11. Трускавецький Р.С., Шимель В.В. Порушення газорегуляторних функцій гігроморфних ґрунтів під впливом дренажу та обробітку. Вісник ХНАУ: Ґрунтознавство. 2001. № 3. С. 152–156.

12. Шимель В.В. Особливості вуглецевого режиму дренованих мінеральних ґрунтів Полісся та прийоми його регулювання: автореф. дис. … канд. с.-г. наук: спец. 06.01.03 – «Агроґрунтознавство і агрофізика». Х., 2006. 18 с.

13. A comparison of soil and environmental quality under organic and conventional farming systems in New Zealand / Condron L.M., Cameron K.C., Di H.J., Clough T.J., Forbes E.A., Mclaren R. G., Silva R.G. // New Zealand Journal of Agricultural Research. 2000. V. 43. P. 443–466.

УДК 631.474

ЛІНІЙНІ ТА НЕЛІНІЙНІ МОДЕЛІ В ОЦІНЮВАННІ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ

Пліско І.В. – к.с.-г.н., с.н.с., завідувач лабораторії геоекофізики ґрунтів,
Навчальний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

У статті викладено результати робіт із розроблення педотрансферних моделей лінійного та нелінійного (квадратичного) типу, побудованих на основі вибірок із бази даних «Властивості ґрунтів України», за допомогою яких досліджено залежність якості ґрунту, що виражена в балах бонітету, від основних властивостей ґрунтів. Простежено роль агрофізичних та агрохімічних властивостей ґрунту у зміні бонітетів, розраховано їхні статистичні оцінки. Побудовано педотрансферні моделі залежностей урожаю від властивостей ґрунту, опрацювання яких дало змогу визначити поправні коефіцієнти на зниження родючості ґрунтів від дії негативних чинників.

Ключові слова: *властивості, ґрунт, оцінювання, педотрансферне моделювання, якість.*

Плиско И.В. Линейные и нелинейные модели в оценивании качества почв

В статье изложены результаты работ по разработке педотрансферных моделей линейного и нелинейного (квадратичного) типа, построенных на основе выборок из базы данных «Свойства почв Украины», с помощью которых исследована зависимость качества почвы, выраженная в баллах бонитета, от основных свойств почв. Прослежена роль агрофизических и агрохимических свойств почв в изменении бонитетов, рассчитаны их статистические оценки. Разработаны педотрансферные модели зависимости урожая от свойств почв, обработка которых позволила определить значения поправочных коэффициентов на снижение плодородия почв от действия негативных факторов.

Ключевые слова: *свойства, почва, оценка, педотрансферное моделирование, качество.*

Plisko I.V. Linear and nonlinear models in soil quality evaluation

The article presents the results of research on the development of pedotransfer models of the linear and nonlinear (quadratic) type constructed on the basis of samples from the database "Ukrainian Soil Properties". With the help of these models a dependence of soil quality expressed in soil rating points on the basic properties of soils was obtained. The role of agrophysical and agrochemical properties of soil in the change of soil rating was traced, their statistical estimation was made. Pedotransfer models of crop yield dependence on soil properties have been constructed, their processing allowed determining correction factors considering soil fertility decline under the effects of negative factors.

Key words: *properties, soil, evaluation, pedotransfer modeling, quality.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу України, запровадження ринкових відносин у земельній сфері вкрай актуальними є питання, що пов'язані з визначенням якісного стану сільськогосподарських земель і прогнозуванням його змін. Особливої уваги заслуговують агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунтів, негативні зміни яких призводять до виявів деградаційних явищ на орних ґрунтах країни. У зв'язку з цим проблеми детального вивчення та прогнозу змін показників ґрунту є надзвичайно актуальними. Це пов'язано, перш за все, з тим, що на сучасному етапі розвитку агроґрунтознавства необхідно точно знати та кількісно прогнозувати розвиток того чи іншого природного процесу, щоби своєчасно та точно вирішити питання управління ними, які найчастіше спираються на попередні прогнозні розрахунки на підставі використання математичних моделей. Процедура прогнозного моделювання є вкрай важливою під час розроблення систем управління ґрунтовими ресурсами [1–3].

