

## **РОЗРОБКА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОЇ ДОСЛІДНО-ПРОМИСЛОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА НАНОДИСПЕРСНИХ ОКСИДІВ**

**Ю.С. Тарасевич, П.П. Горбик**

*Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка Національної академії наук України  
вул. Генерала Наумова 17, 03164 Київ -164*

*Розробка наукових основ хлоридної технології промислового виробництва оксидних нанопродуктів необхідна для створення екологічно безпечної технології одержання особливо чистих металів, силіцію, їх оксидів, елементоорганічних та інших сполук.*

*Ідея запропонованої розробки полягає у використанні побічних екологічно небезпечних хлорвмісних продуктів шляхом їх регенерації та повернення в технологічний процес з утворенням замкнутого по хлору циклу.*

*Синтез пірогенних оксидів титану та силіцію ґрунтується на приготуванні легких хлорвмісних сполук цих елементів з подальшим їх окисненням або гідролізом, переважно в полум'ї повітряно-водневого пальника.*

*Новий спосіб синтезу пірогенних оксидів включає, об'єднані в єдиний технологічний цикл, процеси приготування вихідних хлористих сполук, гідролізу їх в полум'ї повітряно-водневого пальника, обробки поверхні оксидів та виділення продуктів. З метою інтенсифікації хімічної взаємодії компонентів, їм надають одночасне переміщення уздовж реактора та зворотно-поступальний рух відносно його стінок, повертаючи частину компонентів з виходу на вхід. Рух компонентів в реакторі створюють його обертанням відносно осі, яка розташована під кутом до рівня горизонту.*

*Керування синтезом оксидів з використанням регульованого поширюваного горіння вихідної суміші в полум'ї дозволяє створити екологічно чистий замкнутий цикл та підвищити продуктивність способу, поліпшити якість продукції, розширити асортимент сировини при зменшенні енергоємності виробництва.*

В промислово передових країнах на цей час стрімко розвивається новий науково-технічний напрямок, що ґрунтується на застосуванні наноконструкційних матеріалів і нанотехнологій, в яких суттєву роль у формуванні властивостей наноструктур відіграють атоми, що знаходяться на межі міжфазної поверхні.

Зміна будови, хімічного складу наноструктур надає можливості для оптимізації фізико-хімічних властивостей, створення на їх основі широкого асортименту матеріалів: високоефективних наповнювачів полімерних систем, теплоізоляторів, каталізаторів, адсорбентів, сировини для спеціальної кераміки, волоконної оптики, напівпровідникової техніки тощо [1 – 3].

Одним із перспективних нанодисперсних матеріалів є пірогенний кремнезем (середній розмір його частинок може сягати 5 – 20 нм), який одержують в промисловому виробництві гідролізом тетрахлориду кремнію в полум'ї повітряно-водневого пальника. Однак промислова технологія одержання високодисперсних пірогенних наноксидів в даний час ще недостатньо розроблена. Разом з тим, пірогенний хлоридний спосіб, на відміну від великомасштабного виробництва на основі рідкофазної кислотної технології,

наприклад, одержання діоксиду титану, має ряд суттєвих переваг і відрізняється меншою енергоємністю, відсутністю стоків та повнотою переробки сировини.

Проте газозфазний синтез пірогенних оксидів супроводжується виділенням великої кількості тепла, що при підвищенні агрегатної потужності ускладнює створення збільшених реакторів, не дозволяє розширити сировинну базу, спростити технологію, створити автоматизований процес, поліпшити якість обробки поверхні оксидів.

До недоліків також відноситься те, що процеси синтезу хлоридів та одержання оксидів розділені і не утворюють замкнутий цикл виробництва із циркуляцією в ньому компонентів, насамперед хлору. При цьому, збільшення реакторів установки, наприклад, підвищення їх потужності до 1000 т діоксиду кремнію в рік, обмежено процесами коагуляції оксидів, обробки їх поверхні, утворення кислих відходів, що утруднює підтримання стабільної якості продуктів та екологічно чистих умов виробництва.

