

О.К. Левицька, аспір.

Житомирський державний технологічний університет

ЗМЕНШЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЛІСОВІ ЕКОСИСТЕМИ ГІРНИЧОДОБУВНОГО КОМПЛЕКСУ НА ЕТАПІ БІОЛОГІЧНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ

(Представлено д.т.н., проф. Бакка М.Т.)

Розроблено методику визначення впливу комбінації лісових порід на швидкість ґрунтовідновлення на основі математико-статистичних прийомів. В роботі проведено аналіз форм та близькості зв'язку між показниками, що характеризують процес відновлення ґрунту. Проведено оцінку і ступінь впливу окремих факторів на ґрунтоутворення, визначено провідні фактори. Визначені комбінації деревних порід для прискорення ґрунтоутворення.

Постановка проблеми. В Україні площа земель, порушених гірничодобувною промисловістю, становить близько 162 тис. га (0,3 % від загальної площі нашої країни) [1]. Отже проблема відновлення продуктивності порушених земель надзвичайно актуальна як з екологічної, так і з господарської точок зору. У відповідності до існуючого законодавства, порушені землі підлягають гірничій та біологічній рекультивациі. Щодо останньої, то в умовах Українського Полісся найбільш поширеною і доцільною є лісова рекультивациа (близько 70 % всіх рекультивованих земель цього регіону) [1].

Аналіз досліджень і публікацій. В 1968–1971 роках на відвалах Коростишівського буровугільного розрізу співробітники УкрНДІЛГА заклали дослід з проведення лісової рекультивациі в один етап, без нанесення родючого шару ґрунту. В ході досліду були одночасно висаджені сосна звичайна (основна лісоутворююча порода) та супутні породи. За супутні породи використовувалися: вільха чорна (ВлЧ), береза повисла (БП), акація біла (АкБ), дуб звичайний (ДЗ), ялина звичайна (ЯлЗ) та інші. В досліді застосовували внутрішні відвали, складені третинними (бучакськими вуглистими пісками та глинами, пісками харківського та полтавського ярусів, різнобарвними глинами сарматського ярусу) та четвертинними породами (лесоподібними суглинками, мореними та флювіогляціальними пісками) без нанесення родючого шару ґрунту. За перші 5 років в культурах відбулася диференціациа за станом досліджуваних порід. Береза повисла, вільха чорна та сосна звичайна, як оліготрофи, показали більші прирости в порівнянні з іншими породами. Деякі види субстрату практично випали (ялина звичайна, модрина, липа дрібнолиста, клен гостролистий та клен ясенелистий). Серед лісових насаджень лише 6 видів з 12 проявили добру приживлюваність, а саме: акація біла, акація жовта, сосна Банкса, береза повисла, сосна звичайна, вільха чорна. Показники приживлюваності дуба черешчатого виявилися нормальними, але ріст у висоту видався занадто слабким.

Ґрунтоутворюючий процес в техногенних ландшафтах призводить до утворення перших, піонерних в цих ландшафтах, дрібнопрофільних ґрунтів. В сприятливих кліматичних та ґрунтових умовах через 10–12 років спостерігається початок диференціациі профілю первинних ґрунтів [2]. Ґрунти, які виникають в молодих техногенних екосистемах, за своїм обміном, процесами і властивостями майже завжди близькі до зональних. Але для молодих ґрунтів характерно: низький вміст азоту, висока рухливість гумінових, особливо фульвокислот, невеликий запас органічної речовини, перервані та малопотужні підстилка та дернина.

Для природних ґрунтів, що формуються досить довгий період, в ґрунтознавстві розроблені чіткі підходи та методики щодо оцінки їх стану. Щодо рекультивованих ґрунтів дискусійним є питання про можливість використання загальноприйнятих аналізів при визначенні доступних форм елементів живлення тощо [3]. Для оцінки стану рекультивованих земель можна використати такий показник, як біологічна активність ґрунту. Мірою біологічної активності ґрунту є вміст в ньому ферментів, найбільш поширеними серед яких є гідролази, зв'язані з метаболізмом карбону, нітрогену та фосфору. Дослідженнями [4, 5] встановлено взаємозв'язок між активністю деяких гідролаз з механічним та гранулометричним складом ґрунту тощо. Але до цього часу не запропоновано чітких методичних підходів щодо переліку ферментів, активність яких комплексно та інформативно можуть відобразити ефективність відтворення техногенно-порушених ґрунтів.

