТОВ «Гудвеллі Україна» (с. Копанки Івано-Франківської обл.).

До промислового впровадження запропоновано технології очищення від сірководню хінгідронним методом піролізного газу олефінового виробництва ТзОВ «Карпатнафтохім» (м. Калуш Івано-Франківської обл.) та вуглеводневого газу установки сповільненого коксування ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття» (м. Надвірна Івано-Франківської обл.).

**Аналіз змісту роботи.** Дисертація складається із анотації, вступу, 8 розділів, висновків, списку використаних джерел інформації (333 найменування) та 7 додатків. Матеріали основної частини викладені на 257 сторінках, містять 47 рисунків і 46 таблиць. Загальний обсяг дисертації – 365 сторінок.

Розділи структуровані, наприкінці кожного розділу наведено висновки та перелік друківаних праць, в яких опубліковано результати досліджень.

**У вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційного дослідження, сформульовано мету та завдання дисертації, наведено зв'язок з державними науковими програмами та госпдоговірними темами, висвітлено наукову та практичну цінність роботи, наведено загальну характеристику роботи, деталізовано особистий внесок здобувача.

Грунтовний аналіз науково-технічної та патентної літератури наведено у **першому розділі** дисертації, зокрема проаналізовано виробництво і споживання сірки в Україні, ресурси сірководневих, зокрема, безкисневих газів, методи очищення газів від  $H_2S$  в промисловості та стадії хінгідронного процесу. Описано основні його недоліки і невирішені питання, які гальмують впровадження методу у промисловості для очищення безкисневих газів від  $H_2S$ . Виділено основний,



першочерговий недолік - утворення  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  за рахунок побічної реакції окиснення сірководню киснем повітря на стадії регенерації розчину. Для обґрунтування вибору раціонального обладнання процесів хемосорбції  $\text{H}_2\text{S}$  з безкисневих газів і хемосорбції  $\text{O}_2$  з повітря поглинальним розчином проаналізовано масообмінну апаратуру у системах Г-Р. Наприкінці розділу сформульовано мету і основні завдання дисертаційного дослідження.

У другому розділі наведено опис розроблених установок для визначення рівноважного парціального тиску  $\text{H}_2\text{S}$  над хінгідронним поглинальним розчином (ХПР), досліджень хемосорбції  $\text{H}_2\text{S}$  з газів у барботажній колоні та горизонтальному абсорбері з ковшоподібними диспергаторами (абсорбері ГАКД), досліджень хемосорбції  $\text{O}_2$  під час регенерації ХПР у барботажному абсорбері та абсорбері ГАКД, електрохімічної регенерації поглинального розчину, досліджень впливу домішок у промислових безкисневих газах на хемосорбцію  $\text{H}_2\text{S}$  і регенерацію розчину. Описано методики досліджень фізико-хімічних і окисно-відновних властивостей хінгідронних розчинів, аналізу поглинального розчину та газів на вміст  $\text{H}_2\text{S}$  та інших сірковмісних сполук.

Третій розділ присвячений дослідженню фізико-хімічних властивостей ХПР залежно від його складу та, на їх основі, теоретичних досліджень вибору масообмінної апаратури для здійснення процесів хемосорбції як  $\text{H}_2\text{S}$  на стадії очищення газу, так і  $\text{O}_2$  на стадії регенерації ХПР.

Оцінено взаємну розчинність у системі хінгідрон– $\text{NaHCO}_3$ – $\text{Na}_2\text{CO}_3$ – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  для встановлення меж граничних концентрацій інгредієнтів ХПР, за яких забезпечувались би високі значення його поглинальної здатності і селективності процесу. Показано можливість використання розчинів з підвищеними концентраціями інгредієнтів ( $\text{кг/м}^3$ ) 5-10-350-40 або 5-20-350-10. Встановлено вплив температури і концентрацій інгредієнтів поглинального розчину на густину і кінематичну в'язкість, рН, стаціонарний окисно-відновний потенціал (ОВП) та поверхневий натяг розчинів.

На основі цих результатів проведено розрахунки величин дифузійних опорів, що створюють газова і рідинна фази у трьох різних типах абсорберів (насадковому, барботажному і диспергуючому). Враховуючи переваги і недоліки



розглянутих типів абсорберів, дисертантом здійснено обґрунтований вибір і рекомендовано для процесів хемосорбції сірководню і кисню ХПР застосовувати диспергуючі або барботажні абсорбери.

У четвертому розділі наведено результати досліджень зміни окисно-відновних властивостей хінгідронного окисника під час його приготування.

