
БІОІНДИКАЦІЯ

УДК 582.536.21.044

С. С. Костишин, Н. С. Хорбут

МОРФОФІЗІОЛОГІЧНІ ЗМІНИ *LEMNA MINOR* ТА *ELODEA CANADENSIS* В УМОВАХ НАФТОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Чернівецький національний університет

Проведено біотестування якості води р. Тисмениця з використанням макрофітів. Рекомендовано використовувати морфофізіологічні зміни ряски малої та елодеї канадської як тест-показники на забруднення водою нафтопродуктами.

Ключові слова: біотестування, нафтове забруднення, морфофізіологічні зміни.

S. S. Kostushun, N. S. Khorbut

Chernivtsy national university

MORPHOPHYSIOLOGICAL CHANGES OF THE *LEMNA MINOR* AND *ELODEA CANADENSIS* IN CASE OF THE OIL POLLUTION

Biotesting of water quality of Tismenitsya river is conducted with the use of macrophytes. Morphophysiological changes of *Lemna minor* L. and *Elodea canadensis* Michx as test-features on oil pollution is recommended to use.

Keywords: biotesting, oil contamination, morphophysiological changes.

У процесі пошуків, розвідки, дослідно-промислової експлуатації, транспортування, зберігання та переробки нафти і газу виникає цілий ряд екологічних проблем, зумовлених шкідливим впливом об'єктів нафтогазової галузі на навколишнє середовище (Пендеревський, 2004).

Особливо небезпечним є забруднення нафтою та нафтопродуктами малих річок, поблизу яких розташовані нафтовидобувні свердловини. Потрапляючи в ріку, нафта розтікається по поверхні, частина якої випаровується, решта осідає на дно. Полярні нафтові вуглеводні розчиняються у водній фазі та токсично впливають на гідробіонти. У зв'язку з цим виникає потреба проводити систематичну оцінку стану водою біля об'єктів нафтопромислового комплексу.

Відомо, що рівень токсичності поліутантів у водній сфері не завжди вдається визначити хімічними методами. Натомість використання рослинних об'єктів як індикаторів на присутність у середовищі чужорідних речовин у концентраціях, які перевищують їх природний уміст, є більш доступним і надійнішим (Мусяненко, 1995, Лукина, 1988).

Наша робота присвячена дослідженню екологічного стану р. Тисмениці методом біотестування за допомогою елодеї канадської та ряски малої.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження була права притока р. Дністер – р. Тисмениця, що протікає через м. Борислав Львівської області, неподалік Бориславського нафтогазового родовища, яке знаходиться в межах охоронної зони м. Борислава, створюючи відповідне техногенне навантаження, і в межах ландшафтного заказника «Бориславський».

© Костишин С. С., Хорбут Н. С., 2007

Аналіз якості води р. Тисмениця проводився до і після її протікання біля нафтової свердловини. Остання розглядалась як потенційне джерело забруднення ріки нафтою та нафтопродуктами.

Для проведення досліджень визначено наступні місця відбору проб з урахуванням їх віддаленості від нафтової свердловини: контроль (на відстані 500 м до нафтової свердловини); біля нафтової свердловини; на відстані 500 та 1000 м після нафтової свердловини за течією річки.

Концентрацію нафтопродуктів у воді визначали за зміною оптичної густини нафти та нафтопродуктів у гексані в ультрафіолетовій області спектра (довжина хвилі 315 нм), при використанні фотоелектроколориметра (Алекин, 1940).

Матеріалом для біотестування були вищі водні рослини – елодея канадська (*Elodea canadensis* Michx) та ряска мала (*Lemna minor* L.).

Вплив нафтового забруднення на морфометричні та фізіологічні показники макрофітів оцінювали за їх зміною в ході хронічного біотестування протягом 12 діб. Тест-показниками елодеї канадської були обрані: середня довжина стебла, довжина й кількість бічних пагонів, довжина та кількість корінців, біомаса, уміст хлорофілів *a* і *b*, каротиноїдів, інтенсивність фотосинтезу та дихання.

Чутливість ряски малої до нафтопродуктів оцінювали за зміною середньої площі і кількості лопатей, довжини та кількості корінців, біомаси, кількості хлорофілів *a*, *b* та каротиноїдів.

Культури макрофітів вирощували в скляних акваріумах на чистій відстояній воді. Їх поміщали в створені з поліетиленових пляшок резервуари об'ємом 1 л, заповнені пробами досліджуваної води. У лабораторії підтримували постійний світловий та температурний режим: $t 20 \pm 2$ °С, освітлення протягом 16 годин, що відповідає світловому режиму липня в помірних широтах.

Вимірювання тест-показників проводили на початку дослідження та після 12-денного культивування в пробах досліджуваної води р. Тисмениця. Визначення вмісту пігментів фотосинтетичного апарату рослин проводили в ацетоновому екстракті спектрофотометрично. Інтенсивність фотосинтезу та дихання рослин визначали йодометричним методом Вінклера (Гродзинский, 1964).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Установлено достовірне підвищення концентрації нафтопродуктів у всіх пробах досліджуваної води з р. Тисмениця відносно контролю (табл. 1).

Найвища концентрація нафтопродуктів зафіксована в пробах води безпосередньо біля нафтової свердловини – 9,7 мг/л, що в 32,3 рази перевищує ГДК (!). Відповідно вниз за течією річки після нафтової свердловини концентрація нафтопродуктів зменшується і становить 8,5 мг/дм³ – на відстані 500 м та 1,3 мг/дм³ – на відстані 1000 м, що перевищує ГДК у 28,3 та 4,3 рази відповідно.

Таблиця 1

Уміст нафтопродуктів у воді р. Тисмениця

Створ відбору проб води	Нафтопродукт, мг/дм ³
Контроль (500 м до нафтової свердловини)	0 ± 0
Біля нафтової свердловини	9,7 ± 0,44*
500 м після нафтової свердловини	8,5 ± 0,32*
1000 м після нафтової свердловини	1,3 ± 0,08*

Примітка. * – достовірна відмінність від контролю ($p < 0,05$).

Відомо, що токсичність виникає вже при концентрації нафти у водному середовищі більше 0,05 мг/л, а якщо концентрація постійно перевищує 1 мг/л, то це призводить до виникнення значних порушень біологічної рівноваги водоймищ, що впливає на умови існування організмів у межах гідроекосистеми (Білявський, 2004).

Установлено також, що нафта акумулюється донними відкладами водних об'єктів і розклад адсорбованих вуглеводнів значно уповільнюється. Донні осади можуть слугувати вторинним джерелом забруднення води. Наслідком підвищеного вмісту у воді нафти та нафтопродуктів стає загибель водних організмів або міграція водної фауни, погіршується придатність води для господарського та рекреаційного використання.

Ураховуючи те, що вищі водні рослини відіграють домінуючу (енергетичну) роль у функціонуванні гідроекосистем і обумовлюють структуру біотичного угруповання водойми за зміною їх морфологічних реакцій у токсичному середовищі, можна оцінити екологічний стан водних об'єктів.

Однією з основних тест-реакцій елодеї канадської була зміна середньої довжини стебла. У всіх досліджуваних пробах води відмічено достовірне скорочення довжини стебла елодеї в порівнянні з контрольним значенням (табл. 2).

Таблиця 2

Зміна тест-показників *Elodea canadensis* L. у пробах води з різною концентрацією нафтопродуктів

Створ відбору проб води	Довжина стебла, см	Довжина бічних пагонів, см	Кількість бічних пагонів, см	Кількість корінців	Довжина корінця, см	Біомаса, г
Контроль (500 м до нафтової свердловини)	10,4 ± 0,72	–	–	–	–	1,30 ± 0,05
Біля нафтової свердловини	5,4 ± 0,29*	–	–	–	–	0,44 ± 0,02*
500 м після нафтової свердловини	6,1 ± 0,30*	–	–	–	–	0,66 ± 0,03*
1000 м після нафтової свердловини	9,8 ± 0,58	5,2 ± 0,28*	1,4 ± 0,28*	1,4 ± 0,27*	9,0 ± 0,50*	1,16 ± 0,06

Примітка. * – достовірна відмінність від контролю ($p < 0,05$).

Найменший приріст довжини стебла тест-рослин зафіксовано в пробах води біля нафтової свердловини, де концентрація нафтопродуктів складала 9,7 мг/дм³. У даному створі довжина головного пагона становила 5,4 см, а в контролі 10,4 см. У пробі води, відібраній на відстані 500 м після нафтової свердловини вниз за течією річки, довжина стебла елодеї також достовірно знижувалась на 4,3 см у порівнянні з контрольним значенням. Навіть при зменшенні вмісту нафтопродуктів довжина стебла рослин стебла зменшувалась на 0,6 см у пробах води на відстані 1000 м після нафтової свердловини. Висока концентрація нафтопродуктів у досліджуваній воді призводить до гальмування росту головного пагона елодеї канадської.

За сприятливих умов середовища головний пагін елодеї канадської утворює численні розгалуження. Нами відмічено порушення розвитку пагоноутворення рослин за дії різних концентрацій нафтопродуктів. Відсутність бічних пагонів спостерігається навіть у контрольному варіанті.

Дана тенденція продовжується і в пробах води, відібраних біля нафтової свердловини та на відстані 500 м після неї за течією річки. Початок розвитку пагоноутворення тест-рослин відбувся на 11-ту добу експерименту і тільки у воді, відібраній на відстані 1000 м після нафтової свердловини, де вміст нафтопродуктів становив 1,3 мг/дм³. Такий уміст органічної речовини у воді сприяв розвитку додаткових пагонів у дослідних рослин, на відміну від контрольного варіанта води, у якому не містилось нафтопродуктів.

Аналогічна ситуація відмічена при аналізі кількості та довжини коренів у рослин елодеї. Утворення коренів рослинами спостерігається тільки у воді, відібраній на

відстані 1000 м після нафтової свердловини. Тут середня довжина коренів становить 9,0 см, а їх кількість 1,4. У даному варіанті концентрація нафтопродуктів 1,3 мг/дм³ не тільки не гальмує, а й сприяє коренеутворенню у рослин елодеї, що може бути реакцією збільшення поверхні поглинання для компенсації нестачі поживних речовин.

У воді біля нафтової свердловини та на відстані 500 м від неї за течією річки наявності коренів у тест-рослин не відмічено. Таким чином, вважаємо, що наявна концентрація нафтопродуктів у даних створах гальмує ріст корінців елодеї, що унеможливає утримання її в субстраті.

Варто зазначити, що на фоні зменшення приросту довжини стебла, гальмування пагоно- та коренеутворення, при візуальному огляді рослин, відмічено наявність некротизованих частин у всіх пробах досліджуваної води.

Біомаса рослин елодеї канадської достовірно знижувалась по всій течії річки. Найістотніше зменшення біомаси рослин спостерігалось у воді біля нафтової свердловини, де за період експерименту маса знизилась на 0,86 г. На відстані 500 м та 1000 м після нафтової свердловини за течією річки показник біомаси рослин зменшився на 0,64 г та 0,14 г відповідно. Кількість рослин елодеї не змінилась у ході експерименту.

Наступним тест-об'єктом, який ми використали для проведення біотестування якості води, забрудненої нафтопродуктами, була напівзанурена водна рослина – ряска мала (*Lemna minor* L.).

Одними із морфометричних показників ряски малої, які були обрані нами в якості тест-ознак – середня площа лопатей та їх кількість. Зазначимо, що в ході експерименту названі показники достовірно зменшувалися у воді біля нафтової свердловини та збільшувалися на відстані 500 та 1000 м після неї у порівнянні з контрольним значенням. Так, площа лопатей ряски у воді біля нафтової свердловини становила 6,4 мм² (табл.3). Інша ситуація спостерігається у воді на відстані 500 та 1000 м після нафтової свердловини. Тут площа лопатей рослин збільшується в порівнянні з контролем. Це свідчить про інтенсифікацію росту листової пластинки рослин під впливом забруднення води нафтопродуктами. Така реакція рослин на високі концентрації токсиканту в досліджуваній воді може бути відповіддю на стресс-фактор, яким в нашому випадку виступають нафтопродукти.

Таблиця 3

Тест-показники *lemna minor* L. у пробах води з різною концентрацією нафтопродуктів

Створ відбору проб води	Площа лопатей, мм ²	Кількість лопатей	Довжина корінців, мм	Кількість корінців	Біомаса, г
Контроль (500 м до нафтової свердловини)	8,4 ± 0,57	1,9 ± 0,09	1,1 ± 0,06	0,6 ± 0,03	0,06 ± 0,003
Біля нафтової свердловини	6,3 ± 0,48*	1,1 ± 0,07*	0,6 ± 0,03*	0,4 ± 0,02*	0,04 ± 0,002*
500 м після нафтової свердловини	9,2 ± 0,68	2,3 ± 0,10*	2,4 ± 0,13*	0,8 ± 0,04*	0,05 ± 0,003*
1000 м після нафтової свердловини	10,4 ± 0,84	2,6 ± 0,11*	5,6 ± 0,24*	0,8 ± 0,04*	0,08 ± 0,004*

Примітка. * – достовірна відмінність від контролю (p < 0,05).

Подібна тенденція спостерігається при зміні кількості лопатей рослин ряски. Біля нафтової свердловини вода характеризується найвищою токсичністю за вмістом нафтопродуктів. Тут кількість лопатей ряски різко зменшується в порівнянні з контрольним значенням і становить 1,1, у той час як у контролі 1,9. Зниження концентрації токсиканту у воді стимулює ріст лопатей ряски малої. Уже на відстані 500 м від нафтової свердловини приріст кількості лопатей становить 2,3, а вниз за течією річки на відстані 1000 м – 2,6.

Аналогічно до реакції площі та кількості лопатей ряски у відповідь на дію нафтопродуктів змінюються і такі тест-показники, як довжина та кількість корінців. Пригнічення приросту коренів рослин відбувається за дії високої концентрації нафтопродуктів у воді біля нафтової свердловини. Тут істотно гальмується приріст корінців і становить 0,6 мм, у той час як у контролі 1,1 мм.

Посилене коренеутворення відмічено у воді на відстані 500 м та 1000 м після нафтової свердловини вниз за течією річки. Тут приріст коренів ряски становить 2,4 мм та 5,6 мм, що у 2,18 і 5,0 рази перевищує контрольне значення (1,1 мм).

Приріст кількості коренів рослин ряски малої зменшувався у воді біля нафтової свердловини та інтенсифікувався на відстані 500 і 1000 м після неї. У даному випадку приріст коренів становив 0,8 мм, що перевищувало контрольне значення в 1,3 рази.

Біомаса ряски малої змінювалась відповідно до приросту інших тест-показників. Так, у воді біля нафтової свердловини біомаса становила 0,04 г, що у 1,5 рази менше за контрольне значення, а на відстані 1000 м після нафтової свердловини збільшувалася в 1,3 рази.

У процесі досліджень М. М. Мусієнко та ін. (1995) встановлено, що фотосинтез, а відповідно вміст фотосинтетичних пігментів, а також дихання є показниками, які швидко реагують на присутність токсичних домішок у розчинах модельних токсикантів. Саме тому наступним етапом наших досліджень було визначення зміни фізіологічних показників макрофітів під впливом забруднення води р. Тисмениця нафтопродуктами.

Дослідження нами пігментної системи вищих водних рослин ґрунтувалося на тому, що хлорофіли та каротиноїди є головними фоторецепторами рослинних клітин і мають важливе значення для аналізу взаємодії рослин з умовами середовища (Маргітай, 2006)

За дії різних концентрацій нафтопродуктів у воді на фотосинтетичну систему елодеї канадської визначено достовірне зниження кількості хлорофілів *a* і *b*, їх співвідношення та вмісту каротиноїдів. Так, достовірне зменшення зазначених пігментів спостерігалось по всій течії річки (табл. 4).

Таблиця 4

Кількість фотосинтезуючих пігментів у рослин *Elodea canadensis* Michx, культивованих у воді з різним рівнем нафтового забруднення

Створ відбору проб води	Хлорофіл, мг/г		a : b	Каротиноїди, мг/г
	a	b		
Контроль (500 м до нафтової свердловини)	1,84 ± 0,106	0,91 ± 0,052	2,01 ± 0,133	0,58 ± 0,024
Біля нафтової свердловини	0,29 ± 0,023*	0,28 ± 0,023*	1,02 ± 0,068*	0,16 ± 0,010*
500 м після нафтової свердловини	0,85 ± 0,058*	0,69 ± 0,026*	1,23 ± 0,072*	0,18 ± 0,011*
1000 м після нафтової свердловини	1,26 ± 0,091*	0,85 ± 0,062	1,48 ± 0,091*	0,36 ± 0,021*

Примітка. * – достовірна відмінність від контролю (p < 0,05).

Найбільший вплив на вміст пігментів здійснює концентрація нафтопродуктів 9,7 мг/дм³, яка відмічена у воді біля нафтової свердловини. Тут кількість хлорофілу *a* становить 0,49 мг/г сирової рослинної маси, хлорофілу *b* – 0,21, каротиноїдів – 0,12, що значно менше в порівнянні з контрольним значенням.

Варто зазначити, що концентрація пігментів у рослин елодеї збільшувалась із зниженням вмісту нафтопродуктів у воді. Вниз за течією річки на відстані 500 та 1000 м після нафтової свердловини вміст хлорофілів та каротиноїдів збільшувався, але залишався достовірно нижчим у порівнянні з контрольним значенням.

Пігментна система ряски малої також достовірно реагує на зміну концентрацій нафтопродуктів у досліджуваній воді. Тенденція до зниження хлорофілів та кароти-

ноїдів відмічена у воді біля нафтової свердловини та на відстані 500 м після неї за течією річки. Так, уміст хлорофілу *a* біля нафтової свердловини зменшується на 0,16 мг/г, хлорофілу *b* – на 0,13 мг/г, каротиноїдів – на 0,07 мг/г у порівнянні з контрольним значенням (табл. 5).

Таблиця 5

Кількість фотосинтезуючих пігментів у рослин *Lemna minor* L., культивованих у воді з різним рівнем нафтового забруднення

Створ відбору проб води	Хлорофіл, мг/г		a : b	Каротиноїди, мг/г
	a	b		
Контроль (500 м до нафтової свердловини)	0,65 ± 0,052	0,34 ± 0,028	1,91 ± 0,127	0,19 ± 0,012
Біля нафтової свердловини	0,49 ± 0,028*	0,21 ± 0,010*	1,44 ± 0,097*	0,12 ± 0,009*
500 м після нафтової свердловини	0,54 ± 0,034*	0,21 ± 0,012*	2,25 ± 0,137*	0,13 ± 0,007*
1000 м після нафтової свердловини	0,72 ± 0,051*	0,24 ± 0,013*	3,42 ± 0,215*	0,22 ± 0,016*

Примітка. * – достовірна відмінність від контролю ($p < 0,05$).

Інша ситуація спостерігається у воді, відібраній на відстані 1000 м після нафтової свердловини за течією річки. У даному варіанті концентрація нафтопродуктів 1,3 мг/дм³ стимулювала процес утворення хлорофілу *a* та каротиноїдів у рослин ряски малої. Тут їх уміст перевищував контрольне значення на 0,07 та 0,03 мг/г відповідно.

Зауважимо, що зниження основних форм хлорофілу (*a* та *b*) під впливом забруднення води р. Тисмениця нафтопродуктами, імовірно, свідчить про зсування рівноваги у фотосинтетичній системі та виникнення серйозних порушень фізіологічного стану тест-рослин. Разом із зменшенням умісту хлорофілу відбувається зниження кількості каротиноїдів, яке може бути однією із причин деструкції хлорофілу.

Інтенсивність фотосинтезу рослин елодеї знижується під впливом високої концентрації нафтопродуктів у всіх пробах води у порівнянні з контрольним значенням (табл. 6).

Таблиця 6

Інтенсивність фотосинтезу та дихання у рослин *Elodea canadensis* Michx., культивованих у воді з різним рівнем нафтового забруднення

Створ відбору проб води	Інтенсивність фотосинтезу, мг O ₂ /л*г*добу	Інтенсивність дихання, мг O ₂ /л*г*добу
Контроль (500 м до нафтової свердловини)	0,20 ± 0,01	0,04 ± 0,002
Біля нафтової свердловини	0,04 ± 0,002*	0,16 ± 0,010*
500 м після нафтової свердловини	0,04 ± 0,002*	0,12 ± 0,006*
1000 м після нафтової свердловини	0,12 ± 0,007*	0,12 ± 0,008*

Примітка. * – достовірна відмінність від контролю ($p < 0,05$).

Припустимо, що висока концентрація нафтопродуктів зменшує прозорість води, через що хвилі синьо-фіолетового спектру заломлюються, не проходячи на достатню глибину, що, у свою чергу, знижує інтенсивність фотосинтезу. Також нафтопродукти, імовірно, зменшують активність ферментів, які виконують одну з найголовніших функцій у проходженні процесу фотосинтезу та дихання. Наявність некротизованих частин елодеї зменшує кількість пігменту хлорофілу, що, у свою чергу, знижує інтенсивність фотосинтезу. Можливо, уміст вуглекислого газу у воді підвищується і призводить до інгібування

процесу фотосинтезу, що підвищує інтенсивність дихання. Однак інтенсивність дихання перевищує контрольне значення. Дана інтенсифікація пов'язана із зростанням ролі цього процесу як постачальника енергії необхідної для репарації пошкоджень, при пригніченні фотосинтезу. У воді біля нафтової свердловини та на відстані 500 м від неї вниз за течією річки відбувається стимуляція дихання в 4 рази, а на відстані 1000 м після свердловини – у 3 рази. Така стимуляція виникає як елемент відомої фазності дії токсичних агентів і може слугувати сигналом підвищення забруднення водного середовища: по-перше, тому, що вона може змінитися в подальшому пригніченням тієї ж функції; а по-друге, тому, що вона може мати шкідливий ефект для біоугруповання в цілому, тим самим сприяє розмноженню одних видів зі шкодою для інших (Мусиенко, 1995).

В результаті проведення біотестування якості води р. Тисмениця визначено, що ряска мала та елодея канадська чутливо реагують на наявність у воді нафтопродуктів. Зміни морфометричних та фізіологічних показників макрофітів, виражені у відсотках від контрольного значення, були зведені у таблиці чутливості тест-ознак до нафтового забруднення (табл. 7, 8).

Під впливом нафтового забруднення всі тест-показники ряски малої зазнавали змін (табл. 7). Морфометричні показники ряски за чутливістю до нафтопродуктів можна розмістити в такому порядку: довжина корінців > біомаса > кількість корінців > площа лопатей > кількість лопатей.

