

ДІАГНОСТИКА Й ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ НАФТОЗАБРУДНЕНИХ ПРИРОДНИХ І ШТУЧНИХ НАЗЕМНИХ ЕКОСИСТЕМ СТАРОСАМБІРСЬКОГО НАФТОВОГО РОДОВИЩА

Подан І. І., Джура Н. М.

ВСТУП

Нафтовидобувна і нафтопереробна галузі промисловості за наслідками впливу на природне середовище посідають одне з найвагоміших місць. Транспортні аварії у Світовому океані, аварії на міжнародних автомагістралях, викиди відходів перероблення нафти в атмосферу та ґрунт призводять до забруднення довкілля.

В Україні щільна мережа об'єктів нафтопродуктозабезпечення. Практично вся територія країни перебуває під потенційною загрозою нафтового забруднення. Старосамбірське нафтове родовище (далі – СНР) розташоване на території Старосамбірського району Львівської області. Видобуток нафти на території родовища було розпочато в грудні 1969 р. Внаслідок інтенсивного і довготривалого нафтовидобутку й різних видів будівництва природний рельєф родовища зазнав сильної антропогенної трансформації, виникли екологічні проблеми в екосистемах, зокрема в їхніх найважливіших компонентах – ґрунтах і рослинному покриві¹.

На забруднених нафтою територіях формується специфічний мікроклімат, зумовлений мікрорельєфом, складом субстрату, порушенням водним і зміненим температурним режимами. Чорне забарвлення нафтозабруднених ґрунтів призводить до надмірного поглинання сонячної радіації. Нафтові виливи утворюють на поверхні ґрунту щільну, в'язку бітумінозну кірку. Забруднення ґрунтів нафтою зумовлює зміни їхніх фізико-хімічних властивостей.

Склеювання структурних частин ґрунту нафтою призводить до значного зростання в'язкості й щільності ґрунтової маси, що погіршує його повітряно-водний режим. Ґрунти, просочені нафтопродуктами, втрачають здатність вбирати й затримувати вологу. У таких ґрунтах створюються анаеробні умови, змінюється окисно-відновний потенціал, вуглецево-азотний баланс ґрунту й порушується кореневе живлення рослин^{2, 3}.

¹ Джура Н. М., Подан І. І. Екологічні наслідки довготривалого нафтовидобутку на Старосамбірському родовищі. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2017. Вип. 76. С. 120–127. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/vlubs.2017.76.15>.

² Джура Н. М., Подан І. І. Екологічна безпека територій Старосамбірського нафтового родовища. *Екологічна безпека держави* : збірка тез XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, 23 квітня 2020 р. Київ, 2020. С. 68.

Забруднення ґрунтів нафтою спричинює деградацію земель, а також створює небезпеку проникнення поллютантів у живильні ланцюги, однією з ланок яких є людина. Це зумовлює гостру необхідність пошуку ефективних і екологічно безпечних методів очищення довкілля від забруднень нафтою. Все вищезгадане свідчить про актуальність дослідження й вивчення оптимальних умов для фіторе mediaції нафтозабруднених територій.

1. Екологічна оцінка нафтозабруднених екосистем в умовах Старосамбірського нафтового родовища

Ми провели тривалий моніторинг природних екосистем Старосамбірського нафтового родовища зі зруйнованим біогеоценотичним покривом. Унаслідок розроблення нафтового родовища рослинність цього регіону зазнала значних антропогенних змін. Вивчали рослинність й аналізували ґрунти ділянок нафтових свердловин № 60, 65, 76 СНР (рис. 1).



Рис. 1. Старосамбірське нафтове родовище

³ Клімова Н. Деякі питання методики оцінки стану забруднення ґрунтів унаслідок нафтогазовидобутку. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2006. Вип. 33. С. 144–151.

Складено видовий перелік фітоценозів⁴ Старосамбірського родовища. На основі ідентифікації типових представників рослинного покриву встановлено тип фітоценозів цього регіону: флористично бідні рудеральні угруповання з домінуванням довгокореневищних трав-багаторічників (рис. 2).

Площинно домінують злаки, серед яких *Poa annua* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Setaria viridis* (L.) Beauv.; наявні представники родини Сурегасеае, зокрема *Carex hirta* L. Толерантні до нафтового забруднення види рослин можуть бути рекомендовані для фітореMediaційних технологій деградованих ґрунтів цього регіону⁵.



Рис. 2. Рослинний покрив Старосамбірського нафтового родовища

Тривалість вегетаційного періоду рослин, їхній видовий склад, продуктивність рослинного покриву залежать від температури ґрунту, адже її підвищення може негативно впливати на здатність кореневої системи засвоювати поживні речовини, на інтенсивність фотосинтезу, дихання, транспірацію та інші фізіологічні процеси в рослинах.

⁴ Определитель высших растений Украины / под ред. Д.Н. Доброчаева, М.И. Котова и др. Киев : Наукова думка, 1987. 548 с.

⁵ Джура Н. М. Подан І. І. Екологічні наслідки довготривалого нафтовидобутку на Старосамбірському родовищі. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2017. Вип. 76. С. 120–127. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/vlubs.2017.76.15>.