Для досліджень окисно-відновних властивостей системи використано сучасний електрохімічний метод – метод циклічної вольтамперометрії (ЦВА). Дисертантом встановлено, що окисно-відновні властивості поглинального розчину залежать від форми хінгідрону - вихідний чи олігомеризований. Розчини з попередньою експозицією (за рахунок олігомеризації хінгідрону) мають нижчий рН і вищий стаціонарний ОВП. Встановлено також, що послідовність додавання інгредієнтів у ХПР впливає на значення ОВП і рН розчинів. Так, значення рН розчинів, в яких хінгідрон спершу був олігомеризований у содових розчинах, практично однакові - 8,94 і 8,96 і є меншими, ніж у випадку олігомеризації з добавкою  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  - 9,11...9,20. Відповідно, значення ОВП цих розчинів є більшими: -0,142 і -0,165 В проти -0,220...-0,259 В.

Методом УФ-спектроскопії водних розчинів хінгідрону встановлено збільшення частки семіхіонних фрагментів в олігомері та  $n \rightarrow \pi^*$  переходи в моноаніон-радикалах хінгідрону, що ініціюють полімеризацію, збільшення довжини ланцюга і утворення полісеміхіонів. Методом ІЧ-спектроскопії за рефlekсами карбонільних і гідроксильних груп досліджено зміну співвідношення хінонних і гідрохінонних фрагментів у реакційній системі та запропоновано орієнтовну структуру хінгідронної окисної системи (ХОС).

Методом ЦВА дисертант здійснив ґрунтовні дослідження зміни окисно-відновних властивостей хінгідронного окисника залежно від часу вистоювання розчину та складу содових та тіосульфатно-содових розчинів хінгідрону. На основі цих результатів дисертант визначив максимальні значення окисної і відновної поведінки ХОС та дійшов висновку про взаємодію хінгідрону чи його олігомеру з  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , який міститься у поглинальному розчині, з утворенням гідрохінонних сульфозаміщених фрагментів хінгідронного окисника. Такий окисник характеризується нижчими значеннями ОВП, а отже меншою



селективністю окиснення  $H_2S$  до сірки. Запропоновано вдосконалення до технології приготування ХПР.

**П'ятий розділ** присвячений дослідженням хемосорбції сірководню з безкисневих газів у абсорбері ГАКД і вертикальному абсорбері з суцільним барботажем шаром (ВАБШ). Спочатку було досліджено рівновагу в системі  $H_2S$  – ХПР і показано значний вплив на неї ступеня насичення поглинального розчину сірководнем. Це важливо для забезпечення повноти очищення газів від сірководню. Для забезпечення нормативних показників очищення газів запропоновано здійснювати двостадійне очищення: на 1-й стадії для очищення застосовувати регенований поглинальний розчин, а на 2-ій стадії – свіжий ХПР.

З врахуванням даних рівноваги і рекомендованих критеріальних рівнянь було розроблено математичну модель процесу хемосорбції  $H_2S$  у барботажному режимі, яка враховує вплив тиску, початкової концентрації натрію карбонату і ступеня насичення розчину сірководнем. Розроблену модель перевірено на експериментальній установці хемосорбції  $H_2S$  з азото-сірководневої суміші під тиском до 10 МПа у барботажному режимі і доведено, що модель адекватно відображає процес. Показано, що залежність швидкості хемосорбції сірководню пропорційна тиску в степені 0,82...0,83, що саме і характерно для «помірно розчинних» газів, яким є сірководень. Отримані залежності щодо хемосорбції  $H_2S$  з безкисневого газу перевірено під час дослідження очищення піролізного газу ТзОВ «Карпатнафтохім» у барботажному режимі.

Для створення моделі процесу хемосорбції сірководню ХПР у апаратах з диспергуючим режимом роботи застосовано критеріальні рівняння і результати досліджень (інших авторів) у промислових умовах роботи диспергаторів абсорбера ГАКД. Перевірку теоретичних досліджень процесу хемосорбції  $H_2S$  з безкисневих газів у диспергуючому режимі здійснено у моделі абсорбера ГАКД. Встановлено інтенсивність диспергування, за якого дифузійний опір рідинної фази не лімітує хемосорбцію  $H_2S$  з безкисневого газу в ГАКД (лінійна швидкість кінців диспергатора  $V_{\text{лін.}} \geq 12$  м/с, кількість диспергаторів  $S = 4$  шт/м довжини горизонтального вала), та швидкість газового потоку 1,8...2,0 м/с.

Вивченню стадії хімічної регенерації поглинального розчину у двох типах



масообмінної апаратури - абсорберах ГАКД і ВАБШ присвячений **шостий розділ**.

