

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U000342

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 27-01-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Варич Андрій Григорович

2. Andriy G. Varych

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 132

Назва наукової спеціальності: Матеріалознавство

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Матеріалознавство

Дата захисту: 21-03-2025

Спеціальність за освітою: обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів

Місце роботи здобувача: Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23756522

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

### III. Відомості про організацію, де відбувся захист

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 7623

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23756522

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23756522

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### V. Відомості про дисертацію

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 81.13, 81.09, 81.09.15, 81.09.03

**Тема дисертації:**

1. Нові технології виготовлення йодидів натрію та цезію для вирощування сцинтиляційних монокристалів з сировини техногенного походження
2. New technologies of manufacturing sodium and cesium iodides for scintillation crystal growing from charge of technogenic origin

**Реферат:**

1. Роботу присвячено розробці технологій переробки техногенних залишків вирощування монокристалів на основі йодидів цезію і натрію у сировину високої чистоти для вирощування монокристалів, що є екологічно безпечними. Для переробки техногенних залишків монокристалів на основі йодиду цезію розроблено метод багаторазової низькотемпературної мішаної кристалізації (БНМК) водних розчинів йодиду цезію, одержаних з техногенних залишків, і досліджено вплив температури на ефективність очищення розчинів від домішок лужних металів, талію, міді, сульфатів тощо. Проведення багаторазової низькотемпературної мішаної кристалізації розчинів йодиду цезію, що включає масову кристалізацію і кристалізацію водно-сольової евтектики (ВСЕ), є простим і зручним методом для суттєвого зниження концентрації практично всіх

техногенних домішок, у тому числі ізоморфних (Na, K, Rb). Однак у процесі кристалізації продукт збагачується домішкою талію, який входить у закристалізовану частину розчину. Встановлено, що при проведенні БНМК при температурі  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$  домішка натрію заважає ефективному видаленню інших домішок з йодиду цезію при кристалізації. При зменшенні концентрації іонів натрію до  $(5:9)\cdot 10^{-2}$  мас. % інтенсивність витіснення інших домішок значно зростає. Проведено оцінку коефіцієнтів очищення для основних домішок у процесі мішаної кристалізації йодиду цезію. Для  $\text{Na}^+$  ефективний коефіцієнт очищення знаходиться в межах  $0,6-0,7$  для перших трьох циклів кристалізації, а потім знижується до  $0,5$ , відповідні значення  $\rho$  для калію  $0,74$  і  $0,5-0,53$ . Для рубідію значення  $\rho$  майже однакове впродовж усіх циклів БНМК і знаходиться в межах  $0,65-0,75$ . Для міді значення  $\rho$  близьке до одиниці, для талію  $\rho > 1$ , що робить неможливим очищення розчину йодиду цезію від домішок Tl і Cu кристалізаційними методами. При зростанні зниженні температури в робочій камері від  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$  значення  $\rho$  для ізоморфних домішок (Na, K, Rb) наближається до  $1$  ( $0,87-0,89$ ) і практично не залежить від радіусу катіону-домішки. Для очищення техногенного розчину йодиду цезію було здійснено 20 циклів низькотемпературної мішаної кристалізації. Починаючи з 13 циклу низькотемпературної мішаної кристалізації рівень домішок важких металів, калію та рубідію у йодиді цезію стає меншим від вимог ТУ У 24.13.31331736-002-2004. Після проведення 25, 30 і 35-кратної низькотемпературної мішаної кристалізації (НМК) були відібрані дослідні зразки сировини – йодиду цезію і проведено дослідне вирощування монокристалів йодиду цезію. Аналіз сировини показав, що рубідій видаляється з йодиду цезію краще, ніж калій. Проведення 30-кратної кристалізації дає можливість повністю, нижче межі виявлення, позбутись домішки рубідію, концентрація калію знаходиться на рівні  $1,5\cdot 10^{-5}$  мас.%. Розроблений метод БНМК дає змогу проводити очищення техногенних водних розчинів йодиду цезію до рівня чистоти, який відповідає сировині для одержання сцинтиляційних монокристалів при значно більшому виході кінцевого продукту, ніж при трикратній масовій кристалізації за стандартною технологією: після 20 циклів низькотемпературної мішаної кристалізації прямий вихід CsI складає 53 % проти 20-25 % після трикратної масової кристалізації. Виробничі можливості методу БНМК складають 100-150 кг/рік йодиду цезію «ос. ч.» у розрахунку на одну морозильну камеру типу «БЕКО HSA 40520». Відпрацьований метод дає можливість за допомогою 10-12 стадій БНМК одержати продукт, що відповідає технічним умовам для особливо чистого йодиду цезію зі зниженим вмістом калію та рубідію – домішок, які спричиняють власний радіоактивний фон у сцинтиляційних монокристалах. Встановлено, що метод БНМК не дає змогу очистити залишки монокристалів йодиду цезію від міді та важких металів, а концентрація домішки талію навіть зростає. Вказані домішки особливо небажані при вирощуванні монокристалів неактивованого йодиду цезію. Розроблено спосіб видалення домішок талію і міді з розчинів йодиду цезію, одержаних з відходів виробництва монокристалів на основі йодиду цезію. Він полягає у попередній обробці техногенного розчину йодиду цезію металічним магнієм, що веде до зниження вмісту домішок Tl і Cu до значень, нижчих за межі визначення аналітичними методами, одночасно знижується вміст інших важких металів. У розчині залишаються лише домішки, що в процесі подальшої БНМК відтісняються з продукту у маточний розчин. Було відпрацьовано технологічні режими обробки розчинів залишків монокристалів на основі йодиду цезію з метою видалення домішок важких металів і талію. В лабораторних умовах відпрацьовано режими обробки розчинів залишків монокристалів на основі йодиду цезію магнієм, які показали, що протягом однієї операції обробки досягається 4-5-кратне очищення розчинів від домішок важких металів. Результати досліджень впроваджено на дослідному виробництві Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України.

