

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ФОРУМ  
«ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ:  
ЗАКОНОДАВСТВО, ЕКОНОМІКА,  
ТЕХНОЛОГІЇ»**

**Екологічно дружні  
технологічні рішення  
для місцевих громад  
щодо поводження з відходами**

**23–24 листопада 2021 року**

**м. Київ**

**УДК 502:628**

Екологічно дружні технологічні рішення для місцевих громад щодо поводження з відходами: збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології» (м. Київ, 23–24 листопада 2021 р.). – К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2021. – 275 с.

**ISBN 978-617-7130-10-8**

У збірці вміщені матеріали Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології». Ключова тема – Екологічно дружні технологічні рішення для місцевих громад щодо поводження з відходами.

Організатор Форуму – Всеукраїнська екологічна ліга.

Форум проводиться за сприяння Комітету Верховної Ради України з питань екологічної політики та природокористування, Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України.

Доповіді учасників стосуються широкого спектру питань, пов'язаних із розробленням та реалізацією регіональних планів управління відходами та шляхи їх подолання, проблемами виникнення несанкціонованих звалищ, інформаційною політикою та розвитком освітніх програм, спрямованих на підвищення рівня обізнаності населення щодо поводження з відходами. Також в доповідях обговорені законодавчі ініціативи та нормативно-правове регулювання у сфері поводження з побутовими та промисловими відходами в Україні, законопроекти щодо управління відходами, промислового забруднення, реєстру викидів і перенесення забруднювачів, екологічного страхування, державного контролю та нагляду, моніторингу довкілля; міжнародний досвід управління відходами.

Особливо актуальними є доповіді, присвячені впровадженню заходів у місцевих громадах щодо поводження з небезпечними відходами, зокрема: непридатними пестицидами, електронними, медичними відходами (з особливою увагою до медичних відходів в умовах коронавірусу), а також впровадження екологічно безпечних технологій перероблення відходів сільського господарства, лісогосподарської галузі, будівництва та харчових відходів в Україні.

Матеріали збірки будуть корисними для представників органів державної влади та місцевого самоврядування, бізнесу, громадськості, науковців, фахівців-практиків з питань екологічної безпеки.

Доповіді надруковані у авторській редакції.

**УДК 502:628**

**ISBN 978-617-7130-10-8**

© Центр екологічної освіти та інформації, 2021

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ФОРУМ  
«ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ:  
ЗАКОНОДАВСТВО, ЕКОНОМІКА, ТЕХНОЛОГІЇ»**

**Екологічно дружні технологічні рішення  
для місцевих громад щодо поводження з відходами**

23–24 листопада 2021 року

м. Київ

Метою Форуму є визначення в Україні проблем та шляхів подолання критичної ситуації у сфері поводження з побутовими та промисловими відходами на регіональному рівні та у місцевих громадах, формування нормативно-правової бази щодо управління відходами, впровадження природоохоронних ініціатив та проєктів, сприяння залученню інвестицій у сферу перероблення відходів, реалізація екологічно дружніх, ресурсо- та енергоефективних технологій, сприяння співпраці органів державної влади, місцевого самоврядування, громадських організацій, науки, бізнесу, налагодження та зміцнення міжнародного співробітництва, збереження довкілля, впровадження засад збалансованого (сталого) розвитку в Україні.

**Організатор Форуму:** Всеукраїнська екологічна ліга

**Форум проводиться за сприяння:** Комітету Верховної Ради України з питань екологічної політики та природокористування, Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України

**Партнерські організації** Корпорація «SiGroupConsort. Ltd»,  
Центр екологічної освіти та інформації.

У Форумі взяли участь представники органів державної влади та місцевого самоврядування, науковці, бізнес-структури, які працюють у сфері поводження з відходами, підприємства-виробники техніки та технологічного обладнання перероблення відходів, установи, які працюють у галузі екологічної безпеки та охорони навколишнього середовища, природоохоронні громадські організації, ЗМІ.

