

БІОБЕЗПЕКА ПРИ ФОРМУВАННІ ФАХОВИХ КОМПЕТЕНЦІЙ БАКАЛАВРІВ З КУРСІВ «МІКРОБІОЛОГІЯ І ВІРУСОЛОГІЯ З ОСНОВАМИ ІМУНОЛОГІЇ» ТА «ГЕНЕТИКА»

Ткачук Н.В.¹, Зелена Л.Б.²

¹Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка
вул. Гетьмана Полуботка, 53, 14013, м. Чернігів

²Інститут мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного
Національної академії наук України
вул. Академіка Заболотного, 154, 03143, м. Київ
nataliia.smykun@gmail.com, zelenalyubov@gmail.com

Біобезпека та біозахист важливі для ефективного управління біоризиками, безпечного майбутнього та сталого розвитку. Зокрема впровадження правил і технік біологічної безпеки є важливим питанням навчального та науково-дослідницького процесів на природничих факультетах, адже підвищує обізнаність студентів та молодих науковців щодо питань біобезпеки та біозахисту та дозволяє знизити індивідуальні та суспільні ризики. Наразі зонами найбільш високого біоризику вважаються навчальні мікробіологічні лабораторії, в яких дозволяється працювати з агентами групи ризику 1 (відсутній або дуже низький індивідуальний і суспільний ризик), а лабораторний захист полягає у застосуванні «правильних мікробіологічних технік». Учбовими мікроорганізмами, використовуваними при опануванні курсів мікробіологічного та генетичного спрямування, що викладаються студентам-бакалаврам Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка та Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна», є чисті культури бактерій 1-ї групи ризику: *Bacillus simplex* ChNPU F1, *Streptomyces gardneri* ChNPU F3, *S. canus* NUChC F2, *Bacillus velezensis* NUChC C1 та NUChC C2b, *Anaerotignum (Clostridium) propionicum* NUChC Sat1, *Desulfovibrio oryzae* NUChC SRB1 та NUChC SRB2. Зазначені мікроорганізми виділено та ідентифіковано авторами статті за участі студентів, їх нуклеотидні послідовності зареєстровані у базі ГенБанк. В статті визначено методичні аспекти безпечного формування фахових компетенцій з використанням чистих культур зазначених бактерій при проведенні лабораторних робіт з курсів мікробіологічного та генетичного спрямування, які викладаються студентам-бакалаврам природничих факультетів вказаних закладів вищої освіти. В результаті аналізу навчальних програм дисциплін вперше сформульовано перелік компетенцій (знань, вмінь, навичок), яких повинен набути бакалавр в рамках навчальних курсів «Мікробіологія і вірусологія з основами імунології» та «Генетика» з використанням чистих культур бактерій. Зазначається, що використані в ході викладання дисциплін «Мікробіологія і вірусологія з основами імунології» та «Генетика» чисті культури бактерій дозволяють сформувати значний обсяг базових фахових компетенцій з цих навчальних дисциплін. Приналежність бактерій до 1-ї групи ризику дозволяє робити це безпечно для життя й здоров'я здобувачів вищої освіти, викладачів та лаборантів.
Ключові слова: біобезпека, вища освіта, генетика, мікробіологія, фахові компетенції.

Biosafety in the formation of professional competencies of bachelors in the courses “Microbiology and Virology with the basics of Immunology” and “Genetics”. Tkachuk N., Zelena L.

Biosafety and biosecurity are important for effective biorisk management, secure futures and sustainable development. In particular, the implementation of biosafety rules and techniques is an important issue of educational and research processes at the faculties of natural sciences, as it raises awareness of students and young scientists on biosafety and biosecurity and reduces individual and societal risks. Currently, the areas of highest biorisk are considered to be microbiological training laboratories, which are allowed to work with agents of risk group 1 (no or very low individual and social risk), and laboratory protection is the use of “correct microbiological techniques”. The educational microorganisms used in mastering the courses of microbiological and genetic orientation, taught to students-bachelors of the T. H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium” and the Open International University of Human Development “Ukraine”, are pure cultures of bacteria of the 1st risk group: *Bacillus simplex* ChNPU F1, *Streptomyces gardneri* ChNPU F3, *S. canus* NUChC F2, *Bacillus velezensis* NUChC C1 та NUChC C2b, *Anaerotignum (Clostridium) propionicum* NUChC Sat1, *Desulfovibrio oryzae* NUChC SRB1 and NUChC SRB2. These microorganisms were isolated and identified by the authors with the participation of students, their nucleotide sequences are registered in the GenBank database. The article identifies methodological aspects of safe formation of professional competencies with the use of pure cultures of these bacteria in laboratory work on courses of microbiological and genetic orientation, which are taught to students-bachelors of natural faculties of these universities. As a result of the analysis of programs of disciplines the list of competences (knowledge, abilities, skills) which the bachelors should acquire within the limits of training courses “Microbiology and virology with bases of immunology” and “Genetics” with use of pure cultures of bacteria is formulated for the first time. It is noted that pure cultures of bacteria used in the teaching of disciplines “Microbiology and virology with the basics of immunology” and “Genetics” allow to form a significant amount of basic professional competencies in these disciplines. Bacteria belong to the 1st risk group, which allows them to do so safely for the life and health of higher education students, teachers and laboratory assistants. **Key words:** biosafety, high education, genetics, microbiology, professional competencies.

