

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор Фізико-механічного інституту  
ім. Г.В. Карпенка НАН України  
Назарчук З.Т.



## АНОТОВАНИЙ ЗВІТ

про виконану роботу у 2020 році в рамках реалізації проєкту  
із виконання наукових досліджень і розробок  
«Синтез та властивості нових комплексних протикорозійних пігментів для  
лакофарбових покриттів на основі алюмосилікатних наноконтейнерів»

Назва конкурсу: «Підтримка досліджень провідних та молодих вчених»

Реєстраційний номер Проєкту: 2020.02/0063

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок № 2020.02/0063 «Синтез та властивості нових комплексних протикорозійних пігментів для лакофарбових покриттів на основі алюмосилікатних наноконтейнерів»:

Рішення Наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу «Підтримка досліджень провідних та молодих вчених», протокол від «16-17» вересня 2020 року № 21.

### 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Тривалість виконання Проєкту

Початок – 23 жовтня 2020 р.;

Закінчення – 2022 рік

Загальна вартість Проєкту, грн.: 5 933 540,00 грн.

Вартість Проєкту по роках, грн.:

2020 рік 789046,00 грн.

2021 рік 2632134,00 грн.

2022 рік 2512360,00 грн.

### 2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

До виконання Проєкту було залучено 7 виконавців, з них:

доктори наук 2;

кандидати наук 4;

інші працівники 1.

### 3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(Ї) СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ

Грантоотримувач: Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України, 79060, м. Львів, вул. Наукова,5, тел. (032) 263 30 88, факс (032) 264 94 27, E-mail: pminasu@ipm.lviv.ua.

Організація субвиконавець: немає

### 4. ОПИС ПРОЄКТУ

#### 4.1. Мета Проєкту(до 200 знаків)

Створення наукових основ синтезу ефективних інгібіторів корозії металу на базі нанорозмірних алюмосилікатів, встановлення особливостей їх захисної дії на металах, а також розробка нових пігментів для протикорозійних покриттів.

#### 4.2. Основні завдання Проекту (до 400 знаків)

Завданнями проекту є модифікація алюмосилікатів протикорозійними катіонами; встановлення зв'язку між електронними характеристиками катіонів, параметрами їх адсорбції та протикорозійною активністю пігментів; розробка методик синтезу інгібіторів корозії складу «інтеркальована активна фаза – наноконтейнер»; дослідження захисної дії інгібіторів у корозійних розчинах; вивчення протикорозійних властивостей органічних покриттів із створеними пігментами.

#### 4.3. Детальний зміст Проекту:

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків).

Найефективнішими інгібувальними пігментами для лакофарбових покриттів є хромати, які є економічно вигідними. Однак вони канцерогенні, шкідливо впливають на здоров'я людей, забруднюють навколишнє середовище. Створені на сьогодні екологічні пігменти мають не достатні захисні властивості або високу вартість. Здатність алюмосилікатів до іонного обміну з катіонами металів робить їх перспективними інгібіторами для покриттів. Однак механізм захисної дії їх на сьогодні не вивчений, що не дає змоги виробляти ефективні пігменти.

- Новизна Проекту (до 400 знаків).

Основним науковим результатом є встановлення загальних принципів структурної організації неорганічних і органічних речовин у порах природних алюмосилікатів, що дозволить отримати новий клас композитних систем з інгібувальними протикорозійними властивостями. У науковому плані розв'язання поставлених завдань розширить уявлення про механізм утворення нанокластерів, їх перетворення в умовах обмеженого об'єму і впливу на цей процес розмірів і геометрії пор природних алюмосилікатів.

- Методологія дослідження (до 400 знаків).

Проект виконується за трьома напрямками: інтеркаляція алюмосилікатів інгібувальними пігментами хімічним та механохімічним методами; комп'ютерне моделювання впливу нанокластерів пігментів на інгібування корозійних процесів на поверхні металів квантово-хімічними підходами; експериментальні дослідження механізму захисної дії та протикорозійної ефективності нових інгібувальних пігментів при додаванні їх у корозійний розчин та у лакофарбові покриття.

### 5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проекту, зокрема:

#### 5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проекту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)

На основі літературних даних обґрунтовано вибір катіонів  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ , як складових протикорозійних пігментів для синтезу ефективних комплексних інгібіторів корозії металу із поєднанням в структурі нанорозмірної складової та алюмосилікатної матриці. Відпрацьовано методичні підходи проведення рідкофазного іонного обміну катіонів кальцію, цинку та марганцю на синтетичних цеолітах типу Na-A та визначено оптимальні умови інтеркаляції на основі вибору температури процесу, часу проведення та типу солі металів. Встановлено, що цеоліт типу Na-A має високу іоннообмінну здатність щодо катіонів  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  та  $\text{Ca}^{2+}$ . Максимальне насичення цеолітного матеріалу відбувається за використання солей, що містять двохвалентні іони цинку при температурі  $70^\circ\text{C}$  та тривалості процесу іонного обміну 90 хв. Ступінь адсорбованого цеолітом цинку за температури  $20^\circ\text{C}$  коливається в межах 38..52% від початкової концентрації катіонів металу в розчині, за температур  $40^\circ\text{--}44^\circ\text{C}$ ...57%, а за температури  $70^\circ\text{C}$  – 45...62%.

