

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРЕПАРАТУ «ТАМІР» У ПРОЦЕСІ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ БІОДЕСТРУКЦІЇ НАФТОВИХ ВУГЛЕВОДНІВ

Д. В. Федюкіна, аспірант;  
Я. І. Пекарська, магістр;  
Г. Г. Трохименко, канд. біол. наук, доц.

*Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв*

**Анотація.** Проаналізовано процес мікробіологічної деструкції дизельного палива препаратом «Тамір». Розглянуто основні фізичні, хімічні й біологічні показники препарату. Оцінено ефективність методу за виходом сухої маси речовини (на прикладі вівса).

**Ключові слова:** біодеградація, нафтопродукти, мікроорганізми, вуглеводні, нафтове забруднення, окиснення.

**Аннотация.** Проанализировано процесс микробиологической деструкции дизельного топлива препаратом «Тамир». Рассмотрены основные физические, химические и биологические показатели препарата. Оценено эффективность метода по выходу сухой массы вещества (на примере овса).

**Ключевые слова:** биодegradация, нефтепродукты, микроорганизмы, углеводороды, нефтяное загрязнение, окисление.

**Abstract.** The process of microbiological destruction of diesel fuel by means of «Tamyр» is analyzed. Basic physical, chemical and biological parameters of preparation are considered. The efficiency of the method according to the released dry mass of matter (on the example of oats) is estimated.

**Keywords:** biodestructin, oil products, microorganism, hydrocarbon, oil pollution, oxidation.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Зростаючі масштаби нафтового забруднення навколишнього середовища вимагають пошуку нових методів очищення. Традиційно застосовують сорбенти різного походження: пінополіуретан, перліт, вермикуліт, вугільний пил, гумове кришиво, тирсу, пемзу, торф'яний мох. Вони є досить ефективними й поглинають 40...80 мг нафти на 1 мг сухої ваги сорбенту, однак перераховані матеріали мають ряд недоліків:

швидко осідають на дно, багато з них за токсичністю перевищують небезпеку самого нафтового поллютанта [2].

Самоочищення екосистем, забруднених нафтопродуктами, — це стадійний біогеохімічний процес трансформації забруднюючих речовин, пов'язаний з відновленням біоценозу. У результаті біотичних взаємодій відбуваються зміни їх фізико-хімічних форм та руйнування [3]. Для різних природних зон тривалість окремих стадій цих процесів різна, що пов'язано в основному

з водно-кліматичними умовами. Важливу роль відіграють склад нафти, наявність солей, початкова концентрація забруднюючих речовин та ін. У природних умовах у водному середовищі окиснення нафтових вуглеводнів відбувається за різними механізмами, залежно від виду мікроорганізмів і складу забруднення. Основні чинники, що впливають на доступність вуглеводнів для бактеріального окиснення, можна звести до наступних: наявність у мікроорганізмах відповідної системи ферментів, відносна розчинність вуглеводню в середовищі, їх здатність до транспортування через клітинну оболонку, відсутність специфічної токсичної дії на цитоплазму [4].

У даній роботі проводиться оцінка можливості використання ЕМ-технологій (ЕМ — ефективні мікроорганізми) з метою біологічного руйнування нафтопродуктів, на прикладі застосування препарату «Тамір» для деструкції дизельного палива.

Попередньо були проведені наступні заходи:

- оцінені фізико-хімічні характеристики води з річки Південний Буг, її склад та ступінь забруднення нафтопродуктами;

- розглянуто основні мікробіологічні препарати, які використовуються для деградації нафтового забруднення, їх властивості й ефективність;

- досліджено вплив різних фізичних, хімічних та біологічних чинників на процес елімінації вуглеводнів;

- установлено найбільш сприятливі умови для життєдіяльності природних організмів у процесі деградації забруднення.

