

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
Національного технічного
університету України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
д.т.н., проф.



Віталій ПАСІЧНИК

04 2023 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 15 від 5 квітня 2023 р. розширеного засідання
кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології
завідувач кафедри, д.т.н., доц. Голуб Н. Б.; проф., д.б.н., проф. Горго Ю.
П.; проф., д.т.н., проф. Горобець С. В.; доц. д.б.н. Моргун Б. В.;
проф., д.х.н., проф. Кузьмінський Є. В.; проф., д.т.н., проф. Саблій Л. А.;
доц., к.б.н. Банникова М. О.; доц., к.б.н., ст.н.сп. Гринюк І. І.;
доц., к.т.н., доц. Жукова В. С.; доц., к.т.н., доц. Козар М. Ю.;
доц., к.т.н., доц. Маринченко Л. В.; ст. викладач, к.т.н. Зубченко Л. С.;
ст. викладач, к.т.н. Левтун І. І.;
- з інших кафедр КПІ ім. Ігоря Сікорського:
- декан факультету біотехнології і біотехніки, д.т.н., проф. Тодосійчук Т. С.;
- в.о. декана факультету біомедичної інженерії, д.б.н., проф. Галкін О. Ю.;
- з кафедри промислової біотехнології та біофармації
проф., д.б.н., проф. Дуган О. М.;
- з кафедри трансляційної медичної біоінженерії, проф. д.б.н., ст.н.сп.
Поєдинок Н. Л.;

- з кафедри біомедичної кібернетики, в.о. зав. кафедри, д.б.н., проф. Настенко Є. А.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення доцента кафедри екології та збалансованого природокористування Національного університету "Львівська політехніка" Русин Ірини Богданівни за матеріалами дисертаційної роботи "Біотехнологічні основи отримання електрики у рослинно-мікробних біосистемах", поданої на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук за спеціальністю 03.00.20 Біотехнологія.

Тему дисертаційної роботи "Біотехнологічні основи отримання електрики у рослинно-мікробних біосистемах" затверджено на засіданні Вченої ради Національного університету "Львівська політехніка" (протокол № 66 від "27" жовтня 2020 року, тему уточнено на засіданні Вченої ради Національного університету "Львівська політехніка" (протокол № 84 від "24" травня 2022 року).

Науковим консультантом затверджений д.т.н., проф. Дячок В.В.

Структурний підрозділ для проведення попередньої експертизи та рецензентів затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 3 від 13 березня 2023 р.)

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

д.б.н., проф. Горго Ю. П.; д.б.н., проф. Галкін О.Ю.; д.б.н., проф. Дуган О. М.; д.б.н., проф. Настенко Є. А. ; д.т.н., доц. Голуб Н. Б.; д.т.н., проф. Саблій Л. А.; доц. ст.н.сп. Маринченко Л.В.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

д.б.н., проф. Галкін О.Ю.; д.б.н., проф. Настенко Є. А.; д.б.н., проф. Дуган О.М.; д.т.н., проф. Тодосійчук Т.С.; д.т.н., проф. Саблій Л. А.; д.т.н., доц. Голуб Н.Б.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів докторської дисертації:

1. Актуальність теми дослідження

Розробка альтернативних та екологічно безпечних енергоефективних біотехнологій, яким присвячена дисертаційна робота, є перспективним напрямком досліджень. В даному контексті розвиток іноваційного напрямку

отримання рослинно-мікробної біоелектрики в енергоефективних будівлях та на зелених дахах є актуальним та має практичне значення. В зв'язку з цим, поставлені завдання дисертаційної роботи, спрямовані на розробку нових біотехнологічних підходів до отримання рослинно-мікробної біоелектрики шляхом випробування нових видів витривалих і широкопоширених рослин, застосування зовні внесених біологічних енхансерів, нових бюджетних матеріалів для електродних систем та вдосконалення їх структури є актуальними в контексті сучасних світових наукових задач в даній галузі.

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

Дисертаційна робота є частиною ініціативних науково-дослідних тематик кафедри екології та збалансованого природокористування Національного університету «Львівська політехніка» під керівництвом дисертантки: «Застосування біоремедіативних систем для техногенно забруднених ґрунтів та водойм», номер державної реєстрації 0114U001223, 2013 року та «Електро-біосистеми для отримання рослинно-мікробної біоелектрики», номер державної реєстрації 0120U100027, 2020 року.

2. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації одержані такі нові наукові результати:

Для генерації біоелектрики в енергоефективних будинках та зелених дахах вперше розроблені біосистеми на основі рослин *A. plantago-aquatica*, *F. arundinacea*, *C. palustris*, *O. basilicum*, *H. soleirolii* та *C. hirta*, *H. cupressiforme*, *P. commune*, *L. glaucum*.

