

УДК 602.6:578/579:502/504

## **ВПЛИВ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ НАФТОПРОДУКТІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ КУЛЬТИВУВАННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ- НАФТОДЕСТРУКТОРІВ**

**Л. М. ГЛАДЧЕНКО, О. Л. МАТВЄЄВА, С. О. ОМЕЛЬЧУК**

*Національний авіаційний університет, м. Київ*

*Проведено дослідження здатності мікроорганізмів рости в умовах забруднення води нафтопродуктами. Дослідження деструкційної активності вуглеводеньокиснювальних мікроорганізмів *Penicillium crysogenum*, *Pseudomonas syringae* і *Bacillus subtilis* показало, що вони здатні рости в умовах забруднення нафтопродуктами, а саме – синтетичним моторним маслом марки ZIC XQ 5W-30 і мінеральним моторним маслом марки MD 15W-40. Найактивнішим деструктором нафтопродуктів у даному експерименті є бактерії *Bacillus subtilis*, приріст біомаси яких на мінеральному моторному маслі становить 55,4%. Визначена різна чутливість мікроорганізмів-нафтодеструкторів до хімічного складу нафтопродуктів, яка зумовлена природними особливостями самих бактерій.*

**Ключові слова:** забруднення нафтопродуктами, біодеструкція, мікроорганізми.

**Вступ.** Забруднення навколишнього середовища нафтою та нафтопродуктами з кожним роком набуває все більших розмірів. Широкого розповсюдження одержало масштабне забруднення нафтопродуктами водних акваторій, прибережних зон, донних відкладень та ґрунтів у зв'язку із зростанням обсягів видобування, транспорту та переробки нафтопродуктів.

Відомі способи очищення природного середовища від нафтопродуктів потребують покращення їх експлуатаційних можливостей, спрямування їх на

комплексне вирішення проблем знешкодження забруднення незалежно від умов середовища, забезпечення екологічної безпеки застосування.

Всесвітній позитивний та негативний досвід боротьби з нафтозабрудненням навколишнього середовища обумовив розробку комплексних технологій із використанням нової групи препаратів – біосорбентів, які мають абсорбційну активність відносно нафтопродуктів та здатні розкладати сорбовані вуглеводні завдяки біодеструкції. Застосування сорбентів такого типу дасть можливість швидко та ефективно локалізувати аварійні розливи нафти та нафтопродуктів і в подальшому забезпечити повне знешкодження залишків останніх.

Використання нафтоокиснювальних мікроорганізмів для очищення навколишнього середовища є не новою, але недостатньо вивченою областю досліджень. Триває пошук нових деструкторів вуглеводнів нафтопродуктів і виявлення оптимальних умов ефективного використання наявних препаратів.

Актуальність роботи полягає у необхідності детального дослідження умов бактеріальної біодеструкції нафтопродуктів у водному середовищі з метою підвищення ефективності очищення стічних вод за допомогою біосорбційної технології.

Предметом дослідження є види мікроорганізмів-нафтодеструкторів, джерела вуглеводнів різного хімічного складу.

Об'єктом дослідження є вплив хімічного складу джерел вуглеводнів на ефективність культивування мікроорганізмів-нафтодеструкторів.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Вуглеводеньокиснювальна група мікроорганізмів природного походження таксономічно досить різноманітна. Найбільш активні бактеріальні штами відносяться до родів: *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Rhodococcus*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Xanthomonas*, *Alcaligenes*, *Nocardia*, *Brevibacterium*, *Mycobacterium*, *Beijerinckia*, *Bacillus*, *Enterobacteriaceae*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Sphaerotilus*. Серед актиноміцетів увагу привертає численний рід *Streptomyces*. З дріжджів виділяють роди *Candida* і *Torulopsis* [1].

