

Секція: 9. Охорона навколишнього середовища.

ЗВІТ
за другий етап виконання наукової роботи
(2022 рік)

1. Назва НДР та категорія роботи: “Моделювання та прогнозування впливу хімічних забруднень на мікроорганізми, які перетворюють сполуки сульфуру”. Фундаментальне дослідження.

2. Керівник НДР: Гнатуш Світлана Олексіївна.

3. Номер державної реєстрації НДР: 0121U109616.

4. Назва закладу вищої освіти або наукової установи: Львівський національний університет імені Івана Франка.

5. Терміни виконання етапу: 01.03.2021 – 31.12.2021.

6. Обсяг коштів, виділених на виконання звітнього етапу НДР, (тис. гривень): 499,926.

7. Короткий зміст проекту (предмет, об’єкт, мета, основні завдання, до 20 рядків).

Мета роботи полягає у створенні множинних взаємодоповнюючих моделей впливу хімічних забруднювачів на клітини мікроорганізмів та прогнозуванні стану мікробоценозів на основі фундаментальних досліджень адаптацій бактерій циклу сульфуру до впливу хімічних забруднювачів з оцінюванням можливості застосування виділених штамів у технологіях очищення середовищ з одночасним генеруванням електричного струму або отриманням водню. Основні завдання. 1. Скринінг стійких і здатних до трансформування ксенобіотиків штамів мікроорганізмів, виділених із забруднених середовищ, і дослідження їхніх структурних, фізіолого-біохімічних властивостей. 2. Встановлення закономірностей відновлення NO_3^- , NO_2^- сульфیدогенними бактеріями за впливу хімічних забруднювачів. 3. Вплив стресових чинників (сполук нітрогену, металів, фосфору, хлору, фенольних сполук, пестицидів) на металовідновлювальну активність сульфідогенних бактерій та їхню здатність формувати біоплівку. 4. Вплив сполук карбону (органічних стоків), сполук важких металів на окиснення сульфідів, тиосульфатів, тетратіонатів і нітритів фототрофними бактеріями та продукування ними молекулярного водню. 5. Вплив чинників середовища на екзоелектрогенну активність бактерій у мікробному паливному елементі (МПЕ) та здатність цих мікроорганізмів формувати біоплівку. Використання інфільтратів та стічних вод у МПЕ. 6. Багатофакторний аналіз, побудова матриць факторних навантажень, встановлення зв’язків між бактеріями і хімічними забруднювачами, створення множинних взаємодоповнюючих моделей їхнього впливу на клітини та прогнозування стану мікробоценозів за цих умов. Розробка науково обґрунтованих рекомендацій щодо використання виділених штамів бактерій, здатних до біодеградації поллютантів, у новітніх екобіотехнологіях.

8. Результати виконання попереднього (за наявності) етапу (до 10 рядків).

Вивчено фізіологічні та біохімічні властивості штамів мікроорганізмів, виділених із антропогенно забруднених біотопів. Доведено високий біотехнологічний потенціал виділених нових штамів бактерій родів *Ochrobactrum*, *Moorella*, *Brochothrix*, *Streptomyces*, *Rhodopseudomonas*, *Geobacter*, *Paenibacillus*. Встановлено закономірності відновлення неорганічних сполук нітрогену сульфідогенними бактеріями за впливу хімічних забруднювачів. Створено тестові наноструктуровані поверхні та досліджено їхній вплив на мікроорганізми. Досліджено можливість отримання водню та електроенергії за одночасної біоремедіації стічних вод за участю фототрофних бактерій. Досліджено показники вільнорадикального пошкодження ліпідів і білків та активності ензимів системи антиоксидантного захисту у адаптованих до стресових чинників мікроорганізмів за впливу сполук важких металів.

9. Опис процесу наукового дослідження за звітним етапом (до 50 рядків).