Враховуючи те, що активність гідролаз корелює з вмістом органічної речовини [5, 6], можна припустити, що дослідження саме цієї групи ферментів дасть необхідну інформацію про характер ґрунтовідновлення при проведенні лісової рекультивациі. Також за допомогою знаходження активності певних ферментів можна визначити ступінь дії лісових порід на ґрунтоутворення. В дослідженнях визначалась активність уреаз, фосфатази та інвертази.

Уреаза каталізує гідроліз сечовини до аміаку та вуглекислого газу. Аміак, що утворюється в результаті реакції, є елементом живлення рослинних організмів. Активність даного ферменту позитивно

корелюється з вмістом гумусу, загального азоту, глинистих часток, з питомою поверхнею ґрунту, ємністю поглинання [5, 6]. Уреаза відіграє важливу роль у трансформації органічних азотовмісних сполук. Активність уреазу певною мірою може свідчити про азотний режим ґрунту.

Фосфатаза бере участь у мінералізації фосфоровмісних органічних сполук з вивільненням мінерального фосфору. Останній відіграє важливу роль в живленні біоти. Фосфатазна активність ґрунтів позитивно корелюється з вмістом органічного фосфору [5, 6].

Інвертаза каталізує розщеплення сахарози та інших вуглеводнів, які безпосередньо засвоюються корінням рослин. Активність цього ферменту є показником інтенсивності розкладення безазотистих сполук. Їх показники використовують при оцінці ступеня окультуреності та однорідності ґрунту, впливу рослин на біохімічну активність ґрунтів [5, 6]. Ферментативне перетворення вуглеводів забезпечує пересування органічного матеріалу, накопичення в ньому енергії та гумусу.

Мета даної роботи — оцінка ефективності відновлення ґрунтів, сформованих на відвалах розкривних порід Коростишівського буровугільного розрізу (Стрижівська та Кмитівська ділянки) за допомогою математико-статистичних методів.

Матеріали та методи. В польових та лабораторних умовах вивчали активність уреазу, фосфатази та інвертази, концентрацію N, P, K та гумусу на рекультивованих ґрунтах Коростишівського буровугільного родовища, сформованих під різними типами насаджень. Агрохімічні та біологічні аналізи ґрунтів виконували за загальноприйнятими методами [7, 8].

Виклад основного матеріалу. При вивченні ґрунтоутворюючих процесів після проведення біологічного етапу рекультивації працюють з випадковими величинами. Між ґрунтоутворюючими процесами та факторами, що їх спричиняють, існують складні зв'язки. На інтенсивність ґрунтоутворення може впливати декілька факторів. Вивчення цих факторів, їх характеристика та аналіз становлять основну задачу дослідження процесів ґрунтоутворення після рекультивації розробок корисних копалин відкритим способом.

В даній роботі математична обробка виконувалася за результатами польових та лабораторних аналізів рекультивованих відвалів Коростишівського буровугільного розрізу (Стрижівська та Кмитівська ділянки). За допомогою застосування статистичної обробки в роботі розв'язувались наступні задачі:

- визначення статистичних показників, законів їх розподілу і факторів;
- аналіз форм та близькості зв'язку між показниками та факторами;
- оцінка і ступінь впливу окремих факторів на ґрунтоутворення, визначення провідних факторів;
- розробка комбінацій деревних порід для прискорення ґрунтоутворення.

Статистична обробка дослідних даних проводилася в наступній послідовності:

- побудова гістограм для досліджуваних показників (активності уреазу, фосфатази та інвертази) та порівняння їх з контролем;
- оцінка достовірності різниці між досліджуваними показниками за допомогою методу множинних порівнянь Шеффе;
- встановлення тісноти та форми зв'язку між біологічними активностями та вмістом основних елементів ґрунтового живлення, гумусу методом кореляційного зв'язку;
- моделювання взаємозв'язків між досліджуваними ознаками методом регресійного аналізу.

Влітку 2006 року був проведений відбір проб ґрунту для дослідження процесів відновлення біогеоценозів пошарово до глибини 20 см в межах раніше визначених дослідних ділянок [9]. В якості контролю були відібрані проби ґрунту з природних непорушених лісових екосистем аналогічного типу умов місцезростання.

Дослідження ґрунтового профілю дозволили встановити, що на всіх експериментальних ділянках спостерігається не дуже явний розподіл по генетичних горизонтах. Темний гумусований шар ґрунту мав потужність від 0 до 2 см. Тому далі в даній роботі буде розглянуто ступінь ґрунтоутворення саме в діапазоні 0–2 см.