Відомо, що гідрофобний характер молекул вуглеводнів є причиною того, що процеси окислення здійснюються оксигеназами, на відміну від окислення більш гідрофільних речовин, що відбувається під дією дегідрогеназ. Гідрофобність вуглеводневих субстратів і їх незначна розчинність у воді вимагає специфічного способу транспорту таких речовин в клітину. Цей процес ще недостатньо вивчений, але наявні в даний момент дані говорять про те, що на основному етапі він відбувається пасивно, тому способи надходження вуглеводневого субстрату до клітин у водному середовищі і його транспорту через оболонку істотно впливають на кінетику росту культур на вуглеводневих середовищах.

Перетворення речовин вуглеводневої природи здійснюється в основному двома шляхами:

- у процесі культивування мікроорганізмів на середовищах з вуглеводнями в якості єдиного джерела вуглецю і енергії;
- в процесах співокислення культурами, що ростуть за рахунок інших ростових субстратів.

В [2] зазначено, що нафтоокиснювальні мікроорганізми здатні засвоювати вуглеводні завдяки продукуванню ними біоПАР (біологічних поверхнево-активних речовин), які диспергують вуглеводні і збільшують їхню біодоступність для мікроорганізмів. Використання біоПАР відзначається низькими експлуатаційними витратами, простим обслуговуванням, надійністю очищення, що зумовлює практично повну деградацію органічних сполук до оксидів вуглецю, азоту та ін. Причому, на противагу мікробним, використання хімічних ПАР завдає великої шкоди екосистемі та призводить до її повільного відновлення [3, 4].

У роботі Таранової Л. В і Жданової Е. Б. [5] показано, що олефіни легко окислюються мікроорганізмами. Ферментні системи мікроорганізмів при окисленні олефінів утворюють продукти насичені киснем, в яких подвійний зв'язок виявляється незруйнованим. Оскільки продуктом розпаду є

тетрадеценава кислота, вважають, що має місце пряма атака на метильну групу олефіну.

Крім цього, описаний ще один шлях окислення олефінів – епоксидування подвійного зв'язку [6]. Мікроорганізми гідроксильють ароматичні вуглеводні з подальшим розривом бензольного кільця. Субстрати, отримані в ході подібних реакцій, легко утилізуються до продуктів циклу Кребса через о- і м-розщеплення [7].

Алкільовані бензоли окислюються значно інтенсивніше, ніж сам бензол, при цьому з'єднання окислюється в основному за рахунок бічних алкільних ланцюгів. Найбільш вивчені шляхи деградації толуолу [8].

Відомо, що гени, які кодують ферменти, для розщеплення циклічних вуглеводнів, знаходяться в складі бактеріальних плазмід. Кон'югативні плазмиди біодеградації здатні до горизонтального переносу між бактеріальними популяціями, що розширює їх деградаційний потенціал і сприяє адаптації мікроорганізмів до зміни умов навколишнього середовища [9]. Тобто, присутність катаболічних плазмід в штаммах-деструкторах, в тому числі ризосферних, збільшує приріст біомаси і ступінь деструкції нафтопродуктів.

**Мета роботи** – експериментально оцінити вплив хімічного складу вуглеводнів на ефективність культивування мікроорганізмів-нафтодеструкторів.

**Постановка проблеми.** У зв'язку з необхідністю вирішення проблеми забруднення води нафтопродуктами постає ряд завдань:

- проаналізувати механізми деградації вуглеводнів нафти мікроорганізмами;
- дослідити механізми окиснення вуглеводнів мікроорганізмами;
- провести оцінку впливу хімічного складу вуглеводнів на ефективність культивування мікроорганізмів-нафтодеструкторів.

**Механізм деградації вуглеводнів нафти мікроорганізмами.** Біохімічні процеси деградації нафтопродуктів за допомогою мікроорганізмів можуть проходити за допомогою наступних типів ферментних реакцій: ароматичне та

аліфатичне гідроксилювання, окисне дезамінування, гідроліз та інші біохімічні перетворення вихідних нафтових речовин і проміжних продуктів їхнього розпаду. Оксигенази, дегідрогенази та гідролази – основні ферменти, за допомогою яких здійснюються вищезгадані перетворення нафтопродуктів. Проміжними продуктами при розпаді вуглеводнів найчастіше є спирти, альдегіди і жирні кислоти.

