

## ОБСТЕЖЕННЯ І МОНІТОРИНГ МЕЛІОРОВАНИХ І ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ

### SURVEY AND MONITORING OF RECLAIMED AND CONTAMINATED SOILS

УДК 631.427.22

#### Оцінка якості рекультивації ґрунтів у місцях розташування нафто- і газовидобувних свердловин за показниками стану мікробних угруповань

М.Ю. Журавель<sup>1</sup>, О.Є Найдьонова<sup>2\*</sup>, В.В. Яременко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ТОВ «ПСНЦ Інтелект-сервіс ЛТД», Харків, Україна

<sup>2</sup>ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна

<sup>3</sup>Спільне підприємство «Полтавська газонафтова компанія», Полтава, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
<p>Отримано 11.04.2017 Отримано після доопрацювання 12.07.2017 Затверджено до друку 15.11.2017 Доступно онлайн 05.12.2017</p> <hr/> <p><i>Ключові слова:</i></p> <p><i>Біологічні показники; Мікробний ценоз ґрунту; Рекультивовані ґрунти; Ферментативна активність ґрунту; Фітотоксична активність ґрунту</i></p>	<p>Проведено визначення параметрів мікробіологічних показників ґрунтів територій нафто- і газовидобувних свердловин Руденківського та Ігнатівського родовищ (Полтавська область) різної давності рекультивації й аналогічних фонових ґрунтів. Надано порівняльну оцінку стану мікробних угруповань ґрунту. Встановлено відхилення більшості досліджуваних мікробіологічних показників ґрунту на майданчику свердловини № 23, рекультивованого більше 20 років тому, від фонових характеристик ґрунту в несприятливий бік і констатовано середній ступінь його деградованості згідно з розробленою авторами раніше шкалою. Причиною такого стану є забруднення ґрунту компонентами бурового розчину. Встановлено також суттєве зниження чисельності мікроорганізмів окремих груп та активності дегідрогенази та інвертази у щойно рекультивованому ґрунті на ділянці свердловини № 140 Ігнатівського родовища, що класифіковано як порушення біологічних властивостей ґрунту середнього ступеня. Суттєвих відхилень параметрів рекультивованих ґрунтів на майданчиках свердловин № 103 Руденківського родовища і № 134 Ігнатівського родовища, технічну рекультивацію яких проведено відповідно 2,5 і 7 років тому, від фонових не виявлено; їх стан оцінено як задовільний. Виявлено, що ступінь порушення стану мікробних угруповань залежить від давності проведення технічної рекультивації і тривалості біологічного етапу рекультивації, а також від наявності або відсутності забруднення ґрунту.</p>

\* E-mail: oksana\_naydyonova@ukr.net

### 1. Вступ

Території нафто- і газопромислів охоплюють значні площі. На період буріння розвідувальних свердловин та експлуатації видобувних ділянок, де ведеться діяльність компаній, землі тимчасово виключаються із сільськогосподарського використання. Після проведення технічної рекультивації ділянки, землі повертаються власнику і починається біологічний етап рекультивації ґрунту.

Через значну розораність земель у Полтавській області (63,61 %) нафтогазовидобувним підприємствам для постійного або тимчасового користування відводяться найбільш родючі й цінні орні чорноземи, яким належить майже дві третини території Полтавщини [1]. Буріння й експлуатація свердловин, як і заходи з технічної рекультивації земель, призводять до істотних порушень фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту, навіть попри відсутності забруднення. Негативні наслідки спостерігаються в усіх компонентах агроєкосистеми. Незважаючи на зусилля держави, яка на законодавчому рівні зобов'язує нафтогазовидобувні компанії здійснювати екологічний моніторинг навколишнього середовища, зокрема ґрунтів, проблема охорони земель на Полтавщині, як і в інших регіонах України, де ведеться видобуток вуглеводнів, залишається актуальною [2].

Рекультивація земель, що є обов'язковою складовою технологічних процесів, пов'язаних з відновленням порушених земель, згідно з галузевим стандартом України «Рекультивація земель під час спорудження нафтових і газових свердловин» [3], повинна здійснюватися двома послідовними етапами. Перший, технічний етап рекультивації,

включає підготовку ділянки для подальшого цільового використання, а наступний, біологічний етап складається із комплексу агротехнічних і фітомеліоративних заходів, спрямованих на відновлення родючості порушеного ґрунту. Земельні ділянки в період здійснення біологічної рекультивації під час сільськогосподарського використання повинні проходити стадію меліоративної підготовки з вирощуванням однорічних, багаторічних злакових і бобових культур для відновлення і формування кореневмісного шару та його збагачення органічними речовинами [3].

Технологія виконання бурових робіт передбачає на початку будівництва свердловин пошарове зняття й окреме складування трьох верхніх горизонтів ґрунту (Н, Нр Phk). По закінченню робіт має бути виконана технічна рекультивація – очищення земельної ділянки від виробничих конструкцій, будівельного сміття, металобрухту, хімічних реагентів та інших сторонніх предметів, очищення і засипання комор, виконання меліоративних робіт, знешкодження та захоронення промислових відходів, знешкодження нафтового забруднення ґрунту, ліквідація засоленості ґрунту. Після цього здійснюється зворотне пошарове повернення складованої маси ґрунту з місць зберігання на ділянку, вирівнювання поверхні механізованим способом з помірним ущільненням ґрунту [3].

Основними очікуваними негативними наслідками робіт з будівництва та експлуатації нафто-газових свердловин, які, як правило, з'являються після рекультивації та повернення земельних ділянок власникам, є такі: переущільнення ґрунту; зменшення вмісту гумусу у верхньому шарі ґрунту; зменшення вмісту мінерального азоту та рухомих сполук фосфору і калію; зміна кислотності ґрунту через розсіювання компонентів бурових розчинів; аномальне локальне накопичення важких металів (Pb, Ba, Zn, Mo та інших); локальне засолення ґрунту через витоки бурових розчинів [4].

Переущільнення відбувається через надмірний тиск на ґрунт ходових систем транспортних засобів та іншої важкої техніки і значно посилюється у разі виконання земляних робіт за підвищеної вологості ґрунту. Помітили, що надмірне ущільнення поширюється не лише у верхньому, кореневмісному шарі ґрунту, але й глибше [4]. Зменшення вмісту гумусу і поживних речовин у верхньому шарі ґрунту виникає через часткове перемішування з нижнім шаром під час повернення маси знятих шарів ґрунту на ділянку і подальшої культивування поверхні [5]. Зміна кислотного стану ґрунту може бути наслідком розсіювання компонентів бурових розчинів у процесі їх приготування та використання в технологічних процесах буріння [5]. Це призводить до порушення фізичних, хімічних і мікробіологічних характеристик ґрунту і може знижувати доступність поживних елементів рослинам.

Таким чином, технологічні процеси буріння, експлуатації свердловин і рекультивації ґрунту після припинення видобувних робіт можуть суттєво впливати на біологічну якість ґрунту, порушувати структуру та функціонування ґрунтових мікробіоценозів, обмежувати їх участь у перетворенні органічної частини ґрунту, формуванні й підтримці його родючості.

Згідно з уже згадуваним галузевим стандартом [3], яким регламентовано рекультивацію, велика роль у відновленні стану і родючості ґрунту має належати біологічному етапу рекультивації, відповідальним за який є землевласник. При цьому, якість біологічної рекультивації буде визначатися не лише часом, що минув після завершення технічного етапу, але й агротехнічними факторами (сівозміна, культури, удобрення, меліорація тощо). Особливо важливим для відновлення біологічної активності і структури ґрунту є застосування органічних добрив, вирощування багаторічних трав і внесення кальцієвмісних речовин.

Здійснення моніторингу ґрунтів з метою контролю якості рекультивації бурових майданчиків є необхідним засобом гарантування екологічної безпеки діяльності нафто-газовидобувних підприємств. Невід'ємною складовою екологічного моніторингу рекультивованих ґрунтів у місцях видобутку нафти й газу повинен бути моніторинг їх мікробіологічного стану – контроль змін у структурі і функціонуванні мікробних угруповань ґрунту, які є найбільш чутливими індикаторами зміни ґрунтово-екологічних умов. Але, незважаючи на відому ключову роль мікроорганізмів у функціонуванні та стійкості природних та агроєкосистем, застосування мікробіологічних показників для оцінки стану ґрунтів у зонах впливу нафтогазовидобувних підприємств ще не набуло належного поширення. Відсутні мікробіологічні індикатори контролю якості рекультивації земель і у згаданому нормативному документі [3].

Мікробіологічні показники використовуються в деяких програмах моніторингу ґрунту в Європі, зокрема, на забруднених важкими металами землях [6]. Дискусії, що

ведуться у сучасній науковій літературі, в основному зосереджені не на придатності тих чи інших мікробіологічних індикаторів для моніторингу ґрунтів, а на практичних аспектах їх застосування та інтерпретації отриманих даних. Багато фахівців відзначають необхідність використання мікробіологічних показників для характеристики якості ґрунту за антропогенного впливу разом з хімічними та фізичними показниками [7 – 9]. Зазвичай, для контролю якості рекультивації забруднених ґрунтів використовують три групи біологічних показників: таких, що характеризують кількість мікроорганізмів у ґрунті; таких, що відображують рівень біохімічної активності ґрунту, та таких, що свідчать про наявність або відсутність фітотоксичної активності ґрунту [10, 11]. До першої групи показників належать мікробна біомаса, яку визначають різними методами та чисельність мікроорганізмів головних еколого-функціональних або таксономічних груп [12 – 14].

Численними дослідженнями встановлено, що ферментативна активність ґрунтів є одним з об'єктивних критеріїв сумарної біологічної активності, що відображають інтенсивність і спрямованість біохімічних процесів та може застосовуватися не лише для біодіагностики природних ґрунтів і ґрунтів агроєкосистем, а й для моніторингу забруднених територій [15 – 18]. З метою біодіагностики пропонується використовувати показники активності ферментів двох класів – гідролаз і оксидоредуктаз [19 – 21].

Згідно з результатами досліджень багатьох авторів, активність інвертази, краще за активності інших ферментів, відображає рівень родючості і біологічної активності ґрунту. Зниження активності інвертази вказує на наявність дії фактору, що пригнічує функціональну активність мікробного ценозу ґрунту.

Фітотоксичність ґрунту (токсичний вплив на проростання насіння, ріст і розвиток рослин) – інформативний показник, який доцільно використовувати за моніторингу ґрунту з метою оцінювання антропогенного впливу на екосистеми [22].

Загальну оцінку якості ґрунту за мікробіологічними показниками звичайно проводять з використанням інтегрованого показника, наприклад, показника мікробіологічної деградації ґрунту [23], який розраховують шляхом узагальнення декількох найбільш важливих індикаторів.

Метою проведення моніторингових спостережень і досліджень стану ґрунтів із застосуванням мікробіологічних і біохімічних показників є перевірка й підтвердження безпеки для навколишнього середовища розробки надр, своєчасне інформаційне забезпечення раціонального природокористування під час розробки родовищ вуглеводнів, яке складається з отримання даних про стан, сучасну динаміку та темпи відновлення порушених властивостей ґрунтів для підвищення екологічної безпеки нафтогазодобувної галузі.

Мета досліджень – оцінити поточний екологічний стан ґрунтів на майданчиках нафто- і газовидобувних свердловин шляхом визначення стану мікробних ценозів рекультивованих ґрунтів різної давності проведення технічної рекультивації і різної тривалості біологічного етапу рекультивації, тобто, оцінити якість рекультивації за мікробіологічними і біохімічними показниками.

## 2. Об'єкти і методика досліджень

Дослідили чотири об'єкти різної давності технічної рекультивації у Полтавській області, загальну характеристику яких представлено у табл. 1. Мікробіологічні та біохімічні дослідження проводили в лабораторії мікробіології ґрунтів ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» у зразках ґрунту, відібраних на рекультивованих і фонових ділянках.

**Таблиця 1**

*Характеристика об'єктів дослідження*

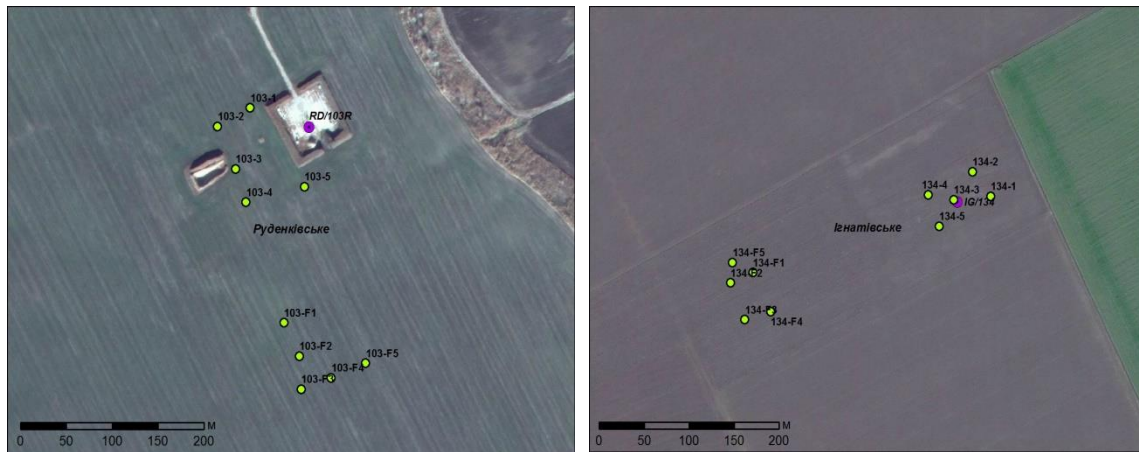
Родовище	Свердловина, №	Дати виконання робіт		
		буріння	Закінчення технічної рекультивації	відбирання зразків
Ігнатівське	23	1980-і роки	до 1994	05.2015
Ігнатівське	134	12.2007-01.2008	05.2009	04.2016
Ігнатівське	140	10.2014-12.2014	04.2016	04.2016
Руденківське	103	04.2010-11.2010	11.2013	04.2016

Для оцінювання якості рекультивації відбирали по 5 індивідуальних проб рекультивованого ґрунту і по 5 проб аналогічного фонового ґрунту (з того ж поля, де розташована свердловина, але на значній відстані від бурового майданчику) із шару 0-25 см. Розташування точок відбирання проб ґрунту показано на рисунку 1. Окремі точки ґрунту поблизу свердловини № 23 характеризувалися забрудненням орного шару компонентами бурового розчину (барієм, свинцем, цинком), ознаки якого добре видно на знімку.



а) свердловина № 23, Ігнатівське родовище, 2015 р.

б) свердловина № 140, Ігнатівське родовище, 2016 р.



в) свердловина № 103, Руденківське родовище, 2016 р.

г) свердловина № 134, Ігнатівське родовище, 2016 р.

**Рис. 1.** Точки і рік відбирання проб рекультивованого і фонового ґрунту

Стан мікробних ценозів визначали за такими біологічними показниками (Табл. 2): (1) чисельність основних груп мікрофлори методом мікробіологічного посіву ґрунтової суспензії відповідного розведення на тверді живильні середовища [24-27], (4-кратне повторення: кожен ґрунтовий зразок висівали на кожне живильне середовище у 4 паралельні чашки Петрі); (2) біохімічна активність ґрунту за активністю трьох ферментів фотоколориметричними методами: інвертази – методом, викладеним Д.Г. Звягінцевим із співавторами [24, с. 157-158]; дегідрогенази – за А.Ш. Галстяном [28]; поліфенолоксидази – за Л.А. Карягіною та Н.А. Михайловською [29]; (3) ступінь токсичності ґрунту – методом замочування насіння тест-культури (кукурудза і редис) у водній витяжці з ґрунту [24, с. 203-204].

**Таблиця 2**

*Перелік контрольованих процесів і показників*

Процес, що контролюється	Показник
Зміна чисельності мікроорганізмів основних еколого-функціональних груп	Кількість КУО в 1 г сухого ґрунту
Зміна ферментативної активності ґрунту	Активність інвертази, дегідрогенази, поліфенолоксидази
Зміна фітотоксичної активності ґрунту	Ступінь інгібування ростових процесів рослин

**Таблиця 3**

Оцінка ступеню деградованості ґрунту за мікробіологічними показниками

Ступінь деградованості ґрунту	Відхилення параметрів мікробіологічних показників від еталону в несприятливий бік
0 – недеградований	< 10 %
1 – слабкий	10 – 25 %
2 – середній	26 – 50 %
3 – сильний	51 – 75 %
4 – дуже сильний (екстремальний)	>75 %

Достовірність отриманих у ході досліджень даних оцінювали із застосуванням дисперсійного аналізу з використанням стандартного пакету програм «Statistica 7.0».

Стан мікробних угруповань оцінювали згідно з розробленою раніше [30] шкалою за ступенем відхилення параметрів мікробіологічних показників від еталону (Табл. 3).

### 3. Аналіз результатів досліджень

#### 3.1. Чисельність мікроорганізмів основних груп

Мікробіологічні дослідження ґрунту на території свердловини № 103, рекультивованого за 3 роки до відбирання проб, показали відсутність негативних відмінностей між чисельністю в ньому мікроорганізмів основних груп і їх чисельністю у фоновому ґрунті, відбраному на тому ж полі (Рис. 2). Лише кількість актиноміцетів у рекультивованому ґрунті була статистично достовірно нижчою (в 1,9 раза) порівняно з фоновим ґрунтом. На думку багатьох фахівців зниження кількості актиноміцетів є чутливим індикатором негативних змін ґрунту в разі забруднення важкими металами, зрошення мінералізованими водами, тощо [31-33].

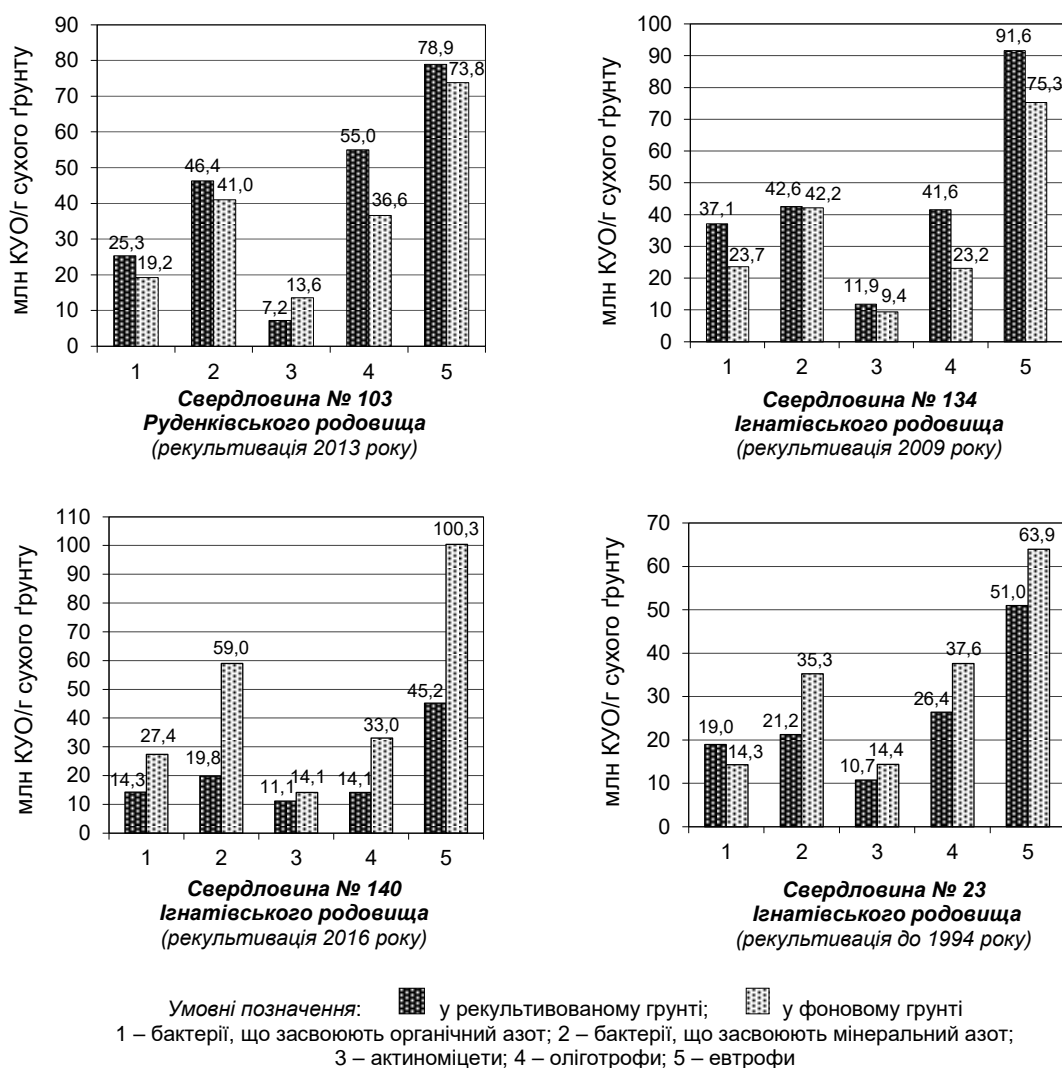


Рис. 2 Чисельність мікроорганізмів основних еколого-функціональних груп

Мікробіологічними дослідженнями зразків рекультивованого ґрунту на території розвідувальної свердловини № 134, також виявлено відсутність негативних відмінностей у чисельності мікроорганізмів досліджуваних груп, отже рекультивований ґрунт можна вважати недеградованим. Технічну рекультивацію ґрунту на території цієї свердловини було проведено більше 7 років тому, після чого він знову був залучений в сільськогосподарське виробництво і відтоді відбувався етап його біологічної рекультивації, завдяки чому біологічні властивості ґрунту встигли відновитися.

Чисельність мікроорганізмів усіх досліджуваних груп у зразках щойно рекультивованого ґрунту території свердловини № 140 є значно нижчою, ніж у зразках аналогічного фоновому ґрунту: кількість органотрофних бактерій на 48 % менше (в 1,9 раза); мікроорганізмів, що утилізують мінеральний азот – на 58 % (в 2,4 раза); мікроскопічних грибів – на 40 % (в 1,7 раза); оліготрофів – на 57 % (в 2,3 раза); евтрофних мікроорганізмів – на 55 % (більше, ніж удвічі). За ступенем відхилення чисельності мікроорганізмів у рекультивованому ґрунті від показників фоновому ґрунту стан ґрунту свердловини № 140 відповідає сильному ступеню біологічної деградації.

Чисельність мікроорганізмів майже усіх досліджуваних груп у рекультивованому ґрунті свердловини № 23, незважаючи на найбільший термін від етапу технічної рекультивації, була істотно нижчою, ніж у фоновому, наприклад, мікроорганізмів, що засвоюють мінеральні форми азоту – на 32-47 %. В точках, де виявлено забруднення ґрунту (підвищені концентрації у ґрунті як рухомих, так і міцнозв'язаних та валових форм важких металів, значне забруднення барієм) зниження чисельності актиноміцетів відносно фону було суттєвим: на 28-32 %. Відомо, що актиноміцети є індикаторами забруднення ґрунту важкими металами і, можливо, пригнічення актиноміцетів обумовлено цим фактором. Чисельність мікроміцетів у рекультивованому ґрунті була значно нижчою, ніж у фоновому в усіх досліджуваних точках.

### 3.2. Ферментативна активність ґрунту

Рівень дегідрогеназної активності у зразках рекультивованого ґрунту свердловини № 103 майже не відрізнявся від рівня фоновому ґрунту, середнє значення було лише на 7 % меншим, хоча ця різниця є статистично достовірною (Табл. 3). Інвертазна ж активність рекультивованого ґрунту була помітно нижчою, ніж фоновому. Середнє її значення для точок рекультивованого ґрунту на 34 %, або в 1,5 раза було меншим, ніж середнє значення активності цього ферменту для точок фону.

**Таблиця 3**

*Ферментативна активність ґрунту на досліджуваних ділянках*

Свердловина, №	Ґрунт (1 – рекультивований; 2 – фоновий)	Активність ферментів		
		Дегідрогеназа, мг ТФФ/1 г ґрунту за 24 години	Інвертаза, мг глюкози/1 г ґрунту за 24 години	Поліфенолоксидаза, мг 1,4-п-бензохінону/ 100 г ґрунту за годину
103	1	127,80	3,30	1665,60
103	2	136,80	5,00	849,60
	НІР <sub>0,05</sub>	3,35	0,52	74,15
134	1	153,52	4,06	1507,20
134	2	141,30	4,38	964,80
	НІР <sub>0,05</sub>	13,54	0,17	81,31
140	1	143,10	4,83	2001,60
140	2	157,80	6,94	552,00
	НІР <sub>0,05</sub>	3,95	0,12	62,67
23	1	231,00	1,19	3096,00
23	2	231,00	4,73	1128,00
	НІР <sub>0,05</sub>	6,31	0,39	30,10

За показником інвертазної активності ступінь біологічної деградації рекультивованого ґрунту майданчику свердловини № 103 слід позначити як середній (зниження відносно фону становить 34 %). Середнє значення інвертазної активності у зразках рекультивованого ґрунту на території свердловини № 134 було, хоч і не набагато (7 %), але статистично достовірно меншим, ніж середнє значення для точок фоновому ґрунту, а дегідрогеназна активність рекультивованого ґрунту була недостовірно вищою,

ніж фонового. Середні значення дегідрогеназної та інвертазної активностей рекультивованого ґрунту на території свердловини № 140 були достовірно нижчими, ніж фонового – на 9 % і на 30 % відповідно. За ступенем зниження активності інвертази ґрунт ділянки свердловини № 140 є середньодegradованим.

Інвертазна активність ґрунту свердловини № 23 була майже у 4 рази (на 75 %) нижчою за фоновий ґрунт. Істотно і статистично достовірно нижчий рівень активності інвертази, імовірно, пов'язаний з умістом важких металів, що узгоджується з численними літературними даними, згідно з якими саме інвертазна активність найбільш чутливо реагує на хімічне забруднення, зокрема, на забруднення важкими металами [31, 33].

Поліфенолоксидазна активність у зразках рекультивованого ґрунту усіх об'єктів, навпаки, була вдвічі вищою за значення у зразках фонового ґрунту.

Таким чином, можна констатувати, що найбільш чутливими й інформативними показниками ферментативної активності рекультивованих ґрунтів є показники активності інвертази і дегідрогенази, що дозволяє рекомендувати їх застосування для моніторингу ґрунтів сільськогосподарського використання після рекультивації.

### *3.3. Фітотоксичність ґрунту*

У середньому водні витяжки з проб ґрунту з усіх точок ділянки свердловини № 103 викликали пригнічення росту корінців проростків кукурудзи на 29 %. Середні значення інших показників токсичності ґрунту свердловини (схожість, середня довжина ростків) переважно збігалися з середніми значеннями показників фонового ґрунту. Середнє значення зведеного показника токсичності ґрунту з використанням насіння кукурудзи відхиляється від водного контролю на 14 %. Згідно зі шкалою, наведеною у відповідній методиці [12, с. 202-203], такий ґрунт не вважається токсичним. Результати, отримані із застосуванням як тестової культури редису, також показали відсутність токсичного впливу витяжок з рекультивованого ґрунту на схожість насіння.

ґрунт свердловини № 134 виявився не токсичним. Витяжки з рекультивованого ґрунту свердловини № 140 пригнічували схожість насіння кукурудзи порівняно з водним контролем на 28-38 % і не пригнічували схожості і розвитку рослин редису.

Водні витяжки з рекультивованого ґрунту свердловини № 23 негативно впливали на ріст і розвиток проростків кукурудзи, пригнічуючи їх на 30-50 % порівняно з витяжками із фонового ґрунту.

### *3.4. Тривалість біологічної рекультивації*

Поточний екологічний стан ґрунтів у місцях розроблюваних родовищ нафти і газу, оцінюваний за мікробіологічними і біохімічними показниками, виявився залежним від давності проведення рекультиваційних робіт.

Так, від проведення технічної рекультивації ґрунту на ділянці, де знаходилась свердловина № 103, до відбирання проб ґрунту минуло лише 2,5 роки. За цей період біологічні властивості рекультивованого ґрунту відновилися не повною мірою, про що свідчить низька чисельність актиноміцетів та низька інвертазна активність порівняно з аналогічним фоновим ґрунтом.

Кращий стан біологічних властивостей рекультивованого сім років тому ґрунту свердловини № 134 пояснюється більш тривалим (на відміну від свердловини № 103) періодом біологічної рекультивації ґрунту.

Удвічі нижча чисельність основних еколого-функціональних груп мікроорганізмів і більш низька активність інвертази (на 30 %) у ґрунті свердловини № 140, рекультивованому в квітні 2016 року, порівняно з фоновим, зумовлені тим, що на момент відбирання проб ґрунту на цій ділянці було проведено лише технічну рекультивацію. Очікувати відновлення чисельності мікрофлори і біологічної активності ґрунту можна лише після декількох років вирощування на цій ділянці сільськогосподарських культур з дотриманням комплексу рекомендованих [3] агротехнічних заходів.