Постановка проблеми та актуальність дослідження. Біобезпека та біозахист важливі для ефективного управління біоризиками, безпечного майбутнього та сталого розвитку [1].

За визначенням Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН та Всесвітньої організації охорони здоров'я, «біозахист є стратегічною та інтегрованою концепцією, яка охоплює політичну та нормативну базу (включаючи інструменти та заходи), які аналізують і управляють ризиками в галузі безпеки харчових продуктів, здоров'я населення, життя і здоров'я тварин, життя і здоров'я рослин, включаючи пов'язаний екологічний ризик» [2, с. 8].

Навчання з біобезпеки та біозахисту через різноманітну практичну діяльність допомагає зробити управління біологічними ризиками більш ефективним для захисту людей, рослин, тварин та навколишнього середовища (рис. 1) [1].

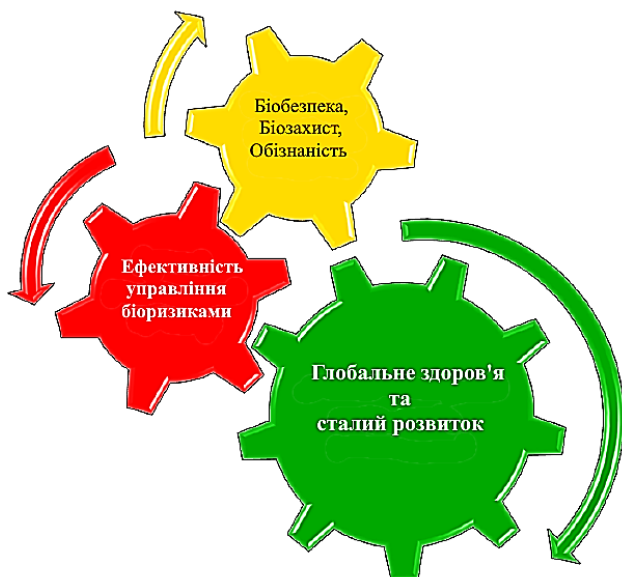


Рис. 1. Обізнаність щодо біобезпеки та біозахисту покращить комплексне управління біоризиками, і, як наслідок, це допоможе в охороні здоров'я людей, тварин і навколишнього середовища (глобальне здоров'я) проблеми сталого розвитку [1]

Важливим питанням навчального та науково-дослідницького процесів на природничих факультетах є впровадження правил і технік біологічної безпеки. Застосування основних правил біобезпеки та біозахисту у роботі зі студентами і молодими науковцями підвищує їх обізнаність щодо цих питань та дозволяє знизити індивідуальні та суспільні ризики. Наразі зонами найбільш високого біоризику вважаються мікробіологічні лабораторії [3–4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У ряді сучасних публікацій обговорюється питання біобезпеки/біозахисту під час навчання мікробіології, біотехнології, біомедичним наукам, генетичної інженерії [1; 5–10]. Зокрема під час навчання лабораторній біобезпеці при опануванні мікробіологічних технік

використано Сократичний метод (також званий методом Еленха або еленктичним методом) – це педагогічний прийом навчання, при якому учні займаються рефлексивним і критичним мисленням. Через цей інтерактивний підхід студенти піддаються систематичним, випробувальним питанням, які спрямовані на активізацію і розвиток їх мислення стосовно розглянутих концепцій та понять. Сократичний метод більш орієнтований на учнів, що дає можливість їм брати активну участь під час обговорення в класі та досягнути вичерпні знання питань чи концепцій. Ключ до ефективності Сократичного методу полягає в його потенціалі спільного залучення учнів і надання навчального змісту у помітний спосіб, забезпечуючи повне розуміння досліджуваної теми. Таким чином, більш ймовірно, що ці засвоєні атрибути добре зберігаються і стають стійкими практиками учнів [9].