За сприятливих умов нафтоокиснювальні бактерії руйнують практично всі вуглеводні – від метану до найважчих залишків. Проте, через низьку здатність до диспергування, важкі фракції нафтопродуктів довше й складніше біодеградують [10].

Продукти неповного окиснення вуглеводнів (гідропероксида, спирти, кетони, альдегіди, тощо), є субстратом для мікроорганізмів. Згідно з існуючими уявленнями, накопичення вуглеводнів у клітинах відбувається в декілька етапів. Перший – сорбція на поверхні клітини, другий – метаболічний, при якому відбувається дифузія вуглеводнів через клітинну стінку і розчинення в ліпідах цитоплазматичної мембрани [11].

Циклоалкани піддаються біологічному розкладанню важче ніж алкани, що пов'язано з наявністю циклу, який окислюється складніше, ніж молекули з лінійною структурою [12]. Штами, здатні деградувати циклоалкани, мають специфічну ферментну систему, яка окислює циклогексан до циклогексанолу, а його – до адипінової, валеріанової, мурашиної кислот. Білок, що каталізує першу реакцію, гомологічний бутанмонооксигеназі [13].

**Біодеградація нафтопродуктів у аеробних та анаеробних умовах.** Усі реакції мікробіологічного перетворення вуглеводнів є окисними процесами. Для біодеградації необхідна наявність у середовищі електронних акцепторів: в аеробних умовах – кисню, в анаеробних – нітратних і сульфатних сполук. Кінцевими продуктами біотрансформації в аеробних умовах є вуглекислий газ і гумус, в анаеробних –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  і  $\text{H}_2\text{S}$  [11].

Споживання нафтових вуглеводнів аеробами супроводжується утворенням високомолекулярних спиртів, нафтових кислот, альдегідів та ефірів, а також

утворенням низькомолекулярних органічних сполук, зокрема летких жирних кислот, які можуть використовуватися анаеробними бактеріями – метаноутворюючими та сульфатовідновлювальними.

Біодеградація прямих ланцюгів алканів відбувається шляхом  $\beta$ -окиснення. Під час цього процесу кисень приєднується до кінця вуглеводневого ланцюга, що призводить до утворення карбоксильної групи. Від утвореної сполуки (жирної кислоти) відщеплюється двовуглецевий фрагмент (ацетил). Цей процес повторюється стільки разів, скільки необхідно для розщеплення цілої молекули.  $\beta$ -окиснення зупиняється, коли доходить до розгалуження у вуглеводневій молекулі.

Ароматичні вуглеводні можуть деградувати під час аеробних і анаеробних біологічних процесів [14]. Для аеробної деградації характерне приєднання кисню до бензольного кільця, що зрештою призводить до утворення катехолу [15]. Далі молекула катехолу розщеплюється в орто- або мета- положенні. Кінцеві продукти цього процесу використовуються клітиною в анаболічних шляхах. У таких ароматичних сполуках, як бензоати і феноли, подвійні зв'язки бензольного кільця спершу відновлюються шляхом додавання гідрогену до молекули, далі кільце розщеплюється і модифікується, що приводить до утворення насичених жирних кислот або дикарбонових кислот. Феноли можуть також деградувати через приєднання карбоксильних груп до кільця з подальшим відновленням до циклогексанону і розщепленням кільця. В ароматичних сполуках із замісниками (крезоли і толуоли з арилметильними групами) ці групи можуть спершу окиснюватися з утворенням карбоксильних груп (окиснені молекули води) з подальшим розщепленням кільця [16].