Дослідження властивостей стійких до хімічних токсикантів бактерій дозволили отримати нові дані про їх участь у трансформуванні цих забруднювачів та оцінити можливість застосування виділених штамів у технологіях очищення середовищ і біоенергетиці. Вивчено адаптаційний потенціал бактерій різних родів до впливу сполук важких металів, нітрогену, фосфору, хлору, бромиду, флуору, флуоросинтетичних плівкоутворювальних піноутворювачів, фенольних сполук. Встановлено закономірності відновлення SO_4^{2-} , S^0 , NO_3^- та NO_2^- штамми *Desulfovibrio* sp. та *Desulfuromonas* sp. за впливу $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Виявлено зниження до 5,9 разів ефективності відновлення SO_4^{2-} штамми *Desulfovibrio* sp. за впливу NaNO_3 (1,74–10,41 мМ). Встановлено, що флуорид- та бромід-іони за концентрацій, які перевищують ГДК у 2,0–4,0 рази, інгібують утворення гідроген сульфідів бактеріями *Desulfovibrio* sp. та *Desulfuromonas* sp. у середовищі з SO_4^{2-} або S^0 . Показано, що NaCl , NaF , KBr за концентрацій, які у 0,5–4,0 рази відрізняються від гранично допустимих, пригнічують окиснення NO_2^- або $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ (4,2 мМ) бактеріями *Thiocapsa* sp. Ya-2003, *Lamprocystis* sp. Ya-2003 та *Chlorobium limicola* ІМВ К-8, а також впливають на синтез внутрішньоклітинних вуглеводів фототрофними зеленими сіркобактеріями. Досліджено вплив фенольних сполук на відновлення сульфат-іонів бактеріями *Desulfotomaculum* sp. AR1 та *Desulfovibrio desulfuricans* Ya-11. Ефективність використання пірогалолу бактеріями *Desulfotomaculum* sp. AR1 та *D. desulfuricans* Ya-11 у 4,0 рази вища, порівняно з ефективністю використання гідрохінону. Ефективність використання толуену та ксилену залежить від наявності у середовищі фумарату. Проведений двофакторний аналіз показав значні відмінності між кількістю використаного SO_4^{2-} в контрольному середовищі та середовищі з ароматичними сполуками. Досліджено фізіолого-біохімічні властивості бактерій-деструкторів флуоросинтетичних плівкоутворювальних піноутворювачів, виділених з ґрунту сірого лісового. Встановлено здатність виділених ізолятів використовувати різні джерела карбону та нітрогену. Усі ізоляти мають каталазну та уреазну активності, деякі володіють амілазною, ліпазною та фосфатмобілізуючою активностями. Застосування багатофакторного аналізу, побудова матриць факторних навантажень, встановлення зв'язків між фізіолого-біохімічними властивостями бактерій і хімічними забруднювачами дозволили зробити багатомодельний опис процесів. Визначено каталазну, супероксиддисмутазну активності, вміст первинних та вторинних продуктів перекисного окиснення ліпідів, карбонільних груп у білках *Rhodopseudomonas yavorovii* ІМВ В-7620 за впливу CuCl_2 та $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Встановлено взаємозв'язки між прооксидантними та антиоксидантними показниками цих бактерій за впливу $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7$ та CoCl_2 . Визначено показники вільнорадикального пошкодження біомолекул (гідропероксиди ліпідів, дієнові кон'югати, тіобарбітурат активні продукти) та активність ензимів системи антиоксидантного захисту (каталаза, супероксиддисмутаза) *Ochrobactrum rhizosphaerae* ІМВ В-7956 за впливу CuCl_2 . Встановлено взаємозв'язки між процесами вільнорадикального пошкодження ліпідів і білків, показниками системи антиоксидантного захисту, вмістом жирних кислот, нагромадженням біомаси бактерій *Chlorobium limicola* ІМВ К-8 і *Desulfuromonas acetoxidans* ІМВ В-7384 та концентрацією CuSO_4 і $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7$ у середовищі. Досліджено склад мікробіоти зони ризосфери *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. залежно від вікового стану рослин та стадії сукцесії відвалу шахти “Візейська”. У результаті проведеного двофакторного дисперсійного аналізу впливу фази росту *C. epigeios* (L.) Roth. і стадії сукцесії досліджуваних ділянок, а також їхнього сукупного впливу, встановлено, що фаза росту куничника і стадія сукцесії породного відвалу мають різний вплив на чисельність мікроорганізмів, виділених із зони ризосфери. Досліджено морфологічні і фізіолого-біохімічні властивості виділених із породи відвалу шахти “Надія” грамнегативних бактерій ізоляту SR35. За результатами секвенування гена 16S рРНК (номер доступу GenBank OP279754) та фізіолого-біохімічними ознаками (оксидаза, каталаза, використання джерел карбону, утворення H_2S тощо) встановлено приналежність ізоляту SR35 до роду *Citrobacter*. Досліджено властивості гетеротрофних бактерій *Azotobacter* sp. CEF-4 та *Streptomyces* sp. CEF-13, виділених з сіро-жовтої породи відвалу ЦЗФ “Червоноградська”, за впливу $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ та CuSO_4 .