Вперше показано ефект бактерій *Desulfovibrio* sp. та аннелід *L. terrestris* як біологічних енхансерів для біосистем з *A. plantago-aquatica* та *C. palustris*. При цьому підвищувались енергетичні показники систем до 32.83% та 14.32% відповідно.

Вперше розроблено біотехнології отримання електрики за використання морозостійких рослин: мохах та осоці *C. hirta* для використання на зелених дахах. Такі системи функціонують із стабільними біоелектричними параметрами після зимового періоду.

Вперше розроблена біосистема на основі нової, економічно вигідної пари електродів: графітових катодів - відходів електротранспорту - та перфорованих оцинковано-стальних анодів для збору біоелектрики з поверхневих та глибинних шарів ґрунту.

Вперше показано сукупний вплив на електричні параметри ефекту зміни міжелектродної відстані та застосування паралельно-послідовного з'єднання 2-3-ьох компактних багатоелектродних рослинно-мікробних біосистемних модулів для досягнення автономного енергоживлення світлодіодів, цифрової кімнатної метеостанції, цифрового термометра/гігрометра в режимі реального часу.

Вперше показано потенціал природних екосистем лісів, заболочених луків, агроекосистем, урбоекосистем паркових зон та газонів вздовж автомагістралей в кліматичних умовах заходу України як джерела поновлюваної біоелектрики. Виявлено резистентність продуктивності біоелектрики біосистем зелених смуг вздовж автотрас до забруднення важкими металами.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків, сформульованих у дисертаційній роботі

Наукові положення, висновки та рекомендації, які сформульовані в дисертаційній роботі, є теоретично обґрунтовані, а їх достовірність підтверджена результатами експериментальних досліджень. Дослідження, які проводились, ґрунтуються на даних системного науково-обґрунтованого аналізу результатів. Отримані автором результати корелюються із результатами інших авторів. У цілому сукупність результатів є незаперечною і добре узгоджується із сучасним рівнем знань про рослинно-мікробні біосистеми отримання біоелектрики. Ступінь обґрунтованості, достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, розроблених автором, не викликає сумнівів.

5. Теоретичне та практичне значення результатів роботи

Розроблена біотехнологія є основою для розробки автономних датчиків і систем моніторингу за екосистемами, біоіндикаторів стану екосистем та LED освітлення як для енергоефективних будинків, так і для *in situ*. Вперше досягнуто прогресу в компактності та кількості модулів біосистем при збереженні продукування біоелектрики.

Біотехнології в землях сільськогосподарського призначення можуть служити єдиним джерелом енергії датчиків вологості ґрунту, інноваційних системи моніторингу за складом ґрунту та ростом рослин і автономних систем поливу. В містах рослинно-мікробна біоелектрика може забезпечувати LED освітлення паркових територій та дитячих майданчиків, живити придорожнє освітлення.

Застосування прямих та декоративних рослин для отримання електрики забезпечує подвійне практичне значення: як поновлювального джерела електрики та сировини для кулінарії або для декорування приміщень.

Використання рослинно-мікробних біосистем замість батарейок для живлення приладів дозволяє суттєво знизити витрати ресурсів на виробництво батарейок та нівелювати проблему їх утилізації. Широке впровадження біосистем в енергоефективних будинках та природних екосистемах має істотне значення для зменшення емісії парникових газів через зниження експлуатації традиційних джерел енергії.

Біосистеми, розроблені в дисертаційній роботі, впроваджено при озелененні енергоефективних будинків для LED освітлення житлових

комплексів, а також для живлення цифрових термометрів/гігрометрів ТЗОВ «ГАЛИЦЬКА БУДІВЕЛЬНА ГІЛЬДІЯ», ПП «Укртекскolor», житлових комплексів «Park Tower» та «ПАРУС СІПЬ» м. Львів.

6. Апробація/використання результатів дисертації

Розроблені біотехнології використані в наукових проектах європейських та американських університетів та наукових інститутів, зокрема, відділу хімії та біомолекулярних наук Кларксон Університету (Потсдам, НьюЙорк, США), Національного технологічного Інституту Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes (ITEL) і Tecnológico Nacional de México (TecNM) (El Llano Aguascalientes, Мексика), Інституту Агрофізики Польської Академії Наук (Люблін, Польща), Інституту макромолекулярної хімії Академії Наук Чеської Республіки (Прага, Чехія) для розвитку наукових досліджень, що підтверджено відповідними актами.