Руйнування сполук із двома або трьома кільцями (нафталін, антрацин, фенатрен) за допомогою ПАР при аеробному розщепленні більш поширене [17]. Як і у випадку бензолу та його похідних, кисень приєднується прямо до одного з кілець, яке потім розщеплюється. Цей процес повторюється стільки разів, скільки необхідно для розщеплення всієї молекули.

**Методика експерименту.** Для визначення здатності мікроорганізмів до біодеструкції нафтопродуктів брали 1000 мл мінімального сольового середовища (МСС) відповідно до табл. 1. Для кожного штаму мікроорганізмів готували по три конічні колби, позначали їх відповідно: «*Penicillium XQ*», «*Penicillium MD*», «Контроль» (XQ – синтетичне моторне масло, MD – мінеральне) та вносили в них по 60 мл МСС.

Таблиця 1

### Склад мінімального сольового середовища

Компонент	Вага (об'єм)
NaCl	2,5 г (2,8 г – для морських організмів)
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	4,74 г
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,56 г
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0,5 г
CaCl <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	0,1 г
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	2,5 г
Проточна вода	1 дм <sup>3</sup>

*Примітка:* 2,5 г NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> можуть бути замінені на 2,06 г (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> та 3,15 г KNO<sub>3</sub>; рН 7,1 при 25 °С.

У всі колби, крім контрольної, додавали по 48 крапель мінерального та синтетичного моторного масла. В стерильних умовах вносили 12 мл суспензії клітин мікроорганізмів. Пробірки термостатували при оптимальній температурі для кожного виду мікроорганізмів упродовж 14 діб. *Bacillus subtilis* – 37 °С, *Pseudomonas syringae* – 25 °С, *Penicillium crysogenum* – 25 °С.

Через 7 діб проводили поверхневий посів культуральної рідини на тверде поживне середовище, для бактерій – МПА, для грибів – Сабуро. Культивували 2 доби, потім проводили ідентифікацію мікроорганізмів за допомогою мікроскопа.

Кількісне визначення проводилося гравіметричним методом. Для аналізу 1 мл суспензії клітин мікроорганізмів вносили у пробірку та центрифугували впродовж 10 хв за 1500 об/хв. Надосадкову рідину зливали, а отриманий осад клітин двічі промивали ізотонічним розчином формиату амонію (NH<sub>4</sub>HCO<sub>2</sub>, 2%) для видалення зважених залишкових солей.

Зважували порожнє часове скло та переносили на нього двічі промитий осад мікроорганізмів з пробірки. Біомасу на часовому склі висушували у сушильній шафі за температури 60 °С упродовж 12 год. Після сушіння визначали вагу часового скла з сухою біомасою.

**Результати дослідження.** Для дослідження були взяті 3 види мікроорганізмів-нафтодеструкторів із колекції музею Міжкафедральної лабораторії Екобіобезпеки НАУ – *Pseudomonas syringae*, *Bacillus subtilis*, *Penicillium crysogenum*.

У якості єдиного джерела вуглецю та енергії використовували мінеральне (MD 15W-40) та синтетичне (ZIC XQ 5W-30) моторні масла, які мають різний хімічний склад.

