

## **ВИСНОВОК**

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації  
**Бортницької Маргарити Олександрівни**  
**«Закономірності формування та властивості іонно-плазмових покриттів на основі МАХ фаз»** на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія

### **1. Оцінка роботи здобувача в процесі підготовки дисертації і виконання індивідуального плану навчальної та наукової роботи.**

Здобувачка, Бортницька Маргарита Олександрівна, виконала в повному обсязі індивідуальний план освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії. Освітня складова в обсязі 55 кредитів ECTS виконана в повному обсязі. На відмінно складені наступні дисципліни:

- складено іспит з навчальної дисципліни «Філософія науки та культури» (96 балів);
- складено іспит з навчальної дисципліни «Іноземна мова (англійська мова)» (90 балів);
- складено іспит з навчальної дисципліни «Основи педагогіки та методології викладання фізики та астрономії у вищій школі» (94 балів);
- складено іспит з навчальної дисципліни «Професійне проектне управління науковими дослідженнями» (94 балів);
- складено залік з навчальної дисципліни «Асистентська педагогічна практика» (95 балів);
- складено іспит з навчальної дисципліни «Фізика твердого тіла» (96 балів);
- складено іспит з навчальної дисципліни «Радіаційне матеріалознавство» (96 балів);
- складено іспит з навчальної дисципліни «Матеріалознавство модифікованої поверхні» (95 балів);
- складено іспит з навчальної дисципліни «Дифузійні та корозійні процеси у твердому тілі» (93 бали);
- складено залік з навчальної дисципліни «Фізика поділу ядер та радіоактивність» (97 балів);
- складено залік з навчальної дисципліни «Фізика ядерних реакторів» (92 бали);
- складено залік з навчальної дисципліни «Магнітне утримання плазми» (94 бали);
- складено залік з навчальної дисципліни «Хвилі в плазмі» (98 балів).

Усі заплановані види робіт були виконані вчасно. Здобувачка плідно та старанно співпрацювала з науковим керівником протягом усього терміну навчання в аспірантурі.

### **2. Обґрунтування вибору теми дослідження.**

Технології модифікації поверхні отримали широку увагу як ефективний спосіб підвищення комплексних характеристик матеріалів. В останні роки захисні керамічні покриття гексагональних карбідів і нітридів із загальною

формулою  $M_{(n+1)}AX_n$  (М: ранній перехідний метал, А: елемент групи ІІА або ІVА, Х: вуглець або азот,  $n = 1-3$ ) конкурентно виграють серед багатьох інших композитних покриттів. Особлива нанометрова шарувата структура і комбінований тип зв'язку надають МАХ фазам переваги як металевих, так і керамічних матеріалів. Al – вмісні МАХ фази, такі як  $Ti_2AlC$ ,  $Ti_3AlC_2$  і  $Cr_2AlC$ , є перспективними матеріалами для покриттів завдяки їх високим механічним і трибологічним властивостям, стійкості до високотемпературного окислення, здатності до самовідновлення, електропровідності. Додатково керувати властивостями МАХ фаз вдається за рахунок створення твердих розчинів, при додаванні легуючих елементів.

Високостійкі захисні покриття для титанових сплавів та сталей дуже затребувані і мають важливе значення для різних галузей промисловості. Зокрема, підвищення довговічності трибомуфт авіаційних двигунів, які працюють в умовах високих температур, сухого тертя і фретинг-втоми, є актуальним завданням. Покриття МАХ фаз системи Ti-Al-C є більш перспективними, у порівнянні з покриттями на основі нітридів перехідних металів, ефективність яких знижується при високих температурах. Ще один важливий напрямок застосування покриттів – міжкомпонентні з'єднання для твердих оксидних паливних елементів, які повинні мати високу електро- і теплопровідність, фазову стабільність при високих температурах, задовільну міцність і низьку густину, особливо для аерокосмічного та автомобільного використання.

Високі температури синтезу є важливою перешкодою для широкого застосування покриттів МАХ фаз. Застосування іонно-плазмових методів фізичного осадження може дати можливість значно знизити температуру синтезу за рахунок високої енергії частинок, які утворюють покриття, що важливо для термочутливих підкладок. У даний час найбільш дослідженими є магнетронні покриття з МАХ фаз. Методи вакуумно-дугового осадження та іонного розпилення менш вивчені, незважаючи на високий потенціал для подальшого зниження температури синтезу покриттів. Особливий інтерес має розробка простих і економічних процесів синтезу з використанням одного багатокомпонентного катоду, що забезпечує стехіометрію МАХ фази.

Успішне застосування покриттів МАХ фаз вимагає розуміння того, як спосіб та параметри осадження впливають на склад, кристалографічну будову та морфологію цих покриттів, а також їх фізико-механічні і технологічні властивості. Все зазначене вище зумовлює актуальність теми дисертаційної роботи.

**Мета дисертаційної роботи** полягала у виявленні закономірностей формування структури іонно-плазмових покриттів, що осаджуються з катодів на основі МАХ фаз системи Ti-Al-C, а також, встановленні зв'язків між параметрами синтезу, складом, структурою, механічними і трибологічними властивостями покриттів та їх стійкістю до окислення.

#### **Завдання дослідження:**

1. На основі аналізу сучасного стану досліджень стосовно функціональних іонно-плазмових покриттів з МАХ фаз, визначити найбільш перспективні

матеріали і технології осадження та розробити процеси нанесення захисних покриттів системи Ti-Al-C.

