

Рекультивация земель: агроекологический напрям досліджень

О.А. Демидов, кандидат сільськогосподарських наук
Департамент землеробства Міністерства аграрної політики та продовольства
України, м. Київ

Розглянуто екологічні аспекти досліджень на землях, що рекультивують для формування екологічного пріоритету іоносферної складової в загальній проблемі “людство–діяльність–природа”.

У Нікопольському промисловому вузлі розташоване одне з найбільших у світі родовищ марганцевих руд. Його розробку здійснюють два гірничо-збагачувальні комбінати – Орджонікідзевський і Марганецький, які забезпечують 100 % виробництва марганцеворудної продукції в Україні. Орджонікідзевський ГЗК веде експлуатацію західної частини родовища підземним і відкритим способом. П'ять шахт і два кар'єри розташовані на території Нікопольського і Томаківського районів. Ступінь розвіданості родовищ на гірничо-збагачувальних комбінатах досить висока. Балансові запаси марганцевої руди промислової категорії становлять до 80 % від загальних балансових запасів, а на діючих кар'єрах і шахтах – 85–95 % [24].

Особливістю екологічної ситуації в Дніпропетровській області є те, що кризові вияви на її території не локалізовані, а охоплюють цілі промислові агломерації, басейни видобутку корисних копалин і прилеглі до них території. У результаті більша частина території області може бути віднесена до зон екологічного лиха. Ці та інші причини призвели до значної деградації земельних ресурсів, високого рівня забруднення атмосфери промислових міст, підземних і поверхневих вод, накопичення значної кількості небезпечних відходів виробництва, у тому числі й токсичних.

Нинішню екологічну ситуацію можна охарактеризувати як критичну. Вона формувалася протягом тривалого періоду без урахування об'єктивних законів розвитку і відновлення природно-ресурсних комплексів. У підсумку створилася структурна деформація в економіці, за якої перевага віддавалася розвитку в регіоні ресурсовидобувних і переробних, найбільш екологічно небезпечних, галузей промисловості. Екологічний стан природного середовища оцінюється здебільшого за ступенем відхилення кількісних і якісних характеристик компонентів природи від їхнього природного стану [19].

Антропогенне навантаження на ландшафт спричинює порушення його геохімічної рівноваги, акумуляцію в його компонентах токсичних речовин штучного походження, формування біохімічних аномалій тощо. Це призводить до деградації природних ландшафтів як стійких систем і перетворення їх на антропогенізовані (аграрні, гірничопромислові, рекреаційні, сельбищні, транспортні, комунікаційні тощо), що проявляється у збідненні або докорінній

зміні видів флори і фауни, зниженні їхньої стійкості до техногенного навантаження.

Порушення кругообігу речовини та енергії викликає втрату атмосферою, ґрунтами, природними водами здатності до самовідновлення, стійкості. Розораність земель, збільшення обсягів промислової забудови, гідротехнічного будівництва, гірничі розробки, підземні водо-, газо- та нафтозабори істотно активізують несприятливі природні процеси та явища: засолення ґрунтів, осідання території, абразію, підтоплення земель, розвиток карстових явищ та ін.

Комфортність життя людини і умови її життєдіяльності пов'язані не лише з природно-економічними факторами, а й соціо-екологічною ситуацією. Її напруженість чи несприятливість мають часом вирішальне значення у формуванні рівня комфортності життя населення. Таким чином екологічний стан території, в нашому розумінні, відображає якість не лише природного, а й соціального середовища та ступінь його відповідності певним критеріям комфортності життя. Якість соціального середовища найчастіше визначається особливостями суспільно-природної взаємодії. Взаємодія людини і природи дуже складний і тривалий процес, який охоплює всі сфери життєдіяльності суспільства. Провідну роль у ньому відіграє природокористування: галузеве (промислове, сільськогосподарське, транспортне, будівельне, рекреаційне, водогосподарське, комунально-побутове та ін.), а також міжгалузеве чи інтегральне. Воно реалізується через взаємодію ресурсокористування й ресурсовідновлення, забруднення компонентів природи та проведення захисних заходів для збереження природного середовища, створення екологічної інфраструктури, відновлення екологічного балансу природних систем тощо.

