

**ДЕСТРУКЦІЯ МОТОРНИХ ОЛИВ АКТИНОБАКТЕРІЯМИ\***

Досліджено вплив високих концентрацій моторних олив (МО) та присадок до них на ріст штамів *Dietzia maris* УКМ Ас-205, *Gordonia rubripertincta* УКМ Ас-179 і *Rhodococcus erythropolis* УКМ Ас-50, а також здатність цих актинобактерій до деструкції різних марок МО. Показано, що всі штами були стійкими до спрацьованих МО і проявляли чутливість до свіжих (що не були у використанні) МО та присадок, які містять дітіофосфат цинку. Найбільш токсичними для актинобактерій була олива "Esso Ultra" мінімальна пригнічувальна концентрація (МПК) якої знаходилась в межах 200–400 мг/мл та протизношувальна присадка Multadit OB (МПК = 4–10 мг/мл). Встановлено, що рівень деструкції МО при початковій концентрації 10 г/л становив 25,5–56,0 % за 5 діб. Досліджені штами краще засвоювали парафіно-нафтенову (49,0–61 % деструкції), ніж ароматичну (18,1–22,5 %) та смолисто-асфальтенову (12,1–18,8 %) фракції моторних олив.

**Ключові слова:** актинобактерії, вуглеводні, моторні оливи, присадки, біодеструкція, антимікробна дія.

Моторні оливи (МО) відносяться до одних із найбільш екологічно небезпечних мастильних матеріалів, що пояснюється присутністю в них токсичних компонентів (зокрема, сульфонатів, алкілсаліцилатів і дітіофосфатів металів, похідних фенолу і бензотріазолу) та низьким рівнем біодеструкції в природних умовах [3, 16]. Сучасні МО представляють собою збалансований колоїдний розчин базової оливи (яка становить 65–85 % оливи) та пакетів присадок, що містять індивідуальні функціональні присадки, призначені для підвищення якості та експлуатаційних характеристик олив. Залежно від вихідної сировини для виготовлення базової оливи, моторні оливи поділяють на мінеральні (нафтові), синтетичні та частково синтетичні [5]. Із зазначених типів МО на сьогодні 75 % в загальному обсязі використання становлять мінеральні моторні оливи [6].

У природне середовище МО потрапляють в основному внаслідок несправності або ушкодження транспортних засобів, аварій і неконтрольованих виливів спрацьованих матеріалів [3]. За даними літератури, із загальної кількості викидів транспортних засобів на автомагістралях приблизно 25,0 % залишається на проїжджій частині, решта нафтопродуктів потрапляє у підземні води і відкриті водойми [2]. При цьому, найбільшу загрозу для довкілля можуть представляти спрацьовані МО, які не придатні для подальшого використання, а за умов відсутності системи їх збору та переробки щорічно в значних кількостях накопичуються на підприємствах і у приватних осіб. Відомо, що в Україні при щорічному використанні більш ніж 900 тис. тон на рік свіжих товарних моторних олив офіційно збирається для переробки лише 5 % спрацьованих олив [8].

У природних умовах МО лише частково розкладаються в результаті фізико-хімічних та біологічних процесів, а основна їх частина може залишатися джерелом стійкого забруднення ґрунту і води. Зважаючи на це, в останні роки все більше уваги приділяється пошуку активних штамів – деструкторів моторних олив та їх використанні в біотехнологіях очищення довкілля від цих речовин [10, 11, 12, 14]. Відомо, що у процесі відновлення забруднених нафтою та нафтопродуктами середовищ значну роль відіграють актинобактерії родів *Rhodococcus*, *Gordonia* і *Dietzia*, проте у літературі є тільки поодинокі роботи, присвячені дослідженню здатності актинобактерій до засвоєння вуглеводневих компонентів моторних олив [4, 15].

Метою даної роботи було дослідити деструктивний потенціал актинобактерій щодо різних марок свіжих і спрацьованих моторних олив для подальшого використання вказаних мікроорганізмів в біотехнологіях очищення навколишнього середовища від цих речовин.

**Матеріали і методи.** Об'єктами досліджень були штами *Dietzia maris* УКМ Ас-205, *Gordonia rubripertincta* УКМ Ас-179 та *Rhodococcus erythropolis* УКМ Ас-50, які ізолювані з забрудненого нафтою та нафтопродуктами ґрунту і підтримуються в Українській колекції мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України.

Субстратом для культивування актинобактерій слугували мінеральна базова олива НС 22/130 («Когато», Чеська Республіка), свіжі товарні (які не були у використанні) універ-

\* Робота виконана за часткового фінансування за рахунок бюджетних коштів для підтримки об'єкта національного надбання – «Колекції мікроорганізмів Інституту мікробіології та вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України».

сальні мінеральні моторні оливи (МО) класу 15W-40 торгових марок “Азмол-Супер” («Азмол», Україна), “Navoline Premium” («Texaco Motor Oil», Росія), частково синтетичні МО класу 10W-40 торгових марок “Esso Ultra” («Esso Deutschland GmbH», Німеччина) та “Total QUARTZ 7000” («Total Lubrifiants», Франція), які призначені для бензинових двигунів і дизелів та спрацьовані МО тих же марок, які були відібрані в той момент, коли фактичний пробіг оливи складав 90–100 % від пробігу регламентованого типом оливи.

У роботі досліджувались наступні марки пакетів присадок до моторних оливи: Hitec 9227 і 2854, Infernum 1272, 2281, 3354 і 5265 та основні типи індивідуальних функціональних присадок марок Hitec 611, C-150 Нафтан, Детерсол-140, Komad-302 (мийно-деспергувальні), Hitec 623, Плексол, Полібутен (в'язкісно-депресорні), Liqui Moly (антифрикційна) та Multadit OB (протизношувальна).

Чутливість штамів до різних концентрацій МО та їх компонентів визначали методом дифузії в агар з використанням лунок [1]. Дослідження проводили в чашках Петрі з МПА, яке засівали газоном 0,1 мл суспензії добових культур актинобактерій (титр клітин  $1 \cdot 10^8$  кл/мл), після чого в товщі агару за допомогою свердла робили лунки діаметром 8 мм, в які вносили по 0,1 мл досліджуваної речовини. Моторні оливи, пакети присадок та індивідуальні функціональні присадки розчиняли в базовій оливі до кінцевої концентрації (мг/мл): 800, 600, 400, 200, 100, 80, 50, 40, 20, 10, 8, 4, 2 та 1. Для порівняння ступеня антимікробної дії досліджуваних речовин використовували такий показник, як мінімальна пригнічувальна концентрація (МПК), що відповідає останній концентрації речовини, після якої не утворювались зони затримки росту культур.

Культикування штамів для визначення їх деструктивної активності щодо оливи проводили протягом 5 діб в колбах на качалках (240 об/хв) на середовищі 1 (г/л):  $\text{KNO}_3 - 1,0$ ;  $\text{MgSO}_4 - 0,1$ ;  $\text{KH}_2\text{PO}_4 - 0,14$ ;  $\text{NaCl} - 1,0$ , в яке додавали 10 г/л оливи. Як інокулянт використовували культури з експоненційної фази росту (48 год), вирощені на середовищі 2, яке містить (г/л):  $\text{K}_2\text{HPO}_4 - 2,0$ ;  $\text{KH}_2\text{PO}_4 - 2,0$ ;  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} - 0,5$ ;  $\text{NaNO}_3 - 3,0$ ; цитрат Na – 1,0; дріжджовий екстракт – 1,0; гексадекан – 1,0. Кількість залишкових вуглеводнів у культуральній рідині визначали гравіметричним методом [9] після їх екстракції хлороформом. Фракційний склад вуглеводнів базової та моторних оливи до і після культивування штамів визначали методом колонкової рідинної хроматографії з використанням гранульованого силікагелю марки КСГК (завод «РІАП», м. Київ). Фракціонування вуглеводнів проводили розчинниками у такій послідовності: гексан, бензол, хлороформ.

