

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Інституту сцинтиляційних матеріалів  
НАН України, доктору технічних наук,  
завідувачу відділу Інституту  
сцинтиляційних матеріалів НАН України,  
професору Сідлецькому Олегу Цезаревичу

## ВІДГУК

Рецензента, кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника лабораторії тугоплавких сцинтиляційних матеріалів Інституту сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України Рибалки Ірини Анатоліївни на дисертаційну роботу Варича Андрія Григоровича «Нові технології виготовлення йодидів натрію та цезію для вирощування сцинтиляційних монокристалів з сировини техногенного походження», представлену до захисту у разову спеціалізовану вчену раду Інституту сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 Матеріалознавство галузі знань 13 Механічна інженерія

Йодиди натрію (NaI) та цезію (CsI) широко застосовуються в галузі виробництва сцинтиляційної техніки, зокрема, як вихідний матеріал для вирощування сцинтиляційних монокристалів на їх основі, таких, як NaI(Tl), CsI(Tl) та інших. Вимоги до якості сировини, а також особливості технології вирощування йодидів лужних металів дуже високі, особливо це стосується концентрації у шихті домішок, що погіршують функціональні параметри сцинтиляційних монокристалів. Наявність у сировині таких домішок веде до утворення непрозорих або забарвлених частин у кристалах та, відповідно, до появи додаткових смуг поглинання й зниження радіаційної стійкості сцинтиляційних матеріалів. Наявність таких домішок, як калій і рубідій, що мають природні радіоактивні ізотопи, веде до збільшення власного радіоактивного фону сцинтилятора, що в багатьох випадках є небажаним.

Сучасні потужності ростового обладнання дають можливість вирощувати монокристали масою до кількох сотень кілограмів. Тому можливості тонкого очищення великої маси вихідних солей за існуючими технологіями регенерації йодидів натрію та калію на даний момент обмежені.

Тому проведені у даній роботі дослідження з метою удосконалення існуючих й створення нових ефективних і екологічно чистих технологій регенерації відходів йодидів натрію та цезію є дуже актуальними.

### **Загальна характеристика роботи та отриманих у ній результатів**

Обсяг дисертації складає 134 сторінки, вона містить анотації, вступ, чотири розділи, висновки, список літературних джерел з 70 найменувань, чотири додатки, 20 таблиць та 23 рисунки.

Дисертація є завершеним дослідженням, а наукові положення роботи, що захищаються дисертантом, повністю викладено у чотирьох статтях в журналах, що реферуються у міжнародних базах даних, а також у п'яти тезах доповідей. За матеріалами роботи одержано 3 патенти України на корисну модель.

Перший розділ дисертації містить огляд наявних сучасних літературних даних, що несуть інформацію про стан розробки проблеми, яку вирішує автор. Обґрунтовано актуальність та доцільність виконання завдань, що вирішувались у роботі.

Другий розділ дисертаційної роботи – методологічний, і містить методики очищення розчинів йодидів натрію і цезію від домішок, опис методу вирощування монокристалів, загальний опис методів аналітичного контролю одержаних зразків та дослідження сцинтиляційних властивостей кристалів на основі йодидів лужних металів. Також в розділі описано принцип роботи роздільного елемента, за допомогою якого здійснювали розділення основної речовини і домішок та, в рамках якого викладені наступні розділи.

Третій розділ роботи містить експериментальні результати досліджень низькотемпературної кристалізації техногенних розчинів CsI, коефіцієнтів ефективності очищення солі від найбільш поширених і шкідливих домішок. Проведено порівняння ефективності масової і двох варіантів низькотемпературної кристалізації йодиду цезію. Наведено результати методу видалення домішок міді та талію з йодиду цезію шляхом обробки розчину металічним магнієм, а також загальний опис впровадженої технології очищення розчинів йодиду цезію від домішок важких металів.

У четвертому розділі наведено результати відпрацювання технології процесу неруйнівної переробки техногенних розчинів йодиду натрію на дослідно-промисловій дільниці, сформульовано вимоги до максимального вмісту шкідливих домішок у техногенних розчинах, які можна використати для неруйнівної переробки. Показано, що сцинтиляційні параметри монокристалів, що вирощено із регенованої сировини, відповідають вимогам для відповідних комерційних монокристалів.

Додатки містять документи щодо створення дільниць і реєстрації відповідних технологій у Міністерстві освіти і науки України.

Достовірність результатів обумовлена використанням загальних положень фізики і хімії, хімічної технології, а також добре апробованих методів дослідження властивостей галогенідних матеріалів.

