

Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова.  
Серія 20. Біологія. – 2013. – випуск 5. – С. 156 – 161

УДК 574.64:574.58:502.175

**Н.С. Андрусак**

Чернівецький національний університет  
імені Юрія Федьковича,  
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012

## **ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОКОСМНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОРУШЕНЬ ТРОФІЧНОЇ СТРУКТУРИ МАЛИХ РІЧОК ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ, ЗАБРУДНЕНИХ НАФТОПРОДУКТАМИ**

*Мікрокосмні моделі, забруднення, нафтопродукти, гідроекосистеми*

Нафта й нафтопродукти є одними з найпоширеніших енергоносіїв, тому обсяги їхнього добування з року в рік зростають. Проте у процесі підготовки нафти до переробки та транспортування виникає низка екологічно напружених ситуацій, що призводить до забруднення нафтопродуктами ґрунтів, підземних і поверхневих вод [1]. Як правило, такі забруднення гідроекосистем позначаються на кількісному та якісному складі гідробіонтів, що спричиняють до зниження продуктивності екосистеми. Саме тому виникає необхідність комплексної оцінки впливу нафтового забруднення водойм на гідробіонти, які формують основні ланки трофічної мережі гідроекосистем. Відомо, що реакція компонентів екосистеми, досліджених ізольовано, не відповідає реакції системи, дослідженої комплексно [2].

Мета роботи – розробка мікрокосмних моделей малих річок Західного регіону України для еколого-токсикологічної оцінки та визначення порушень їхньої трофічної структури в районах нафтодобування.

### **Матеріал і методика досліджень**

Дослідження проводили в межах Передкарпатської нафтогазоносною провінції, яка належить до Західного нафтогазоносного регіону України. Вона розташована на південному заході України у межах Львівської, Івано-Франківської та Чернівецької областей. У межах зазначених областей визначено нафтогазоносні родовища, на яких ведеться інтенсивне добування та транспортування нафти: Лопушнянське – розташоване в урочищі Лекече Вижницького району Чернівецької області; Південно-Гвіздецьке – у Надвірнянському районі Івано-Франківської області; Бориславське – у Дрогобицькому районі Львівської області. Наша увага була зосереджена на трьох водних об'єктах: малих річках Лекече, Стримба та Тисмениця, які протікають неподалік зазначених родовищ. Для проведення досліджень ми визначили такі створи моніторингу: створ № 1 – контроль (500 м до нафтової свердловини); створ № 2 – поблизу нафтової свердловини; створ № 3 – на відстані 500 м від нафтової свердловини за течією річки; створ № 4 – 1000 м від нафтової свердловини за течією річки.

Визначення порушень трофічної структури гідроекосистем проводили методом біотестування у штучних мікроекосистемах. Для цього створені мікроекосистеми акваріумного та блокового типів. Ми запропонували мікрокосмні моделі відповідно до конструкторських вимог: компактні, прості у використанні, матеріал резервуарів відповідав оптичним нормам щодо проникнення світлових променів у повному спектрі, необхідному

для життєдіяльності гідробіонтів [3]. Враховуючи просторове розміщення тест-об'єктів, кількість видів, а також необхідність транспортування річкової води, мікрокосми створювали об'ємом 6 та 7 дм<sup>3</sup>.

Акваріумний тип мікрокосмів дав можливість розміщувати гідробіонти в одному об'ємі води. Блоковий тип (7 дм<sup>3</sup>) мікроекосистем застосували для просторового розділення гідробіонтів різного систематичного рангу, але одночасно об'єднували їх одним потоком води. Такі системи поділені на 7 камер. У 6-ти розміщуються гідробіонти, а в останній – передбачено встановлення компресора для аерації води. У перегородках між камерами є отвори діаметром 4 см, які закриваються планктонним гасом. Крізь нього проходить вода, а гідробіонти ізолюються у камерах (рис. 1).