Раніше авторами статті було показано, що мікробіологічні показники рекультивованого ґрунту добре корелюють із даними щодо мезофауни, за якими також було констатовано відсутність суттєвих відмінностей між фоновим ґрунтом і ґрунтом ділянки свердловини № 134 після 7 років біологічної рекультивації [34]. Найбільше ж зниження чисельності та біорізноманіття мезофауни відносно фонового ґрунту так само спостерігали у нещодавно рекультивованому ґрунті свердловини № 140.

#### 4. Висновки

1. Заходи з технічної рекультивациі ґрунтів не забезпечують відновлення порушеного перебігу ґрунтово-біологічних процесів і чисельності мікроорганізмів головних еколого-функціональних груп та структури мікробних ценозів до рівня стану фонового ґрунту.

2. Після проведення технічної рекультивациі рівень інвертазної та дегідрогеназної активностей ґрунту залишається нижчим, ніж в аналогічному фоновому ґрунті.

3. У ґрунті, де щойно завершено технічний етап рекультивациі, виявлено фітотоксичні властивості.

4. Ступінь відновлення стану мікробних угруповань залежить від тривалості біологічного етапу рекультивациі, а також від наявності або відсутності забруднення ґрунту.

#### Список використаної літератури

1. Писаренко П.В., Ласло О.О. Оцінка екологічного стану сільськогосподарських угідь Полтавської області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 2. С. 23–25.
2. Колеснікова Л.А. Агроєкосистема в умовах техногенного навантаження Решетняківського родовища Полтавської області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 2. С. 162–168.
3. *Рекультивация земель* під час спорудження нафтових і газових свердловин: ГСТУ 41-00032626-00-023-2000. К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2000. 64 с. (Галузевий стандарт України).
4. Особливості агрофізичного стану та накопичення важких металів у агроєкосистемі рекультивованих бурових майданчиків / М.Ю. Журавель, О.М. Дрозд, Д.В. Дядін, В.В. Яременко. *Вісник ХНАУ*. 2014. № 2. С. 112–121.
5. Журавель М.Ю., Дрозд О.М., Яременко В.В. Закономірності змін ґрунтових процесів у технозонах бурових майданчиків. Екогеофорум 2017. Актуальні проблеми та інновації. До 50-річчя Івано-Франківського національно-технічного університету нафти і газу: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Івано-Франківськ, 22 – 25 березня 2017 р.). Івано-Франківськ, 2017. С. 224–225.
6. Huber S. Soil Monitoring in Europe. AROMIS – Assessment and reduction of heavy metal inputs into agroecosystems. P. 69–71. [Електронний ресурс] URL: [www.azo.hr/lgs.axd?t=16&id=1255](http://www.azo.hr/lgs.axd?t=16&id=1255).
7. Identification of sensitive indicators to assess the interrelationship between soil quality, management practices and human health / R. Zornoza, J.A. Acosta, F. Bastida [et al.]. *SOIL*. 2015. 1. P. 173–185. [Електронний ресурс] URL: <http://www.soil-journal.net/1/173/2015/soil-1-173-2015.pdf>
8. Mele P.M., Crowley D.E. Application of self-organizing maps for assessing soil biological quality. *Agr. Ecosyst. Environ.* 2008 V. 126. P. 139–152.
9. Biological indicators of soil quality and soil organic matter characteristics in an agricultural management continuum / K.S. Veum, K.W. Goynes, R. Kremer [et al.] *Biogeochemistry*. 2014. V. 117. P. 81–99.
10. Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р. Использование комплекса микробиологических показателей почв при проведении экологического мониторинга техногенно загрязненных территорий. *Вестник ОГУ*. 2011. № 12(131). С. 352–354.
11. Плешакова Е.В., Беляков А.Ю. Использование различных приемов биотестирования для оценки токсического действия на почву инвертно-эмульсионных буровых растворов и их дисперсионных сред. *Вестник Московского университета*. Сер. 17 Почвоведение. 2014. № 1. С. 38–43.
12. Biological response of earthworms and soil microbes associated with drilling mud wastes in the Taranaki region / J.A.E. Cavanagh, L. Booth, B. Stevenson [et al.]. *Landcare research*. 2014. 33 p.
13. Selecting biological indicators for monitoring soils: A framework for balancing scientific and technical opinion to assist policy development / K. Ritz, H.I.J. Black, C.D. Campbell [et al.]. *Ecological Indicators*. 2009. N. 9. P. 1212–1221.
14. Stenberg B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci.* 1999. N. 49. P. 1–24.
15. Применение показателей ферментативной активности при оценке состояния почв под сельскохозяйственными угодьями / Е.В. Даденко, М.А. Прудникова, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2013. Т. 15, № 3(4). С. 1274–1277.
16. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. Ереван: Айастан, 1974. 275 с.
17. Хазиев Ф.Х., Гулько А.Е. Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы её изучения. *Почвоведение*. 1991. № 8. С. 88–98.
18. Даденко Е.В. Методические аспекты применения показателей ферментативной активности в биодиагностике и биомониторинге почв.: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ростов-на-Дону, 2004. 18 с.
19. Стахурлова Л.Д., Свистова И.Д., Щеглов Д.И. Биологическая активность как индикатор плодородия черноземов в различных биоценозах. *Почвоведение*. 2007. № 6. С. 769–774.
20. Sinsabaugh R.L. Phenol oxidase, peroxidase and organic matter dynamics of soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 2010. V. 4, N 3. P. 391–404.
21. German D.P., Weintraub M.N., Grandy A.S., Lauber C.L., Rinkes Z.L., Allison S.D. Optimization of hydrolytic and oxidative enzyme methods for ecosystem studies. *Soil Biology and Biochemistry*. 2011. V. 43. P. 1387–1397.
22. Патица В.П., Симочко Л.Ю. Мікробіологічний моніторинг ґрунту природних та трансформованих екосистем Закарпаття України. *Мікробіологічний журнал*. 2013. Т. 75., № 2. С. 21–31.
23. Microbiological degradation index of soils in a semiarid climate/ F. Bastida, J.L. Moreno, T. Hernández, C. García. *Soil Biology and Biochemistry*. Volume 38, Issue 12. 2006. P. 3463–3473.
24. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева,



