

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора з наукової роботи
Інституту сцинтиляційних матеріалів
Національної академії наук України

Олександр СОРОКІН

« 21 » листопада

2024 р.



ВИТЯГ

з протоколу №1 спільного засідання відділу технології вирощування монокристалів та Проблемної ради ІСМА «Сцинтиляційне матеріалознавство» від «14» листопада 2024 року

ПРИСУТНІ: головуєчий на засіданні – заступник завідувача відділу технології вирощування монокристалів ІСМА, кандидат технічних наук Герасимов Ярослав Віталійович; кандидат технічних наук Курцев Данііл Олександрович; доктор фізико-математичних наук, професор Жмурін Петро Миколайович, доктор технічних наук Беспалова Ірина Ігорівна; доктор технічних наук, професор Бояринцев Андрій Юрійович; кандидат технічних наук Ткаченко Сергій Анатолійович; кандидат технічних наук Рибалка Ірина Анатоліївна; доктор філософії (132 Матеріалознавство) Ковальчук Сергій Миколайович; кандидат технічних наук Єлісеєв Дмитро Анатолійович, доктор хімічних наук, професор Чергинець Віктор Леонідович, кандидат хімічних наук Реброва Тетяна Павлівна; кандидат хімічних наук Пономаренко Тамара Володимирівна, кандидат фізико-математичних наук Гринь Леонід Олексійович.

Серед присутніх 2 доктори технічних наук, 6 кандидатів технічних наук і докторів філософії з Матеріалознавства, 2 кандидати хімічних наук – фахівці зі спеціальності, з якої виконувалась дисертація.

СЛУХАЛИ:

1. Результати дисертаційної роботи аспіранта ВАРИЧА Андрія Григоровича на тему: «Нові технології виготовлення йодидів натрію та цезію для вирощування сцинтиляційних монокристалів з сировини техногенного походження», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

Науковий керівник – завідувач лабораторії синтезу сцинтиляційних матеріалів Інституту сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України, доктор хімічних наук, професор Чергинець Віктор Леонідович.

Тема дисертації затверджена на засіданні Вченої ради Інституту сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України 08 грудня 2022

р. (протокол №10). Уточнену редакцію теми дисертаційного дослідження затверджено на засіданні Вченої ради Інституту сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України від 22.10.2024 р. (протокол №12)..

2. Виступ здобувача.

3. Запитання до аспіранта по темі дисертації ставили: кандидат технічних наук Герасимов Ярослав Віталійович, кандидат технічних наук Рибалка Ірина Анатоліївна, доктор технічних наук Беспалова Ірина Ігорівна, доктор фізико-математичних наук Жмурін Петро Миколайович.

4. Виступ наукового керівника.

5. В обговоренні дисертаційної роботи взяли участь: кандидат технічних наук Герасимов Ярослав Віталійович, кандидат технічних наук Рибалка Ірина Анатоліївна, доктор технічних наук Бояринцев Андрій Юрійович, доктор технічних наук Беспалова Ірина Ігорівна, доктор фізико-математичних наук Жмурін Петро Миколайович.

УХВАЛИЛИ:

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації ВАРИЧА Андрія Григоровича на тему: «Нові технології виготовлення йодидів натрію та цезію для вирощування сцинтиляційних монокристалів з сировини техногенного походження», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство

Обґрунтування вибору теми дослідження.

Сучасний розвиток науки і техніки потребує постійного нарощування обсягів випуску матеріалів, що застосовуються у нових приладах та пристроях. Монокристали на основі йодидів лужних металів з додаванням активуючих добавок широко використовуються у якості робочих елементів приладів для детектування іонізуючого випромінювання різного походження. Обсяг виробництва таких кристалів становить десятки тон на рік.