Температура ґрунту залежить від температури повітря та від стану ґрунту. Головним джерелом тепла є сонячна енергія. Незначна кількість тепла надходить до ґрунту із глибинних шарів Землі, а також утворюється внаслідок розкладання органічних речовин (перегною, рослинних решток, побутових міських відходів). Теплопоглинальна здатність ґрунту характеризує його можливості поглинати і відбивати сонячну енергію. Цей показник називають *альbedo* (кількість короткохвильової сонячної радіації, відбитої поверхнею ґрунту, що виражається у відсотках загальної сонячної радіації, яка досягає поверхні Землі). Чим вище альbedo, тим більше ґрунт віддзеркалює енергії й тим менше нагрівається. Ця величина найістотніше залежить від забарвлення ґрунту⁶.

Отримані результати підтверджують те, що нафта, змінюючи забарвлення ґрунту на чорне, зменшує альbedo. Тому нафтозабруднені ґрунти СНР мали вищу температуру, як порівняти з контролем, і нижчу порівняно з тими, на яких були рослини (табл. 1). Рослинний покрив запобігає перегріванню деградованих нафтозабруднених ґрунтів. За участю рослин у всіх досліджуваних точках температура ґрунту була нижчою в середньому на 3–5 °С.

Таблиця 1

**Температура нафтозабруднених ґрунтів
Старосамбірського родовища (± 1,1 °С)**

Досліджувані точки		Червень, 2016 р. t° пов. 24,8 °С		Вересень, 2016 р. t° пов. 20,3 °С		Березень, 2017 р. t° пов. 5,3 °С	
		без рослин	з рослинами	без рослин	з рослинами	без рослин	з рослинами
Свердловина № 60	0	22,2	20,7	20,0	19,5	3,2	–
	1	26,2	22,1	24,2	20,0	6,6	–
	2	25,9	21,9	24,0	19,9	7,1	–
	3	26,8	22,5	23,9	20,0	7,4	–
Свердловина № 65	0	22,2	20,7	20,0	19,5	3,2	–
	1	28,1	23,0	25,2	21,1	7,1	–
	2	27,5	22,9	24,7	20,7	6,9	–
	3	27,8	23,4	24,8	20,5	7,1	–
Свердловина № 76	0	22,2	20,7	20,0	19,5	3,2	–
	1	27,3	24,1	24,6	21,2	6,0	–
	2	27,6	22,8	24,4	21,0	6,9	–
	3	25,3	21,9	24,5	22,1	6,8	–

Умовні позначення: 0 – контроль (ґрунт без нафти); 1– ґрунт біля свердловини; 2 – ґрунт за 10 м від свердловини; 3 – ґрунт за 20 м від свердловини.

⁶ Киреева Н. А., Мифтахова А. М., Кузяхметов Г. Г. Рост и развитие сорных растений в условиях техногенного загрязнения почвы. Вестник Башкирского университета. 2001. № 1. С. 32–34.

Тепловий і водний режими ґрунту визначають динаміку ґрунтотвірних процесів. Відомо, що вода має більшу теплоємність, ніж компоненти ґрунту, тож для підвищення температури вологого ґрунту потрібно більше сонячної енергії. Тому сухі піщані й супіщані ґрунти швидше нагріваються і швидше охолоджуються.

Ґрунти Старосамбірського родовища переважно глинисті, вирізняються більшою теплоємністю, у вологому стані навесні повільніше нагріваються, а восени довше тримають тепло.

Реакція ґрунтового розчину визначає умови життєдіяльності рослин і мікроорганізмів, які проживають у ґрунті, має значний вплив на біотичні й хімічні процеси, визначає характер вмісту поживних речовин для рослин, впливає на закріплення гумусу, рухливість колоїдних фракцій, мінеральних елементів. Крім того, величина рН є фактором, який характеризує силу миттєвої дії кислот або лугів на ґрунт і рослини. Від значення рН залежить надходження мінеральних речовин у рослини^{7, 8}. Ми досліджували реакцію ґрунтового розчину нафтозабруднених ґрунтів СНР (табл. 2).

Таблиця 2

Актуальна кислотність (рН Н₂О) нафтозабруднених ґрунтів (без рослинного покриття) Старосамбірського нафтового родовища

Варіанти*	Червень, 2016 р.	Вересень, 2016 р.	Березень, 2017 р.
Свердловина № 76			
1	7,2	7,3	7,9
2	6,4	6,8	8,2
3	7,1	7,5	8,1
Свердловина № 60			
1	7,7	7,7	7,8
2	7,3	7,8	8,0
3	7,6	7,8	8,1
Свердловина № 65			
1	6,3	6,8	7,9
2	7,2	7,5	8,1
3	6,8	7,6	8,1

Умовні позначення: 1– ґрунт біля свердловини; 2 – ґрунт за 10 м від свердловини; 3 – ґрунт за 20 м від свердловини; *рН контрольного варіанту – 6,4.

⁷ Киреева Н. А., Мифтахова А. М., Кузяхметов Г. Г. Рост и развитие сорных растений в условиях техногенного загрязнения почвы. *Вестник Башкирского университета*. 2001. № 1. С. 32–34.

