

*О. М. Дрозд^{1,2}, М. Ю. Журавель³,
О. Є. Найдьонова², І. П. Леженіна⁴,
Н. Ю. Полчанінова⁵*

¹*Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,*

²*ННЦ «Інститут ґрунтознавства та
агрохімії імені О.Н. Соколовського»,*

³*ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД»,*

⁴*Харківський національний аграрний
університет імені В. В. Докучаєва*

⁵*Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна*

ВИЗНАЧЕННЯ ЛОКАЛЬНИХ ЗМІН ПІДТРИМУВАЛЬНОЇ ЕКОСИСТЕМНОЇ ПОСЛУГИ ҐРУНТІВ ТЕРИТОРІЙ НАФТОГАЗОВИДОБУТКУ

Тимчасове вилучення земель із сільськогосподарського обігу для будівництва або капітального ремонту свердловин і прокладки трубопроводів по суті, є втручанням в природний ґрунтоутворний процес, наслідком якого є зміни у виконанні екосистемних функцій ґрунту і, як наслідок, екосистемних послуг ґрунту.

Стаття присвячена аналізу впливу виробничої діяльності та рекультивації ґрунтів на виконання ними підтримувальної екосистемної послуги. У якості індикаторів техногенної зміни було обрано такі показники: агрофізичні, фізико-хімічні, хімічні показники ґрунту, видовий склад, трофічна структура та стан індикаторних груп безхребетних (дошових черв'яків, черв'яків енхитреїд, личинок коваликів), чисельність мікроорганізмів основних еколого-функціональних і таксономічних груп (бактерій, що засвоюють органічний і мінеральний азот, актиноміцетів, мікроскопічних грибів, оліготрофних бактерій), ферментативна активність та токсичність ґрунтів. На кожній дослідній та фоновій ділянці було взято 4 проби ґрунту для обліку мезофауни (50×50×30 см). Таким чином, на кожній дослідній площі було обстежено 1 м² земельної ділянки. Підсумкову оцінку стану ґрунту в різних точках проведено з використанням інтегрального показника біологічного стану ґрунту (ІПБС).

На основі дослідження агроекологічного стану ґрунту на території двох рекультивованих майданчиків нафтогазовидобувних свердловин в межах поширення сірого лісового ґрунту визначено локальні зміни підтримувальної екосистемної послуги. Встановлено, що загальною несприятливою властивістю фонових і рекультивованих ґрунтів є високі показники щільності. Несприятливі агрофізичні властивості зумовлюють диференціацію параметрів досліджуваних показників підтримувальної екосистемної послуги ґрунту. Доведено доцільність використання комплексу найбільш інформативних біологічних показників для оцінювання якості рекультивації і стану рекультивованих ґрунтів.

Ключові слова: екосистемні послуги, ґрунти, рекультивація, біологічні показники, мезофауна, мікробний ценоз ґрунту, ферментативна активність ґрунту, фітотоксична активність ґрунту.

Постановка проблеми. Екологічно безпечне землекористування, в основі якого лежить, здатність ґрунтів зберігати свої екологічні функції за зовнішнього впливу антропогенних чинників, є невід'ємною складовою сталого розвитку. Розробка нафтогазових родовищ традиційно розглядається як один з найбільш небезпечних для навколишнього середовища видів виробничої діяльності [7-11, 29]. Значна частина нафтогазовидобувних промислів України розташована на сільськогосподарських землях, у зонах поширення високородючих ґрунтів. Наслідки нафтогазовидобувної діяльності, що проявляються в істотному техногенному навантаженні на ґрунтовий покрив, зумовлюють зміни стійкості агроландшафтів. Це може становити загрозу навколишньому природному та життєвому середовищу, а також ефективності господарської діяльності і стійкому розвитку територій в цілому. У сталих умовах землеробства усі процеси, які відбуваються в ґрунті, знаходяться в рівновазі. Фундаментальна функція ґрунту – створення в біосфері режиму, що забезпечує існування і відтворення живої речовини. Ґрунти – це базовий

компонент біосфери, її найважливіший ресурс, він є і фактором і умовою існування біосфери в цілому. Фундаментальна функція ґрунту реалізується через забезпечення участі ґрунту в регулюванні конкретних механізмів біосферних процесів, з якими пов'язане виконання ґрунтом його основної глобальної функції [4].

Центральним елементом комплексної системи взаємозв'язків між функціонуванням екосистем та добробутом суспільства є визначення екосистемних послуг. В даний час в світі активно розробляється коло питань, пов'язаних з екосистемними функціями та / або екосистемними послугами ґрунтів, включаючи різні види їх оцінки. Екосистемні послуги – вигоди, якими природа наділяє суспільство [30-34]. Виділяють постачальні, підтримувальні, регулюючі послуги та послуги культурного характеру [30].

Тимчасове вилучення земель із сільськогосподарського обігу для будівництва або капітального ремонту свердловин і прокладки трубопроводів по суті, є втручанням в природний ґрунтоутворний процес, наслідком якого є зміни у виконанні екосистемних функцій ґрунту і, як наслідок, екосистемних послуг ґрунту. Ці зміни можуть носити як позитивний, так і негативний характер [20], обумовлювати різний ступінь стійкості і адаптації екосистеми до нових умов функціонування та зумовлювати різну якість ґрунту на момент повернення його землевласникові.

З огляду на зростаючі екологічні ризики, пов'язані із деградацією земель, зростає визнання факту, що управління використанням та охороною земель повинне здійснюватися для підтримки багатофункціональності природних і керованих екосистемних функцій і послуг ґрунтів. Вивчення екосистемних послуг ґрунтів має на меті покращення інформативності до потенціалу на усіх етапах їх використання при здійсненні нафтогазовидобувної діяльності [20, 22]. Це дозволить планувати і впроваджувати екологічно і економічно виважені, адаптовані до змінюваних ґрунтово-кліматичних і соціальних умов принципи і технологічні рішення, спрямовані на стале управління ґрунтами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними очікуваними негативними наслідками робіт з будівництва та експлуатації нафтогазових 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 витіки бурових розчинів. 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. Надмірне ущільнення поширюється не лише у верхньому, кореневмісному шарі ґрунту, але й глибше. 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. Зміна кислотного стану ґрунту може бути наслідком розсіювання компонентів бурових розчинів у процесі їх приготування та використання в технологічних процесах буріння. Це призводить до порушення фізичних, хімічних і мікробіологічних характеристик ґрунту і може знижувати доступність поживних елементів рослинам [6-11, 17, 23, 29].