10. Результати виконання звітної етапу відповідно до технічного завдання.

Номер етапу	Назва етапу згідно з технічним завданням	Заплановані результати етапу	Отримані результати етапу
II	<p>Біодеградація мікроорганізмами відновлювальної і окиснювальної ланок кругообігу сульфуру політантів різної природи за впливу хімічних забруднювачів як стресових чинників. Екзоелектрогенні властивості стійких до забруднень бактерій циклу сульфуру. Продукування фототрофними бактеріями водню за різних умов. Вплив хімічних речовин на метало-відновлювальну активність сульфیدогенних бактерій та їхню здатність формувати біоплівку. Вплив органічних субстратів та сполук важких металів на окиснення відновлених сполук сульфуру і нітрогену фототрофними бактеріями та закономірності продукування ними водню. Біосорбція металів клітинами бактерій. Генерування електричного струму сульфідогенними та фототрофними бактеріями у мікробному</p>	<p>Багатомодельний опис адапційного потенціалу сульфат-та сірковідновлювальних бактерій на основі вивчення впливу сполук нітрогену, важких металів, фосфору, хлору, фенольних сполук, пестицидів на відновлення окиснених форм важких металів (Fe(III), Cr(VI), Mn(IV), Cu(II) та ін.) за показниками нагромадження біомаси, концентрацій акцепторів електронів та їх відновлених продуктів у середовищі. Характеристика структурних адаптацій, у т. ч. здатності формувати біоплівку сульфідогенними мікроорганізмами за тривалого впливу хімічних забруднень з використанням методів флюоресцентної та електронної мікроскопії. База даних вмісту сульфідів, сульфатів, нітритів, нітратів, молекулярного водню у середовищі культивування бактерій родів <i>Chlorobium</i> та <i>Rhodopseudomonas</i> за</p>	<p>Визначено каталазну, супероксиддисмутазну активності, вміст первинних та вторинних продуктів перекисного окиснення ліпідів, карбонільних груп у білках <i>Rhodopseudomonas yavorovii</i> IMB B-7620 за впливу CuCl_2 та $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Встановлено взаємозв'язки між прооксидантними та антиоксидантними показниками цих бактерій за впливу $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7$ та CoCl_2. Визначено показники вільнорадикального пошкодження біомолекул та активність ензимів системи антиоксидантного захисту <i>Ochrobactrum rhizosphaerae</i> IMB B-7956 за впливу CuCl_2. Встановлено взаємозв'язки між процесами вільнорадикального пошкодження ліпідів і білків, показниками системи антиоксидантного захисту, вмістом жирних кислот, нагромадженням біомаси бактерій <i>Chlorobium limicola</i> IMB K-8 і <i>Desulfuromonas acetoxidans</i> IMB B-7384 та концентрацією CuSO_4 і $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7$ у середовищі. Встановлено закономірності відновлення SO_4^{2-}, S^0, NO_3^- та NO_2^- штамми <i>Desulfovibrio</i> sp. та <i>Desulfuromonas</i> sp. за впливу $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Виявлено зниження до 5,9 разів ефективності відновлення SO_4^{2-} штамми <i>Desulfovibrio</i> sp. за впливу NaNO_3 (1,74–10,41 мМ). Встановлено, що F^- та Br^- за концентрацій, які перевищують ГДК у 2,0–4,0 рази, інгібують утворення H_2S <i>Desulfovibrio</i> sp. та <i>Desulfuromonas</i> sp. Показано, що NaCl, NaF, KBr за концентрацій, які у 0,5–4,0 рази відрізняються від ГДК, пригнічують окиснення NO_2^- або $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ бактеріями <i>Thiocapsa</i> sp. Ya-2003, <i>Lamprocystis</i> sp. Ya-2003 та <i>C. limicola</i> IMB K-8, а також впливають на синтез внутрішньоклітинних вуглеводів зеленими</p>

