

As a result of 6 fields research in Polissya, Forest-Steppe and Steppe of Ukraine the features of physical degradation are established, namely: blocks in a superficial layer and overcompaction in an arable layer and in plow pan. Physical degradation was diagnosed in relation to the optimum, modal and maximum permissible parameters received accordingly in modelling research, on the basis of many research and calculation way. The blocks are shown everywhere that testifies to deterioration of process of structurization on an arable land. The overcompaction is shown at edges of fields and in their downturn where influence of running systems of machine-tractor units affects more often. The tillage of fields should be carried out with technology of precise farming because blocks and overcompaction in an arable layer and in plow pan have no continuous character.

Key words: blocks, bulk density, physical degradation.

УДК 631.618:633.2.031

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТВЕРДОСТИ ПЕДОЗЕМОВ

А.В. Жуков¹, Г.А. Задорожная¹, А.А. Демидов²

¹Днепропетровский государственный аграрный университет,

г. Днепропетровск, ул. Ворошилова, 25

²Департамент земледелия Министерства аграрной политики и продовольствия
Украины

(zhukov_dnepr@rambler.ru)

По данным твердости почвы изучена пространственная организация педоземов участка рекультивации Орджоникидзевского ГОК на уровне педона. Выделены группы почвенных профилей (кластеры) с однотипной сменой твердости, которые определены как почвенные индивидуумы (педоны). Установлены меры сходства и различия между выделенными кластерами, их взаимное расположение. Количественная характеристика педонов получена с помощью метрик, которые широко используются в ландшафтной экологии. Результаты исследования свидетельствуют о неслучайном характере взаимного расположения и формы почвенных индивидуумов.

Ключевые слова: твердость почвы, пространственная неоднородность почвенных свойств, рекультивация.

Введение. Рекультивация земель – это комплекс мероприятий по восстановлению почвенных свойств и почвенного плодородия после их антропогенного нарушения, в частности, открытых горных разработок. Характерным свойством рекультивизмов является значительная пространственная неоднородность, обуславливающая пестроту экологических условий для функционирования биоценоза [1]. Почва всегда обладает некоторой степенью неоднородности так как является комплексной функцией горной породы, организмов, климата, рельефа и времени. Почву определяют как открытую четырехфазную структурную систему в поверхностной части коры выветривания горных пород. Элементарной структурной единицей почвы является почвенный индивидуум (педон, тессера, почвенная особь) [2]. Границы педонов определяются как поверхности раздела между почвенными индивидуумами, однако при их определении возникает достаточно много трудностей теоретического и практического характера. Выделенный почвенный индивидуум должен обладать всеми свойствами почвы, что делает проблему технического определения размеров его контуров трудно решаемой и существенно лимитирует разрешающую способность методов [3].

Достаточно удобным инструментом для изучения неоднородности строения почвенной массы является измерение ее твердости пенетрометром, с

помощью которого можно быстро получить данные на сравнительно большой территории [1, 4, 5, 6]. Как отмечает В. В. Медведев, твердость является интегрированным свойством почвы, поэтому исследование пространственной вариабельности твердости дает возможность анализировать организацию сложной почвенной системы на различных уровнях почвенной иерархии [6].

Целью настоящего исследования является изучение пространственной организации педоземов на уровне педона по данным изменчивости их твердости.

Объекты и методы исследований. Работы проведены на научно-исследовательском стационаре Днепропетровского государственного аграрного университета в г. Орджоникидзе. Экспериментальный участок по изучению оптимальных режимов рекультивации земель был создан в 1968-1970 гг. Отбор проб произведен на варианте технозема с насыпным слоем почвенной массы мощностью 0,5 м на технической смеси глин (педозем). Географические координаты юго-западного угла полигона – 47°38'55.24"С.Ш., 34°08'33.30"В.Д.

Полигон был представлен 8 трансектами, каждая из которых состоит из 20 точек отбора проб. Трансекты расположены в направлении с запада на восток с интервалом 1,5 м между соседними. Точки отбора проб также заложены с интервалом 1,5 м. Таким образом, экспериментальный полигон представлял собой регулярную сетку с шириной ячейки 1,5 м. Длина большей стороны полигона равна 28,5 м, меньшей – 10,5 м.

Измерение твердости почв производили в полевых условиях с помощью ручного пенетromетра Eijkelkamp на глубину до 50 см с интервалом 5 см. Средняя погрешность результатов измерений прибора составляет $\pm 8\%$. Измерения производили с конусом с размером поперечного сечения 1 см², в однократной повторности в пределах каждой ячейки.

