

АНОТОВАНИЙ ЗВІТ

за Договором № Н/08-2019 від 01 жовтня 2019 р.

1. Загальні відомості.

1.1. Назва науково-дослідної роботи (далі – НДР): “Фізіолого-біохімічні властивості антарктичних металорезистентних технологічно перспективних штамів мікроорганізмів”. Код за Державним класифікатором видів науково-технічної діяльності ДК 015-97: І.1 03 Дослідження та розробки в галузі біологічних наук; ДК 021:2015: 73110000-6 Дослідницькі послуги.

1.1.1. Категорія НДР: прикладне дослідження.

1.1.2. Номер державної реєстрації теми НДР: 0119U002999с.

1.1.3. Номер облікової картки заключного звіту про виконання НДР:_____.

1.2. Замовник: Державна установа Національний антарктичний науковий центр Міністерства освіти і науки України (далі – ДУ НАНЦ), бульвар Тараса Шевченка, 16, м. Київ, 01601.

1.3. Організація-виконавець: Львівський національний університет імені Івана Франка МОН України.

1.4. Місце передачі результатів НДР: бульвар Тараса Шевченка, 16, м. Київ, 01601.

1.5. Підстава для проведення НДР:

Постанова Кабінету Міністрів України від 3 листопада 2010 року № 1002 “Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми проведення досліджень в Антарктиці на 2011-2020 роки” {із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 88 від 18.01.2012; № 970 від 24.10.2012; № 488 від 11.07.2013; № 708 від 24.12.2014; № 397 від 23.05.2018} (далі – Програма).

План виконання фундаментальних та прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок Державної установи Національний антарктичний науковий центр МОН України на 2019 рік для реалізації завдань та заходів Державної цільової науково-технічної програми проведення досліджень в Антарктиці на 2011-2020 роки, затверджений наказом ДУ НАНЦ від 02 січня 2019 р. № 1-Г.

Наказ ДУ НАНЦ від 18.09.2019 р. № 15-Г “Про підсумки конкурсного відбору науково-дослідних робіт і науково-технічних розробок, які виконуватимуться у 2019 році”.

1.6. Назва бюджетної програми: Дослідження на антарктичній станції “Академік Вернадський”, код програмної класифікації видатків 2201410.

1.7. Термін виконання НДР: початок – 01 жовтня 2019 р., закінчення – 20 грудня 2019 р.

1.8. Вартість НДР: 190 тис. гривень; обсяг фактично отриманих коштів на виконання НДР: 190 тис. гривень.

1.9. Керівник НДР: Гнатуш Світлана Олексіївна, завідувач кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка, канд. біол. наук, професор.

1.10. Виконавці НДР: співробітники в рамках цивільно-правових договорів (кількість): 7, з них – кандидати наук: 5, доктори наук: 1.

2. Проблема, на вирішення якої спрямована робота, об'єкт та предмет дослідження.

2.1. Найменування завдання і заходу Програми, на виконання якого спрямовано науково-дослідну роботу.

10. Проведення біорозвідки, пошуку та створення колекцій продуцентів біологічно активних речовин та технологічно перспективних штамів мікроорганізмів. 10.3. Вивчення та депонування металорезистентних мікроорганізмів для розроблення нових природоохоронних технологій.

2.2. Проблематика дослідження, стан та аналіз результатів попередніх досліджень.

Мікробіота Антарктики зазнає впливу широкого спектру різних екстремальних чинників, тому у цьому регіоні сформувався унікальний світ екстремофільних мікроорганізмів. Виділення із різних зразків, які відібрали під час українських антарктичних експедицій, штамів мікроорганізмів, дослідження їхніх фізіолого-біохімічних властивостей, визначення стійкості до дії важких металів є важливими як з практичної, так і з теоретичної точок зору. Ці дослідження повинні бути комплексними і мати перспективу практичного використання для широкого кола дослідників. Для цього важливо зробити опис біологічних властивостей виділених штамів мікроорганізмів, дослідити амплітуду їхньої метаболічної активності за впливу важких металів й задепонувати їх у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України. Елімінація важких металів із природного середовища за допомогою живих організмів (біоремедіація) дозволяє захистити та відновити ресурси із використанням технологій, що не порушують біологічної рівноваги в природі. Саме тому дослідження мікроорганізмів Антарктики є надзвичайно актуальними.