Встановлено, що у ВАБШ за низького газомісту кисню опір масовіддачі з боку рідинної фази у  $(1,9...2,7) \cdot 10^3$  разів більший від опору газової. Ступінь хемосорбції кисню з повітря ХПР є лише дещо більшим ніж його сорбції содовим розчином, однак все рівно низьким. Визначено коефіцієнт прискорення абсорбції кисню ( $\chi = 5,14$ ) та встановлена константа швидкості реакції між хемосорбованим  $O_2$  і відновною формою ХОС  $k_1 = 0,1547 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{моль})$ . Низька швидкість хемосорбції кисню у ВАБШ, порівняно з швидкістю хімічної реакції, дала змогу дисертанту не рекомендувати цей тип масообмінного обладнання для регенерації хінгідронного поглинального розчину.

Тому наступні дослідження регенерації розчину було здійснено в ГАКД. Так як однакову швидкості окиснення можна досягти, змінюючи співвідношення лінійної швидкості диспергаторів ( $V_{\text{лін.}}$ ) і їх числа ( $S$ , шт/м), то раціональну інтенсивність диспергування ( $V_{\text{лін.}} = 10 \text{ м/с}$  і  $S = 4 \text{ шт/м}$ ) ХПР визначено за умовними енергозатратами на диспергування.

Здійснені дослідження у цьому і попередньому розділах дисертації дали змогу дисертанту дійти висновку, що, в основному, при забезпеченні певних умов основні вуглеводневі компоненти газів не впливають на хемосорбцію сірководню і швидкість регенерації поглинального розчину.

**У сьомому розділі** автором наведено результати досліджень, присвячених збільшенню гнучкості хінгідронного методу за рахунок спрямування процесів на одержання наперед заданого продукту – дрібнодисперсної сірки чи тіосульфатного розчину – сировини для одержання полімерної модифікації сірки. Розроблено електрохімічний метод регенерації ХПР з встановленням основних його параметрів. Показано, що при електрохімічній регенерації ХПР відбувається конкурування процесів окиснення сполук сірки і відновних форм ХОС, що стало основою для розробки концепції напівелектрохімічної регенерації ХПР.

З метою використання відхідних тіосульфатовмісних розчинів як сировини для одержання полімерної сірки технологією кислотного розкладу здійснено дослідження впливу концентрації  $Na_2S_2O_3$  в ХПР та температури на ступінь



хемосорбції  $\text{H}_2\text{S}$  і коефіцієнт масопередачі. Одержані результати дозволили автору рекомендувати для хемосорбції сірководню з газів ХПР з вмістом:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  –  $10 \text{ кг/м}^3$ , хінгідрону –  $5, \text{ кг/м}^3$  і  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  до  $350, \text{ кг/м}^3$  за одночасного підвищення температури процесу до  $303\text{...}308 \text{ К}$ . Як стверджує автор, одержання двох цінних видів сірки у хінгідронному процесі забезпечить його економічну ефективність.

Встановлено вплив рН поглинального розчину на одержанням сірки у хінгідронному процесі. Для спрямування процесу на одержання сірки потрібно забезпечувати відносно високу концентрацією  $\text{NaHCO}_3$  порівняно з  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  у поглинальному розчині, що дасть підтримувати рН не вище  $8,8\text{...}8,9$ . Для спрямування процесу на одержання  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  варто використовувати ХПР з високим значенням рН.

У **восьмому розділі** автором запропоновано 4 варіанти технологічних схем і режимів очищення газів від сірководню з одержанням наперед заданого продукту - дрібнодисперсної сірки чи тіосульфатного розчину – сировини для одержання полімерної модифікації сірки; які відрізняються за умовами здійснення окремих стадій технологічного процесу (зокрема, тиском), допустимим значенням залишкового вмісту сірководню в розчині та за цільовим продуктом очищення (сірка чи натрію тіосульфат). Відмінність схем полягає у використанні на стадії очищення газів різних апаратів (абсорбер ГАКД чи барботажний тарілковий абсорбер), застосуванні одно- чи двостадійного очищення, здійсненні регенерації ХПР хімічним (абсорбер ГАКД) або електрохімічним (окиснювач і мембранний електролізер) способами.

До запропонованих технологічних схем очищення різних типів безкисневих газів методів наведено дані по витратних коефіцієнтах та оцінено їх ефективність.

**Висновки** загалом відображають одержані здобувачем найважливіші наукові і практичні результати.

**Повнота викладення здобувачем основних результатів дисертаційної роботи в публікаціях.** Основні положення і результати досліджень доповідались та обговорювались на багатьох авторитетних науково-технічних конференціях і достатньо повно опубліковані у 69 наукових працях, серед яких 23 статті у

наукових фахових виданнях України, в тому числі 5 у виданнях, що включені до міжнародних НМБ та 5 патентів України, з яких 3 - патенти на винахід.