Аналіз наявного наукового доробку українських та зарубіжних дослідників дозволяє виділити декілька актуальних напрямків: геохімія техногенезу територій нафтогазових родовищ; оцінка впливу відходів нафтогазовидобутку на ґрунти та визначення екологічних ризиків; раціональні технології утилізації відходів; методи технічної та біологічної рекультивації порушених ґрунтів; створення систем екологічного моніторингу ґрунтів та підземних вод територій нафтогазовидобутку [6-11, 17, 23, 29].

На нашу думку, ще одним важливим аспектом, що заслуговує на увагу, є визначення впливу рекультивації ґрунтів на виконання ними екосистемних функцій і послуг, зокрема підтримувальної екосистемної послуги. Відповідно до класифікації екосистемних послуг ФАО саме підтримувальні послуги (надання життєвих середовищ для рослин і тварин, забезпечення різноманітності видів і підтримки генетичного різноманіття) [30] це послуги, необхідні для надання всіх інших екосистемних послуг. Порушення ґрунту в результаті облаштування газонафтових свердловин негативно впливає на мікро- та мезофауну, і таким чином, ці складові біоти ґрунту можуть використовуватися для зоодіагностики [11].

Мікробіологічні показники є чутливими індикаторами змін властивостей ґрунтів, що зазнали техногенних навантажень, ущільнення внаслідок роботи важкої техніки, забруднення, зокрема нафтою, важкими металами (ВМ), компонентами бурових розчинів, супутніми пластовими водами тощо. Ґрунтові мікроорганізми першими реагують на забруднення і пов'язані з ним зміни хімічних, фізико-хімічних і фізичних властивостей ґрунтів та адекватно відображують їх ступень. Винятково висока інформативність мікробіологічних показників визначає необхідність їхнього застосування під час оцінювання стану ґрунтів в зоні впливу нафтогазовидобувної діяльності, контролю ефективності проведення технічного і біологічного етапів рекультиваци ґрунтів після закінчення бурових робіт [10].

Мета досліджень – аналіз впливу виробничої діяльності та рекультиваци ґрунтів на виконання ними підтримувальної екосистемної послуги. У якості індикаторів техногенної зміни нами було обрано такі показники: агрофізичні, фізико-хімічні, хімічні показники ґрунту, видовий склад, трофічна структура та стан індикаторних груп безхребетних (дощових черв'яків, черв'яків енхитреїд, личинок коваликів), чисельність мікроорганізмів основних еколого-функціональних і таксономічних груп (бактерій, що засвоюють органічний і мінеральний азот, актиноміцетів, мікроскопічних грибів, оліготрофних бактерій), ферментативна активність та токсичність ґрунтів.

Виклад основного матеріалу. Досліджувані ділянки розташовані на території двох земельних відводів в межах Островецького родовища (Харківська область). Ґрунтовий покрив представлено сірими лісовими ґрунтами різного ступеня змитості. Досліджено фоновий непорушений ґрунт та дві рекультивовані ділянки. Дослідження ґрунтових показників включало визначення щільності складення ґрунту (ДСТУ ISO 11272:2001), катіонно-аніонного складу водної витяжки (ДСТУ 7844, ДСТУ 7861, ДСТУ 7908, ДСТУ 7909, ДСТУ 7945, ДСТУ 8346), складу увібраних катіонів (ММВ 31-497058-007-2005), вмісту карбонатів кальцію (МВВ 31-497058-021-2005), гумусу (ДСТУ 4289), важких металів (рентген-флуоресцентним методом).

Для індикації змін підтримувальної екосистемної послуги (ґрунт як середовище існування видів) досліджували зміни чисельності представників мезофауни та мікробіологічних показників ґрунту.

Основними складовими біоти при оцінці рекультиваци ґрунту були дощові черв'яки та черв'яки енхитреїди. Дощові черв'яки виявилися найбільш уразливою групою ґрунтових безхребетних, вони відновлюють свою чисельність та розповсюджуються найповільніше. Черви енхитреїди також зазнають негативного впливу при порушенні ґрунту, проте швидше заселяють рекультивовані ґрунти ніж дощові черв'яки, і динаміка зростання їх чисельності може використовуватись при оцінці стану ґрунтів. Поява личинок коваликів також свідчить про відновлювальні процеси у ґрунті.

На кожній дослідній та фонівій ділянці було взято 4 проби ґрунту для обліку мезофауни (50×50×30 см). Таким чином, на кожній дослідній площі було обстежено 1 м² земельної ділянки. Територіально зоологічні проби були пов'язані з пробами на аналіз ґрунту. Ґрунт з проби викопувався лопатою, розміщувався на поліетиленовій плівці та розбирався вручну. Мезофауну збирали пошарово – 0–10, 10–20, 20–30 см. Кожний шар окремо роздивлялися на плівці, знайдених безхребетних разом з етикеткою вміщували у 70% розчин етилового спирту, дані про наявність безхребетних записували у блокнот. Після збирання безхребетних ґрунт повертали у ямку. Визначення видового складу личинок комах проводили у лабораторних умовах за допомогою біокулярного мікроскопа МБС-9 та визначників [3, 5, 14, 19, 21, 24].