2. Дослідити вплив параметрів осадження різними іонно-плазмовими методами на елементний склад та структуру покриттів.

3. Дослідити механічні і трибологічні властивості покриттів, провести випробування на кавітаційне зношування та фретинг-втому, визначити стійкість покриттів до окислення.

4. Визначити оптимальні параметри легування катодів на основі МАХ фаз з метою покращення характеристик покриттів.

5. Проаналізувати зв'язки між параметрами осадження, структурою покриттів, їх властивостями та визначити перспективні напрями застосування.

**Об'єкт дослідження** – процеси синтезу, особливості формування структури та їх зв'язок з властивостями покриттів Ti-Al-C, одержаних з катодів на основі МАХ фаз методами іонного і магнетронного розпилення та вакуумно-дугового осадження.

**Предмет дослідження** – елементний та фазовий склад, морфологія, структура, механічні властивості, трибологічні характеристики, стійкість до кавітації, опір фретинг-втомі та електропровідність іонно-плазмових покриттів Ti-Al-C у початковому стані та після окислення у повітрі.

**Методи дослідження.** В роботі для синтезу покриттів використовували методи іонного розпилення за допомогою дугового джерела газової плазми, вакуумно-дугового осадження і магнетронного розпилення постійного струму. Для досліджень складу та структури покриттів застосовували рентгенофлуоресцентний аналіз, рентгенівський мікроаналіз, Оже-спектроскопію, рентгеноструктурний аналіз, скануючу електронну та оптичну мікроскопію. Вимірювання механічних властивостей покриттів проводили за допомогою наноіндентування, трибометра, кавітаційного стенду та приладу для визначення фретинг втоми. Електропровідність зразків вимірювали чотириточковим зондовим методом. Стійкість до окислення на повітрі розроблених покриттів досліджували із використанням печі опору при температурі 600°C протягом 1000 год.

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

Дисертаційна робота виконувалась у лабораторії «Іонно-плазмової обробки матеріалів» Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України у відповідності до плану науково-дослідних робіт, виконавцем яких була автор дисертації, № 0116U005058, НАН України, 2016-2020 рр. «Створення фундаментальних основ та дослідження процесів формування мікро- та нанокристалічних поверхневих функціональних шарів шляхом іонно-плазмової обробки поверхні конструкційних матеріалів для використання в новітніх розробках в атомній енергетиці та сферах енергетичного, авіакосмічного, загального машинобудування та медицини»; № 0115U001516, НАН України, 2015-2019 рр. «Фундаментальні основи

вакуумно-деформаційних та іонно-плазмових технологій створення наноструктурованих мультифункційних покриттів і радіаційно-захисних ламінатів»; № 0121U108688, 2021-2025 рр., НАН України «Фізико-технологічні основи процесів іонно-плазмової обробки конструкційних матеріалів, створення новітніх функціональних покриттів та дослідження їх фундаментальних властивостей для використання в атомній енергетиці, машинобудуванні та медицині».

#### **4. Особистий внесок дисертанта в отриманні наукових результатів та їх новизна.**

Дисертантка брала участь у пошуку та аналізі літературних даних, присвячених темі дисертаційного дослідження, а саме покриттям на основі МАХ фаз. Разом із науковим керівником кандидатом технічних наук Купріним О.С. були визначені цілі та завдання дослідження, визначені методи і технологічні параметри осадження, а також обрані експериментальні методи дослідження покриттів на основі МАХ фази  $Ti_2AlC$ . У наукових дослідженнях, які були опубліковані у співавторстві, здобувачу належать: приготування зразків, осадження покриттів, аналіз мікроструктури, вимірювання нанотвердості покриттів, участь в обговоренні результатів, підготовка текстів статей та тез доповідей; обґрунтування технологічних параметрів осадження покриттів, які можуть призвести до підвищення тривалості експлуатації виробів та збільшення ефективності робочих процесів.

Серед наукових результатів, отриманих у дисертації вперше, можна виділити такі:

- Вперше проведені комплексні порівняльні дослідження складу, структури та властивостей покриттів, одержаних різними іонно-плазмовими методами з катодів на основі МАХ фаз системи  $Ti-Al-C$ , виготовлених шляхом гарячого пресування порошкових сумішей. Показано, що МАХ фаза  $Ti_2AlC$  належить до важкорозпилюваних матеріалів. Коефіцієнт розпилення мішені на основі МАХ фази в 1,5 рази нижче, ніж коефіцієнти розпилення мішені з титану.

- З'ясовано, що при синтезі покриттів вакуумно-дуговим способом при низьких температурах підкладки ( $\leq 450^\circ C$ ) формуванню МАХ фаз  $Ti_2AlC$  та  $Ti_3AlC_2$  сприяє застосування катоду з підвищеним вмістом алюмінію та посилення потужності іонного бомбардування поверхні росту важкими іонами, яке реалізується завдяки введенню у вакуумну камеру  $Ar$  та/або додаванню до складу катоду  $Nb$ . При додаванні до складу катоду  $Sn$  збільшення вмісту МАХ фази не спостерігається. У разі подвійного легування,  $Sn$  пригнічує ефект по збільшенню вмісту МАХ фази від  $Nb$  і стабілізує структуру карбіду  $TiC$ .