	<p>паливному елементі.</p>	<p>внесення сульфідів, тіосульфатів, тетратіонатів, нітритів, сполук карбону (у т.ч. органічних стоків), важких металів. МПЕ та база даних величин сили струму, різниці потенціалів та потужності у процесі формування бактеріями родів <i>Desulfuromonas</i>, <i>Chlorobium</i>, <i>Rhodopseudomonas</i> електричного струму в однокамерному МПЕ за впливу чинників середовища (сполуки сульфуру, карбону, важких металів, інфільтрати та стічні води промислового походження з комплексним забрудненням). Фото і опис процесу формування біоплівки екзоелектрогенними мікроорганізмами за впливу чинників середовища з використанням методів флюоресцентної та електронної мікроскопії. Анований звіт. Публікація 5-ти статей у журналах, що входять до наукометричних баз даних WoS та/або Scopus, 6-ти статей у виданнях, що входять до переліку фахових видань України та мають ISSN,</p>	<p>сіркобактеріями. Досліджено вплив фенольних сполук на відновлення SO_4^{2-} <i>Desulfotomaculum</i> sp. AR1 та <i>Desulfovibrio desulfuricans</i> Ya-11. Ефективність використання пірогалолу <i>Desulfotomaculum</i> sp. AR1 та <i>D. desulfuricans</i> Ya-11 у 4,0 рази вища, ніж гідрохінону. Ефективність використання толуену та ксилену залежить від наявності у середовищі фумарату. Результати двофакторного аналізу показали значні відмінності між кількістю використаного SO_4^{2-} в контрольному середовищі та середовищі з ароматичними сполуками. Досліджено склад мікробіоти зони ризосфери <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth. залежно від вікового стану рослин та стадії сукцесії відвалу шахти “Візейська”. У результаті проведеного двофакторного дисперсійного аналізу впливу фази росту <i>C. epigeios</i> (L.) Roth. і стадії сукцесії досліджуваних ділянок, а також їхнього сукупного впливу, встановлено, що фаза росту кунічника і стадія сукцесії породного відвалу мають різний вплив на чисельність мікроорганізмів зони ризосфери рослини. За результатами секвенування гена 16S рРНК (номер доступу GenBank OP279754), морфологічними та фізіолого-біохімічними ознаками встановлено приналежність ізоляту SR35, виділеного із породи відвалу шахти “Надія”, до роду <i>Citrobacter</i>. Досліджено властивості гетеротрофних бактерій <i>Azotobacter</i> sp. CEF-4 та <i>Streptomyces</i> sp. CEF-13, виділених з сіро-жовтої породи відвалу ЦЗФ “Червоноградська”, за впливу $Pb(NO_3)_2$ та $CuSO_4$. Досліджено фізіолого-біохімічні властивості бактерій-деструкторів флуоросинтетичних плівкоутворювальних піноутворювачів, виділених з ґрунту сірого лісового.</p>
--	----------------------------	--	--

		монографії та розділу монографії у закордонних виданнях, отримання охоронного документу. захист 3 магістерських робіт. захист кандидатської дисертації.	Анотований звіт. Опубліковано 1 розділ монографії у закордонному виданні, 5 навчальних посібників, 1 статтю у виданні, що входить до переліку фахових видань України та має ISSN, 9 статей у журналах, що входять до наукометричних баз даних WoS та/або Scopus, 13 тез доповідей на міжнародних конференціях, 2 тези доповідей на вітчизняних конференціях. захищено 5 магістерських робіт.
--	--	---	--

11. Відмінні риси і перевага отриманих результатів (отриманої продукції) над вітчизняними або зарубіжними аналогами чи прототипами (на підставі порівняльних характеристик) (до 20 рядків).

Вперше множинні взаємодоповнюючі моделі впливу хімічних забруднювачів на властивості сульфідогенних і фототрофних мікроорганізмів використано для прогнозування їхнього адаптаційного потенціалу до впливу стресових чинників. Результати проведених нами фундаментальних досліджень змін фізіологічних і біохімічних властивостей сульфідогенних бактерій за впливу хімічних токсикантів є суттєвим доповненням до теорії дисиміляційного відновлення ними позаклітинних акцепторів електронів, зокрема, окиснених форм металів. Вивчено особливості функціонування системи антиоксидантного захисту бактерій за впливу стресових чинників, яка може суттєво корегувати реакцію клітин на дію поллютантів. Встановлені нами закономірності продукування фототрофними бактеріями водню внаслідок ферментації модельних субстратів є підґрунтям для розробок на їх основі нових ефективних технологій захисту довкілля та отримання енергії. Вперше доведено, що інтенсивність окиснення органічних сполук екзоелектрогенними штамами визначає ефективність генерування ними електричного струму у МПЕ. Вперше встановлено вплив на екзоелектрогенез здатності бактерій до утворення біоплівки. Малогабаритний однокамерний МПЕ відрізняється від існуючих аналогів дешевшим матеріалом електродів (графіт), протон-обмінної мембрани (Millipore), складом католіту (розчин $KMnO_4$) та аноліту (вода, збагачена органікою інфільтратів чи очисних споруд, і бактерії як анодні біокатализатори). Порівняно з відомими вітчизняними та зарубіжними аналогами адаптовані до забруднень штами бактерій, виділені із антропогенно змінених біотопів, завдяки здатності метаболізувати широкий спектр поллютантів мають значні переваги у разі їх застосування у МПЕ.