Завданням цієї роботи було дослідження та оцінка деяких закономірностей формування високодисперсного пірогенного кремнезему в промисловій лінії на окремих стадіях його одержання (гідроліз, коагуляція, десорбція) і з'ясування можливості утворення замкнутого по хлору екологічно чистого технологічного циклу, який дозволяє підвищити потужність промислових агрегатів, інтенсифікувати їх роботу та поліпшити якість кінцевого продукту. Планувалось також провести аналіз промислового синтезу виробництва пірогенного кремнезему для з'ясування можливості одержання в промисловій лінії високодисперсних наноксидів металів (титану, алюмінію та ін.) гідролізом хлоридів цих металів з метою підвищення продуктивності технологічної лінії, розробки нових способів і конструкцій, які розширюють можливості виробництва наноксидів.

### Одержання пірогенного кремнезему в промисловій установці

Високодисперсний пірогенний кремнезем в промисловій установці (рис. 1) утворюється в результаті процесів:

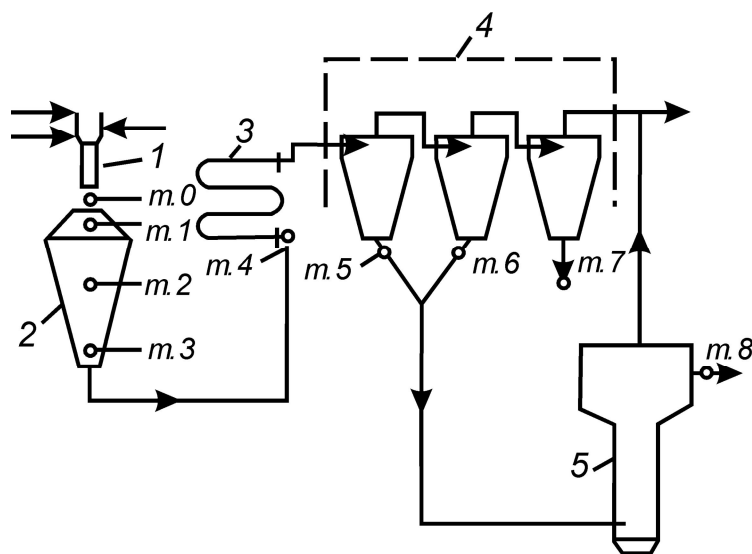
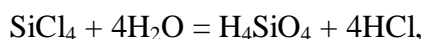
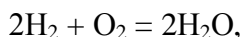


Рис. 1. Технологічна схема одержання пірогенного кремнезему.

Тетрахлорид кремнію у вигляді пари разом з транспортуючим повітрям подають у пальник 1, де вони змішуються з воднем та потоком повітря. Одержану гомогенну суміш спалюють в ламінарному потоці на виході із пальника. Продукти реакції проходять через коагулятор 3, батарею циклонів 4 і, нарешті, попадають в десорбер 5. В циклонах пірогенний кремнезем відділяється від газоподібних продуктів реакції, а в десорбері здійснюється остаточне видалення сорбованого HCl потоком зволоженого та нагрітого до 400 – 600 °С повітря.

Відбір зразків пірогенного кремнезему в технологічній лінії проводять в точках 1 – 3 полуменевої труби 2, на стадії коагуляції – в точках 4, 5, а на стадії десорбції – в точках 6, 8 та в контрольному циклоні в точці 7. У точці відбору проб пірогенний кремнезем під розрідженням поступає у відповідну трубу пробовідбирача, де він охолоджувався сухим азотом та збирається в циклоні пробовідбірника, де безперервно видаляють газоподібні продукти реакції, що забезпечує різку зупинку процесів на поверхні пірогенного кремнезему. Відбір зразків та запис їх ІЧ-спектрів поглинання проводять у відсутності атмосферної вологи [4].

Для реалізації технологічних процесів вибрано співвідношення вихідних компонентів реакції та температура в окремих точках полуменевої труби в режимі промислового синтезу пірогенного кремнезему: повітря – 70 м<sup>3</sup>/год., водень – 40 м<sup>3</sup>/год., тетрахлорид кремнію – 72 л/год., транспортує повітря – 30 м<sup>3</sup>/год., температура в точках відбору проб (0 – 5) відповідала 1030, 900, 740, 650, 400, 80 °С.

