

Моделювання саморозвитку дерново-літогенних ґрунтів техногенних ландшафтів Донецького регіону

Л.В. Єстеревська, доктор сільськогосподарських наук

І.Д. Жолудєва, кандидат біологічних наук

ННЦ “Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського”–

Луганський національний університет імені Тараса Шевченка

Розроблена модель саморозвитку профілю дерново-літогенних ґрунтів техногенних ландшафтів, яка дозволяє зробити прогноз накопичення органічної речовини та її розподіл по профілю на 450 років. Модель ідентифікована даними із вмісту гумусу у верхніх горизонтах техногенних ґрунтів віком 35–37 років.

На думку О.О. Роде, ґрунт як компонент біогеоценозу найбільш повільно змінюється і є “консервативним”. З іншого боку, визнається той факт, що в історії розвитку ґрунту є початковий період, протягом якого ґрунт змінюється доти, доки не придбає деякої суми ознак, властивої зрілому ґрунту [1]. За О.О. Роде, існує два типи зміни ґрунтів у часі: саморозвиток та еволюція. Формування ґрунту з породи до зрілого стану за стабільного стану факторів ґрунтоутворення визначається як саморозвиток ґрунту. Іншим типом зміни ґрунту у часі є еволюція – зміна зрілого ґрунту, що викликана зміною умов ґрунтоутворення зі зміною його класифікаційного стану. Поняття про саморозвиток ґрунтів та біогеоценозів до стану динамічної рівноваги з умовами середовища є вихідними в проблемі еволюції ґрунтів. Але більшість уявлень про еволюцію базується на тих ґрунтах, які вже сформувалися в природі: “...наша мысль как бы находилась в плену существующих, наблюдаемых фактов, из числа которых и черпали материал... Между тем, несомненно, что возможные пути эволюции почв на самом деле гораздо богаче, гораздо разнообразнее, но они остаются для нас неизвестными, ибо в окружающей нас природе они еще не осуществлялись” [1, с. 131]. Ці слова О.О. Роде виявилися пророчими. Відвали гірських порід є тими субстратами, на яких сьогодні розвиваються сукцесії рослинності, відбувається обмін речовин і енергії, унаслідок чого порода еволюціонує в ґрунт. Молоді ґрунти техногенних ландшафтів, у яких склад і властивості материнської породи точно встановлені, є дуже зручною моделлю для вивчення швидкості ґрунтоутворювального процесу, його стадійності і залежності від характеру сукцесій.

Матеріали та методи досліджень. Об’єктом досліджень були процеси ґрунтоутворення під лісокультурними екосистемами на спланованих відвалах родовища вогнетривких глин у м. Часів-Яр Донецької області. Розробка корисних копалин тут відбувається відкритим способом понад 100 років.

Вік досліджених відвалів становить 35–37 років. До глибини 1,5–2,0 м субстрати складені пухкими осадовими породами – лесоподібними суглинками середньо- і важкосуглинистого гранулометричного складу. Основна форма рельєфу – короткохвилястий мезорельєф з пологими схилами.

На початку біологічного етапу рекультивації сплановані відвали уявляли собою недиференційовану породну масу з однорідними властивостями по всьому профілю. Вихідний вміст органічної речовини в породі коливався в межах 0,49–0,57 % за рахунок незначної домішки гумусованого горизонту зонального ґрунту на технічному етапі рекультивації.

До посадки лісових культур поверхня відвалів заростала трав'янистою рослинністю протягом 5–10 років. Далі на певних ділянках були висаджені 2–3-літні саджанці ліщини звичайної, ясена зеленого, акації білої, берези бородавчастої, клена гостролистого, липи серцелистої. Вік лісових культур на момент проведення досліджень становить 25–27 років, висота 10–15 м, насадження зімкнуті. Під пологом лісових культур багато трав'янистої рослинності, зустрічаються гриби, мохи. Потужність лісової підстилки – 3,5–5,0 см.

Зразки ґрунтів відбирали за ДСТУ 4287:2004, для визначення вмісту органічної речовини використовували ДСТУ 4289:2004 [2, 3].