12. Результативність виконання звітної етапу науково-дослідної роботи.

	Показники	Заплановано (відповідно до проекту), одиниць	Виконано (за результатами НДР), одиниць	Відсоток виконання, %
		кількість	кількість	%
1.	Публікації виконавців (авторів) за тематикою НДР:			
1.1	Статті у журналах, що входять до наукометричних баз даних:	5	9	100
	Scopus	5	9	100
	Web of Science			
	Index Copernicus			
1.2	Публікації в матеріалах конференцій, що			

	входять до наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science (або Index Copernicus для суспільних та гуманітарних наук)*			
1.3	Статті у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України:	6	1	16,67
	з них: в журналах з особливим статусом (рекомендовані секціями)**			
1.4	Публікації у матеріалах конференцій, тезах доповідей та виданнях, що не включені до переліку наукових фахових видань України (крім тих, що увійшли до п. 1.2)		15	100
1.5	Монографії та розділи монографій, опубліковані за рішенням Вченої ради закладу вищої освіти (наукової установи)			
1.6	Монографії та розділи монографій, опубліковані (або підготовлені і подані до друку) в іноземних видавництвах	6	1,6	26,67
1.7	Підручники, навчальні посібники України		0,5	100
1.8	Словники, довідники			
2.	Підготовка наукових кадрів:			
2.1	Захищено докторських дисертацій за тематикою НДР			
2.2	Захищено кандидатських дисертацій за тематикою НДР	1	0	0
3.	Охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної власності, створені за тематикою НДР:			
3.1	Отримано патентів України	1	0	0
3.2	Отримано свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір			
3.3	Отримано патентів інших держав			
4.	Участь з оплатою у виконанні НДР (штатних одиниць/осіб):			
4.1	Студентів			
4.2	Молодих учених та аспірантів	1	2	100

* Тексти наукових статей, тез доповідей на наукових конференціях та описів отриманих патентів представляти на Web-сторінках організацій-виконавців наукової роботи (науково-технічної розробки)

** Для секцій, які не визначили перелік журналів з особливим статусом, оцінюються журнали категорії "Б" згідно з наказом Міністерства освіти і науки України від 15.01.2018 р. №32 "Про затвердження Порядку формування Переліку наукових фахових видань України", зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 06 лютого 2018 року за № 148/31600.

13. Перелік виконавців (ШБ та посада). Кількість штатних виконавців: 2, у т.ч. п.н.с., к.б.н. – 1 (Мороз О. М.), м.н.с. – 1 (Комплікевич С. Я.). Кількість сумісників: 5, у т.ч. г.н.с., к.б.н., проф. – 1 (Гнатуш С. О.), с.н.с., к.б.н., доц. – 2 (Перетятко Т. Б., Яворська Г. В.), с.н.с., к.б.н. – 1 (Масловська О. Д.), п.н.с., д.б.н., доц. – 1 (Осташ Б. О.).

14. Бібліографічний перелік монографій, підручників, посібників, словників, довідників, наукових статей, інших публікацій; подані заявки та отримані патенти; теми захищених дисертацій.

Розділи монографій:

1. Hnatush S. O. Relationships between prooxidant and antioxidant parameters of bacteria of sulfur cycle under the influence of heavy metal compounds / S. O. Hnatush, O. D. Maslovska, S. Ya. Komplikevych, T. B. Segin, S. V. Diakiv // The current state of fundamental and applied natural sciences research: Scientific monograph. – Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2022, P. 100-125. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-212-8-5>

Навчальні посібники:

1. Яворська Г. В. Метаболізм мікроорганізмів / Г. В. Яворська. – Львів : ОМЦЕН, 2022. <https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=4251>
2. Яворська Г. В. Методи дослідження мікроорганізмів / Г. В. Яворська. – Львів : ОМЦЕН, 2021. <https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=1131>
3. Яворська Г. В. Промислова мікробіологія / Г. В. Яворська. – Львів : ОМЦЕН, 2022. <http://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=2964>
4. Яворська Г. В. Мікробіологія_Екологам / Г. В. Яворська. – Львів : ОМЦЕН, 2022. <http://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=1187>
5. Яворська Г. В. Мікробіологія (заочне) / Г. В. Яворська, С. О. Гнатуш. – Львів : ОМЦЕН, 2022. <https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=4000>