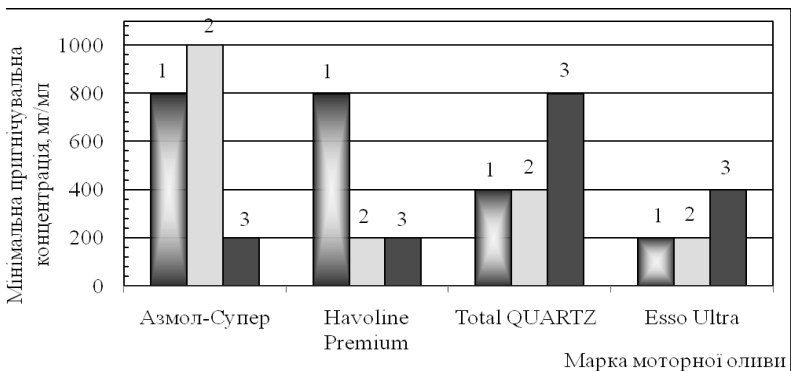
Всі досліді проводили у 3 повторях, в роботі представлені середні результати вимірювань.

**Результати та їх обговорення.** Враховуючи присутність в моторних оливах та присадках до них токсичних для мікроорганізмів компонентів нами досліджено вплив базової оливи, свіжих і спрацьованих МО, пакетів присадок та індивідуальних функціональних присадок на життєздатність штамів *D. maris* УКМ Ас-205, *G. rubripertincta* УКМ Ас-179 і *R. erythropolis* УКМ Ас-50. Встановлено, що базова олива, яка не містить присадок, не виявляла антимікробної дії до жодного із зазначених штамів, що підтверджується відсутністю зон затримки росту культур навколо лунок в агарі із вказаною оливою. Це дало можливість використати базову оливу як основу для приготування різних концентрацій МО та присадок до них при визначенні рівня токсичності цих речовин щодо штамів актинобактерій. Вивчення впливу свіжих і спрацьованих МО на ріст досліджених штамів виявило, що вони проявляли різну чутливість до свіжих оливи і були стійкими (за виключенням *G. rubripertincta* УКМ Ас-179) до всіх спрацьованих МО. Показано, що при внесенні в лунки свіжих оливи у 100 % концентраціях утворювались зони затримки росту культур, діаметри яких для “Азмол-Супер” знаходились в межах 19,0–20,0 мм, для “Navoline Premium” – 18,3–22,3 мм, “Total QUARTZ 7000” – 20,4–34,8 мм, а “Esso Ultra” – 22,8–35,4 мм.

