

АНОТОВАНИЙ ЗВІТ

за Договором № Н/02-2021 від 05 липня 2021 р.

1. Загальні відомості.

1.1. Назва науково-дослідної роботи (далі – НДР): “Мікробіота наземних рослинних угруповань морської Антарктики” (ДК 015-97: I.1 03 Дослідження та розробки в галузі біологічних наук).

1.1.1. Категорія НДР: прикладне дослідження.

1.1.2. Номер державної реєстрації теми НДР: 0121U112291.

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 Міністерства освіти і науки 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; № 32 від 20.01.2021}.

План виконання фундаментальних та прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок Державної установи Національний антарктичний науковий центр МОН України на 2021 рік для реалізації завдань та заходів Державної цільової науково-технічної програми проведення досліджень в Антарктиці на 2011–2023 роки, затверджений наказом ДУ НАНЦ від 15 лютого 2021 р. № 2-Н.

Наказ ДУ НАНЦ від 30.06.2021 р. № 8-Н “Про затвердження переліку науково-дослідних робіт і науково-технічних розробок – переможців Конкурсу за Державною цільовою науково-технічною програмою проведення досліджень в Антарктиці на 2011–2023 роки, які фінансуватимуться у 2021 році”.

1.6. Назва бюджетної програми: Наукова і науково-технічна діяльність на антарктичній станції “Академік Вернадський”, код програмної класифікації видатків 2201410.

1.7. Термін виконання НДР: початок – 05 липня 2021 р., закінчення – 21 грудня 2021 р.

1.8. Вартість НДР: 220 тис. гривень; обсяг фактично отриманих коштів на виконання НДР: 220 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): 5, з них – кандидати наук: 4, доктори наук: 0.

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

2.1. Найменування завдання і заходу Програми, на виконання якого спрямовано науково-дослідну роботу (вказати номер і найменування завдання, заходу та (у разі наявності) частини заходу Програми відповідно до умов Конкурсу та Додатку 2 до Програми, затвердженої постановою КМУ від 03 листопада 2010 р. № 1002 зі змінами).

Науково-дослідна робота спрямована на вирішення завдання 15. Вивчення корисних властивостей та біологічно активних речовин антарктичних організмів. *Захід 1).* Проведення пошуку, визначення характеристик та депонування антарктичних мікроорганізмів – продуцентів біологічно активних речовин. *а).* Характеристика мікроорганізмів з різних наземних рослинних угруповань морської Антарктики (відповідно до умов Конкурсу та Додатку 2 до Програми, затвердженої постановою КМУ від 03 листопада 2010 р. № 1002, в редакції постанови КМУ від 20 січня 2021 р. № 32).

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

Біоценози Антарктики сформовані унікальними екстремофільними організмами, які піддаються впливу різних чинників середовища. Вони характеризуються малою видовою різноманітністю і адаптаціями, які дозволяють виживати за низького вмісту органічних речовин, високих концентрацій важких металів, низьких температур, УФ-опромінення тощо. Роль мікроорганізмів у функціонуванні цих біоценозів є малодослідженою. Для роботи використані зразки, відібрані з різних ділянок, які відрізняються між собою рослинним покривом чи антропогенним впливом, наприклад, ділянки з різними угрупованнями мохів (*Sanionia* sp., *Polytrichum strictum*), судинними рослинами і мохами (*Colobanthus quitensis*, *Sanionia* sp., *Bryum pseudotriquetrum*), різного антропогенного забруднення. Забір зразків було зроблено під час 26-ї Української антарктичної експедиції. Виділення із антарктичних субстратів мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп, дослідження їхніх властивостей є важливими як з практичної, так і з теоретичної точок зору. Ці дослідження повинні бути системними і мати перспективу практичного використання для широкого кола дослідників. Для цього важливо зробити як визначення загальної чисельності мікроорганізмів, так і чисельності основних еколого-трофічних груп у зразках, провести аналіз і дати порівняльну характеристику мікробних комплексів різних частин наземних рослинних угруповань та різних рослинних угруповань, визначити потенційну біологічну активність досліджуваних субстратів. Отримані результати сприятимуть поглибленню розуміння ґрунтотворних процесів чи демонструватимуть антропогенний вплив. З метою біотехнологічного застосування важливо визначити властивості, ідентифікувати й провести депонування штамів бактерій, які характеризуються стійкістю до сполук важких металів та здатністю до синтезу екзополісахаридів.

Основні репрезентативні групи антарктичних мікроорганізмів належать до *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria* та *Firmicutes* (Silva et al., 2018). Їхнє виживання за екстремальних умов забезпечується синтезом вторинних метаболітів, білків холодового шоку, екзополісахаридів, систем реагування на осмотичний та окиснювальний стрес, утворення біоплівки, утворення спор, рухливості тощо (Barrientos, 2018; Silva et al., 2018). Відомо, що ці стратегії виживання мікробів регулюються механізмом зондування кворуму (Mangano et al., 2018; Wong et al., 2019). Виділенням перспективних штамів мікроорганізмів займаються дослідники з різних країн, у т.ч. і з України. 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,

