

Management of functional properties of recultozem models with placement primary stratigraphy

K.P. Maslikova

*Dnipro State Agrarian and Economic University
Sergey Yefremov Str. 25, Dnipro, 49600, Ukraine, e-mail: mkaterina@ukr.net*

Submitted: 12.01.2018. Accepted: 22.02.2108

The article examines the hypothesis that the structure of the soil-like body in zero-point of its existence directs the dynamics and trajectory of soil formation. To test the hypothesis at the Dnepropetrovsk State Agricultural and Environmental University science station the field experiment was laid out in lysimeters, each contain a constructive combination of rock or chernozem-like mass. It is shown that the design of the soil-like body in zero-point of its existence controls the dynamics and trajectory of soil formation. Philip equation was modified to more suitable simulate the infiltration process in technozems which allows to accurately describe the water absorption process at the infiltration and filtration stages. The nature of the underlying rocks located at a certain depth impacts significantly on the process of soil formation within the whole soil profile. Underlying rock layer regulates the processes of the technozems contact with the environment, as well as determining the intensity profile migration of moisture and dissolved salts. The presence of water resistant biogenic origin aggregates smoothes the varying density clay soils resulting from swelling and shrinkage processes that can maintain stable structure of the pore space. As a result, the soil after reclamation phase gets such features as reduced infiltration rate, but increased level of filtration. Optimal values of sorptivity and filtering corresponds closely with relevant properties of soil that can be investigated using indicators of the soil mechanical impedance. Uniformity preparation and impermeable aggregate structure determines the optimal functional modes of the technozemes.

Key words: reclamation; infiltration; technozems models; soil forming; Philippe equation; sorptivity

Управління функціональними властивостями моделей техноземів за допомогою первинної стратиграфії насипок

К.П. Маслікова

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Вул. С. Єфремова 25, м. Дніпро 49600, Україна, e-mail: mkaterina@ukr.net*

У статті розглянуто гіпотезу, що конструкція ґрунтоподібного тіла у нуль-момент свого існування визначає динаміку та траєкторію ґрунотворного процесу. Для перевірки гіпотези на стаціонарі Дніпропетровського державного аграрно-екологічного університету у 90-ті роки минулого віку закладений польовий експеримент з лізиметрами, кожний з яких уміщує певну конструктивну комбінацію гірських порід або чорноземоподібної маси. Показано, що конструкція ґрунтоподібного тіла у нуль-момент свого існування визначає динаміку та траєкторію ґрунотворного процесу. Для моделювання процесу водовбирання техноземів більш придатним є модифіковане рівняння Філіпа, яке дозволяє точно описати процес вбирання води як на етапі інфільтрації, так і на етапі фільтрації. Характер підстилаючої породи техноземів, яка знаходиться на певній глибині, значно впливає на перебіг процесів ґрунтоутворення у межах усього ґрунтового профілю. Підстилаюча порода регулює процеси контакту техноземів з навколишнім середовищем, так як визначає інтенсивність профільної міграції вологи та розчинених солей. Наявність водостійких агрегатів біогенного походження згладжує варіювання щільності глинистих ґрунтів, які виникають внаслідок процесів набухання та усадки, що дозволяє підтримувати на стабільному рівні структуру їх порового простору. Як наслідок, ґрунти після фітомеліоративної фітозміни набувають таких особливостей, як зменшений рівень інфільтрації, але збільшений рівень фільтрації. Оптимальні значення показників сорптивності та фільтрації тісно кореспондують з профільними

властивостями ґрунтів, які можна дослідити за допомогою показників твердості. Однорідність складення та водотривка агрегатна структура визначають оптимальні функціональні режими техноземів.

Ключові слова: рекультивация; інфільтрація; моделі техноземів; ґрунтоутворення; рівняння Філіпа; сортивність

Вступ

Ґрунт – перехідна ланка зі світу живої природи у світ неживої, з біосфери в геосферу (Karpachevsky, 1983). Механізми зв'язків ґрунту з іншими компонентами біогеоценозу і його головна ознака – родючість – визначаються міграцією і перетворенням речовин і енергії, які відбуваються в ґрунтовій товщі під впливом внесення та винесення біогенних і абіогенних речовин (Kharytonov et al., 2018). Матеріально-енергетичний метаболізм наземних біогеоценозів у чималому ступені залежить від фізичного стану косної частини ґрунту (Karpachevsky, 2005). Ґрунт є найбільш консервативним компонентом біогеоценозу (Anderson et al., 1998). Його буферні властивості сприяють збереженню даного типу біогеоценозу, регуляції теплового і водного режимів у біогеоценозах, нейтралізації токсичних речовин, що утворюються в біогеоценозах під час його життя (Heuvelink, Webster, 2001; Rode, 1984).