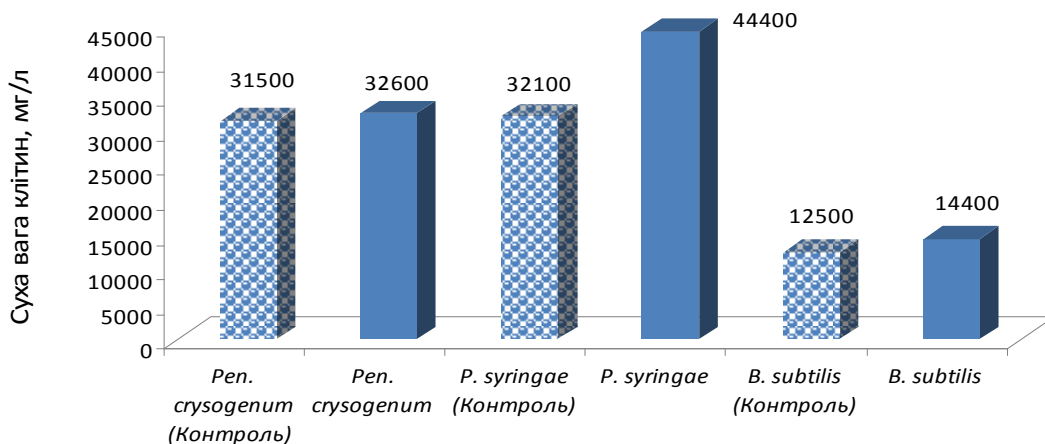
Помутніння культуральної рідини грибів і бактерій стало візуально помітним на 7 добу експерименту. Після чого, поверхневий висів мікроорганізмів підтвердив життєдіяльність усіх видів у досліджуваному середовищі моторних масел та в контрольному середовищі.

Проведене мікроскопування мікроорганізмів за методом Грама показало, що бактерії *Pseudomonas syringae* є грамнегативними паличкоподібними, (вони пофарбувалися у червоний колір), а бактерії *Bacillus subtilis* – грампозитивними, (вони пофарбувалися у фіолетовий колір).

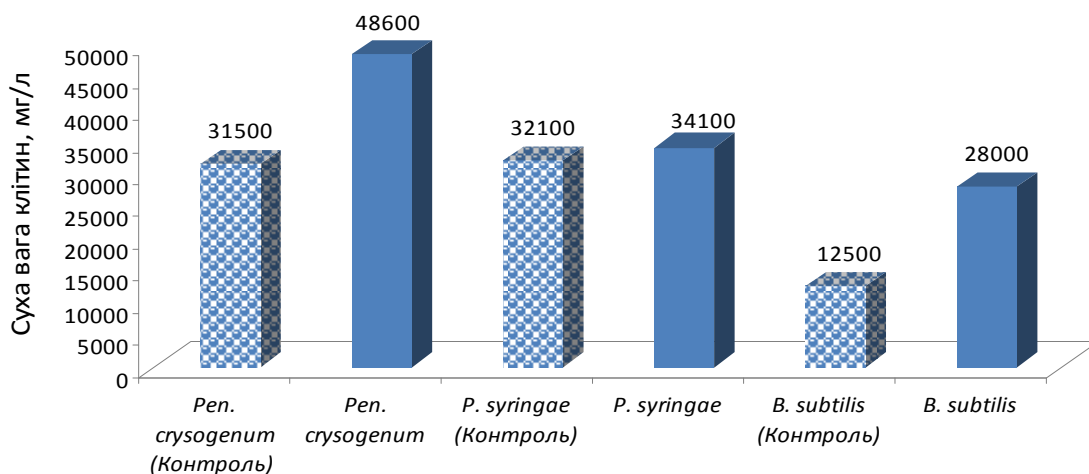
Гравіметричне визначення біомаси вуглеводеньокиснювальних мікроорганізмів показало (рис. 1, 2), що усі дослідні зразки краще вирости у середовищі з моторними маслами, на відміну від контрольного (без нафтопродуктів).

Відсоткова різниця біомаси клітин між зразком з синтетичним моторним маслом і контролем для досліджуваних мікроорганізмів становить у бактерій *Penicillium crysogenum* – 3,4 %, *Pseudomonas syringae* – 27,7 %, *Bacillus subtilis* – 13,2 %. Збільшення динаміки росту у середовищі з мінеральним моторним маслом становить: *Penicillium crysogenum* – 35,2 %, *Pseudomonas syringae* – 5,9 %, *Bacillus subtilis* – 55,4 %.