Основні лісоутворюючі породи, які використовувалися в аналізі, мають вік в межах 30–35 років. Дослідні ділянки на рисунках розташовані в порядку збільшення вмісту сосни звичайної (основної лісоутворюючої породи на Поліссі).

В загальному випадку активність ферментів на дослідних ділянках трохи або набагато нижча, ніж на контрольній ділянці. Як правило, це спричинено тим, що більшість порід, які вилучаються при гірничих роботах з надр землі, характеризуються низькою забезпеченістю елементами мінерального живлення в доступній для рослин формі [2].

Для оцінки достовірності різниці між досліджуваними показниками було застосовано метод множинних порівнянь Шеффе, призначенням якого є перевірка гіпотези щодо належності декількох середніх значень до одної генеральної сукупності або виділення груп середніх значень, які належать до одної сукупності. Нульовою гіпотезою в даному методі вважається:

$$\sum_{i=1}^k c_i \bar{X}_i = 0, \quad (1)$$

де c_i — константи такі, що $\sum_{i=1}^k c_i = 0$.

При цьому контрастом називають лінійну комбінацію середніх значень у вибірках, а значення коефіцієнтів c_i обирають в залежності від того, які групи середніх значень ми бажаємо перевірити. Для випадку перевірки не груп, а окремо взятих вибірок, ненульове значення приймають відповідні їм коефіцієнти c_i . Порівнюючи 1-й та 3-й елементи множини з чотирьох вибірок, отримаємо значення вектора коефіцієнтів $C = (1, 0, -1, 0)$. Таким чином, змінюючи вектор коефіцієнтів C , можна перевірити всі комбінації пар вибірок. Критеріальне значення при цьому розраховується за формулою:

$$S = \frac{\left(\sum_{i=1}^k C_i \bar{X}_i \right)^2}{(k-1) S_{BH}^2 \sum_{i=1}^k \frac{C_i^2}{n_i}}. \quad (2)$$

При цьому внутрішньогрупова дисперсія розраховується за формулою:

$$S_{BH}^2 = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2, \quad (3)$$

де $\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}}{n_i}$; k — кількість вибірок; n_i — кількість спостережень в кожній вибірці; $n = \sum_{i=1}^k n_i$ — загальна кількість спостережень.

Якщо розраховане значення S буде більшим за критичне значення розподілу $F_{k-1, n-k, \alpha}$ (критерію Фішера), то гіпотези про рівність середніх значень відповідних вибірок або груп вибірок відхиляються.

Активність досліджуваних ферментів у порівнянні з контролем представлена на рис. 1–3. В даній роботі на гістограмах на рис. 1–3 символом * позначені активності ферментів, які достовірно не відрізняються від контрольних значень.

Аналіз різниці максимальних і мінімальних значень інвертазної активності показав, що вони знаходяться на рівні 6,73–13,22 мг глюкози на грам ґрунту, причому на непорушених землях цей показник складає 10,16 (рис. 1). Найвищі значення активності інвертази спостерігаються на ділянці, де росте акація біла (активність на 30 % більша за контроль). Також серед 25 інших дослідних ділянок лише в 6 активність цього ферменту перевищує контрольні значення на 8–17 %. На цих ділянках сосна звичайна росте в комбінації з вільхою чорною (ВлЧ) та з березою повислою (БП). Причому спостерігається підвищення активності інвертази зі збільшенням вмісту листяних порід дерев (ВлЧ, БП та інших). Це пояснюється тим, що саме в таких екосистемах є достатня кількість як біологічних об'єктів, які виділяють фермент, так і поживних речовин для нього.