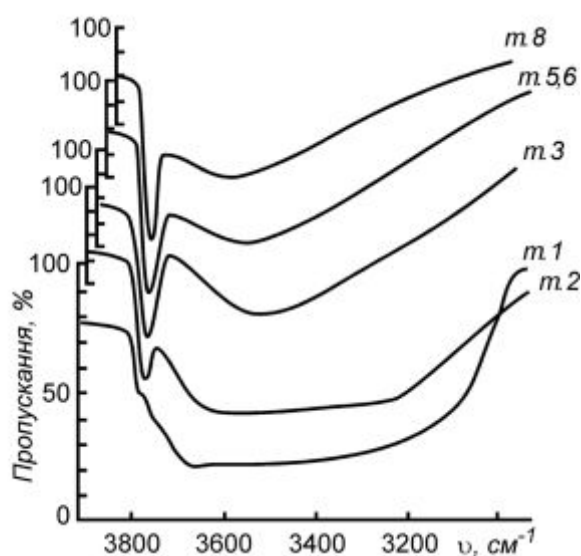
Результати визначення питомої поверхні ( $S_{\text{пит}}$ ) зразків пірогенного кремнезему, відібраних в точках 1 – 8, свідчать про незначну її зміну уздовж технологічної лінії. Так,  $S_{\text{пит}}$  зразка із верхньої частини реакційної зони (т. 1) склала 180 м<sup>2</sup>/г, на виході із батареї циклонів (т. 5) – 190 м<sup>2</sup>/г, готовий продукт (т. 8) – 190 м<sup>2</sup>/г. Сталість геометричних розмірів частинок показує, що структура глобул пірогенного кремнезему формується на стадії гідролізу чотирихлористого кремнію безпосередньо в усті повітряно-водневого пальника і не змінюється під час коагуляції і десорбції.

Кількість зародків наночастинок, що утворюються в промисловому технологічному процесі, визначається досягненим пересиченням і залежить від вихідної концентрації горючого газу і окиснювача, температури і часу перебування в полум'ї утворених частинок і, в меншій мірі, залежить від зміни концентрації неорганічних хлоридів. Подальший ріст наночастинок і зниження їх питомої поверхні задається температурою, яка досягається в зоні реакції та збільшується, насамперед, з підвищенням кількості введеного в факел водню. Також істотний вплив часу перебування частинок у високотемпературній зоні, протяжність якої обумовлена швидкістю потоку компонентів.

Дані досліджень тих самих зразків пірогенного кремнезему методом ІЧ-спектроскопії виявляють зміну гідратно-гідроксильного покриву поверхні кремнезему при його просуванні уздовж технологічної лінії виробництва. В ІЧ-спектрі зразка, відібраного в точці 1, спостерігається малоінтенсивний максимум поглинання у 3750 см<sup>-1</sup>, який належить структурним гідроксильним групам (рис. 2), та інтенсивне поглинання в області 3600 – 3000 см<sup>-1</sup>, обумовлене різними формами води, що є на поверхні. При цьому, на різних стадіях синтезу пірогенного кремнезему відбувається зміна гідратно-гідроксильного складу його поверхні, концентрації адсорбованого хлористого водню та значення водневого показника (рН 4 %-ної водної суспензії зразків): (т. 1) – 2,3; (т. 2) – 1,45; (т. 3) – 2,27; (т. 4) – 2,4; (т. 5) – 2,7; (т. 6) – 2,75; (т. 8) – 3,8, що необхідно враховувати, наприклад, при синтезі високодисперсних органокремнеземів.

Так, відомо, що реакція етерифікації прискорюються при наявності на поверхні пірогенного кремнезему молекул хлористого водню, а оптимальна температура взаємодії з органохлорсиланами знижується в присутності поверхневих форм води,

які ініціюють процес взаємодії із структурними гідроксильними групами кремнезему. При модифікуванні органохлорсиланом пірогенний кремнезем, відібраний, наприклад, після стадії коагуляції, дозволяє скоротити кількість стадій синтезу, тому що наступне видалення хлористого водню може бути суміщене з остаточною десорбцією продуктів реакції. Пірогенний кремнезем, відібраний в точках 5 і 6, послідовно оброблюється парами диметилдіхлорсилану та води в “киплячому шарі” при 340 – 380 °С. Відділений від газоподібних продуктів реакції в циклонах кремнезем очищується при нагріванні в десорбері 5 потоком зволоженого азоту.