Одним з перспективних напрямків є застосування препаратів на основі спеціалізованих мікроорганізмів та їх асоціацій. Хоча це не завжди гарантує позитивний результат, що пов'язано як з конкурентним витісненням внесених нафтоокиснюючих мікроорганізмів

місцевою мікрофлорою, так і з фізико-хімічними властивостями середовища. Великого значення набувають методи, що базуються на стимуляції природної деструктивної здатності мікрофлори, яка включає у себе різні таксономічні й фізіологічні групи [2, 3].

**МЕТОЮ РОБОТИ** є вивчення можливості використання біологічного препарату «Тамір», у процесі біодеструкції нафтопродуктів як окремо, так і в симбіозі з місцевою мікрофлорою.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Вибір даної технології визначається її особливістю, оскільки вона є стійкою асоціацією аеробних й анаеробних мікроорганізмів, які співіснують в одному середовищі в режимі активного взаємобміну джерелами живлення. Продукти життєдіяльності однієї групи є необхідними для іншої, тому відбувається акумуляція позитивних властивостей об'єднаних систем мікроорганізмів [6]. Основні представники — це фотосинтезуючі, азотфіксуючі, молочнокислі бактерії, дріжджі, актиноміцети, ферментативні гриби та продукти їх життєдіяльності. Фотосинтезуючі бактерії, використовуючи сонячне світло, синтезують речовини, які містять у собі амінокислоти, біологічно активні речовини та цукри. Молочнокислі бактерії виробляють молочну кислоту з органічних речовин, утворених фотосинтезуючими бактеріями та дріжджами. Молочна кислота є сильним стерилізатором, який пригнічує шкідливі мікроорганізми та прискорює розкладання органічної речовини. Молочнокислі бактерії розкладають лігніни та целюлозу, тим самим пригнічують *Fusarium* і нематоди. Азотфіксуючі бактерії поглинають атмосферний азот і закріплюють у вигляді азотних сполук, збільшуючи його запас. Дріжджі синтезують біологічно активні речовини

з амінокислот і цукрів, які продукуються фотосинтезуючими бактеріями та водоростями. Секреції дріжджів — корисні субстрати для молочнокислих бактерій і актиноміцетів, які, в свою чергу, виробляють антибіотичні речовини, що впливають на ріст шкідливих грибів і бактерій. Ферментуючі гриби роду *Aspergillus* і *Penicillium* швидко розкладають органічні речовини, виробляючи етиловий спирт, складні ефіри й антибіотики [6, 7]. Тобто в процесі життєдіяльності ЕМ продукують біофунгіциди, які пригнічують розвиток патогенних організмів, разом з нейтральними проводять комплексну роботу з відновлення природного стану середовища та його властивостей.

Агрегатний стан	Рідина
Колір	Жовтий з опалестенцією
Запах	Специфічний
Токсичність	Не токсичний
Кислотність	3,23
Титрувальна кислотність, Т°	64,30
Буферна ємність, г-екв	0,05
Білок, г/л	7,00
Сечовина, ммоль/л	11,43
Аміак, ммоль/л	0,04
Глутамін, ммоль/л	0,01
Глюкоза, %	27,16
Сіалові кислоти, од.	55,00
Наявність сторонньої мікрофлори	Не більше 5 %

Штами мікроорганізмів та продукти їх життєдіяльності невірулентні, не виявляють токсичності, токсикогенності, здатності до дисемінації у внутрішні тканини та органи теплокровних тварин. Згідно з ГОСТ 12.1.007–76 ЕМ при інгаляційному впливі, введенні в шлунок, нанесенні на шкіру мають 4-й клас безпеки, гігієнічному нормуванню в ґрунті та воді не підлягають, не містять генетично модифікованих мікроорганізмів [5].

Для очищення води від забруднення дизельним паливом використано анаеробно-аеробну мікрофлору, що

Мікробіологічний препарат «Тамір» — це складний за функціональною активністю комплекс природних мікроорганізмів, до складу якого входять *Lactobacillus casei* 21, *Streptococcus lactis* 47, *Phodopseudomonas palistris* 108, *Caccaromyces cerevisiae* 76, гриби роду *Aspergillus*, *Penicillium* та сапрофіти, що прискорюють процес розкладання органічних речовин [6]. Мікробіологічні препарати нового покоління мають складні кількісні та якісні характеристики, комплексну дію, ефективність і можливість підтримання середовища в природній рівновазі.