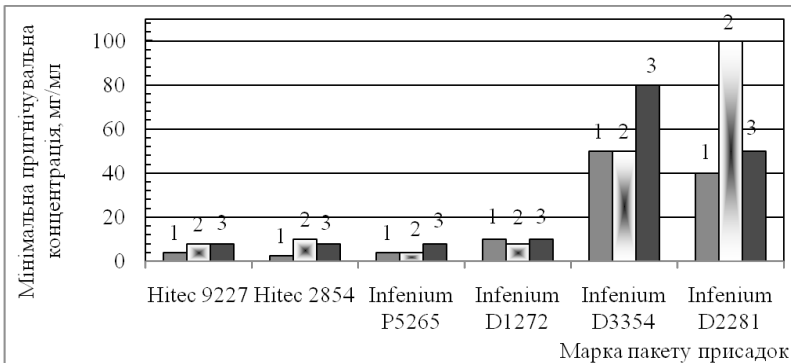
При визначенні мінімальних концентрацій свіжих МО, які пригнічують ріст досліджених штамів, встановлено, що найбільш токсичною для них була олива “Esso Ultra”, МПК якої дорівнювала 200 мг/мл для дієтзій і гордоній та 400 мг/мл – для родококів (рис. 1). Свіжа олива “Азмол-Супер” виявляла найменшу антимікробну дію на *G. rubripertincta* УКМ Ас-179 (затримка росту цього штаму спостерігалась тільки при 100 % концентрації цієї оливи). Вказана олива і “Navoline Premium” проявляли найменшу токсичність щодо штаму *D. maris* УКМ Ас-205, а “Total QUARTZ 7000” – до *R. erythropolis* УКМ Ас-50 (МПК цих оливи для зазначених штамів була однаковою і становила 800 мг/мл). На відміну від інших спрацьованих МО, які не викликали затримку росту у досліджених штамів, “Азмол-Супер” виявила незначну токсичну дію (МПК = 800 мг/мл) щодо штаму *G. rubripertincta* УКМ Ас-179.

Визначення антимікробної дії пакетів присадок показало, що всі вони у 100 % концентраціях пригнічували ріст досліджуваних штамів, за винятком НІТЕС 320N – єдиного із використаних у роботі пакетів, який не містить дітіофосфат цинку (ДТФ цинку). Встановлено, що значення МПК пакетів присадок знаходилось в прямій залежності від кількості в них ДТФ цинку. Найменшу антимікробну дію (МПК = 40–100 мг/мл) проявляли пакети Infenium D2281 та D3354 (рис. 2), які містили 0,8–0,9 % ДТФ цинку [5].

Значно більше пригнічували ріст (МПК = 2–10 мг/мл), досліджуваних штамів решта пакетів присадок концентрація ДТФ цинку в яких була в 2–3 рази більшою [5]. При вивченні токсичності індивідуальних функціональних присадок щодо штамів-деструкторів МО встановлено, що вони були стійкими до 100 % концентрацій мийно-диспергувальних, в'язкістних, депресорних і антифрикційних присадок, які не містять ДТФ цинку. На відміну від цього всі штамми були чутливі до протизношувальної присадки Multadit OB, кількість ДТФ цинку в якій дорівнює 8 % [5]. Більшу стійкість до цієї присадки проявляли штамми *D. maris* УКМ Ас-205 і *G. rubripertincta* УКМ Ас-179, МПК для яких становили 10 мг/мл та 8 мг/мл, відповідно, а меншу – *R. erythropolis* УКМ Ас-50 (МПК = 4 мг/мл).



**Рис. 1.** Мінімальні пригнічувальні концентрації свіжих моторних олив для досліджуваних штамів: 1 – *D. maris* УКМ Ас-205, 2 – *G. rubripertincta* УКМ Ас-179, 3 – *R. erythropolis* УКМ Ас-50