Однією з головних умов відновлювального природокористування є така експлуатація ресурсів природного середовища, яка б не порушувала відтворювального потенціалу, не викликала необхідності у проведенні спеціальних й дорогих відбудовних заходів. Цей принцип – "охорона біологічних ресурсів через їхню розумну експлуатацію" – проголошено Конвенцією про збереження біологічної розмаїтості (1992). Доцільно експлуатований ресурс повинен, опираючись на механізми гомеостазу, самостійно відновлювати свою чисельність до рівня експлуатаційної (промислової). На жаль, площа порушених земель у нашій країні зростає, глибокі зміни природних ландшафтів часто докорінно змінюють їхню структуру. Вплив гірничо-видобувної промисловості сьогодні можна порівняти з тотально-катастрофічними «техногенними сукцесіями». Тому метою нашого поглибленого аналізу й стало визначення стану досліджень техноекосистем.

Проблема оптимізації навколишнього середовища завжди була й залишається надзвичайно важливою, особливо для промислових регіонів нашої країни. Сформовані техногенні ландшафти чинять негативний екологічний вплив на навколишнє середовище, обумовлюючи ланцюг необоротних і згубних наслідків. Основними причинами довгострокової проблеми в рекультивації порушених земель є недостатність науково обґрунтованих, екологічно доцільних технологій, що забезпечують високий економічний і соціальний ефект. Як показує практика, для розробки загальнотеоретичних

питань агроекології та її складової – просторової агроекології – необхідно визначити напрями, методи і можливості оцінювання розвитку складних техноекосистем. Питання просторової екології дозволяють і в підходах просторової агроекології розглянути два ключові принципи: масштабність і просторова неоднорідність властивостей і процесів ґрунтового і біогеоценотичного покриву антропогенно змінених екосистем. Виділяються декілька просторових рівнів, так званих *i*-рівнів (Hoosbeek, Bryant, 1992).

У ґрунтознавстві центральним є рівень *i*, який відповідає педону. Близьким за розміром просторовим поняттям у біогеоценології є парцела. Нижчими ієрархічними рівнями у просторовій організації ґрунту є *i*-1 (ґрунтовий горизонт), *i*-2 (ґрунтова структура), *i*-3 (гранулометрична структура), *i*-4 (молекулярні взаємодії).

На рівнях *i*-2–*i*-4 просторова організація ґрунтового тіла ефективно вивчається методами екологічної мікроморфології ґрунтів [2], що дозволило ввести поняття рівня мікроморфологічної організації – РМО [1].

Для живої компоненти екосистеми ці ієрархічні рівні виявляються в розмірній диференціації тваринного населення [7]. Виділяється мезофауна (рівень *i*-1) з екоморфами підстилкових, ґрунтово-підстилкових, власно-ґрунтових і норних тварин [11, 21]. Рівню *i*-2 відповідає мікрофауна (геоатмобіонти), рівню *i*-3 – мікрофауна (геогідробіонти), рівню *i*-4 – еумікрофауна. Функціонально ієрархічні рівні формують відносно незалежні просторово-часові екосистеми: бактеріально-водоростево-протозойну (екологічний час – до 1 тижня, розмір – до декількох сантиметрів); фунгіально-мікроартроподну (екологічний час – від тижня до року, розмір – ризосфера однієї рослини) і люмбрицидно-рослинну (екологічний час – від місяця до десятків років, розмір – у межах біогеоценозу) [22].

Вищим ієрархічним рівнем є *i*+1 (поліпедон). Екологічною відповідністю цього рівня є біогеоценоз, а господарським еквівалентом – поле (агробіогеоценоз). Рівню *i*+2 (катена) відповідає геоморфологічно пов'язана послідовність біогеоценозів або територія господарства. Рівень *i*+3 (водозбірний басейн) відповідає ландшафту, *i*+4 – регіон, *i*+5 – континент, *i*+6 – глобальний рівень.