Наукові та практичні результати дисертаційної роботи використані у програмах лекційних і практичних курсів «Біологія» та «Урбоекологія» в розділах «Біотехнологія в енергетиці. Біопаливо» та «Міські фітоценози» для студентів спеціальності 101 Екологія НУ «Львівська Політехніка», а також можуть бути використані в програмах лекційних курсів з дисциплін «Біоенергетика», «Відновлювані джерела енергії» для студентів спеціальності 091 – біологія та 162 – біотехнології та біоінженерія.

Результати досліджень та основні положення дисертації були представлені на наукових конференціях, конгресах та з'їздах: I міжнародній науково-практичній конференції «Overcoming environmental risks and threats for the environment in emergency conditions-2022» (Полтава, 2022), Міжнародній науковій конференції «Challenges, threats and developments in biology, agriculture, ecology, geography, geology and chemistry» (Lublin, Poland, 2021), XXII міжнародній науково-практичній онлайн-конференції «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті» (Київ, 2021); Miedzynarodowa konferencja naukowa i praktyczna «Aktualne problemy ochrony srodowiska Ukrainsko-Polskiej strefy przygranicznej» (Lviv, 2019); International Scientific and Practical Conference «Modern Scientific Achievements and Their Practical Application» (Dubai, UAE, 2014); 1st International Academic Congress «Fundamental and Applied Studies in the Pacific and Atlantic Oceans Countries» (Tokyo, Japan, 2014); V Всеукраїнському з'їзді екологів з міжнародною участю (Вінниця, 2015); 3-ому міжнародному конгресі «Environment protection. Energy saving. Sustainable environmental management» (Львів, 2014); X Міжнародній науково-практичній конференції «Ресурси природних вод Карпатського регіону. Проблеми охорони та раціонального використання» (19-21 травня 2011, Львів); III, VI, VIII, IX Міжнародній науковій конференції молодих науковців «Біологія: від молекули до біосфери» (Харків, 2008, 2011, 2013, 2014); III-VI, X, XI Міжнародній науковій конференції студентів та аспірантів «Молодь і поступ біології» (Львів, 2007-2010, 2014, 2015); III Всеукраїнській науково-

практичній конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Біотехнологія: звершення та надії» (Київ, 2014); II Міжнародній науковій конференції студентів, магістрантів, аспірантів та молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансованого користування» (Харків, 2013); Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні досягнення біотехнології» (Київ, 2010); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Біотехнологія. Наука. Освіта. Практика» (Дніпропетровськ, 2008); International Conference for Students of Nature Sciences «The Coins 2008» (Vilnius, 2008); Міжнародній науково-практичній конференції студентів і аспірантів та молодих вчених (Київ, 2008); International scientific conference of young scientists and students «Modern Problems of Microbiology and Biotechnology» (Odessa, 2007).

7. Оцінка змісту дисертації

Дисертаційна робота викладена на 485 сторінках друкованого тексту та включає вступ, огляд літератури, опис матеріалів і методів досліджень, 7 розділів результатів власних досліджень, висновки, список з більше як 500 використаних літературних джерел, з яких переважна більшість англійської, а також, додатки. Дисертація ілюстрована 18 таблицями та 118 рисунками. За структурою, мовою та стилем викладення матеріалу доступна для сприйняття. Дисертація за своєю структурою і змістом відповідає вимогам МОН України до докторських дисертацій, та паспорту спеціальності 03.00.20 – Біотехнологія.

8. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Русин І.Б. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, копіївництва, фабрикації, плагіату та запозичень.

9. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача

За результатами досліджень опубліковано 65 наукових праць, у тому числі:

- 1 розділ у колективних монографіях;
- 18 статей у наукових періодичних виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України (в т.ч. 2 включених до категорії "А" і до міжнародної наукометричної бази даних Web of Science Core Collection, 1 до міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS (Q4));
- 7 статей у наукових періодичних виданнях інших держав з напрямку, з якого підготовлено дисертацію (в т.ч. 7, що включені до міжнародних наукометричних баз SCOPUS та/або Web of Science Core Collection;

- 5 статей у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports;

- 3 статті у виданнях, віднесених до четвертого квартилю (Q4) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports;

- 3 патентів України на корисну модель;

- 33 тез та доповідей на наукових конференціях;

- 1 посібник.

Розділ монографії

1. Русин І. Б., Дячок В. В. (2020). Перспективи використання природних лісових екосистем для отримання рослинно-мікробної біоелектрики. В: Колективна монографія «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» Львів, ТзОВ "ЗУКЦ", 124-140.

