

Просторова організація дерново-літогенних ґрунтів на лесах

Г.О. Задорожна, кандидат біологічних наук

М.Г. Бабенко, кандидат сільськогосподарських наук

Встановлено три кластери педонів, які складають просторову організацію дерново-літогенних ґрунтів. Кластер А має горизонт підвищеної твердості на глибині 15–30 см, для кластера С властиве плавне збільшення твердості зі збільшенням глибини. Перехідний кластер В характеризується наявністю у нього горизонту з підвищеною твердістю на глибині 25–40 см.

Учення про структуру ґрунтового покриву багато уваги приділяє дослідженню закономірної зміни властивостей ґрунту як тривимірного тіла [4]. Важливим предметом досліджень є горизонтальна неоднорідність властивостей ґрунту в межах елементарного ґрунтового індивідууму, яка сформувалась під дією ідентичних факторів ґрунтоутворення та виявляється лише за допомогою методів імовірнісної статистики [3].

Якщо ґрунти є самостійними природними тілами, вважає Ф.І. Козловський [2], то вони повинні мати природну межу роздільності, у разі перетинання якої втрачається їх специфічність. Граничне ґрунтове тіло повинне бути тривимірним. Таке тіло запропоновано називати педоном [7].

У дерново-літогенних ґрунтах на лесах спостерігається горизонтальна неоднорідність ґрунтового покриву, що проявляється у вигляді ділянок з підвищеною твердістю, які мають конфігурацію брил з розміром у горизонтальному напрямку 2,5–4 м. Ці брили розташовані в ґрунтовому матеріалі меншої твердості. Тривимірний аналіз дозволяє встановити, що деякі брили мають підстави, що розширюються по напрямку вниз. Деякі з брил характеризуються округлою формою з основою, що зменшується донизу [1].

Педонна та поліпедонна організація ґрунтового тіла потребує кількісного описання форми ґрунтових індивідуумів та їх взаємного розташування. Для цих цілей ми пропонуємо використовувати інструментарій ландшафтної екології, де на іншому масштабному рівні вирішуються подібні задачі математичного описання топології, різноманіття та просторового взаємозв'язку між полігональними об'єктами [6].

Метою нашої роботи було дослідити просторову організацію дерново-літогенних ґрунтів, які штучно створені в процесі рекультивациі порушених земель, встановити закономірності полупедонної структури за даними твердості ґрунту з використанням методичного інструментарію ландшафтної екології.

Матеріали та методи досліджень описані в статті О.В. Жукова та О.Н. Кунаха [1, с. 63–69].

Результати досліджень та їх обговорення. Кожна точка на поверхні ґрунту може бути охарактеризована вектором даних, що описують твердість

грунту на різних глибинах нижче цієї точки. На основі цих векторів може бути проведений кластерний аналіз. Ієрархічний кластерний аналіз є класифікаційною процедурою без навчання. Він дозволяє виявити внутрішню структуру досліджуваного явища. Результати кластерного аналізу залежать від методу амальгамації та обраної міри відстані між об'єктами. Нами був обраний метод Варда як процедура амальгамації (алгоритм об'єднання об'єктів у кластери) і коефіцієнт кореляції Пірсона як міра зв'язку між об'єктами. Коефіцієнт кореляції Пірсона чутливіший до форми вектора, який описує порівнювані об'єкти, ніж до абсолютних значень цього вектора. Тому він кращий для порівняння об'єктів часової або просторової динаміки (рис. 1).

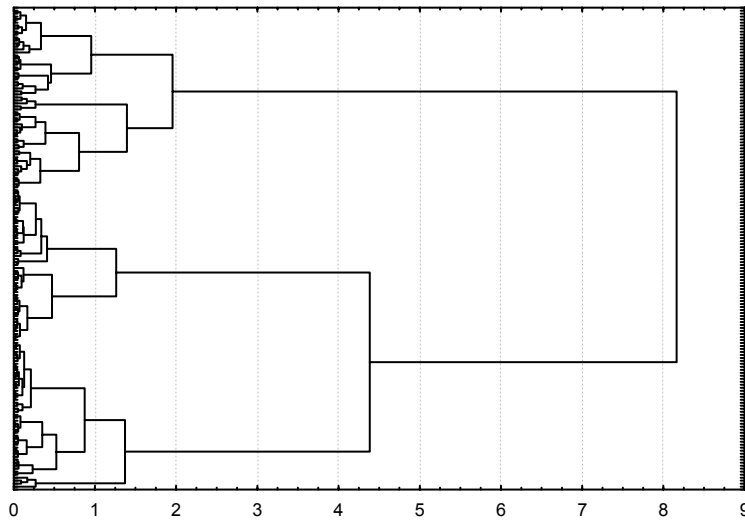


Рис. 1. Ієрархічна дендрограма зразків за даними твердості дерново-літогенних ґрунтів на лесах