Результати досліджень та їх обговорення. Перші дані про вміст органічної речовини на досліджуваних об'єктах були одержані через 9 років після початку проведення біологічної рекультивації [4]. Порівняння цих даних з даними, отриманими нами у віці фітоценозів 25 років, дозволяє зробити висновок: протягом досліджуваного періоду сучасного процесу ґрунтоутворення в техногенних ґрунтах швидкість гумусоутворювального процесу в умовах континентального клімату Торецько-Луганського підрайону Донбасу у шарі 0–10 см залишається стабільною. Вміст органічної речовини при цьому збільшується в хроноряду 0–9–25 років відповідно в 2,1–2,3 раза. На глибині 10–20 см кількість органічної речовини збільшилася за перші 9 років у 1,3 раза, а в наступні роки не змінювалася. Швидкість гумусоутворення в шарі 0–20 см дорівнювала мінімальним значенням (таблиця), що підтверджує відоме положення про більш повільну еволюцію нижніх горизонтів ґрунтів [5].

Динаміка вмісту органічної речовини в техногенних ґрунтах у процесі онтогенезу фітоценозу

Об'єкт дослідження	Глибина, см	Середній вміст органічної речовини, %			Швидкість накопичення на рік, %	
		початковий	через 9 років	через 25 років	за 9 років	за 25 років
Лесоподібний суглинок під лісовими насадження із листяних порід	0–10	0,53	1,22	2,59	0,077	0,082
	10–20	0,47	0,61	0,63	0,016	0,006

За морфологічними ознаками профіль досліджуваних ґрунтів діагностується як профіль дерново-літогенного слаборозвиненого ґрунту з наявним гумусно-аккумулятивним (дерновий) горизонтом потужністю 10–12 см.

Дослідження щодо накопичення органічної речовини у молодих ґрунтах техногенних ландшафтів дозволяє обґрунтовано підійти до з'ясування можливої швидкості утворення в них зрілого профілю. Загальноприйнятим постулатом у ґрунтознавстві вважається те, що переважна більшість сучасних ґрунтів має вік, який обчислюється багатьма тисячоліттями [6].

Існує ряд робіт закордонних і вітчизняних дослідників, в яких зроблені спроби спрогнозувати час відновлення ґрунтів техногенних ландшафтів після проведення рекультиваційних робіт до рівня зональних. Так, D.W. Anderson [7] за даними про накопичення азоту і вуглецю під природною рослинністю на відвалах, складених карбонатними льодовиковими відкладеннями, розрахував, що для умов семиаридного клімату в США буде потрібно 250–350 років для досягнення рівня природних ґрунтів за вмістом азоту і вуглецю.

Проведені нами дослідження дозволяють зробити висновок про спрямованість ґрунтоутворювального процесу в техногенних ґрунтах Донбасу за зональним типом. Тому цілком реальна розробка прогнозу “ґрунту-моменту” як компонента сучасного ландшафту за спрямованої природної (природного заростання відвальних субстратів) чи антропогенної (штучно створених лісових екосистем) зміни факторів ґрунтоутворення в умовах степової зони України. Найбільш еволюціонуючим процесом є гумусонакопичення, за якого трансформація мінеральної частини гірських порід має спрямований характер. Нами зроблена спроба оцінити час відновлення (накопичення) вмісту гумусу в молодих ґрунтах техногенних ландшафтів Донецького регіону з використанням робіт Т.Г. Гильманова [8], В.С. Довнар [9]. Час стабілізації гумусонакопичення є важливою характеристикою процесу формування ґрунтів і відбиває зонально-кліматичні умови і ті властивості, що молодий ґрунт набуває на ранніх стадіях розвитку.

Під час побудови прогнозних моделей враховували, що органічна речовина попадала в гірську породу з моменту її відмирання в субстраті (коренева система) і перетворення наземного рослинного опаду. Потім у різних шарах профілю зверху вниз відбувалася послідовна зміна стадій деструкції речовини до її повної мінералізації. Такий аспект функціонування ґрунту в екосистемі був використаний О.С. Керженцевим і О.В. Кузнєцовою [10] в розрахунках швидкості переходу органічної речовини з одного горизонту в інший з метою розробки моделі трансформації органічної речовини в ґрунті на основі балансового методу.

Нами були прийняті до уваги одержані дані про запаси органічної речовини в реально існуючих дерново-літогенних ґрунтах, а потім розраховані швидкості утворення їх гумусового профілю. Як аналог використано фоновий непорушений ґрунт Донбасу.