Статистические расчеты проведены с помощью программы Statistica 7.0., а описание формы и взаимного расположения педонов – с помощью программы Fragstat [8].

Анализ результатов исследований. Каждая точка на поверхности изученного участка почвы характеризуется вектором данных, который описывает твердость почвы на разных глубинах ниже этого места. В результате наших исследований получены данные об изменении твердости по профилю в 160 исследованных точках. С помощью кластерного анализа наши наблюдения отнесены в три сравнительно однородные группы (кластеры) по характеру формирования профиля – А, В, С (рис. 1).

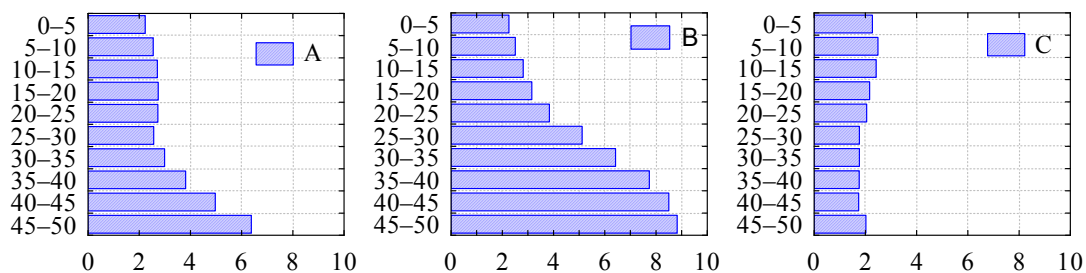


Рис. 1. Изменение твердости педозема в зависимости от глубины для кластеров А, В и С

Примечание: по оси ординат – глубина от поверхности почвы (см);
по оси абсцисс – твердость почвы (МПа).

Для кластеров *A* и *B* характерно увеличение твердости с глубиной, причем у кластера *A* прирост значений начинается с глубины 30 см, а у кластера *B* твердость закономерно нарастает сразу от поверхности до максимальных значений (около 9 МПа) на глубине 0,5 м. На глубине 0,5 м максимальная твердость в кластере *A* составляет чуть больше 6 МПа. Данные твердости кластера *C* характеризуются высокой стабильностью, она незначительно уменьшается с глубиной и колеблется около 2 МПа по всему профилю.

С помощью дискриминантного анализа установлено, что показатели твердости четко дифференцируют выделенные кластеры.

Различие между кластерами оценено с помощью дистанции Махаланобиса между центроидами кластеров (табл. 1).

1. Расстояние Махаланобиса между центроидами кластеров педозема (верхняя полуматрица) и F-отношения (нижняя полуматрица) по данным дискриминантного анализа

Кластер	A	B	C
A	0,00	10,19	6,97
B	47,98	0,00	18,12
C	7,67	19,87	0,00

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что наименьшее расстояние Махаланобиса наблюдается между кластерами *A* и *C*, а наибольшее – между *A* и *B*. Кластер *B* значительно отличается от кластера *C* и в меньшей мере от – кластера *A*. Таким образом, наиболее различны между собой по характеру формирования твердости кластеры *A* и *B*, в то время как *C* больше похож на *A* чем на *B*.

Кластеры, как относительно однородные по свойствам образования, можно идентифицировать как педоны. При попытке установить наличие связей внутри совокупности и попытаться привнести в нее структуру можно предполагать, что педоны типа *C* являются переходной формой между педонами *A* и *B*, а формирование оснований повышенной твердости у педонов *A* и *B* происходит под воздействием различных факторов.

Расстояния Махаланобиса в дискриминантном пространстве каждой точки до центроидов кластеров можно использовать для построения карты расположения кластеров в двумерном (географическом) пространстве. Это позволяет отобразить педоны в пространстве, их характерные ареалы, форму, размер и взаимное расположение (рис. 2).