**Рис. 2.** ІЧ-спектри поглинання зразків кремнезему відібраних в т. 1-8 технологічної схеми.

В одержаному продукті спостерігається повне заміщення структурних гідроксильних груп кремнезему: вміст прищеплених метильних груп складає 0,85 ммоль/г, гідрофобність зразка – 99,9 %, рН – 3,9, що вказує на можливість, використання пірогенного оксиду, який не пройшов стадії десорбції, для модифікування хлорсиланами чим спрощується синтез органокремнеземів.

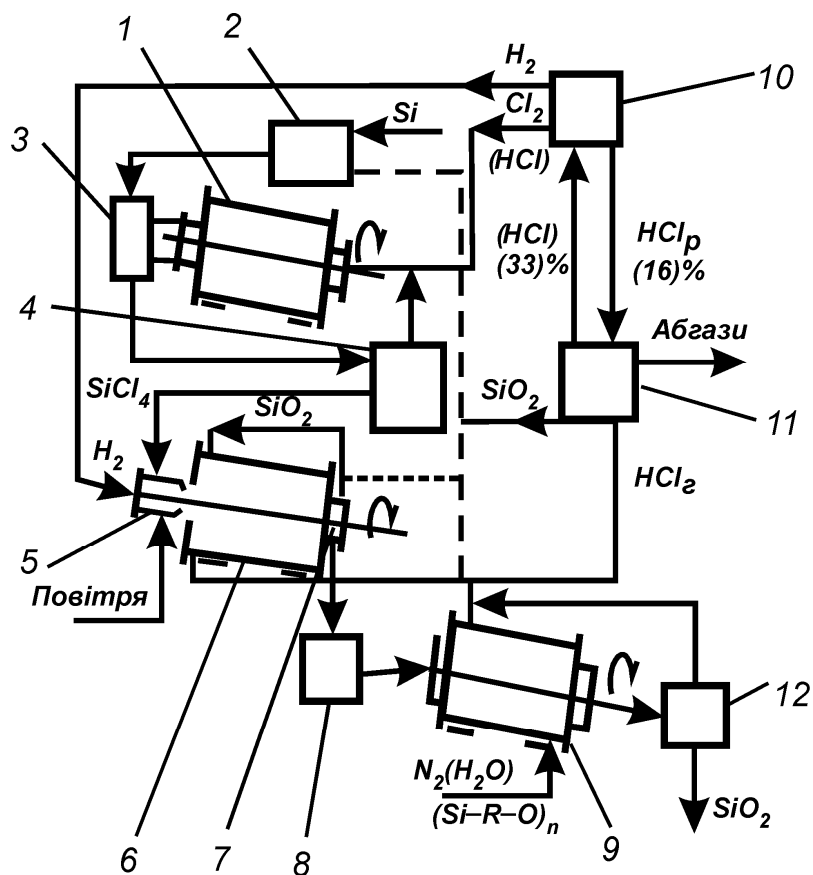
Проведений аналіз впливу умов синтезу на фізико-хімічні властивості високодисперсних пірогенних оксидів, одержаних в промисловій лінії, дозволив розробити та обґрунтувати новий екологічно чистий технологічний цикл. Спосіб і установка для його здійснення призначені для одержання пірогенного кремнезему в замкнутому по хлору циклі і створення на його основі більш продуктивних агрегатів, забезпечення необхідної якості кінцевого продукту.

### **Новий спосіб та установка одержання нанодисперсних оксидів**

Новий спосіб включає процеси приготування хлористих сполук, гідролізу їх в полум’ї пальника, обробки поверхні оксидів та виділення кінцевих продуктів, де процес проводять, надаючи його компонентам одночасне переміщення уздовж реактора та зворотно-поступальний рух поперек потоку, повертаючи частину компонентів з виходу на вхід одного із реакторів [5].