Застосування технологій з використанням мікроорганізмів є найбільш доцільним унаслідок своєї екологічної безпеки, низької собівартості робіт і високої ефективності, що було неодноразово продемонстровано при вирішенні різних проблемних завдань. Пошуком перспективних штамів мікроорганізмів займаються багато дослідників з різних країн. Зокрема, відомі роботи, які проводять у відділі біології екстремофільних мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України під керівництвом докт. техн. наук О. Б. Таширева. Дослідження екстремофільних мікроорганізмів стосуються їх екології, біорізноманіття, фізіології, систематики, стійкості до екстремальних факторів (γ -радіація, УФ-випромінювання, токсичні метали, низькі температури тощо). З використанням підходу біорозвідки цією групою дослідників була створена колекція екстремофільних мікроорганізмів (бактерії і дріжджі) з унікальними властивостями (Прекрасна Є. П. Стійкість мікроорганізмів природних екосистем за дії репрезентативних токсичних металів: дис. на здобуття наукового ступеня канд. біол. наук: 03.00.07. Київ, 2016. 169 с.; Говоруха В. М. Залізовідновлювальні мікроорганізми у біогеохімічних циклах вуглецю і заліза: дис. на здобуття наукового ступеня канд. біол. наук: 03.00.07. Київ, 2016. 181 с.). Група дослідників Київського національного університету імені Тараса Шевченка із різних зразків, виділених під час українських антарктичних експедицій, ізолювала чисті культури мікроскопічних грибів і бактерій, які здатні синтезувати біологічно-активні сполуки (Кондратюк та ін. (2016), Укр. антракт. журн., № 15). Мікроскопічні гриби здатні до трансформації різних хімічних речовин, зокрема, токсичних важких металів, завдяки різним механізмам, одним з яких є сорбція іонів металів клітинами, а також вилуговування низки хімічних елементів з різних матеріалів (Geraldine Asencio et al. (2014), Electron. J. Biotechnol., Vol. 17, № 1; Vanishree et al. (2014), Science International, Vol. 2, № 1; Svahn et al. (2015), Fungal Biol. & Biotechnol., Vol. 1).

Виконавці НДР вивчають властивості бактерій, виділених із різних біотопів, понад 15 років. Мають вітчизняний пріоритет, а також відомі у світі своїми роботами з генерування електричного струму бактеріями (Vasylyv et al. (2015), Proc. SPIE. Vol. 9493; Hnatush & Maslovska (2018), The Development of Natural Sciences), розроблення технологій очищення стічних вод (Malovanyu et al. (2019), J. Ecol. Eng. Vol. 20, № 2), дослідження мікробоценозів (Kuzmishyna-Diakiv & Hnatush (2015), Microbiota of the Coal Pits Waste Heaps; Тарабас та ін. (2017), Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол., Вип. 76), про що свідчать близько 90 публікацій, які входять до наукометричних баз даних, 10 захищених кандидатських дисертацій, 10 охоронних документів. Дослідження метаболічних процесів, які здійснюють мікроорганізми природних екосистем, є важливими і мають практичне значення. Виконавцями виділено низку штамів бактерій з довкілля, досліджено їхні властивості, у т. ч. і за впливу сполук важких металів. Зокрема, встановлено, що бактерії відіграють важливу роль у регулюванні вмісту не лише сполук сульфуру і карбону, але нітрогену та металів у довкіллі (Мороз та ін. (2015), Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол., Вип. 69; Мороз та ін. (2016), Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол., Вип. 71; Дяків та ін. (2017), Біологічні Студії, Т. 11, № 2; Мороз та ін. (2018), Biosystems Diversity, Вип. 26, № 1). Забруднення середовищ важкими металами впливає на процеси, які здійснюють бактерії (Segin et al. (2018), Мікробіол. журн., Vol. 80, № 3; Hnatush et al. (2018), Biosystems Diversity, Vol. 26, № 3). Дослідження металорезистентних мікроорганізмів, виділених із різних зразків Антарктики, де вони піддавалися впливу екстремальних чинників середовища, та депонування їхніх штамів є важливими для застосування у технологіях очищення середовищ від різних поллютантів. Роботи з виділення чистих культур антарктичних мікроорганізмів та визначення біологічних характеристик цих штамів проведено виконавцями вперше.

2.3. Об'єкт та предмет дослідження.

Об'єкт дослідження. Мікроорганізми, ізольовані з антарктичних зразків під час українських антарктичних експедицій.

Предмет дослідження. Фізіолого-біохімічні властивості антарктичних металорезистентних технологічно перспективних штамів мікроорганізмів.

3. Мета роботи.