Мікробіологічні дослідження проводили в секторі мікробіології ґрунтів ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського» у пробах ґрунту, відібраних у травні 2018 р. із шару 0–25 см у точках на території досліджуваних свердловин Островецького родовища і двох точках фонових ґрунтів. У зразках ґрунту визначали такі біологічні показники [1, 2, 15, 16, 18, 25, 26]:

- чисельність основних груп мікрофлори методом мікробіологічного посіву ґрунтової суспензії відповідного розведення на тверді агаризовані поживні середовища: органотрофних бактерій – на м'ясо-пептоновий агар (МПА), мікроорганізмів, що засвоюють азот мінеральних сполук, і актиноміцетів – на крохмаль-амонійний агар (КАА), оліготрофних мікроорганізмів – на голодний агар (ГА), грибів – на середовище Ріхтера, азотобактера – на середовище Ешбі з мікроелементами (повторність 4-кратна: кожен ґрунтовий зразок висівався на кожне живильне середовище на 4 паралельні чашки Петрі, для азотобактера – трикратна);

- розрахункові показники, зокрема мінералізації [16], оліготрофності [1] та мікробної трансформації органічної речовини ґрунту (МТОПГ) [17], які характеризують напруженість процесів мінералізації і трофічний режим ґрунту, – за співвідношенням окремих груп мікроорганізмів, сумарний біологічний показник (СБП) і показник біологічної деградації ґрунту (ПБД) – методом відносних величин за Дж. Ацці [2];

- біохімічну активність ґрунтів за активністю ферментів фотокolorиметричним методом: інвертази – методом, викладеним Д. Г. Звягінцевим із співавторами [15], дегідрогенази за А. Ш. Галстяном [28] і поліфенолоксидази за Л. А. Карягіною та Н. А. Михайловською [12];

- наявність токсичності ґрунту визначали методом замочування насіння у водній витяжці з ґрунту із застосуванням як тест-культури насіння кукурудзи і редису;

- достовірність отриманих у ході досліджень даних оцінювали із застосуванням дисперсійного аналізу з використанням стандартного пакету програм «Statistica 6.0».

Стан мікробних угруповань оцінювали з урахуванням чисельності мікроорганізмів головних еколого-функціональних груп [18].

Підсумкову оцінку стану мікробних ценозів ґрунту проводили з використанням інтегрального показника біологічного стану ґрунту (ШБС).

Дослідження ґрунтових властивостей показали, що як непорушені фонові ґрунти так і рекультивовані ґрунти є незасоленими. Загальний вміст солей 0,02–0,05%, вміст токсичних солей – 0,01–0,02%. Якісний склад солей хлоридно-гідрокарбонатний магнієвий у фонових ґрунтах та сульфатно-гідрокарбонатний магнієво-кальцієвий в рекультивованих. За співвідношенням катіонів кальцію до катіонів натрію у водній витяжці ґрунт недеградований (Ca/Na – 2,5–6,4). Водневий показник ґрунтового розчину в орному шарі 6,2–6,8 – нейтральний. Вміст карбонатів кальцію за профілем ґрунтів близько 1,0–2,5 (слабкокарбонатні), що свідчить про низьку буферність ґрунтів до процесів осолонцювання. У складі увібраних катіонів переважає кальцій (70–75%), вміст увібраного магнію становить 24–31%, а увібраних натрію і калію 0,6–0,9% та 1,6–2,5% відповідно, ґрунти є не солонцюватими. Вміст гумусу у верхньому шарі фонових ґрунтів 1,8% (низький вміст згідно ДСТУ 4362), а рекультивованих – 2,4–2,6% (середній вміст згідно ДСТУ 4362). В орному шарі досліджуваних проб фонового ґрунту спостерігається перевищення середніх значень регіонального фону за Ti, Cu, Pb, проте встановлені параметри є в межах коливань регіонального фону. Перевищень нормативу ГДК не виявлено. У рекультивованих ґрунтах спостерігається вищій вміст хімічних елементів, порівняно з непорушеним ґрунтом. Відмічено незначне перевищення ГДК Zn (в 1,3) рази у шарі ґрунту 0–30 см. Серед ймовірних причин – механічна трансформація ґрунту в процесі будівництва майданчика та рекультивації ґрунту, що зумовило потрапляння ґрунтоутворюючої породи (збагаченої на дані хімічні елементи) до шарів ґрунту та/або потрапляння до ґрунту компонентів бурових розчинів в процесі експлуатації майданчика. Для інших досліджуваних елементів (ГДК для яких встановлено) перевищень нормативу не виявлено. Проте, розрахунок показника сумарного забруднення показав, що рівень забруднення є допустимим (Zc 6,0–11,3), отже відсутня небезпека ведення сільськогосподарської діяльності.

Показник щільності складення як у фонових так і у рекультивованих ґрунтах є вищим за оптимальні параметри (рис. 1). Слід зазначити, що оптимальні значення показника щільності складення для ґрунтів сільськогосподарських територій 1,1–1,3 г/см³ [13]. Показники щільності складення у досліджуваних ґрунтах істотно не відрізняються за профільним розподілом і досліджуваними варіантами та становлять у середньому 1,5–1,6 г/см³. Для фонових ґрунтів ймовірною причиною є недотримання агротехнічних вимог при вирощуванні сільськогосподарських культур, а для рекультивованих, ще й механічне ущільнення ґрунту на технічному етапі проведення рекультивації.

Дослідження видового різноманіття представників мезофауни фонові ділянки, за даними ґрунтових розкопок показало, що тут мешкали 7 видів безхребетних з класів комахи та малоштиткові черви. За трофічною структурою серед комах були спеціалізовані фітофаги – личинки бульбочкових довгоносиків роду *Sitona*. Личинки цього роду розвиваються на азотфіксуючих кореневих бульбочках бобових культур. Із багатоїдних фітофагів були відмічені коренева цикадка та ковалік посівний. Щільність фітофагів була незначною. Із групи фіто-сапрофагів мешкали личинки мертвоїда *Silpha obscura* та турун *Harpalus rufipes*. Група зоофагів на фоні була відсутня. В цілому щільність комах у ґрунті була низькою – 7 екз./м². Зазначимо, що на фоні були присутні дощові черви та черв'яки-ехитреїди, саме наявність та щільність цих безхребетних у ґрунті є показником його стану. Щільність дощових черв'яків дорівнювала

24 екз./м², щільність енхитреїд була низькою – 2 екз./м². Неприятливі ґрунтові умови – щільний та сухий ґрунт призвели до літнього анабіозу дощових черв'яків. Вони були згорнутими у щільний клубок всередині ґрунту. У такий стан черв'яки впадають влітку якщо вміст води у ґрунті за об'ємом менше 30–35%. Низька щільність енхитреїд також пояснюється посушливим та щільним ґрунтом, стан якого майже унеможлилював пересування та активну життєдіяльність.