Фізико-хімічні характеристики «Таміру» наведені нижче.

дозволяє значно підвищити ступінь очищення. Аеробна мікрофлора представлена мікроміцетами *Aspergillus*, *Penicillium* [5]. Окиснення вуглеводнів здійснюється ензимами у присутності молекулярного кисню. Проміжними продуктами при розпаді є спирти, альдегіди, жирні кислоти, які потім окиснюються до  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$  [1]. Сукупність запропонованих мікроміцетів посилює ступінь окиснення вуглеводнів нафти. Засвоюваність визначається складом, структурою і конфігурацією молекул органічної сполуки, що розщеплюється до більш простих, які згодом

Таблиця 1. Схема експерименту

Досліджувана суміш	Зерна вівса, шт.	Об'єм води, мл	Концентрація дизельного палива, мг/л	Концентрація «Гаміру»	Площа контактної поверхні, см <sup>2</sup>	Умови навколишнього середовища	
						Температура, °С	Освітленість
(контроль) вода	60	10	–	–	39,2	18...20	При денному освітленні
Вода + дизельне паливо			4,76	–			
Вода + дизельне паливо			9,00	–			
Вода + дизельне паливо			11,00	–			
Вода + дизельне паливо + ЕМ			4,76	1 : 100			
Вода + дизельне паливо + ЕМ			9,00				
Вода + дизельне паливо + ЕМ			11,00				

Таблиця 2. Результати експерименту

Досліджувана суміш	Кількість пророслих зерен вівса						Довжина пагонів			С (диз. пал), мл/л	Інші зміни
	на 3-тю добу		на 4-у добу		на 10-у добу		на 3-тю добу	на 4-у добу	на 10-у добу		
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	мм				
контроль (вода)	14	<b>23</b>	20	<b>33</b>	20	<b>33</b>	1–10	1–40	5–52	–	–
Вода + дизельне паливо	–	–	–	–	2	<b>3,33</b>	–	–	4	4,76	На 4–5-й день з'явилася пліснява, ріст якої прогресував
Вода + дизельне паливо	–	–	–	–	1	<b>1,7</b>	–	–	2	9	
Вода + дизельне паливо	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11	
Вода + дизельне паливо + ЕМ	6	<b>10</b>	10	<b>16,7</b>	13	<b>21,7</b>	1..5	5..40	5..45	4,76	На 5-й день з'явилася ледь помітна пліснява
Вода + дизельне паливо + ЕМ	4	<b>6,71</b>	9	<b>15</b>	12	<b>20</b>	1..8	3..37	10..60*	9	
Вода + дизельне паливо + ЕМ	2	<b>3,33</b>	6	<b>10</b>	7	<b>11,7</b>	1..3	5..40	5..60*	11	

\* Довжина пагонів після повторного використання ЕМ на 5-й день.

застосовуються в тому чи іншому біологічному циклі.

У процесі експерименту оцінено роль ЕМ-препарату в біодеградації дизельного палива у складі з місцевими культурами або як самостійних деструкторів вуглеводнів. Експериментальні дослідження проведено в дослідній лабораторії. Схема експерименту наведена в табл. 1. Як субстрат використано ватні

