

---

---

# МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

---

---

МЕЛІОРАЦІЯ И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 631.452:631.417.1/2

---

## ГУМІФІКАЦІЙНО-МІНЕРАЛІЗАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ ЯК ПОКАЗНИК АКУМУЛЯЦІЇ КАРБОНУ В ҐРУНТАХ

---

---

*Галицька М.А.* – аспірант кафедри землеробства та агрохімії,  
Полтавська державна аграрна академія

*Писаренко П.В.* – д.с.-г.н., професор, член-кореспондент Інженерної академії України,  
професор кафедри землеробства та агрохімії імені В.І. Сазанова,  
Полтавська державна аграрна академія

*Кулик М.А.* – к.с.-г.н., доцент,  
Полтавська державна аграрна академія

*У статті представлено огляд проблеми збереження динаміки біохімічної трансформації вуглецю в системі «ґрунт – атмосфера» з метою регулювання гумусо-аккумулятивного механізму ґрунтоутворення завдяки депонуванню вуглецю та зменшенню емісії CO<sub>2</sub>. Також описано механізм взаємопов'язаності процесів мінералізації та гумусоутворення. На основі наукових праць, які вказані в статті, доведено, що зростання емісії вуглекислоти у приземних шарах атмосфери сприятиме потенційній біопродуктивності культур через посилення їхньої фотосинтетичної активності.*

*Ключові слова:* вуглець, гуміфікація, мінералізація, органічна речовина ґрунту, акумуляція вуглецю, гумусо-аккумулятивний механізм ґрунтоутворення, ґрунтозахисні технології.

*Галицкая М.А., Писаренко П.В., Кулик М.А. Гумификационно-минерализационные процессы как показатель аккумуляции углерода в почвах*

*В статье представлен обзор проблемы сохранения динамики биохимической трансформации углерода в системе «почва – атмосфера» с целью регулирования гумусо-аккумулятивного механизма почвообразования за счет депонирования углерода и уменьшения эмиссии CO<sub>2</sub> в атмосфере. Также описан механизм взаимосвязи процессов минерализации и гумусообразования. На основе научных трудов, указанных в статье, доказано, что рост эмиссии углекислоты в приземных слоях атмосферы будет способствовать потенциальной биопродуктивности культур усиления их фотосинтетической активности.*

*Ключевые слова:* углерод, гумификация, минерализация, органическое вещество почвы, накопление углерода, гумусо-аккумулятивный механизм почвообразования, почвозащитные технологии.

*Halytska M.A., Pysarenko P.V., Kulyk M.A. Humification and mineralization processes as an indicator of carbon accumulation in soils*

*The paper presents an overview of the problem of preserving the dynamics of biochemical carbon transformation in the "soil-atmosphere" system, in order to regulate the humus and accumulation mechanism of soil formation by depositing carbon and reducing CO<sub>2</sub> emissions. The mechanism of interrelation of mineralization and humus formation processes is also described. Based on the scientific works indicated in the article, it is proved that the growth in carbon dioxide emissions in the surface layers of the atmosphere will promote the potential bioproductivity of crops through the enhancement of their photosynthetic activity.*

*Key words:* carbon, humification, mineralization, soil organic matter, carbon sequestration, humus-accumulative mechanism of soil formation, soil protection technologies.

---

**Постановка проблеми.** Останні 20 років світова наукова спільнота приділяє значну увагу питанню кругообігу вуглецю в природі. Актуальність вказаної проблематики відображається в різних аспектах. Зокрема, вуглецеве питання є предметом дискусії екологів – у контексті зменшення емісії парникових газів (ПГ); агрономів – як основний складовий елемент органічної речовини ґрунту (ОРГ), а також політиків – як предмет отримання додаткового джерела доходів у бюджет завдяки отриманню коштів від торгівлі квотами на викиди парникових газів згідно з Кіотським протоколом.

Проблема трансформації вуглецю у глобальному контексті має комплексний характер. Оскільки під хімічним кутом зору вуглець є базовим елементом, з якого утворюється вся первинна органічна продукція.

З біогеохімічним кругообігом карбону пов'язані важливі природні процеси, що мають планетарне значення та спричиняють виділення та поглинання вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ) – це фотосинтетична асиміляція вуглецю (фотосинтез), мінералізація ОРГ мікроорганізмами (розкладання ОРГ) та формування ґрунтової ОРГ (гуміфікація). Стійкість родючості ґрунту сильно залежить від динамічної рівноваги між процесами гуміфікації та мінералізації органічних речовин ґрунту [1].