2. The work is devoted to the development of technologies for the processing of anthropogenic residues of growing single crystals based on cesium and sodium iodides into high-purity raw materials for growing single crystals that are environmentally safe. For the processing of anthropogenic residues of single crystals based on cesium iodide, a method of multiple low-temperature mixed crystallization (MLTMC) of aqueous solutions of cesium iodide obtained from anthropogenic residues was developed, and the effect of temperature on the efficiency of cleaning solutions from impurities of alkali metals, thallium, copper, sulfates, etc. was studied. Carrying out repeated low-temperature mixed crystallization of cesium iodide solutions, which includes mass crystallization and crystallization of water-salt eutectic (WSE), is a simple and convenient method for significantly

reducing the concentration of almost all anthropogenic impurities, including isomorphous ones (Na, K, Rb). However, in the process of crystallization the product is enriched with an impurity of thallium, which is included in the crystallized part of the solution. It was established that when MLTMC is carried out at a temperature of  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sodium impurity interferes with the effective removal of other impurities from cesium iodide during crystallization. When the concentration of sodium ions decreases to (5:9) $\cdot 10^{-2}$  mas. % intensity of displacement of other impurities increases significantly. The purification coefficients for the main impurities in the process of mixed crystallization of cesium iodide were evaluated. For  $\text{Na}^+$ , the effective purification coefficient  $\sigma$  is in the range of 0.6-0.7 for the first three crystallization cycles and then decreases to 0.5, the corresponding  $\sigma$  values for potassium are 0.74 and 0.5-0.53. For rubidium, the  $\sigma$  value is almost the same throughout all MLTMC cycles and is within 0.65-0.75. For copper, the  $\sigma$  value is close to unity, for thallium  $\sigma > 1$ , which makes it impossible to purify the cesium iodide solution from Tl and Cu impurities by crystallization methods. As the degree of supercooling of the solution increases from  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ , the value of  $\sigma$  for isomorphous impurities (Na, K, Rb) approaches 1 (0.87-0.89) and practically does not depend on the radius of the impurity cation. For the purification of anthropogenic solution of cesium iodide, 20 cycles of low-temperature mixed crystallization were carried out. Starting from the 13th cycle of low-temperature mixed crystallization the level of impurities of heavy metals, potassium and rubidium in cesium iodide becomes lower than the requirements of Technical conditions of Ukraine 24.13.31331736-002-2004. After carrying out 25, 30 and 35-fold low-temperature mixed crystallization (LTMC), experimental samples of raw material - cesium iodide were selected and experimental growth of cesium iodide single crystals was carried out. Analysis of the raw material showed that rubidium is removed from cesium iodide better than potassium. Carrying out 30-fold crystallization makes it possible to completely, below the detection limit, get rid of rubidium impurities, the concentration of potassium is at the level of  $1.5 \cdot 10^{-5}$  mas.%. The developed MLTMC method makes it possible to purify anthropogenic aqueous solutions of cesium iodide to a level of purity that corresponds to the raw material for obtaining scintillation single crystals with a much higher yield of the final product than with three-fold mass crystallization according to standard technology: after 20 cycles of low-temperature mixed crystallization, the direct yield of CsI is 53 % versus 20-25% after three-fold mass crystallization. The production capabilities of the MLTMC method are 100-150 kg/year of cesium iodide of high purity based on one "BEKO HSA 40520" type freezer. The developed method makes it possible to obtain after 10-12 stages of MLTMC a product that meets the Technical Conditions for especially pure cesium iodide with a reduced content of potassium and rubidium - impurities that cause their own radioactive background in scintillation single crystals. It was established that the MLTMC method does not make it possible to clean the remains of single crystals of cesium iodide from copper and heavy metals, and the concentration of thallium impurity even increases. These impurities are particularly undesirable when growing non-activated cesium iodide single crystals. The research results were implemented at the experimental production of the Institute of Scintillation Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Нові речовини і матеріали