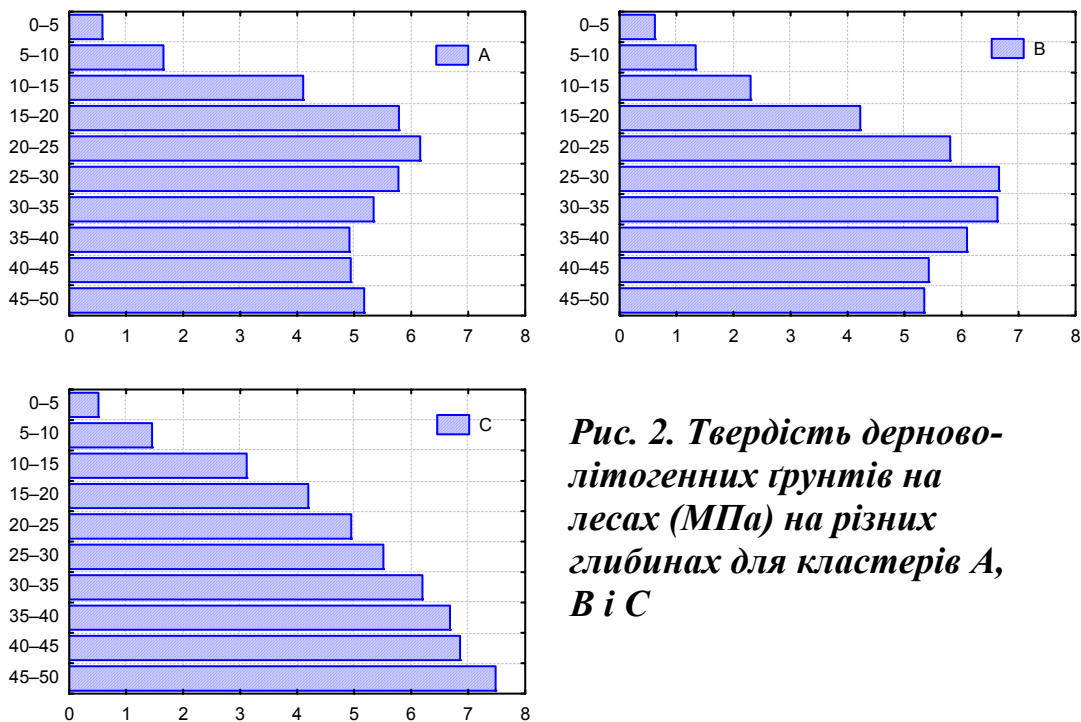


Рис. 2. Твердість дерново-літогенних ґрунтів на лесах (МПа) на різних глибинах для кластерів А, В і С

Аналіз результатів ієрархічного кластерного аналізу дозволяє встановити існування трьох чітко відокремлених кластерів: А, В, С. Профілі твердості ґрунту для кластерів представлено на рис. 2.

Кластер С характеризується плавним збільшенням твердості ґрунту із збільшенням глибини. У цьому кластері спостерігаються найбільші значення твердості ґрунту порівняно з іншими кластерами на глибині 35–50 см і найменші на глибині 0–30 см.

Кластери А і В відрізняються наявністю зони підвищеної твердості на глибинах 15–40 см. Особливістю кластера А є максимум твердості ґрунту на глибині 15–30 см, у кластера В – на глибині 25–40 см.

Відмінності між кластерами статистично достовірні, про що свідчать результати дискримінантного аналізу (табл. 1).