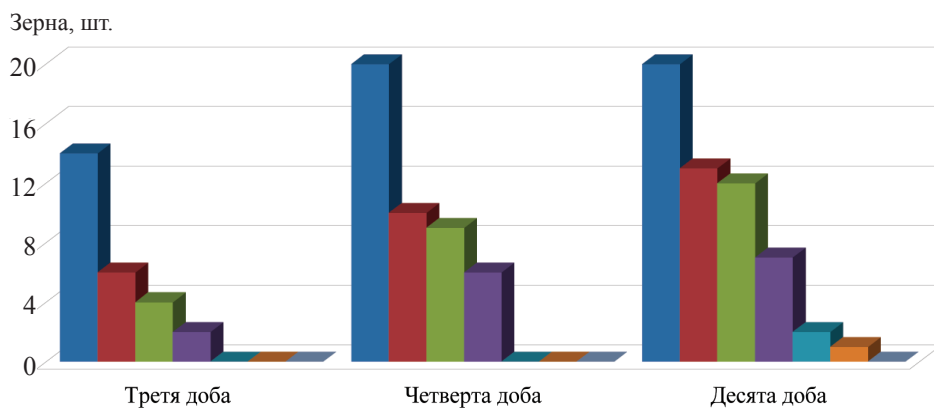
тампони. Технологія приготування робочого розчину препарату з концентрату проводилася у відповідності до інструкції. Для кожного з дослідів як індикатор ефективності деструкції забруднення відібрано по 60 зерен вівса. Для моделювання процесів використовувалася вода з р. Південний Буг, штучно забруднена дизельним паливом у таких об'ємних концентраціях: С = 4,76; 9; 11 мл/л.

На поверхні води утворилася масляниста плівка та відчувався сильний запах бензину. Через тиждень плівка перетворилася на скупчення пухирців, які локалізувалися по краях ємностей, запах не зник. Внесення робочого розчину здійснювалося перед посівом насіння. Полив вегетаційних посудин перших п'ять днів не проводився, надалі ємності зволожувалися розпиленням води над їх поверхнею. Мінеральні підкормки не використовувалися. На 5-ий день експерименту було повторно внесено препарат (табл. 2).

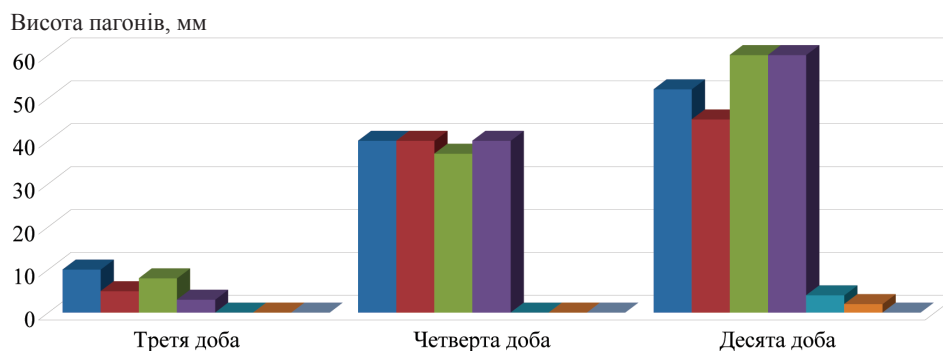
У всіх дослідях з використанням «Таміру», в порівнянні з контролем,

відмічено позитивний вплив препарату: високі відсоток та швидкість проростання зерен, яскраво зелений колір пагонів, добре розвинута коренева система, що свідчить про ефективність даної технології, а також визначає практичну доцільність її використання в процесах елімінації нафтопродуктів. У порівнянні з контрольними дослідями, в яких не використовувалися ЕМ, з концентрацією дизельного палива 4,76; 9 та 11 мл/л ефективність була відповідно на 36,64; 36,67 і 23,30 % більша (рис. 1, 2).

При дослідженні виходу сухої речовини за вагою наземної маси ефективність складала 37,3%, за вагою



**Рис. 1.** Швидкість проростання зерен при різних умовах досліджень: ■ — контроль; ■ — C = 11 мл/л + ЕМ; ■ — C = 11 мл/л; ■ — C = 4,76 мл/л + ЕМ; ■ — C = 4,76 мл/л; ■ — C = 9 мл/л + ЕМ; ■ — C = 9 мл/л.



**Рис. 2.** Динаміка росту пагонів при різних умовах досліджень: ■ — контроль; ■ — C = 11 мл/л + ЕМ; ■ — C = 11 мл/л; ■ — C = 4,76 мл/л + ЕМ; ■ — C = 4,76 мл/л; ■ — C = 9 мл/л + ЕМ; ■ — C = 9 мл/л.