## ЗМІСТ

<b>Програма заходів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології».....</b>	<b>5</b>
<i>Перша пленарна сесія</i>	
<b>Законодавчі ініціативи та нормативно-правове регулювання у сфері поводження з побутовими та промисловими відходами в Україні</b>	
Питання поводження з побутовими відходами в Україні <i>Стрельник В. В., Мироненко А. О.....</i>	7
Державне регулювання заходів щодо обмеження обігу пластикових пакетів та стимулювання виробництва біорозкладної продукції в Україні <i>Богуцька О. А., Іваненко Л. В.....</i>	9
Трактування терміну «харчові відходи», як важливий інструмент управління їх потоками <i>Клименко М. О., Прищепя А. М., Бедункова О. О.....</i>	12
Нормативно-правове забезпечення сфери управління промисловими відходами в Україні <i>Мунтян І. Ю.....</i>	15
Адміністративно-правові аспекти поводження з опалим листям промислових агломерацій <i>Сорока М. Л.....</i>	18
Стратегічні пріоритети впровадження циркулярної економіки в Україні <i>Дейнеко Л. В., Гахович Н. Г.....</i>	20
<i>Круглий стіл 1</i>	
<b>Проблемні питання та позитивний досвід у розробленні та реалізації Регіональних планів управління відходами та шляхи їх подолання</b>	
Регіональні аспекти моделювання для прогнозування утворення побутових відходів <i>Морозова Т. В.....</i>	25

Виділення комплексу та чистих культур мікроорганізмів, здатних до деструкції/деградації вуглеводнів нафтопродуктів та твердих органічних відходів <i>Трофімов І. Л., Бойченко С. В., Шкільнюк І. О., Шаманський С. Й., Зелена П. П., Яковлева А. В.</i> .....	138
Сучасний стан та техніко-технологічні особливості утилізації м'ясокісткових відходів агропромислового виробництва <i>Вербицький С. Б.</i> .....	143
Екологічно безпечні технології переробки відходів сільського господарства для забезпечення енергетичної безпеки <i>Вовк В. Ю.</i> .....	148
Аналіз перспективних технологій виробництва водню з твердих побутових відходів <i>Козлова І. А., Даценко В. В.</i> .....	154
Впровадження екологічно безпечних технологій як шлях до енергетичної незалежності Бородянської селищної територіальної громади <i>Кримінська А. П., Тюпа-Гришина І. В.</i> .....	159
Використання рослинних відходів харчової промисловості для створення нових сорбентів, харчових та кормових добавок <i>Купчик М. М., Купчик Л. А.</i> .....	162
Про стан поводження з відходами в Червоноградському районі Львівщини <i>Павличенко А. В., Кулина С. Л.</i> .....	165
Оцінка небезпеки відходів та продуктів механічної переробки полімерних матеріалів за орієнтовним водно-міграційному показником <i>Малишевська О. С.</i> .....	167
Вплив біочару на початкові етапи росту пшениці ярої різних сортів <i>Волощук А. О., Цвілинюк О. М., Романюк Н. Д.</i> .....	169
Напрями удосконалення управління поводженням з відходами в Україні <i>Хоменко І. О., Лисенко Г. О.</i> .....	170

## **ВИДІЛЕННЯ КОМПЛЕКСУ ТА ЧИСТИХ КУЛЬТУР МІКРООРГАНІЗМІВ, ЗДАТНИХ ДО ДЕСТРУКЦІЇ/ДЕГРАДАЦІЇ ВУГЛЕВОДНІВ НАФТОПРОДУКТІВ ТА ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ**