Активність інвертази мг глюкози на 1 гр ґрунту

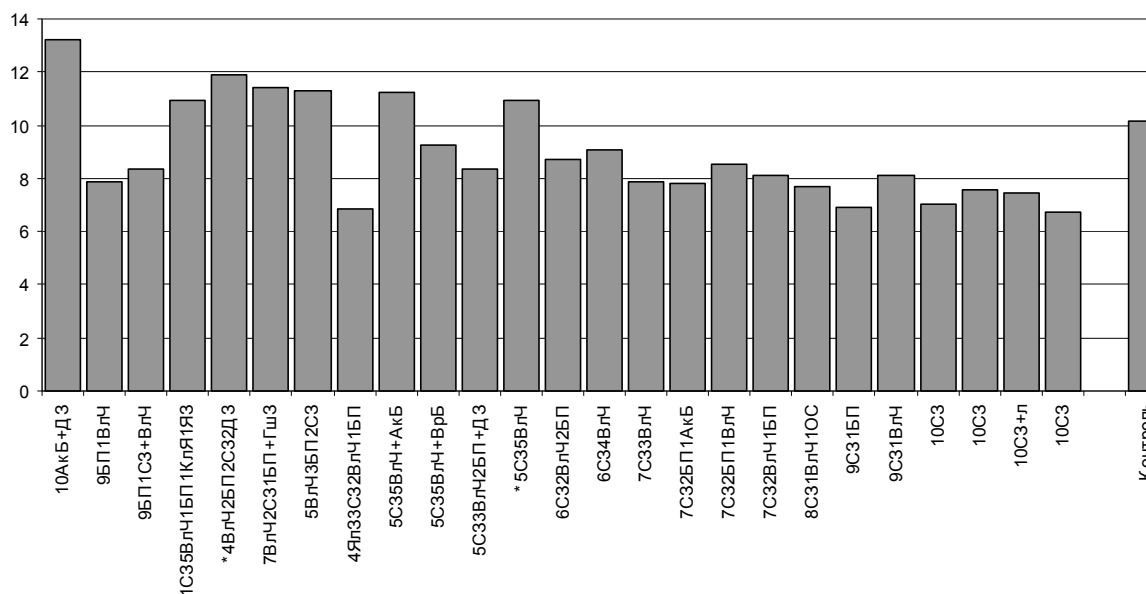


Рис. 1. Активність інвертази на дослідних ділянках

Найнижчі значення активності цього ферменту можна побачити на ділянках, де росте 100 % С3 (69–66 % по відношенню до контролю), 90 % С3 10 % БП (68 %) та 40 % ялина звичайна (Ял3) 30 % С3 (68 %). Це явище можна пояснити тим, що через недостатню кількість листяного опаду виникає нестача субстрату для даного ферменту, через що не відбувається його виділення корінням рослин.

Фосфатазна активність на дослідних ділянках варіює в межах 4,19–12,56 мг P_2O_5 на 10 грам ґрунту, контрольні значення для цього ферменту складає 9,88 (рис. 2). Найвищі значення цього ферменту спостерігаються на ділянках, де росте 50 % ВЛЧ в суміші з С3, БП та іншими листяними породами (на 27 % перевищує контрольні значення) та 70 % ВЛЧ та 20 % С3 і 10 % БП (на 16 % більше). При збільшенні в насадженні частки С3 та зменшенні ВЛЧ спостерігається зниження активності цього ферменту.

Найнижчі показники активності фосфатази спостерігаються на ділянках, де ростуть або чисті насадження С3, або насадження за повної відсутності ВЛЧ, що свідчить про досить низьку забезпеченість фосфором ґрунтів, сформованих під такими насадженнями. А найнижчий показник активності цього ферменту можна побачити на ґрунтах, які утворені за участю ялини звичайної (42 %).

Можна припустити, що забезпечення рослин фосфором було більш стабільним на ділянках, де допоміжна рослина-азотфіксатор кількісно переважала над вмістом С3 в насадженнях.

В загальному динаміка активності уреазі на дослідних ділянках коливається в межах 2,46–14,70 мг NH_3 на 100 грам ґрунту (рис. 3). На відміну від фосфатази і інвертази динаміка накопичення уреазі в ґрунті носить інший характер. Практично на всіх дослідних ділянках спостерігається знижене значення цього ферменту. Отже кількість уреазі в ґрунті набагато нижча, ніж інших ферментів. Це пояснюється значно меншою кількістю живих організмів, які можуть виділяти даний фермент. Найвищі значення активності ферменту уреазі можна побачити на ділянках, де в якості ґрунтопокрашуючої супутньої породи було використано ВЛЧ. На таких ділянках активність ферменту перевищує контрольне значення до 30 %. Найбільш забезпеченим цим ферментом є ділянка, де росте 100 % АкБ (на 57 % вище від значення контролю). Таким чином, найкраще забезпечені уреазою, а отже і азотистими речовинами, ділянки, де застосовувалися меліоративні заходи.

