

были привязаны к водным телам, выделенным на основании экспертных заключений и данных Областного управления экологии и природных ресурсов. Установлено, что фитопланктон реки был достаточно богатым и обильным, в то же время при высоком видовом богатстве зоопланктона его количественное развитие было незначительным.

*Ключевые слова:* фитопланктон, зоопланктон, малая река, водное тело, русло, водохранилище

*Yu.F. Gromova, O.V. Manturova*

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

### PHYTO- AND ZOOPLANKTON OF THE IKVA RIVER (PRYPIAT RIVER BASIN)

Within the frames of project on development and implementation of the WFD provisions in the Prypiat' River Basin District we investigated phyto- and zooplankton of the model small Ikva River – the second-order tributary. Sampling sites were associated with water bodies, delineated on the basis of expert propositions and data of the Rivne regional environmental-protective authority. Phytoplankton was found to be quite diverse and abundant. Zooplankton species number was quite high, whereas its quantitative characteristics were low.

*Keywords:* phytoplankton, zooplankton, small river, water body, riverbed, reservoir

УДК [628.3.575]

Т.В. ГУДЗЕНКО, О.Г. ГОРШКОВА, Т.О. БЄЛЯЄВА, С.І. РАКІТСЬКА, Г.В. ЛІСЮТІН,  
В.О. ІВАНИЦЯ

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65026, Україна

## **БІОТЕХНОЛОГІЯ ОЗДОРОВЛЕННЯ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ІММОБІЛІЗОВАНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ**

Розроблено технологію біоремедіації морського середовища з використанням іммобілізованих на природних носіях біохімічно-активних, непатогенних бактерій, що володіють антагоністичними властивостями по відношенню до санітарно-показових мікроорганізмів, яка дозволяє високоефективно очищати водне середовище від нафтового забруднення та умовно-патогенних мікроорганізмів.

*Ключові слова:* бактерії-деструктори, вуглеводні нафти, морське середовище, оздоровлення, біотехнологія, іммобілізовані мікроорганізми

Антропогенна діяльність інтенсивно позначається на стані водних ресурсів, особливо в прибережних густонаселених районах Чорного та Азовського морів, що значно погіршує їх рекреаційну привабливість та умови проживання місцевого населення. Хімічні полутанти, включно важкі метали, нафтопродукти, біорезистентні поверхнево-активні речовини, негативно впливають на метаболічний та генетичний апарат гідробіонтів. З прибережних населених пунктів, особливо міст мегаполісів та з річковим стоком в море разом з небезпечними мікроорганізмами надходить велика кількість біогенних елементів та органіки, що призводить до значної евтрофікації та погіршення рекреаційної якості берегової зони моря. Мікробне забруднення є небезпечним, перш за все, з епідеміологічних позицій, може безпосередньо впливати на здоров'я людей. Тому актуальною соціально-екологічною проблемою є оздоровлення морського середовища шляхом зниження ступеня біологічного і хімічного забруднення прибережних морських вод.

Мета роботи – розробка технології біоремедіації морського середовища з використанням іммобілізованих на природних носіях біохімічно-активних, непатогенних бактерій, що володіють антагоністичними властивостями по відношенню до санітарно-показових мікроорганізмів.

**Матеріал і методи досліджень**

Моделювання нафтового розливу здійснювали у скляних резервуарах ємністю 60 літрів з морською водою. На водній поверхні відтворювали нафтову плівку від райдужної до плівки завтовшки 1 мм. Визначали дозування, вивчали сорбційну активність препарату при різних температурних режимах. При проведенні експерименту препарат наносили безпосередньо після розливу нафтопродуктів на водній поверхні. Для оцінки ефективності дії розробленої технології у відношенні бактеріологічного забруднення, до дослідних і контрольних ємностей вносили лабораторну культуру кишкової палички *E. coli*. Ефективність розробленої біотехнології оцінювали: візуально по зникненню плівкового нафтового забруднення на водній поверхні, очищенню внутрішніх поверхонь стінок акваріумів; за показниками хімічного аналізу гравіметричним методом та методом ІК-спектрометрії; за показниками санітарно-мікробіологічного аналізу - визначали загальне мікробне число (ЗМЧ, КУО/см<sup>3</sup>), кількість бактерій групи кишкової палички.

**Результати досліджень та їх обговорення**

У наших дослідженнях був використаний штам бактерій – деструкторів вуглеводнів нафти *Pseudomonas sp. ONU328*, вилучений з морського середовища, що зберігається у Колекції культур мікроорганізмів кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології. За якісним і кількісним складом жирних кислот, розшифрованим з використанням бібліотечної бази даних Library RTSBA6 6.21 програмою Version 6.2. системи MIDI Sherlock, досліджуваний ШТАМ ідентифікований з високим індексом схожості (Sim Index 0,780) як *Pseudomonas fluorescens ONU328* [3, 4].