Фізіологічні тест-показники ряски за чутливістю до нафтопродуктів розміщуються в такому порядку: хлорофіл *b* > каротиноїди > хлорофіл *a*.

Елодея канадська також чутливо реагувала на забруднення нафтопродуктами води р. Тисмениця зміною всіх досліджуваних тест-показників (табл. 8). Серед численних морфометричних показників елодеї найчутливіше на присутність у воді нафтопродуктів рослини реагують зміною довжини стебла та біомаси.

За чутливістю до нафтопродуктів фізіологічні показники елодеї канадської можна розмістити в такому порядку: інтенсивність дихання > хлорофіл *a* > інтенсивність фотосинтезу > каротиноїди > хлорофіл *b*.

Ряска мала – більш інформативний об'єкт для біотестування якості води, забрудненої нафтопродуктами, завдяки широкому спектру морфометричних характеристик, які відображають її ростові процеси. За систематичним положенням вона належить до плейстофітів – напівзанурених рослин, які контактують з водним середовищем лише нижньою частиною лопаті та коренями. Саме тому за результатами наших досліджень для оцінки забруднення води нафтопродуктами доцільніше використовувати зміну морфометричних показників ряски малої.

Елодея канадська чутливіше реагує на присутність у воді нафтопродуктів зміною фізіологічних показників, які реагують на токсикант уже тоді, коли візуальні зміни ростових параметрів ще неможливо зафіксувати. Зміни фізіологічних параметрів елодеї пов'язані з її систематичною приналежністю до занурених рослин, у яких слабо розвинуті покривні тканини та набагато більша у порівнянні із ряскою поверхня контакту рослини з водним середовищем

ВИСНОВКИ

1. Установлено перевищення ГДК нафтопродуктів у воді р. Тисмениця біля нафтової свердловини в 32,3 рази, на відстані 500 м від свердловини за течією річки в 28,3 рази, а на відстані 1000 м від свердловини за течією річки в 4,3 рази.

2. Для біотестування забруднення річок нафтопродуктами доцільніше використовувати зміну морфометричних показників ряски малої та фізіологічних тест-ознак елодеї канадської.

3. Елодея канадська та ряска мала, завдяки доступності культивування у лабораторних умовах і достатньо чутливій зміні морфометричних та фізіологічних показників, можуть слугувати надійним індикатором для оцінки ступеня забруднення поверхневих вод нафтопродуктами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Алекин О. А. Руководство по химическому анализу вод суши / О. А. Алекин, А. Д. Семенов, Б. А. Скопинцев. – Л.: Гидрометеиздат, 1940. – 267 с.

- Білявський Г. О.** Основи екології: теорія та практикум / Г. О. Білявський, Л. І. Бутченко. – К.: Лібра, 2004. – 366 с.
- Гродзинский А. М.** Краткий справочник по физиологии растений / А. М. Гродзинский, Д. М. Гродзинский. – К.: Наук. думка, 1964. – 368 с.
- Лукина Л. Ф.** Физиология высших водных растений / Л. Ф. Лукина, Н. Н. Смирнова. – К.: Наук. думка, 1988. – 186 с.
- Маргітай Л.** Аналіз результатів спектрофотометричного дослідження вмісту фотосинтезувальних пігментів у листках рослин із застосуванням комп'ютерних програм / Л. Маргітай, Б. Паляниця, О. Терек // Вісник Львів.ун-ту. Сер. біологічна. – 2006. – Вип. 41. – С. 123-131.
- Мусяненко Н. Н.** Биотестирование природных вод с использованием высших водных растений / Н. Н. Мусяненко, Н. Н. Смирнова, О. П. Ольхович // Доповіді Національної академії наук України. – 1995. – № 9. – С.113-117.
- Пендерещкий О. В.** Вплив нафтогазодобування на деградацію земель на Прикарпатті та в Україні // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2004. – № 5. – С. 36-40.

Надійшла до редколегії 30.05.07