Активність фосфатази мг P₂O₅ на 10 гр ґрунту

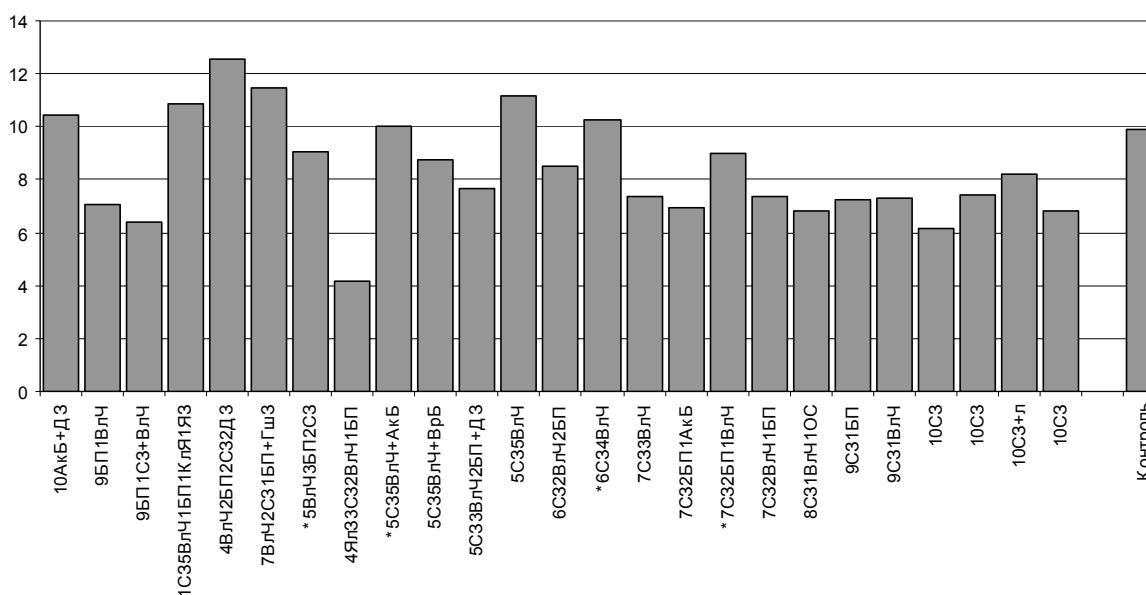


Рис. 2. Активність фосфатази на дослідних ділянках

Активність уреазы мг NH₃ на 100 гр ґрунту

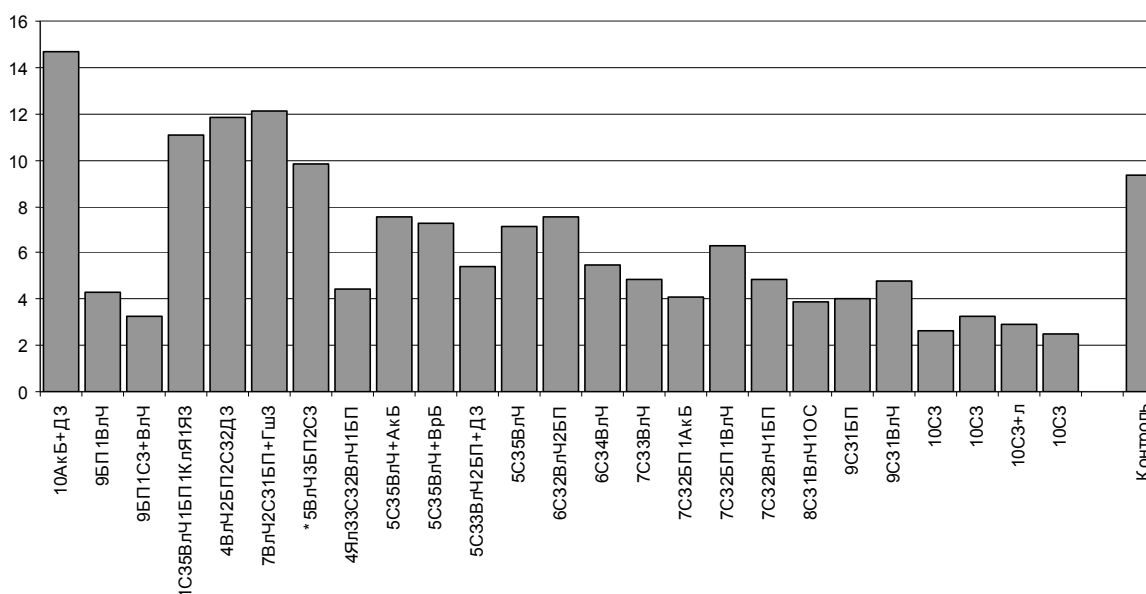


Рис. 3. Активність уреазы на дослідних ділянках

Значно нижчі показники активності уреазы можна побачити на ділянках, де переважає С3, а за супутню породу виступає БП (в 2 рази менше за контроль) або Ял3 (в 2 рази). На ділянках, де росте С3 без застосування меліоративних заходів та без змішування з іншими листяними породами, активність уреазы нижче в 3 і більше разів порівняно з контролем.