Бактерії *Pseudomonas fluorescens ONU328* не виявляли патогенні властивості у тест-системах культур клітин людини (перещеплювана культура клітин карциноми шийки матки HeLa) і тварин (перещеплювана культура клітин нирок африканської зеленої мавпи Vero), не викликали морфологічних змін і деструкцію моношару клітин людини (HeLa) і тварин (Vero), не проникали через цитоплазму і не інфікували клітини, тобто інвазивні властивості в них були відсутні. Цей штам за десять діб експозиції активно утилізував до 70% вуглеводнів сирової нафти з вихідною концентрацією 500 мг/дм<sup>3</sup>, був здатним до сорбції важких металів, деструкції біорезистентних органічних поверхнево-активних сполук [3], володів антагоністичною активністю до санітарно-показових умовно-патогенних бактерій (табл. 1).

Таблиця 1

Антагоністична активність бактерій-деструкторів вуглеводнів нафти

*Pseudomonas fluorescens ONU328*

Тест-культури	Зона затр. росту, мм	Тест-культури	Зона затр. росту, мм	Тест-культури	Зона затр. росту, мм
<i>P. aeruginosa</i> 395	11,0	<i>S. typhimurium</i> 2606	5,0	<i>M. varians</i> 72	16,0
<i>E. coli</i> 12	16,0	<i>K. aerogenes</i> 24	10,0	<i>S. xilosus</i> 2-266	6,0
<i>Enterobacter sp.</i> 233	10,0	<i>Klebsiella sp.</i> 24	8,0	<i>S. epidermidis</i>	8,0
<i>Enterobacter sp.</i> 30	8,0	<i>C. albicans</i> 690	7,0	<i>B. subtilis</i>	2,0
<i>C. freundii</i> 381	6,0	<i>M. luteus</i> 41-42	15,0	<i>B. megaterium</i> 393	10,0

Імобілізація бактерій *Pseudomonas fluorescens ONU328* на біологічно позитивних носіях сприяла виявленню їх високої функціональної деструктивної активності без значного приросту біомаси вільних клітин, що є надзвичайно важливим у плані попередження евтрофікації водойм. Вимоги при відборі носія для іммобілізації бактерій-деструкторів: природне походження, велика адсорбційна здатність, вміст мікроелементів необхідних для життєздатності бактерій і створення буферності середовища. Тому до складу носія були включені морські водорості, стулки мідій (подрібнені, фракція 10–15 мм), морський пісок, сфагновий торф. Імобілізація бактерій-деструкторів вуглеводнів нафти містила декілька етапів: отримання фізіологічно активної дводобової суспензійної культури бактерій-

деструкторів на рідкому поживному середовищі М-9 концентрацією  $10^9$  кл/мл; – іммобілізацію бактерій-деструкторів у складі біофлорів; іммобілізацію бактерій-деструкторів на носіях природного походження методом напилювання сфлукуюваної культури бактерій; сухоповітряну сушку інокульованих бактеріями-деструкторами носіїв до вологості 10%.

Отриманий біопрепарат використовували для очищення морської води від вуглеводнів нафти. При внесенні у морське середовище нафти у кількості  $180,0$  мг/дм<sup>3</sup> на поверхні води утворювалася нафтова пляма. Препарат у кількості 60 мг (тобто у ваговому співвідношенні до кількості нафти 1:3) наносили на нафтову пляму. Препарат швидко її локалізував, процес сорбції протікав практично впродовж однієї-двох хвилин. Інокульовані бактеріями-деструкторами частинки ступок мідій і пісок осаджувалися на дно модельної ємності і там розпочинався процес деструкції емульгованої нафти. Через 14 діб експозиції залишковий вміст нафтопродуктів складав  $24,0$  мг/дм<sup>3</sup>, тобто утилізація нафтового забруднення досягла 86,7 %. При цьому нафтова пляма була повністю дезагредована, стінки скляної модельної ємності не забруднені. Десорбція нафтопродуктів після їх локалізації на препараті не спостерігалася. Вода в ємності була прозора, без сторонніх запахів. Результати хімічного аналізу води після очищення від нафтопродуктів з використанням розробленої біотехнології представлені у табл. 2.

Мікробіологічні дослідження водного середовища після очищення від нафтопродуктів показали, що загальне мікробне число не перевищувало  $10^3$  КУО/см<sup>3</sup>, бактерії групи кишкової палички та *E. coli*, що були внесені в модельну ємність до початку експерименту, знайдені не були.

Таблиця 2

Результати хімічного аналізу морської води після очищення від нафтопродуктів з використанням розробленої біотехнології

Кількість біопрепарату, мг	Вихідний вміст нафтопродукту, мг/дм <sup>3</sup>	Вагове співвідношення біопрепарат:нафта	Залишковий вміст нафтопродуктів		Утилізація, %
			мг	%	
60,0	180,0	1:3	24,0	13,3	86,7
	900,0	1:15	194,0	21,6	78,4

Це свідчить про те, що іммобілізовані на природних субстратах бактерії-деструктори не викликають евтрофікації води. Їх розмноження та життєдіяльність лімітується таким поживним субстратом як нафтопродукти, які вони використовують у метаболізмі як джерело вуглецю і енергії. З поступовою утилізацією нафтопродуктів, фізіологічна активність бактерій-деструкторів знижується, приросту біомаси не спостерігається. Аналогічне явище має місце у природі, де вільні клітини бактерій-деструкторів зустрічаються у невеликій кількості, однак при розливах нафтопродуктів їх кількість зростає на декілька порядків за дуже короткий проміжок часу [1, 2].