Сучасне агроґрунтознавство використовує різноманітний набір методів для визначення ґрунтових показників – від прямих експериментальних визначень за допомогою різноманітних методів [4; 5] до різних розрахункових методів, зокрема педотрансферного моделювання [6–8].

Постановка завдання. Мета статті – на основі вибірок із бази даних (далі – БД) «Властивості ґрунтів України», що створена в лабораторії геоекофізики ґрунтів ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» [9], віднайти моделі, за допомогою яких можна формалізувати залежність якості ґрунту, що виражена бонітетом, від основних його властивостей.

Сьогодні вищеозначена БД вміщує інформацію про морфологію та основні властивості понад 2000 розрізів ґрунтів. Опрацювання математичних моделей було здійснено за участі наукових співробітників В.П. Філатова й О.М. Бігун.

Виклад основного матеріалу дослідження. Бонітет (від лат. "bonitas" – добротність, висока якість) – кількісний показник, який відображає реальну або потенційну якість природних об'єктів і визначає їхню економічну цінність. Згідно із статтею 199 Земельного кодексу України [10], бонітування ґрунтів – це порівняльне оцінювання якості ґрунтів за їхніми основними природними властивостями, які мають сталий характер і суттєво впливають на врожайність сільськогосподарських культур, що вирощуються в конкретних природно-кліматичних умовах. У більшості існуючих методик бонітет виступає узагальненою оцінкою продуктивної здатності ґрунтів за їхніми властивостями, що корелюють з урожаєм. Бонітети, які використано у статті, являють собою поєднану оцінку продуктивної й екологічної функцій ґрунту, що здобута за вдосконаленою методикою [11], згідно з основними положеннями якої синтезовану бонітетну оцінку земельної ділянки отримують на основі окремих оцінок показників ґрунту, клімату (у вигляді середньобагаторічних ґрунтово-кліматичних показників зволоженості й теплозабезпеченості) та технологічних особливостей окремої земельної ділянки (поля). Значення цих бонітетів продемонстровано в таблиці 1.

Унаслідок досліджень простежено роль окремих ґрунтових властивостей у зміні бонітетів (рис. 1). Встановлено, що в умовах, коли параметри ґрунтів наближені до оптимальних, обидві криві (за бонітетом ґрунтів і синтезованим бонітетом земель) зближуються і вплив клімату є суттєво меншим, ніж тоді, коли параметри ґрунтів стають несприятливими.

Таблиця 1

Середні бали бонітету ґрунтів, клімату та синтезованого бонітету земель за адміністративними областями України [11]

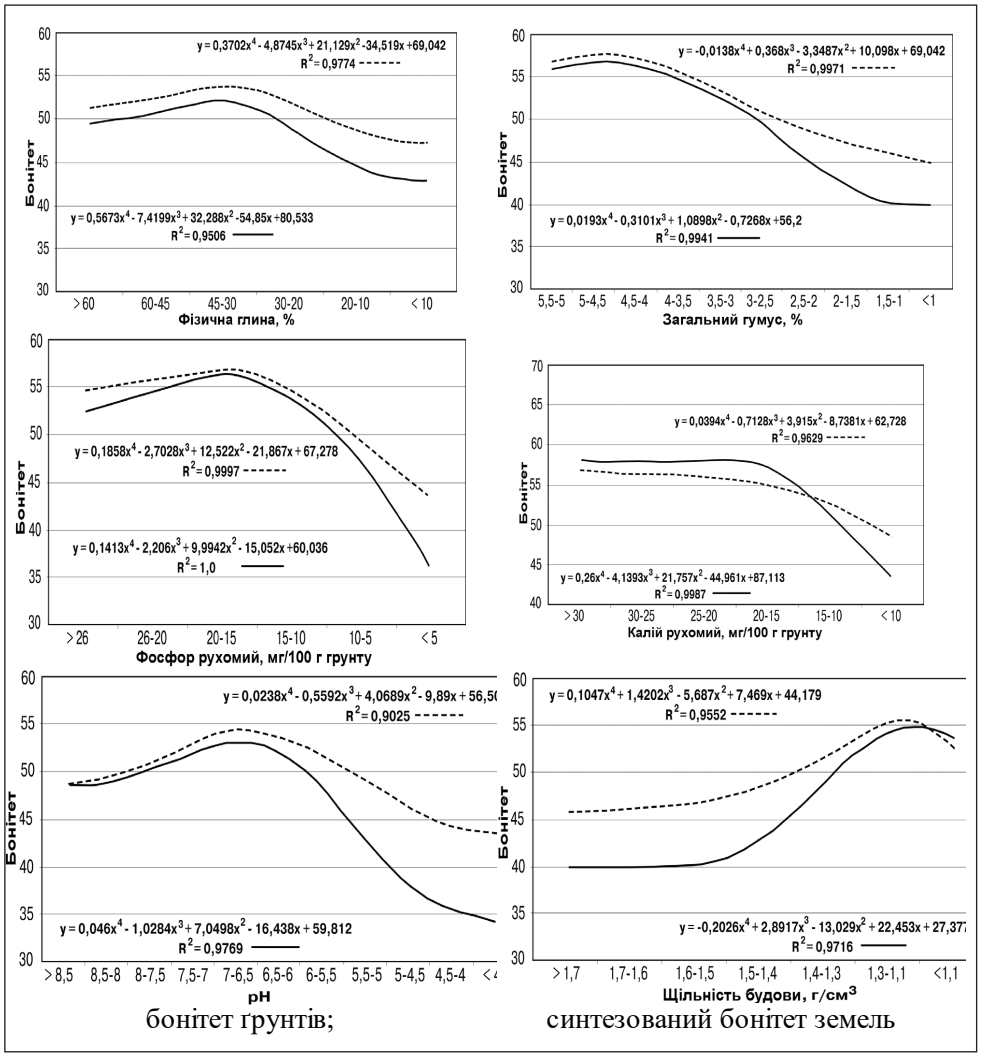
Адміністративна область	Бонітет, бал		
	ґрунтів	клімату	синтезований бонітет земель
АР Крим	41	33	37
Вінницька	45	50	47
Волинська	42	56	49
Дніпропетровська	61	46	54
Донецька	57	44	51
Житомирська	38	54	46
Закарпатська	40	62	51
Запорізька	54	44	49
Івано-Франківська	37	65	51
Київська	50	53	52
Кіровоградська	58	50	54
Луганська	50	36	43
Львівська	43	58	51
Миколаївська	54	31	42
Одеська	53	44	48
Полтавська	57	49	53
Рівненська	43	57	50
Сумська	50	48	49
Тернопільська	44	47	45
Харківська	54	45	49
Херсонська	37	29	33
Хмельницька	53	48	51
Черкаська	55	50	53
Чернігівська	48	55	52
Чернівецька	37	62	50

Різниця в бонітетах може сягати 5 і більше балів. Майже всі криві мають складний характер й адекватно описуються лише поліномом 4 ступеня. Представлені криві відображають зони оптимуму (максимальні бонітети), її протяжність і характер (різкий чи поступовий) зменшення бонітетів за її межами. Деякі криві (pH, щільність будови й питомий опір) досить чітко демонструють зону оптимуму, тоді як для інших (уміст загального гумусу та рухомих форм фосфору й калію) ця зона є досить протяжною й поступово прагне до максимальних значень показників. Зведення здобутих моделей надано в таблиці 2.

За використання вибірки з вищеозначеної БД побудовано педотрансферні моделі залежностей урожаю від властивостей ґрунту (рис. 2).

Опрацювання моделей дало змогу визначити поправні коефіцієнти на зниження родючості ґрунтів від дії негативних чинників (табл. 3, рис. 3).

Висновки і пропозиції. У процесі досліджень встановлено, що лише 1,87% (0,56 млн га) від загальної площі ґрунтів країни має бонітет <30 балів; 34, 93%



бонітет ґрунтів; синтезований бонітет земель

Рис. 1. Залежність балів бонітету від основних властивостей ґрунтів

(13,47 млн га) – від 31 до 44 балів; 26,34% (7,90 млн га) – від 45 до 50 балів; 11,76% (3,53 млн га) – від 51 до 55 балів; 13,49% (405 млн га) – від 56 до 60 балів; 8,52% (2,56 млн га) – від 61 до 65 балів; 3,04% (0,91 млн га) – від 66 до 70 балів і тільки 0,05% (0,02 млн га) ґрунтів має бонітети >70 балів. Резюмуючи, підкреслимо, що в Україні домінують ґрунти із середніми й більш низькими бонітетами. Цей висновок може здатися дещо несподіваним, тому що сьогодні в більшості населення й навіть у науковому середовищі вкоренилося уявлення про надзвичайно сприятливі ґрунтові умови в нашій країні. Ми впевнені в помилковості цих міркувань і з'ясували її досить давно, порівнюючи показники властивостей ґрунтів України та країн Західної Європи, де більш висока культура землеробства протягом майже півтора століть призвела до настільки разючих розходжень, насам-