Нова технологічна установка (рис. 3) одержання нанодисперсних оксидів містить реактор хлорування 1, який зв’язаний з бункером 2 через дозатор 3, реактор хлорування підключений також до блоку розділення неорганічних хлоридів 4 та до повітряно-водневого пальника 5, реактора гідролізу 6, вузла відбору оксидів 7,

пристрою розділення компонентів 8, реактора обробки поверхні оксидів 9, блока одержання хлору, водню 10, абсорбера 11 та блока виділення оксидів 12.



**Рис. 3.** Технологічна схема замкнутого циклу виробництва пірогенного кремнезему.

Установка працює таким чином.

В реактор хлорування 1 подають хлор протитечійно потоку, наприклад, кремнію, який надходить із бункера 2 через дозатор 3. Утворені неорганічні хлориди після розділення та очистки методом ректифікації в блоці 4 дозують і повітрям подають у повітряно-водневий пальник 5 в реакторі гідролізу 6. В реакторі в результаті гідролізу у водневому полум'ї із тетрахлориду кремнію утворюється високодисперсний діоксид кремнію, який відділяється від газової фази у пристрої 8, наприклад, за допомогою циклонів, фільтрів та подається для обробки його поверхні та очистки в реактор 9 назустріч потоку повітря або азоту, парам води або іншим речовинам.

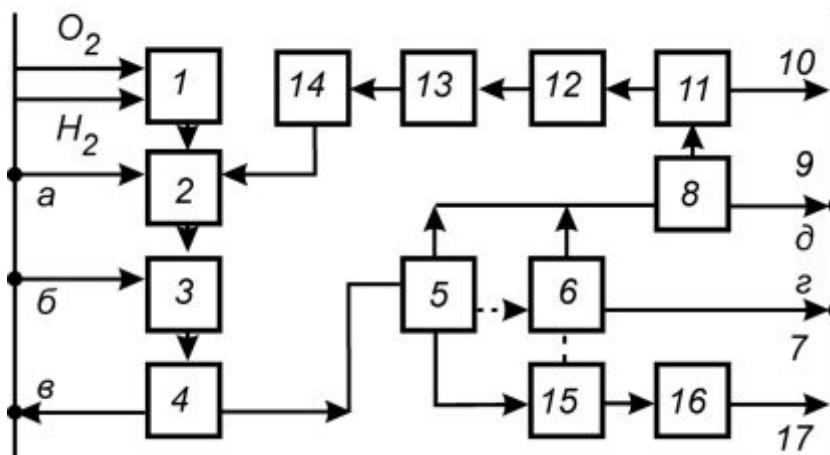
Протитечійний рух компонентів досягається за рахунок обертання реакторів 1, 6, 9, установлених під кутом до рівня горизонту. В результаті дії в них гравітаційних та відцентрових сил в кожному реакторі компоненти одночасно рухаються уздовж осі реактора і зворотно-поступально відносно його стінки.

Вивід високодисперсних оксидів здійснюють блоком 12. Додатково, принаймні, в один із реакторів частину компонентів повертають із виходу реактора на його вхід. Наприклад, в реактор 1 для усунення перегріву подають охолоджений тетрахлорид кремнію. В реактор 6 для поліпшення коагуляції високодисперсних частинок – діоксид кремнію. В реакторі 9 для поліпшення обробки поверхні утворюють циркуляцію діоксиду кремнію. Крім того, одержані крупні фракції оксидів повертають із реакторів 6, 9 на вхід реактора 1, а хлористий водень із реакторів 6, 9 уловлюють в абсорбері 11 розчином соляної кислоти з утворенням при цьому концентрованої

соляної кислоти (33 %), яку піддають у блоці 10 електролізу. Утворений хлор та водень знову подають на вхід реакторів 1, 6, здійснюючи замкнений по хлору або хлористому водню цикл. В абсорбері 11 також уловлюється легка фракція оксидів, яку після виділення повертають в реактор 9. Можливе окиснення хлористого водню повітрям до хлору та його повернення в цикл, що проводять також у відомих каталітичних процесах, наприклад, із застосуванням каталізаторів, які містять хлористі сполуки міді.

Достатня стійкість структурних параметрів наночастинок в технологічній лінії (полум'яна труба – коагулятор – десорбер) дозволяє використовувати їх розвинену поверхню як матрицю для синтезу інших високодисперсних оксидів металів.