Статті у наукових фахових виданнях України

2. Rusyn, I.B., Vakuliuk, V.V., & Burian, O.V. (2019). Prospects of use of *Caltha palustris* in soil plant-microbial eco-electrical biotechnology. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 10(2), 233-238. <https://doi.org/10.15421/021935>. **категорія А, Web of Science** (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
3. Rusyn, I.B., & Hamkalo, Kh.R. (2019). Use of *Carex hirta* in electro-biotechnological systems on green roofs. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 10(1), 39-44. <https://doi.org/10.15421/021906>. **категорія А, Web of Science** (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
4. Мороз, О. М., Кулачковський, О. Р., Русин, І. Б., Гнатуш, С. О., Павлова, Ю. О., & Литвин, Ж. В. (2007). Біоконверсія етанолу в ацетальдегід мутантними штамами *Hansenula polymorpha*. *Мікробіологічний журнал*, 69 (1), 20-34. **Scopus Q4** (особистий внесок: проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів)
5. Русин, І.Б., Медведєв, О.В., & Дячок, В.В. (2021). Конструювання мультиелектродних електро-біосистем з *L. tinor*. *Екологічні науки*, 39, 103-105. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.16>. **категорія В**, (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану

проведення експериментів, проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)

6. Русин, І.Б., & Дячок, В.В. (2021). Роль перемішування субстрату для ефективності водних електро-біосистем. *Екологічні науки*, 38, 29-31. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.5-38.6>. **категорія В**, (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
7. Русин, І.Б., & Дячок, В.В. (2021). Залежність біоелектричних параметрів електро-біосистем від площі електродів. *Екологічні науки*, 37, 162-165. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.24>. **категорія В**, (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
8. Rusyn, I., & Djachok, V. (2021). Effect *Lemna minor* population density on bioelectric parameters of electro-biosystems. *Environmental problems*, 6(4), 6 (4), 195-200. <https://doi.org/10.23939/ep2021.04.195>. **категорія В**, (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
9. Русин, І.Б., Медведєв, О.В., & Дячок, В.В. (2021). Вплив міжелектродної відстані на біоелектричні показники електро-біосистем. *Екологічні науки*, 36, 123-126. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.19>. **категорія В**, (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
10. Rusyn, I., & Djachok, V. (2021). Wetland meadows of *Carex acutiformis* as a source of bioelectricity. *Environmental problems*, 6(3), 125-129. <https://doi.org/10.23939/ep2021.03.125>. **категорія В**, (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
11. Rusyn, I., & Djachok, V. (2021). Bioelectric parameters of *Pinus silvestris* forest ecosystems. *Environmental problems*, 6(2), 59-63. <https://doi.org/10.23939/ep2021.02.059>. **категорія В**, (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
12. Русин, І. Б., Медведєв, О.В., & Патлатюк, О.Ю. (2020). Перспективи отримання біоелектрики у паркових екосистемах міст. *Екологічні науки*,

- 29, 117-124. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.2-29.1.19>. **категорія В**, (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
13. Русин, І.Б., Медведєв, О.В., Воронько, В.В. & Пашук, А.В. (2020). Вплив забруднення важкими металами на біоелектричний потенціал біотопів. *Екологічні науки*, 30, 53-59. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.9>. **категорія В**, (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
14. Русин, І.Б., Медведєв, О.В., Валько, Б.Т. (2020). Біоелектрика екосистем лісів, заболочених лук та агроекосистем Західної України. *Наукові праці Лісівничої Академії наук України*, 20, 33-44. <https://doi.org/10.15421/412003>. **категорія В**, (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
15. Мороз, О.М., & Русин, І.Б. (2012). Використання сполук нітрогену бактеріями циклу сульфуру озера Яворівське. *Мікробіологія та біотехнологія*, 2, 96-109. (особистий внесок: проведення частини експериментів та аналізу результатів)
16. Джура, Н.М., Мороз, О.М., Русин, І.Б., Кулачковський, О.Р., Цвілинюк, О.М., & Терек, О.І. (2010). Вплив рослин бобу кормового (*Vicia faba* var. *minor*) на функціонування мікробних асоціацій метаболізму азоту в забрудненому нафтою ґрунті. *Ґрунтознавство*, 11(3-4), 105-112. (особистий внесок: проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних)
17. Русин, І.Б., Фігурка, О.М., Фігурка, У.М., Джура, Н.М., Мороз, О.М., & Новіков, В.П. (2009). Мікробіота нафтозабрудненого ґрунту, рекультивованого рослинами *Carex hirta*. *Мікробіологія і Біотехнологія*, 8, 41-47. (особистий внесок: проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
18. Мороз, О.М., Джура, Н.М., Безноско, Г.Я., Перетятко, Т.Б., Русин, І.Б., Цвілинюк, О.М., Кулачковський, О.Р., Терек, О.І., & Гудзь, С.П. (2006). Вплив рослин *Carex hirta* на мікрофлору нафтозабруднених ґрунтів. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*, 19, 149-154. (особистий внесок: проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів)
19. Мороз, О.М., Кулачковський, О.Р., Русин, І.Б., Гудзь, С.П., Гнатуш, С.О., Перетятко, Т.Б., Паляниця, Б.Ю. & Кутько, І.О. (2004). Біогенез гліоксисом та деградативна інактивація ізоцитратліази і каталази у *Pex1*