Мета роботи полягає у визначенні біологічних характеристик штамів мікроорганізмів з різних субстратів Антарктики за впливу високих концентрацій важких металів та виконанні робіт з їхнього депонування.

4. Основні завдання.

1. Виділити чисті культури мікроорганізмів з антарктичних зразків, отриманих під час українських антарктичних експедицій.
2. Визначити фізіолого-біохімічні характеристики цих мікроорганізмів та амплітуду метаболічної активності за впливу сполук важких металів.
3. Визначити здатність антарктичних мікроорганізмів до синтезу екзополісахаридів та біологічно-активних речовин.
4. Ідентифікувати культури мікроорганізмів з антарктичних зразків, отриманих під час українських антарктичних експедицій.
5. Депонувати 3 штами мікроорганізмів у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України.

5. Підхід, методи та засоби досліджень.

5.1. Методологічні підходи та методи досліджень (у т.ч. нові або оновлені методи та засоби, методика та методологія досліджень, що створені авторами у ході виконання роботи).

Новими є дослідження властивостей мікроорганізмів, ізольованих з антарктичних зразків, зокрема, особливостей їхньої морфології, метаболізму, адаптації до впливу йонів важких металів, мультирезистентності до важких металів, антибактеріальних та антифунгальних властивостей, біосинтезу екзополісахаридів та біологічно-активних сполук, що ґрунтуються на поєднанні міждисциплінарних методів, зокрема, ґрунтової мікробіології (для виділення нових штамів бактерій); фізіології і біохімії мікроорганізмів (для вивчення їх властивостей); біотехнології (для відбору штамів та оцінки можливості створення на їх основі технологій, спрямованих на очищення довкілля).

У процесі виконання роботи використано сучасні методи виділення, культивування та ідентифікації мікроорганізмів із застосуванням диференціально-діагностичних середовищ та тест-систем, досліджено їхні біологічні властивості, як описано у працях: Гудзь С. П. Практикум з мікробіології : підручник : [для студ. вищ. навч. закл.] / С. П. Гудзь, С. О. Гнатуш, Г. В. Яворська, І. С. Білінська, Б. М. Борсукевич. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2014. – 436 с.; Определитель бактерий Берджи : в 2 т. Т 2. / ред. Дж. Хоулт, Н. Криг, П. Снит, Дж. Стейли, С. Уилльямс ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1997. – 368 с.

Морфологічні особливості мікроорганізмів визначено із застосуванням біокулярного мікроскопа Axio Lab.A1 компанії Carl Zeiss та інвертованого мікроскопа Olympus IX73 з цифровою камерою DP-74. Визначення фізіолого-біохімічних характеристик мікроорганізмів проведено з використанням біохімічних методів (спектрофотометр DeNovix DS-11+) та методу високоефективної рідинної хроматографії (Agilent 7890A). Із використанням відповідних тест-систем визначено здатність ізольованих мікроорганізмів до синтезу низки ферментів за умов впливу важких металів. Резистентність до сполук купруму, хрому, плумбуму визначено з використанням методів як описано у працях: Дяків С. В. Фізіолого-біохімічні властивості *Desulfuromusa* sp. CB30, виділених із породних відвалів вугільних шахт / С. В. Дяків, С. О. Гнатуш, А. А. Галушка // Мікробіол. журн. – 2017. – Т. 79, № 5. – С. 80–90. <http://microbiolj.org.ua/ua/>; Kuzmishyna-Diakiv S. Microbiota of the Coal Pits Waste Heaps / S. Kuzmishyna-Diakiv, S. Hnatush. – Lambert Academic Publishing, 2015. – 48 p. ISBN: 978-3-659-77404-1. Антибактеріальну та антифунгальну активність визначено з використанням методу перпендикулярних штрихів як описано у праці: Гудзь С. П. Практикум з мікробіології : підручник : [для студ. вищ. навч. закл.] / С. П. Гудзь, С. О. Гнатуш, Г. В. Яворська, І. С. Білінська, Б. М. Борсукевич. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2014. – 436 с.

5.2. Матеріально-технічне забезпечення робіт (у т.ч. вказати, які первинні дані, матеріали та/або зразки, отримані в українських антарктичних експедиціях, використані для досліджень).