На рис. 4 приведена блок-схема технологічної установки одержання високодисперсних пірогенних оксидів металів [6].



**Рис. 4.** Блок-схема технологічної установки одержання високодисперсних пірогенних оксидів металів.

Схема включає послідовно зв'язані між собою: дозатор кисневмісних газів подібних компонентів 1, повітряно-водневий пальник 2, полум'яну трубу 3, коагулятор наночастинок 4, циклон 5, десорбер для очистки поверхні оксидів 6, вузол виходу продукту 7, абсорбер хлористого водню 8, вакуумний відвід залишкових газів 9, вузол виходу соляної кислоти і кислих оксидів 10, блок отримання хлору 11, хлоратор 12, блок розділення і очистки хлоридів 13, дозатор хлоридів 14, блок додаткового вводу хлоридів металів (точки а, б), вузол виводу зразків оксидів (точки в, г, д), реактори обробки поверхні оксидів 15, 16, вихід модифікованих оксидів 17.

Процеси синтезу пірогенних оксидів в установці здійснюють наступним чином. Дозатором 1 в пальник 2 подається водень та кисневмісний газ (повітря). Пару тетрахлориду кремнію (або хлоридів металів) дозатором 14 транспортують за допомогою стисненого повітря і подають в пальник 2, де всі компоненти змішуються. Отриману гомогенну суміш спалюють в ламінарному полум'ї пальника. Газоподібні продукти реакції і агломерати первинних частинок відсмоктують в полум'яну трубу 3 і направляють в коагулятор 4, де із первинних частинок утворюються вторинні агломерати. В циклонах 5 відділяють одержаний пірогенний оксид від кислих газоподібних продуктів і подають на очистку від адсорбованих продуктів реакції, переважно хлористого водню, в десорбер 6, де він в псевдокиплячому шарі нагрівається до 600 °С і обробляється вологим повітрям. Оксид після очистки подають на вихід 7 або, для зміни його активних центрів поверхні, в реактори 15, 16, вихід 17. Кислі газоподібні продукти направляють в абсорбер 8, де уловлюється соляна кис-

лота, яка може видалятися через вихід 10, а залишкові нейтральні гази надходять на вхід вакуумної системи 9.

Для створення замкнутого по хлору технологічного циклу, концентровану соляну кислоту направляють в блок 11, де вона піддається електролізу з утворенням хлору і водню або каталітичному окисненню з утворенням хлору і води. Хлор, після очистки, направляють в хлоратор 12, де він взаємодіє з кремнієм або з металвмісними сполуками, зокрема в присутності відновлювача, з утворенням безводних неорганічних хлоридів [7]. Неорганічні хлориди розділяють ректифікацією в блоці 13 і, після очистки, дозатором 14 подають в пальник 2. Ввід компонентів в установку (точки **а**, **б**) використовується для додаткового дозування хлоридів металів, які вводили дозатором 14 в процес, а точки (**в**, **г**, **д**) - для виведення зразків одержаних оксидів.

Так, ввід (точка **б**) парів хлориду алюмінію додатковим дозатором в кількості до 3,0 кг/год в зону полум'я з температурою 1000 °С дозволяє одержати суміш оксидів металів і металоїдів, яка містить до 7 мас. % оксиду алюмінію з питомою поверхнею 230 – 250 м<sup>2</sup>/г. Продукт має підвищену загущувану здатність у водних шлікерних емалях і полімерних системах.

Аналогічно при температурі 950 – 1100 °С одержана суміш діоксидів кремнію і титану, що містить до 10 мас. % діоксиду титану, з питомою поверхнею 290 – 300 м<sup>2</sup>/г, яку застосовують як тиксотропний загусник і пігмент емалевих суспензій.

Ввід хлоридів металів у високотемпературну зону полум'яної труби призводить до утворення оксидів металів як на поверхні діоксиду кремнію, так і до одночасного синтезу нових частинок в об'ємі реакційної зони. По мірі охолодження компонентів в технологічній лінії після коагуляції високодисперсних оксидів в коагуляторі і виділення їх в циклонах стає можливим проведення процесів пошарового покриття поверхні високодисперсних оксидів як із застосуванням пароподібних хлоридів металів, так і з різними кремнійорганічними і органічними сполуками. При цьому, утворення хімічних зв'язків: модифікатор – активний центр поверхні проходить за участі гідратно-гідроксильного поверхневого шару оксиду.