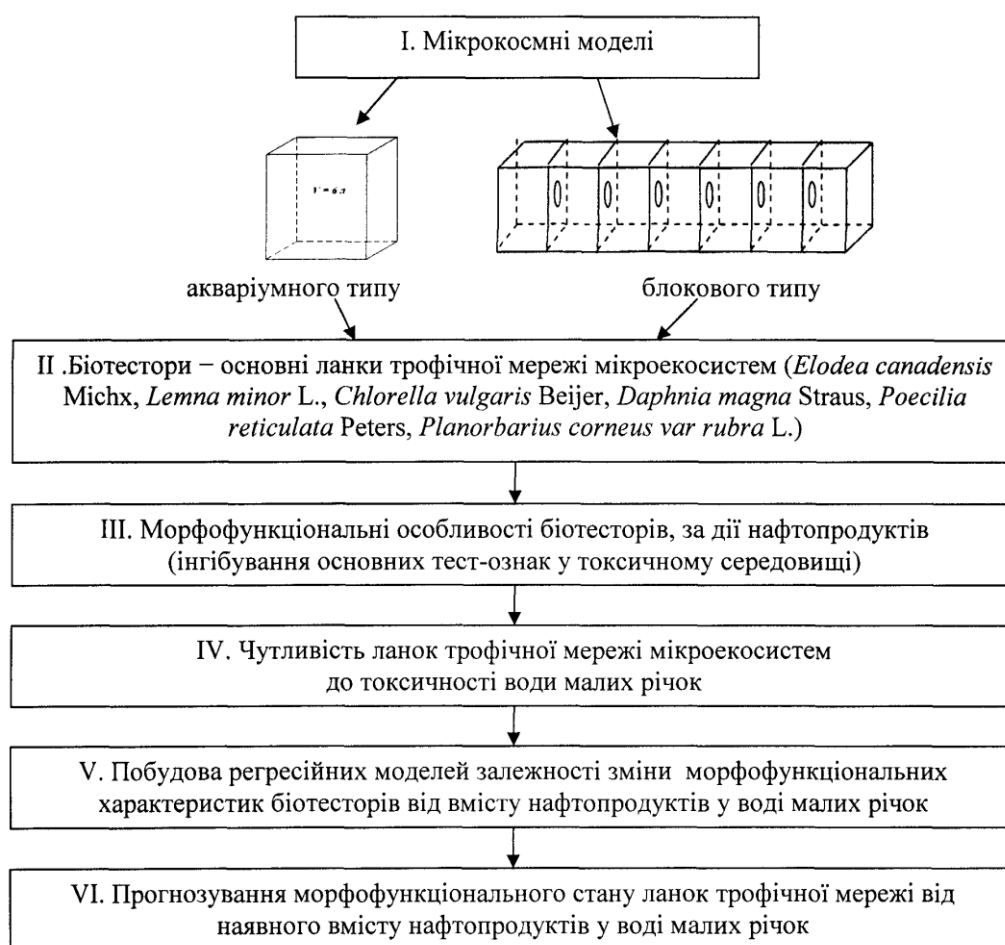


Рис. 1. Алгоритм-схема застосування мікрокосмних моделей для визначення порушень трофічної структури гідроекосистем

Мікроекосистеми утримували в лабораторії у факторостатних умовах, які відповідають найоптимальнішими умовам функціонування гідробіонтів у природних екосистемах. Трофічні мережі мікроекосистем формували із гідробіонтів – класичних тест-об'єктів, які застосовуються у світовій практиці біотестування.

Кількісний склад гідробіонтів підбирали експериментальним способом, використовуючи численні комбінації. Такий склад тест-об'єктів забезпечував існування системи впродовж 30 діб. Широкий спектр морфофізіологічних тест-параметрів гідробіонтів дав змогу визначити чутливість ланок трофічної мережі до забруднення річок нафтопродуктами за відсотком

інгібування тест-показників. Гідробіонтів, які формували основні ланки трофічної модельної екосистеми, культивували протягом 30 діб у мікроекосистемах блокового й акваріумного типів.

### Результати досліджень та їх обговорення

За результатами експерименту визначено вірогідну зміну щодо контролю тест-показників гідробіонтів і відсоток інгібування морфологічних показників у токсичному середовищі. Зазначено, що максимально чутливою ознакою *Lemna minor* L. та *Elodea canadensis* Michx до нафтового забруднення є довжина коренів. Причому цей тест-параметр чутливий в обидвох типах мікроекосистем. Найчутливішими показниками *Chlorella vulgaris* Beijerinck є чисельність, біомаса та енергетична цінність, *Daphnia magna* Straus – чисельність. Максимально чутливі показники *Planorbis var rubra* L. в акваріумних мікроекосистемах – енергетична цінність і біомаса, у екосистемах блокового типу – чисельність. Характерними особливостями *Poecilia reticulata* Peters у мікроекосистемах як акваріумного, так і блокового типів є зміна біомаси та чисельності за дії нафтового забруднення.

Для інтегральної оцінки токсичності води малих річок на основі сукупності тест-параметрів гідробіонтів враховували лише значущі тест-ознаки, виділені в процесі порівняльного аналізу. На основі зміни тест-параметрів побудовано модель-карти, що дало можливість визначити токсичність водного середовища за морфологічними особливостями досліджених гідробіонтів. Сутність побудови модель-карт полягає у визначенні відхилення (у %) значень досліджуваних показників біотесторів від контролю.

Коефіцієнти токсичності води малих річок для гідробіонтів знижуються з віддаленням від нафтової свердловини. Така закономірність підтверджує високу токсичність води саме біля нафтових свердловин. Для прикладу на рисунках 2 – 3 наведені модель-карти токсичності води р. Стримба.

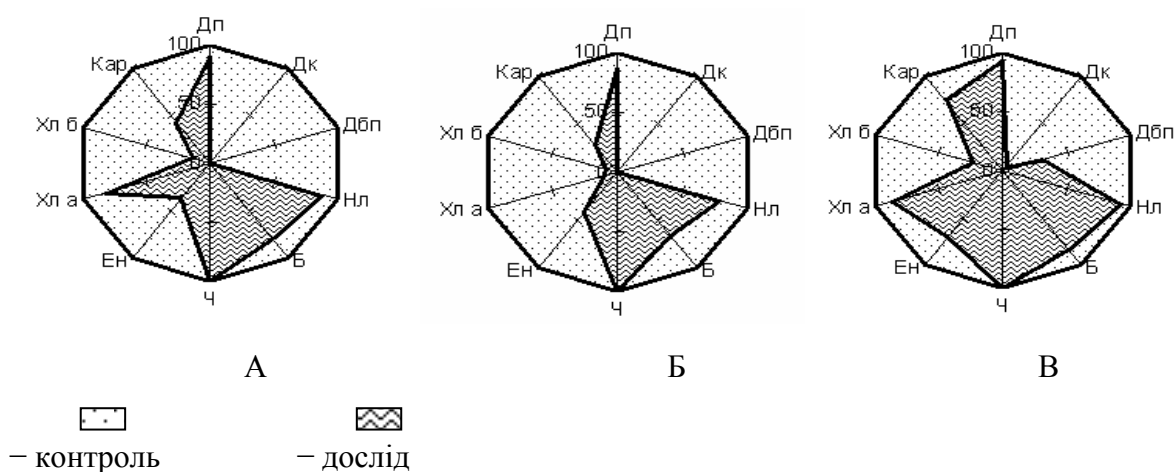


Рис. 2. Модель-карта токсичності води р. Стримба (тут і надалі: А – поблизу нафтової свердловини, Б – 500 м після нафтової свердловини за течією річки, В – 1000 м після нафтової свердловини за течією річки) для *Elodea canadensis* Michx у мікроекосистемах блокового типу. Дп – довжина головного пагона, Дк – довжина коренів, Дбп – довжина бічних пагонів, Нл – некротизовані листки, Б – біомаса, Ч – чисельність, Ен – енергетична цінність, Хл а – вміст хлорофілу а, Хл б – вміст хлорофілу б, Кар – вміст каротиноїдів

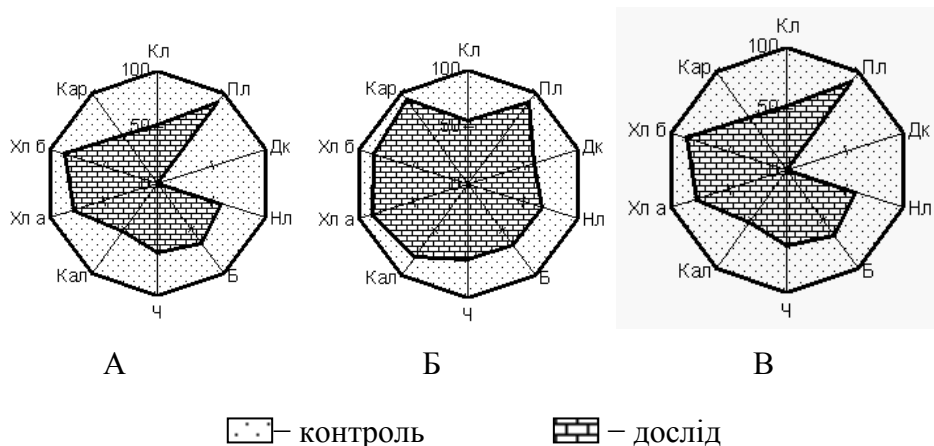


Рис. 3. Модель-карта токсичності води р. Стримба для *Lemna minor* L. у мікроекосистемах акваріумного типу. Кл – кількість лопатей, Дк – довжина коренів, Пл – площа лопатей, Нл – некротизовані лопаті, Б – біомаса, Ч – чисельність, Ен – енергетична цінність, Хл а – вміст хлорофілу а, Хл б – вміст хлорофілу б, Кар – вміст каротиноїдів

Зауважимо, що у мікроекосистемах акваріумного типу гідробіонти виявляють більшу чутливість до наявної у воді концентрації нафтопродуктів, ніж у блокових системах. Так, у акваріумних мікроекосистемах виявлено опосередковану дію токсиканта на полікультуру біотесторів, а це дає змогу припустити, що причиною загибелі риб у мікроекосистемах є зниження популяції дафній. Отже, чутливість організмів вищих трофічних рівнів залежить від гідробіонтів нижчого рівня організації. Використані нами біотестори досить чутливо реагують на забруднення води нафтопродуктами. Проте, виявлено їхню видову специфічність у мікроекосистемах акваріумного та блокового типів. Встановлено, що у мікроекосистемах акваріумного типу максимальною чутливістю до забруднення річок нафтопродуктами володіють *Chlorella vulgaris* Berje (річки Лекече та Стримба) та *Poecilia reticulata* Peters (р. Тисмениця), натомість *Planorbarius corneus var rubra* L. (річки Лекече і Стримба) та *Lemna minor* L. (р. Тисмениця) виявляють найменшу чутливість до забруднення води нафтопродуктами.

Інша тенденція виявлена у мікроекосистемах блокового типу. Так, найчутливішою ланкою трофічної мережі визначено *Planorbarius corneus var rubra* L. (р. Лекече) та *Planorbarius corneus var rubra* L. і *Poecilia reticulata* Peters (річки Тисмениця та Стримба), а найменш чутливою – *Lemna minor* L. (річки Лекече та Тисмениця) та *Chlorella vulgaris* Berje (р. Стримба).