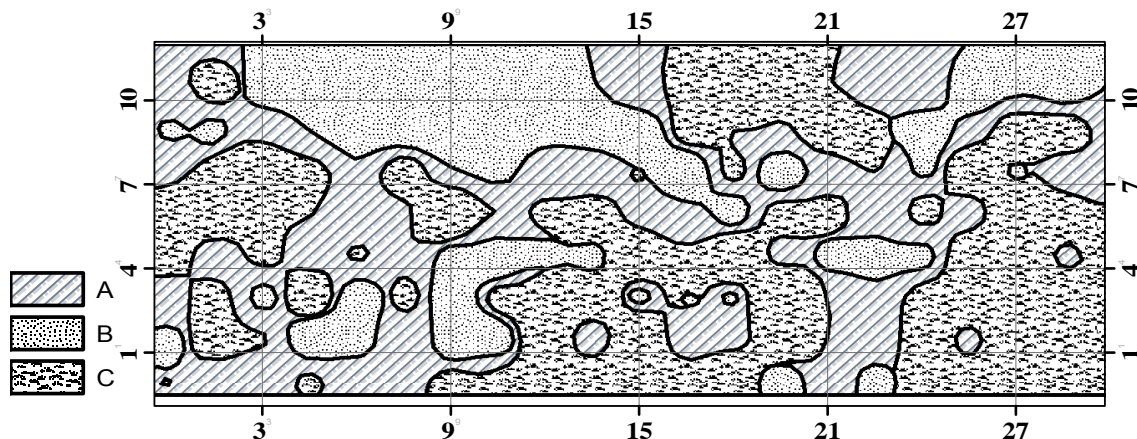


Рис. 2. Карта пространственного размещения кластеров

Кластеры формируют пространственную структуру. Для ее описания мы предлагаем использовать методы, которые широко используются в ландшафтной экологии для описания топологии полигональных объектов [7]. Как метрики, описывающие форму и взаимное расположение кластеров в пространстве, избраны их площадь, количество педонов, входящих в кластер, радиус вращения, индексы формы, проксимальности, контрастно-взвешенной плотности границ, индекс связности [8] (табл. 2).

В результате анализа установлено, что кластеры занимают примерно равные части территории участка. Среднее значение площади педонов типа *A* соответствует 43,61 м², педонов типа *B* – 47,79 м², педонов типа *C* – 8,60 м². Сравнительно малые по площади педоны типа *C* (средняя площадь педона – 3,00 м²) представлены наибольшим количеством относительно педонов других типов.

2. Ландшафтные показатели кластеров педозема

Показатель	Кластеры (группы педонов)					
	A		B		C	
	Среднее	CV, %	Среднее	CV, %	Среднее	CV, %
Площадь, %	43,61	–	47,79	–	8,60	–
Число педонов	5,00	–	7,00	–	13,00	–
Средняя площадь педона, м ²	41,00	156,05	32,00	177,92	3,00	145,58
Радиус вращения (GYRATE)	2,28	119,07	2,23	112,92	0,65	96,90
Индекс формы (SHAPE)	1,95	63,61	1,59	26,96	1,28	19,64
Индекс проксимальности	235,95	93,17	76,67	139,41	6,69	116,68
Контрастно-взвешенная плотность границ (CWED)	0,27	–	0,21	–	0,10	–
Индекс связности (CONNECT)	60,00	–	71,43	–	61,54	–

Радиус вращения описывает протяженность ареала педона. Большим радиусом вращения будет характеризоваться педон с наиболее протяженным и наименее компактным (наиболее экстенсивным) ареалом [9]. На исследованном участке почти одинаковой протяженностью обладают педоны типа *A* и *B* (радиус вращения составляет 2,28 м и 2,23 м соответственно), педоны типа *C* имеют гораздо меньшее значение радиуса вращения (0,65 м) с меньшим разбросом значений.

Индекс формы основывается на соотношении между периметром и площадью ареала педона [9]. Значение единицы эта мера принимает в том случае, когда ареал педона максимально компактный, или вся территория занята одним типом ареала. Данный индекс увеличивается, когда форма ареала отклоняется от формы круга. По нашим данным, педоны типа *C* наиболее компактны, среднее значение их индекса формы – 1,28, в то время как форма педонов типа *A* наиболее протяженная, здесь индекс формы соответствует 1,95. Промежуточное значение у педонов типа *B*, их индекс формы – 1,59 (табл. 4).

Индекс проксимальности – это ландшафтная характеристика, которая характеризует размеры и степень близости всех ареалов, границы которых находятся в диапазоне некоторого заданного расстояния от фокального ареала. Индекс проксимальности количественно оценивает пространственный контекст ареалов в отношении ареалов того же типа, а именно дифференцирует диффузное расположение маленьких по размеру ареалов и кластерную

конфігурацію [9]. В нашом дослідженні найбільшим індексом проксимальності для дистанції 10 м характеризуються педони типу А (235,95). Гораздо меншим значенням індекса проксимальності характеризуються педони типу В (76,67), і мінімальним – педони типу С (6,69). Из приведених даних можна говорити, що для педоном типу С характерно удалення от педонов того же типа. Для педонов типів А і В спостерігається тенденція к скопленню однотипних педонов, а деякі з них формують групування педонов.