**Трофімов І. Л.**, кандидат технічних наук, доцент кафедри хімії і хімічної технології  
**Бойченко С. В.**, доктор технічних наук, провідний науковий співробітник українського науково-дослідного та навчального центру сертифікації ПММ та технічних рідин  
**Шкільнюк І. О.**, кандидат технічних наук, директор українського науково-дослідного та навчального центру сертифікації ПММ та технічних рідин  
**Шаманський С. Й.**, доктор технічних наук, провідний науковий співробітник науково-дослідної частини  
**Яковлєва А. В.**, кандидат технічних наук, науковий співробітник українського науково-дослідного та навчального центру сертифікації ПММ та технічних рідин  
Національний авіаційний університет (м. Київ)  
**Зелена П. П.**, завідувач навчальної лабораторії мікробіології та імунології Київського національного університету Тараса Шевченка

Дослідження, на основі яких наведено матеріал нижче, проведені у рамках виконання грантового проєкту № 2020.01/0242 «Експериментально-аналітичні засади гарантування безпеки людини та суспільства удосконаленням технологій поводження з відходами у техносфері» за підтримки Національного фонду досліджень України.

Об'єктом дослідження були зразки, відібрані на сміттєзвалищах транспортної інфраструктури м. Києва та Київської області. Характеристика проб та опис міста відбору надано в *табл. 1*.

Культури мікроорганізмів із досліджуваних проб виділяли методом накопичувальної культури з використанням загальноприйнятих методів загальної та ґрунтової мікробіології [1]. Виділення вуглеводнеокиснювальних бактерій проводили на середовищі Таусона, г/л:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  1,0;  $\text{KNO}_3$  0,25;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,25;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,005; дистильована вода 1000,0; рН – 7,0; стерилізували автоклавуванням при 121°C 15 хв.

З метою накопичення мікроорганізмів з відповідними метаболічними можливостями залежно від задач експерименту до складу середовища додавали:

- 2% дизельного палива (v/v) – з метою накопичення бактерій-деструкторів вуглеводнів;
- 10% стоковий розчин пектину до 1% робочої концентрації – з метою накопичення бактерій, здатних до асиміляції пектину;
- 10% стоковий розчин целюлози до 0,1% робочої концентрації – з метою накопичення бактерій, здатних до асиміляції целюлози;
- вовну;
- шматочки грибної пластинки, коренеплодів моркви, бульби картоплі, 0,5Ч1,0 см – для накопичення бактерій, здатних до мацерації вказаних тканин.

Результати експериментальних досліджень, щодо виділення комплексу та чистих культур мікроорганізмів, здатних до деструкції/деградації вуглеводнів нафтопродуктів (дизельного палива, гасу) та твердих органічних відходів із проб звалищ транспортної інфраструктури м. Києва наведено на *рис. 1 – рис. 9*.