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

**Публікації:**

- Boyarintsev A.Yu., Cherginets V.L., Ponomarenko T.V., Rebrova T.P., Varich A.G., Bryleva E.Yu., Sheina T.V., Varchenko V.V., Yurchenko O.I. On some features of low-temperature mixed crystallization of CsI solutions obtained from industrial wastes. *Funct. Mater.* 2017. V.24, No4. P.640-648.
- Cherginets V.L. Ponomarenko T.V., Rebrova T.P., Varich A.G., Rebrov A.L., Datsko Yu.N. On the features of crystallization methods used for the purification of aqueous solutions of cesium iodide. *Funct. Mater.* 2018.

V.25, No 3. P.594-600

- Grinyov B.V., Cherginets V.L., Rebrova T.P., Ponomarenko T.V., Varich A.G., Rebrov A.L. Technology of deep purification of cesium iodide single crystal production wastes from heavy metals. Nauka Innov. 2020. V.16, No 1. P.48-55.
- Grinyov B.V., Cherginets V.L., Rebrova T.P., Ponomarenko T.V., Varich A.G., Taranyuk V.I., Rebrova N.V., Grippa O.Yu., Rebrov O.L. Technology of non-destructive processing sodium iodide technogenic solutions into charge for single crystal growth. Nauka Innov. 2023. V. 19, N 1. P. 63-70

**Наукова (науково-технічна) продукція:** матеріали

**Соціально-економічна спрямованість:** створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту; збільшення обсягів виробництва; поліпшення стану навколишнього середовища; економія енергоресурсів; економія матеріалів

**Охоронні документи на ОПВ:**

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

1. Спосіб одержання йодидної кислоти. Патент на корисну модель №101028, Україна: С01В 7/13 (2006.01) / Чергинець В.Л., Реброва Т.П., Науменко В.О., Пономаренко Т.В., Варич А.Г., Реброва Н.В.; № у 201501214, заявл. 13.02.2015, опубл. 25.08.2015, Бюл.№16.
2. Спосіб очистки йодиду цезію для виробництва монокристалів. Патент на корисну модель №124026, Україна: С01В 9/06 (2006.01), С01D 3/12, С03В 13.00 / Пономаренко Т.В., Реброва Т.П., Варич А.Г., Чергинець В.Л., Бояринцев А.Ю.; № у 201711363, заявл. 20.11.2017, опубл. 12.03.2018, Бюл. №5.
3. Спосіб очистки йодиду цезію: Патент України на корисну модель №124028, Україна: С01В 9/00, С01D 3/12 (2006.01), С03В 13.00 / Пономаренко Т.В., Реброва Т.П., Варич А.Г., Чергинець В.Л., Бояринцев А.Ю.; № у 20171178, заявл. 20.11.2017, опубл. 12.03.2018, Бюл. №5.

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0117U001656, 0118U100546, 0118U005158, 0121U108472

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Чергинець Віктор Леонідович
2. Victor L. Cherginets

**Кваліфікація:** д. х. н., професор, 02.00.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-2308-8979

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23756522

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

### Офіційні опоненти

#### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лисаковський Валентин Володимирович
2. Valentyn V. Lysakovskiy

**Кваліфікація:** д.т.н., с.н.с., 05.02.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-4306-9115

#### Додаткова інформація:

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417377

**Місцезнаходження:** вул. Автозаводська, буд. 2, Київ, 04074, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

#### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. ГРИНЬ Леонід Олексійович
2. HRYNЬ Leonid O.

**Кваліфікація:** к. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.07

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

#### Додаткова інформація:

**Повне найменування юридичної особи:** Державна наукова установа Науково-технологічний комплекс "Інститут монокристалів" Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23759880

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### Рецензенти

#### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Рибалка Ірина Анатоліївна
2. Rybalka Iryna A.

**Кваліфікація:** к. т. н., 05.02.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23756522

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Беспалова Ірина Ігорівна

2. Bespalova Iryna I.

**Кваліфікація:** д. т. н., с.д., 05.02.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23756522

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## **VIII. Заключні відомості**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Сідлецький Олег Цезаревич

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Сідлецький Олег Цезаревич

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Сорокін Олександр Васильович

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна