

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Панька Андрія Валентиновича  
**«Біолоїдні і фізико-механічні закономірності трансформацій  
залізоалюмосилікатів та їх композицій в колоїдних процесах»**,  
подану на здобуття наукового ступеня доктора хімічних наук  
за спеціальністю 02.00.11 – колоїдна хімія

**Актуальність теми дисертації.** Стрімкий розвиток нанотехнологій в останні десятиріччя зумовлює подальше вивчення дисперсних, ультрадисперсних і наноструктурованих матеріалів, а одержані знання сприяють розробленню нових підходів до їхнього конструювання та ефективного використання. Серед таких матеріалів особливе місце займають залізоалюмосилікати, комплексному дослідженню яких присвячена рецензована робота. На сьогоднішній день в області вивчення колоїдно-хімічних, нанохімічних та біолоїдних взаємодій в залізоалюмосилікатних системах та матеріалах отримані обширні знання, проте з огляду на широке коло охоплених наукових питань теоретичні уявлення потребують ще подальших досліджень, зокрема на модельних системах для виявлення специфіки виявлених механізмів наноструктурних нанохімічних та міжфазних контактних перетворень згідно сучасних законів колоїдної та біолоїдної хімії, фізико-хімічної механіки та геомеханіки. Важливим результатом розвитку цих уявлень є отримання як нових перспективних матеріалів, так і розроблення нових вискоефективних технологій, зокрема, як показано у роботі, в металургії, медицині та захисті від техногенних та природних критичних явищ. Тому результати цієї дисертаційної роботи безперечно є актуальними і сприятимуть подальшому прогресу в створенні нових наноструктурованих систем та матеріалів.

Дисертаційна робота виконана у відділі фізико-хімічної геомеханіки впродовж останніх двох десятиріч відповідно до плану науково-дослідних робіт Інституту біолоїдної хімії імені Ф. Д. Овчаренка НАН України в рамках держбюджетних наукових програм та двох госпдоговірних тем.

**Наукова новизна та практична цінність роботи.** В роботі вперше вивчені складні фізико-хімічні та структурні процеси у дисперсіях залізоалюмосилікатів шляхом обґрунтування сумарного та синергетичного впливу фізичних, колоїдно-хімічних, нанохімічних, наноструктурних і бактеріальних (біолоїдних) взаємодій

на властивості дисперсій. На основі одержаних під час досліджень результатів:

- розширено сучасні уявлення колоїдної та біоколоїдної хімії про складні трансформаційні процеси в природних і техногенних дисперсних залізоалюмосилікатних матеріалах, зокрема, залізних рудах біоколоїдного походження, глинах, морських донних осадах та пелоїдах;
- зроблена спроба розкрити колоїдно-хімічні механізми взаємодій в морських залізоалюмосилікатних осадах, а також в дисперсних природних та техногенних дисперсних залізоалюмосилікатах на поверхні Землі;
- вперше виявлено та обґрунтовано з використанням теоретичних моделей та експерименту на модельних системах сумарний і синергетичний вплив колоїдно-хімічних, нанохімічних, геомеханічних і біоколоїдних чинників на наноструктурне контактне формування та реологічну поведінку реальних і модельних залізоалюмосилікатних матеріалів і запропоновані комплексні механізми подібних звичайних і критичних явищ повзучості осадів та окреслено рекомендації щодо їхнього попередження;
- показано можливості використання отриманих колоїдно-хімічних уявлень для створення екобіогеотехнологічних захисних споруд, в бальнеотерапії, медицині, а також для отримання високочистих залізо-рудних концентратів і заліза в металургії.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.** У дисертаційній роботі здобувачем подано великий та науково цінний обсяг теоретичного та експериментального матеріалу, який одержано з використанням сучасних та надійних колоїдно-хімічних і фізико-хімічних методів досліджень (сканувальна електронна мікроскопія; рентгеноструктурний аналіз; лазерна кореляційна спектроскопія; адсорбційні методи; реологічні та структурно-механічні дослідження тощо). Матеріали роботи опубліковано у достатній кількості провідних наукових видань та апробовано на багатьох українських та міжнародних конференціях. Це підтверджує те, що одержані результати є надійними та достовірними. Обговорення та аналіз результатів експерименту проведено на сучасному науковому рівні з урахуванням останніх досягнень у галузі колоїдної хімії. Наукові положення, висновки та рекомендації сформульовані на основі експериментальних результатів не викликають сумнівів і ступінь їхньої обґрунтованості є достатнім.