При порівнянні катіонообмінної здатності встановлено, що найбільша концентрація іонів  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mn}^{2+}$  утворюється в кислому розчині з цеоліту, модифікованого нітратами, а іонів  $\text{Zn}^{2+}$  – з цеоліту, модифікованого сульфатом, що пояснюється більшим насиченням цими іонами цеоліту за рахунок кращої розчинності солей, оскільки ця характеристика для  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  та  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  є найвищою порівняно з іншими сполуками цих металів. Сорбційні та десорбційні властивості іонів однакової валентності зростають в ряді  $\text{Ca}^{2+} < \text{Mn}^{2+} < \text{Zn}^{2+}$ , що ймовірно пов'язано з їхньою електронною структурою, зокрема умовним радіусом іонів.

На основі проведених EDX-аналізу, електронно-мікроскопічних та рентгеноструктурних досліджень модифікованих цеолітів встановлено ступінь та особливості впливу природи

вибраних катіонів на структуру, морфологію та дисперсність цеоліту, За використання методів фотоколориметрії та атомно-абсорбційної спектрофотометрії оцінено іоннообмінну ємність цеолітів типу Na-A під час іонного обміну катіонів з водного розчину. Зокрема, модифіковані цеоліти, отримані за температури 70°C, характеризуються найбільшою іонообмінною здатністю та проявляють найвищі показники виділення катіонів металів у розчин.

Розроблено кластерну модель взаємодії цеоліту з катіонами цинку, кальцію та марганцю і проведено її квантово-хімічну оптимізацію геометричної та електронної структури із використанням напівемпіричного методу PM7 у кластерному наближенні. Вибрані кластерні моделі цеоліту та метод розрахунку адекватно описують геометричну та електронну структури SiO<sub>2</sub>-ланки цеоліту та можуть в подальшому використовуватися для розрахунку енергетичних параметрів взаємодії катіонів металів з цеолітним каркасом.

Підготовлено металеві зразки із сталі 20 та сплаву Д16Т за стандартизованими методиками для проведення подальших корозійних досліджень. Опрацьовано методику анодування алюмінієвих сплавів для отримання високорозвиненої поверхні з метою підвищення адгезії лакофарбових покриттів.

Отримані результати щодо іоннообмінних властивостей інтеркальованих цеолітів засвідчили, що модифіковані цеоліти катіонами двовалентних металів, є перспективними базовими матеріалами для подальших досліджень в напрямку розроблення нових протикорозійних екологічно безпечних пігментів для лакофарбових ґрунтувальних покриттів на сталях та алюмінієвих сплавах.

### **5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами**

Визначені оптимальні умови осадження катіонів металів з водного розчину на синтетичних цеолітах сприятимуть створенню удосконалених підходів для одержання інтеркальованих протикорозійними іонами цеолітів та інших алюмосилікатних матеріалів, що може бути базою для розроблення ефективних заміників цинк-фосфатних та екологічно шкідливих хроматних інгібіторів у протикорозійних технологіях, захисних матеріалах і покриттях. Основна перевага створених інгібувальних пігментів за методикою рідкофазного обміну – це екологічна безпечність, простота технології отримання, можливість швидкої утилізації їх відходів без забруднення довкілля поряд із високою протикорозійною ефективністю.

### **5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проєкту для економіки та суспільства (стосується проєктів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)**

Проєкт спрямований на проведення фундаментальних наукових досліджень (згідно поданої заявки).

### **5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проєкту в суспільній практиці.**

Отримані наукові результати можуть бути використані для створення промислової технології виробництва нових екологічно безпечних високоефективних комплексних наноструктурованих інгібіторів корозії та інгібувальних пігментів для лакофарбових покриттів. Модифіковані нанорозмірними пігментами лакофарбові та ґрунтувальні покриття можуть мати значні перспективи застосування для захисту обладнання та металоконструкцій в хімічній та нафтогазовидобувній промисловості, теплоенергетиці, житлово-комунальному господарстві, переробній промисловості, будівництві, авіації та транспорті.

Примітка: Анований звіт не містить відомостей, заборонених до відкритого опублікування

#### **Науковий керівник Проєкту**

Завідувач відділу корозії та протикорозійного захисту  
Фізико-механічного інституту НАН України,  
д.т.н., старший науковий співробітник

  
\_\_\_\_\_ Корній С.А.  
(підпис)