⁸ Концепція екологічного нормування допустимого антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив / за ред. С. А. Балюка, М. І. Ромащенко. Київ : Аграрна наука, 2004. 34 с.

З отриманих результатів видно, що нафта дещо підлужнює рН ґрунту порівняно з контролем (рН=6,4). Можливо, це відбувається внаслідок мікробіологічного розкладання бітумінозних речовин нафти завдяки розкладенню органічних залишків. У літературі є дані про те, що нафтозабруднені ґрунти містять високі концентрації солей натрію. Натрій, включаючись у ґрунтовий поглинальний комплекс, витісняє катіони, які визначають ґрунтову кислотність, викликаючи тим самим підлужнення ґрунтів (значення рН водної витяжки ґрунту може збільшуватися від 5,0 до 8,3)^{9, 10}.

Оперативну інформацію про фітотоксичність ґрунту можна отримати, використовуючи як тест-об'єкти насіння й проростки рослин. Тест-функції, що використовують у біотестуванні, досить різноманітні: динаміка проростання насіння, відсоток схожості, довжина головного й бічних коренів, висота пагона тощо. На основі цих параметрів визначають *фітотоксичний ефект ґрунту*^{11, 12}.

Під час визначення фітотоксичності відібраних проб ґрунту СНР ми аналізували відносну схожість насіння (далі – ВСН), відносну довжину кореня (далі – ВДК) і відносну висоту пагона (далі – ВВП) фітотесту *Linum usitatissimum* L. Встановлені залежності між початковими ростовими параметрами тест-культури *L. usitatissimum* і токсичністю нафтозабруднених ґрунтів СНР (рис. 3).

З отриманих результатів видно, що найтоксичнішими були проби ґрунту, відібрані на відстані 10 і 20 м від свердловин (варіант 2 і 3): ВСН і ВВП становили менше ніж 20% (свердловини № 60 і 65). Пагон *L. usitatissimum* проявив більш виражену реакцію на токсичність нафтозабруднених ґрунтів СНР, тоді як корінь – високу чутливість і в більшості варіантів не виростав. Зі збільшенням токсичності нафтозабруднених ґрунтів (на відстані 10 і 20 м від свердловин) ріст пагона поступово пригнічувався. Ця залежність має лінійний характер. Такий високий фітотоксичний ефект вказує на максимальний рівень токсичності досліджуваних проб ґрунту, що може бути обумовлено додатковим навантаженням. Оскільки транспортування нафти зі СНР проводиться автотранспортом, там постійно стаються розливи нафти під час наповнювання автоцистерн і витоптування ґрунту; як наслідок –

⁹ Клімова Н. Деякі питання методики оцінки стану забруднення ґрунтів унаслідок нафтогазовидобутку. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2006. Вип. 33. С. 144–151.

¹⁰ Pavlychenko A., Kovalenko A. The investigation of rock dumps influence to the levels of heavy metals contamination of soil. *Mining of Mineral Deposits*. Leiden, The Netherlands: CRC Press. Balkema, 2013. P. 237–238. DOI <https://doi.org/10.1201/b13157-7>.

¹¹ Горова А., Кулина С. Оцінка токсичності ґрунтів Червоноградського гірничопромислового району за допомогою ростового тесту. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2008. Вип. 48. С. 189–194.

¹² Губачов О. І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій. *Наук. вісн. КУЕІТУ. Нові технології*. 2010. № 3 (29). С. 164–171.

грунти ущільнюються, змінюється їхній гідрологічний режим, деградує рослинний покрив.

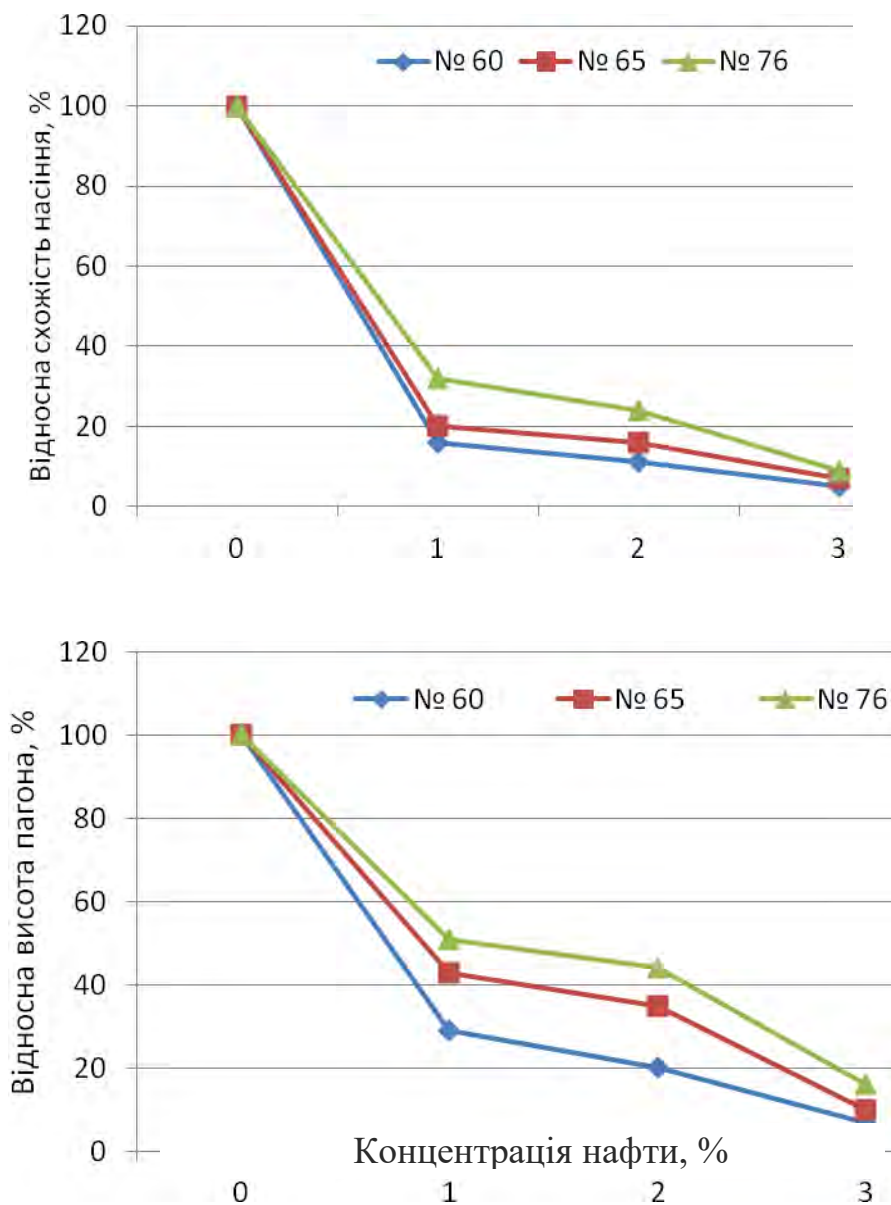


Рис. 3. Фітотоксичність нафтозабруднених ґрунтів Старосамбірського родовища свердловин № 60, 65, 76, виражена тест-показниками *L. usitatissimum*

(різниця між відповідними показниками достовірна при $p < 0,05$)

0 – контроль (ґрунт без нафти); 1– ґрунт біля свердловини; 2 – ґрунт за 10 м від свердловини; 3 – ґрунт за 20 м від свердловини

Для порівняння токсичності за ростовим фітотестом використовували шкалу рівнів токсичності ґрунтів (табл. 3)¹³.

Таблиця 3

Шкала рівнів токсичності ґрунтів¹⁴

Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %	Рівень токсичності
0–20	Відсутність або слабкий рівень токсичності
20,1–40	Середній рівень
40,1–60	Вище середнього рівня
60,1–80	Високий рівень
80,1–100	Максимальний рівень

У попередніх дослідженнях було виявлено універсальність і чутливість фітотестів *Linum usitatissimum* L. і *Helianthus annuus* L. для оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів¹⁵.

Практичне використання розробленого експрес-методу передбачало доцільність його застосування для фітооцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів, у цьому випадку – Старосамбірського нафтового родовища. На основі отриманих результатів (див. рис. 3) виведеної калібрувальної кривої³ та шкали рівнів токсичності ґрунтів (див. табл. 3) встановлено ступінь забруднення й приблизну концентрацію нафти в досліджуваних пробах ґрунту СНР:

– свердловина № 60 – максимальний рівень токсичності, дуже сильне забруднення (понад 10% нафти). Ця свердловина в експлуатації найдовше (з 1971 р.), розташована біля дороги, отримує ще додатковий вплив від автотранспорту, тому фітотоксичність ґрунтів максимальна.

– Свердловина № 65 – високий рівень токсичності, сильне забруднення (8–10% нафти).

– Свердловина № 76 – рівень токсичності вищий за середній, середнє забруднення (6–8% нафти).

Для достовірної кореляції між показниками фітотоксичності та кількісними характеристиками забруднювачів необхідно визначити

¹³ Горова А., Кулина С. Оцінка токсичності ґрунтів Червоноградського гірничопромислового району за допомогою ростового тесту. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна* 2008. Вип. 48. С. 189–194.

¹⁴ Горова А., Кулина С. Оцінка токсичності ґрунтів Червоноградського гірничопромислового району за допомогою ростового тесту. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2008. Вип. 48. С. 189–194.

¹⁵ Фітотестування як експрес-метод оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2012. Вип. 58. С. 185–192.

вміст нафтопродуктів у ґрунтах Старосамбірського родовища фізико-хімічними методами. Проведені дослідження дають змогу зробити висновок, що ґрунти в регіоні потребують детального дослідження та впровадження заходів, які забезпечили б поліпшення їхнього якісного стану. Зокрема, почати можна з визначення оптимальних умов для проведення фітореємедіації.

2. Методичні підходи до фітореємедіації нафтозабруднених ґрунтів в умовах штучних екосистем (модельно-польовий дослід)

Як згадувалося вище, потреба в реємедіації забруднених територій Старосамбірського нафтового родовища висуває актуальні завдання щодо розроблення методів і технологій фітореємедіації нафтозабруднених ґрунтів.

Відомо, що довгокореневищні види, зокрема *Carex hirta* L., відзначаються найбільшою стійкістю до несприятливих умов нафтозабруднених екотопів, що дає підстави рекомендувати їх для фітореємедіації нафтозабруднених територій. Досліджено участь *Faba bona* Medic. (*Vicia faba* L.) у відновленні нафтозабруднених ґрунтів. Показано, що рослини *V. faba* суттєво знижували фітотоксичність і вміст нафтопродуктів у забруднених ґрунтах^{16, 17, 18}.

Аналіз останніх літературних джерел підтвердив важливість фітотехнології з вирощуванням міскантусу гігантського для очищення й поліпшення якості ґрунтів, забруднених важкими металами внаслідок військової діяльності, та використання його біомаси для виробництва твердих видів біопалива (гранул або брикетів). Міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*) – багаторічна трав'яниста інтродукована енергетична рослина, що вирізняється високою врожайністю та здатністю рости на бідних на органічні речовини й забруднених ґрунтах¹⁹.

Міскантус розмножується вегетативно – ризомами (rhizome), частиною кореневища, яка містить бруньки. Міскантус рекомендують вирощувати на малопродуктивних ґрунтах, не придатних для вирощування інших сільськогосподарських культур²⁰.

¹⁶ Джура Н. М. Можливості використання рослинних тест-систем для біомоніторингу нафтозабруднених ґрунтів. *Біологічні Студії. Studia Biologica*. 2011. Т. 5. № 3. С. 183–196. DOI:https://doi.org/10.30970/sbi.0503.176.

¹⁷ Джура Н.М. Перспективи фітореємедіації нафтозабруднених ґрунтів рослинами *Faba bona* Medic. (*Vicia faba* L.). *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2011. Вип. 57. С. 117–124.

¹⁸ Спосіб фітоочищення нафтозабруднених ґрунтів : пат. 60481 Україна : МПК (2011.01) А01В 79/02 (2006.01) В09С 1/00 / Н. М. Джура, О. І. Романюк, О. М. Цвілинюк, О. І. Терек. № u2010 12943 ; заявл. 01.11.10 ; опубл. 25.06.011, Бюл. № 12. 9 с.

¹⁹ Агрономічні аспекти вирощування міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus*) як сировини для виробництва твердого біопалива на забруднених внаслідок військової діяльності ґрунтах / Т. Р. Стефановська та ін. *Біологічні студії*. 2017. Том. 11. № 3–4. С. 99–100.

²⁰ Медков А. та ін. Вплив регуляторів росту рослин на адаптивні властивості Міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus*) для виробництва біомаси на ґрунтах, забруднених важкими металами. *Біологічні студії*. 2017. Т. 11. № 3–4. С. 100–101.

Відомо, що гумінові препарати стимулюють ріст і розвиток рослин і покращують якість рослинної продукції. Гуміфілд і фульвітал є поліфункціональними препаратами з біозахисними властивостями, що забезпечують активний ріст і розвиток культури, формування високого та якісного врожаю, підвищують стресостійкість рослин до несприятливих умов довкілля. Гуміфілд форте (антистресант на основі гумату амонію) – найактивніша форма гумату: прискорює ріст кореневої системи, поліпшує якісні показники врожаю, підвищує стійкість до різних стресів²¹. Проте вплив цих препаратів на ефективність вирощування міскантусу на нафтозабруднених ґрунтах досі не вивчався.

Досліди закладали в польових умовах поблизу Старосамбірського родовища у Львівській області. Ділянки глинистого ґрунту розміром 1 м² забруднювали сировою нафтою в кількості 10 л/м². Контролем був глинистий ґрунт без нафти. Перед висаджуванням міскантусу ризоми замочували в розчинах препаратів гуміфілд форте і фульвітал плюс. У фазі вегетації двічі проводили обприскування надземної частини рослин цими препаратами. Варіанти дослідних ділянок представлено на рисунку 4.

Вміст хлорофілів у листках рослин є однією з найвиразніших характеристик адаптації фотосинтетичного апарату рослин до несприятливих умов довкілля. Результати попередніх досліджень показали, що в процесі вирощування міскантусу на нафтозабрудненому ґрунті й за впливу позакореневого обприскування гуміфілдом вміст фотосинтетичних пігментів у листках дослідних рослин залишався стабільним на всіх етапах досліджень.

Досліджували ростові показники міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus*) за впливу нафтового забруднення й гуматів (табл. 4).

Встановлено (див. табл. 4, рис. 5), що застосування фульвіталу поліпшувало ріст і розвиток міскантусу в умовах нафтового забруднення: середня висота пагонів становила $108,3 \pm 5,1$ см (варіант № 5), а це на 25% більше, ніж за впливу нафтового забруднення без гуматів (варіант № 2). Варто підкреслити, що саме за впливу нафтового забруднення і фульвіталу (варіант № 5) спостерігали розвиток потужної кореневої системи й активне нагромадження надземної біомаси, тоді як у контролі (варіант № 3) висота пагонів міскантусу була меншою майже на 30%.

Аналіз отриманих результатів вказує на стимулювальну дію одночасного впливу нафтового забруднення й фульвіталу на ростові показники міскантусу²². Причини такого ефекту потребують додаткового пояснення й вивчатимуться в подальших дослідженнях.

²¹ Гумати – антистресова терапія для рослин. Агротехносоюз. веб-сайт. URL: www.agrotechnosouz.com.ua.

²² Подан І. І., Джура Н. М. Вплив нафтового забруднення й гуматів на ріст рослин міскантусу. *Екологічні науки*. Київ : ДЕА, 2019. № 2 (25). С. 182–186. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-2-25-30>.

Варіант № 1



Варіант № 2



Варіант № 3



Варіант № 4



Варіант № 5

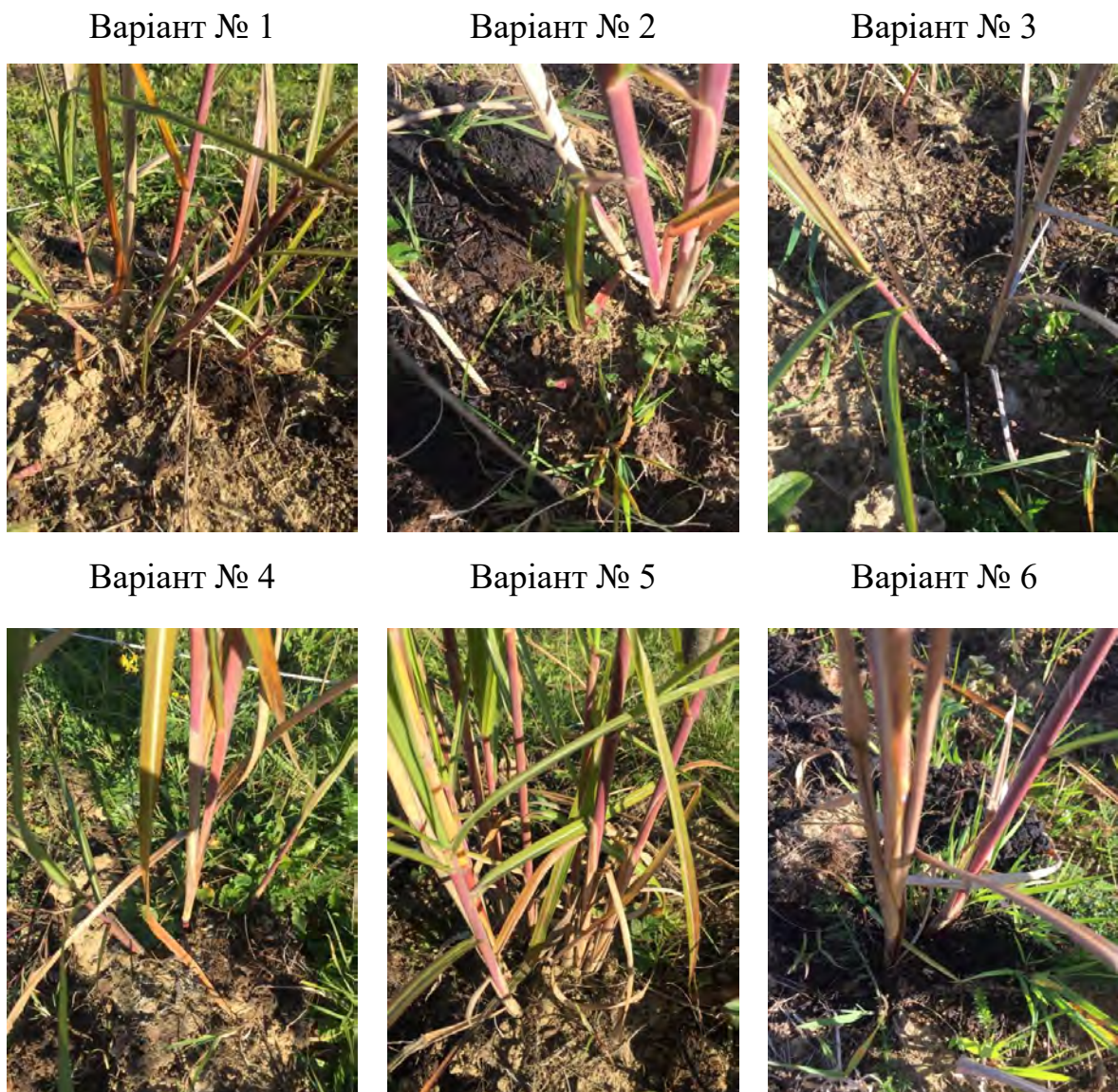


Варіант № 6



Рис. 4. Дослідна ділянка для вивчення впливу нафтового забруднення й гуматів на ріст рослин міскантусу (штучні екосистеми)

№ 1 – контроль (грунт без нафти, рослини без гуматів); № 2 – нафтове забруднення (10 л/м²), рослини без гуматів; № 3 – контроль + фульвітал (обприскування); № 4 – контроль + гуміфілд (обприскування); № 5 – нафтове забруднення+фульвітал (замочення й обприскування); № 6 – нафтове забруднення+гуміфілд (замочення та обприскування)