У Львівському національному університеті імені Івана Франка наявна матеріально-технічна база для виконання робіт по темі, зокрема, для досліджень використано наявні на кафедрі мікробіології електронні ваги АД-50 та AS-220R2, ФЕК КФК-3, спектрофотометр СФ-46, рН-метр 150 М, паровий стерилізатор, холодильники, термостати, центрифуги ЦР-2, ОС-6М, ультразвуковий дезінтегратор, світлові мікроскопи. Прилади повірені 14–18.12.2018 р. та 10–12.12.2019 р. Роботи з мікроорганізмами проводились у 2 боксах, для їх культивування використано холодильники та термостатну кімнату. Для досліджень використано наявні на біологічному факультеті електронний мікроскоп, високоефективний рідинний хроматограф Agilent 7890A, наявні у Міжуніверситетському центрі колективного користування клітинної біології та

біоенергетики інвертований мікроскоп Olympus IX73 з цифровою камерою DP-74, спектрофотометр DeNovix DS-11+.

Для досліджень використано зразки ґрунту та мохоґрунту, отримані в українських антарктичних експедиціях:

№ 1 Ант 2019; відібрано 1.02.2019, зразок – мохоґрунт, о. Бус, координати 65°04.043 064°01.427;

№ 2 А 2019; відібрано 11.02.2019, зразок – мохоґрунт, мис Туксен, Антарктичний півострів, координати 65°16.184, 064°07.141;

4 А 2019; відібрано 18.02.2019, зразок – ґрунт, дешамсія, мох, о. Дербокс, координати 65°23.711 064°12.912;

5 А 2019; відібрано 18.02.2019, зразок – ґрунт, дешамсія, мох, о. Барселот, координати 65°19.705, 064°08.060;

6 № 6 А 2019; відібрано 18.02.2019, зразок – ґрунт, дешамсія, мох, о. Барселот, координати 65°19.701, 064°08.603;

8 А 2019; відібрано 22.02.2019, зразок – ґрунт, дешамсія, мох, о. Великий Ялур, координати 65°14.020, 064°09.666;

9.9 А 2019; відібрано 22.02.2019, зразок – ґрунт, мох, гриби, мис Расмусен, Антарктичний півострів, координати 65°14.848, 064°05.080;

10 А 2019; відібрано 23.02.2019, зразок – мохоґрунт, о. Рока, координати 65.10.730, 064.29.534;

11 А 2019; відібрано 26.02.2019, зразок – мохоґрунт, о. Скуа, координати 65.15.287, 064.16.417;

12 А 2019; відібрано 2.03.2019, зразок – мохоґрунт, о. Велер, координати 65°26.947 065°24.103;

14 А 2019; відібрано 2.03.2019, зразок – мохоґрунт, о. Велер, координати 65°26.947, 065°24.103;

17 А 2019;

64 А 2019; відібрано 20.03.2019, зразок – бентос, острови Рока, координати 65.10.443, 64.29.313;

79 А 2019; відібрано 12.03.2019, зразок – ґрунт, дешамсія, мох, о. Пітерман, координати 65°10.342, 064°08.317;

88 А 2019; відібрано 30.03.2019, зразок – *Deschampsia antarctica*, о. Галіндез, координати 65°14.704, 064°15.160;

89 А 2019; відібрано 30.03.2019, зразок – *Deschampsia antarctica*, о. Галіндез, координати 65°14.783, 064°14.788;

95 А 2019; відібрано 1.04.2019, зразок – мохоґрунт, о. Ірізар, координати 65°13.183, 064°11.695;

96 А 2019 гнилісний запах; відібрано 1.04.2019, зразок – мох, о. Форджі, координати 65°13.790, 064°16.700;

№ 3 відібрано 11.02.2019, зразок – лишайник, координати 65°16.441 064°06.816, мис Туксен, Антарктичний півострів;

67 А 2019, водойма на острові Галіндез, зразок – бентос, відібрано 28.02.2019, координати 65.14.910, 64.14.707;

68 А 2019; водойма на острові Галіндез, зразок – бентос, відібрано 28.02.2019, координати 65.14.945, 64.14.785;

75 А 2019; відібрано 9.03.2019, зразок – мохоґрунт, о. Галіндез, координати 65°14.798 064°14.930.

5.3. Особливі вимоги до техніки безпеки, охорони праці, захисту довкілля тощо.

Перед виконанням НДР здійснено раціональне, логічне і послідовне планування експериментів з урахуванням правил техніки безпеки та охорони праці. Реакційні суміші після виконання

експериментальних робіт та миття посуду утилізовані з дотриманням вимог щодо захисту довкілля.

6. Основні результати роботи, їх наукова новизна.

6.1. Основні результати досліджень. Опис створеної наукової (науково-технічної) продукції, її якісні та кількісні (технічні) характеристики та (або) параметри (у т.ч. вказати відповідність отриманих результатів показникові(ам) виконання відповідного(их) завдання(ь) та заходу(ів) згідно з Додатком 2 до Програми).