При розгляді карти кластерів твердості педозема (рис. 3) видно, що педони типу А межують з педонами В і С в той час як В і С майже не мають загальних меж. Візуальні спостереження можна підтвердити, визначив відношення частини периметра кластера к частині в межі. Дійсно, довжина загальних меж педонов А і В, А і С в 6–8 разів більше ніж довжина межі між педонами В і С (табл. 3).

**3. Матрица соседства кластеров педозема
(отношение доли периметра кластера к доле в границе)**

Кластер	А	В	С
А	–	0,93	1,14
В	1,30	–	0,20
С	1,62	0,21	–

Контрастно-взвешенная плотность границ для педонов кластера С имеет наименьшее значение, что является свидетельством тенденции педонов типа С минимизировать интенсивность контакта с окружающей средой. Это подтверждает неслучайный характер полученной конфигурации структурных единиц почвенного тела.

4. Нормированная матрица расстояний Махаланобиса между центроидами кластеров педозема (матрица весов контрастности)

Кластер	А	В	С
А	0,00	0,56	0,38
В	0,56	0,00	1,00
С	0,38	1,00	0,00

Распределение индекса контрастности границ кластеров педозема не является нормальным, наименьшими значениями среднего отличаются педоны типа С. Индекс связности указывает на высокую степень связности педонов кластеров А и С и низкую – кластера В.

Количественные характеристики пространственного размещения педонов, выделенных на основании изучения твердости почвы, свидетельствуют о неслучайном характере их взаимного расположения и формы. Следует отметить, что речь идет о двумерной проекции трехмерной организации почвенного тела, что вызывает некоторую степень нечеткости границ между объектами. Данная модель справедлива исходя из предположения о том, что структурные образования охватывают весь почвенный профиль. В действительности структурные отдельные могут иметь форму глобул и размещаться в толще рыхлой почвенной массы. Глобулы могут пронизывать всю почвенную толщу, и в этом случае педоны будут характеризоваться однородностью своего строения. Если глобулы будут иметь вертикальный размер меньший, чем мощность почвенного профиля, тогда речь пойдет о вертикальной мозаичности почвенного

профиля. Для педонов характеристическим будет специфическое сочетание и форма структурных глобул.

Пространственная изменчивость почвенных свойств связана со строением почвенного покрова земной поверхности и определяется горизонтальными взаимодействиями почвенных масс под влиянием факторов почвообразования, одним из которых есть рельеф местности (ландшафт). Изменения местного ландшафта, то есть мезоструктуры почвенного покрова, связаны с локальной эволюцией почвы. Связь эта обусловлена, прежде всего, общностью воздействий на геосистему и ее составляющие со стороны климатических и ряда антропогенных факторов. Также, обговариваемые процессы связаны далеко идущей аналогией механизмов географических, геохимических и биологических процессов, происходящих в масштабе геосистемы и большинства слагающих ее почв. Именно такие почвенно-геосистемные процессы определяют обычно и локальную эволюцию почв, и дифференциацию почвенного покрова [10]. Рельеф активно корректирует почвообразовательный процесс, усиливая его пространственную неоднородность. Связанное с ним перераспределение влаги и различных соединений в пространстве под действием силы тяжести, из повышенных участков в пониженные приводят к уплотнению и разуплотнению почвы. Меняются воздушный и микробиологический режимы, что в свою очередь влияет на формирование структурной неоднородности почвы и проводит к дифференциации ее свойств и образованию структурных отдельных – педонов. Их линейные размеры и форма могут быть самыми разнообразными в зависимости от рельефа, строения и характера горных пород, гидрогеологических условий [4, 5]. В вертикальном направлении педон делится на генетические почвенные горизонты, а в горизонтальном – на однородные элементы, которые Ф. И. Козловский [11] по аналогии с органеллами живой клетки назвал *педонеллами*. Степень неоднородности педона может быть выражена количественно приемами статистического анализа. Для количественной характеристики педонов могут быть применены методы ландшафтной экологии.

Выводы. Проведенный кластерный анализ позволил выделить пространственно однородные группы почвенных профилей с однотипной сменой твердости по вертикали.