**Рис. 1. Динаміка росту мікроорганізмів-нафтодеструкторів при додаванні синтетичного моторного масла ZIC XQ 5W-30**



**Рис. 2. Динаміка росту мікроорганізмів-нафтодеструкторів при додаванні мінерального моторного масла MD 15W-40**

Аналізуючи отримані експериментальні результати можна припустити, що на активність досліджуваних мікроорганізмів суттєво впливає саме хімічний склад моторних масел.

Загальновідомо, що товарні моторні масла складаються з базового масла та присадок до нього. Базові мінеральні масла, які отримують при прямій перегонці мазуту, представляють собою складну суміш вуглеводнів, з різним ступенем циклічності та молекулярною масою 300–750, і гетероорганічних сполук, які містять кисень, сірку, азот та деякі метали. Найбільш сильними канцерогенами в нафтових маслах є ацени, олефіни й сполуки сірки.

Основою синтетичних моторних масел є синтетичні базові масла, які отримують шляхом цілеспрямованого синтезу вуглеводнів (поліолефіни, алкільовані ароматичні сполуки), поліефірів, складних ефірів органічних і неорганічних кислот та багатоатомних спиртів, силоксанів, полігалогенпохідних вуглеводнів та ін.

Для забезпечення потрібної якості до базових масел додають присадки: мийно-диспергійні (3–20 %), протикорозійні (0,1–1,0 %), протизадирні та протизносні (5–10 %), протиокислювальні (0,005–3 %), депресорні (0,1–1,0 %), в'язкісні (0,5–10 %), протипінні (0,0001–0,001 %), антифрикційні (0,5–2,2 %), інгібітори корозії (1–10 %), які містять такі метали, як кальцій, магній, барій, натрій, цинк, бор та феноляти цих металів, а також сірковмісні сполуки.

Так, науковими дослідженнями [18] встановлено факт пригнічення розвитку мікроорганізмів мінеральним моторним маслом і показано, що найбільш токсичним є дітіофосфат цинку, який входить до складу деяких присадок, а базова моторна олива без присадок не виявляє антимікробної дії до мікроорганізмів.

Згідно стандартної рецептури виробництва, масло типу MD 15W-40 має подібний хімічний склад до масла типу M-5<sub>з</sub>/10-Г<sub>1</sub>, тобто, відповідно ГОСТ 17479.1-85, можна вважати, що воно містить до 0,2% мас. кальцію та 0,12% мас. цинку. Найбільш стійкими до токсичного впливу зазначених металів, в умовах даного експерименту, виявилась культура *Penicillium crysogenum*, а бактерії *Bacillus subtilis* – більш чутливими.

Щодо масла ZIC XQ 5W-30 – відомо, що воно має низький вміст сірки та містить мийно-диспергійні, антифрикційні та протизношувальні присадки, в яких основою виступає також дітіофосфат цинку. Можна припустити, що в маслі марки ZIC XQ 5W-30 дітіофосфату цинку міститься більше, ніж у MD 15W-40, або його токсичний вплив посилюється іншими металами, згідно отриманих дослідних даних та [18]. Разом з тим, культура *Pseudomonas syringae* краще росли в середовищі із синтетичним моторним маслом. Це, очевидно,

пов'язано із здатністю цього роду до синтезу позаклітинних рамноліпідів з високою поверхневою, емульгувальною, піноутворювальною активністю.

Із врахуванням вищезазначеного, можна зробити висновки, що біодеградація вуглеводнів буде проходити інтенсивніше при меншій антимікробній дії вуглеводнів на мікроорганізми-деструктори. При цьому менше часу буде потрібно для етапу адаптації мікроорганізмів до умов середовища.