Таблиця 1 – Місце відбору та характеристика відібраних проб

№ проби	Шифр проби	Місце відбору проб	Опис проби
1	2ПТ	Сміттєзвалище транспортних відходів поблизу аеропорту Бориспіль	проба ґрунту взята в середовищі розкладання харчових відходів
2	5ПТ	Сміттєзвалище транспортних відходів поблизу аеропорту Бориспіль	проба теплоізолюючого шару авто
3	1ПТ	Сміттєзвалище транспортних відходів поблизу аеропорту Бориспіль	проба твердих харчових відходів
4	3ПТ	Сміттєзвалище транспортних відходів поблизу аеропорту Бориспіль	проба автомобільних ущільнювачів
5	4ПТ	Сміттєзвалище транспортних відходів поблизу аеропорту Бориспіль	проба твердих побутових відходів
6	2ВРЗ	Звалище ВРЗ центрального залізничного вокзалу (м. Київ, вул. Старовокзальна 2)	проба ТПВ
7	1ВРЗ	Звалище ВРЗ центрального залізничного вокзалу (м. Київ, вул. Старовокзальна 3)	проба залишків сверлильно-токарних робіт
8	5ВРЗ	Звалище ВРЗ центрального залізничного вокзалу (м. Київ, вул. Старовокзальна 4)	проба, фрагмент камери автомобільного колеса
9	4ВРЗ	Звалище ВРЗ центрального залізничного вокзалу (м. Київ, вул. Старовокзальна 5)	проба харчових відходів
10	3ВРЗ	Звалище ВРЗ центрального залізничного вокзалу (м. Київ, вул. Старовокзальна 6)	ґрунт, насичений нафтопродуктом (ймовірніше дизельним паливом)
11	6Б	Звалище Бориспільського автозаводу	тверді побутові відходи
12	1Б	Звалище Бориспільського автозаводу	проба гумового автомобільного ущільнення
13	3Б	Звалище Бориспільського автозаводу	проба, фрагмент автомобільної шини колеса
14	4Б	Звалище Бориспільського автозаводу	проба, залишок відпрацьованих моторних оливо
15	5Б	Звалище Бориспільського автозаводу	ґрунт, насичений моторними оливами
16	6ПТ	Сміттєзвалище транспортних відходів поблизу аеропорту Бориспіль	проба, шматок автомобільного пластику та шматок автошини
17	2Б	Звалище Бориспільського автозаводу	проба ґрунту взята в середовищі розкладання автомобільних пластикових деталей



*Дизельне паливо.* Культивування в рідкому середовищі Таусона, що містило 2% дизельного палива в якості єдиного джерела вуглецю (*рис 1*).

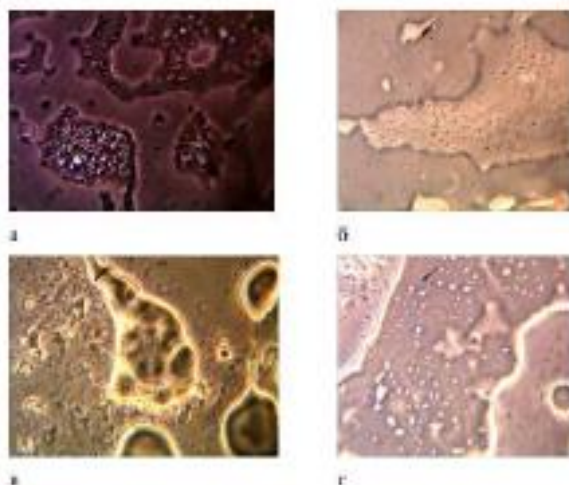


**Рис 1. Стабільні консорціуми мікроорганізмів, здатних до росту в присутності дизельного палива, що виявлені у пробах відібраних на сміттєзвалищі транспортних відходів поблизу аеропорту Бориспіль**

За допомогою мікроскопічного дослідження виявлено, що консорціуми утворювалися нерухливими та рухливими паличкоподібними бактеріями. Нерухливі форми розташовувались в середині краплини дизельного палива, в той час як рухливі форми або адгезувались до зовнішньої частини мембрани, або вільно переміщалися у рідині між краплинами дизельного палива (*рис 2*). Відомо, що здатність до адгезії на нафтопродуктах є важливим етапом у їх утилізації мікроорганізмами, оскільки безпосередній контакт клітин та гідрофобного уможливує біодеградацію останнього [2].

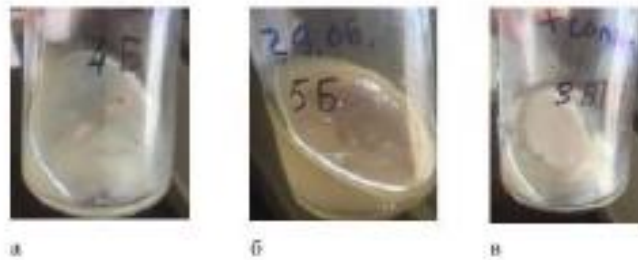
Можемо припустити, що в пробі 2ПТ присутні палеоморфні бактерії, а у пробах 3ПТ, 4ПТ, 5ПТ – капсулоутворюючі неспороутворюючі палички, що здатні до окиснення дизельного палива.

В пробах 3ВРЗ, 4Б та 5Б на 30–40 добу культивування в присутності дизельного палива утворилися ущільнені біоплівки, що за структурою нагадують мікробний мат (*рис 3*). Мікробні мати являють собою високоінтегровані мікробні екосистеми з істотними фізико-хімічними градієнтами, що є результатом метаболічної активності мікроорганізмів [3].



**Рис 2. Взаємодія клітин консорціумів мікроорганізмів, виявлених в пробах 2ПТ (а), 3ПТ (б), 4ПТ (в) та 5ПТ (г) з краплями дизельного палива після 10 діб культивування на середовищі Таусона з 2% дизельного палива в якості джерела вуглецю. Фазово-контрастна мікроскопія, збільшення \*1600**



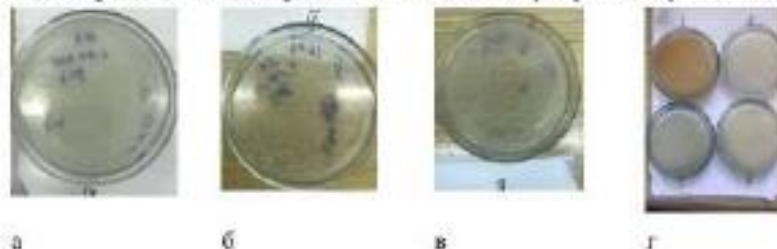


**Рис 3. Розвиток біоплівки у вигляді мікробного мату у пробах, відібраних на звалищі Бориспільського автозаводу (а, б) та звалищі ВРЗ центрального залізничного вокзалу м. Кієва**

В пробах 3ВРЗ, 4Б та 5Б на 30–40 добу культивування в присутності дизельного палива утворились ущільнені біоплівки, що за структурою нагадують мікробний мат (рис 3). Мікробні мати являють собою високоінтегровані мікробні екосистеми з істотними фізико-хімічними градієнтами, що є результатом метаболічної активності мікроорганізмів [3].

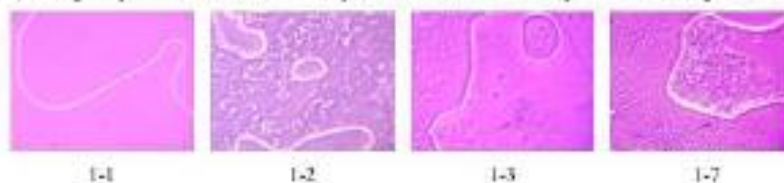
За даними досліджень останніх років, до складу мікробних матів входять різноманітні консорціуми аеробних та анаеробних бактерій, грибів, водоростей та архей, які беруть участь в геобіохімічних циклах. На практиці їх застосування було запропоновано в біоремедіації органічних сполук, очищенні стічних вод, виробництві біоводню [4; 5]. На даному етапі роботи мікробні мати пересіяні в свіжу порцію середовища Таусона з 2% дизельного палива для подальшого спостереження. Культивування проводиться за температури 28°C в режимі періодичного освітлення.

Культивування на агаризованих середовищах Таусона та R2A. При культивуванні консорціумів бактерій проб 2ПТ, 3ПТ, 4ПТ та 5ПТ на твердому середовищі Таусона, що містило 100 мкл дизельного палива через 24 год культивування при 28°C спостерігали формування потужного газону мікроорганізмів в усіх досліджених пробах (рис 4, а–в). При культивуванні бактерій з використанням фільтру, насиченого дизельним паливом, спостерігався ріст бактерій тільки в пробі 2ПТ на 4 добу культивування (рис 4, г).