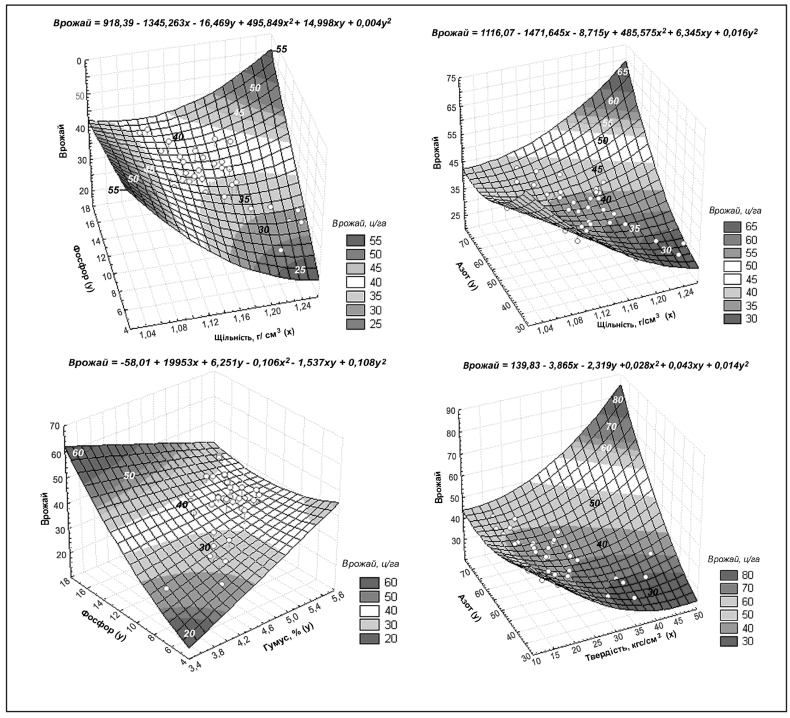


Рис. 2. Приклади типової нелінійної залежності врожаю від властивостей ґрунту

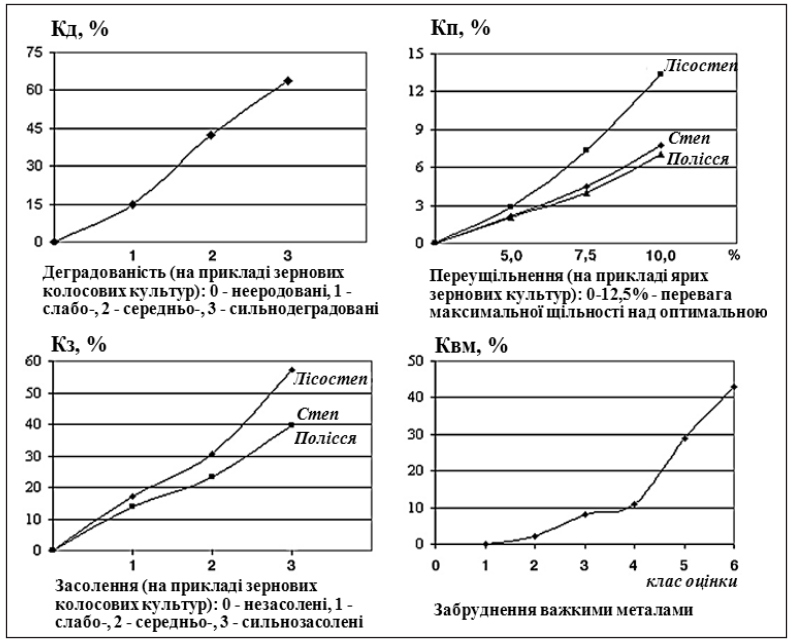


Рис. 3. Поправні коефіцієнти на зниження родючості ґрунтів від дії негативних чинників за регресійною моделлю

Таблиця 2

Педотрансферні моделі лінійного та нелінійного (квадратичного) типу та їхні статистичні оцінки

Функціональні параметри	Фактор детермінації	Стандартна похибка	Критерій Фішера
Лінійна модель			
Рівноважна щільність будови, г/см^3	Z = 1, 5606-0,0011* x-0,0664*y		
	0,58	**0,14**	**(2,662)=464,57**
Агрономічно цінні агрегати розміром 0,25–10 мм, %	Z = 35,8572+0,3937*x+3,4445*y		
	0,17	**18,10**	**(2,246)=25,024**
Вологостійкі агрегати > 0,25 мм, %	Ki		
	0,15	**15,79**	**(2,245)=21,437**
Найменша вологоємність, %	Z =1,257+0,2362* x-0,0698*y		
	0,65	**3,41**	**(2,177)=166,54**
Вологість стійкого в'янення рослин, %	Z = 8,1692+0,3347*x+1,1114*y		
	0,78	**3,89**	**(2,64)=111,38**
Діапазон активного зволоження, %	Z = 12, 5779-0,0054*x+1,5942*y		
	0,43	**2,58**	**(2,13)=4,8319**
Квадратична модель			
Рівноважна щільність будови, г/см^3	Z = 1, 6929-0,0103* x-0,0645*y+0,0001*x^2-0,0001*x*y+0,0006*y^2		
	0,63	**0,13**	**(5,659)=223,62**
Агрономічно цінні агрегати розміром 0,25–10 мм, %	Z = -0,7335+1,5621*x+9,5318* y-0,0113*x^2-0,0478*x* y-0,391*y^2		
	0,20	**17,86**	**(5,243)=12,234**
Вологостійкі агрегати > 0,25 мм, %	Z = 72, 8434-0,1096* x-7,1738* y-0,0077*x2++0,1619*x*y+0,3427*y2		
	0,22	**15,23**	**(5,242)=13,474**
Найменша вологоємність, %	Z = 0,0945+0,2192*x+1,2117*y+0,0011*x^2-0,0323*x*y+0,0566*y^2		
	0,67	**3,35**	**(5,174)=71,181**
Вологість стійкого в'янення рослин, %	Z = 3,8882+0,8719* x-0,2831*y-0,0103*x^2+0,0724*x* y-0,2917*y^2		
	0,84	**3,36**	**(5,61)=64,669**
Діапазон активного зволоження, %	Z = -1,3202+0,9216*x+5,4379* y-0,0126*x^2-0,0581*x* y-0,1768*y^2		
	0,64	2,33	(5,10)=3,5269

перед у рівнях забезпеченості ґрунтів елементами живлення. Саме переважно знижений вміст рухомого фосфору в більшості ґрунтів України (поряд із рядом інших показників) відбився в їхніх низьких бонітетах. Нагадаємо, що за еталон (ґрунту, що має бонітет 100 балів) згідно з удосконаленою методикою бонітування прийнято ґрунт із оптимальними властивостями. Звичайно, це жорсткий, але цілком виправданий критерій, дію якого можна поширити на всю землеробську територію країни.