стосуються дослідження екстремофільних мікроорганізмів: їх екології, фізіології, систематики, стійкості до екстремальних факторів. Ними створено колекцію мікроорганізмів 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 ізолювала культури мікроскопічних грибів і бактерій, які здатні синтезувати біологічно-активні речовини (Кондратюк та ін. (2016), Укр. антракт. журн., № 15). Науковці з Польщі ідентифікували низку генів стійкості до йонів важких металів у 62 штамів антарктичних бактерій, що дає змогу проаналізувати причини поширення фенотипів, стійких до йонів важких металів (Romaniuk et al. (2018), Polar Biology, Vol. 41). Бактерії, стійкі до високих концентрацій йонів важких металів, можуть бути використані для очищення стічних вод з одержанням цінних наноматеріалів. Вчені з Південної Америки дослідили здатність антарктичних бактерій видаляти As та Cd з розчинів і синтезувати флуоресцентні наночастинки CdS за низьких температур (Glatstein et al. (2018), J. Environ. Eng., Vol. 144, № 3). Мікроорганізми використовують для синтезу флуоресцентних колоїдних наночастинок, які застосовують як біосенсиори у сонячних батареях. У Центрі біоінформатики та інтегративної біології (Чилі) встановили здатність металорезистентних бактерій продукувати наночастинки, перспективні у процесах біоремедіації (Plaza et al. (2016), Microbial Cell Factories, Vol. 15). Групою науковців з різних країн доведено ефективність використання антарктичних металорезистентних та металотолерантних психрофільних мікроорганізмів у деструкції вуглеводнів нафти у морській воді (Zakaria et al. (2020), Revista Mexicana de Ingeniería Química, Vol. 19, № 3). Мікроорганізми, високочутливі до кадмію, перспективні для розроблення біосенсорів для виявлення йонів металу в зразках з довкілля; психротолерантні штами мікроорганізмів є джерелом нових протимікробних сполук (Salwan & Sharma (2020), Physiological and biotechnological aspects of extremophiles). Групою науковців ЛНУ імені Івана Франка із ризосфери *D. antarctica* та *C. quitensis* виділені актинобактерії, які синтезують гідролітичні ензими та проявляють антагоністичний ефект щодо бактерій та мікроскопічних грибів (Gromyko et al. (2021), X International Antarctic conference dedicated to the 25th anniversary of raising of the National flag of Ukraine at the Ukrainian Antarctic Akademik Vernadsky station).

Пріоритетом колективу вже понад 15 років є вивчення властивостей бактерій, виділених із різних біотопів, зокрема, останні три роки значну увагу приділяється визначенню біологічних характеристик штамів мікроорганізмів, виділених з різних субстратів Антарктики (Hnatysh et al. (2020), Ukrainian Antarctic Journal, Vol. 20, № 1). Із антарктичних зразків виділено 15 чистих культур металорезистентних мікроорганізмів з різними ензиматичними активностями, досліджено їхні фізіолого-біохімічні властивості. Виконані роботи з депонування антарктичних штамів *Arthrobacter* sp. IMB B-7860, *Pseudomonas* sp. IMB B-7866, *Psychrobacter* sp. IMB B-7865, *Paenibacillus tundrae* IMB B-7915, *Pseudomonas yamanorum* IMB B-7916. Нуклеотидні послідовності гена 16S рРНК деяких штамів задепоновано в базі даних GenBank. Визначено стійкість антарктичних мікроорганізмів до впливу важких металів (Cd^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Cr(VI) , Mn^{2+} , Co^{2+}) та здатність до синтезу біологічно активних речовин, зокрема, ферментів та екзополісахаридів. Визначено амплітуду їхньої метаболічної активності, зокрема, ліпазної та амілазної, за впливу сполук металів. Забруднення середовищ важкими металами, УФ-опромінення, низькі температури впливають на процеси, які здійснюють бактерії (Segin et al. (2018), Мікробіол. журн., Vol. 80, № 3; Hnatysh et al. (2018), Biosystems Diversity, Vol. 26, № 3; Segin et al. (2020), Ukr. Biochem. J., Vol. 92, № 1), тому важливо дослідити їхній метаболічний потенціал. Дослідження мікроорганізмів, виділених із різних зразків Антарктики, де вони піддавалися впливу

екстремальних чинників середовища, та депонування їхніх штамів є актуальними і будуть важливими для розроблення технологій очищення середовищ від різних поллютантів, для отримання біологічно активних речовин, а також для розширення знань про біологічні процеси за участю мікроорганізмів (Канецька та ін. (2021), XVII Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів “Молодь і поступ біології”), які відбуваються за екстремальних умов. Враховуючи результати досліджень і інших авторів, можна припустити, що в клітинах антарктичних мікроорганізмів виникли ефективні механізми адаптації до несприятливих умов навколишнього середовища (Комплікевич та ін. (2021), 6-й Міжнародний молодіжний конгрес “Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”). Виконавці мають вітчизняний пріоритет, а також відомі у світі своїми роботами з генерування електричного струму бактеріями (Vasylyv et al. (2016), Mikrobiol. Biotechnol., № 4(36); Hnatysh & Maslovska (2018), The Development of Natural Sciences), розроблення технологій очищення стічних вод (Malovanyu et al. (2019), J. Ecol. Eng., Vol. 20, № 2; Hnatysh et al. (2020), Ecological Questions, Vol. 31, № 1; Moroz et al. (2020), Biosyst. Divers., Vol. 28, № 1), дослідження мікробоценозів (Чайка та ін. (2017), Агроекол. журн., № 1; Тарабас та ін. (2017), Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол., Вип. 76), про що свідчать близько 98 публікацій, які входять до наукометричних баз даних, 11 захищених кандидатських дисертацій, 15 охоронних документів. Роботи з виділення чистих культур антарктичних мікроорганізмів та визначення біологічних характеристик цих штамів вже виконувалися виконавцями і є продовженням виконаних раніше робіт.

2.3. Об’єкт та предмет дослідження.