Монокристали на основі йодидів натрію та цезію є одними з найбільш затребуваних сцинтиляційних матеріалів, що використовуються у якості робочих детектуючих елементів у пристроях різного призначення. Вирощування комерційних монокристалів на основі йодидів натрію та цезію проводиться методом Кіропулоса, що дає можливість одержувати монокристали вагою у декілька десятків кілограмів. Однак при розрізанні вирощених кристалів на

детектори менших розмірів і різної геометрії утворюється доволі значна частина (30-50 %) залишків-відходів, які не можуть бути використані у виробництві повторно без додаткового очищення і при зберіганні створюють серйозну екологічну небезпеку. Тому виробники монокристалів на основі йодидів лужних металів зацікавлені у переробці залишків виробництва у сировину високої якості для замкнення виробничого циклу, підвищення ефективності виробництва і зниження його негативного впливу на довкілля.

Сучасна технологія переробки залишків монокристалів полягає у руйнуванні йодиду натрію пероксидом водню у сірчаній кислоті. В результаті такої обробки з розчину осаджується йод, який далі очищують і спрямовують в технологічні процеси отримання особливо чистих йодидів лужних металів для вирощування монокристалів або інших йодвмісних продуктів. Застосування такої технології веде до накопичення відходів у вигляді водного розчину сульфату натрію, забрудненого домішками, що залишаються у розчині після осадження йоду. Такий розчин потребує утилізації. Йод очищують шляхом сублімації, при цьому у повітря може потрапляти пара йоду, що також негативно відбивається на довкіллі.

Відтак постає проблема пошуку шляхів повернення у виробництво залишків монокристалів йодидів натрію та цезію без їх руйнування і утворення у значних кількостях екологічно небезпечних речовин, сумішей або розчинів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Робота виконана згідно з індивідуальним планом аспіранта та планами науково-дослідних робіт Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України в рамках проєктів Цільової програми наукових досліджень НАН України «Нові функціональні речовини і матеріали хімічного виробництва» «Розробка нових екологічно чистих методів одержання особливо чистого йодиду цезію з відходів виробництва монокристалів» (2017-2018 рр., № держреєстрації 0117U001656) і «Розробка технології виготовлення йодиду цезію для монокристалів зі зниженим власним радіаційним фоном» (2018 р., № держреєстрації 0118U100546), а також інноваційних проєктів «Розробка технології глибокої очистки йодиду цезію, одержаного з відходів монокристалів, від домішок важких металів» (2018-2019 рр., № держреєстрації 0118U005158) і «Розробка технології неруйнівної переробки залишків сцинтиляційних монокристалів на основі NaI у йодид натрію високої чистоти» (2021 р., № держреєстрації 0121U108472).

Мета і завдання дослідження.

Метою дисертаційної роботи є розроблення нових неруйнівних технологій переробки залишків вирощування монокристалів йодиду цезію та йодиду натрію у продукти особливої чистоти.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- визначити ефективні коефіцієнти очищення йодиду цезію від домішок при проведенні низькотемпературної спрямованої кристалізації;
- дослідити перебіг процесу очищення техногенних розчинів йодиду цезію від важких металів за допомогою металічного магнію;
- дослідити процеси, що мають місце при неруйнівному очищенні техногенних розчинів йодиду натрію від домішок;
- з одержаної сировини виростити сцинтиляційні монокристали і дослідити їх функціональні властивості.

Об'єктом дослідження є методи отримання сировини високого ступеня чистоти з розчинів галогенідів лужних металів.

Предмет дослідження: технологічні процеси, що лежать в основі очищення техногенних розчинів йодиду цезію та йодиду натрію шляхом неруйнвної переробки.

Методи досліджень. Низькотемпературна спрямована кристалізація водних розчинів, осадження домішок за допомогою активного металу (Mg) і лужних осаджувачів ($\text{Ba}(\text{OH})_2$, Na_2CO_3), спрямована кристалізація за Бріджменом-Стокбаргером, стандартні методи дослідження світлового виходу і енергетичного розділення.