- Вперше методом вакуумно-дугового осадження на підкладках з  $Ti$  фольги синтезовані наноструктурні покриття з МАХ фазою  $Ti_2AlC$ , що показали стійкість до окислення при температурі  $600^\circ C$  протягом 1000 годин вищу, ніж стійкість об'ємної  $Ti_2AlC$  внаслідок утворення на поверхні складних сполук  $Ti-Al-(C,N,O)$ , причому поверхня покриття зберігає високу електропровідність  $1,3 \cdot 10^6$  См/м.

- Вперше виявлено негативний вплив додавання Nb на трибологічні характеристики покриттів з двофазною структурою твердих розчинів на основі  $\text{TiC}+\text{Ti}_3\text{AlC}_2$ . Навпаки, при додаванні Sn питома швидкість зношування покриттів зменшується на порядок при температурі  $20^\circ\text{C}$  і у 6 разів при температурі  $500^\circ\text{C}$ .

- Нанесення на сталеві зразки вакуумно-дугових покриттів, що містять МАХ фазу  $\text{Ti}_3\text{AlC}_2$ , збільшує опір фретинг-втомі. Найбільше посилення опору фретинг-втомі забезпечує покриття без добавок. Показано, що вакуумно-дугове покриття на основі  $\text{TiC}+\alpha\text{-Ti}$  має високу зносостійкість при кавітаційних та трибологічних випробуваннях.

Результати проведених досліджень доповнюють і розширюють існуючі уявлення про фізичні механізми формування структури та властивостей іонно-плазмових конденсатів. Важливість дисертаційної роботи для вирішення широкого кола прикладних задач полягає в тому, що одержані результати є науковою основою для вибору оптимальних технологічних режимів формування функціональних покриттів на основі МАХ фаз з необхідними характеристиками.

## **5. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.**

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів, одержаних Бортницькою Маргаритою Олександрівною, під час проведення досліджень за темою дисертаційної роботи забезпечується використанням фундаментальних підходів, визнаних наукових основ, перевірених та сучасних методик досліджень.

Основні результати дисертаційного дослідження опубліковано в індексованих наукових журналах, одна стаття в журналі рівня Q1 та доповідалися на міжнародних наукових конференціях. Висновки дисертаційної роботи є обґрунтованими та не суперечать сучасним науковим теоріям і положенням та узгоджуються з результатами інших авторів.

## **6. Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.**

Результати досліджень впроваджено у Навчально-науковому інституті «Фізико-технічний факультет» Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна в освітньому процесі при опануванні магістерської освітньо-професійної програми «Прикладна фізика».

Використання в Інституті надтвердих матеріалів імені В.М. Бакуля НАН України основних положень дисертації дає можливість суттєво знизити витрати на вибір складу, виготовлення та підвищити якість матеріалів на основі МАХ фази  $\text{Ti}_2\text{AlC}$ .

Рекомендовано оптимальні енергетичні і часові параметри процесу нанесення вакуумно-дугових і магнетронних покриттів за використання катодів (мішеней) на основі МАХ фаз  $\text{Ti}_2\text{AlC}$  і  $\text{Ti}_2(\text{Al}_{0,75}\text{Sn}_{0,25})\text{C}$ , які запропоновано для інтерконектів середньотемпературних ( $600^\circ\text{C}$ ) полегшених твердооксидних паливних комірок у Фізико-механічному інституті імені Г.В. Карпенка НАН України.

## 7. Повнота викладення матеріалів дисертації в роботах, опублікованих автором.

Матеріали дисертаційної роботи опубліковано в 19 наукових працях, серед яких 8 статей у виданнях, які індексуються науково-метричними базами Scopus та Web of Science, 11 тез доповідей на міжнародних і вітчизняних наукових конференціях.

### *Наукові праці в наукових фахових виданнях України, що індексуються міжнародними науково-метричними базами Scopus та Web of Science*

1. Kuprin A.S., Prikhna T.A., Reshetnyak E.N., **Bortnitskaya M.A.**, Kolodiy I.V., Belous V.A., Dub S.N., Ilchenko, A.V., Sverdun V.B. Coatings deposition by ion-plasma sputtering of MAX phase  $Ti_2AlC$  target. *Journal of Nano- and Electronic Physics*. 2020. Vol.12. Iss. 5. Art. 05031. [https://doi.org/10.21272/jnep.12\(5\).05011](https://doi.org/10.21272/jnep.12(5).05011)

(Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, аналізі літературних даних, проведенні експериментів по осажденню покриттів, вимірюванню елементного складу та твердості зразків з покриттям, інтерпретації результатів.)

2. **Bortnitskaya M.A.**, Reshetnyak E.N., Kuprin A.S., Prikhna T.A., Sverdun V.B., Kolodiy I.V., Belous V.A., Marinin V.G., Serbenyuk T.B. Structure and Mechanical Characteristics of  $Ti_2AlC$  MAX Phase Cathodes and Deposited Ion-Plasma Coatings. *Journal of Nano- and Electronic Physics*. 2021. Vol.13. Iss. 5. Art. 05031. [https://doi.org/10.21272/jnep.13\(5\).05031](https://doi.org/10.21272/jnep.13(5).05031)

(Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, аналізі літературних даних, проведенні експериментів по осажденню покриттів, вимірюванню елементного складу та твердості зразків з покриттям, інтерпретації результатів.)