Т.Г. Мирчинк; под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во Московского ун-та, 1980. 224 с.

25. *Теплер Е.З.*, Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М.: Колос, 1972. 199 с.

26. *Сэги Й.* Методы почвенной микробиологии. Под ред. Г.С. Муромцева; пер с венг. И.Ф. Куренного. М.: Колос, 1983. 296 с.

27. *Якість ґрунту*. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом висівання на тверде (агаризоване) живильне середовище: ДСТУ 7847:2015 (Національний стандарт України) [Чинний від 01.07. 2016].

28. *Хазиев Ф.Х.* Ферментативная активность почв. М.: Наука, 1976. С. 39–40.

29. *Карягина Л.А.*, Михайловская Н.А. Определение активности полифенолоксидазы и пероксидазы в почве. *Весті АН БССР, серія с/г навук*. Мінск. 1986. № 2. С. 40–41.

30. *Найдьонова О.Е.* Биологическая деградация чернозёмов при орошении: автореф. дисс. ... канд. биол. наук; [спец.] 03.00.18 "ґрунтознавство". ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії Харьков, 2010. 20 с.

31. *Колесников С.И.* Биозкологические принципы мониторинга и нормирования загрязнения почв (на примере тяжёлых металлов) / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков. Ростов-на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2001. 64 с.

32. *Методика* оценки целесообразности и эффективности рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, по биологическим показателям / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, Т.В. Денисова [и др.]. *Инженерный вестник Дона*. 2013. № 3. [Электронный ресурс] URL <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1791>.

33. *Функціонування* мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / К.І. Андреюк, Г.О. Лутинська, А.Ф. Антипчук [та ін.]. К.: Обереги, 2001. 240 с.

34. *Застосування* зоологічної діагностики для оцінки стану чорноземних ґрунтів на території газонафтових родовищ / Журавель М.Ю., Леженіна І.П., Полчанінова Н.Ю., Яременко В.В. *Екогеофорум 2017*. Актуальні проблеми та інновації. До 50-річчя Івано-Франківського національно-технічного університету нафти і газу: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Івано-Франківськ, 22 – 25 березня 2017 р.). Івано-Франківськ, 2017. С. 127–128.

UDC 631.427.22

## Assessment of soils' reclamation quality in the location of oil- and gas-wells using microbial communities as indicator

N.E. Zhuravel<sup>1</sup>, O.E. Naydyonova<sup>2</sup>, V.V. Yaremenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Limited Liability Company "NESC Intellect Service Co., Ltd."

<sup>2</sup>NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky"

<sup>3</sup>Joint venture "Poltava Petroleum Company"

\* E-mail: [oksana\\_naydyonova@ukr.net](mailto:oksana_naydyonova@ukr.net)

Studies to determine the parameters of microbiological indicators of soil in the areas oil and gas wells of Rudenkivske and Ignativske field (Poltava region) which different timing of reclamation and background soils were conducted. Comparative assessment state of microbial communities of soil was conducted. It was found that most of the studied parameters of the soil borehole number 23, reclaimed more than 20 years ago were deviated from background soil characteristics in an unfavorable direction, reducing its biological activity. The violations of soil biological properties moderate degree of the borehole number 23 were identified. The studies in 2016 were found a significant decrease in the number of main groups of microorganisms and dehydrogenase and invertase activities in the newly reclaimed soil wells number 140 Ignativske field. According to these indicators a violation of the biological properties of soil moderate degree also were identified. Significant deviations of parameters reclaimed soil of wells Rudenkivske field number 103 and number 134 Ignativske field from background were not found. Therefore, we proposed to consider they state as satisfactory and recommended the next, biological reclamation stage for a full recovery of the biological properties of the soil.

**Keywords:** *biological indicators; soil microbial cenosis; reclaimed soil; soil enzymatic activity; soil phytotoxic activity.*