Об’єкт дослідження: мікроорганізми різних наземних рослинних угруповань Антарктики (*Sanionia* sp., *Polytrichum strictum*, *Colobanthus quitensis*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Warnstorfia fontinaliopsis* тощо).

Предмет дослідження: еколого-трофічні групи мікроорганізмів з різних наземних рослинних угруповань Антарктики, фізіолого-біохімічні властивості, молекулярно-генетична характеристика бактерій, їхній біотехнологічний потенціал.

3. Мета НДР (відповідно до затвердженого Технічного завдання).

Метою роботи є дослідження загальної чисельності мікроорганізмів, чисельності еколого-трофічних груп мікроорганізмів різних рослинних угруповань (*Sanionia* sp., *Polytrichum strictum*, *Colobanthus quitensis*, *Warnstorfia fontinaliopsis* тощо) ділянок з різним рівнем забруднення, визначення їхньої потенційної біологічної активності, виділення чистих культур мікроорганізмів та депонування 2-х штамів бактерій. Публікація результатів проведених досліджень у 3 тезах доповідей на конференціях та 2 статтях. Захист 1 магістерської роботи, 2 кваліфікаційних робіт бакалавра, 3 курсових робіт та продовжено виконання 1 дисертаційного дослідження.

4. Основні завдання (відповідно до затвердженого Технічного завдання).

1) Визначення загальної чисельності мікроорганізмів у зразках, відібраних з 11-ти різних місць, які відрізняються складом рослинних угруповань, під час 26-ї Української антарктичної експедиції.

2) Визначення чисельності основних еколого-трофічних груп у цих зразках.

3) Аналіз і порівняльна характеристика мікробних комплексів різних частин наземних рослинних угруповань та різних рослинних угруповань.

4) Визначення потенційної біологічної активності досліджуваних субстратів.

5) Виділення чистих культур бактерій, дослідження їхніх фізіолого-біохімічних властивостей.

6) Депонування 2-х штамів 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 з різних наземних рослинних угруповань Антарктики, еколого-трофічних груп, їхніх фізіолого-біохімічних характеристик та біотехнологічного потенціалу, 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); молекулярної біології (для філогенетичного аналізу послідовностей гена 16S рРНК ізолятів); математичної статистики (для обчислення статистичних параметрів даних, їхнього аналізу й оцінки достовірності). Вибрані методи доповнюють один одного і створюють цілісний ланцюг дослідження. Враховуючи досвід попередніх наших досліджень, низку методів модифіковано. Результати досліджень дозволяють розкрити біотехнологічний потенціал виділених штамів мікроорганізмів. Новизною підходу є можливість порівняння особливостей метаболізму, способів адаптації та біотехнологічного потенціалу у штамів, які виділені із різних рослинних угруповань та територій, які характеризуються різним забрудненням.

У роботі використано оновлені методи визначення чисельності еколого-трофічних груп, аналізу мікробних комплексів, виділення та ідентифікації мікроорганізмів з антарктичних зразків, які описані у: 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. Підібрано оптимальні умови для росту цих мікроорганізмів та синтезу ними біологічно-активних сполук. Застосування цих методів передбачає окремі модифікації, які враховують екстремальні умови, за яких ці мікроорганізми заселяли свій біотоп. У ході роботи оновлено існуючі методи визначення потенційної біологічної активності досліджуваних субстратів. Морфологічні властивості мікроорганізмів визначено із застосуванням бінокулярного мікроскопа Axio Lab.A1 компанії Carl Zeiss та інвертованого мікроскопа Olympus IX73 з цифровою камерою DP-74. Виділення клітинної ДНК мікроорганізмів проведено фенольним методом. Ген 16S рРНК ампліфіковано з використанням олігонуклеотидних праймерів: 27f та 1492r, методами, які описані у праці: Федоренко В. О. Великий практикум з генетики, генетичної інженерії та аналітичної біотехнології мікроорганізмів : навчальний посібник для студ. біол. фак. ун-тів / В. О. Федоренко, Б. О. Осташ [та ін.]. – Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – 278 с. Резистентність до сполук важких металів визначено з використанням культуральних та біохімічних методів як це 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. Hnatysh. – Lambert Academic Publishing, 2015. – 48 p. ISBN: 978-3-659-77404-1. Визначення фізіолого-біохімічних властивостей мікроорганізмів (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.; Remel RapID™ ANA II [Electronic resource] : [Cited 2019, 19 December]. – Available from : http://www.oxid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=R8311002) проведено з використанням

спектрофотометра DeNovix DS-11+ і високоефективного рідинного хроматографа Agilent 7890A. Із використанням відповідних тест-систем визначено здатність ізольованих мікроорганізмів до синтезу низки ензимів (Elegado F. Screening, identification and optimization of extracellular lipase production of yeast (*Cryptococcus flavescens*) isolated from a tree canopy fern in the Mount Makiling Forest Reserve, Philippines / F. Elegado, C. L. Legaspi, J. M. Paet, F. Querubin, J. E. Tolentino, J. Vilela, J. Zarate // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2019 – Vol. 2155, No. 1. – P. 020029; Ottoni J. R. Characterization of amylase produced by cold-adapted bacteria from Antarctic samples / J. R. Ottoni, T. R. e Silva, V. M. de Oliveira, M. R. Z. Passarini // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. – 2020. – Vol. 23. – P. 101452). За використання сучасних біохімічних методів визначено метаболічний потенціал ізолятів. Математичні методи та методи статистики дозволили проаналізувати результати і зробити їх порівняльний аналіз.