3. Reshetnyak E.N., Kuprin A.S., Prikhna T.A., **Bortnitskaya M.A.**, Belous V.A. Synthesis, structure and protective properties of PVD MAX phase coatings. A review. Part I. MAX phase coatings deposition. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2023. Vol. 147. Iss.5. P. 111-125. <https://doi.org/10.46813/2023-147-111>

(Особистий внесок здобувача: участь у аналізі літературних даних, написанні статті.)

4. Reshetnyak E.N., Kuprin A.S., Prikhna T.A., **Bortnitskaya M.A.**, Belous V.A. Synthesis, structure and protective properties of PVD MAX phase coatings. A review. Part II. Structure, properties, application prospects. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2024. Vol. 150. Iss.2. P. 76-96. <https://doi.org/10.46813/2024-150-076>

(Особистий внесок здобувача: участь у аналізі літературних даних, написанні статті.)

### *Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації у періодичних наукових виданнях інших держав, які індексуються міжнародними науково-метричними базами Scopus або Web of Science*

5. Prikhna T.A., Ostash O.P., Kuprin A.S., Podhurska V.Ya., Serbenyuk T.B., Gevorkyan E.S., Rucki M., Zurowski W., Kucharczyk W., Sverdun V.B., Karpets

M.V., Ponomaryov S.S., Vasylyv B.D., Moshchil V.E., **Bortnitskaya M.A.** A new MAX phases-based electroconductive coating for high-temperature oxidizing environment. *Composite Structures*. 2021. Vol. 227. Art. 114649.

<https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.114649>

(Особистий внесок здобувача: участь у підготовці зразків, осадженні покриттів, вимірюванню твердості зразків, інтерпретації результатів)

6. Podhurska V., Prikhna T., Ostash O., Vasylyv B., Holovatyuk Y., Sverdun V., Serbeniuk T., Kuprin O., **Bortnitskaya M.** Investigation of Long-Term Oxidation Resistance of Titanium Alloys with a Coating Based on Ti-Al-C System Nanocomposites. *Springer Proceedings in Physics*. 2023. Vol. 279. P.59-66.

[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-18096-5\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-18096-5_6)

(Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, аналізі літературних даних, осадженні покриттів, вимірюванні твердості зразків, інтерпретації результатів)

7. Podhurska V.Ya., Kuprin O.S., Chepil R.V., Ostash O.P., Prikhna T.O., Sverdun V.B., **Bortnytska M.O.** Physicomechanical Properties of Coatings Based on Max  $Ti_2AlC$  and  $(Ti, Nb)_2AlC$  Phases at 20°C and 500°C. *Materials Science*. 2023. P.1-8.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11003-023-00737-8>

(Особистий внесок здобувача: участь у аналізі літературних даних, осадженні покриттів, інтерпретації результатів)

8. Podhurska V., Kuprin O., **Bortnitskaya M.**, Ostash O., Prikhna T., Chepil R., Sverdun V., Kolodiy I., Belous V. Structural and Tribology Properties of Ti-Al-C Coatings Deposited by Vacuum Arc Method. *Solid State Phenomena*. Vol. 355. P.107-115. <https://doi.org/10.4028/p-w89OBM>

(Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, аналізі літературних даних, осадженні покриттів, інтерпретації результатів)

### **Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

9. **Бортницька М.О.**, Білоус В.А., Купрін О.С., Овчаренко В.Д., Колодій І.В., Решетняк О.М., Ільченко О.В., Толмачова Г.М., Пріхна Т.О., Дуб С.М., Сverdun В.Б. Захисні покриття отримані при іонно-плазмовому розпиленні мішені із MAX фази  $Ti_2AlC$ . *IV Міжнародна конференція «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості»*. 12-15 вересня: тези доп. Харків, Україна 2017. С.49.

(Особистий внесок здобувача: участь у проведенні аналізу літературних даних, участь у формулюванні задач дослідження, осадженні покриттів, вимірюванні твердості зразків, інтерпретації результатів, постерна доповідь)

10. **Бортницька М.О.**, Білоус В.А., Купрін О.С., Овчаренко В.Д., Колодій І.В., Решетняк О.М., Ільченко О.В., Толмачова Г.М. Захисні покриття на основі MAX фази  $Ti_2AlC$ . *XIII міжнародна наук.-техніч. конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики»*. 18-20 жовтня: тези доп. Харків, Україна 2017. С.38.

(Особистий внесок здобувача: участь у проведенні аналізу літературних даних, підготовці зразків, осадженні покриттів, вимірюванні твердості зразків, інтерпретації результатів, доповідь)

11. Kuprin A., Belous V., Prikhna T., Marinin V., Kovalenko V., Kolodiy I., Dub S., **Bortnitskaya M.**, Ilchenko A. Cavitation wear of the MAX-phase  $Ti_2AlC$  and vacuum arc coatings on its basis. *10th International Conference: Advanced Materials and Technologies*, 24-26 October, Ninghai, China 2018. P.117.

(Особистий внесок здобувача: участь у проведенні аналізу літературних даних, участь у формулюванні задач дослідження, осадженні покриттів, вимірюванні твердості зразків, інтерпретації результатів)

12. Пріхна Т.О., Купрін О.С., **Бортницька М.О.**, Білоус В.А., Маринин В.Г., Коваленко В.І., Колодій І.В., Ільченко О.В. Кавітаційне та ерозійне зношення MAX-фази  $Ti_2AlC$  та вакуумно-дугових покриттів на її основі. *XVI Міжнародна наук.-техніч. конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми Сучасної Ядерної Енергетики»* 14-16 листопада: тези доп. Харків, Україна 2018. С. 6-7.