Виділено 10 чистих культур мікроорганізмів з антарктичних зразків, отриманих під час українських антарктичних експедицій. Визначено біологічні характеристики штамів мікроорганізмів з різних субстратів Антарктики за впливу високих концентрацій важких металів (Cu (II), Cr (VI), Pb (II)) та виконано роботи з їхнього депонування. Визначено культурально-морфологічні та фізіолого-біохімічні характеристики цих мікроорганізмів. Визначення амплітуди метаболічної активності виділених штамів за впливу сполук купруму, хрому та плюмбуму дозволило створити бази даних щодо впливу сполук важких металів на антарктичні мікроорганізми. Визначено їхню здатність до синтезу екзополісахаридів та біологічно-активних речовин. Виділені з антарктичних зразків 3 культури мікроорганізмів ідентифіковано як *Arthrobacter* sp., *Pseudomonas* sp. та *Psychrobacter* sp. Поповнено колекцію технологічно перспективних штамів мікроорганізмів 10-ма новими штамми металорезистентних бактерій, які можуть бути перспективними для використання у природоохоронних технологіях. Депоновано три штами мікроорганізмів у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України. Отримано свідоцтва про депонування трьох штамів мікроорганізмів: *Arthrobacter* sp. ІМВ В-7860, *Pseudomonas* sp. ІМВ В-7866 та *Psychrobacter* sp. ІМВ В-7865, від 18.12.2019 р.

6.2. Наукова новизна та оцінка рівня отриманих результатів на основі їх порівняння із існуючими аналогами у світовій науці з посиланням на конкретні публікації.

Фізіолого-біохімічні властивості антарктичних мікроорганізмів досліджують з метою з'ясування їхньої здатності синтезувати біологічно-активні речовини як результат адаптації до екстремальних умов існування, зокрема, низької температури, ультрафіолетового випромінювання, впливу сполук важких металів тощо (Кондратюк та ін. (2016), Укр. антракт. журн., № 15). Із антарктичних зразків, отриманих під час українських антарктичних експедицій, виділено нові чисті культури мікроорганізмів, досліджено їхні культуральні, морфологічні, фізіологічні та біохімічні властивості, встановлено амплітуду метаболічної активності за впливу сполук найбільш токсичних важких металів: купруму, хрому та плюмбуму, визначено здатність мікроорганізмів синтезувати екзополісахариди та біологічно-активні речовини. Вже відомо, що мікроорганізми, виділені з антарктичних зразків, характеризуються антибактеріальною й антифунгальною активністю, здатністю синтезувати біологічно-активні сполуки та є перспективними у біотехнологічній індустрії. Встановлено, що метаболіти міцеліальних грибів Антарктики пригнічують ріст *Staphylococcus aureus* (Henriquez et al. (2013), Chilean Antarctic Bull., Vol. 13, № 1–2); з грибів *Penicillium nalgiovense* Laxa, виділених з антарктичних зразків, виділено амфотеріцин, який проявляє активність щодо *Candida albicans* (Svahn et al. (2015), Fungal Biol. & Biotechnol., Vol. 1); гриби роду *Penicillium*, виділені з екологічних ніш Арктики і Антарктики, синтезують ергоалкалоїди, які виявляють антибактеріальні, антифунгальні і протипухлинні властивості (Антипова Т. В. Штамми-релікты грибів рода *Penicillium* как продуценты вторичных метаболитов: автореф. дисс. канд. биол. наук. 2009. 22 с.). Екзополісахариди антарктичних мікроорганізмів можна використовувати як біосурфактанти у процесах детоксикації ґрунтів,