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 запланованих робіт, зокрема, для досліджень використано наявні на кафедрі мікробіології електронні ваги АД-50 та AS-220R2 (акт перевірки 04.12.2020–04.12.2021), ФЕК КФК-3, спектрофотометр СФ-46, рН-метр 150 М, стерилізатор паровий (акт перевірки 10.12.2020–10.12.2021), 4 холодильники, 3 термостати, центрифуги ЦР-2, ОС-6М, ультразвуковий дезінтегратор, біокулярний мікроскоп Axio Lab.A1 з цифровою камерою компанії Carl Zeiss. Роботи з мікроорганізмами проводились у 2 боксах, для їх культивування використано холодильники та термостатну кімнату. Для досліджень використано наявні у міжфакультетській навчальній лабораторії інструментальних методів дослідження, яка знаходиться на кафедрі мікробіології, електронний мікроскоп, високоефективний рідинний хроматограф Agilent 7890A. Для роботи використано наявні у Міжуніверситетському центрі колективного користування клітинної біології та біоенергетики, який знаходиться на біологічному факультеті, інвертований мікроскоп Olympus IX73 з цифровою камерою DP-74 та спектрофотометр DeNovix DS-11+.

Для досліджень використано біологічні зразки та проби, відібрані під час сезону у 26-й Українській антарктичній експедиції:

1. Forge Marynych Island: угруповання моху *Sanionia* sp. (субформація килимових мохів та матів); відібрано 12.02.2021; кількість місць – 4; шари: верхній та нижній; координати: S 65.236900, W 064.273638.

2. Galindez V01: ґрунт із місця гніздування *Larus dominicanus*; відібрано 04.03.2021; кількість місць – 4; шари: верхній та нижній; координати: S 65.247453, W 064.249915.

3. Dizel: угруповання *Bryum pseudotriquetrum*, угруповання *Larus dominicanus*; відібрано 20.02–02.03.2021; кількість місць – 4; шари: верхній та нижній; координати: S 65.245842, W 064.258451.

4. Galindez: угруповання моховий банк *Polytrichum strictum*, угруповання торф'янистих мохів; відібрано 03.03.2021; кількість місць – 4; шари: верхній та нижній; координати: S 65.246406, W 064.248403.

5. Guczny Island: угруповання *Larus dominicanus* з *Colobanthus quitensis*, *Sanionia* sp. - *Bryum pseudotriquetrum*, о. Гучний; відібрано 22.02.2021; кількість місць – 4; шари: верхній та нижній; координати: S 65.234423, W 064.216500.

6. Тераса саніонії: угруповання моху *Sanionia* sp. (субформація килимових мохів та матів), о. Скуа; відібрано 06.03.2021; кількість місць – 4; шари: верхній та нижній; координати: S 65.253271, W 064.255009.

7. Finger Point угруповання моху *Sanionia* sp. з щучником (субформація килимових мохів та матів); відібрано 21–22.02.2021; кількість місць – 4; шари: верхній та нижній; координати: S 65.254979, W 064.274408.

8. Ризосфера саніонового угруповання з судинною рослиною перлинницею, порт Шарко; відібрано 24.02.2021; кількість місць – 1; координати: S 65.067375, W 064.015122.

9. Мис Туксен місце логера: вологе угруповання *Warnstorfia fontinaliopsis* - *Sanionia* sp.; відібрано 21.02.2021; кількість місць – 2; шари: верхній та нижній; координати: S 65.268090, W 064.116540.

10. Мис Туксен місце логера: угруповання моховий банк *Polytrichum strictum*; відібрано 21.02.2021; кількість місць – 2; шари: верхній та нижній; координати: S 65.268090, W 064.116540.

11. Galindez: угруповання моху *Sanionia* sp. (субформація килимових мохів та матів), о. Галіндез; відібрано 04.03.2021; кількість місць – 4; шари: верхній та нижній; координати: S 65.245603, W 064.249399.

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

Проведення експериментів здійснено з урахуванням правил техніки безпеки та охорони праці. Реакційні суміші після виконання експериментальних робіт та миття посуду утилізовані з дотриманням вимог щодо захисту довкілля. Культури мікроорганізмів знищені автоклавуванням.

6. Основні результати НДР, 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) Програми згідно з умовами Конкурсу та Додатком 2 до Програми, затвердженій постановою КМУ від 03 листопада 2010 р. № 1002 зі змінами).

Визначено загальну чисельність та чисельність мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп у зразках наземних рослинних угруповань морської Антарктики, відібраних під час 26-ї Української антарктичної експедиції з 11 різних місць, які відрізняються за складом фітоценозів. Охарактеризовано мікробні комплекси різних частин наземних рослинних угруповань та різних рослинних угруповань досліджуваних субстратів. Виділено 350 ізолятів мікроорганізмів, які виявляють гідролітичні активності або здатні метаболізувати сполуки інфільтрату Львівського полігону твердих побутових відходів чи стічної води спиртового заводу. Відібрано 7 чистих культур антарктичних мікроорганізмів, що характеризуються амілазою, ліпазою, протеазною активностями, проведено дослідження їхніх морфологічних, культуральних та фізіолого-біохімічних властивостей, а також визначено стійкість впливу сполук важких металів. За результатами філогенетичного аналізу послідовності гена 16S рРНК та з урахуванням фізіолого-біохімічних властивостей досліджувані ізоляти ідентифіковано як представники родів *Pseudomonas*, *Paenarthrobacter*, *Flavobacterium*, *Pseudoarthrobacter*, *Pedobacter*, *Sphingomonas*. Відповідні нуклеотидні послідовності гена 16S рРНК задепоновано в базі даних GenBank. Депоновано два штами мікроорганізмів у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України. Отримано свідоцтва про депонування двох штамів мікроорганізмів: *Pedobacter* sp. 2U-K-37 IMB B-7900 та *Pseudarthrobacter* sp. 2B-K-54 IMB B-7900, від 10.12.2021 р.