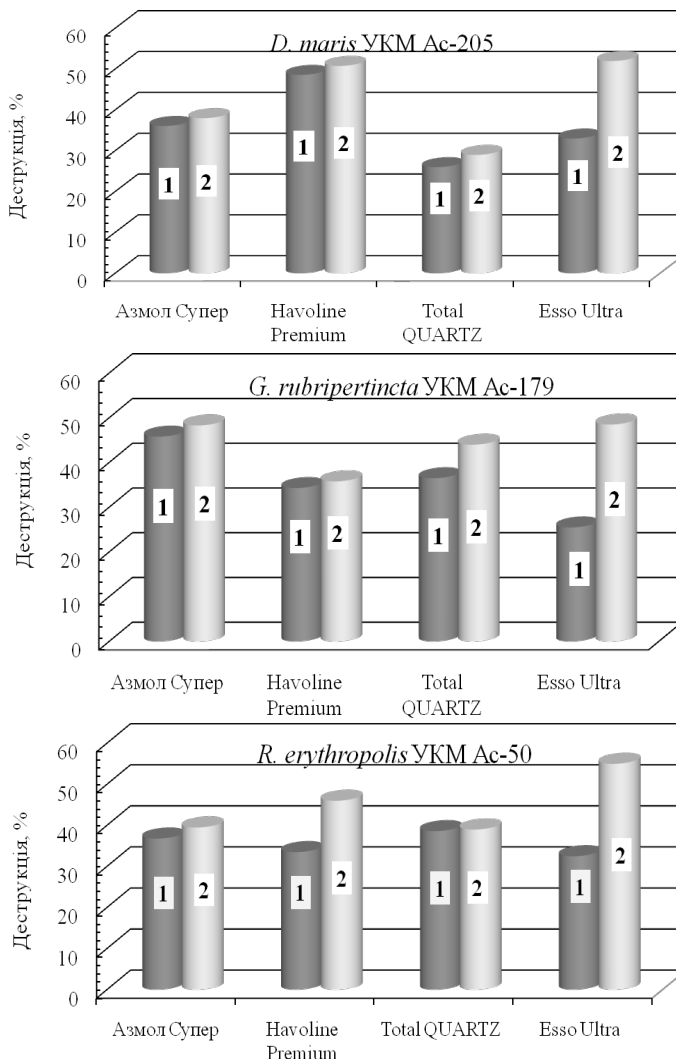


**Рис. 2.** Мінімальні пригнічувальні концентрації пакетів присадок для досліджуваних штамів: 1 – *D. maris* УКМ Ас-205, 2 – *G. rubripertincta* УКМ Ас-179, 3 – *R. erythropolis* УКМ Ас-50

Нами встановлено, що досліджувані актинобактерії відрізнялись між собою і за здатністю до засвоєння вуглеводневих компонентів різних марок моторних олив (рис. 3). Так, для дієзій найвищий рівень деструкції виявлений відносно спрацьованої оливи „Esso Ultra” (52,0 %) та свіжої „Navoline Premium” (48,6 %), для гордоній – спрацьованих олив „Азмол-Супер” (48,3 %) і „Esso Ultra” (48,5 %) та свіжої „Азмол-Супер” (45,8 %), а для родококів – спрацьованої оливи „Esso Ultra” (55,0 %) та свіжої „Total QUARTZ 7000” (38,6 %). Слід зазначити, що рівень деструкції штамми актинобактерій спрацьованих МО знаходився в межах 29,0–55,0 %, і перевищував таку свіжих МО на 0,4–29,0 %. Більш висока деструкція спрацьованих,

ніж чистих моторних олив виявлена, також, у штамів морських бактерій, що належать до родів *Bacillus* і *Pseudomonas* [13]. Вказане явище, очевидно, можна пояснити тим, що в процесі експлуатації МО в двигунах внутрішнього згоряння за температури 130–200 °С відбуваються істотні зміни у складі окремих компонентів олив і присадок, що впливає на токсичність цих речовин і на їх здатність до біодеструкції. Так, зокрема, найбільш токсичний компонент моторних олив – ДТФ цинку під дією високих температур може утворювати менш токсичні продукти розкладу: сульфіді, дисульфіді та метафосфат цинку, які нерозчинні в оливах і випадають в осад [7].

Порівняння розрахункової швидкості деструкції штамами актинобактерій свіжих (0,57–0,97 г/л за добу) та спрацьованих (0,58–1,12 г/л за добу) моторних олив із визначеною за даними літератури (0,11–0,67 г/л за добу) для представників родів *Rhodococcus* і *Gordonia* [14, 15], *Acinetobacter* і *Pseudomonas* [14] та інших бактерій, що засвоюють моторні оливи [16], дозволяє охарактеризувати штами *D. maris* УКМ Ас-205, *G. rubripertincta* УКМ Ас-179 та *R. erythropolis* УКМ Ас-50 як ефективні деструктори моторних олив.