**Рис. 5. Рослини міскантусу за впливу
нафтового забруднення й гуматів**

№ 1 – контроль (грунт без нафти, рослини без гуматів); № 2 – нафтове забруднення (10 л/м²), рослини без гуматів; № 3 – контроль + фульвітал (обприскування); № 4 – контроль + гуміфілд (обприскування); № 5 – нафтове забруднення + фульвітал (замочування й обприскування); № 6 – нафтове забруднення + гуміфілд (замочування та обприскування)

Ростові показники *Miscanthus giganteus* за впливу нафтового забруднення й гуматів

Варіанти	Висота пагона, см	Ширина листків, см
№ 1 – контроль (грунт без нафти, рослини без гуматів)	86,5 ± 5	1,5 ± 0,1
№ 2 – нафтове забруднення (10 л/м ²), рослини без гуматів	84,0 ± 7	1,4 ± 0,1
№ 3 – контроль (грунт без нафти + фульвітал (обприскування))	75,0 ± 4	1,4 ± 0,1
№ 4 – контроль (грунт без нафти + гуміфілд (обприскування))	80,0 ± 5	1,5 ± 0,1
№ 5 – нафтове забруднення + фульвітал (замочення та обприскування)	108,3 ± 15	1,7 ± 0,2
№ 6 – нафтове забруднення + гуміфілд (замочування та обприскування)	82,5 ± 8	1,4 ± 0,1

Очевидно, що шкідливий вплив смолянисто-альфальтенових компонентів нафти на ґрунтові екосистеми змінює водно-повітряний режим і фізико-хімічні властивості ґрунту, а це призводить до порушення біодоступності елементів мінерального живлення для рослин і створює їх дефіцит. Тоді як фульвітал плюс – стимулятор росту й дефіцит-коректор елементів живлення рослин. Обприскування надземної частини фульвіталом забезпечувало позакореневе живлення міскантусу основними мінеральними елементами (S, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn) і солями фульвових кислот, що могло стимулювати швидке нагромадження вегетативної маси й посилювати природний імунітет рослин в умовах нафтового стресу.

ВИСНОВКИ

Внаслідок інтенсивного і довготривалого нафтовидобутку й різних видів будівництва природний рельєф Старосамбірського нафтового родовища зазнав сильної антропогенної трансформації, виникли екологічні проблеми в екосистемах, зокрема в їхніх найважливіших компонентах – ґрунтах і рослинному покриві. Крім нафтового забруднення, спричиненого видобуванням, транспортуванням, наповнюванням автоцистерн, розливами нафтопродуктів, ґрунти Старосамбірського родовища зазнають додаткового впливу, як-от: витоку та витоптування й

ущільнення автотранспортом, зміна гідрологічного режиму, деградація рослинних асоціацій. На основі отриманих результатів встановлено ступінь забруднення й приблизну концентрацію нафти в досліджуваних пробах ґрунту Старосамбірського нафтового родовища: свердловина № 60 – максимальний рівень токсичності, дуже сильне забруднення (понад 10 % нафти); свердловина № 65 – високий рівень токсичності, сильне забруднення (8–10 % нафти); свердловина № 76 – рівень токсичності вищий за середній, середнє забруднення (6–8 % нафти). Отже, ґрунти в регіоні потребують впровадження відповідних заходів і визначення оптимальних умов для проведення фіторе mediaції.

У модельно-польових умовах вивчено вплив нафтового забруднення й гуматів (гуміфілд форте і фульвітал плюс) на ріст рослин *Miscanthus giganteus*.

Доведено, що обприскування гуматами надземної частини в процесі вегетації поліпшувало загальну життєздатність міскантусу в умовах нафтового забруднення: рослини активно нагромаджували біомасу, розвивали потужну кореневу систему й надземну частину, у листках збільшувався вміст фотосинтетичних пігментів. Отримані результати дослідження можуть бути використані для підвищення стресостійкості й урожайності міскантусу в умовах нафтового забруднення та під час розроблення фіторе mediaційних технологій відновлення нафтозабруднених територій.

АНОТАЦІЯ

Проведено моніторинг нафтозабруднених природних і штучних наземних екосистем Старосамбірського нафтового родовища. Вивчено рослинність і проаналізовано ґрунти ділянок нафтових свердловин № 60, 65, 76. Встановлено ступінь забруднення ґрунтів і температурний режим, а також видовий склад рослин цих ділянок. Показано, що ґрунти, забруднені нафтою, мали вищу температуру порівняно з ґрунтом без нафти. Рослинний покрив запобігав перегріванню ґрунтів, температура на ділянках за участю рослин була нижчою в середньому на 3–5 °С. Ґрунти в регіоні потребують детального дослідження та впровадження заходів для забезпечення поліпшення їхнього якісного стану, зокрема визначення оптимальних умов для проведення фіторе mediaції (глава 1).