У ході виконання НДР отримано результати, які повністю відповідають плановим показникам виконання завдання 15 (Вивчення корисних властивостей та біологічно активних речовин антарктичних організмів), заходу 1 (Проведення пошуку, визначення характеристик та депонування антарктичних мікроорганізмів – продуцентів біологічно активних речовин) та

підзаходу а (Характеристика мікроорганізмів з різних наземних рослинних угруповань морської Антарктики) Програми, затвердженої постановою КМУ від 03 листопада 2010 р. № 1002 зі змінами.

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

Мікробоценози Антарктики досліджені мало. Немає аналізу чисельності еколого-трофічних груп мікроорганізмів різних рослинних угруповань. Основні репрезентативні групи антарктичних мікроорганізмів належать до *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria* та *Firmicutes* (Silva et al., 2018). Їхнє виживання за екстремальних умов забезпечується синтезом вторинних метаболітів, білків холодового шоку, екзополісахаридів, систем реагування на осмотичний та окиснювальний стрес, утворення біоплівки, утворення спор, рухливості тощо (Barrientos, 2018; Silva et al., 2018). Відомо, що ці стратегії виживання мікробів регулюються механізмом зондування кворуму (Mangano S. et al., 2018; Wong S. Y. et al., 2019). 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). Оцінено антимікробні та фітостимулювальні властивості актиноміцетів ризосфери *Deschampsia antarctica*. Виявлено антагоністів фітопатогенних бактерій і грибів. Для низки ізолятів продемонстровано фітостимулювальні властивості у поєднанні з синтезом антимікробних сполук. Такі властивості виділених актиноміцетів можуть відігравати важливу роль в адаптації антарктичних рослин до екстремальних умов існування. (Тістечок та ін. (2019), Укр. антаркт. журн., № 1). У результаті проведених досліджень нами отримано базу даних щодо загальної чисельності та чисельності еколого-трофічних груп різних ділянок, які відрізняються між собою рослинним покривом чи ступенем забруднення, наприклад, ділянки з різними мохами (*Sanionia* sp., *Polytrichum strictum*, *Warnstorfia fontinaliopsis*), судинними рослинами і мохами (*Colobanthus quitensis*, *Sanionia* sp., *Bryum pseudotriquetrum*), судинними рослинами, район дизельного агрегату на станційному комплексі тощо. Всього проаналізовано мікробіоту з 11 різних ділянок та проведено аналіз з використанням математичних методів та методів статистики. Із антарктичних зразків, отриманих під час 26-ї Української антарктичної експедиції, виділено 7 чистих культур антарктичних мікроорганізмів, що характеризуються амілазою, ліпазою, протеазною активностями, проведено дослідження їхніх морфологічних, культуральних та фізіолого-біохімічних властивостей, а також визначено амплітуду метаболічної активності за впливу сполук важких металів (Cd^{2+} , Fe^{2+} , Cr(VI) , Mn^{2+} , Cu^{2+}). Ізольовані нами нові штами мікроорганізмів, ідентифіковані як представники родів *Pseudomonas*, *Paenarthrobacter*, *Flavobacterium*, *Pseudoarthrobacter*, *Pedobacter*, *Sphingomonas*, мають вагомe біотехнологічне значення, зокрема, для створення на їхній основі новітніх технологій ремедіації довкілля чи як продуценти біологічно активних речовин, зокрема, ензимів та екзополісахаридів. Вже відомо, що мікроорганізми, виділені з антарктичних зразків, характеризуються антибактеріальною й антифунгальною активністю. 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, ізольованих 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. Штаммы-реликты грибов 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). Однак ензиматична активність антарктичних штамів за впливу важких металів досліджена мало. 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 (Таширев (2013), Світогляд, № 1). Депонування двох штамів мікроорганізмів: *Pedobacter* sp. 2U-K-37 та *Pseudarthrobacter* sp. 2B-K-54, виділених зі зразка ґрунту, відібраного з місця гніздування *Larus dominicanus* (Мартіна домініканського), о. Галіндез, Морська Антарктика (координати S 65.247453, W 064.249915), поповнило колекцію технологічно перспективних штамів і у подальшому дасть змогу активно здійснювати патентно-ліцензійну діяльність.

7. Практична цінність результатів НДР.

7.1. Експлуатаційні та споживчі характеристики створеної науково-технічної продукції.