**Загальні відомості про структуру та зміст дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота Панько А. В. складається із анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних у роботі літературних джерел та двох додатків, один з яких обов'язковий (список публікацій здобувача). Дисертація викладена на 339 сторінках машинописного тексту, з них на основний текст роботи припадає 310 сторінок. Дисертація містить 35 таблиць, 119 рисунків та список літературних джерел, який нараховує 407 найменувань.

У ВСТУПІ, згідно з вимогами до оформлення докторських дисертацій, обґрунтовано вибір теми дисертаційної роботи, висвітлено її актуальність, сформульовано мету та основні задачі дослідження, визначено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, наведено дані щодо апробації результатів дисертаційної роботи та вказаний особистий внесок здобувача у проведенні досліджень.

ПЕРШИЙ РОЗДІЛ присвячений огляду літератури за темою дисертації і в ньому проаналізований сучасний стан колоїдно-хімічних, нанохімічних і біоколоїдних досліджень залізоалюмосилікатних систем та залізовмісних пелітових (пелагічних) матеріалів, осадів і пелоїдів. Зокрема подана загальна характеристика залізоалюмосилікатів, обговорено особливості їхнього утворення, особливу увагу приділено розгляду хімічних, механічних і мікробіологічних процесів у залізоалюмосилікатах та морських осадах (пелоїдах) тощо. Розділ є змістовним і дає достатнє обґрунтування вибору проведених досліджень та поставлених задач.

У ДРУГОМУ РОЗДІЛІ обґрунтовано вибір матеріалів дослідження із узагальненням їхніх характерних ознак та наведено загальний перелік використаних класичних та сучасних методів дослідження. Основний метод дослідження – реологічний описано детальніше, а інші експериментальні методики з метою зручності розгляду результатів досліджень описані детальніше у відповідних розділах, у яких вони використані.

ТРЕТІЙ РОЗДІЛ присвячений вивченню наноструктурних явищ у залізоалюмосилікатних матеріалах земної кори. У ньому проведено аналіз геомеханічних, нанохімічних і біоколоїдних процесів, які супроводжують ці явища, встановлено їхні механізми та побудовано відповідні моделі міжфазних контактних взаємодій поверхонь у залізоалюмосилікатних системах. Розглянуто наноструктурні, біоколоїдні і фізико-хімічні чинники критичних явищ у залізоалюмосилікатних водних дисперсіях та проведено аналіз головних фізико-

хімічних властивостей різних залізоалюмосилікатів.

Результати досліджень, отримані у цьому розділі є визначальними для досліджень проведених у наступних розділах роботи і одночасно вони отримали підтвердження і подальший розвиток у конкретних випадках. Зокрема, аналіз наведених у розділі досліджень дозволив розвинути уявлення про механізми повзучості залізоалюмосилікатних дисперсій та трансформації механічно напружених ділянок дисперсної структури та встановити основні глобальні принципи фізико-механічного, нанохімічного і біоколоїдного регулювання структурних властивостей залізоалюмосилікатних матеріалів та дисперсно-пористих осадових в природних і техногенних умовах.

У ЧЕТВЕРТОМУ РОЗДІЛІ розглянуто механізми колоїдно-хімічних, наноструктурно-нанохімічних та біоколоїдних процесів в пелагічних осадах з властивостями пелоїдів (лікувальних грязей). Зокрема розглянута роль біогеоценозів у розвитку наноструктурно-нанохімічних процесів в пелагічних осадах, виявлені особливості біоколоїдно-хімічних і нанохімічних процесів в пелоїдах на основі карбонат- та залізовмісних глинистих мінералів та показано їхній вплив на медико-біологічну активність, а також обґрунтована доцільність біоколоїдно-хімічного модифікування дисперсних морських пелітових осадових і пелоїдів мінеральними нано- і мікрочастинками. У результаті показано, що збільшення кількості агрегатів наночастинок у пелоїдах за рахунок введення в них прожарених нанопористих бентонітів або наноструктурованого карбонату кальцію підсилює біологічну активність пелоїдів за рахунок підвищеної сорбційної і іонообмінної здатності наночастинок кальциту й прожарених, дегідратованих глинистих мінералів у складі бентоніту. Встановлено синергетичний взаємозв'язок нанохімічних і геомеханічних перетворень, колоїдно-хімічних властивостей і біологічної активності пелоїдних композицій.