(Особистий внесок здобувача: участь у проведенні аналізу літературних даних, участь у формулюванні задач дослідження, осадженні покриттів, вимірюванні твердості зразків, інтерпретації результатів, доповідь)

13. Т.О. Пріхна, О.С. Купрін, В.Я. Подгурська, О.П. Остап, Т.Б. Сербенюк, В.Б. Сverdun, М.В. Карпець, Б.Д. Васильів, **М.О. Бортницька**. Нове електропровідне покриття на основі MAX фази  $Ti_2AlC$  для високотемпературного середовища. *XIV Міжнародна конференція «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості»* 13-15 вересня: тези доп. Харків, Україна 2021. С.62.

(Особистий внесок здобувача: участь у проведенні аналізу літературних даних, участь у формулюванні задач дослідження, осадження покриттів, вимірюванню твердості зразків, інтерпретації результатів, постерна доповідь)

14. Prikhna T.A., Serbenyuk T.B., Ostash O.P., Kuprin A.S., Podhurska V.Ya., Sverdun V.B., Ponomaryov S.S., Karpets M.V., Moshchil V.E., Tolmachova G.N., **Bortnitskaya M.A.**, Zimych T.V., Matsenko A.V. MAX phases-based electroconductive coating for application in oxidizing environment at high-temperatures. *46th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (ICACC2022)*. 23–28 January, Daytona Beach 2022. Virtual only.

(Особистий внесок здобувача: участь у проведенні аналізу літературних даних, участь у формулюванні задач дослідження, осадження покриттів, інтерпретації результатів)

15. Podhurska V.Ya., Prikhna T.O., Ostash O.P., Sverdun V.B., Kuprin A.S., Serbeniuk T.B., **Bortnitskaya M.A.** Investigation of long-term oxidation resistance of titanium alloy with a  $Ti,Me-Al-C$  nanocomposite coating. *International research and practice conference: Nanotechnology and Nanomaterials (NANO-2022)*, 25-27 August, Lviv, Ukraine 2022. P.196.

(Особистий внесок здобувача: участь у проведенні аналізу літературних даних, осадження покриттів, інтерпретації результатів, написання тез)

16. Prikhna T.A., Serbenyuk T.B., Ostash O.P., Kuprin A.S., Podhurska V.Ya., Büchner B., Sverdun V.B., Ponomaryov S.S., Karpets M.V., Moshchil V.E.,



Tolmachova G. N., **Bortnitskaya M.A.**, Matsenko A.V. MAX phases-based electro conductive and were resistant coating for application in oxidizing environment at high-temperatures. *Twenty-Third Annual Conference YUCOMAT 2022; Twelfth World Round Table Conference On Sintering XII WRTCS* August 29 – September 2, Herceg Novi 2022. P.56.

(Особистий внесок здобувача: участь у проведенні аналізу літературних даних, осадження покриттів, інтерпретації результатів)

17. **Бортницька М.О.**, Білоус В.А., Прихна Т.О., Купрін О.С. Перспективи застосування матеріалів на основі MAX фаз в ядерній енергетиці. *XVI Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики»* 16 – 18 листопада: тези доп. Харків, Україна 2022. С.41.

(Особистий внесок здобувача: участь у проведенні аналізу літературних даних, участь у формулюванні задач дослідження, інтерпретації результатів, написання тез)

18. **Bortnitskaya M.A.**, Podhurska V.Ya., Kuprin A.S., Prikhna T.O., Ostash O.P., Sverdun V.B., Serbeniuk T.B., Belous V.A. Tribology Properties of Coatings Based on MAX Phase  $Ti_2(Al,Sn)C$ . *International research and practice conference: Nanotechnology and Nanomaterials (NANO-2023)*, 16-19 August Bukovel, Ukraine 2023. P.146.

(Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, інтерпретації результатів, написання тез)

19. Podhurska V., Kuprin O., **Bortnitskaya M.**, Ostash O., Prikhna T., Chepil R., Sverdun V., Kolodiy I., Belous V. Tribology Properties of  $Ti_2AlC$  MAX Phase Based Coatings Deposited by Vacuum Arc Method. *8-th International Materials Science Conference HighMatTech-2023* October 2-6, Kyiv, Ukraine 2023. P.91.

(Особистий внесок здобувача: участь у проведенні аналізу літературних даних, участь у формулюванні задач дослідження, інтерпретації результатів).

Результати дисертаційної роботи повністю відображено в публікаціях.