1. Відстань Махаланобіса між центроїдами кластерів дерново-літогенних ґрунтів на лесах (верхня полуматриця) і р-рівні значущості відмінностей (нижня полуматриця)

Кластер	А	В	С
А		18,08	23,24
В	0,00		16,76
С	0,00	0,00	

Відстані Махаланобіса від кожного пункту відбору проб до центроїдів кластерів можна використовувати для побудови карти розташування кластерів у двовимірному просторі (рис. 3).

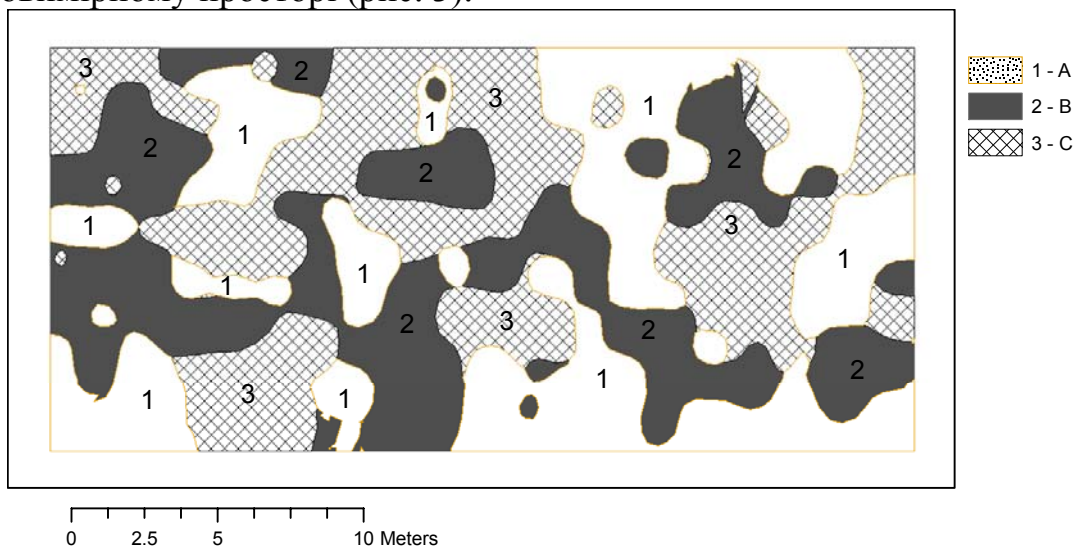


Рис. 3. Кластери твердості дерново-літогенних ґрунтів на лесах

Кластери формують певну просторову структуру, для її описання можуть бути використані кількісні методи ландшафтної екології [8]. Як метрики, що описують форму і взаємне розташування кластерів у просторі, були обрані їх площа, кількість педонів, які входять до кластеру, радіус обертання, індекси форми, проксимальності, контрастно-зваженої щільності меж, індекс зв'язності [6] (табл. 2). В результаті аналізу встановлено, що кластери займають

приблизно рівні частини території ділянки. Середні площі педонів, які належать різним кластерам, приблизно однакові.

2. Ландшафтні показники кластерів дерново-літогенних ґрунтів на лесах

Показник	Кластер (група педонів)					
	А		В		С	
	середн €	CV, %	середн €	CV, %	середн €	CV, %
Площа, %	35,35	–	35,04	–	29,61	–
Кількість педонів	15,00	–	13,00	–	14,00	–
Середня площа педона, м ²	10,00	135,1 5	11,00	127,0 9	9,00	161,0 9
Радіус обертання (GYRATE)	1,23	96,20	1,39	89,34	1,03	117,2 9
Індекс форми (SHAPE)	1,53	32,85	1,51	33,43	1,51	29,66
Індекс проксимальності	55,40	168,4 9	759,03	165,7 1	75,07	216,2 3
Контрастно-зважена щільність меж (CWED)	0,49	–	0,46	–	0,41	–
Індекс зв'язності (CONNECT)	58,10	–	65,38	–	56,04	–
Кластер А представлений 15 педонами, кластер В – 13, а кластер С – 14.						