Вочевидь, що в результаті промислової діяльності при видобутку корисних копалин відкритим способом відбувається руйнування ієрархічної організації біогеоценотичного (й ґрунту як компонента біогеоценозу) і ґрунтового покриву (ґрунту як природно-історичного тіла) на масштабних рівнях від *i*-4 до *i*+3.

Сукупність всіх техногенних чинників призводить до деградації екосистем на рівнях аж до *i*+4 – *i*+6.

Отже, рекультивация є комплексним науково-практичним засобом відновлення функціональності біогеоценотичного покриву, порушеного внаслідок техногенного впливу і формування нової ієрархічної організації. Відзначимо обмеження по чиннику часу, оскільки відновлення функцій, втрачених у результаті техногенезу, повинне відбутися в межах економічно і екологічно виправданого часового проміжку.

За функціональністю рекультивовані землі можуть перевершити вихідний ґрунтовий покрив – ефект Бекаревича. Але в структурному відношенні техноземи значно відрізняються від природних аналогів на всіх просторово-ієрархічних рівнях.

Вивчення просторової мінливості екологічних і едафічних властивостей, продуктивності і родючості відновлюваних територій є найважливішим методологічним прийомом в оцінці ефективності процесу рекультивації.

Розкривні гірські породи, навіть з одного стратиграфічного ярусу, не можуть бути охарактеризовані як однорідні субстрати [23]. Сучасний технологічний процес розкривання надрудної товщі геологічних відкладень не дозволяє селективно розробляти кожен ярус окремо. Це обумовлює формування відвалів з різними едафічними характеристиками. У такий спосіб, вертикальна неоднорідність товщі гірських порід у результаті техногенезу перетвориться в горизонтальну неоднорідність рекультивованих земель. Значна горизонтальна неоднорідність на різних масштабних рівнях стане характерною властивістю техноземів. Просторова мінливість властивостей техноземів призводить до строкатості екологічних умов для функціонування мікробо-, міко-, фіто- і зооценозу на рекультивованих землях. Локальні просідання поверхні рекультивованих земель також можна визнати результатом просторової неоднорідності. За принципом позитивного зворотного зв'язку локальні просідання самі сприяють зростанню мінливості властивостей техноземів у горизонтальному і вертикальному напрямках, що являє виняткову (надзвичайну) проблему під час формування стійких техногенних ландшафтів.

Урахування просторової неоднорідності екологічних умов, оцінка значення цього явища для існування, динаміки, функціонування і різноманітності біоценозів у межах техногенних ландшафтів є важливим завданням просторової агроекології під час рекультивації земель та застосування в підходах точного землеробства, істотного чинника інтенсифікації сільськогосподарського виробництва.

Нами запропоновано застосування технології точного землеробства в практиці рекультивації земель, показано значення просторової компоненти екологічної різноманітності агробіогеоценозів як умови впровадження системи точного землеробства при рекультивації земель [10]. Дослідники встановили закономірності просторової мінливості фітомаси і проективного покриття фітоценозів, сформованих на техноземах [15, 17] і целюлозолітичної активності техноземів [16].

Між просторовою мінливістю електропровідності техноземів і рядом едафічних властивостей, які впливають на продуктивність фітоценозу, зокрема вміст гумусу, хімізм водного витягу, агрегатний склад техноземів, з'ясовано зв'язок [13]. Це дозволило запропонувати технологію оптимального розміщення точок збору ґрунтових зразків на підставі попередніх даних про просторову мінливість електропровідності [18]. Розроблено експрес-метод визначення вмісту гумусу в техноземах і показано його придатність для оцінки просторової мінливості [8].