## 8. Дотримання академічної доброчесності.

На підставі вивчення тексту дисертації, наукових праць та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній системі Unicheck Similarity) здобувачки встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

## 9. Апробація матеріалів дисертації.

Основні результати та положення дисертації були представлені та отримали позитивні відгуки на міжнародних конференціях та форумах, серед яких:

- 4 та 14- Міжнародна конференція «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості» (Харків, Україна, 2017 р.);
- Міжнародна конференція «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості» (Харків, Україна, 2021 р.);

- 13 та 16 - Міжнародна наук.-техніч. конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики» (Харків, Україна, 2017 р.);
- Міжнародна наук.-техніч. конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики» (Харків, Україна, 2018 р.);
- 10-th International Conference: Advanced Materials and Technologies (Ninghai, China, 2018);
- 46-th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (ICACC2022) (Daytona Beach, USA, 2022);
- International research and practice conference: Nanotechnology and Nanomaterials (NANO-2022) (Lviv, Ukraine, 2022);
- International research and practice conference: Nanotechnology and Nanomaterials (NANO-2023) (Bukovel, Ukraine, 2023);
- Twenty-Third Annual Conference YUCOMAT 2022; Twelfth World Round Table Conference On Sintering XII WRTCS (Herceg Novi, 2022);
- 8-th International Materials Science Conference HighMatTech-2023 (Kyiv, Ukraine, 2023).

#### **10. Оцінка структури, мови та стилю дисертації.**

Матеріал дисертації викладено в логічній послідовності та в доступній для сприйняття формі. Дисертація написана науковою мовою, стиль роботи відповідає стилю науково-дослідницьких публікацій експериментальної спрямованості, під час викладання матеріалу застосовано сучасну наукову термінологію. Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44), наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

#### **11. Відповідність змісту дисертації спеціальності, з якої вона подається до захисту.**

За своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною і практичною значимістю дисертаційна робота Бортницької М.О. «Закономірності формування та властивості іонно-плазмових покриттів на основі МАХ фаз» відповідає спеціальності 104 – «Фізика та астрономія». Здобувачкою повністю виконано освітню та наукову складову третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти.

#### **12. Результат обговорення та проведення дисертації. Рекомендація дисертації до захисту.**

Здобувачка представила основні результати досліджень своєї дисертаційної роботи на засіданні Науково-технічної ради Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства і технологій Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України (протокол № 6 від 27 серпня 2024 року) у формі презентації та наукової дискусії після її завершення.

Враховуючи високий рівень виконаних досліджень, а також актуальність теми роботи, наукову новизну результатів та їх наукове і практичне значення, на засіданні НТР ІФТТМТ ННЦ ХФТІ НАН України було ухвалене рішення про рекомендацію дисертації Бортницької Маргарити Олександрівни «Закономірності формування та властивості іонно-плазмових покриттів на основі МАХ фаз» до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді для здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія з галузі знань 10 – Природничі науки. Також, відповідно до вимог п.15 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» НТР ІФТТМТ ННЦ ХФТІ НАН України подає Науково-технічній раді ННЦ ХФТІ пропозиції щодо кандидатур до складу разової ради відповідно до Додатку 1.

Рішення прийняте на засіданні НТР ІФТТМТ ННЦ ХФТІ НАН України 27 серпня 2024 року, протокол №6.

Результати голосування:

Всього членів НТР – 32

Прийняли участь у голосуванні – 26

Голосували «ЗА» – 26

Голосували «ПРОТИ» – немає

Утримались – немає

Голова Науково-технічної ради  
ІФТТМТ ННЦ ХФТІ  
академік НАН України



Микола АЗАРЕНКОВ

Секретар Науково-технічної ради  
ІФТТМТ ННЦ ХФТІ  
д.т.н.

Микола ПИЛИПЕНКО

«27» серпня 2024 р.



**ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО КАНДИДАТУР ДО СКЛАДУ РАЗОВОЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ВЧЕНОЇ РАДИ  
НАЦІОНАЛЬНОГО НАУКОВОГО ЦЕНТРУ «ХАРКІВСЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ» НАН УКРАЇНИ**

для розгляду та проведення захисту дисертації **Бортницької Маргарити Олександрівни** на тему «Закономірності формування та властивості іонно-плазмових покриттів на основі МАХ фаз» на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 104 – «Фізика та астрономія»

| № з/п | Голова та члени ради                      | Прізвище, ім'я та по батькові       | Місце роботи, посада                                                                                                                                          | ORCID               | Науковий ступінь, спеціальність, рік присудження, № диплома, дата видачі                      | Вчене звання (по кафедрі, за спеціальністю), рік присудження, № атестата, дата видачі           | Наукові публікації члена ради за тематикою дослідження здобувача за якою підготовлено дисертацію (за останні 5 років). Вказати наукові статті, опубліковані у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------|-------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | <b>Голова ради</b><br><br>ID ЄДЕБО 444476 | <b>Пилипенко Микола Миколайович</b> | Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут НАН України, завідувач відділу чистих металів, металофізики та технологій нових матеріалів | 0000-0001-8113-8578 | Доктор технічних наук, 01.04.07-фізика твердого тіла, 2013р., ДД 001892, виданий 28.03.2013р. | Старший науковий співробітник, 01.04.13-фізика металів, 2003р., АС 002854, виданий 09.04.2003р. | <p>1. Potanina T.V., Yefimov O.V., Pylypenko M.M. Interval model for assessing the purity of nuclear structural metals by microhardness. Problems of Atomic Science and Technology. 2024. №1(149). P.189-193.<br/>DOI: <a href="https://doi.org/10.46813/2024-149-189">https://doi.org/10.46813/2024-149-189</a></p> <p>2. Trush V., Pylypenko M., Stoev P., Tikhonovsky M., Pohrelyuk I., Fedirko V., Lavrys S. Influence of interstitial elements (oxygen, nitrogen) on properties of zirconium alloys (review). Physics and Chemistry of Solid State. 2022. Vol.23(2). P.401-415.<br/>DOI: <a href="https://doi.org/10.15330/pcss.23.2.401-415">https://doi.org/10.15330/pcss.23.2.401-415</a></p> <p>3. Potanina T.V., Yefimov O.V., Pylypenko M.M. Estimation of the dependence parameters of nuclear structural materials harness on the content of gas impurities: an interval approach. Problems of Atomic Science and Technology. 2021. Vol.5. P.77-83.<br/>DOI: <a href="https://doi.org/10.46813/2021-135-077">https://doi.org/10.46813/2021-135-077</a></p> |