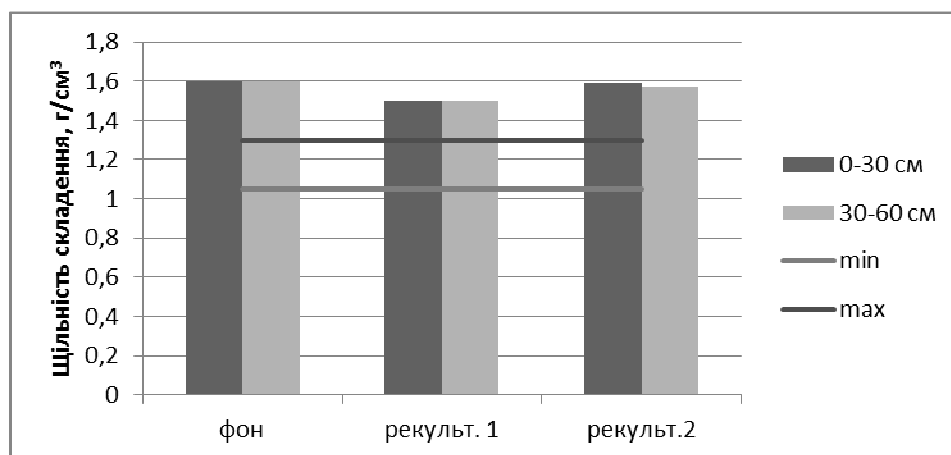


Рис. 1. Щільність складення досліджуваних ґрунтів

На першому досліджуваному рекультивованому майданчику у ґрунтах також мешкало 7 видів безхребетних. Серед спеціалізованих фітофагів – шкідників люцерни були виявлені бульбочкові довгоносики, люцернова совка та люцерновий вусач. Серед багатодіних фітофагів був відмічений ковалик посівний. Інших трофічних груп серед комах не було виявлено. Проте у ґрунті мешкали фіто-сапрофаги – багатоніжки-кисвяки та хижі багатоніжки-геофіли. Щільність дощових черв'яків була у три рази меншою в порівнянні з фоном, енхитреїди не були виявлені. Загальна щільність безхребетних становила 15 екз./м², тобто у два рази менше в порівнянні з фоном. Дані про видове різноманіття та щільність безхребетних свідчать, що на цій ділянці відбувається відновлення ґрунтів, проте щільність дощових черв'яків та, особливо, енхитреїд – важливих ґрунтоутворювачів, залишається низькою.

На другому досліджуваному рекультивованому майданчику у ґрунтах було зареєстровано всього 4 види ґрунтових безхребетних. З комах це були багатодіні фітофаги – ковалик посівний та коренева цикадка. Щільність кореневої цикадки перевищувала значення фонові ділянки – всього 6 екз./м². Серед хижаків були зареєстровані багатоніжки-геофіліди. Щільність дощових черв'яків була низькою – 3 екз./м², що в 8 разів менше ніж на фоні. Загальна щільність безхребетних становила 14 екз./м², що більше ніж вдвічі менше в порівнянні з фоном. Оцінюючи стан ґрунтів цієї свердловини зазначимо, що процеси відновлення ґрунтів відбуваються повільно і ґрунти мало придатні для мешкання ґрунтової мезофауни.

Мікробіологічні дослідження показали, що чисельність мікроорганізмів усіх досліджуваних груп у ґрунті території першого рекультивованого майданчика була нижчою, ніж їх середня чисельність у фоновому ґрунті (табл.): бактерій, що засвоюють органічний азот, на 30%, загальна чисельність мікроорганізмів, що утилізують мінеральний азот, на 63%, зокрема бактерій – на 83%, актиноміцетів – на 14%, кількість грибів була нижчою на 49% (майже вдвічі).

Показник оліготрофності, розрахований для даного ґрунту, був вищим, ніж середнє значення для фонові ґрунту, що свідчить про гірший трофічний режим. Більш низькі значення показника мінералізації і коефіцієнту МТОРГ показують послаблення мінералізаційної функції мікробного ценозу і інтенсивності перебігу процесів трансформації органічної речовини. Оцінювання стану мікробних ценозів з урахуванням чисельності мікроорганізмів головних еколого-функціональних і таксономічних груп, яке проведено за допомогою СБП, показало мінімальні значення СБП для даної точки. Таким чином, за показниками чисельності мікроорганізмів головних груп і згідно значень ПБД визначено середній ступень біологічної деградації ґрунту території першого рекультивованого майданчика.

Важливим показником біологічної активності ґрунту є його ферментативна активність, яка тісно корелює з його родючістю. ґрунтові ферменти є каталізаторами різних біохімічних реакцій, які протікають у ґрунті. Дегідрогеназа – окислювально-відновлювальний фермент, який пов'язаний з процесами «дихання» ґрунту. Дегідрогеназа каталізує реакції дегідрування

органічних речовин і виконує роль переносника водню. При цьому субстратами дегідрування можуть бути різні вуглеводи, органічні кислоти, амінокислоти, спирти, гумінові кислоти, тощо. Інвертаза (β -фруктофуранозідаза, сахароза) – фермент класу гідролаз, який розкладає сахарозу на глюкозу і фруктозу і має тісний кореляційний зв'язок зі вмістом органічної речовини в ґрунті. Поліфенолоксидаза – окислювально-відновлювальний фермент, який бере участь у перетворенні органічних сполук ароматичного ряду в компоненти гумусу, тобто безпосередньо в синтезі гумусових сполук. Поліфенолоксидаза каталізує окислення фенолів до хінонів у присутності кисню повітря. Ферментативна активність більш стабільний показник, ніж чисельність мікрофлори.