За класифікацією Всесвітньої організації охорони здоров'я навчальні лабораторії відносяться до базового рівня біологічної безпеки 1, оскільки їх призначення, конструкції, обладнання, засоби, які в них використовують, практики та оперативні процедури необхідні для роботи з агентами групи ризику 1 (відсутній або дуже низький індивідуальний і суспільний ризик) [3–4; 11]. Тобто спеціальне захисне обладнання в них відсутнє, особливості лабораторного захисту полягають у застосуванні «правильних мікробіологічних технік». Оскільки у таких лабораторіях використовують мікроорганізми, які не можуть спричинити захворювання у людини або тварини, наголошується на використанні лише культур, отриманих з референтних лабораторій або авторитетних джерел (наприклад, академічних лабораторій або регіональних відділів охорони здоров'я) [4]. Зазначається важлива роль Мікробних Ресурсних Центрів для освітніх цілей [5; 12]. Основою таких навчальних колекцій є культури, які для навчальних цілей підтримуються викладачем або аспірантами, щоб забезпечити їх надійні та добре охарактеризовані властивості для лабораторних курсів або експериментальних робіт [5]. Для роботи у навчальній мікробіологічній лабораторії розроблено керівництво з біобезпеки [7; 13].

Новизна. Наразі учбовими мікроорганізмами, використовуваними при опануванні курсів мікробіологічного та генетичного спрямування, які викладаються студентам-бакалаврам Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка (НУЧК) та Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна» (УУ), є чисті культури бактерій *Bacillus simplex* ChNPU F1, *Streptomyces gardneri* ChNPU F3, *S. canus* NUChC F2, *Bacillus velezensis* NUChC C1 та NUChC C2b, *Anaerotignum (Clostridium) propionicum* NUChC Sat1, *Desulfovibrio oryzae* NUChC SRB1 та NUChC SRB2. Зазначені мікроорганізми виділено та ідентифіковано нами [14–17], вони належать до групи ризику 1 [18],

**Застосування чистих культур бактерій на лабораторних роботах курсу
«Мікробіологія та вірусологія з основами імунології»**

Назва теми	Етап заняття	Завдання з використанням зазначених бактерій
Будова мікроскопа і техніка мікроскопування. Будова та морфологія бактеріальної клітини.	Закріплення знань та вмінь	Розглянути препарат-мазок (заздалегідь виготовлений викладачем) та вказати форму бактеріальних клітин і збільшення мікроскопа.
Методи мікроскопічного дослідження мікроорганізмів	Засвоєння нових знань та вмінь	Виготовити препарат «роздавлена крапля», препарат-мазок, здійснити забарвлення за Грамом.
Техніка мікробіологічного посіву	Засвоєння нових знань та вмінь	Здійснити посів у чашку Петрі петлею, шпателем, на косий агар
Виділення чистих культур та ідентифікація виду у бактерій	Засвоєння нових знань та вмінь	1. Провести спостереження за ростом культур, які висівали на минулому занятті використовуючи різні методи. Дати відповідь на питання: чи змогли ви одержати чисту культуру? Відповідь пояснити. 2. Провести опис колонії бактерій.
Визначення чисельності мікроорганізмів висівом на поживні середовища	Засвоєння нових знань та вмінь	1. Приготувати розведення бактерій у стерильному фізіологічному розчині. 2. Здійснити посів у чашки Петрі та пробірки для визначення чисельності мікроорганізмів
Вплив екологічних факторів на мікроорганізми	Засвоєння нових знань та вмінь	1. Дослідити вплив сонячного світла на бактерії. 2. Дослідити вплив фітонцидів часнику та цибулі на бактерії. 3. Дослідити стійкість бактерій до високих температур.
Дослідження активності антибіотиків та хіміотерапевтичних препаратів	Засвоєння нових знань та вмінь	1. Дослідити чутливість мікроорганізмів до антибіотиків та хіміотерапевтичних засобів диско-дифузійним методом. 2. Визначити мінімальну інгібуючу концентрацію антибіотиків або хіміотерапевтичних засобів у рідкому поживному середовищі.