**Рис. 3. Деструкція штамами актинобактерій вуглеводневих компонентів свіжих і спрацьованих моторних олив: 1 – чиста олива; 2 – спрацьована олива**

При визначенні кількості та фракційного складу вуглеводневих компонентів базової оливи, а також, свіжої і спрацьованої моторної оливи «Азмол-Супер» до і після росту найбільш активного деструктора цієї оливи – штаму *G. rubripertincta* УКМ Ас-179 встановлено, що ос-

новним компонентом цих олиив є парафіно-нафтеніва фракція, яка складає 88,8–99,6 % від загального вмісту вуглеводнів (таблиця). В незначній кількості у вказаних олиивах представлені ароматична (2,0–7,4 %) та смолисто-асфальтенова (1,4–3,8 %) фракції вуглеводнів. Одержані нами результати корелюють із даними літератури про високий вміст парафінової фракції вуглеводнів в інших базових і моторних олиивах. Так, за наведеними Кома із співав. [14] даними, в базовій олииві незазначеної марки 90,9 % вуглеводнів становить насичена фракція, із якої 15,5 % представлена н-парафінами, 75,4 % – циклічними парафінами, а решта (9,1 %) належить до ароматичної фракції. Іншими авторами [16] встановлено, що в чистій моторній олииві Proton Avant, Petrol (Slovenia) міститься до 98,0 % н-парафінів і 2 % ароматичних і поліароматичних вуглеводнів, таких як феноли, нафталіни і антрацени.

За нашими даними, штам *G. rubripertincta* УКМ Ас-179 найкраще засвоєвав парафіно-нафтеніви вуглеводні, рівень деструкції яких при початковій концентрації олиив у середовищі 10 г/л досягав значення 49,0–61,0 % за 5 діб. Значно меншою в тих же умовах була деструкція ароматичної (18,1– 22,5 %) та смолисто-асфальтенової (12,1–18,8 %) фракції. Це узгоджується із даними Plohл із співав. [16], які виявили, що основна біодеструкція н-алканів бактеріями відбувається протягом перших 5 днів інкубації, а також із результатами досліджень, проведеними Kawakami and Nishimura [13], якими встановлено, що за зменшенням здатності до біодеструкції вуглеводневі компоненти моторних олиив розташовуються в такій послідовності: н-алкани > не конденсовані циклоалкани, моно-ароматичні сполуки > конденсовані циклоалкани.

Слід зазначити, що за розрахунковою швидкістю деструкції парафіно-нафтеніви фракції вуглеводнів досліджених нами марок моторних олиив, яка дорівнює 0,88–1,18 г/л за добу, штам *G. rubripertincta* УКМ Ас-179 значно перевищує наведені в літературі дані для інших штамів актинобактерій, а саме для *Gordonia sp.* NDKY76A і *Rhodococcus sp.* NDKK48 (0,05 - 0,33 г/л за добу) при деструкції ними базові олиив марки SAE10 [15] та для штаму *Acinetobacter sp.* ODDK71 (0,25 г/л за добу) при засвоєнні спрацьованої моторної олиив [14].

Таблиця

Деструкція вуглеводневих фракцій олиив штамом *G. rubripertincta* УКМ Ас-179

Фракції вуглеводнів	Початкова кількість вуглеводнів		Залишкова кількість вуглеводнів	Деструкція, %
	мг	%		
Базова мінеральна олиива НС 22/130				
парафіно-нафтеніва	966,7	96,6	374,3	61,3
ароматична	20,0	2,0	15,5	22,5
смолисто-асфальтенова	13,3	1,4	10,8	18,8
Моторна олиива Азмол-Супер (свіжа)				
парафіно-нафтеніва	903,5	90,4	460,7	49,0
ароматична	60,1	6,0	49,2	18,1
смолисто-асфальтенова	36,4	3,6	32,0	12,1
Моторна олиива Азмол-Супер (спрацьована)				
парафіно-нафтеніва	887,8	88,8	425,2	52,1
ароматична	74,3	7,4	59,3	20,2
смолисто-асфальтенова	37,9	3,8	32,9	13,2