та *PexI^{ts}* мутантів *Hansenula polymorpha*. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія, 14, 148-153. (особистий внесок: проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів)

Статті у періодичних наукових виданнях інших держав

20. Apollon, W., Rusyn, I., González-Gamboa, N., Kuleshova, T., Luna-Maldonado, A.I., Vidales-Contreras, J.A., & Kamaraj, S.-K. (2022). Improvement of zero waste sustainable recovery using microbial energy generation systems: A comprehensive review. *Science of The Total Environment*, 817, 153055. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153055>. **Scopus Q1, Web of Science, Netherlands** (особистий внесок: опрацювання літературних даних, написання 55% статті)
21. Rusyn, I.B. (2021). Role of microbial community and plant species in performance of plant microbial fuel cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 152, 111697 (19p). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111697>. **Scopus Q1, Web of Science, United Kingdom** (особистий внесок: опрацювання літературних даних, написання статті)
22. Rusyn, I.B., Medvediev, O.V., & Valko, B.T. (2021). Enhancement of bioelectric parameters of multi-electrode plant-microbial fuel cells by combining of serial and parallel connection. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18(6), 1323-1334. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02934-3>. **Scopus Q2, Web of Science, Iran** (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
23. Rusyn, I.B., & Valko, B.T. (2019). Container landscaping with *Festuca arundinaceae* as bioelectrical minisystems in modern buildings. *International Journal of Energy for a Clean Environment*, 20(3), 211-229. <https://doi.org/10.1615/InterJEnerCleanEnv.2019026674>. **Scopus Q3, USA** (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
24. Rusyn, I.B., & Hamkalo, Kh.R. (2018). Bioelectricity production in an indoor plant-microbial biotechnological system with *Alisma plantago-aquatica*. *Acta Biologica Szegediensis*, 62 (2), 170-179. <https://doi.org/10.14232/abs.2018.2.170-179>. **Scopus Q3, Hungary** (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
25. Rusyn, I., Malovanyu, M., Tymchuk, I., Synelnikov, S. (2021). Effect of mineral fertilizer encapsulated with zeolite and polyethylene terephthalate on

- the soil microbiota, pH and plant germination. *Ecological Questions*, 32(1), 1-12. <https://doi.org/10.12775/EQ.2021.007> **Scopus Q4, Poland** (ідея дослідження належить співавторам, особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення всіх експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)
26. **Rusyn, I.B., & Hamkalo, Kh.R.** (2020). Electro-biosystems with mosses on green roofs. *Environmental Research, Engineering and Management*, 76(1), 20-31. <https://doi.org/10.5755/j01.erem.76.1.22212>. **Scopus Q4, Lithuania** (особистий внесок: розробка робочих гіпотез, складання плану проведення експериментів, проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, опрацювання літературних даних, написання статті)

Статті у інших періодичних наукових виданнях України

27. Сабадаш, В.В., **Русин, І.Б.**, Мальований, М.С., Гумницький, Я.М., Недадь, Х.М., & Аль, Х. (2011). Вплив гранульованих та капсульованих мінеральних добрив на фізико-хімічні властивості ґрунту та функціонування ґрунтової мікрофлори. *Сільський господар*, 5-6, 14-17 (особистий внесок: проведення частини експериментів та аналіз частини результатів)
28. Джура, Н.М., Мороз, О.М., Цвілинюк, О.М, Терек, О.І., **Русин, І.Б.**, & Романюк О.І. (2008). Відновлення нафтозабрудненого ґрунту за участю рослин *Carex hirta*. Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету „Основи формування продуктивності сільсько-господарських культур за інтенсивних технологій вирощування”, 197-203. (особистий внесок: проведення частини експериментів, аналіз та обробка результатів)

Патенти України на корисну модель

29. **Русин, І.Б.**, & Медведєв, О.В. (2018). Спосіб отримання біоелектрики із контейнера з рослинами за допомогою системи електродів. Патент України 122556, отриманий 28.08.2017, виданий 10.01.2018, бюл.1. (особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, складання плану проведення експериментів, проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту)
30. **Русин, І.Б.**, & Медведєв, О.В. (2016). Спосіб отримання біологічної електрики з глибинних шарів ґрунту. Патент України 112093, отриманий 9 березня 2016, виданий 12 грудня 2016, бюл. 23. (особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, складання плану проведення експериментів, проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту)