Загальновідомо, що відновлення родючості чорноземів як у світовій практиці, так і в Україні досягається завдяки регуляції балансу процесів гумусоутворення та мінералізації шляхом внесення органо-мінеральних добрив і використання побічної продукції сільського господарства – рослинних решток. Оскільки існуюча тенденція інтенсифікації продуктивності виробництва в аграрному секторі України прямолінійно збільшує антропогенне навантаження як на навколишнє середовище, так і на ґрунтовий покрив, то цей фактор закономірно зумовлює інтенсивний розвиток деградаційних процесів чорнозему типового лівобережного лісостепу України. Закономірно виникає необхідність розроблення гумусо-аккумулятивних механізмів ґрунтоутворення з метою запобігання окисленню/деградації ґрунтового органічного вуглецю (ГОВ), що має місце внаслідок механічної обробки ґрунту та призводить до основної частки викидів парникових газів (ПГ).

Вирішення проблеми інтенсивності трансформації, перерозподілу та збереження вуглецевого балансу в системі «ґрунт – атмосфера» може бути успішним лише у разі розроблення нових теоретичних підходів та уявлень про родючість та її відтворення як про процес, що відображає характер і спрямованість кругообігу речовин і потоку енергії в агроecosистемах.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемі біогеохімічної трансформації вуглецю ґрунту в контексті збереження рівноваги гуміфікаційно-мінералізаційних процесів та емісії  $\text{CO}_2$  присвячено значну кількість наукових праць. Суттєвий внесок у розвиток теорії та практики відтворення ґрунтової органічної речовини зробили О.С. Войцеховська, М.К. Шикіла, О.В. Демиденко, В.А. Величко, В.В. Снітинський, А.Й. Габриєль, Ю.М. Оліфір, О.М. Германович, О.П. Сябрук, Л.Д. Глушенко, Ю.Л. Дорошенко, В.Г. Савченко, Л.В. Хоменко, П.Г. Сокирко, Т.Ю. Бедернічек, Д.С. Орлов, О.Н. Бірюкова, О.В. Дюканова та інші дослідники.

Аналізуючи праці вищевказаних авторів, зазначимо, що актуальним напрямом досліджень є розроблення ґрунтозахисних принципів, які повинні запобігати деградаційним процесам і сприяти підвищенню потенційної родючості чорнозему завдяки відновленню та посиленню процесу ґрунтоутворення в агроценозах. Процес відновлення родючості чорнозему типового, механізми забезпечення рослин ґрунтовими факторами життя в умовах природно-антропогенного ґрунтоутворення, форми та види родючості та їхнє кількісне оцінювання є питаннями актуальними та потребують додаткового вивчення, глибокої наукової дискусії й обговорення [2].

Актуальними залишаються питання наукового обґрунтування процесу трансформації деградованого чорнозему через повернення до більш ранніх стадій ґрунтоутворення та формування концепції відтворення потенційної родючості на основі моделювання (відновлення) природних процесів ґрунтоутворення (деградації) та оптимізації нарощування штучної родючості до природної за довгострокового безполіцевого обробітку в агроценозах лівобережного лісостепу України [3].

Незважаючи на широкий спектр підходу до вивчення біогеохімічної трансформації вуглецю в природі, питання регуляції вуглецевого режиму в контексті збереження природної родючості ґрунту на високому потенційному рівні та механізму гумусо-аккумулятивного ґрунтоутворення досі залишається маловивченим і не отримало належного відображення в науковій літературі, що актуалізує необхідність роботи і, відповідно, зумовило формування мети та завдань дослідження.

**Постановка мети.** Метою дослідження є теоретичне розроблення моделі гумусо-аккумулятивних механізмів ґрунтоутворення в умовах збереження рівноваги вуглецевого балансу в системі «ґрунт – атмосфера».

**Матеріали та методика досліджень.** Теоретичною та методологічною основою досліджень є праці вітчизняних і зарубіжних учених із питань процесу утворення ґрунтової органічної речовини та розкладання. Методика досліджень ґрунтується як на загальнонаукових методах досліджень (аналізу, синтезу, описово-узагальнюючому, науковій абстракції, індукції та дедукції), так і на спеціальних (монографічному, абстрактно-логічному, статистико-економічному).