Серед математичних прийомів аналізу особлива роль належить виявленню та вивченню зв'язків між досліджуваними явищами. З цією метою використовується апарат кореляційного аналізу, що створює основу для більш ґрунтового дисперсійного, факторіального та регресійного аналізів, які є початком математичного моделювання досліджуваних процесів.

Для того, щоб вирішити питання взаємозалежності між досліджуваними ознаками, для вимірювання сили тісноти і форми зв'язку використовують кореляційний аналіз. Для вимірювання ступеня та напрямку лінійних зв'язків між змінними використовують коефіцієнт кореляції:

$$r = \frac{\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{ns_x s_y}, \tag{4}$$

де $(X - \bar{x})$ та $(Y - \bar{y})$ – центральні відхилення для ознак X та Y від середніх значень \bar{x} та \bar{y} ; n – число пар спостережень; s_x та s_y – стандартні відхилення, розраховані для ознак X та Y .

Стандартну помилку коефіцієнта кореляції визначають за формулою:

$$s_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}, \tag{5}$$

де s_r – стандартна помилка коефіцієнта кореляції; r – коефіцієнт кореляції; n – число пар спостережень.

Критерій значимості коефіцієнта кореляції розраховують за формулою:

$$t_r = \frac{r}{s_r}. \tag{6}$$

Якщо розрахований критерій значимості коефіцієнта кореляції є більшим за відповідне табличне значення коефіцієнта Стьюдента для ступенів свободи $n - 2$, то кореляційний зв'язок є значимим, інакше кореляційний зв'язок вважають несуттєвим.

Під час кореляційного аналізу встановлено тісноту та форми зв'язку між наступними показниками: активностями фосфатази, інвертази, уреаз, вмістом азотовмісних (N), фосфоровмісних (P) і калієвмісних сполук (K) та гумусу. Після проведення кореляційного аналізу можна зробити висновок, що зв'язок між досліджуваними ознаками має лінійний характер. Результати кореляційного аналізу представлені на рис. 4 та табл. 1.

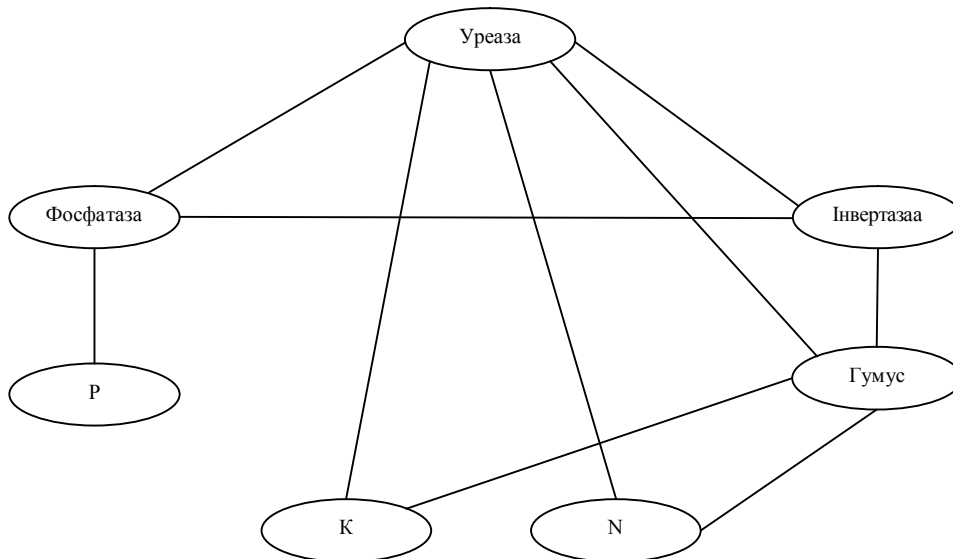


Рис. 4. Схема сильних кореляційних зв'язків між досліджуваними факторами

З аналізу величин коефіцієнтів лінійної кореляції випливає, що найбільш інформативним показником ґрунтовідродження є показник уреазної активності ґрунту. Цей показник знаходиться в тісній кореляційній залежності не тільки з активностями інших ферментів, але і з такими важливими показниками ґрунтовідродження, як концентрація азотовмісних, калієвмісних сполук та гумусу. Отже, чим вище показники активності уреаз, тим інтенсивніше та якісніше йде гумусонакопичення, а отже і ґрунтовідродження.