забруднених нафтопродуктами (Poli et al. (2010), *Mar Drugs*, Vol. 8, № 6; Papa et al. (2013), *Res. Microbiol.*, Vol. 164, № 5; Geraldine Asencio et al. (2014), *Electron. J. Biotechnol.*, Vol. 17, № 1). Антарктичні мікроорганізми стійкі до широкого спектру токсичних сполук важких металів і з високою ефективністю вилучають їх із розчинів. На основі цього явища розроблено біотехнології, які дають змогу одночасно знешкоджувати поліметалічні стічні води і утилізувати екологічно небезпечні органічні відходи, наслідком чого є одержання концентрату металів та екологічно чистої води. Природоохоронні біотехнології, розроблені для знешкодження органічних відходів та очищення стічних вод на українській антарктичній станції “Академік Вернадський”, можуть бути впроваджені в Україні для біоремедіації побутових звалищ та очищення фільтратів мегаполісів (Таширевіч (2013), *Світогляд*, № 1). Депонування трьох штамів бактерій: *Arthrobacter* sp. 10A_3T_20 (*Arthrobacter* sp. IMB B-7860), виділеного з мохогрунту, о. Рока, Антарктида (координати 65°10.730, 064°29.534); *Pseudomonas* sp. 5A_1N_20 (*Pseudomonas* sp. IMB B-7866), виділеного з ґрунту, відібраного з-під моху *Deschampsia antarctica*, о. Барселот, Антарктида (координати 65°19.705, 064°08.060); *Psychrobacter* sp. 89_1T (*Psychrobacter* sp. IMB B-7865), виділеного з моху *Deschampsia antarctica*, о. Галіндез, Антарктида (координати 65°14.783, 064°14.788), поповнило колекцію технологічно перспективних штамів мікроорганізмів, що у подальшому дасть змогу активно здійснювати патентно-ліцензійну діяльність.

7. Практична цінність результатів роботи.

7.1. Експлуатаційні та споживчі характеристики створеної продукції.

За результатами проведених досліджень підготовлено науковий та анотований звіт про виконання науково-дослідної роботи, депоновано три штами мікроорганізмів у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України та отримано свідоцтва про їхнє депонування. Бактерії *Arthrobacter* sp. 10A_3T_20 як джерела карбону використовують глюкозу, маніт, сорбіт, мальтозу, лактозу, стійкі до 5 г/л Cu^{2+} , 0,5 г/л Cr (VI), 0,1 г/л Pb^{2+} . Бактерії *Pseudomonas* sp. 5A_1N_20 як джерела карбону використовують глюкозу, арабінозу, сахарозу, ксилозу, мальтозу, манозу, рамнозу, лактозу, дульцит, інозит, маніт, сорбіт, стійкі до 0,1 г/л Cu^{2+} , 0,5 г/л Cr (VI), 0,1 г/л Pb^{2+} . Бактерії *Psychrobacter* sp. 89_1T як джерела карбону використовують глюкозу, маніт, сорбіт, мальтозу, манозу, рамнозу і лактозу, стійкі до 0,5 г/л Cu^{2+} , 0,5 г/л Cr (VI), 0,1 г/л Pb^{2+} . Наведені характеристики відібраних металорезистентних штамів дозволяють вважати їх перспективними для використання у біотехнологіях очищення забруднених середовищ від органічних субстратів (джерел карбону) та важких металів (Cu^{2+} , Cr (VI), Pb^{2+}).

7.2. Цінність отриманих результатів для потреб розвитку соціально-економічної системи країни та загальнолюдської спільноти; для конкретної галузі науки та суспільної практики; для світової та вітчизняної науки.

Науково-технічна продукція, отримана в результаті виконання завдань НДР (технологічно перспективні штами антарктичних мікроорганізмів), має фундаментальне наукове і вагомое практичне значення та може бути використана у природоохоронних технологіях, зокрема, спрямованих на біоремедіацію ґрунтів, очищення побутових чи промислових стоків, забруднених органічними сполуками та токсичними важкими металами. Розвиток рентабельних промислових біотехнологій передбачає інтенсивний пошук активних штамів-продуцентів, місця існування яких пов'язані з екстремальними умовами, які мають високий адаптаційний потенціал і здатні синтезувати біологічно-активні сполуки на недорогій сировині. Високий рівень рентабельності технологій з використанням мікроорганізмів може бути забезпечений за рахунок високої ефективності, стійкості у широкому діапазоні температури та рН, біологічної активності, а

водночас біодеградабельності і низької токсичності продуктів мікробного синтезу, які можуть широко застосовуватися в різних галузях діяльності людини. Використання металорезистентних мікроорганізмів в природоохоронних заходах (зокрема, для біоремедіації, очищення металовмісних стічних вод) є найефективнішим способом вирішення проблеми техногенних порушень, які призводять до передкризового або кризового стану екосистем. Розкриття потужного біотехнологічного потенціалу адаптованих до стресових чинників антарктичних штамів мікроорганізмів, здатних трансформувати широкий спектр речовин, цінне для розв'язання проблеми забруднення ефективними, рентабельними та екологічно безпечними біологічними методами.