Статті:

Статті у журналах, що входять до науково-метричних баз даних WoS та/або Scopus з індексом SNIP > 0,4:

1. Lishchynskiy O. Passive antifouling and active self-disinfecting antiviral surfaces / O. Lishchynskiy, Y. Shymborska, Y. Stetsyshyn, J. Raczowska, A. Skirtach, T. Peretiak, A. Budkowski // Chemical Engineering Journal. – 2022. – Vol. 446. – P. 137048. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.137048> (**Scopus (IF: 16.744, CiteScore: 19.4)**)
2. Shevtsova T. Temperature-responsive hybrid nanomaterials based on modified halloysite nanotubes uploaded with silver nanoparticles / T. Shevtsova, G. Cavallaro, G. Lazzara, S. Milioto, V. Donchak, K. Harhay, S. Korolko, A. Budkowski, Y. Stetsyshyn // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2022. – Vol. 641. – P. 128525. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2022.128525> (**Scopus (IF: 4.539)**)
3. Shymborska Y. Impact of the various buffer solutions on the temperature-responsive properties of POEGMA-grafted brush coatings / Y. Shymborska, Y. Stetsyshyn, J. Raczowska, K. Awsiuk, H. Ohar, A. Budkowski // Colloid and Polymer Science. – 2022. – Vol. 300, No 4. – P. 487–495. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00396-022-04959-1> (**Scopus (IF (2019): 1.536)**)
4. Melnyk S. Genetic approaches to improve clorobiocin production in *Streptomyces roseochromogenes* NRRL 3504 / S. Melnyk, A. Stepanyshyn, O. Yushchuk, M. Mandler, I. Ostash, O. Koshla, V. Fedorenko, D. Kahne, B. Ostash // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2022. – Vol. 106, No 4. – P. 1543–1556. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-022-11814-4> (**Scopus, IF 3.670 (2018)**)
5. Hnatush S. O. Influence of cobalt chloride and ferric citrate on purple non-sulfur bacteria *Rhodospseudomonas yavorovii* / S. O. Hnatush, O. D. Maslovska, S. Y. Komplikevych, I. V. Kovbasa // Biosystems Diversity. – 2022. – Vol. 30, No 1. – P. 38-45. <https://doi.org/10.15421/012204>. <http://ecology.dp.ua> (**Scopus (Cite Score (2021): 1.3; Cite Score Tracker (2020): 0.7), Web of Science, Index Copernicus**)
6. Meniv N. P. Microbiota of the rhizosphere zone of *Calamagrostis epigeios* from the coal mine waste dump / N. P. Meniv, O. D. Maslovska, S. Y. Komplikevych, S. O. Hnatush // Biosystems Diversity. – 2022. – Vol. 30, No 3. – P. 1–10. <https://doi.org/10.15421/012224>. <http://ecology.dp.ua> (**Scopus (Cite Score (2021): 1.3; Cite Score Tracker (2020): 0.7), Web of Science, Index Copernicus**)
7. Malovanyy M. Use of microbiocenosis immobilized on carrer in technologies of biological treatment of surface and wastewater / M. Malovanyy, A. Masikevych, Y. Masikevych, M.

Blyzniuk, I. Tymchuk, V. Zhuk, S. Hnatush, O. Kharlamova, V. Iurchenko, L. Vlasyk // Journal of Ecological Engineering. – 2022. – Vol. 23, No 9. – P. 34–43. <https://doi.org/10.12911/22998993/151146> (Scopus (H-index: 25, Cite Score (2021): 2.4, SNIP: 0.663), Web of Science, Google Scholar)

Статті в інших виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз даних Web of Science, Scopus та інших:

1. Moroz O. M. Dissimilatory reduction of sulfate, nitrate and nitrite ions by bacteria *Desulfovibrio* sp. under the influence of potassium dichromate / O. M. Moroz, S. O. Hnatush, G. V. Yavorska, G. I. Zvir // Regulatory Mechanisms in Biosystems. – 2022. – Vol. 13, No 1. – P. 23–37. doi: 10.15421/022204. <https://medicine.dp.ua> (Scopus, Web of Science, Index Copernicus (IF RINC: 0.016; ICV (2015): 73.46; GIF (2015): 0.888))
2. Moroz O. M. Influence of potassium dichromate on the reduction of sulfur, nitrate and nitrite ions by bacteria *Desulfuromonas* sp. / O. M. Moroz, S. O. Hnatush, H. V. Yavorska, G. I. Zvir, O. V. Tarabas // Regulatory Mechanisms in Biosystems. – 2022. – Vol. 13, No 2. – P. 153–167. doi: 10.15421/022220. <https://medicine.dp.ua> (Scopus, Web of Science, Index Copernicus (IF RINC: 0.016; ICV (2015): 73.46; GIF (2015): 0.888))