В П'ЯТОМУ РОЗДІЛІ розглянуті нано- і мікроструктурні трансформації залізоалюмосилікатних дисперсних гірських порід, ґрунтів і мулів під час їхнього практичного використання, зокрема у разі використанні таких матеріалів у захисних бар'єрах, а також у медицині та курортології. В результаті проведеного дослідження запропоновано моделі фізико-механічних, нанохімічних, колоїдних і біоколоїдних процесів метаморфізму залізооксидно-силікатних гірських порід, що супроводжуються утворенням нано- і мікродисперсних пелітових осадових, пелоїдів (лікувальних грязей), глин, осадових залізосилікатно-карбонатних рудних матеріалів. Обговорено роль у цих процесах мікроорганізмів та поверхнево-

активних продуктів їхньої життєдіяльності. Розширено уявлення про роль хімічних процесів утворення нанокластерів заліза і кремнію в зміні міцності контактних зон мікрочастинок полімінеральних дисперсних систем. Розглянуто застосування, з врахуванням встановлених явищ, залізооксидносілікатних пелоїдних композицій у спорудженні захисних бар'єрів, у медицині та курортології. Показано також провідну роль нано- і мікроструктур у процесах геомеханічного і біоколоїдного диспергування гірських залізооксидносілікатних порід, пелітових осадів, пелоїдів і ґрунтів. Встановлено, що в процесах біоколоїдного диспергування беруть участь біогеоценози, в яких процеси метаболізму супроводжуються виділенням величезної кількості біологічно- і поверхнево-активних речовин, що прискорюють колоїдні та наноструктурні трансформації залізоалюмосілікатних матеріалів. Запропоновано моделі нанохімічних контактних взаємодій дисперсних мінеральних частинок за участю гідроксидів заліза. Показано вдале практичне застосування розглянутих у розділі уявлень на прикладі впровадженої «зеленої» біогеотехнології, яка в результаті дозволила збільшити об'єм шахтних залізородних вод, що зберігаються в промисловій водоймі м. Кривий Ріг з 2 до 12 мільйонів кубометрів з гарантією їхньої екобезпеки протягом 10-15 років.

ШОСТИЙ РОЗДІЛ присвячений вивченню впливу нано- і мікродисперсних структур на процеси трансформації, розділення компонентів залізоалюмосілікатних матеріалів і їхнього відновного випалу. Відзначено лімітуючий вплив нано- і мікроструктур на трансформацію залізоалюмосілікатних рудних матеріалів на всіх взаємозалежних стадіях природного метаморфізму та техногенних трансформацій. Показано, що природні і техногенні процеси в залізоалюмосілікатних рудних матеріалах протікають практично однаково, що дозволило дати наукове обґрунтування методів їхньої переробки і очищення від домішок, що містять кремній, миш'як, фосфор та сірку. Наведено механізми твердофазного відновлення залізоалюмосілікатних рудних матеріалів і їх лужного очищення та показано можливості управління процесами їхнього розділення регулюванням в'язкопластичних характеристик суспензій з великою кількістю кварцових і польовошпатових пісків. Показано переваги описаних технологій переробки залізородної сировини з використанням розроблених уявлень, по відношенню до відомих аналогів – зокрема нижчих температур процесу випалу, використанню проблемної сировини з низьким вмістом заліза, можливістю створення безвідходного процесу.

Повнота відображення матеріалів у опублікованих працях, особистий внесок у них здобувача та відповідність спеціальності 02.00.11 - колоїдна хімія. Основні результати та положення дисертаційної роботи Панько А. В. з належною повнотою викладені у 66 наукових працях, серед яких 1 колективна англomовна монографія, 6 глав монографій видавництва Springer, 15 статей у наукових українських та зарубіжних журналах, 2 патенти України на винахід та 42 тези доповідей на вітчизняних та міжнародних конференціях.

Публікації за матеріалами дисертації та автореферат повністю відображають основний зміст дисертації.

Автором дисертації особисто зроблено попередню підготовку всіх зразків досліджених залізоалюмосилікатних матеріалів, проведено реологічні дослідження дисперсних залізоалюмосилікатних систем. Аналіз та обговорення результатів досліджень проведено спільно із співавторами статей.