Задіяння засобів 3D-геостатистики дозволило встановити закономірності просторової неоднорідності, твердості ґрунту в горизонтальному і вертикальному напрямках [14, 20]. Показано, що ділянки з підвищеною твердістю ґрунту можуть розглядатися як едафогенні аридускули [3], а ділянки з меншою твердістю – як едафогенні потускули. За Г.М. Висоцьким, потускулами є такі ділянки ґрунтового покриву, які посилено промочуються водою, ніж навколишні ділянки. На відміну від потускул, зустрічаються ділянки, які не лише не отримують додаткового водного живлення, але, навпаки, частина опадів стікає або зноситься в сусідні ділянки. Зміни форми ґрунтового мікрорельєфу внаслідок закономірних відмінностей твердості призводять до посилення контрастності перерозподілу вологи між мікростаціями, що створює умови для геоморфогенного утворення потускулів і аридускулів. Тобто, потускулярно-аридускулярна мозаїчна структура покриву дерново-літогенних ґрунтів має геоморфогенно-едафогенну природу.

Вивчення просторової неоднорідності агрегатного складу техноземів дозволило дійти висновку: техноземи характеризуються специфічною агрегатною структурою, що підтверджується статистично [10]. Формування мозаїчного ґрунтового покриву виникло внаслідок особливостей закладки експериментальної ділянки (технічний етап рекультивації) і багаторічної сільськогосподарської рекультивації. Складний і багатовекторний характер процесів ґрунтоутворення в техноземах на ділянці рекультивації проявляє себе в тому, що агрегатні фракції характеризуються специфічними особливостями свого просторового розподілу в межах досліджуваної території. Аналіз агрегатної структури має велике інформаційне значення в оцінці якості сільськогосподарських земель. Простота і дешевизна процедури дозволяє отримувати достатню кількість інформації для геостатистичного аналізу. Цей підхід можна рекомендувати для оцінки строкатості ґрунтового покриву і виділенню одиниць управління в системі точного землеробства для рекультивованих земель [9].

Встановлено закономірності просторової мінливості структури рослинного покриву, що сформувався під час самозаростання техноземів при трансформації агроценозу в біоценоз [4]. Показано високі можливості для фітоіндикації просторової неоднорідності едафічних властивостей техноземів на мезорівні [5].

Визначено, що едафічна складова і особливості рослинного покриву рекультивованих земель створюють специфічні екологічні умови, у відповідь на які формуються просторово відособлені специфічні угруповання герпетобіонтів. Показано ефективність застосування для вивчення тваринного населення в умовах рекультивації земель науково-методичного інструментарію просторової екології.

Висновки

Сьогодні основна увага має бути зосереджена на з'ясуванні таких науково-практичних питань:

♦ Вивчення просторово-часової динаміки фізичних властивостей техноземів (рівні $i-3 - i+1$). Особливе практичне значення має розуміння просторової динаміки формування фізичної стиглості техноземів, створення агрономічно цінної структури і протидії просторово-диференційним просіданням ґрунту. Наукове значення полягає в розробці концепції педонної і поліпедонної просторової організації техноземів та її екологічної ролі.

♦ Дослідження просторово-часової динаміки агрохімічних властивостей техноземів (рівні $i-3 - i+1$), а також виявлення просторової неоднорідності вмісту гумусу та інтенсивності гумусоутворення як чинника, що визначає родючість; вивчення просторової неоднорідності засолення техноземів як чинника, що лімітує родючість.

♦ Оцінка індикаційного значення рослинності на різних просторових рівнях для характеристики едафічних властивостей техноземів (рівні $i - i+2$). Під час самозаростання на техноземах формуються різноманітні рослинні угруповання, які є реактивними показниками едафічних властивостей та їх динаміки. Нині практично не вивчено питання про характер просторової мінливості рослинності техноземів на рівнях педона і поліпедона.

♦ Розробка методологічних прийомів у використанні даних дистанційного зондування землі (ДЗЗ) для характеристики просторової неоднорідності рекультивованих територій на ландшафтному рівні (рівні $i+2 - i+4$). Інформація, яка міститься в космічних знімках Землі, дозволяє отримати обширні дані про рельєф, ґрунтовий і рослинний покриви в межах ландшафтів і водозбірних басейнів. Важливе значення має вивчення цифрових моделей рельєфу і похідних показників, отриманих на їх основі (топографічний індекс вологості, оцінки інтенсивності ерозійних процесів і т. д.).

♦ Розвинення принципів зоологічної діагностики ґрунтів для вирішення завдань рекультивації земель у межах парадигми просторової екології ґрунтових тварин. Зоологічний метод діагностики ґрунтів показав свою ефективність для вирішення спірних та складних питань ґрунтознавства [6]. Техноземи є специфічними антропогенно-природними ґрунтовими тілами, для діагностики яких може бути застосований зоологічний метод. Екологічна різноманітність тваринного населення складає основу інформаційної цінності комплексів тварин [12]. Пізнання просторової неоднорідності тваринного населення техноземів може бути новим напрямом у розвитку зоологічного методу діагностики ґрунтів.

♦ Всебічне використання методів біологічної індикації та її аспектів для прогнозу стану в часі і просторі агроєкосистем на рекультивованих землях, щоб оцінити багаторічні тенденції направлених змін.

♦ Запровадження відбору проб ґрунту з використанням GPS-керованої системи, обладнаної автоматичним ґрунтовим пробовідбірником Nietfeld Dioprob 60, що доцільно для проведення детального грануло- і агрохімічного обстеження.

♦ Проведення картографування електропровідності ґрунту, створення цифрових моделей рельєфу, що дозволить надати комплексну характеристику зміни ґрунтових умов у межах однієї ділянки чи досліджуваного масиву.

♦ Використання сучасної метеостанції *Wateh Dog 2900 ET* та електронних датчиків для відстеження режиму метеоелементів на ділянках для прийняття оперативних рішень щодо технологій вирощування культур.

♦ Створення електронних агрохімічних картограм з використанням програмного забезпечення ГІС для розподілу певного показника ґрунтової родючості в межах поля та електронної картограми території досліджень.

♦ Інтерпретація даних та надання рекомендацій виробництву щодо технології моніторингу врожаю, створення аплікаційних карт завдань для диференційованого внесення мінеральних добрив, енергозберігаючих технологій, GPS-моніторингу тощо.

Бібліографія

1. Белова Н.А. Экология, микроморфология, антропогенез лесных почв степной зоны Украины / Белова Н.А. – Днепропетровск : Изд-во ДГУ, 1997. – 264 с.

2. Белова Н.А. Естественные леса и степные почвы / Н.А. Белова, А.П. Травлев. – Днепропетровск : Изд-во ДГУ, 1999. – 346 с.

3. Бельгард А.Л. Лесная растительность юго-востока УССР / Бельгард А.Л. – К. : Изд-во КГУ, 1950. – 263 с.

4. Бондарь Г.А. Экологическая структура растительного покрова, сформированного в результате самозарастания дерново-литогенных почв на лессовидных суглинках / Г.А. Бондарь, А.В. Жуков // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2011. – № 1. – С. 54–62.

5. ГИС-анализ экологической структуры растительности дерново-литогенных почв на лессовидных суглинках / Г.А. Бондарь, Г.А. Задорожная, О.Н. Кунах, А.В. Жуков // Відновлення порушених природних екосистем: Матер. IV міжнар. наук. конф. (м. Донецьк, 18–21 жовтня 2011 р.). – Донецьк, 2011. – С. 56–60.

6. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв / Гиляров М.С. – М. : Наука, 1965. – 276 с.

7. Гиляров М.С. Сравнительная заселенность почвенными животными темноцветной и подзолистой почв / М.С. Гиляров // Почвоведение. – 1942. – № 9–10. – С. 3–15.

8. Гороя А.И. Разработка экспресс-метода определения гумусу в техноземах для экологической оценки в практике рекультивации земель / А.И. Гороя, С.М. Лисицкая, А.В. Жуков // Сучасні проблеми науки та освіти. Матеріали 11-ї Міжнародної міждисциплінарної науково-практичної конференції. – Ялта. – 2011. – С. 134–135

9. Грицан Ю.И. Геоинформационный анализ экологических свойств техноземов на участке рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью / Ю.И. Грицан, А.В. Жуков, О.Н. Кунах // Экологические проблемы горно-металургических регионов. Прогрессивные информационные

и технологические решения. – Докл. междунар. симпозиума. – Днепродзержинск. – 2010. – С. 48–52.