У другому варіанті досліді збільшили кількість нафти у реакційному середовищі до  $900,0$  мг/дм<sup>3</sup>, при цьому на поверхні води утворилася нафтова пляма середньої товщини. Препарат у кількості 60 мг (тобто у ваговому співвідношенні до кількості нафти 1:15) наносили на нафтову пляму, він локалізував пляму за рахунок процесу сорбції, однак не повністю. Через 14 діб залишкова кількість нафтопродуктів у модельній ємності складала  $194,0$  мг/дм<sup>3</sup>, тобто було утилізовано 78,4% нафтопродуктів. Застосування розробленого біопрепарату забезпечувало швидку сорбцію та локалізацію нафтового забруднення з подальшою трансформацією – деструкцією його у водному середовищі. Швидкість адсорбції та біодеструкція вуглеводнів нафти на препараті залежала від товщі плівки нафтопродуктів. Використання цього методу очищення води не потребувало додаткового внесення мінеральних солей і накопичення великої кількості біомаси мікроорганізмів.

Отже, розроблена технологія біоремедіації морського середовища з використанням іммобілізованих на природних носіях біохімічно-активних, непатогенних бактерій-антагоністів дозволяє високоефективно очищати водне середовище від нафтового забруднення та санітарно-показових умовно-патогенних мікроорганізмів.

1. Гвоздяк П. І. Вода і мікроорганізми / П. І. Гвоздяк // Вісник Одеського національного університету. Біологія. – 2001. – Т. 6, вип. 2. – С. 150–153.
2. Глоба Л. І. Біотехнологія очищення забрудненої природної води / Л. І. Глоба, Н. І. Подорван // Вісник Одеського національного університету. Біологія. – 2001. – Т. 6, № 2. – С. 145–148.
3. Гудзенко Т. В. Нафтоокиснювальна активність деяких штамів бактерій роду *Pseudomonas* / Т. В. Гудзенко, О. В. Волювач, Т. О. Беляєва [та ін.] // Мікробіологія і біотехнологія. – 2013. – № 4. – С. 72–80.
4. Гудзенко Т. В. Склад жирних кислот ліпідів нафтоокиснювальних штамів бактерій роду *Pseudomonas* / Т. В. Гудзенко, Н. В. Коротаєва, О. В. Волювач [та ін.] // Мікробіологія і біотехнологія. – 2014. – № 3. – С. 31–39.

*Т.В. Гудзенко, Е.Г. Горшкова, Т.А. Беляєва, С.І. Ракитская, Г.В. Лисютин, В.А. Іваница*  
Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, Украина

### БИОТЕХНОЛОГИЯ ОЗДОРОВЛЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Разработана технология биоремедиации морской среды с использованием иммобилизованных на природных носителях биохимически-активных непатогенных бактерий – антагонистов условно-патогенных микроорганизмов, которая позволяет высокоэффективно очищать воду от нефтяного загрязнения и санитарно-показательных микроорганизмов.

*Ключевые слова: бактерии-деструкторы, углеводороды нефти, морская среда, оздоровление, биотехнология, иммобилизованные микроорганизмы*

*T.V. Gudzenko, E.G. Gorshkova, T.A. Beljaeva, S.I. Rakitskaja, G.V. Lisyutin, V.A. Ivanitsa*  
I.I.Mechnykov Odesa National University, Ukraine

### BIOTECHNOLOGY FOR THE IMPROVEMENT OF THE MARINE ENVIRONMENT USING IMMOBILIZED MICROORGANISMS

Developed technology bioremedia the marine environment using immobilized on natural media biochemically-active, non-pathogenic bacteria – antagonists of conditionally pathogenic microorganisms, which allows clean water from oil pollution and sanitary-indicative microorganisms.

*Keywords: bacteria-destructors, hydrocarbon oil, marine environment, health, biotechnology, immobilized microorganism*

УДК 577.34:595.111(06)

Д.И. ГУДКОВ, А.Е. КАГЛЯН, В.Г. КЛЕНУС, З.О. ШИРОКАЯ, К.Д. ГАНЖА

Институт гидробиологии НАН Украины  
пр. Героев Сталинграда, 12, Киев, 04210, Украина

## **СОВРЕМЕННЫЕ УРОВНИ И ДИНАМИКА РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ**

---

Приведены результаты радиоэкологических исследований основных полигонных водоемов Чернобыльской зоны отчуждения, выполненных на протяжении 1997–2014 гг. Проанализированы динамика содержания радионуклидов в абиотических и биотических компонентах водных экосистем и оценены процессы их естественного самоочищения от радионуклидного загрязнения.

*Ключевые слова: Чернобыльская зона отчуждения, радионуклидное загрязнение, вода, донные отложения, гидробионты, <sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs.*

Современный уровень и состав радионуклидного загрязнения водных экосистем Чернобыльской зоны отчуждения (ЧЗО) обусловлены в первую очередь количеством