Результати досліджень змін фізіологічних та біохімічних властивостей стійких до дії важких металів штамів мікроорганізмів, виділених із різних антарктичних зразків, суттєво доповнюють сучасне розуміння механізмів їх адаптації до умов існування, оскільки особливості метаболізму мікроорганізмів за дії різноманітних стресових чинників, зокрема, важких металів чи УФ-променів залишаються у багатьох випадках мало з'ясованими. Розвиток біотехнологій, що засновані на використанні потенціалу стійких до екстремальних умов мікроорганізмів у трансформуванні органічних та неорганічних забруднювачів довкілля, є одним із стратегічних напрямків сучасної світової та вітчизняної науки.

Отримані у процесі виконання НДР результати є цінними для підготовки фахівців у системі освіти, зокрема, для удосконалення й оновлення лекційних курсів: “Екстремофільні мікроорганізми”, “Екологія мікроорганізмів”, “Мікробіологія”, “Регуляція метаболізму у прокариот” та циклів лабораторних робіт.

7.3. Навести перелік інформаційно-аналітичних матеріалів, рекомендацій, розробок, пропозицій тощо, що можуть бути передані для використання поза межами організації-виконавця на підставі укладання господарчих договорів, грантових угод, продажу ліцензій тощо (Інформацію щодо результатів роботи, які впроваджено у 2019 році, навести за формою, що додається).

На підставі результатів досліджень адаптаційних змін мікроорганізмів, виділених з різних субстратів Антарктики, здатних до перетворення різних хімічних сполук, зокрема, токсичних, можуть бути розроблені науково обґрунтовані рекомендації щодо способів захисту навколишнього середовища від наслідків антропогенної дії. Штами мікроорганізмів *Arthrobacter* sp. ІМВ В-7860, *Pseudomonas* sp. ІМВ В-7866 та *Psychrobacter* sp. ІМВ В-7865, які задепоновані у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, можуть бути передані для використання поза межами організації-виконавця на підставі продажу ліцензій, укладання господарчих договорів чи грантових угод.

Науково-технічна продукція, отримана в результаті виконання проекту (штами антарктичних мікроорганізмів), може бути використана фахівцями установ Національної академії наук України та галузевих академій наук України, в різних галузях біотехнологічних виробництв, промисловості, природоохоронних технологіях. Вона є інвестиційно привабливою для Міністерства екології та природних ресурсів України, низки промислових підприємств. Оскільки результати досліджень механізмів адаптації антарктичних мікроорганізмів до умов існування та дії важких металів мають вагоме фундаментальне наукове значення, вони можуть бути використані для підготовки фахівців у ЗВО Міністерства освіти і науки України.

8. Ступінь розкриття результатів роботи.

8.1. Перелік статей у фахових українських та зарубіжних виданнях, монографій, доповідей на конференціях та семінарах, захищених дисертацій, отриманих патентів, проданих ліцензій тощо).

Статті в журналах і збірниках:

Підготовлено до друку 2 статті:

1. Гнатуш С. О. Морфологічні та фізіолого-біохімічні характеристики металорезистентних штамів мікроорганізмів, виділених з різних субстратів Антарктики / С. О. Гнатуш, Т. Б. Перетятко, О. М. Мороз, О. Д. Масловська // Укр. антаркт. журн. – 11 с. – 12.2019.
2. Перетятко Т. Б. Використання різних джерел карбону металорезистентними штамми *Arthrobacter* sp., *Pseudomonas* sp. та *Psychrobacter* sp., виділеними з різних антарктичних зразків / Т. Б. Перетятко, С. О. Гнатуш, О. М. Мороз, О. Д. Масловська // Укр. антаркт. журн. – 8 с. – 12.2019.

Матеріали конференцій, інші публікації:

Підготовлено до друку 3 тези доповідей на XVI Міжнародній науковій конференції студентів і аспірантів “Молодь і поступ біології”, присвяченій 75 річниці створення біологічного факультету Львівського національного університету ім. І. Франка та 90 річниці від дня народження проф. М. П. Деркача.

Перелік охоронних документів (патенти, свідоцтва про реєстрацію авторського права) на об'єкти права інтелектуальної власності:

1. Свідоцтво про депонування штаму бактерій *Arthrobacter* sp. 10A_3T_20 у Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України з наданням реєстраційного номеру *Arthrobacter* sp. ІМВ В-7860 від 18 грудня 2019 року / С. О. Гнатуш, Т. Б. Перетятко, О. М. Мороз, О. Д. Масловська.
2. Свідоцтво про депонування штаму бактерій *Pseudomonas* sp. 5A_1N_20 у Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України з наданням реєстраційного номеру *Pseudomonas* sp. ІМВ В-7866 від 18 грудня 2019 року / С. О. Гнатуш, Т. Б. Перетятко, О. М. Мороз, О. Д. Масловська.
3. Свідоцтво про депонування штаму бактерій *Psychrobacter* sp. 89_1T у Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України з наданням реєстраційного номеру *Psychrobacter* sp. ІМВ В-7865 від 18 грудня 2019 року / С. О. Гнатуш, Т. Б. Перетятко, О. М. Мороз, О. Д. Масловська.