| № з/п | Голова та члени ради                              | Прізвище, ім'я та по батькові        | Місце роботи, посада                                                                                                                                       | ORCID               | Науковий ступінь, спеціальність, рік присудження, № диплома, дата видачі                                | Вчене звання (по кафедрі, за спеціальністю), рік присудження, № атестата, дата видачі                           | Наукові публікації члена ради за тематикою дослідження здобувача за якою підготовлено дисертацію (за останні 5 років). Вказати наукові статті, опубліковані у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2     | <b>Офіційний рецензент</b><br><br>ID ЄДЕБО 443595 | <b>Толстолуцька Галина Дмитрівна</b> | Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут НАН України, завідувач відділу фізики радіаційних явищ і радіаційного матеріалознавства | 0000-0003-3091-4033 | Доктор фізико-математичних наук, 01.04.07-фізика твердого тіла, 2009р., ДД 007514, виданий 08.07.2009р. | Член-кор. НАН України, професор за спеціальністю 132-матеріалознавство, 2019р., АП 001130, виданий 20.06.2019р. | <p>1. Tolstolutska H.D., Ruzhytskyi V.V., Kopanets I.E., Kuprin O.S., Voevodin V.M., Bilous V.A. &amp; Vasylenko V.L. Specific Features of Saturation with Deuterium of Vacuum-Arc Coatings Based on Iron. Materials Science. 2020. Vol.56. P.34-42.<br/>DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/s11003-020-00394-1">10.1007/s11003-020-00394-1</a></p> <p>2. Karpov, S., Ruzhytskyi, V., Tolstolutska, G., Vasilenko, R., Kuprin, O., Leonov, S. Thermodynamic and Kinetic Parameters of the Processes of Deuterium Interaction with Tungsten Protective Coatings. East European Journal of Physics. 2021. Vol.4. P. 99-106.<br/>DOI: <a href="https://doi.org/10.26565/2312-4334-2021-4-11">https://doi.org/10.26565/2312-4334-2021-4-11</a></p> <p>3. Tolstolutska G.D., Kuprin A.S., Nikitin A.V., Vasilenko R.L. Morphology and sputtering of tungsten nitrides coatings exposed to deuterium plasma. Problems of Atomic Science and Technology. 2023. Vol.1. P.57-62.<br/>DOI: <a href="https://doi.org/10.46813/2023-143-057">https://doi.org/10.46813/2023-143-057</a></p> |

| № з/п | Голова та члени ради                              | Прізвище, ім'я та по батькові | Місце роботи, посада                                                                                                                    | ORCID               | Науковий ступінь, спеціальність, рік присудження, № диплома, дата видачі                   | Вчене звання (по кафедрі, за спеціальністю), рік присудження, № атестата, дата видачі                             | Наукові публікації члена ради за тематикою дослідження здобувача за якою підготовлено дисертацію (за останні 5 років). Вказати наукові статті, опубліковані у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|---------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3     | <b>Офіційний рецензент</b><br><br>ID ЄДЕБО 481436 | <b>Саснко Сергій Юрійович</b> | Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут НАН України, завідувач відділу газостатичних та плазмових технологій | 0000-0002-2598-3598 | Доктор технічних наук, 21.06.01-екологічна безпека, 2011р., ДД 009493 виданий 31.05.2011р. | Старший науковий співробітник за спеціальністю 05.02.01-матеріалознавство, 2015р., АС 001853 виданий 15.12.2015р. | <p>1. Lobach K.V., Sayenko S.Yu., Shkuropatenko V.A., Voyevodin V.M., Zykova H.V., Zuyok V.A., Bykov A.O., Tovazhnyans'kyi L.L. &amp; Chunyaev O.M. Corrosion Resistance of Ceramics Based on SiC under Hydrothermal Conditions. Materials Science. 2020. Vol.55. P.672-682. DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/s11003-020-00358-5">10.1007/s11003-020-00358-5</a></p> <p>2. Lobach K.V., Kuprin O.S., Sayenko S.Y., Voyevodin V.M. &amp; Kolodiy I.V. Research and Development of Novel Materials for Accident Tolerant Fuel Cladding of Nuclear Reactors. East European Journal of Physics. 2020. Vol.4. P.75-83. DOI: <a href="https://doi.org/10.26565/2312-4334-2020-4-10">https://doi.org/10.26565/2312-4334-2020-4-10</a></p> <p>3. Ghaemi Mohammad Hossein, Sayenko Sergiy Y, Shkuropatenko Volodymyr, Zykova Anna, Ulybkina Kateryna, Bereznyak Olena, Krupa Andrzej, Sawczak Mirosław. Processing and Application of Ceramics. 2022. Vol.16(3). P.218-229. DOI: <a href="https://doi.org/10.2298/PAC2203218G">https://doi.org/10.2298/PAC2203218G</a></p> |