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Найбільшим обмінним резервуаром вуглецю на планеті є ґрунт. У ньому зосереджено 2300 Гт карбону, що перевищує сумарний запас цього хімічного елемента в атмосфері (800 Гт) та фітомасі (550 Гт) [4]. Основну частину природної емісії парникових газів становить вивільнення  $\text{CO}_2$  з поверхні ґрунтів. Сучасне потепління клімату спричиняє інтенсифікацію потоку неорганічного вуглецю з поверхні ґрунтів завдяки біохімічній деградації органічної речовини.

Зростання емісії вуглекислоти до приземних шарів атмосфери від мінералізації побічної продукції та гумусу треба розцінювати як явище корисне в умовах адаптивної ґрунтозахисної системи землеробства з позиції забезпечення реалізації потенційної біопродуктивності культур через посилення їхньої фотосинтетичної активності за оптимального вологозабезпечення опадами та надлишкового теплового ресурсу. Якщо гідрологічний фактор є лімітувальним за надлишкового теплового ресурсу у наявній інтенсивній системі землеробства, то посилення парникового ефекту є негативним явищем, що призводить до аридизації умов вегетації культур в агроценозах і посилення емісійних потоків вуглецю в атмосферу, які не компенсуються поглинанням у процесі фотосинтезу [2].

За інтенсивного використання ґрунтів у сільському господарстві динамічна рівновага (гуміфікація ↔ мінералізація) зміщується в бік підсилення мінералізації, внаслідок чого відбувається зниження вмісту гумусу. Основною причиною такого явища є скорочення надходження рослинних решток у ґрунт, зміна їхнього якісного складу, підсилення мікробіологічної активності ґрунту та перемішування його поверхневого шару з менш гумусованим нижнім. Крім того, у разі нестачі «свіжої» органічної речовини в ґрунті гетеротрофна мікрофлора для життєдіяльності починає використовувати гумус як джерело енергії, що зумовлює дегуміфікацію ґрунту [5].

На формування балансу вуглецю в агроекосистемах впливає розбалансування процесів депонування та емісії  $\text{CO}_2$ . Схема трансформації та складових для підтримання вуглецевого балансу наведена на рис. 1.

Багаторічний дефіцит органічної речовини в ґрунті і дисбаланс поживних речовин призводять до швидкої мінералізації найціннішої частини – гумусу.

Основну частину природної емісії парникових газів становить вивільнення  $\text{CO}_2$  з поверхні ґрунтів. Сучасне потепління клімату спричиняє інтенсифікацію потоку неорганічного вуглецю з поверхні ґрунтів завдяки біохімічній деградації органічної речовини.

Під час гуміфікації (утворення гумусу) та мінералізації (розкладу) органічної речовини відбувається її перетворення на гумус. Крім того, утворюється значна кількість побічних компонентів, деякі з них містять нестабільні сполуки, що легко розкладаються ґрунтовими мікроорганізмами, і вуглець у вигляді вуглекислого газу повертається до атмосфери. За умов гуміфікації органічний вуглець перетворюється у стабільні сполуки (гумус) [6].

Покращення практики ведення сільського господарства може привести до зменшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері, що спричинений господарською діяльністю людини. Основою для цього є збільшення рослинної маси. У майбутньому технології вирощування сільськогосподарських культур будуть відігравати важливу роль, оскільки вуглекислий газ в атмосфері таким способом можна перетворити у рослинну біомасу, яка переважно складається з вуглецю.

Про величини коефіцієнтів гуміфікації та мінералізації існують дуже суперечливі думки. Наводяться дані, згідно з якими перші, або ступінь гуміфікації в різних типах ґрунтів, коливаються в широких межах – від дуже низьких до дуже високих. Коефіцієнт розкладання рослинних залишків, що дорівнює відношенню маси підстилки до маси осаду, за даними різних авторів, коливається від 4,6 у степовій зоні до 0,8 у лісостепу та до 0,4 в зоні чорнозему типового.

Для її вирішення було необхідно знайти максимально можливі коефіцієнти гуміфікації органічних речовин за різних умов трансформації рослинних залишків. Для цього необхідно знати надходження органічних речовин за рік, загальні запаси органічної речовини та запаси груп гумінових речовин як у профілі ґрунту, так і за генетичними горизонтами, розміри річної емісії  $\text{CO}_2$  в атмосферу, вік органічних речовин.