Таблиця

Чисельність мікроорганізмів головних еколого-трофічних, таксономічних і фізіологічних груп у досліджуваному ґрунті

Точки відбору зразків	Мікроорганізми, що засвоюють азот, млн КУО/г сухого ґрунту			Актиноміцети, млн КУО/г сухого ґрунту	Гриби, тис. КУО/г сухого ґрунту	Оліготрофи, млн КУО/г сухого ґрунту	Евтрофи, млн КУО/г сухого ґрунту	Показники				
	органічний	мінеральний						оліготрофності	мінералізації	МТОРГ	СБП, %	ПБД, %
		всього	бактерії									
Рекульт.діл.1	9,21	12,17	4,96	7,21	25,50	16,62	21,41	0,78	1,32	16,18	48	-36
Рекульт. діл 2	21,56	46,75	39,32	7,43	52,93	22,21	68,36	0,32	2,17	31,50	99	0
Фон (усереднені показники)	13,25	32,69	29,30	8,40	50,32	17,08	45,99	0,37	2,56	18,72	75	0
НР _{0,05}	2,04	3,40	2,10	1,06	7,96	4,22	–	–	–	–	–	–

Рівень активності усіх трьох досліджуваних ферментів у ґрунті першої рекультивованої свердловини суттєво не відрізнявся від показників фонового ґрунту, крім рівня дегідрогеназної активності, який був достовірно нижчим за середнє значення для фонового ґрунту, але лише на 5%, що не є ознакою деградаційних змін. Проте рівень дегідрогеназної і поліфенолоксидазної активностей у ґрунті другої рекультивованої ділянки був достовірно вищим, ніж середні значення фонового ґрунту, а інвертазна активність була дещо нижчою (на 18%). Узагальнення даних з ферментативної активності ґрунтів методом відносних величин показало, що зниження зведеного показника ферментативної активності у рекультивованих ґрунтах порівняно з середнім показником для фонового ґрунту не спостерігалось.

Результати визначення фітотоксичної активності ґрунту методом замочування насіння тестових культур у водних витяжках із ґрунтів з використанням насіння редису і кукурудзи показали відсутність інгібуючої дії зразків ґрунту рекультивованих ділянок на схожість насіння тестових культур. Редис обрано як тестову культуру тому, що це рекомендована у більшості методик культура, кукурудза переважно використовується під час біологічної рекультивації і за літературними даними, вона є чутливою до дії багатьох забруднювачів, зокрема нафти. За узагальненими даними двох повторень виявлено, що ґрунти досліджуваних свердловин не чинили токсичної дії на схожість і розвиток проростків, але виявлено токсичну дію фонових ґрунтів, який інгібував схожість насіння редису відносно водного контролю на 35–40%, пригнічував ріст корінців проростків на 51–58%, знижував довжину ростків проростків на 19–37%, що може бути пов'язане з погіршеними агрофізичними властивостями даної ділянки. У середньому, за зведеним показником токсичності пригнічення рослин становило 44%.

Підсумкову оцінку стану ґрунту в різних точках проведено з використанням інтегрального показника біологічного стану ґрунту (ІПБС). Дослідження показало, що ґрунт першого досліджуваного рекультивованого майданчика є слабкодеградованим, зниження ІПБС складає 19% (рис. 2).

Слід зауважити, що у фонових ґрунтах спостерігалось зниження чисельності мікроорганізмів, ферментативної активності і фітотоксичної активності, ймовірною причиною чого є несприятливі агрофізичні властивості ґрунту.