31. **Русин, І.Б.**, & Медведєв, О.В. (2015). Спосіб прямого отримання біоелектрики з ґрунту. Патент України 98393, отриманий 17 листопада 2014, виданий 27 квітня 2015, бюл. 8. (*особистий внесок: розробка формули, опрацювання літературних даних, складання плану проведення експериментів, проведення експериментів, аналіз та обробка результатів, формування висновків, написання патенту*)

Опубліковані праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

32. **Rusyn, I.B.**, Djachok, V.V. Електро-біосистеми на основі *L. minor*. I міжнародна науково-практична конференція «Overcoming environmental risks and threats for the environment in emergency conditions-2022» (Полтава, 26-27 May 2022), 517-520.
33. **Rusyn, I.B.**, Djachok, V.V. Dependence of bioelectricity production from electrotechnological parameters of plant-microbial electro-biosystems. International scientific conference «Challenges, threats and developments in biology, agriculture, ecology, geography, geology and chemistry» (Lublin, Poland, July 2-3, 2021), 95-98.
34. **Русин, І.Б.** Використання біотехнології рослинно-мікробних паливних елементів для отримання біоелектрики. XXII міжнародна науково-практична онлайн-конференція «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті» (20-21 травня 2021, Київ), 928-932.
35. **Rusyn, I.**, Valko, B., & Nikitchuk, S. (2019). Prospects of obtaining bioelectricity in ecosystems and settlements of border territories Poland and Ukraine. Miedzynarodowa konferencja naukowa i praktyczna. Aktualne problemy ochrony srodowiska Ukrainsko-Polskiej strefy przygranicznej (23-25 October 2019, Lviv), 86-87.
36. **Rusyn, I.B.**, & Hamkalo, Kh.R. (2015). Receiving of bioelectricity from polluted areas. Збірник наукових праць V Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю (23-26 вересня 2015, Вінниця), 189. ТОВ «Нілан-ЛТД», Вінниця.
37. Вакулюк, В.В., Бур'ян, О.В., & **Русин, І.Б.** (2015). Використання калужниці болотяної для отримання біоелектрики *in situ*. «Молодь і поступ біології»: Збірник тез XI Міжнародної наукової конференції (20-23 квітня 2015, Львів), 212-213. СПОЛОМ, Львів.
38. Гамкало, Х.Р., & **Русин, І.Б.** (2015). Вплив забруднення важкими металами на генерацію біоелектрики ґрунтовими мікроорганізмами в природних умовах. «Молодь і поступ біології»: Збірник тез XI Міжнародної наукової конференції студентів та аспірантів (20-23 квітня 2015, Львів), 216-217. СПОЛОМ, Львів.
39. **Rusyn, I.B.**, & Patladyuk, O.Y. (2014). Innovative approach to generate energy with Microbe-plant associations of urban soil in a park areas. EPPESEM. 3-й міжнародний конгрес. Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. Збірник матеріалів (17-19 вересня 2014, Львів), 74, ТзОВ «ЗУКЦ», Львів.