Количественная оценка отношений подобия/различия между кластерами проведена с помощью дистанции Махаланобиса. Установлено, что наиболее различны между собой по характеру формирования твердости кластеры А и В, в то время как С больше похож на А, чем на В.

Предложено количественно характеризовать пространственное размещение педонов, выделенных на основании изучения твердости почвы с помощью метрик, которые широко используются в ландшафтной экологии. Результаты данного исследования свидетельствуют о неслучайном характере взаимного расположения и формы выделенных пространственно однородных групп почвенных профилей (педонов).

Список использованной литературы

1. *Пространственная агроэкология и рекультивация земель*: монография / [Демидов А.А., Кобец А.С., Грицан Ю.И., Жуков А.В.]. – Днепропетровск : Изд-во «Свидлер А.П.», 2013. – 560 с.
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. *Дмитриев Е. А.* Теоретические и методологические проблемы почвоведения / Е. А. Дмитриев. – М.: ГЕОС, 2001. – 374 с.
4. *Жуков О.В.* Твердость дерново-литогенных почв на лессовидных суглинках / О.В. Жуков, О. М. Кунах // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2011, № 1. – С. 63–69.
5. *Задорожна Г.О.* Просторова організація дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах / Г.О. Задорожна // Біологічний вісник МДПУ, 2012, № 1. -С. 48-57.
6. *Медведев В.В.* Твердость почвы / В.В. Медведев. – Харьков: Издво КП «Городская типография», 2009. – 152 с.
7. *Turner M. G.* Landscape ecology: the effect of pattern on process / M. G. Turner // Ann. Rev. Ecol. Syst. – 1989. – Vol. 20. – P. 171–197.
8. *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>
9. *Gustafson E.J.* Relationships between land cover proportion and indices of landscape spatial pattern / E.J. Gustafson, G.R. Parker // Landscape Ecology. – 1992. – Vol. 7. – P. 101–110.
10. *Медведев В.В.* Структура почвы / В.В. Медведев. – Харьков: Городская типография, 2008. – 406 с.
11. *Козловский Ф.И.* Теория и методы изучения почвенного покрова / Ф.И. Козловский. – М.: ГЕОС, 2003. – 536 с.

Статья поступила в редколлегию 29.08.2013

SPATIAL VARIABILITY OF PEDOZEMS PENETRATION RESISTANCE

A.V. Zhukov¹, G.A. Zadorozhnaya¹, A.A Demidov²

¹Dnipropetrovsk State Agrarian University

²The Department of Agriculture of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine

(zhukov_dnepr@rambler.ru)

The pedozem spatial organization of land reclamation of Ordzhonikidze ore mining and processing enterprise has been studied according soil penetration resistance knowledge at the pedon level. The groups of soil profiles (clusters) with the same type of penetration resistance change have been found which defined as soil individuals (pedone). The measures of similarities and differences between the clusters and their relative position have been established. Pedone quantitative characteristic has been obtained using metrics that are widely used in landscape ecology. The findings suggest that there are nonrandom nature of the relative position and shape of soil individuals.

Key words: soil penetration resistance, the spatial heterogeneity of soil properties, land reclamation.

УДК 581.116:631.484:631.874

ІНТЕНСИВНІСТЬ ДИХАННЯ ТА ЕМІСІЯ СО₂ ІЗ ДЕРНОВОГО ГЛИБОКОГО ГЛЕЮВАТОГО ҐРУНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД ПРОДУКТИВНОСТІ СИДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР

П.І. Трофименко, Д.А. Білан

Житомирський національний агроекологічний університет

(ecos@znu.edu.ua)

Дослідження проведено у ботанічному саду Житомирського національного агро-екологічного університету на дерновому глибокому глеюватому середньосуглинковому ґрунті. Визначення інтенсивності дихання та емісії СО₂ із ґрунту здійснювали на основі камерного статичного методу з допомогою інфрачервоного сенсору. Висвітлено підходи до оцінки дихання ґрунту, залежно від продуктивності сидеральних культур в умовах Полісся України. Встановлено ряд сидеральних трав за величиною рівня інтенсивності дихання ґрунту (ІДГ) (мг/м²/хв.): редька олійна 73,7 → пелюшка польова 42,0 → пажитниця багатоквіткова 39,2 → люпин вузьколистий 35,6. Визначено зв'язок між інтенсивністю ґрунтового дихання та величиною наземної рослинної маси сидеральних культур у фазу цвітіння. Коефіцієнти кореляції (r) становлять: редька 0,62 (середній ступінь), пелюшка