За основу прогнозу для оцінки часу стабілізації була використана найбільш проста модель [11], у якій накопичення гумусу визначено за формулою

$$\Gamma_i(t) = \Gamma_i \infty (1 - e^{-K_i t}), \quad (1)$$

де $\Gamma_i(t)$ – вміст гумусу в i -ому горизонті в момент часу t , %; $\Gamma_i \infty$ – його гранична маса (рівень стабілізації) у клімаксоному (еталонному) ґрунті в i -ому горизонті (шарі), %; $K_i t$ – коефіцієнт розпаду органічної речовини в i -ому горизонті.

У наших дослідженнях рівень стабілізації вмісту гумусу в техногенних ґрунтах прийнятий рівним вмісту гумусу в зональному непорушеному ґрунті, вік якого визначений як 10000 років [12]. Для моделі дерново-літогенного ґрунту еталоном слугував чорнозем звичайний, генезис якого зв'язаний з лучно-степовою рослинністю. Для цього ґрунту характерне поступове падіння вмісту гумусу за глибиною профілю. Такі рослинні угруповання, як було відзначено раніше, нині виникли і на відвалах.

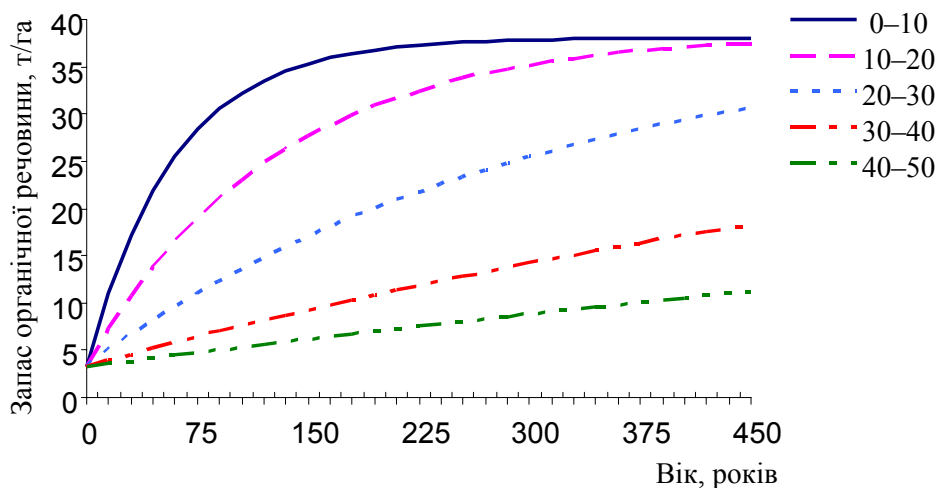
Оскільки “генетичні горизонти” дерново-літогенних ґрунтів мають різну потужність і не збігаються з еталоном, була проведена апроксимація запасів гумусу по глибинах профілю (через кожні 10 см). Знаючи вік ґрунту й апроксимований вміст гумусу в горизонті, ми розраховували коефіцієнти розпаду для глибин 0–10 і 10–20 см за формулою

$$K_i = \frac{-\ln \left(1 - \frac{\Gamma_i(t)}{\Gamma_i \infty} \right)}{t}, \quad (2)$$

де t – час, років.

Час стабілізації (T_{cm}) відповідає 97 % накопичення гумусу від його вмісту у відповідному шарі зонального ґрунту [9].

Додатково зроблена апроксимація розрахованих K_i по глибинах – $K(h)$. В остаточному підсумку була отримана формула прогнозу моделі і його графік для техногенних ґрунтів, сформованих на типовій для степової зони ґрунтоутворювальній породі – лесоподібному суглинку (рисунок).



Прогноз швидкості саморозвитку профілю дерново-літогенного ґрунту в Донецькому регіоні

Модель формування профілю має вид інтегрального рівняння

$$M_i(t) = \int_{h_{i-1}}^{h_i} V(h) + G(h) + (1 - \exp(-K(h) \cdot t)) + dh, \quad (3)$$