Таблиця 3

Зниження родючості ґрунтів від дії негативних факторів (середні дані для орних ґрунтів України, на прикладі зернових колосових культур)

Фактор, що знижує родючість ґрунтів	Ступінь зниження родючості					
	слабкий		середній		сильний	
	%	поправний коефіцієнт	%	поправний коефіцієнт	%	поправний коефіцієнт
Водна ерозія	15-20	1,18-1,25	35-55	1,54-2,22	60-65	1,67-2,86
Вітрова ерозія	10	1,11	15	1,18	>15	>1,2
Кірка	15-20	1,18-1,25	20-50	1,25-2,00	>50	2-3
Переущільнення	10	1,09	25	1,20	40-50	>1,40
Перезволоження	10-15	1,25	20-30	1,40-1,50	>50	>2,00
Підкислення	10	1,10-1,15	20-30	1,30-1,40	>30	>1,50
Засолення	12-18	1,15-1,20	20-35	1,25-1,35	>40	>1,50
Осолонцювання	20-30	1,40-1,50	40-50	2,00-2,50	60-80	>2,50
Забруднення важкими металами	5-10	1,02-1,10	15-20	1,11-1,19	>30	>1,40
Забруднення нафтопродуктами	20	1,25	30-40	1,30-1,50	>50	>2,00
Наявність каменів	15	1,18	30	1,40	>60	>2,50
Рекультивовані ґрунти	40-50	1,40-1,60	60-80	1,50-2,00	85-90	>5,00
Спустелення	20	1,40	20-30	1,40-1,50	>30	>1,50

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Методы оценки и прогноза агрофизического состояния почв / Е.В. Шеин, С.И. Зинченко, М.В. Банникови и др. Владимир, 2009. 105 с.

2. Пространственно-временная изменчивость агрофизических свойств комплекса серых лесных почв в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования / Е.В. Шеин, А.Л. Иванов, М.А Бутылкина, М.А. Мазиров // Почвоведение. 2001. – № 5. – С. 578-585.

3. Шеин Е.В., Архангельская Т.А. Педотрансферные функции: состояние, проблемы, перспективы. Почвоведение. 2006. № 10. С. 1205–1217.

4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 415с.

5. Глобус А.М. Почвенно-гидрофизическое обеспечение агроэкологических математических моделей. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 428 с.

6. Pachepsky Ya.A., Rawls W.J., Timlin D.J. The current status of pedotransfer functions: their accuracy, reliability, and utility in field and regional-scale modeling. Assessment of non-point source pollution in the vadose zone: Geophysical monograph. 1999. Vol. 108. P. 223–234.

7. Wilding L.P., Lin H. Advancing the frontiers of soil science towards a geosciences. Geoderma. 2006. Vol. 131. P. 257–274.

8. Bouma J. Hydropedology as a powerful tool for environmental policy research. Geoderma. – 2006. V. 131. P. 275–280.

9. База данных «Свойства почв Украины». Структура и порядок использования. 2-е. изд. / Т.Н. Лактионова, В.В. Медведев, К.В. Савченко и др. Харьков: ЦТ № 1, 2012. 150 с.

10. Земельний кодекс України: Закон від 25 жовтня 2001 р. № 2768-III. Верховна Рада України.

11. Пліско І.В., Медведєв В.В. Методичні рекомендації з бонітування орних ґрунтів України. Харків:ТОВ «Смугаста типографія», 2015. 100 с.