У штучних екосистемах (модельно-польовий дослід) вивчали методичні підходи до фіторе mediaції нафтозабруднених ґрунтів з використанням рослин *Miscanthus giganteus* і застосуванням гуматів (гуміфілд форте і фульвітал плюс). Показано, що нафтозабруднені ґрунти пригнічували ріст рослин міскантусу. Застосування гуматів – обприскування надземної частини в процесі вегетації – покращувало загальну життєздатність *Miscanthus giganteus* в умовах нафтового

забруднення: рослини активно нагромаджували біомасу, розвивали потужну кореневу систему і надземну частину, в листках збільшувався вміст фотосинтетичних пігментів (глава 2).

Проведені дослідження можуть бути використані для розроблення фіторе mediaційних технологій відновлення нафтозабруднених територій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Агрономічні аспекти вирощування міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus*) як сировини для виробництва твердого біопалива на забруднених внаслідок військової діяльності ґрунтах / Т. Р. Стефановська та ін. *Біологічні студії*. 2017. Т. 11. № 3–4. С. 99–100.

2. Горова А., Кулина С. Оцінка токсичності ґрунтів Червоноградського гірничопромислового району за допомогою ростового тесту. *Вісник Львівського університету. Серія «Біологія»* 2008. Вип. 48. С. 189–194.

3. Горон М. З., Джура Н. М., Романюк О. І. та ін. Фітотестування як експрес-метод оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів. *Вісник Львівського університету. Серія «Біологія»*. 2012. Вип. 58. С. 185–192.

4. Губачов О. І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій. *Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій та управління. Нові технології*. 2010. № 3 (29). С. 164–171.

5. Джура Н. М. Можливості використання рослинних тест-систем для біомоніторингу нафтозабруднених ґрунтів. *Біологічні Студії / Studia Biologica*. 2011. Т. 5. № 3. С. 183–196. DOI: <https://doi.org/10.30970/sbi.0503.176>.

6. Джура Н. М., Подан І. І. Екологічна безпека територій Старосамбірського нафтового родовища. Екологічна безпека держави : збірка тез XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, 23 квітня 2020 р. Київ, 2020. С. 68

7. Джура Н. М. Перспективи фіторе mediaції нафтозабруднених ґрунтів рослинами *Faba bona* Medic. (*Vicia faba* L.). *Вісник Львівського університету. Серія «Біологія»*. 2011. Вип. 57. С. 117–124.

8. Джура Н. М., Подан І. І. Екологічні наслідки довготривалого нафтовидобутку на Старосамбірському родовищі. *Вісник Львівського університету. Серія «Біологія»*. 2017. Вип. 76. С. 120–127. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/vlubs.2017.76.15>.

9. Киреева Н. А., Мифтахова А. М., Кузяхметов Г. Г. Рост и развитие сорных растений в условиях техногенного загрязнения почвы. *Вестник Башкирского университета*. 2001. № 1. С. 32–34.

10. Клімова Н. Деякі питання методики оцінки стану забруднення ґрунтів унаслідок нафтогазовидобутку. *Вісник Львівського університету. Серія «Географія»*. 2006. Вип. 33. С. 144–151.
11. Концепція екологічного нормування допустимого антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив / за ред. С. А. Балюка, М. І. Ромащенко. Київ : Аграрна наука, 2004. 34 с.
12. Вплив регуляторів росту рослин на адаптивні властивості Міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus*) для виробництва біомаси на ґрунтах, забруднених важкими металами / Медков А. та ін. *Біологічні студії*. 2017. Том. 11. № 3–4. С. 100–101.
13. Определитель высших растений Украины / под ред. Д. Н. Доброчаева и др. Киев: Наукова думка, 1987. 548 с.
14. Спосіб фітоочищення нафтозабруднених ґрунтів : пат. 60481 Україна : МПК (2011.01) А01В 79/02 (2006.01) В09С 1/00. / Н. М. Джура, О. І. Романюк, О. М. Цвілинюк, О. І. Терек ; заявл. 01.11. 10; опубл. 25.06.11, Бюл. № 12, 2011. 9 с.
15. Подан І. І., Джура Н. М. Вплив нафтового забруднення і гуматів на ріст рослин міскантусу. *Екологічні науки : науково-практичний журнал*. Київ : ДЕА, 2019. № 2 (25). С. 182–186. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-2-25-30>.
16. Gorova A., Pavlychenko A., Kulyna S. Ecological problems of post-industrial mining areas. Geomechanical processes during underground mining. Leiden, The Netherlands : CRC Press. Balkema, 2012. P. 35–40. DOI <https://doi.org/10.1201/b13157-7>.
17. Pavlychenko A., Kovalenko A. The investigation of rock dumps influence to the levels of heavy metals contamination of soil. Mining of Mineral Deposits. Leiden, The Netherlands : CRC Press. Balkema, 2013. P. 237–238. DOI <https://doi.org/10.1201/b13157-7>.
18. Гумати – антистрессова терапія для рослин. Агротехносоюз : веб-сайт. URL : www.agrotechnosouz.com.ua.

Information about authors:

Podan I. I.,

Postgraduate at the Department of Ecology
Ivan Franko National University of Lviv
1, Saksagansky str., Lviv, 79005, Ukraine

Dzhura N. M.,

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Ecology
Ivan Franko National University of Lviv
1, Saksagansky str., Lviv, 79005, Ukraine