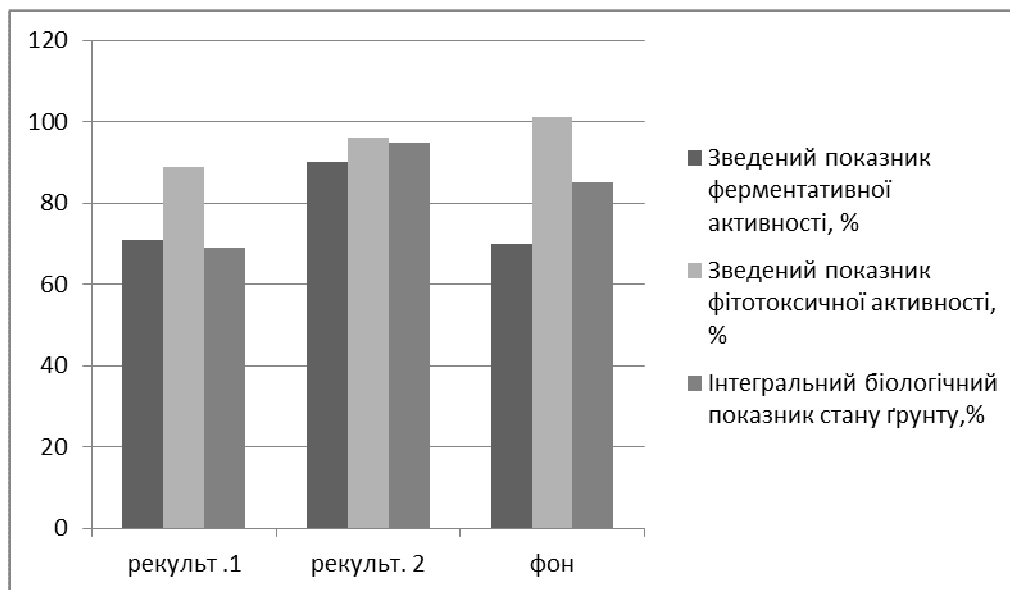


Рис. 2. Оцінка стану ґрунту за ШБС

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено, що за досліджуваними агрофізичними, фізико-хімічними і хімічними властивостями фонові і рекультивовані ґрунти істотно не відрізнялися, а основним чинником, що лімітує їх родючість є підвищені параметри показника щільності складення. Проте, показники, що характеризують підтримувальну екосистемну послугу є більш інформативними при оцінюванні стану ґрунту, адже диференціація їх параметрів дозволяє виявити приховані біологічні наслідки фактору, що впливає на екосистему, та діагностувати зміни на ранніх стадіях їх розвитку. Підтримувальні екосистемні послуги ґрунту необхідні для надання всіх інших екосистемних послуг – продуктивних, регулюючих і т. ін. Комплекс мезо- та мікрофауни є ланкою трофічного ланцюга та кругообігу речовин у природі. Діяльність безхребетних створює умови для активної діяльності аеробних бактерій. Ґрунтові мікроорганізми, в свою чергу, забезпечують широкий спектр важливих екосистемних послуг, необхідних для забезпечення сталого функціонування всіх екосистем. Вони регулюють динаміку органічної речовини ґрунтів, емісію парникових газів, модифікують фізичну структуру та водний режим ґрунту. Ці послуги є не лише важливими для функціонування природних екосистем, але є важливим ресурсом для сталого управління сільськогосподарськими системами. Тому застосування біологічних показників є необхідним під час проведення агроекологічного моніторингу ґрунтів у місцях діяльності нафтогазовидобувних підприємств і компаній для об'єктивної характеристики стану ґрунту та прогнозу його відновлення, а отже, мають стати невід'ємними індикаторами стану ґрунту при складанні звітної інформації, щодо оцінки впливу на довкілля об'єктів нафтогазовидобувної діяльності.

Література

- 1 Аристовская Т.В. Методы изучения микрофлоры почв и её жизнедеятельности / Т.В. Аристовская, Ю.А. Худякова // Методы стационарного изучения почв. – М.: Наука, 1977. С.141–286.
- 2 Ацци Дж. Сельскохозяйственная экология / Дж. Ацци; пер. с англ. Н.А. Емельяновой, О.В. Лисовской, М.П. Шикеданц; под ред. В.Е. Писарева. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1959. – . 242–243.
- 3 Буланова-Захваткина Е. М. Панцирные клещи – орибатидаы. М.: Высш. шк., 1967. 254 с.
- 4 Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экологические функции почвы. Москва, Издательство: МГУ, 1986. – 136 с.
- 5 Долин В. Г. Определитель личинок жуков-щелкунов фауны СССР. К.: Урожай, 1978. – 128 с.

- 6 Жуков А.В., Задорожная Г.А. Оценка экоморфогенеза педозема и чернозема обыкновенного на основе показателей твердости /Агрохімія і ґрунтознавство. 2015.- с.72-80
- 7 Журавель М. Ю., Дрозд О. М., Дядін Д. В., Клочко Т. О. Еколого-геохімічні особливості ґрунтів рекультивованих бурових майданчиків нафтогазових свердловин // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2017. № 1 (15). С. 47–55.
- 8 Журавель М. Ю., Дрозд О. М., Дядін Д. В., Яременко В. В. Особливості агрофізичного стану та накопичення важких металів у агроєкосистемі рекультивованих бурових майданчиків // Вісник ХНАУ. 2014. С. 112–121.
- 9 Журавель М.Ю., Дрозд О.М., Дядін Д.В., Яременко В.В. Особливості агрофізичного стану та накопичення важких металів в агроєкосистемі рекультивованих бурових майданчиків // Вісник ХНАУ імені В.В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів». 2014. № 2. С. 112-121.
- 10 Журавель М.Ю., Найдьонова О.Є., В.В. Яременко Застосування біологічних показників для визначення агроєкологічного стану рекультивованих ґрунтів /Агрохімія і ґрунтознавство. 2015.84. с. 80-88
- 11 Журавель Н. Е., Леженина И. П., Клочко П. В., Яременко В. В. Мониторинг почвенной мезофауны на рекультивированных землях Игнатьевского газонефтяного месторождения (Украина, Полтавская область) // Вісник Харківського університету. Вип. 18. Сер. Біологія, № 1079. 2013. С. 75– 83.
- 12 Карягина Л.А. Определение активности полифенолоксидазы и пероксидазы в почве / Л.А. Карягина, Н.А. Михайловская // Весці АН БССР, серія с/г навук. – Мінск, 1986. – № 2. – С. 40–41.
- 13 Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Харьков : «Міськдрук», 2012. 535 с.
- 14 Методы почвенно-зоологических исследований / под. ред. М. С. Гилярова. М.: Наука, 1975. 280 с.
- 15 Методы почвенной микробиологии и биохимии /под ред. Д.Г. Звягинцева – М.: Изд-во Московского ун-та, 1980. – 224 с.
- 16 Мишустин Е.Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов . М.: Наука, 1975. С. 24.
- 17 Муха В.Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов / В.Д. Муха // Сб. науч. тр. ХСХИ, т. 273, Харьков, 1980. С. 13–16.
- 18 Найдёнова О.Е. Биологическая деградация чернозёмов при орошении: дисс. ... канд. биол. наук; спец. 03.00.18 – ґрунтознавство – Харьков, 2010. – 327 с.
- 19 Определитель обитающих в почве личинок насекомых / Под ред М. С. Гилярова. М.: Наука, 1964. 919 с.
- 20 Оцінка екосистемних послуг засоленних ґрунтів під впливом меліорації (методичні рекомендації); за ред. С. А. Балюка, О.М. Дрозд. Харків.: ФОП Бровін О. В. 2017. 128 с.
- 21 Павличенко, П. Г. Определитель цератозетоидных клещей (Oribatei, Ceratozetoidea) Украины. К. : Изд-во Ин-та зоологии им. И. И. Шмальгаузена, 1994. 143 с.
- 22 Павлов Д.С., Стриганова Б.Р., Букварева Е.Н., Дгебуадзе Ю.Ю. Сохранение биологического разнообразия как условие устойчивого развития. М.: ООО «Типография ЛЕВКО», 2009. 84 с.
- 23 Пространственная агроэкология и рекультивация земель: монография / [Демидов А.А., Кобец А.С., Грицан Ю.И., Жуков А.В.]. – Днепропетровск : Изд-во «Свидлер А.Л.», 2013. – 560 с.
- 24 Пространственная экология почвенных животных / А. Д. Покаржевский [и др.]. М. : Тов-во науч. изданий «КМК», 2007. 174 с.
- 25 Сэги Й. Методы почвенной микробиологии / под ред. Г.С. Муромцева; пер с венг. И.Ф. Куренного. – М.: Колос, 1983. – 296 с.
- 26 Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М.: Колос, 1972. – 199 с.
- 27 Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. М.: Высш. шк., 1971. 424 с.
- 28 Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1976. – С. 39–40.
- 29 Юрченко Д.Ю. Визначення локальних змін фізичних та водних властивостей ґрунтів Прикарпаття на територіях об'єктів нафтогазовидобутку / Екологічна безпека та раціональне природокористування. Науковий вісник ІФНТУНГ. 2011. № 4(30). С.82-86.