**Рис 4. Культивування бактерій консорціумів 2 – 4ПТ на агаризованому середовищі Таусона в присутності дизельного палива (пояснення в тексті)**

Із консорціуму мікроорганізмів проби 2ПТ було отримано 10 ізолятів бактерій та перевірена їх здатність до асиміляції дизельного палива в монокультурі. Встановлено, що 5 з них мали здатність до росту при культивуванні в рідкому середовищі Таусона, що містило 2–4% дизельного палива, що підтверджувалось даними фазово-контрастної мікроскопії (рис 5) та результатами висіву за методом Гоулда на середовище R2A (рис 6).



**Рис 5. Взаємодія монокультур консорціуму бактерій проби 2ПТ із краплями дизельного палива на 4 добу культивування при температурі 28°C. Фазово-контрастна мікроскопія, збільшення Ч1600**



**Рис 6. Висів за методом Гоулда монокультур бактерій консорціуму 2ПТ на 5 добу культивування в рідкому середовищі Таусона, що містило 3% дизельного палива. Середовище культивування R2A, 48 год., 28°C**

Як показано на *рис 5* бактерії штаму 1-2 знаходились всередині, а бактерії інших штамів утворювали скупчення з зовнішньої сторони мембрани краплі дизельного палива.

Бактерії штамів 1-1, 1-5 та 1-7 через 48 год. культивування за температури 28°C на середовищі R2A утворювали дрібні, блискучі, гладенькі, прозорі, слизові колонії з рваним краєм та піднятим центром, діаметром 2–3 мм; бактерії штаму 1-2 – дрібні, опуклі, пастоподібні колонії з рівним краєм, м'якої консистенції, помаранчевого кольору, діаметром 2 мм; бактерії штаму 1-3 – блискучі, прозорі, слизові, текучі колонії з хвилястим краєм, діаметром 1–1,5 см (*рис 6*).

За морфологічними та тинкторіальними ознаками бактерії штаму 1-2 можна віднести до групи **коринноморфних бактерій**, бактерії інших штамів представлені **грамнегативними паличками** (*рис 7*).

На даному етапі проводяться роботи по ізоляції чистих культур бактерій, здатних до асиміляції дизельного палива, із консорціумів в пробах 3–5ПТ.

Під час дослідження здатності мікробних консорціумів до мацерації грибної та рослинної тканини стабільні консорціуми бактерій виявлені у зразках, відібраних на сміттєзвалищах транспортних відходів поблизу аеропорту Бориспіль та Бориспільського автозаводу.



**Рис 7. Морфологічні та тинкторіальні ознаки монокультур бактерій, ізольованих із проби 2ПТ. Середовище культивування R2A, 48 год, 28С. Фарбування за Грамом, світлова мікроскопія, збільшення Ч1600**

Як показано на *рис 8*, після нанесення 10 мкл суспензії накопичувальної культури відбувається руйнування рослинних та грибної тканини в пробах 1ПТ, 2ПТ, 4ПТ, 3Б та 4Б.



**Рис 8. Мацерація рослинної та грибної тканини консорціумами мікроорганізмів зі сміттєзвалищ транспортних відходів поблизу аеропорту Бориспіль та Бориспільського автозаводу**

На даному етапі відбуваються роботи по ізоляції чистих культур мікроорганізмів вказаних консорціумів на агаризованому середовищі Таусона, що містить 1% пектину або 0,1% карбоксиметилцелюлози в якості єдиного джерела вуглецю.