Отримані в результаті досліджень дані проаналізовані шляхом множинної покрокової регресії. За результатами регресійного аналізу найзначущішим фактором впливу на морфофункціональні параметри основних ланок модельної трофічної мережі – уміст нафтопродуктів у воді малих річок. Саме тому, з метою подальшого прогнозування впливу нафтопродуктів на трофічну структуру гідроекосистем, ми «вивели» лінійні кореляційні залежності зміни максимально чутливих тест-показників гідробіонтів від рівня забруднення водойм нафтопродуктами (таблиця 1). Наведені у таблиці залежності характеризуються високим достовірним оберненим кореляційним зв'язком, що свідчить про інгібування морфофункціональних характеристик представників трофічних мереж з підвищенням концентрації нафтопродуктів у воді.

Отримані дані гідрохімічного аналізу, морфофункціональні характеристики біотесторів у мікрокосмах та виведені рівняння кореляційних залежностей слугували матеріалом для створення комп'ютерної системної бази даних для прогнозування наслідків забруднення малих річок у мікрокосмних моделях. Основна функція створеної системи – нагромадження, збереження та обробка одержаних експериментальних результатів, на основі яких будуються прогностичні криві порушень основних ланок трофічних мереж гідроекосистем.

Рівняння лінійної кореляційної залежності зміни морфофізіологічних показників біотесторів від умісту нафтопродуктів у мікрокосмних моделях

Кореляційна залежність	Коефіцієнт кореляції
<b>Мікроекосистеми акваріумного типу</b>	
<i>р. Лекече</i>	
Y біомаса <i>Poecilia reticulata</i> = 0,04543 - 0,0146 X нафтопродукти	r = - 0,93
Y біомаса <i>Poecilia reticulata</i> = 0,04543 - 0,0146 X нафтопродукти	r = - 0,93
Y енергетична цінність <i>Daphnia magna</i> = 9,7290 - 1,368 X нафтопродукти	r = - 0,97
Y енергетична цінність <i>Planorbarius corneus</i> = 12,549 - 2,682 X нафтопродукти	r = - 0,99
Y довжина коренів <i>Lemna minor</i> = 2,7440 - ,9803 X нафтопродукти	r = - 0,92
Y довжина коренів <i>Elodea canadensis</i> = 11,757 - 4,290 X нафтопродукти	r = - 0,92
<i>р. Стримба</i>	
Y біомаса <i>Poecilia reticulata</i> = 0,102 - 0,023 X нафтопродукти	r = - 0,94
Y біомаса <i>Planorbarius corneus</i> = 1,1999 - 0,3130 X нафтопродукти	r = - 0,96
Y чисельність <i>Daphnia magna</i> = 35,919 - 8,649 X нафтопродукти	r = - 0,95
Y енергетична цінність <i>Chlorella vulgaris</i> = 6,3873 - 0,6448 X нафтопродукти	r = - 0,82
Y довжина коренів <i>Lemna minor</i> = 0,50193 - 0,1750 X нафтопродукти	r = - 0,99
Y довжина коренів <i>Elodea canadensis</i> = 9,4822 - 3,656 X нафтопродукти	r = - 0,85
<i>р. Тисмениця</i>	
чY енергетична цінність <i>Planorbarius corneus</i> = 14,561 - 2,106 X нафтопродукти	r = - 0,91
Y чисельність <i>Daphnia magna</i> = 23,678 - 4,029 X нафтопродукти	r = - 0,93
Y довжина коренів <i>Lemna minor</i> = 3,6353 - 0,8907 X нафтопродукти	r = - 0,98
<b>Мікроекосистеми блокового типу</b>	
<i>р. Лекече</i>	
Y енергетична цінність <i>Chlorella vulgaris</i> = 7,3954 - 1,140 X нафтопродукти	r = - 0,96
Y вміст хлорофілу б у рослин <i>Lemna minor</i> = 0,93718 - 0,2236 X нафтопрод.	r = - 0,99
Y довжина пагонів <i>Elodea canadensis</i> = 0,94199 - 0,2648 X нафтопродукти	r = - 0,97
<i>р. Стримба</i>	
Y довжина коренів <i>Elodea canadensis</i> = 1,3660 - 0,3861 X нафтопродукти	r = - 0,93
Y довжина коренів <i>Lemna minor</i> = 1,1009 - 0,2338 X нафтопродукти	r = - 0,82
<i>р. Тисмениця</i>	
Y чисельність <i>Daphnia magna</i> = 30,523 - 4,631 X нафтопродукти	r = - 0,99
Y чисельність <i>Chlorella vulgaris</i> = 0,06025 - 0,0077 X нафтопродукти	r = - 0,98