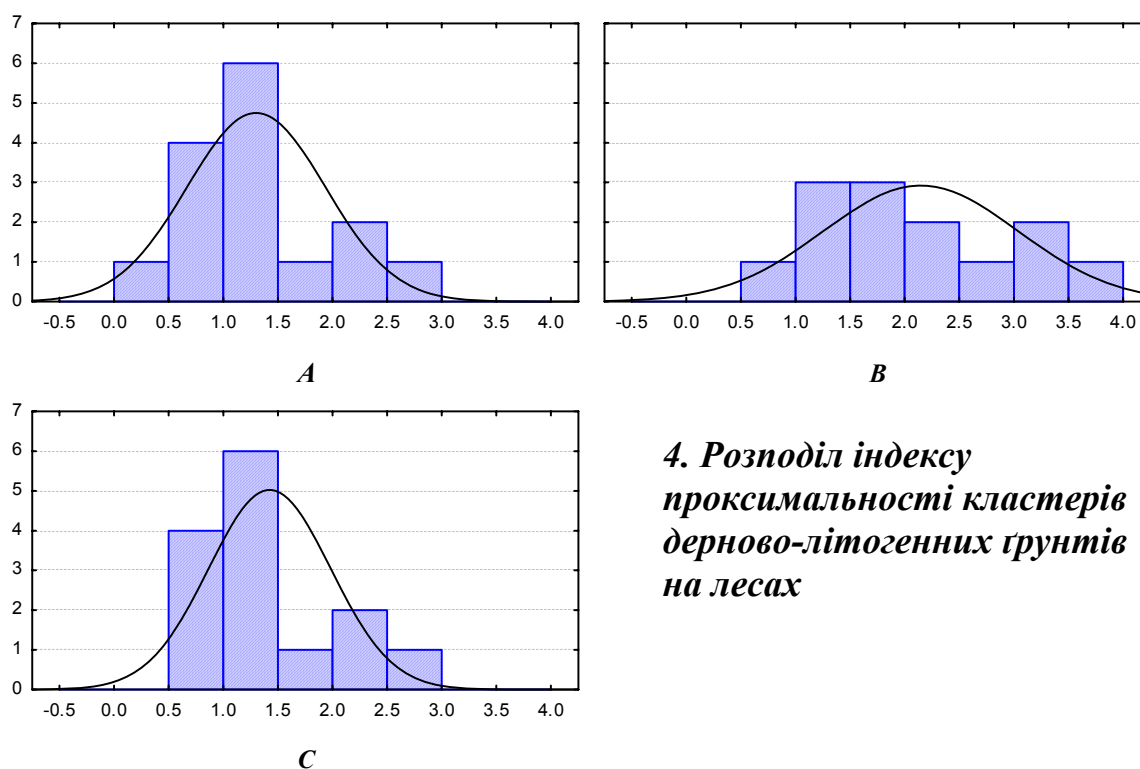
Радіус обертання – це метрика, яка описує протяжність ареалу педона. Чим більший ареал, тим більший радіус обертання. Для фіксованої площі, екстенсивніший ареал (більш протяжний і менш компактний) буде характеризуватися великим значенням радіуса обертання. Якщо врахувати, що педони для всіх кластерів мають приблизно однакову площу, то найкомпактнішими з них будуть педони, що належать до кластера С, а найменш компактні – до кластера В.

Індекс форми базується на співвідношенні між периметром і площею ареалу педона. Мінімальне значення цієї міри дорівнює одиниці. Міра приймає це значення у тому випадку, коли ареал є максимально компактным, вся територія зайнята одним типом ареала. Індекс збільшується при відхиленні форми ареала від форми кола. За цією ознакою форму ареалів педонів, які належать до різних кластерів, можна визнати практично однотипною. Необхідно відзначити, що форма виділених об'єктів залежить від їхньої природи і математичної процедури визначення меж. Крім того, весь простір повністю заповнено досліджуваними об'єктами, тому вони є конгруентними. Усі ці фактори призводять до подібності форми об'єктів, що здебільшого можна визнати математичним артефактом.

Індекс проксимальності [5] характеризує розміри і ступінь близькості всіх ареалів, межі яких знаходяться у межах деякої заданої відстані від фокальної ареалу. Індекс проксимальності кількісно оцінює просторовий контекст ареалів відносно розташування ареалів того ж типу. Зокрема, індекс може диференціювати дифузне розташування малих за розміром ареалів від кластерної конфігурації. За інших рівних умов, якщо на заданій відстані від даного типу ареалу знаходиться більша кількість сусідів того ж типу, то індекс

буде більшим. І, якщо ареали того ж самого типу в межах заданої відстані знаходяться ближче до фокального ареалу, то індекс буде більшим. Таким чином, індекс проксимальності збільшується зі зростанням кількості однотипних сусідів та їх наближеності.