де $M_i(t)$ – прогноз запасу гумусу в i -ому горизонті, т/га; $V(h)$ – об'ємна маса ґрунту в профілі, т/м³; $G(h)$ – вміст гумусу в профілі чорнозему звичайного (еталон), %; $K(h)$ – коефіцієнт розпаду органічної речовини по профілю, 1/рік; h_i – глибина горизонту, см;

$$G(h) = 5,29 - 0,000049 h - 0,000084 h^2 - 0,000004 h^3$$

$$K(h) = 0,02428589 / h + 0,0289117 / h^2 - 0,017153 / h^3.$$

Для 10-сантиметрового шару ґрунтів коефіцієнт розпаду органічної речовини в ґрунті становить 0,0170, а час стабілізації гумусового стану до рівня зонального ґрунту – 148 років, для шару 10–20 см – відповідно 0,0078, 324 роки. Подібні результати одержані і для ґрунтів, сформованих під трав'янистою рослинністю. Для шару 0–10 см $K = 0,0174$, $T_{cm} = 146$ років, для шару 10–20 см – відповідно 0,0062; 387 років. Під лісонасадженнями з хвойних порід техногенний ґрунт досягне рівня зонального стану значно пізніше: у шарі 0–10 см $K = 0,0117$, $T_{cm} = 216$ років, у шарі 10–20 см – відповідно 0,0058; 434 роки.

Висновки

1. За 35–37-річний період розвитку сучасного ґрунтоутворювального процесу в техногенних ґрунтах початковий вміст органічної речовини в шарі 0–10 см збільшився в 3–6, у шарі 10–20 см – у 1,3–1,7 рази.

2. Для процесу накопичення органічної речовини в дерново-літогенних ґрунтах, які проходять процес саморозвитку під лісокультурними екосистемами в техногенних ландшафтах Донецького регіону, характерне поступове падіння величини коефіцієнта розпаду органічної речовини вниз по профілю.

3. Максимальні запаси органічної речовини в дерново-літогенних ґрунтах, порівняні з еталоном, будуть досягнуті в шарі 0–20 см через 250–300 років за максимальних темпів гумусонакопичення в перші 50–70 років. На глибині 50 см вміст гумусу не досягне еталонного рівня через 450 років, що підтверджує положення про більш повільну еволюцію нижніх горизонтів ґрунтів.

Бібліографія

1. Роде А.А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв / А.А. Роде. – М. : Гос. изд-во с.-х. лит-ры, 1947. – 142 с.

2. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004. – [Чинний від 2005-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 5 с. – (Національний стандарт України).

3. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини: ДСТУ 4289:2004. – [Чинний від 2005-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 9 с. – (Національний стандарт України).

4. Келеберда Т.Н. Почвообразование на промышленных отвалах под лесной растительностью / Т.Н. Келеберда // Почвоведение. – 1978. – № 9. – С. 109–115.

5. *Етеревская Л.В.* О темпах почвообразования в техногенных ландшафтах Лесостепи Украины / *Л.В. Етеревская, А.В. Мазур, Затер Саид* // *Агрохімія і ґрунтознавство*. – К. : Аграрна наука, 1996. – № 58. – С. 3–18.

6. *Ковда В.А.* Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса / *Виктор Абрамович Ковда*. – М. : Наука, 1973. – Т. 2. – 468 с.

7. *Anderson D.W.* Early stages of soil formation on glacial till mine spoils in semi-arid climate / *D.W. Anderson* // *Geoderma*. – 1977. – V. 19. – P. 11–19.

8. *Гильманов Т.Г.* Математическая модель процесса накопления гумуса в степных почвах / *Т.Г. Гильманов* // *Бюл. Почвен. ин-та им. Докучаева*. – 1975. – № 10. – С. 78–84.

9. *Довнар В.С.* К вопросу построения математической модели динамики гумуса в дерново-подзолистых почвах / *В.С. Довнар* // Спец. выпуск У делегат. съезда ВОП: тезисы докл. – Минск, 1977. – Кн. 5. – С. 245–246.

10. *Керженцев А.С.* Модель трансформации органического вещества в почве: информационные проблемы вещества в почве / *А.С. Керженцев, Е.В. Кузнецова* // *Информационные проблемы изучения биосферы*. – Пущино, 1990. – С. 358.

11. *Иенни Г.* Факторы почвообразования (1941) / *Ганс Иенни*: пер. с англ. *А.А. Роде, С.В. и И.А. Моро*. – М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1948. – 347 с.

12. *Александровский А.Л.* Эволюция почвенного покрова Русской равнины в Голоцене / *А.Л. Александровский* // *Почвоведение*. – 1995. – № 3. – С. 290–297.