коренів — 67,7 %. Результати зважування сухої наземної маси та коренів наведено нижче.

Вага сухої наземної маси, мг	Вага сухих коренів, мг
0,093	0,250
–	≈ 0,000
–	≈ 0,000
–	–
0,026	0,281
0,048	0,086
0,010	0,141

У процесі очищення ЕМ продукують різноманітні біологічно активні речовини: ферменти, амінокислоти, вітаміни, які мають як прямий, так і опосередкований позитивний вплив на ріст і розвиток живих організмів, а також виконують увесь спектр функцій з очищення й оздоровлення середовища.

## ВИСНОВОК

У результаті проведених лабораторних досліджень було встановлено, що ефективність застосування препарату «Тамір» у дослідних зразках з концентрацією дизельного палива 4,76; 9 та 11 мл/л була відповідно на 36,64; 36,67

та 23,3 % більше, ніж у контролі без використання даного препарату. При дослідженні виходу сухої речовин за вагою наземної маси вона склала 37,3 %, за вагою коренів — 67,7 %. Загальна ефективність складає 52,8 %, тобто мікроорганізми «Таміру» вільно співіснують з природними та створюють симбіотичні зв'язки, при цьому природна рівновага середовища не порушується. Він є абсолютно безпечним в екологічному відношенні, оскільки не передбачає використання агресивних хімічних реагентів, генно-інженерної продукції та методів спалювання або захоронення нафтопродуктів. Таким чином, результат роботи з «Таміром» підтверджує можливість та необхідність застосування ЕМ у біотехнологіях як ефективного інструменту для процесу біодеградації нафтопродуктів.

Велике значення має економічний аспект таких технологій, оскільки використання природної мікрофлори істотно знижує вартість процесів очищення, не потребує багатотоннажного виробництва біопрепаратів і технічних витрат на обробку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Барташвили, Т. К. Эффективные технологии в решение природоохраных, экологических, экономических, социальных и других проблем XXI века [Текст] / Т. К. Барташвили // Материалы II Международной научно-практической конференции «ЭМ-технологии в реальности». — Улан-Удэ, — 2001. — С. 219–225.
- [2] Блинов, В. А. Биологическое действие эффективных микроорганизмов [Текст] / В. А. Блинов, С. Н. Буршина, Е. А. Шапулина // Биологические препараты. Сельское хозяйство. Экология: Практика применения. — 2008. — № 7. — С. 30–31.
- [3] Вибір активних штамів — деструкторів вуглеводнів, ізольованих із забруднених нафтою ґрунтів [Текст] / Т. М. Ногіна, В. С. Шдгорський, Т. У. Думанська, О. М. Дульгеров, В. В. Шкаруба // Вісник Ужгород ун-ту. — 2001. — № 10. — С. 145–147.
- [4] Вытеснение вязкой нефти месторождения Цагаан-Элс (Монголия) с применением микроорганизмов [Текст] / Т. Гэрэлма, Л. И. Сваровская, Л. К. Алтуни-на, Б. Пурэвсурэн // Актуальные проблемы нефтегазовой отрасли Монголии: пути их решения. — 2009. — № 1(15). — С. 89–94.

- [5] **Громова, Н.Г.** ЭМ препараты в коммунальном хозяйстве. Первый опыт [Текст] / Н. Г. Громова, А. В. Гулей // Научный журнал «Надежда Планеты». — 2001. — № 12. — С. 12.
- [6] **Засеева, Д.А.** Опыт обработки сточных вод с помощью эффективных микроорганизмов в Японии [Текст] / Д. А. Засеева, А. М. Елисеев // Научный журнал «Надежда Планеты». — 2001. — № 3. — С. 13–15.
- [7] **Костенко, Т.А.** Ремедиация нефтезагрязненных почв с помощью препарата «Тамир» [Текст] / Т. А. Костенко, В. К. Костенко // Биологические препараты. Сельское хозяйство. Экология: Практика применения. — 2008. — № 5. — С. 86–87.