10. Демидов А.А. Пространственная вариабельность агрегатного состава техноземов / А.А. Демидов, Ю.И. Грицан, А.В. Жуков // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2010. – № 2. – С. 11–19.

11. Жуков О.В. Екоморфічний аналіз консорцій ґрунтових тварин / Жуков О.В. – Днепропетровск : Вид-во “Свідлер А.Л.”. – 2009. – 239 с.

12. Жуков А.В. Продукция и разнообразие комплексов почвенной мезофауны Присамарья / А.В. Жуков // Вопр. степ. лесоведения и лесной рекультивации земель. – Днепропетровск. – 1996. – С. 142–149.

13. Жуков А.В. Геостатистический анализ электрической проводимости техноземов на экспериментальном участке рекультивации земель ДГАУ (г. Орджоникидзе) / А.В. Жуков, О.Н. Кунах // Сучасний стан та проблеми розвитку сільськогосподарських меліорацій – Матеріал. міжнарод. науково-практичної конференції. – Дніпропетровськ : ДДАУ, 2010. – С. 105–107.

14. Жуков А.В. Твердость дерново-литогенных почв на лессовидных суглинках / А.В. Жуков, О.Н. Кунах // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2011. – № 1. – С. 63–69.

15. Жуков О.В. Первичная продуктивность агробиогеоценозов на экспериментальном участке рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью / О.В. Жуков, І.В. Лядская // Вісник Дніпропетровського університету. – 2010. – Вип. 18, т. 1. – С. 29–36. – (Біологія. Екологія).

16. Жуков О.В. Целюлозолітична активність техноземів на експериментальній ділянці рекультивації земель, порушених гірничодобувною промисловістю / О.В. Жуков, І.В. Лядская // Вісник Донецького університету. – 2009. – № 2. – С. 286–290. – (Серія А. Природничі науки).

17. Жуков А.В. Геостатистический анализ распределения фитомассы на участке рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью / А.В. Жуков, И.В. Лядская, А.В. Вагнер // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2010. – № 1. – С. 48–52.

18. Разнообразие почвенной мезофауны на экспериментальном участке рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью / А.В. Жуков, А.Н. Сумароков, О.Н. Кунах, Е.В. Прокопенко // Рекультивація складних техноекосистем у новому тисячолітті: ноосферний аспект: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (29–30 травня 2012 р.). – Дніпропетровськ : Вид-во “Свідлер А.Л.”, 2012. – С. 144–149.

19. Кораблева А.И. К проблеме рекультивации земель, занятых свалками бытовых отходов / А.И. Кораблева, Г.Г. Шматков // Рекультивація складних техноекосистем у новому тисячолітті: ноосферний аспект: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (29–30 травня 2012 р.). – Дніпропетровськ : Вид-во “Свідлер А.Л.”, 2012. – С. 208–209.

20. Кунах О.Н. ГИС-технологии и 3D-описание твердости почвы при рекультивации земель / О.Н. Кунах, Г.А. Задорожна, А.В. Жуков // III-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю. Збірник наукових статей. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – Том. 1. – С. 184–187.

21. Перель Т.С. Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР / Перель Т.С. – М. : Наука, 1979. – 272 с.

22. Покаржевский А.Д., Терыце К.В. Проблема размерности и система оценки риска загрязнения почв ксенобиотиками / А.Д. Покаржевский, К.В. Терыце // Вестник Днепропетр. ун-та. – 1993. – Вып. 1. – С. 44–48. – (Биология. Экология).

23. Устойчивое развитие сложных экотехносистем / [Шемавнев В.И., Гордиенко Н.А., Дырда В.И., Забалуев В.О.]. – М.; Днепропетровск, 2005. – 355 с.

24. Экологический паспорт Днепропетровской области. – Днепропетровск, 2000. – 266 с.