9. Висновки (у т.ч. навести оцінку одержаних результатів роботи з урахуванням світових тенденцій вирішення проблеми).

1. Виділено 10 чистих культур мікроорганізмів з антарктичних зразків, отриманих під час українських антарктичних експедицій.
2. Визначено культурально-морфологічні та фізіолого-біохімічні характеристики цих мікроорганізмів.
3. Виділені з антарктичних зразків три культури мікроорганізмів ідентифіковано як *Arthrobacter* sp., *Pseudomonas* sp. та *Psychrobacter* sp.
4. Визначено амплітуду метаболічної активності антарктичних мікроорганізмів за впливу важких металів (Cu (II), Cr (VI), Pb (II)). Встановлено, що бактерії *Arthrobacter* sp. 10A_3T_20 стійкі до 5 г/л Cu²⁺, 0,5 г/л Cr (VI), 0,1 г/л Pb²⁺; *Pseudomonas* sp. 5A_1N_20 – до 0,1 г/л Cu²⁺, 0,5 г/л Cr

(VI), 0,1 г/л Pb²⁺; *Psychrobacter* sp. 89_1T – до 0,5 г/л Cu²⁺, 0,5 г/л Cr (VI), 0,1 г/л Pb²⁺.

5. Показано, що виділені з антарктичних зразків металорезистентні штами використовують широкий спектр органічних сполук як джерела карбону. Бактерії *Arthrobacter* sp. 10A_3T_20 використовують глюкозу, маніт, сорбіт, мальтозу, лактозу; *Pseudomonas* sp. 5A_1N_20 – глюкозу, арабінозу, сахарозу, ксилозу, мальтозу, манозу, рамнозу, лактозу, дульцит, інозит, маніт, сорбіт; *Psychrobacter* sp. 89_1T – глюкозу, маніт, сорбіт, мальтозу, манозу, рамнозу і лактозу.
6. Визначено здатність антарктичних мікроорганізмів до синтезу екзополісахаридів та біологічно-активних речовин.
7. Колекцію технологічно перспективних штамів мікроорганізмів поповнено 10-ма новими штамми металорезистентних бактерій, які можуть бути перспективними для використання у природоохоронних технологіях.
8. Депоновано три штами мікроорганізмів у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України. Отримано свідоцтва про депонування трьох штамів мікроорганізмів: *Arthrobacter* sp. IMB B-7860, *Pseudomonas* sp. IMB B-7866 та *Psychrobacter* sp. IMB B-7865, від 18.12.2019 р. Депоновані штами успішно можуть бути використані у біотехнологіях очищення забруднених середовищ від органічних субстратів (джерел карбону) та важких металів (Cu²⁺, Cr (VI), Pb²⁺).

10. Обґрунтування доцільності подальшого проведення наукових досліджень із даної тематики:

Стратегія розвитку сучасної світової науки пов'язана з біотехнологіями, які засновані на використанні потенціалу мікроорганізмів екстремальних місцеіснувань. Зокрема, фізико-хімічні фактори довкілля Антарктики спричиняють значні адаптаційні зміни у метаболізмі мікроорганізмів. Тому пошук штамів серед різноманіття антарктичних мікроорганізмів, які можуть широко застосовуватися в промисловості, природоохоронних заходах тощо, та встановлення їхніх біологічних особливостей, є надзвичайно перспективним завданням.

11. Рішення Вченої ради біологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка від 29 листопада 2019 року (протокол № 4).

Вважати, що запланований обсяг робіт по темі “Фізіолого-біохімічні властивості антарктичних металорезистентних технологічно перспективних штамів мікроорганізмів” виконано повністю відповідно до умов Договору, календарного плану та технічного завдання. Науковий та анований звіти про виконання НДР по темі Н/08-2019 за Договором № Н/08-2019 від 01 жовтня 2019 р. затвердити.

Науковий керівник роботи

Ректор Львівського національного
Університету імені Івана Франка

_____ С. О. Гнатуш

_____ В. П. Мельник

МП