За результатами проведених досліджень підготовлено науковий та анотований звіт про виконання науково-дослідної роботи, депоновано два штами мікроорганізмів у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України та отримано свідоцтва про їхнє депонування. Бактерії *Pedobacter* sp. 2U-K-37 метаболізують лактозу, ксилоту, маніт, мальтозу і глюкозу, стійкі до 2 мкМ Cd^{2+} , 20 мМ Fe^{2+} , 0,5 мМ Cr(VI) , 5 мМ Mn^{2+} . Характеризуються амілолітичною, ліполітичною та протеолітичною активностями. Продукти, що синтезуються штамом: амілаза, ліпаза, протеаза, екзополісахариди. Бактерії *Pseudarthrobacter* sp. 2B-K-54 використовують L-арабінозу, D-глюкозу, дульцит, інозитол, ксилоту, D-манітол, маннозу, L-рамнозу, D-сахарозу, D-сорбітол, N-ацетилглюкозамін, D-рибозу, D-мальтозу, ітаконову кислоту, молочну кислоту, L-аланін, калій 5-кетоглюконат, калій 2-кетоглюконат, глікоген, 3-гідроксибензойну кислоту, 4-гідроксибензойну кислоту, L-серин, саліцин, D-мелібіозу, L-фукозу, 3-гідроксибутират, L-пролін. Бактерії стійкі до 50 мкМ Cd^{2+} , 20 мМ Fe^{2+} , 0,5 мМ Cr(VI) , 5 мМ Mn^{2+} , 4 мМ Cu^{2+} . Характеризуються амілолітичною, ліполітичною та протеолітичною активностями. Продукти, що синтезуються штамом: амілаза, ліпаза, протеаза, екзополісахариди. Наведені характеристики відібраних металорезистентних штамів дозволяють вважати їх перспективними для застосування у біотехнологіях очищення забруднених середовищ від органічних субстратів (джерел карбону) та важких металів (Cd^{2+} , Fe^{2+} , Cr(VI) , Mn^{2+} , Cu^{2+}), а також для отримання ферментів (протеаз, амілаз та ліпаз) і екзополісахаридів.

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.

Отримані у процесі виконання завдань НДР результати (бази даних щодо загальної чисельності та основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у зразках наземних рослинних угруповань, їхнього аналізу, порівняльної характеристики та потенційної біологічної активності, фізіолого-біохімічних властивостей виділених із антарктичних субстратів штамів мікроорганізмів) та науково-технічна продукція (технологічно перспективні штами антарктичних мікроорганізмів) мають фундаментальне наукове і вагоме практичне значення та можуть бути використані в різних

галузях біотехнологічних виробництв, промисловості, природоохоронних технологіях. Високий рівень рентабельності технологій з використанням мікроорганізмів може бути забезпечений за рахунок значної 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. 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.

Біологічні технології є найбільш прийнятними внаслідок своєї екологічної безпеки, низької собівартості робіт і достатньо високої ефективності. 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. Мікробіологічні технології отримання біологічно-активних речовин з різноманітних відходів і стоків забезпечать не лише збереження природних ресурсів, а й економічне зростання України.

Визначення загальної чисельності мікроорганізмів, чисельності еколого-трофічних груп мікроорганізмів різних рослинних угруповань чи ділянок з різним рівнем забруднення, дослідження потенційної біологічної активності, фізіологічних та біохімічних властивостей штамів мікроорганізмів, виділених із таких біотопів, суттєво доповнюють сучасне розуміння про функціонування біоценозів екстремальних середовищ, розвиток адаптаційних механізмів до умов існування та продукування біологічно-активних речовин, оскільки особливості метаболізму мікроорганізмів за дії різноманітних стресових чинників 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 та в отриманні біологічно-цінних сполук є одним із стратегічних напрямків сучасної світової та вітчизняної науки.

Отримані результати роботи є цінними для оновлення розділу “Екологія мікроорганізмів” лекційного курсу “Мікробіологія” (для студентів бакалаврського рівня) та курсу “Регуляція метаболізму у прокариот” (для аспірантів), а також для розроблення нової лабораторної роботи з “Великого практикуму” на тему: “Дослідження мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп з рослинних угруповань”. Результати виконаної роботи стали основою для підготовки 2 магістерських робіт: “Вплив купрум (II) хлориду на бактерії *Paenibacillus tundrae* IMB B-7915” (Красножон Т.), “Мікроорганізми мохових покривів Аргентинських островів” (Янчук Л.); 2 кваліфікаційних робіт бакалавра: “Фізіолого-біохімічні властивості штаму *Pseudarthrobacter* sp. 2B-K-54, виділеного з місця гніздування *Larus dominicanus*, о. Галіндез” (Відсанко А.), “Фізіолого-біохімічні властивості штаму *Pedobacter* sp. 2U-K-37, виділеного з місця гніздування *Larus dominicanus*, о. Галіндез” (Чуберкіс Х.); 2 курсових робіт: “Синтез екзополісахаридів антарктичними штамми бактерій за впливу сполук важких металів” (Політило О.), “Фізіологічні властивості бактерій, виділених з різних біотопів Антарктики, за впливу сполук важких металів” (Войтович М.), та дисертаційної роботи Комплікевич С. Я. “Взаємозв'язки між прооксидантними і антиоксидантними показниками металорезистентних бактерій, виділених з різних біотопів”. Статті, опубліковані за результатами роботи, та виступи на наукових конференціях є цінними як для студентів, аспірантів та докторантів, так і для широкого кола фахівців у галузі мікробіології, біотехнології, екології та технічних наук.

7.3. 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 2021 році, навести за формою, що додається).

На підставі результатів дослідження, аналізу і порівняльної характеристики мікробних комплексів різних рослинних угруповань можна спрогнозувати продуктивність розвитку окремих рослинних популяцій та фітоценозу загалом. Дослідження фізіологічних властивостей і метаболічної активності виділених із Антарктичних зразків бактерій, здатних до перетворення органічних і неорганічних речовин, дає підстави рекомендувати ці мікроорганізми для розроблення способів захисту навколишнього середовища від наслідків потрапляння у нього різних забруднювачів за екстремальних умов чи для створення технологій отримання біологічно активних речовин. Штами мікроорганізмів *Pedobacter* sp. 2U-K-37 та *Pseudarthrobacter* sp. 2B-K-54, які зареєстровані 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.