Таблиця 2

**Застосування чистих культур бактерій або їх генетичних характеристик
(нуклеотидних послідовностей у ГенБанку) на лабораторних роботах курсу «Генетика»**

Назва теми	Етап заняття	Завдання з використанням зазначених бактерій
Виділення препарату ДНК з бактеріальних колоній та суспензії клітин у рідкому середовищі.	Засвоєння нових знань та вмінь	Провести виділення геномної ДНК бактерій, що культивувались на твердому та рідкому поживному середовищі, з використанням набору для виділення ДНК.
Методи кількісної та якісної оцінки виділених препаратів нуклеїнових кислот. Визначення концентрації ДНК за допомогою спектрофотометру.	Засвоєння нових знань та вмінь	1. Дослідити цілісність препарату ДНК за допомогою гель-електрофорезу. 2. Провести вимірювання концентрації ДНК за допомогою спектрофотометру.
Проведення ПЛР (полімеразної ланцюгової реакції) з універсальними праймерами до гену 16S рРНК.	Засвоєння нових знань та вмінь	1. Приготувати ПЛР-мікс для проведення ампліфікації фрагменту гену 16S рРНК бактерій. 2. Провести ампліфікацію гену 16S рРНК за заданого температурного режиму.
Детекція продуктів ампліфікації в горизонтальному агарозному гелі. Проведення електрофорезу.	Засвоєння нових знань та вмінь	1. Приготувати розчин агарози для проведення електрофорезу. 2. Здійснити розділення ПЛР-продуктів у горизонтальному агарозному гелі. 3. Проаналізувати результати ампліфікації (візуалізація в УФ-світлі).
Очистка ПЛР-фрагменту для проведення реакції сиквенування.	Засвоєння нових знань та вмінь	Провести очистку амплікону з агарозного гелю з використанням набору для очистки ПЛР-фрагментів.
Ознайомлення з пакетом програм BLAST. Застосування алгоритму blastn для порівняння нуклеотидних послідовностей, для ідентифікації сиквенованої послідовності.	Засвоєння нових знань та вмінь	1. Дослідити функції та можливості пакету програм BLAST для молекулярно-генетичного аналізу. 2. Провести порівняльний аналіз сиквенованої послідовності з задепонованими у ГенБанку з використанням алгоритму blastn. 3. Проаналізувати результати порівняння, визначити найвищий відсоток схожості нуклеотидних послідовностей.
Використання пакету програм MEGA 6 для філогенетичного аналізу. Побудова дендрограми генетичної подібності сиквенованої послідовності з депонованими у ГенБанку	Засвоєння нових знань та вмінь	1. Ознайомитися із застосуванням програми MEGA 6 для проведення філогенетичного аналізу (можливі аналізи). 2. Побудувати дендрограму генетичної подібності сиквенованої послідовності з гомологічними послідовностями з використанням 2-х параметричної моделі Кімури й методу найближчих сусідів.

їх нуклеотидні послідовності зареєстровані у базі ГенБанк.

У роботі представлено власний досвід формування фахових компетенцій студентів-бакалаврів з курсів «Мікробіологія і вірусологія з основами імунології» та «Генетика» з використанням зазначених мікроорганізмів. Окреслені аспекти підтверджують новизну дослідження.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Визначення методичних аспектів безпечного формування фахових компетенцій з використанням чистих культур бактерій при проведенні лабораторних робіт з курсів мікробіологічного та генетичного спрямування, що викладаються студентам-бакалаврам природничих факультетів зазначених закладів вищої освіти, було метою даної роботи.

Методика досліджень. У ході дослідження використано загальнонаукові методи (методи теоретичних досліджень доступної інформації), аналітичний метод та метод узагальнень – для аналізу наукових і літературних джерел з поставленої проблеми; емпіричний – для накопичення фактів; методи аргументування – для доведення власних суджень.

Викладення основного матеріалу. В НУЧК на природничо-математичному факультеті чисті культури перерахованих вище бактерій використовуються в процесі навчання студентів-бакалаврів 4-го

року навчання спеціальностей «Середня освіта. Біологія і хімія», «Середня освіта. Хімія і біологія», «Середня освіта. Географія і біологія» у навчальній дисципліні «Мікробіологія і вірусологія з основами імунології». В Інституті біомедичних технологій УУ вони знайшли застосування в ході навчання студентів-бакалаврів 2-го року навчання спеціальності 091 Біологія у дисципліні «Генетика».