Таким чином, в результаті проведених досліджень нами охарактеризована деструктивна активність штамів *D. maris* УКМ Ас-205, *G. rubripertincta* УКМ Ас-179 і *R. erythropolis* УКМ Ас-50 щодо вуглеводневих компонентів різних марок свіжих і спрацьованих моторних олиив та визначена чутливість вказаних штамів до високих концентрацій цих речовин і присадок до них. Результати показали, що досліджувані актинобактерії перспективні для використання в біотехнологіях очищення довкілля від забруднень моторними олиивами.

Автори роботи висловлюють щирю подяку старшому науковому співробітнику Українського науково-дослідного інституту нафтопереробної промисловості „МАСМА” С.С. Шамкінній за корисні консультації щодо характеристик та властивостей моторних олів і присадок до них.

**Т.М. Ногина, Л.А. Хоменко, В.С. Подгорский**

*Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К.Заболотного НАН Украины, Киев*

## **ДЕСТРУКЦИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ АКТИНОБАКТЕРИЯМИ**

### Резюме

Исследовано влияние высоких концентраций моторных масел (ММ) и присадок к ним на рост штаммов *Dietzia maris* УКМ Ас-205, *Gordonia rubripertincta* УКМ Ас-179 и *Rhodococcus erythropolis* УКМ Ас-50, а также способность этих актинобактерий к деструкции различных марок ММ. Показано, что все штаммы были устойчивы к отработанным маслам и проявляли чувствительность к свежим (которые не использовались) ММ и присадкам, содержащим дитиофосфат цинка. Наиболее токсичными для актинобактерий были масло “Esso Ultra”, минимальная ингибирующая концентрация (МИК) которого находилась в пределах 200–400 мг/мл, и противозносная присадка Multadit OB (МИК = 4–10 мг/мл). Установлено, что уровень деструкции ММ при начальной концентрации 10 г/л составлял 25,5–56,0 % за 5 суток. Исследованные штаммы лучше усваивали парафино-нафтеновую (49,0–61,0 %), чем ароматическую (18,1–22,5 %) и смолисто-асфальтовую (12,1–18,8 %) фракции моторных масел.

Ключевые слова: актинобактерии, углеводороды, моторные масла, присадки, биодеструкция, антимикробное действие.

**Т.М.Ногина, Л.А.Хоменко, В.С.Подгорский**

*Zabolotny Institute of Microbiology and Virology,  
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv*

## **DESTRUCTION OF MOTOR OILS BY ACTINOBACTERIA**

### Summary

The influence of high concentrations of motor oils (MO) and additives to them on the growth of strains *Dietzia maris* UKM Ac-205, *Gordonia rubripertincta* UKM Ac-179 and *Rhodococcus erythropolis* UKM Ac-50 as well as the ability of these actinobacteria to destruction of different MO brands were investigated. It was shown that all strains were resistant to the used motor oils but showed sensitivity to fresh (unused) MO and additives containing zinc dithiophosphate. The oil “Esso Ultra” which had minimum inhibitory concentration (MIC) within 200–400 mg/ml and the antiwear additive Multadit OB (MIC = 4–10 mg/ml) were most toxic for actinobacteria. It is established that the level of MO degradation at initial concentration of 10 g/l was 25.5–56.0 % for 5 days. The studied strains utilized paraffine-naphthene (49.0–61.0 %) better than aromatic (18.1–22.5 %) and resinous-asphaltene (12.1–18.8 %) fractions of motor oils.

The paper is presented in Ukrainian.