### **Значимість дослідження для науки і практики**

Наукова новизна результатів полягає у тому, що автор кількісно описав процеси очищення техногенних розчинів йодидів натрію та цезію від домішок сульфатів, важких і лужних металів, застосувавши в роботі підхід роздільного елемента. Він довів можливість ефективного використання низькотемпературних методів кристалізаційного очищення техногенних розчинів йодиду цезію. Вперше розроблено технологію неруйнівної переробки техногенних розчинів йодиду натрію, що не передбачає виділення токсичного йоду на проміжних стадіях регенерації.

Основні нові результати роботи:

Вперше кількісно досліджено процес низькотемпературної змішаної кристалізації водних розчинів CsI, що містять високі концентрації шкідливих домішок, а також з'ясовано вплив переохолодження і концентрації домішки натрію на ефективність очищення від домішок сульфатів, важких й лужних металів.

Вперше проведено розрахунок коефіцієнтів очищення водних розчинів йодиду цезію від домішок важких і лужних металів та сульфатів у кристалізаційних процесах (масова та низькотемпературна кристалізація).

Сформульовано фізико-технологічні основи очищення техногенних розчинів CsI від домішок талію і міді з використанням металічного магнію. Запропонований метод дав можливість суттєво знизити концентрації вказаних домішок до рівня йодиду цезію «ос.ч.». Розроблено технологію глибокої очистки техногенних розчинів йодиду цезію від домішок важких металів.

Сформульовано фізико-технологічні основи неруйнівної переробки техногенних розчинів NaI для очищення від катіонних домішок та сульфатів. Розроблений метод дав можливість проводити очищення без виділення йоду на проміжних стадіях. Створено технологію глибокої очистки техногенних розчинів йодиду натрію.

### **Практичне значення отриманих результатів**

Безсумнівно, основним практично важливим результатом роботи є створення і впровадження технологій регенерації відходів вирощування кристалів на основі CsI та NaI, що є більш ефективними і екологічно чистими. Ці технології дозволили регенерувати відходи з залишків йодидів цезію та натрію на такому рівні, що за ступенем чистоти вони придатні для повторного вирощування сцинтиляційних монокристалів на основі йодидів лужних металів.

## **Дискусійні моменти та зауваження до дисертації**

1. Стор. 38. Умови, при яких проводиться сублімаційне очищення йоду, не описані. Чи спостерігається виділення пари йоду у робочу зону, довкілля і як його нейтралізують?
2. Розділ 2. Яким чином розміщували ємності з розчинами, що очищуються, в морозильній камері? Чи забезпечувалось при цьому рівномірне охолодження всієї партії? Це впливає на швидкість проведення технологічного процесу?
3. Опис технологічного процесу одержання йодиду натрію дещо розірваний: початок на стор. 46-47, а інформація щодо сушіння наведена лише на стор. 109.
4. Стор. 103. Табл. 4.6. Позначення при ефективному коефіцієнті очищення не роз'яснені.
5. Табл. 4.7, стор. 104. Добутки розчинності мають розмірність, але її не наведено.
6. Чи застосовували метод низькотемпературної кристалізації для очищення техногенних розчинів йодиду натрію? Якщо так, то які його результати?
7. В розділі «Практичне значення отриманих результатів» не наведено параметри ефективності створених та впроваджених технологій очистки йодидів натрію й цезію.

Проте, ці зауваження не впливають на високий науковий рівень та практичну цінність дисертаційної роботи. Результати роботи заслуговують на загальну позитивну оцінку.

## **Відсутність порушень академічної доброчесності**

В представленій роботі та публікаціях Варича Андрія Григоровича порушення академічної доброчесності не виявлено.

## Загальний висновок та оцінка дисертації

Виходячи з викладеного вище, дисертація Варича Андрія Григоровича «Нові технології виготовлення йодидів натрію та цезію для вирощування сцинтиляційних монокристалів з сировини техногенного походження» повністю відповідає всім вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор – Андрій Григорович Варич – заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 Матеріалознавство галузі знань 13 Механічна інженерія.

Рецензент,  
кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник  
лабораторії тугоплавких  
сцинтиляційних матеріалів  
Інституту сцинтиляційних матеріалів  
Національної академії наук України



Ірина РИБАЛКА

Підпис Ірини РИБАЛКИ затверджую:

Учений секретар  
Інституту сцинтиляційних матеріалів  
Національної академії наук України,  
кандидат технічних наук,  
старший дослідник



Юрій ДАЦЬКО