Бази даних щодо загальної чисельності та основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у зразках наземних рослинних угруповань, їхнього аналізу, порівняльної характеристики та потенційної біологічної активності, фізіолого-біохімічних властивостей виділених із антарктичних субстратів штамів мікроорганізмів та науково-технічна продукція (технологічно перспективні штамми антарктичних мікроорганізмів), отримані в результаті виконання НДР, можуть бути використані фахівцями установ Національної академії наук України, галузевих академій наук України, Міністерства освіти і науки України, в різних галузях біотехнологічних виробництв, промисловості, природоохоронних технологіях. Вони є інвестиційно привабливими для Міністерства екології та природних ресурсів України, низки промислових підприємств. Оскільки результати дослідження механізмів адаптації металорезистентних штамів антарктичних мікроорганізмів, виділених з різних наземних рослинних угруповань Антарктики, до умов існування та продукування біологічно активних речовин мають вагоме фундаментальне наукове значення, вони можуть бути використані для підготовки фахівців у ЗВО Міністерства освіти і науки України.

8. Ступінь розкриття результатів НДР.

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

Статті в журналах і збірниках:

Статті у фахових виданнях України (прийнято до друку):

1. Hnatysh S. O. Bacteria of the genus *Pseudomonas* isolated from Antarctic substrates / S. O. Hnatysh, S. Ya. Komplikevych, O. D. Maslovska, O. M. Moroz, T. B. Peretyatko, T. I. Krasnozhan // Ukrainian Antarctic Journal. – 16 p. – 06.2021. <http://uaj.uac.gov.ua/> (**Google scholar**)
2. Komplikevych S. Ya. Isolation of bacteria from the sites of feed and nesting activity of *Larus dominicanus* (Galindez Island, the maritime Antarctic) and their characteristics / S. Ya. Komplikevych, O. D. Maslovska, T. B. Peretyatko, O. M. Moroz, I. Y. Parnikoza, S. O. Hnatysh // Microbiology and Biotechnology. – 20 p. – 10.2021. <http://mbt.onu.edu.ua> (**Index Copernicus**)

Тези та матеріали конференцій, інші публікації:

1. Комплікєвич С. Метаболічна активність металорезистентних бактерій із антарктичних біотопів / С. Комплікєвич, І. Груна, О. Масловська // 6-й Міжнародний молодіжний конгрес “Сталий

розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”, Львів, 9–10 лютого 2021 р. : тези доп. – 2021. – С. 172.

2. Відсанко А. Фізіолого-біохімічні властивості ізолята 17_105, виділеного з біотопів Антарктики / А. Відсанко, А. Канецька, І. Груна, С. Комплікевич, О. Мороз, Т. Перетятко, О. Масловська, С. Гнатуш // XVII Міжнародна наукова конференція “Молодь і поступ біології”, Львів, 19–21 квітня 2021 р. : тези доп. – 2021. – С. 177.
3. Канецька А. Ліполітична й амілолітична активність бактерій, виділених з різних біотопів Антарктики, за впливу сполук важких металів / А. Канецька, А. Відсанко, С. Комплікевич, О. Мороз, Т. Перетятко, О. Масловська, С. Гнатуш // XVII Міжнародна наукова конференція “Молодь і поступ біології”, Львів, 19–21 квітня 2021 р. : тези доп. – 2021. – С. 180.
4. Мельник В. Фізіолого-біохімічні властивості штаму *Rhodococcus* sp. 10A_1T_37, виділеного з мохогрунту Антарктики / В. Мельник, С. Комплікевич, О. Мороз, О. Масловська, Т. Перетятко, С. Гнатуш // XVII Міжнародна наукова конференція “Молодь і поступ біології”, Львів, 19–21 квітня 2021 р. : тези доп. – 2021. – С. 183.
5. Komplikevych S. Y. Bacteria of the genus *Pseudomonas* isolated from Antarctic biotopes / S. Y. Komplikevych, I. I. Hruna, O. D. Maslovska, T. B. Peretyatko, O. M. Moroz, S. O. Hnatush // X International Antarctic conference dedicated to the 25th anniversary of raising of the national flag of Ukraine at the Ukrainian Antarctic akademik Vernadsky station, Kyiv, May 11–13, 2021 : abstract book. – 2021. – P. 45.
6. Звір Г. І. Стійкість антарктичних штамів бактерій до дії синтетичних плівкоутворювальних піноутворювачів / Г. І. Звір, М. І. Попович, Н. М. Гринчишин // III Всеукраїнська науково-практична конференція “Євроінтеграція екологічної політики України”, Одеса, 21–22 жовтня 2021 р. : тези доп. – 2021. – С. 1.

Підготовлено до друку тези доповідей на XVIII Міжнародній науковій конференції студентів і аспірантів “Молодь і поступ біології” (Львів, квітень 2022 р.).

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

1. Свідоцтво про депонування штаму бактерій *Pedobacter* sp. 2U-K-37 у Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України з наданням реєстраційного номеру *Pedobacter* sp. ІМВ В-7915 від 10 грудня 2021 року / С. О. Гнатуш, Т. Б. Перетятко, О. М. Мороз, О. Д. Масловська, С. Я. Комплікевич.
2. Свідоцтво про депонування штаму бактерій *Pseudarthrobacter* sp. 2B-K-54 у Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України з наданням реєстраційного номеру *Pseudarthrobacter* sp. ІМВ В-7916 від 10 грудня 2021 року / С. О. Гнатуш, Т. Б. Перетятко, О. М. Мороз, О. Д. Масловська, С. Я. Комплікевич.