## ВИСНОВКИ

Дослідження впливу джерел вуглеводнів на ефективність культивування мікроорганізмів-нафтодеструкторів показало, що:

- усі досліджувані зразки здатні рости в умовах забруднення нафтопродуктами, а саме – синтетичним моторним маслом марки ZICXQ 5 W-30 і мінеральним моторним маслом марки MD15 W-40;

- мікроорганізми *Penicillium crysogenum* і *Bacillus subtilis* краще ростуть в середовищі із мінеральним моторним маслом на відміну від культури *Pseudomonas syringae*, що можна пояснити різною чутливістю до хімічного складу нафтопродуктів, яка зумовлена природними особливостями штамів мікроорганізмів-нафтодеструкторів (різна проникність та будова клітинних мембран, відмінності ферментних систем, тощо);

- найактивнішим деструктором нафтопродуктів, у даному експерименті є культура *Bacillus subtilis*, адже у цьому зразку приріст біомаси на мінеральному моторному маслі становить 55,4%.

Враховуючи отримані експериментальні дані, можна стверджувати, що для очищення навколишнього середовища від суміші різних нафтопродуктів краще використовувати кілька видів мікроорганізмів, враховуючи інформацію про можливі типи сполук у комплексі забруднення та інтенсивність росту мікроорганізмів, залежно від типу середовища.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Воробьева Т. Г. Биосорбция – альтернативный метод очистки промышленных сточных вод / Т. Г. Воробьева, И. Ю. Шлёкова // Культура и образование как фактор развития региона: матер. междунар. науч.-практ. конф. – 2008. – С. 63–68.
2. Rapid intrinsic biodegradation of benzene, toluene, and xylenes at the boundary of a gasoline-contaminated plume under natural attenuation / Y. Takahata, Y. Kasai, T. Hoaki, K. Watanabe // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2006. – Vol. 73, № 3. – P. 713–722.
3. Naphthalene degradation and incorporation of naphthalene-derived carbon into biomass by the thermophile *Bacillus thermoleovorans* / E. Annweiler, H. H. Richnow, G. Antranikian, S. Hebenbrock, C. Garms, S. Franke, W. Francke, W. Michaelis. // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2000. – Vol. 66. – P. 518 – 523.
4. Comparison of methods to detect biosurfactant production by diverse microorganisms / N. H. Youssef, K. E. Duncan, D. P. Nagle, K. N. Savage, R. M. Knapp, M. J. McInerney. // *Journal of Microbiological Methods.* – 2004. – Vol. 56., № 3 – P. 339 – 347.
5. Таранова Л. В. Влияние бактерий и дрожжей на биохимическое окисление нефти / Л. В. Таранова, Е. Б. Жданова. // Нефть и газ Западной Сибири: тез. докл. междунар. научн.-техн. конф., Тюмень. – 1996. – Т. 2. – С.126.
6. Cooper D. G. Surface-active agents from two *Bacillus* species. / D. G. Cooper, B. G. Goldenberg // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1987. –V. 53. –P.224–229.
7. Connors M. A. Naphthalene plasmid in *Pseudomonas*. / M. A. Connors, E. A. Barnsley. // *J. Bacteriol.* – 1982. – V. 149. – P. 1096.
8. Dockyu K. Monocyclic aromatic hydrocarbon degradation by *Rhodococcus* sp. strain DK1. / K. Dockyu, K. Young-Soo, K. Seong-K. // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2002. – №. 7. – P. 3270–3278.

9. Actions of a versatile fluorene-degrading bacterial isolate on polycyclic aromatic compounds. / M. Grifoll, S. A. Selifonov, C. V. Gatlin, P. J. Chapman. // *Appl. and Environ. Microbiol.* – 1995. – V. 61. – P. 3711–3723.

10. Сваровская Л. И. Нефтеокисляющая активность микрофлоры при биодеструкции вязкой нефти месторождения Зуунбаян / Л. И. Сваровская, Л. К. Алтунина. // *Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа.* – Томск: ИОА СО РАН, 2007. – С. 231–235.

11. ДСТУ 4247:20003. Нафтопродукти. Метод визначення біорозщеплюваності. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 14 с.

12. Суржко Л. Ф. Очистка природных и сточных вод от нефтезагрязнений иммобилизованными углеводородокисляющими микроорганизмами: дис. к. т. н.: 03.00.23. – Санкт-Петербургский технологический институт– Санкт-Петербург, 1999. – 117 с.