Найвищим індексом проксимальності для дистанції 10 м характеризується кластер В, меншим – кластер С та мінімальним – кластер А. У межах кластера індекси проксимальності кожного педону характеризуються значною мінливістю, тому більш наочно можна представити їх розподіл у логарифмічному масштабі (рис. 4). Розподіл індексів проксимальності для всіх кластерів є бімодальним. У кожному кластері можна виділити групу педонів, що утворюють групу з високою проксимальністю (правий пік на гістограмі), і групу з низькою проксимальністю, в якій педони оточені в основному педонами іншого типу (лівий пік).



4. Розподіл індексу проксимальності кластерів дерново-літогенних ґрунтів на лесах

Контрастно-зважена щільність меж (CWED – Contrast-Weighted Edge Density) дорівнює сумі довжини кордонів ареалу (м), помноженої на відповідну вагу контрастності і поділеної на сумарну площу ареалу (м²). Індекс дорівнює нулю, якщо в межах досліджуваної території немає контрастних меж, тобто вся територія представлена одним типом ареала. Індекс підвищується зі зростанням довжини контрастних кордонів. Ступінь контрастності характеризується відповідною вагою (0 – немає контрасту; 1 – найбільший контраст). Як матрицю ваг контрастів ми використовували матрицю нормованих відстаней Махаланобіса між центроїдами кластерів А, В, С (табл. 3). Найбільш контрастними за своїми властивостями є кластери А і С, а кластер В займає проміжне положення між ними.

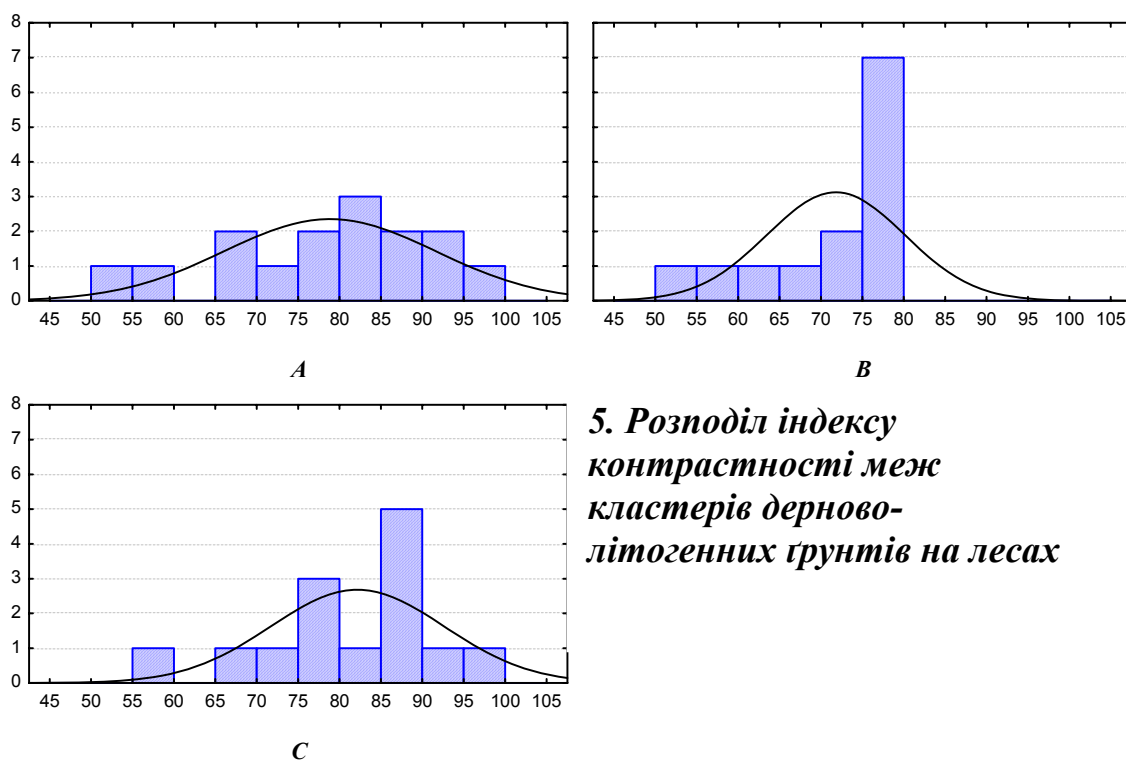
За показником CWED найбільш контрастними межами характеризується кластер А, а найменш контрастні межі має кластер С.