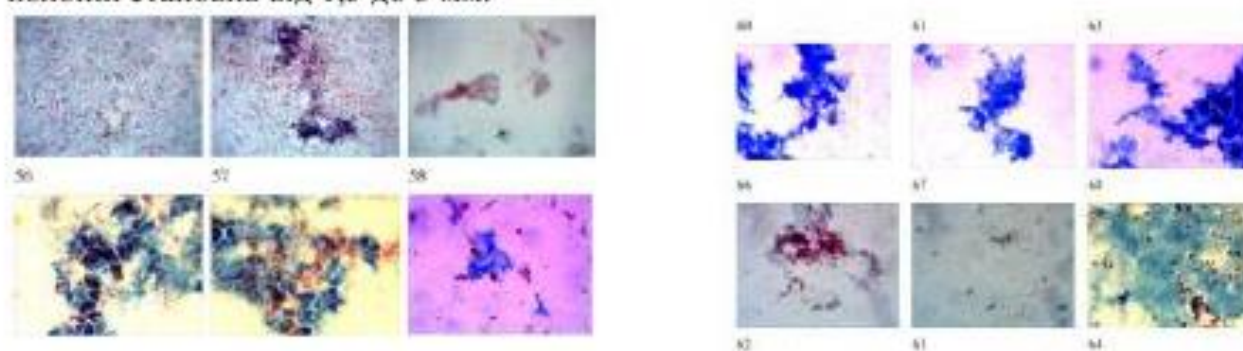
Мікроорганізми, що приймають участь у циклі заліза, виявлено в більшості проб сміттєзвалища транспортних відходів поблизу аеропорту Бориспіль та звалища ВРЗ центрального залізничного вокзалу у м. Києві.



В пробах, відібраних на звалищі Бориспільського автозаводу, мікроорганізми цієї групи були виявлені у пробах 2Б та 4Б, проте вже після 1 пасажу мікроорганізми цих консорціумів втрачали здатність до культивування в заданих умовах. В результаті дослідження із проб 2ПТ, 3ПТ, 5ПТ було ізольовано 9 штамів мікроорганізмів (штами 56, 57, 58, 60, 61, 65, 66, 67, 68). Зі звалища ВРЗ центрального залізничного вокзалу, проби 1ВРЗ, 2ВРЗ та 4ВРЗ, ізольовано 3 штами мікроорганізмів (штами 62, 63, 64).

В монокультурі ізольовані мікроорганізми не втрачали здатності до накопичення гідроокису заліза у поверхневих структурах, що підтверджувалося даними мікроскопії (рис 9).

Мікроорганізми штамів 64 та 65 на середовищі R2A за температури культивування 28°C через 72 год. культивування утворювали дрібні, опуклі, пастоподібні колонії з рівним краєм, м'якої консистенції, рожевого та білого кольорів відповідно. Розмір колоній коливався від 1 до 3 мм. Мікроорганізми інших штамів на середовищі R2A через 48 год. культивування при 28°C утворювали дрібні, блискучі, гладенькі, прозорі, слизові колонії з хвилястим краєм та піднятим центром, як показано на рис 2.13 для штаму 57. Розмір колоній становив від 1,5 до 3 мм.



**Рис 9. Фарбування поверхневих структур бактерій, що заповнені гідратом окису заліза. Світлова мікроскопія, збільшення Ч1600**

#### Література:

1. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учеб. пособие/ Под ред. Д. Г. Звягильцева. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
2. Волченко Н. Н., Карасева Э. В. Скрининг углеводородокисляющих бактерий – продуцентов поверхностно-активных веществ биологической природы и их применение в опыте по ремедиации нефтезагрязненной почвы и нефтешлама// Биотехнология. – 2006. – №2. – С. 45–60
3. Paeckel C., Hallenbeck. Modern Topics in the Photo-trophic Prokaryotes. Switzerland: Springer International Publ., 2017. – 492 p.
4. Roeselers G., van Loosdrecht M.C.M., Muyzer G. Phototrophic biofilms and their potential applications // Journal of Applied Phycology. 2008. Vol. 20. – P. 227–235. DOI: 10.1007/s10811-007-9223-2
5. Safi J., Awad Y., El-Nahhal Y. Bioremediation of Diuron in Soil Environment: Influence of Cyanobacterial Mat. // American Journal of Plant Sciences. 2014. – Vol. 5. – P. 1081–1089. DOI: 10.4236/ajps.2014.58120