Обов'язковою складовою даних навчальних дисциплін є лабораторні роботи, проведення яких вимагає дотримання правил біологічної безпеки. У таблицях 1–2 наведено теми лабораторних занять, відповідний етап заняття та завдання з використанням вищезазначених штамів бактерій з групи ризику 1.

В результаті аналізу навчальних програм дисциплін вперше сформульовано перелік компетенцій (знань, вмінь, навичок), яких повинен набути бакалавр в рамках навчальних курсів «Мікробіологія і вірусологія з основами імунології» та «Генетика» з використанням чистих культур бактерій (таблиці 3 та 4).

Висновки. Отже, використані в ході викладання дисциплін «Мікробіологія і вірусологія з основами імунології» та «Генетика» чисті культури зазначених бактерій дозволяють сформувати значний обсяг базових фахових компетенцій з цих

Таблиця 3

Фахові компетенції бакалавра при вивченні курсу «Мікробіологія і вірусологія з основами імунології», сформовані з використанням чистих культур бактерій

Компетенції	Індикатори
Знати	Особливості морфології, фізіології та екології бактерій. Правила роботи з бактеріями, етапи виготовлення препаратів живих і фіксованих мікроорганізмів, особливості забарвлення за Грамом. Методи посіву мікроорганізмів, визначення чистоти культури, чисельності мікроорганізмів, їх чутливості до екологічних факторів та антибіотичних препаратів.
Вміти	Виготовляти препарати живих та фіксованих бактерій. Забарвлювати препарати простими та складними методами, проводити мікроскопування. Визначати доцільні методи та/або способи посіву з метою виділення чистих культур. Визначати оптимальний вибір поживних середовищ для мікробіологічного посіву. Визначати якісні та кількісні характеристики бактеріальних культур, які вирости. Виділяти чисті культури бактерій. Визначати чутливість бактерій до екологічних факторів та антибіотичних сполук.
Володіти	Навичками та методами морфологічних досліджень (виготовлення препаратів живих та фіксованих мікроорганізмів, забарвлення простими та складними методами, мікроскопія із сухою та імерсійною системою світлового мікроскопа). Методами посіву на різні поживні середовища, визначення чисельності, чутливості до екологічних факторів та антибіотичних препаратів.

Таблиця 4

Фахові компетенції бакалавра при вивченні курсу «Генетика», сформовані з використанням чистих культур бактерій

Компетенції	Індикатори
Знати	Загальні можливості застосування в практичній і науковій діяльності традиційних та сучасних методів генетичних досліджень; основні напрями фундаментальної та прикладної генетики; основні закони і методи генетики та можливості їх застосування у діагностиці, біомоніторингу та в екологічних дослідженнях; характеристики методів генетичного аналізу.
Вміти	Використовувати сучасне обладнання для генетичних досліджень; доцільно використовувати головні закони, принципи і правила генетики у науково-практичній діяльності.
Володіти	Навичками і базовими методами генетичного аналізу для ідентифікації та аналізу властивостей організмів (методики виділення геномної ДНК, проведення горизонтального гель-електрофорезу, постановка якісної ПЛР, робота з базами даних нуклеотидних послідовностей).

навчальних дисциплін. Приналежність бактерій до 1-ї групи ризику дозволяє робити це безпечно для життя й здоров'я здобувачів вищої освіти, викладачів та лаборантів.

Подальшу перспективу вбачаємо у залученні чистих культур виділених нами бактерій у навчальну та науково-дослідницьку роботу з магістрами-біологами.