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

1. Визначено загальну чисельність мікроорганізмів у зразках ґрунту, відібраних під час 26-ї Української антарктичної експедиції з 11 різних місць, які відрізняються складом рослинних угруповань. Чисельність мікроорганізмів у цих зразках була у межах $4,2 \times 10^5$ – $1,03 \times 10^9$ КУО/г сухої маси. Чисельність мікроорганізмів у зразках з поверхні ґрунту і нижніх шарів статистично відрізнялась.
2. У досліджених зразках ґрунту встановлено чисельність оліготрофних, олігонітрофільних, целюлозоруйнівних мікроорганізмів, мікроорганізмів, які здійснюють I та II фази нітрифікації, мікроорганізмів, які метаболізують нітроген органічних та неорганічних сполук,

фосфатовмісні органічні сполуки. Найбільш чисельними групами були мікроорганізми, які метаболізують нітроген органічних сполук, та оліготрофні мікроорганізми, залежно від типу зразка. Чисельність груп мікроорганізмів у зразках з верхніх і нижніх шарів ґрунту статистично відрізнялась.

3. Зі зразків ґрунту, отриманих під час 26-ї Української антарктичної експедиції, відібрано 7 чистих культур антарктичних мікроорганізмів, що характеризуються амілазою, ліпазою, протеазною активностями, досліджено їхні морфологічні, культуральні та фізіолого-біохімічні властивості.
4. За результатами філогенетичного аналізу послідовності гена 16S рРНК та з урахуванням фізіолого-біохімічних властивостей досліджувані ізоляти ідентифіковано як представники родів *Pseudomonas*, *Paenarthrobacter*, *Flavobacterium*, *Pseudoarthrobacter*, *Pedobacter*, *Sphingomonas*.
5. Визначено стійкість антарктичних мікроорганізмів до впливу важких металів (Cd^{2+} , Fe^{2+} , Cr(VI) , Mn^{2+} , Cu^{2+}). Встановлено, що бактерії *Pedobacter* sp. IMB B-7915 стійкі до 2 мкМ Cd^{2+} , 20 мМ Fe^{2+} , 0,5 мМ Cr(VI) , 5 мМ Mn^{2+} ; *Pseudarthrobacter* sp. IMB B-7916 – до 50 мкМ Cd^{2+} , 20 мМ Fe^{2+} , 0,5 мМ Cr(VI) , 5 мМ Mn^{2+} , 4 мМ Cu^{2+} .
6. Встановлено, що виділені з антарктичних зразків металорезистентні штами засвоюють широкий спектр органічних сполук. Бактерії *Pedobacter* sp. 2U-K-37 метаболізують лактозу, ксилозу, маніт, мальтозу і глюкозу. Бактерії *Pseudarthrobacter* sp. 2B-K-54 використовують L-арабінозу, D-глюкозу, дульцит, інозитол, ксилозу, D-манітол, маннозу, L-рамнозу, D-сахарозу, D-сорбітол, N-ацетилглюкозамін, D-рибозу, D-мальтозу, ітаконову кислоту, молочну кислоту, L-аланін, калій 5-кетоглюконат, калій 2-кетоглюконат, глікоген, 3-гідроксибензойну кислоту, 4-гідроксибензойну кислоту, L-серин, саліцин, D-мелібіозу, L-фукозу, 3-гідроксибутират, L-пролін.
7. Визначено здатність антарктичних мікроорганізмів до синтезу біологічно активних речовин, зокрема, ферментів та екзополісахаридів. Бактерії *Pedobacter* sp. IMB B-7915 та *Pseudarthrobacter* sp. IMB B-7916 синтезують амілазу, ліпазу, протеазу, екзополісахариди.
8. Поповнено колекцію технологічно перспективних штамів мікроорганізмів 7-ма новими штамми металорезистентних бактерій, які можуть бути використані у природоохоронних технологіях.
9. Депоновано два штами мікроорганізмів у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України. Отримано свідоцтва про депонування двох штамів мікроорганізмів: *Pedobacter* sp. IMB B-7915 та *Pseudarthrobacter* sp. IMB B-7916, від 10.12.2021 р. Депоновані штами перспективні для використання у біотехнологіях очищення забруднених середовищ від органічних субстратів (джерел карбону), важких металів (Cd^{2+} , Fe^{2+} , Cr(VI) , Mn^{2+} , Cu^{2+}), а також для отримання ферментів (протеаз, амілаз та ліпаз) і екзополісахаридів.

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

Мікробоценози відіграють значну роль у функціонуванні рослинних угруповань, формуванні ґрунтового покриву. За екстремальних умов існування у клітинах антарктичних мікроорганізмів виникають ефективні механізми адаптації до них, які часто виявляються у синтезі різних біологічно активних сполук. Стратегія розвитку сучасної світової науки пов'язана з біотехнологіями, які засновані на використанні потенціалу мікроорганізмів, виділених із субстратів ділянок з екстремальними умовами. 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. Депонування штамів бактерій дозволить поповнювати колекцію мікроорганізмів новими технологічно перспективними штамми та сприятиме широкому доступу до них спеціалістів різних галузей.

11. Рішення Вченої ради біологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка від 10 листопада 2021 року (протокол № 3/17) *про відповідність та завершеність науково-дослідної роботи, впровадження її результатів тощо.*

Вважати, що запланований обсяг робіт по темі Н/02-2021 “Мікробіота наземних рослинних угруповань морської Антарктики” виконано повністю відповідно до умов Договору, календарного плану та технічного завдання. Науковий та анотований звіт про виконання НДР по темі Н/02-2021 за Договором № Н/02-2021 від 05 липня 2021 р. затвердити.

Науковий керівник роботи

Ректор Львівського національного
Університету імені Івана Франка

_____ **С. О. Гнатуш**

_____ **В. П. Мельник**

МП