Статті у журналах, що входять до переліку фахових видань України:

1. Комплікевич С. Я. Виділення та характеристика бактерій *Citrobacter* sp. Sr35 з породного відвалу вугільної шахти / С. Я. Комплікевич, О. Д. Масловська, Н. П. Менів, Н. М. Кулішко, О. Р. Іщак, С. О. Гнатуш // Мікробіологія і біотехнологія. – 2022. – № 2. – С. 38–49. [http://dx.doi.org/10.18524/2307-4663.2022.2\(55\).263463](http://dx.doi.org/10.18524/2307-4663.2022.2(55).263463). <http://mbt.onu.edu.ua> (Index Copernicus)

Тези доповідей на конференціях:

Тези доповідей на міжнародних конференціях:

1. Maslovska O. Immobilization of cells of photosynthetic bacteria *Rhodospseudomonas yavorovii* for optimization of biologically valuable compound / O. Maslovska // FEMS Conference on Microbiology Belgrade in association with Serbian Society of Microbiology, 30 June–2 July 2022 : abstract book. – Belgrade, Serbia : FEMS, 2022. – P. 36.
2. Moroz O. Hydrogen sulfide production by bacteria *Desulfovibrio* sp. and *Desulfuromonas* sp. under the influence of sodium fluoride and potassium bromide / O. Moroz, H. Yavorska // XXVII International Scientific and Practical Conference “Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice”, July 12–15, 2022 : abstract book. – Prague, Czech Republic, 2022. – P. 50–53.
3. Hnatush S. Biochemical indicators of reactions of bacteria from different biotopes under the influence of heavy metal compounds / S. Hnatush // IV International Scientific Conference “Microbiology and Immunology – the Development Outlook in the XXI Century”, September 22–23, 2022 : abstract book. – Kyiv, Ukraine, 2022. – P. 10.
4. Maslovska O. D. Indicators of free radical damage and activity of enzymes of antioxidant system of bacteria *Rhodospseudomonas yavorovii* IMV B-7620 under the influence of ferric citrate and cobalt (II) chloride / O. D. Maslovska, S. O. Hnatush, S. Y. Komplikevych, I. V. Kovbasa // IV International Scientific Conference “Microbiology and Immunology – the Development Outlook in the XXI Century”, September 22–23, 2022 : abstract book. – Kyiv, Ukraine, 2022. – P. 72.
5. Melevych Y. The influence of sodium fluoride and potassium bromide on the oxidation of nitrite ions by phototrophic green sulfur bacteria *Chlorobium limicola* IMV K-8 / Y. Melevych, M. Nejluk, T. Shymonchuk, O. Moroz, H. Yavorska, S. Hnatush // IV International Scientific Conference “Microbiology and Immunology – the Development Outlook in the XXI Century”, September 22–23, 2022 : abstract book. – Kyiv, Ukraine, 2022. – P. 73.
6. Meniv N. Microbiota of the rhizosphere of *Calamagrostis epigeios*, *Hypericum perforatum* and *Leucanthemum vulgare* Lam. of overgrown dump of the mine “Vizeiska” Chervonohrad mining district / N. Meniv, O. Maslovska, S. Hnatush // IV International Scientific Conference