Встановлена можливість використання найбільш легкої фракції високодисперсного оксиду, винесеного і утриманого в абсорбері 8 (точка **д**). Обробка його поверхні хлоридами металів та кремнійорганічними сполуками дозволяє не тільки усунути кислі відходи виробництва, але і збільшити випуск якісної продукції. Так, наприклад, в цьому випадку можливе одержання гідрофобного органооксиду, який придатний для використання як підсилюючий пігментний наповнювач полімерних систем або як активна домішка для бурових розчинів.

Разом з тим, дослідження синтезу оксидів металів виявили істотні обмеження, що перешкоджають проведенню процесу гідролізу хлоридів металів з використанням промислової лінії виробництва пірогенного кремнезему. Так, у випадку синтезу діоксиду титану, подача хлориду титану (точка **а**) в кількості, що забезпечує продуктивність, аналогічну для виробництва діоксиду кремнію, призводить до швидкого відкладення на стінках полуменевої труби, коагулятора шару оксиду (точки **б**, **в**) та його спіканню, що порушує безперервний технологічний процес, викликає зупинку, потребує трудомісткої очистки технологічної лінії. Більш високі температури пароутворення хлоридів металів (алюмінію, титану), у порівнянні з тетрахлоридом кремнію, викликають необхідність розробки нової конструкції пальника.

Проведені дослідження показали, що для одержання оксидів металів, збільшення продуктивності технологічної лінії, створення реакторів підвищеної одиничної потужності необхідна розробка нових способів синтезу і конструкцій технологічного обладнання для створення замкнутого технологічного циклу.

## Новий спосіб одержання нанодисперсних оксидів металів в полум'ї

Нами розроблений новий спосіб вирівнювання умов синтезу наночастинок оксидів металів в полум'ї. Спосіб включає стадію приготування декількох різних за складом гомогенних сумішей парів галогенідів металів, водне-, кисневмісних сполук і спалювання їх в факелі полум'я, сформованого у вигляді кільця, при цьому, різні за складом суміші в факел полум'я спрямовують роздільними концентричними соплами з утворенням тонкошарових потоків з можливістю регулювання складу суміші і підтримування оптимальної температури взаємодіючих компонентів у факелі полум'я [8].

Одержання високодисперсних оксидів металів проводять при пошаровому введенні парів води, інертних компонентів, вуглеводневого палива, галогенвмісних сполук з можливістю зміни температури компонентів.

Утворення полум'я із застосуванням декількох тонкошарових концентричних потоків, на відміну від одного суцільного, дозволяє змінювати в кожному потоці його параметри (склад, швидкість, температуру) і направляти в задану зону факела, забезпечуючи в ній, при синтезі оксидів, регулювання умов проведення процесів: нагрівання вихідних компонентів, їх горіння, утворення і відвід продуктів. Так, наприклад, підвищення концентрації водню (і окиснювача) приводить до підвищення температури і концентрації води в зоні гідролізу, а додаткове введення охолодженої води або інертних сполук викликає зниження температури в зоні реакції.

Зміна параметрів потоку компонентів дозволяє вирівняти умови синтезу оксидів.

Спосіб здійснюють наступним чином.

Для одержання нанодисперсних оксидів готують необхідну кількість гомогенних сумішей неорганічних хлоридів з кисневмісними і газоподібними горючими сполуками, які подають через концентричні сопла окремими тонкошаровими потоками у факел пальника. При цьому, регулюють їх склад та вирівнюють в факелі полум'я температуру від 900 до 1200 °С. Нижнє значення температурного режиму обумовлено зниженням швидкості утворення дисперсного оксиду, верхнє обмеження - процесами його спікання. Після коагуляції одержаний високодисперсний оксид відділяють від побічних продуктів, очищують та охолоджують [9].