40. **Rusyn, I.B.** (2014). Perspective using of bioelectricity of microbe-plant associations of urban soil. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Modern Scientific Achievements and Their Practical Application» (October 20-22, 2014, **Dubai, UAE**), 91-94. World Science, RS Global, Dubai.
41. **Rusyn, I.B.** (2014). Bioelectricity of plant-microbe associations of urban soil in a park areas. Proceedings of the 1st International Academic Congress «Fundamental and Applied Studies in the Pacific and Atlantic Oceans Countries» (25 October 2014, **Tokyo, Japan**). Volume II, 75-78. Tokyo University Press, Tokyo.
42. Патлатюк, О.Ю., Воронько, В.В., & **Русин, І.Б.** (2014). Електроенергія, що генерується ґрунтовими мікроорганізмами в міській місцевості. «Біологія: від молекули до біосфери» Матеріали ІХ Міжнародної наукової конференції молодих науковців (Харків, 18-20 листопада 2014), 153-154. ФОП Шаповалова Т.М., Харків.
43. Бур'ян, О.В., Вакулюк, В.В., & **Русин І.Б.** (2014). Калюжниця болотна як джерело біоелектроенергії на зелених дахах. Матеріали ІХ Міжнародної наукової конференції молодих науковців «Біологія: від молекули до біосфери» (Харків, 18-20 листопада 2014), 147-148. ФОП Шаповалова Т.М., Харків.
44. Нікітчук, С.В., Валько Б.Т., Воронько В.А., Селецький І.С., Стемпіцький Н.І., & **Русин І.Б.** (2014). Розробка технології збору біоелектрики ґрунту. «Біологія: від молекули до біосфери» Матеріали ІХ Міжнародної наукової конференції молодих науковців (Харків, 18-20 листопада 2014), 152-153. ФОП Шаповалова Т.М., Харків.
45. Nikitchuk, S.V., Valko, B.T., & **Rusyn, I.B.** (2014). Bioelectricity produced by microbial-plant association of forest and wet meadows of Polessye. «Молодь і поступ біології»: Збірник тез Х Міжнародної наукової конференції (8-11 квітня 2014, Львів), 138-139. СПОЛОМ, Львів.
46. Нікітчук, С.В., Валько, Б.Т., & **Русин, І.Б.** (2014). Біоелектрика мікроборослинних асоціацій. «Біотехнологія: звершення та надії»: збірник ІІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених (15-16 травня 2014, Київ), 80. ВЦ НУБіП України, Київ.
47. Валько, Б.Т., Змислий, А.В., Нікітчук, С.В., & **Русин, І.Б.** (2013). Мікроборослинні асоціації ґрунту як альтернативне джерело енергії. «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансованого користування» Матеріали ІІ Міжнародної наукової конференції студентів, магістрантів, аспірантів та молодих вчених (5-6 грудня 2013, Харків), 14-15. ХНУ імені В. Н. Каразіна, Харків.
48. Валько, Б.Т., Змислий, А.В., Нікітчук, С.В., & **Русин, І.Б.** (2013). Біоелектрика ґрунту та мікроборослинних асоціацій. «Біологія: від молекули до біосфери». Матеріали VІІІ Міжнародної конференції молодих учених (3-6 грудня 2013, Харків), 287-288. ФОП Шаповалова Т.М., Харків.

49. Русин, І.Б., & Сабадаш, В.В. (2011). Стан ґрунтової мікрофлори при застосуванні капсульованих мінеральних добрив. «Біологія: від молекули до біосфери». Матеріали VI Міжнародної конференції молодих науковців (22-25 листопада 2011, Харків), 307-308. ФОП Шаповалова Т.М., Харків.
50. Русин, І.Б. (2011). Біодеструкція вуглеводнів нафти за участю мікроорганізмів. X Міжнародна науково-практична конференція «Ресурси природних вод Карпатського регіону. Проблеми охорони та раціонального використання». Збірник наукових статей (19-20 травня 2011, Львів), ЛвЦНП, Львів, 212.
51. Сайкевич, І., & Русин, І. (2010). Біодеструкція вуглеводнів нафти азотфіксуючими і целюлозоруйнуючими бактеріями та дріжджами. «Молодь і поступ біології»: Збірник тез VI Міжнародної наукової конференції студентів та аспірантів (21-24 вересня 2010, Львів), 167. СПОЛОМ, Львів.
52. Сайкевич, І., & Русин, І. (2010). Утилізація вуглеводнів нафти мікроорганізмами. Новітні досягнення біотехнології: тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції (21-22 жовтня 2010, Київ), 98-99. Мегапринт, Київ.
53. Фігурка, О., Фігурка, У., Русин, І., & Новіков, В. (2009). Утилізація нафти та синтез біоПАР виділеними із нафтозабрудненого ґрунту азотфіксуючими та целюлозоруйнуючими мікроорганізмами. «Молодь і поступ біології»: Збірник тез V Міжнародної наукової конференції студентів та аспірантів (12-15 травня 2009, Львів), Том 2, 166. СПОЛОМ, Львів.
54. Русин, І.Б., Фігурка, О.М., Фігурка, У.М., & Новіков, В.П. (2008). Синтез біоПАР мікроорганізмами-деструкторами вуглеводнів нафти. «Біотехнологія. Наука. Освіта. Практика»: Тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпропетровськ, 11-13 листопада 2008), 98-99.
55. Figurka, O.M., Figurka, U.M., Rusyn, I.B., & Novikov, V.P. (2008). Aerobic bioremediation measures for cleaning of soil from oil contamination. «The Coins 2008». International Conference for Students of Nature Sciences (11-15 March 2008, Vilnius), The book of abstracts, 61-62.
56. Русин, І.Б., Фігурка, О.М., Фігурка, У.М., & Новіков, В.П. (2008). Утилізація вуглеводнів нафти азотфіксуючими та целюлозоруйнуючими мікроорганізмами, виділеними з нафтозабруднених ґрунтів. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції студентів і аспірантів та молодих вчених (20-23 березня 2008, Київ), 101-102.
57. Фігурка, О., Русин, І., & Новіков, В. (2008). Деструкція вуглеводнів нафти азотфіксуючими бактеріями. «Молодь і поступ біології»: Збірник тез IV Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів (7-10 квітня 2008, Львів), 345. СПОЛОМ, Львів.
58. Фігурка, У., Русин, І., & Новіков, В. (2008). Участь целюлозоруйнуючих мікроорганізмів в біодеструкції вуглеводнів нафтозабруднених ґрунтів. «Молодь і поступ біології»: Збірник тез IV Міжнародної наукової

конференції студентів і аспірантів (7-10 квітня 2008, Львів), 346. СПОЛОМ, Львів.