- “Microbiology and Immunology – the Development Outlook in the XXI Century”, September 22–23, 2022 : abstract book. – Kyiv, Ukraine, 2022. – P. 74.
7. Гембара М. В. Відновлення йонів сульфату бактеріями *Desulfovibrio* sp. за впливу натрій нітрату / М. В. Гембара, О. М. Мороз, Г. В. Яворська, С. О. Гнатуш // XVIII Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів “Молодь і поступ біології”, присвячена 195-річчю від дня народження Юліуса Планера, 6–7 жовтня 2022 р. : тези доп. – Львів, 2022. – С. 102–103.
 8. Качмар Н. Вплив солей купруму та плюмбуму на бактерії родів *Azotobacter* та *Streptomyces*, виділені з Червоноградського гірничопромислового району / Н. Качмар, Н. Менів, А. Галушка, С. Гнатуш // XVIII Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів “Молодь і поступ біології”, присвячена 195-річчю від дня народження Юліуса Планера, 6–7 жовтня 2022 р. : тези доп. – Львів, 2022. – С. 104–105.
 9. Мелевич Я. В. Вплив сполук бромю та флуору на окиснення нітрит-йонів пурпуровими сіркобактеріями / Я. В. Мелевич, М. І. Нейлюк, Т. В. Шимончук, О. М. Мороз, Г. В. Яворська, С. О. Гнатуш // XVIII Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів “Молодь і поступ біології”, присвячена 195-річчю від дня народження Юліуса Планера, 6–7 жовтня 2022 р. : тези доп. – Львів, 2022. – С. 110–111.
 10. Нейлюк М. І. Окиснення йонів нітриту фототрофними зеленими сіркобактеріями за впливу сполук флуору та бромю / М. І. Нейлюк, Я. В. Мелевич, О. М. Мороз, Г. В. Яворська, С. О. Гнатуш // XVIII Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів “Молодь і поступ біології”, присвячена 195-річчю від дня народження Юліуса Планера, 6–7 жовтня 2022 р. : тези доп. – Львів, 2022. – С. 111–112.
 11. Теклішин Д. Фізіолого-біохімічні властивості бактерій-деструкторів флуорсинтетичних плівкоутворювальних піноутворювачів для гасіння пожеж / Д. Теклішин, Ю. Ханік, М. Мельничук, Г. Звір, Н. Гринчишин // XVIII Міжнародна наукова конференція студентів та аспірантів “Молодь і поступ біології”, присвячена 195-річчю від дня народження Юліуса Планера, 6–7 жовтня 2022 р. : тези доп. – Львів, 2022. – С. 112–113.
 12. Komplikevych S. Cu²⁺ and Cr (VI) induced free radical damages to cells of *Rhodospseudomonas yavorovii* IMV B-7620 / S. Komplikevych, A. Kanetska, V. Melnyk, O. Maslovska, S. Hnatush // XVIII International Scientific Conference for Students and PhD Students “Youth and Progress of Biology” dedicated to the 195th anniversary from the birthday of Julius Planer, October 6–7, 2022 : abstract book. – Lviv, 2022. – P. 114–115.
 13. Kulishko N. Free radical processes in *Ochrobactrum rhizosphaerae* IMV B-7956 cells under the influence of copper (II) chloride / N. Kulishko, S. Komplikevych, O. Maslovska, S. Hnatush // XVIII International Scientific Conference for Students and PhD Students “Youth and Progress of Biology” dedicated to the 195th anniversary from the birthday of Julius Planer, October 6–7, 2022 : abstract book. – Lviv, 2022. – P. 115–116.

Тези доповідей на вітчизняних конференціях:

1. Чайка О. Роль бактерій *Desulfuromonas* sp. YSDS-3 в очищенні промислових стічних вод / О. Чайка, І. Стахера, Т. Перетятко // Всеукраїнська наукова конференція “Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій”, присвячена 115-й річниці від дня народження Всеволода Ілліча Здуна, Львів, 8–11 вересня 2022 р. : тези доп. – Львів, 2022. – С. 146–147.
2. Ханік Ю. О. Проблема забруднення довкілля галогеновмісними органічними сполуками / Ю. О. Ханік, Д. О. Теклішин, Г. І. Звір, Н. М. Гринчишин / Четверта Всеукраїнська науково-практична конференція “Євроінтеграція екологічної політики України”, 25–26 жовтня 2022 р. : тези доп. – Одеса, 2022. – С. 1–4.

17. Рішення Науково-технічної ради Університету від _____ протокол № ____ та Вченої ради біологічного факультету від 9 листопада 2022 р. протокол № 4/27 щодо продовження роботи.

Вважати, що запланований обсяг робіт виконано згідно технічного завдання і тематичного плану. Анотований звіт по перехідній держбюджетній темі Бм-14Ф за 2022 рік затвердити. Рекомендувати продовжити фінансування науково-дослідної роботи *“Моделювання та прогнозування впливу хімічних забруднень на мікроорганізми, які перетворюють сполуки сульфуру”* та включити її до тематичного плану науково-дослідних робіт ЛНУ імені Івана Франка на 2023 рік.

**Керівник роботи,
проф. Світлана ГНАТУШ**
Підпис, дата: _____

**Проректор з наукової роботи,
академік НАН України,
проф. Роман ГЛАДИШЕВСЬКИЙ**
Підпис, дата: _____
МП