13. Ветрова А. А. Биодеструкция нефти отдельными штаммами и принципы составления микробных консорциумов для очистки окружающей среды от углеводородов нефти. / А. А. Ветрова, А. А. Иванова, А. Е. Филонова. // *Известия ТулГУ. Естеств. науки.* – 2013. – № 2–1. – С. 241–257.

14. Osuji L. C. Environmental degradation of polluting aromatic and aliphatic hydrocarbons: a case study. / L. C. Osuji, A. Ozioma. // *Chem. Biodivers.* – 2007. – Vol. 4. – P. 424–430.

15. Prince R. C. The primary aerobic biodegradation of gasoline hydrocarbons. / R. C. Prince, T. F. Parkerton, C. Lee. // *Environ. Sci. Technol.* – 2007. – Vol. 41. № 9. – P. 3316–3321.

16. Frazer A. C. Toluene metabolism under anaerobic conditions: a review. / A. C. Frazer, P. W. Coschigano, L. Y. Young. // *Anaerobe.* – 1995. – Vol. 1. – P. 293–303.

17. Musat F. Anaerobic degradation of benzene by a marine sulfate-reducing enrichment culture, and cell hybridization of the dominant phylotype. / F. Musat, F. Widdel. // *Environ. Microbiol.* – 2008. – Vol. 10. – № 1. – P. 10–19.

18. Хоменко Л. А. Нокардіоподібні актинобактерії – деструктори моторних олив: дис. к. т. н.: 03.00.07. – НАНУ, Ін-т мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного. – К., 2007. – 154 с.

## **ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ-НЕФТЕДЕСТРУКТОРОВ**

**Л. Н. ГЛАДЧЕНКО, Е. Л. МАТВЕЕВА, С. О. ОМЕЛЬЧУК**

*Национальный авиационный университет, г. Киев*

*Проведено исследование способности к росту микроорганизмов в условиях загрязнения воды нефтепродуктами. Исследование разрушительной активности углеродоокисляющих микроорганизмов *Penicillium crysogenum*, *Pseudomonas syringae*, и *Bacillus subtilis* показало, что они способны расти в условиях загрязнения нефтепродуктами, а именно – синтетическим моторным маслом марки ZIC XQ 5W-30 и минеральным моторным маслом марки MD 15W-40. Самым активным деструктором нефтепродуктов в данном эксперименте являются бактерии *Bacillus subtilis*, прирост биомассы которого на минеральном моторном масле составляет 55,4 %. Определена разная чувствительность микроорганизмов-нефтедеструкторов к химическому составу нефтепродуктов, которая обусловлена природными особенностями самих штаммов.*

**Ключевые слова:** *загрязнение нефтепродуктами, биодеструкция, микроорганизмы.*

**THE CHEMICAL COMPOSITION INFLUENCE OF OIL PRODUCTS  
ON THE EFFICIENCY OF CARBON-OXIDIZING MICROORGANISMS  
CULTIVATION**

**L. M. HLADCHENKO, E. L. MATVYEYEVA, S. O. OMELCHUK**

*National aviation university, Kyiv*

*An investigation was made of the ability to grow microorganisms in conditions of water pollution with oil products. The study of the destructive activity of carbon-oxidizing microorganisms *Penicillium crysogenum*, *Pseudomonas syringae*, and *Bacillus subtilis* has shown that they are capable to grow in oil contamination conditions, namely synthetic motor oil of grade ZIC XQ 5W-30 and mineral motor oil of grade MD 15W-40. The most active destructor of oil products in this experiment is *Bacillus subtilis* microorganisms, whose biomass gain on mineral motor oil is 55,4%. A different sensitivity of oil destructor microorganisms to the chemical composition of oil products is set, which is determined by the natural characteristics of the strains.*

**Keywords:** *oil products pollution, biodegradation, microorganisms.*