- 30 Food and agriculture organization of the united nations <http://www.fao.org/about/en/>
- 31 Glenk K., McVittie, Moran D. Soil and Soil Organic Carbon within an Ecosystem Service Approach Linking Biophysical and Economic Data. Scottish Agricultural College, 2011. 43 pp.
- 32 Lehmann A., David S., Stahr K. TUSEC – Handbuch zur Bewertung von natürlichen Böden und anthropogenen Stadtböden [TUSEC – a manual for the evaluation of natural soils and anthropogenic urban soils]. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, 2008. 224 p.
- 33 MEA (Millennium Ecosystem Assessment). Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Washington: Island Press, 2005. 155 p.
- 34 TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). Ecological and Economic Foundations / Edited by P.Kumar. London and Washington: Earthscan, 2010. 422 p.

Надійшла до редакції 03 грудня 2018 р.

***O. M. Drozd^{1,2}, M. Yu. Zhuravel³,
O. Ye. Naidionova², I. P. Lezhenina⁴,
N. Yu. Polchaninova⁵***

¹*O. M. Beketov National University of
Urban Economy in Kharkiv,*

²*National Scientific Center “Institute for Soil Science and
Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky”,*

³*“Intellect Service LTD”,*

⁴*V.V. Dokuchaev National Agricultural
University of Kharkiv,*

⁵*V.N. Karazin Kharkiv National University*

THE DETERMINATION OF LOCAL CHANGES IN THE SUPPORTING ECOSYSTEM SERVICE OF SOIL ON THE TERRITORY OF OIL AND GAS PRODUCTION

The temporary withdrawal of agricultural land for the construction or overhaul of wells and pipelines laying is, in essence, an interference with the natural soil-forming process, the result of which is a change in the implementation of the ecosystem functions of the soil and, consequently, ecosystem services of the soil.

The article analyses the influence of industrial activity and soils reclamation on the implementation of the supporting ecosystem service of soil. Such indicators as agrophysical, physico-chemical, chemical indices of soil, species composition, trophic structure and the state of the indicator groups of the invertebrates (rainworms, enchytraeids, larvae of elaterids), the number of the microorganisms of the main ecofunctional and taxonomic groups (bacteria that absorb organic and mineral nitrogen, actinomycetes, microscopic fungi, oligotrophic bacteria), enzymatic activity and soil toxicity were selected as indicators of anthropogenic change. Four soil samples were taken at each experimental and background site for the reckoning of mesofauna (50×50×30 cm). Thus, 1 m² of land was surveyed on each experimental area. The final evaluation of the soil condition at different points was carried out using the integral index of the biological state of the soil (IIBS).

Following the research of the agro-ecological state of the soil on the territory of two rehabilitated sites of oil and gas production wells local changes in the supporting ecosystem service are defined within the spread of gray forest soil. It is established that the general unfavorable property of background and recultivated soils is high density indices. Unfavorable agrophysical properties determine the differentiation of the parameters of the analyzed indicators of the supporting ecosystem service of soil. The article proves the expediency of using the complex of the most informative biological indicators to assess the quality of reclamation and the state of reclaimed soils.

Key words: ecosystem services, soils, reclamation, biological indicators, mesofauna, microbial cenosis of soil, enzymatic activity of soil, phytotoxic activity of soil.

References

- 1 Aristovskaya T.V. Metody izucheniya mikroflory pochv i eyo zhiznedeyatel'nosti / T.V. Aristovskaya, Yu.A. Hudyakova // Metody stacionarnogo izucheniya pochv. – M.: Nauka, 1977. S.141–286.