Дисертаційна робота містить наукові результати, які частково можна віднести до інших спеціальностей, зокрема фізичної хімії, геохімії, матеріалознавства, але за сукупною вагомістю розглянуті колоїдно-хімічні процеси є визначальними, тому роботу, безсумнівно, можна кваліфікувати за спеціальністю 02.00.11 – колоїдна хімія.

#### **Зауваження та побажання до роботи:**

1. Одним із чинників як природного, так і техногенного самодиспергування залізоалюмосилікатних матеріалів є виникнення кристалізаційного тиску. Цікаво було б, оцінити як може змінюватися цей кристалізаційний тиск у залежності від того яка із запропонованих моделей реалізується.
2. У дисертації показано, що вплив біогеоценозів на міжфазні, нанохімічні та біоколоїдні взаємодії може бути спричинений як самими процесами життєдіяльності мікроорганізмів, так і поверхнево-активними продуктами їхньої життєдіяльності. Цікаво було б оцінити вклад цих складових впливу на властивості залізоалюмосилікатних матеріалів.
3. Не обґрунтовано, чому для вивчення технологічних процесів високотемпературної твердофазної металізації залізних руд, розділення та очищення продуктів від нерудних домішок вибрані зразки коричневої, тютюнової та ікряної руд.
4. Було би добре провести подібні до описаних в розділі 6 дослідження щодо збагачення та розділення не тільки для природних рудних матеріалів, але й для

відходів промисловості – це б сприяло підвищенню екологічної значимості роботи.

5. В дисертаційній роботі зустрічаються деякі недоречності, а саме:

- у розділі 2 «Матеріали та методи досліджень» описана методика розрахунку енергії міжчастинкової взаємодії за реологічними кривими течії, однак в подальшому серед результатів досліджень таких розрахунків немає, тому виникає питання навіщо наводити цю методику;
- рис. 3.16 та рис. 4.11 мають однакову графічну частину, але підписи у них різні;
- у списку літературних джерел зустрічаються літературні джерела (174, 331, 332, 333, 398), на які немає посилань у тексті дисертації, а також на стор. 275 дисертації виявлено невідповідність посилання на літературні джерела [39-43];
- некоректно відсилати до рис. 13.4, який наведений у роботі [306], а краще подати його у самій дисертації.

Зроблені зауваження не є принциповими, загалом носять характер побажань і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

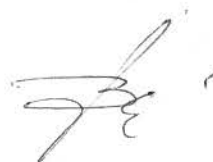
Дисертація написана гарною українською мовою, але все ж таки зустрічаються технічні граматичні та стилістичні помилки.

Дисертаційна робота Панька Андрія Валентиновича «Біоколоїдні і фізико-механічні закономірності трансформацій залізоалюмосилікатів та їх композицій в колоїдних процесах» є закінченою у межах поставлених завдань науково-дослідною роботою, яка виконана на високому науково-методичному рівні, а великий обсяг експериментальних результатів отриманих на сучасному обладнанні забезпечує достовірність, надійність і обґрунтованість наукових висновків, положень і рекомендацій, сформульованих у роботі.

**Висновок.** На основі вищевикладеного вважаю, що дисертаційна робота «Біоколоїдні і фізико-механічні закономірності трансформацій залізоалюмосилікатів та їх композицій в колоїдних процесах» містить науково обґрунтовані результати у галузі колоїдної хімії, що розв'язують важливу наукову проблему встановлення комплексного та синергетичного впливу фізичних, колоїдно-хімічних, нанохімічних, наноструктурних, фізико-хімічних і біоколоїдних взаємодій на властивості залізоалюмосилікатних систем і матеріалів. За актуальністю обраної теми, обсягом експериментального матеріалу, глибиною

його осмислення та обговорення, науковою новизною, обґрунтованістю висновків, теоретичним та практичним значенням отриманих результатів рецензована робота повністю відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року зі змінами, внесеними постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19 серпня 2015 р., № 1159 від 30 грудня 2015 р., № 567 від 27 липня 2016 р., № 943 від 20.11.2019 р. та № 607 від 15.07.2020 р. щодо докторських дисертацій, а її автор, Панько Андрій Валентинович заслуговує присудження наукового ступеня доктора хімічних наук за спеціальністю 02.00.11 – колоїдна хімія.

Офіційний опонент,  
доктор хімічних наук (02.00.11 – колоїдна хімія),  
професор, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка



Яремко З. М.

Підпис Яремко З.М. засвідчую:

Вчений секретар  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка



доц. Грабовецька О. С.



Отримано  
26.08.2021  
Орш