На рівні окремого педона може бути обчислений індекс контрастності меж (ECON – Edge Contrast Index). Кожен сегмент периметра педона оцінюється за ступенем контрастності зі сусіднім педоном. Загальна довжина межі зменшується пропорційно ступеню контрастності з оточенням і представляється у вигляді частки (%) від початкового значення, що і є індексом контрастності меж.

3. Нормована матриця відстаней Махаланобіса між центроїдами кластерів дерново-літогенних ґрунтів на лесах

Кластер	A	B	C
A	0,00	0,77	1,00
B	0,77	0,00	0,79
C	1,00	0,79	0,00

Аналіз характеру розподілу індексу контрастності меж для педонів показав, що для кластерів А і С характерна двувіршинна гістограма, а для кластера В спостерігається виразна тенденція до високих значень контрастності меж 70–80% (рис. 5).



5. Розподіл індексу контрастності меж кластерів дерново-літогенних ґрунтів на лесах

Для кластерів А і С характерні групи педонів, що оточені контрастними сусідами (80–100 %), і педонів з менш контрастними сусідами (50–80 %).

Індекс зв'язності (CONNECT) заснований на визначенні частки (%) педонів того ж типу, що знаходяться в межах встановленої відстані (у нашому випадку 10 м) від фокального педона, від числа всіх педонів, які розташовані на цій відстані. Індекс приймає значення 0, якщо на встановленій відстані немає жодного педону того самого типу; значення 100 – в його оточенні тільки однотипні педони. У нашому випадку індекс зв'язності варіює у дуже вузьких

межах – 56,04 – 65,38 %. Найвищим індексом зв'язності характеризується кластер В, який відповідає показнику проксимальності, що підтверджується значенням відношення частки периметра цього кластера у його межах з педонами інших кластерів.

Висновки

1. За властивостями твердості ґрунту виділено три кластери педонів. У просторі ознак кластери А і С займають протилежні позиції, а кластер В – проміжну. Для кластера А характерний горизонт підвищеної твердості на глибині 15–30 см, для кластера С – плавне збільшення твердості з глибиною. Перехідний характер кластера В визначається наявністю у нього горизонту з підвищеною твердістю на глибині 25–40 см.

2. У просторі кожен кластер представлений деякою кількістю чітко відокремлених утворень, однорідних за властивостями твердості. Ці утворення можна ідентифікувати як педони.

3. У фізичному просторі розташування педонів не випадкове: за приблизно однакової площі, яку займає кожен кластер, зона контактів між ними різна. Протяжність меж (зона контакту) між кластерами А і В у півтора рази триваліша, ніж між цими кластерами і кластером С.

Бібліографія

1. 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.

2. Козловский Ф.И. Почвенный индивидуум и методы его определения / Ф.И. Козловский // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. – М. : Наука, 1970. – С. 42–59.

3. Медведев В.В. Неоднородность почв и точное земледелие / В.В. Медведев. Ч. 1. Введение в проблему. – Харьков, 2007. – 296 с.

4. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова / В.М. Фридланд. – М. : Мысль, 1972. – 422 с.

5. Gustafson E.J. Using an index of habitat patch proximity for landscape design / E.J. Gustafson, G.R. Parker // Landscape and Urban Planning. – 1994. – Vol. 29. – P. 117–30.

6. McGarigal K. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps / K. McGarigal, S.A. Cushman, M.C. Neel, E. Ene Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. – 2002. – Available at the following web site: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

7. Simonson R.W. Concept and functions of the pedon / R.W. Simonson, D.R. Gardner // Trans. Intern. Congr. Soil Sci. 7th Congr. Madison. – 1960. – Vol. 4. – P. 127–131.

8. Turner M.G. Landscape ecology: the effect of pattern on process / M.G. Turner // Ann. Rev. Ecol. Syst. – 1989. – Vol. 20. – P. 171–197.