Таблиця 1

Значення коефіцієнта лінійної кореляції, помилки коефіцієнта кореляції та критерій суттєвості для досліджуваних показників

Показники	Коефіцієнт кореляції, r	Стандартна помилка коефіцієнта кореляції, s_r	Критерій суттєвості коефіцієнта кореляції, $t_{r \text{ факт}}^*$
уреаза – фосфатаза	0,81	$\pm 0,110$	7,33
уреаза – інвертаза	0,94	$\pm 0,064$	14,69

уреаза – К	0,73	±0,127	5,78
уреаза – N	0,91	±0,076	11,98
уреаза – гумус	0,86	±0,096	8,97
інвертаза – фосфатаза	0,87	±0,092	9,41
інвертаза – N	0,87	±0,092	9,38
інвертаза – гумус	0,84	±0,101	8,35
гумус – К	0,83	±0,104	7,99
гумус – N	0,77	±0,118	6,57
фосфатаза – P	0,74	±0,125	6,00

* Якщо $t_{r \text{ факт}} > t_{теор}$, то кореляційний зв'язок суттєвий, в іншому випадку — несуттєвий. Теоретичне значення критерію t знаходиться за таблицею Стюдента, приймаючи 1 %-вий рівень значущості. В цьому випадку $t_{теор} = 2,76$.

В табл. 2 представлені види рівнянь парної кореляції та їх параметрів, застосовані для прогнозування можливих очікуваних значень результативної ознаки. З врахуванням отриманих рівнянь парної кореляції розраховані значення мінімальної концентрації уреазу, сахарози та фосфатази x_{\min} , при якому починається інтенсифікація ґрунтоутворення.

Таблиця 2

Рівняння регресії парної кореляції

Результатуюча ознака, y	Рівняння регресії $y=ax+b$	R^2	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор}}$	x_{\min}
Фактор x – середня активність уреазу					
Гумус	$y=0,3398x+1,2055$	0,74	9,55	4,17	3,97
N	$y=9,1109x+5,5307$	0,82	41,20	4,20	11,58
К	$y=9,7625x+36,159$	0,52	57,82	4,20	3,64
Фактор x – середня активність інвертази					
Гумус	$y=0,545x-1,5568$	0,68	84,02	4,20	12,38
N	$y=14,837x-71,703$	0,74	37,71	4,20	8,78
Фактор x – середня активність фосфатази					
Гумус	$y=1,9467x+2,4741$	0,55	49,34	4,20	8,64

За мінімальну результативну ознаку для рівняння регресії використовувалися показники гумусу, N, К на контрольних ділянках. В результаті регресійного та дисперсійного аналізів були отримані три атрибутивні значення, за якими можна з 32 дослідних ділянок вибрати такі, на яких процеси ґрунтоутворення протікають більш інтенсивно. Шляхом аналізу активності ферментів уреазу, інвертази та фосфатази на всіх дослідних рекультивованих ділянках та порівняння їх з x_{\min} , можна виділити шуканий ряд ділянок:

- ✓ 10АкБ+ДЗ
- ✓ 5ВлЧ1С31БП1КлЯ1ЯЗ
- ✓ 4ВлЧ2БП2С32ДЗ
- ✓ 7ВлЧ2С31БП+ГшЗ
- ✓ 5ВлЧ3БП2С3
- ✓ 5С35ВлЧ+АкБ
- ✓ 5С35ВлЧ
- ✓ 6С34ВлЧ

Сформований список потребує додаткового аналізу з огляду на кінцеву мету дослідження. Крім проблеми відновлення родючості ґрунту в техногенно-порушених землях існує проблема створення насаджень, які є доцільними з господарської точки зору. В тому випадку, якщо буде створено насадження з переважаючим вмістом ВлЧ або АкБ, воно буде занадто затратним, тому що через 25–30 років чорновільхові насадження перетворюються у сухостій, який необхідно вирубати, а на цьому місці посадити нові породи. Насадження, створені лише за участю акації білої, є доцільними для закріплення ґрунту на схилах. Тому потрібно підібрати такі комбінації супутніх порід до СЗ, які були б вигідні з екологічної та господарської точок зору.