### Висновки

Як тест-параметри вищих водних рослин до впливу нафтопродуктів у мікроекосистемах доцільно використовувати зміну довжини коренів; у водоростей – чисельність, біомасу та енергетичну цінність; у дафній – чисельність; у молюсків – енергетичну цінність та біомасу; у риб – біомасу та чисельність.

Доведено, що у мікроекосистемах акваріумного типу (полікультура) чутливість гідробіонтів до нафтопродуктів і самоочисна здатність води вища, ніж у мікрокосмах блокового типу (монокультура).

Експериментально доведено, що застосовані нами мікроекосистеми блокового й акваріумного типів доцільно використовувати у дослідженнях впливу нафтопродуктів на трофічні рівні гідроекосистем, а також для вивчення механізмів дії нафтового забруднення на гідробіонти різного систематичного рангу, які пов'язані трофічними зв'язками. На підставі регресійного та кореляційного

аналізу одержаних результатів досліджень створено комп'ютерну автоматизовану базу даних для прогнозування наслідків забруднення малих річок нафтопродуктами

## ЛІТЕРАТУРА

1. Адаменко О. Я. Оцінка впливів освоєння нафтоконденсатних родовищ на навколишнє середовище / О. Я. Адаменко, Т. В. Кундельська, М. М. Николяк // Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. – 2005. – № 3 (16). – С. 53 – 58.
2. Биологические процессы в загрязненных модельных водоемов / [под ред. Филенко О.Ф.]. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 193 с
3. Черкашин С.А. Отдельные аспекты влияния углеводородов нефти на рыб и ракообразных / С.А. Черкашин // Вестник ДВО РАН. – 2005. – № 3. – С. 83 – 91.

**Н. С. Андрусяк**

### **ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОСМНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАРУШЕНИЙ ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ РЕК ЗАПАДНОГО РЕГИОНА УКРАИНЫ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ**

Разработан и апробирован метод конструирования лабораторных микроэкосистем аквариумного и блокового типов для определения нарушений трофической структуры малых рек Западного региона Украины. Предложен ряд чувствительных тест-показателей, которые целесообразно использовать при биотестировании нефтяного загрязнения в микрокосмных моделях. Проведен корреляционный анализ зависимости морфофункционального состояния гидробионтов от содержания нефтепродуктов в воде и разработана компьютерная автоматизированная база данных для прогнозирования последствий загрязнения малых рек Западного региона Украины нефтепродуктами.

**N.S. Andrusyak**

### **APPLICATION MICROCOSM MODELS TO DETERMINE VIOLATIONS OF THE TROPHIC STRUCTURE OF THE RIVERS OF THE WESTERN REGION OF UKRAINE**

The methods of constructing laboratory microecosystem aquarium and block types to determine violations of the trophic structure of the small rivers of the Western region of Ukraine. A number of test-sensitive indicators that should be used for bio-testing of oil pollution in microcosm models. Correlational analysis conducted according to the morphofunctional state of the oil content of aquatic organisms in the water and developed a computer automated data to predict the effects of pollution of the small rivers of the Western region of Ukraine petroleum.

Надійшла 15.10.2012 р.