Однією з найважливіших функцій ґрунту є продукування діоксиду вуглецю, який необхідний для забезпечення життєдіяльності рослин. Перші спроби знаходження усереднених величин емісії  $\text{CO}_2$  в різних кліматичних зонах під час розкладання в ґрунтах рослинних залишків були зроблені, мабуть, Н.І. Базилевич і Л.Є. Родіним [7]. Глобальне виділення  $\text{CO}_2$  завдяки диханню ґрунтів становить, за даними різних авторів, близько 60 Гт С в рік [8]. У ряді робіт була також оцінена емісія  $\text{CO}_2$  в атмосферу з ґрунтів України, яка для всіх ґрунтів сумарно становить

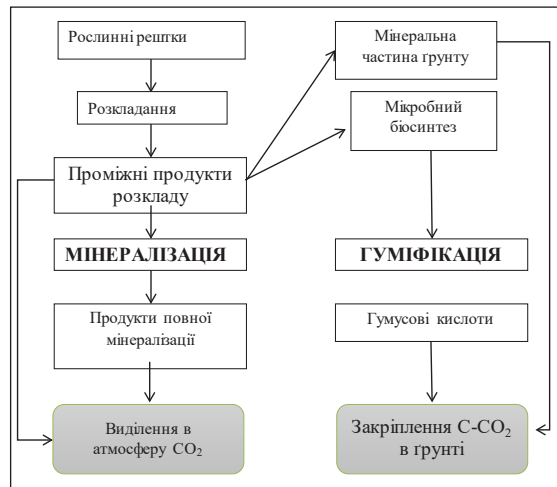


Рис. 1. Взаємозв'язок емісійно-депонувальних процесів вуглецю



Рис. 2. Фактори, що впливають на інтенсивність дегуміфікаційних ґрунтових процесів

органічної речовини в ґрунтах, про масштаби стоку вуглецю з атмосфери в ґрунт і темпи емісії  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$  суперечливі та фрагментарні [10].

Удосконалення практики ведення сільського господарства спричиняє зменшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері внаслідок господарської діяльності людини та збільшення приросту біомаси рослин. Очікують, що в перспективі технології вирощування сільськогосподарських культур будуть відігравати важливу роль, оскільки вуглекислий газ в атмосфері можна перетворювати у рослинну біомасу, яка складається переважно з вуглецю. Підраховано, що в Україні площа ріллі становить 33 млн га, тобто 50% наявної території (60,4 млн га). Стає очевидним, що внаслідок вирощування сільськогосподарських культур буде зростати рівень накопичення вуглекислого газу в органічній масі [6].

Фактори, що впливають і прискорюють темпи дегуміфікаційних процесів відображено на рис. 2.

Загальновідомим є факт, що на цілих землях гуміфікація переважає над мінералізацією, унаслідок чого відбувається поступове накопичення органічної речовини ґрунту (гумусу) та емісії ПГ в атмосферу. Тому вивчення процесів гуміфікації та мінералізації необхідне для вирішення завдань управління продуктивністю сільськогосподарських культур та її прогнозування.

Для моделювання гумусонакопичення, а також прогнозу щорічних втрат гумусу в природних екосистемах й агроценозах (сівозмінах) науковцями запропоновано досить багато складних математичних моделей. Існує відносно проста математична модель оцінювання дегуміфікації за методом прогнозування балансу гумусу. Для прогнозування дегуміфікації у сівозмінах проводять розрахунки балансу гумусу в них. У розрахункових методах баланс гумусу є різницею між статтями його надходжень і витрат за певний інтервал часу, найчастіше – за ротацію сівозміни.

Статті приходу в баланс гумусу складаються з надходження гумусу в ґрунт з органічними рештками (надземними та кореневими) польових культур, гноєм та іншими органічними добривами, посівним і посадковим матеріалом, зв'язування вуглекислого газу атмосфери та ґрунтового повітря синьо-зеленими водоростями й гетеротрофною мікрофлорою ґрунту [5].

**Висновки і пропозиції.** Отже, процеси гуміфікації та мінералізації ОР тісно пов'язані між собою та є взаємооберненими процесами. Тест-індикатором, що

3,12 Гт С в рік [8]. В.Н. Кудеяров зі співавторами [8; 9] оцінили також середні величини потоку  $\text{CO}_2$  з головних типів ґрунтів України в атмосферу за період вегетації, і, за їхніми даними, середня швидкість продукування  $\text{CO}_2$  коливається в досить вузьких межах – від 1,54 до 2,44 г/м<sup>2</sup> на добу.