Наукова новизна дослідження: базується на таких основних положеннях:

1. Досліджено вплив температури на ефективність очищення методом багаторазової низькотемпературної мішаної кристалізації техногенних розчинів CsI від домішок лужних металів, талію, міді, сульфатів тощо.
2. Визначено коефіцієнти очищення розчинів йодиду цезію від домішок у процесі БНМК і з'ясовано кількість циклів, необхідну для одержання йодиду цезію особливої чистоти, придатного для вирощування монокристалів CsI(Tl).
3. Розроблено і впроваджено технологію видалення домішок талію і міді з розчинів йодиду цезію, одержаних з залишків виробництва, шляхом обробки техногенного розчину йодиду цезію металічним магнієм.
4. Розроблено і впроваджено технологію неруйнвної переробки розчинів залишків вирощування монокристалів на основі йодиду натрію, яка дозволяє

видалити домішки важких та лужноземельних металів і сульфатів одержати йодид натрію особливої чистоти для вирощування монокристалів.

Теоретичне значення. Дисертаційна робота містить нові наукові положення, які є науково обґрунтованими експериментальними результатами проведених досліджень. Одержані результати мають важливе значення для технології одержання особливо чистої сировини і отримання великогабаритних йодидних скінтіляторів і оприлюднені у чотирьох статтях, що реферуються базами даних Scopus і Web of Science.

Практичне значення.

1. Створено і впроваджено технологію глибокої очистки техногенних розчинів йодиду цезію від домішок важких металів.
2. Створено і впроваджено технологію неруйнівної переробки залишків скінтіляційних монокристалів на основі йодиду натрію у йодид натрію високої чистоти.
3. За результатами розробок отримано 3 патенти на Україні на корисну модель: «Спосіб одержання йодидної кислоти», «Спосіб очистки йодиду цезію для виробництва монокристалів», «Спосіб очистки йодиду цезію».

Особистий внесок здобувача.

Особистий внесок автора полягає у розробці плану досліджень та методики проведення експериментів, підготовці техногенних розчинів, їх обробці зі допомогою хімічних та кристалізаційних методів. Постановку задач і обговорення результатів проведено спільно з науковим керівником д.х.н., проф. Чергинцем В. Л. Вимірювання світлового виходу проведено Зеленською О. В. Аналіз одержаних зразків був проведений в ДНУ НТК «Інститут монокристалів НАН України» (нині – Інститут хімії функціональних матеріалів НАН України) к.х.н., ст. докл. Брильовою К. Ю. та к.х.н., ст. н. співр. Шеїною Т. В.

Апробація результатів дослідження.

Основні результати роботи були представлені на Міжнародній школі-семінарі «Скінтіляційні процеси і матеріали для реєстрації іонізуючого випромінювання» (10-13.09.2017 р., Харків), 10-13 вересня 2017 р.-Харків: ІСМА, 2017, Науковій сесії «Цільова програма наукових досліджень НАН України «Нові функціональні речовини і матеріали хімічного виробництва», 14 грудня 2017 р., Київ, 2017 р., ХХ Українській конференції з неорганічної хімії за участю закордонних учених до 100-річчя заснування Національної академії наук України, 17-20 вересня 2018 р., Дніпро.-2018, International workshop for young

scientists "Functional materials for technical and biomedical applications", Kharkiv, Ukraine, September 18 – 20, 2023.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 10 наукових робіт, в тому числі 4 статті в спеціалізованих вітчизняних періодичних виданнях, 3 патенти України на корисну модель, 3 тези доповідей наукових конференцій.

Список опублікованих праць за темою дисертації

Статті в вітчизняних виданнях:

1. 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. DOI: <https://doi.org/10.15407/fm24.04.640>. (Scopus, Web of Science).
2. 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. DOI: <https://doi.org/10.15407/fm25.03.594>. (Scopus, Web of Science).
3. 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. DOI: <https://doi.org/10.15407/scin15.05.052>. (Scopus, Web of Science).
4. 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. DOI: <https://doi.org/10.15407/scine19.01.063>. (Scopus, Web of Science).

Структура та обсяг дисертації.

Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків та списку використаних джерел літератури і 4 додатків. Загальний обсяг складає 134 сторінок друкованого тексту. Обсяг основного тексту дисертації (вступ, розділи дисертації та висновки) складає 98 сторінок друкованого тексту. Дисертація містить 20 таблиць, 23 рисунки. Список використаних джерел літератури містить 70 найменувань.

Характеристика особистості здобувача.