59. **Русин, І.Б.**, Фігурка, О.М., Фігурка, У.М., & Новіков, В.П. (2008). Участь азотфіксуючих та целюлозоруйнуючих мікроорганізмів в біодеструкції вуглеводнів нафтозабруднених ґрунтів. «Біологія: від молекули до біосфери»: Матеріали III Міжнародної конференції молодих науковців (18-21 листопада 2008, Харків), 459-460. ФОП Шаповалова Т.М., Харків.
60. **Rusyn, I.B.**, Figurka, O.M., Figurka, U.M., Fedak, R.T. , Perminova, I.M. , Dzhura, N.M. , Moroz, O.M. , & Novikov, V.P. (2007). Recultivation of oil polluted soils by microorganisms and rough sedge. «Modern Problems of Microbiology and Biotechnology»: International scientific conference of young scientists and students (28-31 May 2007), Book of Abstracts, 108. Astroprint, Odesa.
61. Пермінова, І., **Русин, І.**, Джура, Н., Мороз, О., & Новіков, В. (2007). Дріжджі і плісеневі гриби нафтозабрудненого ґрунту. «Молодь та поступ біології»: Збірник тез III Міжнародної наукової конференції студентів та аспірантів (23-27 квітня 2007, Львів), 357-358. СПОЛОМ, Львів.
62. Фігурка, У., **Русин, І.**, Мороз, О., & Новіков, В. (2007). Вплив нафтового забруднення на целюлозоруйнуючу мікрофлору ґрунту. «Молодь та поступ біології»: Збірник тез III Міжнародної наукової конференції студентів та аспірантів (23-27 квітня 2007, Львів), 376. СПОЛОМ, Львів.
63. Фігурка, О., **Русин, І.**, Мороз, О., & Новіков, В. (2007). Азотфіксуючі бактерії нафтозабрудненого ґрунту. «Молодь та поступ біології»: Збірник тез III Міжнародної наукової конференції студентів та аспірантів (23-27 квітня 2007, Львів), 375. СПОЛОМ, Львів.
64. Федак, Р., **Русин, І.**, Мороз, О., & Новіков, В. (2007). Анаеробна мікробіота нафтозабрудненого ґрунту. «Молодь та поступ біології»: Збірник тез III Міжнародної наукової конференції студентів та аспірантів (23-27 квітня 2007, Львів), 373-374. СПОЛОМ, Львів.

Посібник

65. **Русин, І. Б.** (2016). Основи біології: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. ФОП Афонін А.О. DoubleApublishing, Київ.

10. Висновок комісії з біоетики.

В роботі не проводились експерименти над тваринами. Дисертаційна робота виконана із дотриманням біоетичних вимог, що підтверджує експертний висновок комісії з біоетики факультету біотехнології і біотехніки НТУУ «КПІ» від 03.04.2023 р.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Русин Ірини Богданівни “Біотехнологічні основи отримання електрики у рослинно-мікробних біосистемах”, що подана на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук, є кваліфікаційною науковою працею, виконаною здобувачем самостійно, за своїм науковим рівнем та практичною та теоретичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам п.7 та 9 “Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня

доктора наук”, що їх пред’являють до докторських дисертацій, та паспорту спеціальності 03.00.20 - Біотехнологія.

РЕКОМЕНДУВАТИ дисертаційну роботу “Біотехнологічні основи отримання електрики у рослинно-мікробних біосистемах”, подану Русин Іриною Богданівною на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук, до захисту у спеціалізованій раді Д 26.002.28 за спеціальністю 03.00.20 - Біотехнологія.

Головуючий на засіданні
д.т.н., доц., зав.кафедри біоенергетики,
біоінформатики та екобіотехнології
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Наталія ГОЛУБ

Рецензент
доктор біологічних наук,
професор

Олексій ДУГАН

Рецензент
доктор біологічних наук,
старший науковий співробітник

Наталія ПОСДИНОК

Рецензент
доктор хімічних наук,
професор

Євгеній КУЗЬМІНСЬКИЙ