- 2 Acci Dzh. Sel'skohozyajstvennaya ekologiya / Dzh. Acci; per. s angl. N.A. Emel'yanovoj, O.V. Lisovskoj, M.P. Shikedanc; pod red. V.E. Pisareva. – M.: Izd-vo inostranoj literatury, 1959. – . 242–243.
- 3 Bulanova-Zahvatkina E. M. Pancirnye kleshchi – oribatidy. M.: Vyssh. shk., 1967. 254 s.
- 4 Dobrovol'skij G.V., Nikitin E.D. Ekologicheskie funkicii pochvy. Moskva, Izdatel'stvo: MGU, 1986. – 136 s.
- 5 Dolin V. G. Opredelitel' lichinok zhukov-shchelkunov fauny SSSR. K.: Urozhaj, 1978. – 128 s.
- 6 Zhukov A.V., Zadorozhnaya G.A. Ocenka ekomorfogeneza pedozema i chernozema obyknovennogo na osnove pokazatelej tverdosti /Agrohimiya i rruntoznnavstvo. 2015.- s.72-80
- 7 Zhuravel' M. Yu., Drozd O. M., Dyadin D. V., Klochko T. O. Ekologo-geohimichni osoblivosti rruntiv rekul'tivovanih burovih majdanchikov naftogazovih sverdlavin // Ekologichna bezpeka ta zbalansovane resursokoristuvannya, 2017. № 1 (15). S. 47–55.
- 8 Zhuravel' M. Yu., Drozd O. M., Dyadin D. V., Yaremenko V. V. Osoblivosti agrofizichnogo stanu ta nakopichennya vazhkih metaliv u agroekosistemi rekul'tivovanih burovih majdanchikov // Visnik HNAU. 2014. S. 112–121.
- 9 Zhuravel' M.Yu., Drozd O.M., Dyadin D.V., Yaremenko V.V. Osoblivosti agrofizichnogo stanu ta nakopichennya vazhkih metaliv v agroekosistemi rekul'tivovanih burovih majdanchikov // Visnik HNAU imeni V.V. Dokuchaeva. Seriya «Rruntoznnavstvo, agrohimiya, zemlerobstvo, lisove gospodarstvo, ekologiya rruntiv». 2014. № 2. S. 112-121.
- 10 Zhuravel' M.Yu., Najd'onova O.E., V.V. Yaremenko Zastosuvannya biologichnih pokaznikov dlya viznachennya agroekologichnogo stanu rekul'tivovanih rruntiv /Agrohimiya i rruntoznnavstvo. 2015.84. s. 80-88
- 11 Zhuravel' N. E., Lezhenina I. P., Klochko P. V., Yaremenko V. V. Monitoring pochvennoj mezofauny na rekul'tivovanih zemlyah Ignat'evskogo gazoneftyanogo mestorozhdeniya (Ukraina, Poltavskaya oblast') // Visnik Harkivs'kogo. universitetu. Vip. 18. Ser. Biologiya, № 1079. 2013. S. 75–83.
- 12 Karyagina L.A. Opredelenie aktivnosti polifenoloksidazy i peroksidazy v pochve / L.A. Karyagina, N.A. Mihajlovskaya // Vesci AN BSSR, seriya s/g navuk. – Minsk, 1986. – № 2. – S. 40–41.
- 13 Medvedev V.V. Monitoring pochv Ukrainy. Har'kov : «Mis'kdruk», 2012. 535 s.
- 14 Metody pochvenno-zoologicheskikh issledovanij / pod. red. M. S. Gilyarova. M.: Nauka, 1975. 280 s.
- 15 Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii /pod red. D.G. Zvyaginceva – M.: Izd-vo Moskovskogo un-ta, 1980. – 224 s.
- 16 Mishustin E.N. Asociacii pochvennyh mikroorganizmov . M.: Nauka, 1975. S. 24.
- 17 Muha V.D. O pokazatelyah, otrazhayushchih intensivnost' i napravlenost' pochvennyh processov / V.D. Muha // Sb. nauch. tr. HSHI, t. 273, Har'kov, 1980. S. 13–16.
- 18 Najdyonova O.E. Biologicheskaya degradaciya chernozymov pri oroshenii: diss. ... kand. biol. nauk; spec. 03.00.18 – rruntoznnavstvo – Har'kov, 2010. – 327 s.
- 19 Opredelitel' obitayushchih v pochve lichinok nasekomyh / Pod red M. S. Gilyarova. M.: Nauka, 1964. 919 s.
- 20 Ocinka ekosistemnih poslug zasolenih rruntiv pid vplivom melioracii (metodichni rekomendacii); za red. S. A. Balyuka, O.M. Drozd. Harkiv.: FOP Brovin O. V. 2017. 128 s.
- 21 Pavlichenko, P. G. Opredelitel' ceratozetoidnyh kleshchej (Oribatei, Ceratozetoidea) Ukrainy. K. : Izd vo In ta zoologii im. I. I. Shmal'gauzena, 1994. 143 s.
- 22 Pavlov D.S., Striganova B.R., Bukvareva E.N., Dgebuadze Yu.Yu. Sohranenie biologicheskogo raznoobraziya kak uslovie ustojchivogo razvitiya. M.: OOO «Tipografiya LEVKO», 2009. 84 s.
- 23 Prostranstvennaya agroekologiya i rekul'tivaciya zemel': monografiya / [Demidov A.A., Kobec A.S., Grican Yu.I., Zhukov A.V.]. – Dnepropetrovsk : Izd-vo «Svidler A.L.», 2013. – 560 s.
- 24 Prostranstvennaya ekologiya pochvennyh zhivotnyh / A. D. Pokarzhetskij [i dr.]. M. : Tov vo nauch. izdanij «KMK», 2007. 174 s.
- 25 Segi J. Metody pochvennoj mikrobiologii / pod red. G.S. Muromceva; per s veng. I.F. Kurenogo. – M.: Kolos, 1983. – 296 s.
- 26 Tepper E.Z., Shil'nikova V.K., Pereverzeva G.I. Praktikum po mikrobiologii. M.: Kolos, 1972. – 199 s.
- 27 Fasulati K. K. Polevoe izuchenie nazemnyh bespozvonochnyh. M.: Vyssh. shk., 1971. 424 s.

- 28 Haziev F.H. Fermentativnaya aktivnost' pochv / F.H. Haziev. – М.: Nauka, 1976. – S. 39–40.
- 29 Yurchenko D.Yu. Vyznachennya lokal'nih zmin fizichnih ta vodnih vlastivostej rruntiv Prikarpat'ya na teritoriyah ob'ektiv naftogazovidobutku / Ekologichna bezpeka ta racional'ne prirodokoristuvannya. Naukovij visnik IFNTUNG. 2011. № 4(30). S.82-86. Food and agriculture organization of the united nations <http://www.fao.org/about/en/>
- 30 Glenk K., McVittie, Moran D. Soil and Soil Organic Carbon within an Ecosystem Service Approach Linking Biophysical and Economic Data. Scottish Agricultural College, 2011. 43 pp.
- 31 Lehmann A., David S., Stahr K. TUSEC – Handbuch zur Bewertung von natürlichen Böden und anthropogenen Stadtböden [TUSEC – a manual for the evaluation of natural soils and anthropogenic urban soils]. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, 2008. 224 p.
- 32 MEA (Millennium Ecosystem Assessment). Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Washington: Island Press, 2005. 155 p.
- 33 TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). Ecological and Economic Foundations / Edited by P.Kumar. London and Washington: Earthscan, 2010. 422 p.