Варич Андрій Григорович закінчив Харківський державний політехнічний інститут у 1998 р. за спеціальністю «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів».

Роботу в Інституті сцинтиляційних матеріалів НАН України розпочав з 2004 року на посаді провідного інженера відділу впровадження науково-технічних розробок. З 2021 його було переведено на посаду молодшого наукового співробітника відділу впровадження науково-технічних розробок.

За час роботи він зарекомендував себе як дисциплінований, пунктуальний, ретельний працівник, який точно і своєчасно виконує доручені йому завдання. А. Г. Варич виявив себе як кваліфікований керівник робіт, що проводяться на технологічних дільницях дослідного виробництва Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України, здатний організувати і контролювати роботу підлеглих йому працівників і дотримання ними виробничої дисципліни і правил техніки безпеки.

Наукова робота Варича А. Г. пов'язана з розробкою і впровадженням методів підготовки, очищення та одержання сировини для вирощування монокристалів, а також проектуванням, підбором і розробкою нестандартного обладнання для впровадження нових технологічних процесів, що розробляються в інституті.

В аспірантурі ІСМА НАН України навчається з 01.11.2022 року. У процесі роботи над дисертацією Варич Андрій Григорович значно підвищив рівень навичок по роботі з літературними джерелами, обробці та оформленню результатів наукових досліджень, досконало оволодів методиками проведення синтезу і очищення сировини для вирощування йодидних монокристалів. Слід відзначити комунікативні навички Варича Андрія Григоровича, які дозволили йому підтримувати контакти з науковцями, що виконують аналітичні дослідження і працюють над визначенням функціональних характеристик одержаної сировини і вирощених монокристалів сцинтиляційних матеріалів. Це позитивно відбилосся на кількості і якості одержаних матеріалознавчих результатів, які є суттєвою складовою дисертаційної роботи.

Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертація виконана фаховою українською мовою, текстове подання матеріалу відповідає стилю науково-дослідної літератури.

У результаті попередньої експертизи дисертації ВАРИЧА Андрія Григоровича і повноти публікації основних результатів дослідження

УХВАЛЕНО:

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації ВАРИЧА Андрія Григоровича на тему: «Нові технології виготовлення йодидів натрію та цезію для вирощування

сцинтиляційних монокристалів з сировини техногенного походження», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

2. Констатувати, що за актуальністю, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Варича А.Г. відповідає спеціальності 132 Матеріалознавство та вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261, пп. 6, 7, 8 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.

3. Рекомендувати дисертацію Варича А.Г. на тему: «Нові технології виготовлення йодидів натрію та цезію для вирощування сцинтиляційних монокристалів з сировини техногенного походження» до захисту на здобуття ступеня доктора філософії у разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

4. Рекомендувати вченій раді Інституту сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України затвердити такий склад разової спеціалізованої вченої ради:

Голова ради:

Сідлецький Олег Цезаревич, завідувач відділу технології вирощування монокристалів Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України, доктор технічних наук, професор.

Рецензенти:

Беспалова Ірина Ігорівна, доктор технічних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник відділу наноструктурних матеріалів ім. Ю.В. Малюкіна Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України.

Рибалка Ірина Анатоліївна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник лабораторії тугоплавких сцинтиляційних матеріалів Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України.

Офіційні опоненти:

Лисаковський Валентин Володимирович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу монокристалів надтвердих матеріалів Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля.

Гринь Леонід Олексійович, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, заступник завідувача відділу оптичних та лазерних кристалів Інституту монокристалів Національної академії наук України.

Результати голосування щодо рекомендації до захисту дисертації Варича А.Г.:

«За» – 20,

«Проти» – немає,

«Утримались» – немає.

Презентація Варича А.Г. на 29 стор. додається.

Головуючий на засіданні

Заступник завідувача відділу технології вирощування монокристалів Інституту скінтіляційних матеріалів НАН України, кандидат технічних наук

Ярослав ГЕРАСИМОВ

Секретар засідання

Старший науковий співробітник відділу технології вирощування монокристалів Інституту скінтіляційних матеріалів НАН України, кандидат технічних наук

Данііл КУРЦЕВ

20. 11. 2025