| № з/п | Голова та члени ради                             | Прізвище, ім'я та по батькові      | Місце роботи, посада                                                                                                         | ORCID               | Науковий ступінь, спеціальність, рік присудження, № диплома, дата видачі                    | Вчене звання (по кафедрі, за спеціальністю), рік присудження, № атестата, дата видачі                                  | Наукові публікації члена ради за тематикою дослідження здобувача за якою підготовлено дисертацію (за останні 5 років). Вказати наукові статті, опубліковані у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------|--------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4     | <b>Офіційний опонент</b><br><br>ID ЄДЕБО 4430856 | <b>Хрипунов Геннадій Семенович</b> | Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» МОН України, проректор з науково-педагогічної роботи | 0009-0004-6519-2362 | Доктор технічних наук, 01.04.07-фізика твердого тіла, 2007р. ДД 006429 виданий 13.02.2008р. | Професор кафедри фізичного матеріалознавства для електроніки та геліоенергетики, 2011р. ПР 006919 виданий 14.04.2011р. | <p>1. Meriuts A.V., Kharchenko M.M., Khrypunov G.S., Pudov A.O., Makhlai V.A., Herashchenko S.S., Sokolov S.A., Rybka A.V., Kutny V.E., Kolodiy I.V., Dobrozhan A.I., Kosinov A.V., Khrypunov M.G. Radiation sensor based on thin-film CdTe/CdS device structure and its radiation resistance under high-intensity hydrogen plasma. J. Appl. Phys. 2022. Vol.132. P.104501 (Scopus) DOI: <a href="https://doi.org/10.1063/5.0098123">https://doi.org/10.1063/5.0098123</a></p> <p>2. Khrypunov G.S., Harchenko M.M., Meriuts A.V., Carlin J.F., Makhlai V.A., Herashchenko S.S., Abashin S.L., Surovitskiy S.V., Pudov A.O., Dobrozhan A.I. Influence of Microsecond Pulse Helium Plasma Flow on the Surface Morphology and Crystal Structure of the Photovoltaic Converters Based on CdS/CdTe Journal of nano- and electronic physics. 2024.Vol. 16 No 3, 03001(8pp) (Scopus) DOI: <a href="https://doi.org/10.21272/jnep.16(3).03001">https://doi.org/10.21272/jnep.16(3).03001</a></p> <p>3. Khrypunov G., Meriuts A., Dobrozhan A., Khrypunov M., Shelest T. Influence of chloride treatments on the efficiency of solar cells based on cadmium telluride films obtained by close space sublimation method. Vidnovluvana Energetika. 2022. Vol. 1(68). P.60-65. (Scopus) DOI: <a href="https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.1(68).60-65">https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.1(68).60-65</a></p> |



| № з/п | Голова та члени ради                             | Прізвище, ім'я та по батькові        | Місце роботи, посада                                                                                                                                            | ORCID               | Науковий ступінь, спеціальність, рік присудження, № диплома, дата видачі                          | Вчене звання (по кафедрі, за спеціальністю), рік присудження, № атестата, дата видачі                          | Наукові публікації члена ради за тематикою дослідження здобувача за якою підготовлено дисертацію (за останні 5 років). Вказати наукові статті, опубліковані у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------|--------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4     | <b>Офіційний опонент</b><br><br>ID ЄДЕБО 5016567 | <b>Зиков Олександр Володимирович</b> | Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, професор кафедри матеріалів реакторобудування та фізичних технологій ННІ «Фізико-технічний факультет» | 0000-0002-5409-2655 | Доктор фізико-математичних наук, 01.04.08-фізика плазми, 2017р.<br>ДД 006547 виданий 27.04.2017р. | Професор кафедри матеріалів реакторобудування та фізичних технологій, 2019р.<br>АП 001260 виданий 15.10.2019р. | 1. Zikov A., Dudin S., Yakovin S., Yefymenko N., Shchibrya A., Dahov A. Combined Magnetron-Ion-Source System for Reactive Synthesis of Complex Nanostructured Coatings // Springer Proceedings in Physics. 2020.- V.240. P.161-175.<br>DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/978-981-15-1742-6_15">https://doi.org/10.1007/978-981-15-1742-6_15</a><br><br>2. Zikov A., Yefymenko N., Dudin S., Yakovin S. Discharge characteristics of combined low energy ion source – magnetron sputtering system // Problems of Atomic Science and Technology. 2020. V. 130. P. 169-173.<br>DOI: <a href="https://doi.org/10.46813/2020-130-169">https://doi.org/10.46813/2020-130-169</a><br><br>3. Dudin S.V., Yakovin S.D., Zikov A.V. The Effect of Plasma Activation of Reactive Gas in Reactive Magnetron Sputtering. East European Journal of Physics. 2023. Vol.3, P.606-612. (Scopus)<br>DOI: <a href="https://doi.org/10.26565/2312-4334-2023-3-72">https://doi.org/10.26565/2312-4334-2023-3-72</a> |

Голова Науково-технічної ради  
ІФТТМТ ННЦ ХФТІ  
академік НАН України



Микола АЗАРЕНКОВ

Секретар Науково-технічної ради  
ІФТТМТ ННЦ ХФТІ,  
д.т.н.

Микола ПИЛИПЕНКО

«27» серпня 2024 р.