Тому загальна емісія  $\text{CO}_2$  з ґрунту в атмосферу більшою мірою залежить від тривалості періоду біологічної активності та меншою – від запасів у ній органічної речовини та інших властивостей ґрунтів.

Літературні дані про запаси



миттєво реагує на порушення названих зрівноважених природних циклів кругообігу вуглецю та об'єктивно відображає агроекологічний стан ґрунту, є динаміка інтенсивності виділення діоксиду вуглецю з ґрунту в атмосферу та акумуляція вуглецю в органічній речовині [11; 12].

Результати досліджень свідчать, що за дефіциту балансу вуглецю в агроєкосистемах знижується вміст гумусу та загалом погіршується гумусний стан ґрунту [13].

Тому під час вирішення питання щодо регулювання основних властивостей і режимів ґрунту та забезпечення екологічної безпеки доквілля насамперед повинно йтися про покращання гумусного стану ґрунту.

Необхідно науково обґрунтувати та запропонувати виробництву такі ґрунто-відновні агротехнічні заходи, які б забезпечили можливість нарощування штучної родючості за одночасного збереження та відтворення природної родючості. Застосування саме ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур, які базуються на безполицевому обробітку з мульчуванням поверхні поля пожнивними рештками, поверхневим щорічним загортанням побічної продукції та мінеральних добрив у верхню третину гумусного горизонту, сприятиме відновленню дернового процесу ґрунтоутворення, посиленню біогенності ґрунтової товщі у річному та сезонному циклах, що забезпечуватиме умови відтворення родючості чорноземів типових в агроценозах лівобережного лісостепу України.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: учебник. 3-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во МГУ, 2005. 445 с., ил. (Классический университетский учебник).
2. Демиденко О.В., Величко ВА. Управління обігом вуглецю в агроценозах під впливом низьковуглецевих агротехнологій. Вісник аграрної науки. 2014. № 11. С. 46–52.
3. Демиденко О.В. Відтворення родючості чорноземів типових в агроценозах при ґрунтозахисному землеробстві. Вісник аграрної науки. 2013. № 11. С. 47–50.
4. Бедернічєк Т.Ю. Резервуари і потоки карбону у наземних екосистемах України (за матеріалами наукового повідомлення на засіданні Президії НАН України 9 листопада 2016 р.). Вісник Національної академії наук України. 2017. № 1. С. 98–106. Doi: <https://doi.org/10.15407/visn2017.01.098>.
5. Цилюрик О. Саморегуляція ґрунтової родючості чорноземів Інформаційно-аналітична газета «Агробізнес сьогодні». ТОВ «АГРАРНЕ ВИДАВНИЦТВО». 27 квітня 2017. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/8847-samorehuliatyia-gruntovoi-rodiuchosti-chornozemiv.html>.
6. Утилізація вуглекислого газу за умов вирощування зернових культур з використанням біостимуляторів росту / Л.А. Анішин, З.М. Грицаєнко, С.П. Пономаренко, І.П. Григорюк, О.І. Серга // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Біологія, біотехнологія, екологія. 2014. Вип. 204. С. 56–65. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_biol\\_2014\\_204\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_biol_2014_204_10).
7. Гумусний стан та емісія діоксиду вуглецю в агроєкосистемах / В.В. Снітинський, А.Й. Габриєль, Ю.М. Оліфір, О.М. Германович // Агроекологічний журнал. 2015. № 1. С. 53–59. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog\\_2015\\_1\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2015_1_7).
8. Величко В.А., Демиденко О.В., Кривда Ю.І. Гумусний стан чорноземів типових лівобережного лісостепу та відтворення їхньої родючості. Вісник аграрної науки. 2013. № 7. С. 20–24.
9. Ковалець Ю. Гумусовий стан дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся України. Вісник Львівського НАУ: Агрономія. 2012. № 16. С. 520–525.
10. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н. Устойчивость органических соединений почвы и эмиссия парниковых газов в атмосферу. Почвоведение. Москва: Издательство «Наука». 1998. № 7. С. 783–794.

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

12. Шимель В.В. Особливості вуглецевого режиму дренажних 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 / Condrón 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 геоєкофізики 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.

### **Пліско 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.