Виконаний в даній роботі аналіз має похибку, викликану тим, що аналіз був однофакторним, враховуючи лише один фактор з декількох. При продовженні дослідження вирішити це питання може багатфакторний аналіз, в результаті якого можна буде врахувати більшу кількість факторів, які впливають на ґрунтоутворення після проведення біологічного етапу рекультивативної.

Висновки. Попередню оцінку інтенсивності ґрунтовідновлення порушених гірничодобувною промисловістю земель проведено за допомогою статистичного аналізу.

Оскільки залежність ступеня накопичення основних елементів ґрунтового живлення та гумусу від активності деяких гідролітичних ферментів має лінійний характер, то рівняння лінійної регресії $y = ax + b$ з ймовірністю $p = 0,05$ для оцінки зв'язку можна вважати вірним.

При збільшенні активності ферментів уреазы, інвертазы та, в трохи меншій мірі, фосфатазы ступінь ґрунтовідновлення збільшується згідно з розрахованими рівняннями.

За рівняннями парної регресії розраховується мінімальний рівень активності трьох ферментів x_{\min} . Згідно з параметром x_{\min} серед багатьох комбінацій лісових порід можна вибрати кращі з екологічної точки зору. Невирішеним в роботі залишається питання комбінації основної та супутньої деревних порід для досягнення найкращого результату не тільки з екологічної, але й з господарської точок зору одночасно.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Статистичний щорічник України-2003. – К.: Консультант, 2004. – 632 с.
2. Келеберда Т.Н., Данько В.Н. Биологическая активность мелиорированных ґрунтов промышленных разработок. – В кн.: Рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых. – Тарту, 1975. – С. 93–100.
3. Махонина Г.И., Китаева И.М., Стрижакова Л.Ф., Неверова Н.М. Характеристика двухсотлетних почв, формирующихся на отвалах месторождений медистых песчаников // Структура и динамика биогеоценозов. – 1985. – УрГУ. – С. 144–161.
4. Баранник Л.П., Шмонов А.М. Рекультивация земель. — Кемерово: Кн. изд-во, 1988. – 65 с.
5. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении // Тр. НИИ почвоведения и агрохимии. – Ереван: Айстан. — 1974. – Вып. 8. – 275 с.
6. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. — М.: Наука, 1982. – 203 с.
7. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. — М.: Наука, 1990. – 190 с.
8. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии. — М.: Колос, 1968. – 496 с.
9. Левицька О.К., Левицький В.Г. Формалізація опису дослідних ділянок рекультивованих відвалів Коростишівського буровугільного розрізу // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2006. – № 4 (39). – С. 286–296.

ЛЕВИЦЬКА Олена Костянтинівна – аспірантка кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- рекультивация земель;
- ґрунтовідновлення;
- екологічна безпека.

Подано 22.03.2007

УДК 51-76 : 57.087 : 004.414.38

Зменшення техногенного навантаження на лісові екосистеми гірничо видобувного комплексу на етапі біологічної рекультивациі / Левицька О.К. //

Розроблено методику визначення впливу комбінації лісових порід на швидкість ґрунтовідновлення на основі математико-статистичних прийомів. В роботі проведено аналіз форм та близькості зв'язку між показниками, що характеризують процес відновлення ґрунту. Проведено оцінку і ступінь впливу окремих факторів на ґрунтоутворення, визначено провідні фактори. Визначені комбінації деревних порід для прискорення ґрунтоутворення.

УДК 51-76 : 57.087 : 004.414.38

Уменьшение техногенной загрузки на лесные экосистемы горно-вырабатывающего комплекса на этапе биологической рекультивации / Левицкая Е.К.//

Разработано методику определения влияния комбинации лесных пород на скорость почвообразования на основе математико-статистических приёмов. В работе проведен анализ форм и близости связи между показателями, которые характеризуют процесс обновления почвы. Проведено оценку и степень влияния отдельных факторов на почвообразование, определено основные факторы. Определены комбинации древесных пород для ускорения почвообразования.

УДК 51-76 : 57.087 : 004.414.38

Reduction of anthropogenic burdens of mineral resource industry on forest ecosystems on the biological phase of land reclamation / Levitska O.K.//

In this paper we investigate how different tree species influence on properties of soil reclamation process. We analyze by statistical data manipulation existing relations between markers of soil quality. After determining of main soil quality factors we propose combination of tree species which makes it faster to provide soil reclamation.