Спалювання суміші тонкошаровими потоками дозволяє збільшити продуктивність процесу синтезу нанодисперсних оксидів металів, використати більш дешеві види палива, що знижує собівартість продукції, поліпшує її якість.

Створення нового промислового виробництва нанодисперсних оксидів металів повинно значно спростити технологічний процес, поліпшити якість продуктів, збільшити одиничну потужність агрегатів, знизити енерговитрати. Використання замкнутого по хлору циклу поліпшує екологічні характеристики процесів.

Наведені в роботі дослідження започатковані за ініціативою академіка НАН України О.О. Чуйка на базі дослідно-експериментальних заводів Інституту хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України.

## Література

1. Химия поверхности кремнезема / Под ред. А.А. Чуйко. – К., 2001. – Ч. 2. – 500 с.
2. Химия, физика и технология поверхности: Межвед. сб. науч. тр. / Под. ред. П.П. Горбика. – К.: Наук. думка, 2006. – Вып. 11-12. – 2006. – 438 с.
3. Чуйко А.А., Горлов Ю.И., Лобанов В.В. Строение и химия поверхности кремнезема / Под. ред. П.П. Горбика. – К.: Наук. думка, 2007. – 354 с.
4. О формировании поверхности аэросила в процессе пирогенного синтеза кремнезема / Р.В. Сушко, Ю.С. Тарасевич, М.И. Хома, В.А. Соболев, Н.В. Хабер // Адсорбция и адсорбенты. – 1977. – № 5. – С. 32 – 35.



5. Патент України № 77425, МПК С01В 13/32, 2006. Тарасевич Ю.С., Чуйко О.О., Хабер М.В. Спосіб одержання високодисперсних оксидів та технологічна установка для його здійснення.
6. Тарасевич Ю.С., Горбик П.П., Хабер М.В. Розробка замкнутого технологічного циклу виробництва пірогенного кремнезему хлоруванням металургічного кремнію. // Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов. – Сб. науч. статей XV Междунар. науч.-практ. конф. – Харьков: Сага, 2007. – Т. 1. – С. 339 – 346.
7. Фурман А.Н. Неорганические хлориды. М.: Химия, 1980. – 198 с.
8. Рішення про видачу патенту на винахід: «Спосіб одержання високодисперсних оксидів металів». Тарасевич Ю.С., Горбик П.П., Хабер М.В., Тарас Г.В. Заявка № а 2006 14031. Подана 28.12.2006.
9. Тарасевич Ю.С., Горбик П.П., Тарас Г.В. Розробка замкнутого виробництва пірогенних оксидів металів // Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов. – Сб. науч. статей XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Харьков: Сага, 2008. – Т. 1. – С. 214 – 217.

## **THE DEVELOPMENT OF ECOLOGICALLY PURE TRIAL TECHNOLOGY OF NANODISPERSE OXIDE PRODUCTION**

**Yu.S. Tarasevich, P.P. Gorbyk**

*Chuiko Institute of Surface Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine  
General Naumov Str., 17, 03164 Kyiv -164*

*Developing scientific basis of chloride technology for nanodisperse oxides production is necessary for creation of ecologically safety technology for obtaining ultrapure metals, silicon, and their oxides, hetero-organic and other compounds.*

*The idea of proposed technology consists in usage of ecologically harmful chlorine-containing products by their regeneration and returning to the technology process with obtaining chlorine by closed cycle.*

*The synthesis of pyrogenic titanium and silicon oxides is based on the preparation of fugitive chlorine-containing compounds of these elements followed by oxidation or hydrolysis, mostly in the flame of air-hydrogen burner.*

*New method of pyrogenic oxide synthesis contains merged in a joint technological cycle processes of preparation of initial chloride compounds in the flame of air-hydrogen burner, treatment of oxide surfaces, and isolation of the products. In order to intensify chemical interaction of components, some part of components is returned from the exit to the entrance of the reactor. Movement of components in the reactor is created by its rotation relatively to an axis located to bevel way to the horizon.*

*The control of oxide synthesis with usage of adjustable level-by-level burning of the initial mixture in a flame allows us to create ecologically pure closed cycle and to increase productivity of the method, to improve the quality of production, to expand the types of raw materials and to decrease power consumption of the production.*