Література

1. Bhoire S. J. Highlights of Biosafety and Biosecurity Month (BBM) at the AIMST University and Perspectives on Biorisk Management. *Bioinformation*. 2019. Issue 15 (8). P. 568–571.
2. FAO. Biosecurity Principles and Components. Part. 1. In FAO Biosecurity Toolkit; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2007. 20 p. URL: <https://www.fao.org/3/a1140e/a1140e.pdf> (Дата звернення: 20.02.2022).
3. Організація роботи та забезпечення санітарно-протиепідемічного режиму в лабораторно-діагностичних установах різного профілю : навч. посіб. / В. В. Зленко, Н. Є. Пірятинська, М. І. Литвиненко та ін.; за ред. Залюбовської О. І. Харків : ХНМУ, 2015. 56 с.
4. Голубнича В. М., Погорелов М. В., Корнієнко В. В. Біобезпека та біозахист у біологічних лабораторіях 1-го та 2-го рівнів біобезпеки: монографія. Суми : Сумський державний університет, 2016. 123 с.
5. Sahin N. Biosafety, biodiversity and significance of Microbial Resource Centers (MRCs) in microbiology education. *World journal of microbiology & biotechnology*. 2006. Issue 22. P. 219–224. DOI: 10.1007/s11274-005-9024-1
6. Sengooba T., Grumet R., Hancock J., Zawedde B., Kitandu L., Weebadde C., Karembu M., Kenya E., Meredia K., Nampala P., Ochanda J. O., Quemada H., Rubindamayugi M. Biosafety education relevant to genetically engineered crops for academic and non-academic stakeholders in East Africa. *Electron. J. Biotechnol.* 2009. Vol. 12, No 1. P. 1–13. DOI: 10.4067/S0717-34582009000100001
7. Emmert E. A. ASM Task Committee on Laboratory Biosafety. Biosafety guidelines for handling microorganisms in the teaching laboratory: development and rationale. *Journal of microbiology & biology education*. 2013. Issue 14 (1). P. 78–83. DOI: 10.1128/jmbe.v14i1.531
8. Сазанова Е. В., Малюкова Т. А., Попов Ю. А. Учебные штаммы *Yersinia pestis*: критерии подбора, принципы применения. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2014. Вып. 3. С. 38–41.
9. Muneer S., Kayani H. A., Ali K., Asif E., Zohra R. R., Kabir F. Laboratory biosafety and biosecurity related education in Pakistan: Engaging students through the Socratic method of learning. *Journal of Biosafety and Biosecurity*. 2021. Vol. 3, Issue 1. P. 22–27. DOI: 10.1016/j.jobb.2021.03.003
10. Sodjinou V. D., Ayelo P. A., Achade A. G. A., Affolabi D., Ouendo D. E.-M. Assessment of the Biosafety and Biosecurity in the Reference Veterinary Laboratory of Parakou in Benin. *Trop. Med. Infect. Dis.* 2021. № 6. P. 146. DOI: 10.3390/tropicalmed6030146
11. Directive 2000/54/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on the protection of workers from risks related to exposure to biological agents at work. Official Journal of the European Communities. 17.10.2000. P. 22–45. URL: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/exposure-to-biological-agents/77> (Дата звернення: 21.12.2020).
12. Antunes A., Stackebrandt E., Lima N. Fueling the Bio-economy: European Culture Collections and Microbiology Education and Training. *Trends in microbiology*. 2016. Issue 24 (2). P. 77–79. DOI: 10.1016/j.tim.2015.11.010
13. Guidelines for Biosafety in Teaching Laboratories. American Society for Microbiology. 2019. 10 p. URL: <https://asm.org/Guideline/ASM-Guidelines-for-Biosafety-in-Teaching-Laborator> (Дата звернення: 20.02.2022).
14. Ткачук Н. В., Зелена Л. Б., Парминська В. С., Янченко В. О., Демченко А. М. Ідентифікація гетеротрофних бактерій феросфери ґрунту та їх чутливість до пестициду лінурон. *Мікроб. журн.* 2017. Т. 79, № 4. С. 75–87.
15. Tkachuk N., Zelena L., Mazur P., Lukash O. Genotypic, physiological and biochemical features of *Desulfovibrio* strains in a sulfidogenic microbial community isolated from the soil of ferrosphere. *Ecological questions*. 2020. Vol. 31, No 2. P. 79–88. DOI: 10.12775/EQ.2020.016
16. Tkachuk N., Zelena L., Lukash O., Mazur P. Microbiological and genetic characteristics of *Bacillus velezensis* bacillibactin-producing strains and their effect on the sulfate-reducing bacteria biofilms on the poly(ethylene terephthalate) surface. *Ecological Questions*. 2021. Issue 32 (2). P. 119–129. DOI: 10.12775/EQ.2021.019
17. Tkachuk N., Zelena L. Some corrosive bacteria isolated from the technogenic soil ecosystem in Chernihiv city (Ukraine). *Studia Quaternaria*. 2021. Vol. 38, No 2. P. 101–108. DOI: 10.24425/sq.2021.136826
18. TRBA 466 «Einstufung von Prokaryonten (Bacteria und Archaea) in Risikogruppen». 382 p. URL: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRBA/TRBA.html> (Дата звернення: 20.01.2020).