**Key words:** actinobacteria, hydrocarbons, motor oils, additives, biodegradation, antimicrobial action.

**The authors address:** *Nogina T.M., Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine; 154 Acad. Zabolotny St., Kyiv, MSP, D03680, Ukraine.*

1. Аржаков В.Н., Ермакович М.М., Аржаков П.В. Определение противомикробной активности дезинфицирующих препаратов // Достижения науки и техники АПК. – 2004 – № 2. – С. 39–41.
2. Евгенийев И.Э., Каримов Б.Р. Автомобильные дороги и окружающая среда. – М: Трансдорнаука, 1997. – 286 с.
3. Евдокимов А.Ю., Фукс И.Г., Шаблина Т.Н., Багдасаров Л.Н. Смазочные материалы и проблемы экологии. – М.: Нефть и газ, 2000. – 423 с.
4. Звягинцева И.С., Поглазова М.Н., Готоева М.Т., Беляев С.С. Влияние солености среды на деструкцию нефтяных масел нокардиоподобными бактериями // Микробиология. – 2001. – 70, №6. – С.759–764.
5. Караулов А.К., Худолый Н.Н. Автомобильные масла. Моторные и трансмиссионные. Ассортимент и применение: Справочник. – Киев: Журнал „Радуга”, 2000. – 436 с.



6. Костенко В.И., Сидоркин В.И., Екшикеев Т.К., Янчеленко В.А. Эксплуатационные материалы (для автомобильного транспорта): Учебное пособие. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2005. – 165 с.
7. Пилявский В.С., Головки Л.В., Лысухо А.Р., Брюзгин А.Р., Поважный В.П. Трибологические свойства синтетических моторных масел после их термоокисления // Катализ и нефтехимия. – 2003. – №12. – С.27–30.
8. Стриж О., Бойченко С. Дослідження ефективності сорбентів та удосконалення технології відновлення якості турбінних олів // Нефть и газ. – 2009. – №3 – С. 54–62.
9. Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю.Ю. Лурье. – М: Химия, 1973. – 375 с.
10. Abdulsalam S., Omale A.B. Comparison of biostimulation and bioaugmentation techniques for the remediation of used motor oil contaminated soil // Braz. Arch. Biol. Technol. – 2009. – 52, N. 3. – P. 747–754.
11. Abioye P.O., Aziz A.A., Agamuthu P. Enhanced Biodegradation of Used Engine Oil in Soil Amended with Organic Wastes // Water Air Soil Pollut. (16 September, 2009): Published online –<http://www.springerlink.com/content/u6h4873607v26k02>.
12. Akoachere Jane-Francis T. K., Akenji I T.N., Yongabi F.N., Nkwelang G. T., Ndip R.N. Lubricating oil-degrading bacteria in soils from filling stations and auto-mechanic workshops in Buea, Cameroon: occurrence and characteristics of isolates // Afr. J. Biotechnol. – 2008. – 7, N 11. – P. 1700–1706.
13. Kawakami Y., Nishimura H. Degradation of lubricating oils by marine bacteria observed by quantitative mass spectrometry // J. Oceanogr. – 1981. – 37, N 1. – P. 1–7.
14. Koma D., Hasumi F., Yamamoto E., Ohta T., Chung S.Y., Kubo M. Biodegradation of long-chain n-paraffins from waste oil of car engine by *Acinetobacter* sp. // J. Biosci. Bioeng. – 2001. – 91, N 1. – P. 94–96.
15. Koma D., Sakashita Y., Kubota K., Fujii Y., Hasumi F., Chung S.Y., Kubo M. Degradation of car engine base oil by *Rhodococcus* sp. NDKK48 and *Gordonia* sp. NDKY76A // Biosci. Biotech. Biochem. – 2003. – 67, N 7. – P. 1590–1593.
16. Plohl K., Leskovšek H. Biological degradation of motor oil in water // Acta Chim. Slov. – 2002. – 49, № 2 – P. 279–289.

Отримано 15.06.2009