**Оцінка мови та оформлення дисертації та автореферату.** Дисертаційна робота та автореферат написані українською технічно грамотною мовою та відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України. Автореферат стисло передає зміст дисертації і не містить наукових висновків, які відсутні в дисертації. Автор послідовно та доступно викладає матеріал, стисло формулює запропоновані рішення, рекомендації та висновки.

### **Зауваження до дисертаційної роботи:**

1. Хемосорбція сірководню з технологічних газів содовим поглинальним розчином є важливою стадією хінгдронного методу. Але в Україні відсутнє виробництво кальцинованої соди і тому це значно здорожчить цей процес, а в роботі не розглянуті альтернативні поглинальні розчини.

2. У науковій новизні вказано, що розроблено «математичну модель процесу». На мій погляд, виведення регресійного рівняння впливу тих чи інших чинників не є математичною моделлю. Крім того, така математична модель процесу хемосорбції  $H_2S$  у барботажному режимі у вигляді критеріального рівняння не в повній мірі враховує фізико-хімічні основи реакцій, які перебігають у цьому процесі.

3. У роботі не в повній мірі розглянуті екологічні проблеми, які пов'язані з утилізацією компонентів неконтрольованих витрат хінгдронного методу ( $Na_2S_2O_3$ ,  $NaHS$ , стадій виділення сірки, приготування розчинів ХПР).

4. У роботі багато уваги приділено процесам масопередачі і дуже мало - процесам хімічного перетворення, маршрутам хімічних реакцій, константам швидкостей, енергіям активації по стадіям хінгдронного методу. Тим більше, що робота виконана на кафедрі хімії та технології неорганічних речовин.

5. У роботі стверджується, що вперше встановлені закономірності впливу складу карбонатного розчину хінгдрону та технологічних параметрів на електрохімічну регенерацію ХПР. Водночас закономірності не наведені, як і технологічні рішення.



6. У літературному огляді зроблений не повний аналіз фізико-хімічних методів очищення газів від сірководню у світовій науково-технологічній практиці, тому і технологічні висновки не повні.

7. У дисертації не наведені показники якості використаної сировини і проміжних продуктів і як вони впливають на отриману дрібнодисперсну сірку. У розділі 2 варто було б навести методики аналізу на вміст сірки і сполук сірки у поглинальному розчині.

8. У роботі мало уваги приділено нанотехнологіям і наноматеріалам, а це є сучасний стан технологій у світовій практиці.

9. Відомо, що у інших хінонних методах очищення (Такахакс і Стретфорд як окисники використовують сульфозаміщені сполуки. Можливо і у хінгидронному методі треба застосовувати сульфозаміщений окисник?

10. Варто було б навести УФ та ІЧ-спектрограму для наочності трактування співвідношення хінонних та гідрохінонних груп у системах ХОС.

11. Зважаючи на складність досліджень хемосорбції сірководню під тиском чи не варто було б використати методи планування експерименту?

12. Дисертантом досліджено вплив основних вуглеводневих компонентів газів, а відомо, що у коксовому, а також у біогазах містяться не тільки вуглеводневі компоненти, але і  $\text{CO}_2$ ,  $\text{COS}$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{NH}_3$  та інші. У роботі це питання висвітлено не достатньо.

13. Дисертаційну роботу значно б прикрасило реальне впровадження хінгидронного методу на діючому, наприклад, нафтопереробному підприємстві.

14. У дисертаційній роботі і авторефераті зустрічаються описки і помилки. Наприклад, у авторефераті вказано про 303 найменування опрацьованої літератури, а в роботі їх 333.

Водночас вищевказані зауваження не принципові і не зменшують наукову новизну та практичну цінність результатів дисертаційної роботи.

**Загальний висновок.** Актуальність обраної теми дисертації, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих у роботі, їх достовірність і новизна, повнота їх викладу в опублікованих працях,

значення отриманих результатів для науки і практики, зміст дисертації та її завершеність дає змогу зробити висновок, що дисертаційна робота Слюзара Андрія Володимировича відповідає вимогам до докторських дисертацій, що викладені в пп. 9, 10, та 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою КМ України від 24.07.2013 р. № 567 із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ №656 від 19.08.2015 р., 159 від 30.12.2015 р., № 567 від 27.07.2016 р., № 943 від 20.11.2019 р., № 607 від 15.07.2020 р. та Наказу МОН України № 1220 від 23.09.2019 р., а її автор – Слюзар А.В. заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.01 Технологія неорганічних речовин.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,  
директор Навчально-наукового інституту  
хімічних технологій та інженерії  
Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»

Рищенко І.М.

Підпис проф. Рищенко І.М. засвідчую

Вчений секретар  
Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»



Заковоротний О.Ю.