У біогеоценології ґрунт розглядають як частину перетвореного біотою внутрішнього середовища (Kunah, 2016). Дослідження просторово-часової варіабельності властивостей ґрунтів дозволило обґрунтувати концепцію ґрунтових екоморф як складової біогеоценотичного покриву (Zhukov, Zadorozhna, 2016). Ґрунтові екоморфи, як і інші біогеоценотичні екоморфи, демонструють закономірну динаміку в градієнті умов вологості та трофності едафотопів (Zhukov, Shatalin, 2016). Гетерогенні ґрунтові умови формуються в результаті малого біологічного кругообігу і визначаються життєдіяльністю ключових видів, що створюють все різноманіття середовища проживання (Zverkovskiy et al., 2017). Особливості ґрунту як середовища існування створюють екологічний простір для ґрунтових тварин (Zhukov et al., 2016). Родючість ґрунтів тісно пов'язана з її морфологічними характеристиками, такими, як колір ґрунту, структурність, потужність гумусового шару, щільність складення (Yakovenko, 2008). Ґрунт є ієрархічною багаторівневою системою, кожен рівень якої має свою елементарну структуру (Fridland, 1972)

У техноземах у процесі ґрунтоутворення після початку їх конструювання відбувається поступове формування морфологічних структур, які у подальшому перетворюються на генетичні горизонти, гомологічні генетичним горизонтам природних ґрунтів (Zadorozhna et al., 2012). Формування морфологічної організації ґрунтоподібних тіл призводить до надбання ними функціональних властивостей, які наближають їх до природних ґрунтів (Zabaluev, 1999). Цей тренд особливо важливий у контексті сільськогосподарської рекультивациі, яка має своєю ціллю відновлення використання земель у агропромисловому виробництві (Vekarevich, 1971). Можна очікувати, що під впливом загальних ґрунтоутворних факторів через певний час штучно створені ґрунтоподібні тіла набудуть властивостей і будови, подібних до природних ґрунтів. Але невідомою залишається траєкторія процесу та його тривалість у часі. Варіабельність властивостей техноземів у просторі та часі може бути оцінена за рядом інформаційно цінних показників (Zhukov et al., 2016).

У якості гіпотези може бути розглянуте положення, що конструкція ґрунтоподібного тіла у нуль-момент свого існування визначає динаміку та траєкторію ґрунтоутворного процесу. Важливим аспектом експерименту є пошук критеріїв, за якими можна виконати оцінювання функціональних властивостей створених конструкцій залежно від їх організації.

Матеріали та методи

Для перевірки гіпотези на стаціонарі Дніпропетровського державного аграрно-екологічного університету у 90-ті роки минулого віку закладений польовий експеримент з лізіметрами, кожний з яких уміщує певну конструктивну комбінацію гірських порід або чорноземоподібної маси (рис. 1) (Zabaluev, 1999).



Рис. 1. Експериментальні лізіметри для визначення оптимальної стратиграфії техноземів на біоекологічному стаціонарі Дніпропетровського державного аграрно-екологічного університету (м. Покров, Дніпропетровська обл., Україна)

Конструкції моделей техноземів дозволяють дослідити різні варіанти комбінацій ґрунтів (рис. 2). Передусім, це

мономоделі – гумусований матеріал, лесоподібні суглинки, червоно-бурі глини та суглинки. Застосування гумусованого матеріалу є досить природним, так як він за визначенням є найбільш родючим та придатним для сільськогосподарського використання. Певною мірою такий варіант можна розглядати як контроль. Але, формування потужного шару чорноземовидної маси не вирішує усіх проблем рекультивації земель. Під час технологічних дій властивості чорноземної маси суттєво змінюються, тому таку масу неможна вважати тотожною генетичним горизонтам природного ґрунту або агроземів. Найважливішим трендом є дегуміфікація такої маси. Крім того, штучно створені шари не володіють конструктивною міцністю. Цей аспект суттєво впливає та перебіг фізичних, хімічних та біологічних процесів у техногенному ґрунті. Тому динаміка мономоделей з гумусованим матеріалом потребує свого дослідження. Також об'єм такого матеріалу є обмеженим.

Виникає потреба формувати техноземи з гірських порід, які не фітотоксичні та володіють властивістю родючості (Bekegovich, 1971). У цьому напрямку мономоделі з гірських порід також слід розглядати як базові. У якості мономоделі можна розглядати технологічну суміш гірських порід, в якій відсутня горизонтна стратифікація. Власно кажучи, такі категорії, як «сіро-зелені глини», «лесоподібні суглинки» або «червоно-бурі глини» є також технологічними сумішами з візуальним переважанням компоненти, на основі якої така суміш називається. Більш складні моделі підкреслюють ідею про можливість впливати на властивості техноземів за допомогою комбінації різних компонентів. Це варіанти педоземів (для їх утворення застосовується гумусований матеріал з генетичних горизонтів чорноземних ґрунтів порушених при гірських розробках) на основі різних гірських порід – лесоподібні суглинки, сіро-зелені глини, червоно-бурі глини та суглинки. У таких моделях важливим аспектом варіювання є товщина гумусованого шару. Природно, що гумусований матеріал завжди розміщується на денній поверхні техноземів.

Також інтерес викликають більш складні моделі (трьох- або більше компонентні), або з вертикальним повторенням шарів у двохкомпонентних моделях та їх комбінацією (регулярне повторення двохкомпонентної моделі, яке розміщується на третьому типу гірської породи). Трьохкомпонентні моделі – це як правило такі, в яких є ціль створити водотривкий або водовміщувачий шар (так звані водоаккумулятивні моделі) (Zabaluev, 1999). Також варіюванню підлягають такі аспекти, як походження гірських порід. Вони можуть бути взяті безпосередньо з борту кар'єра або після впливу фітомеліоративної сівозміни.

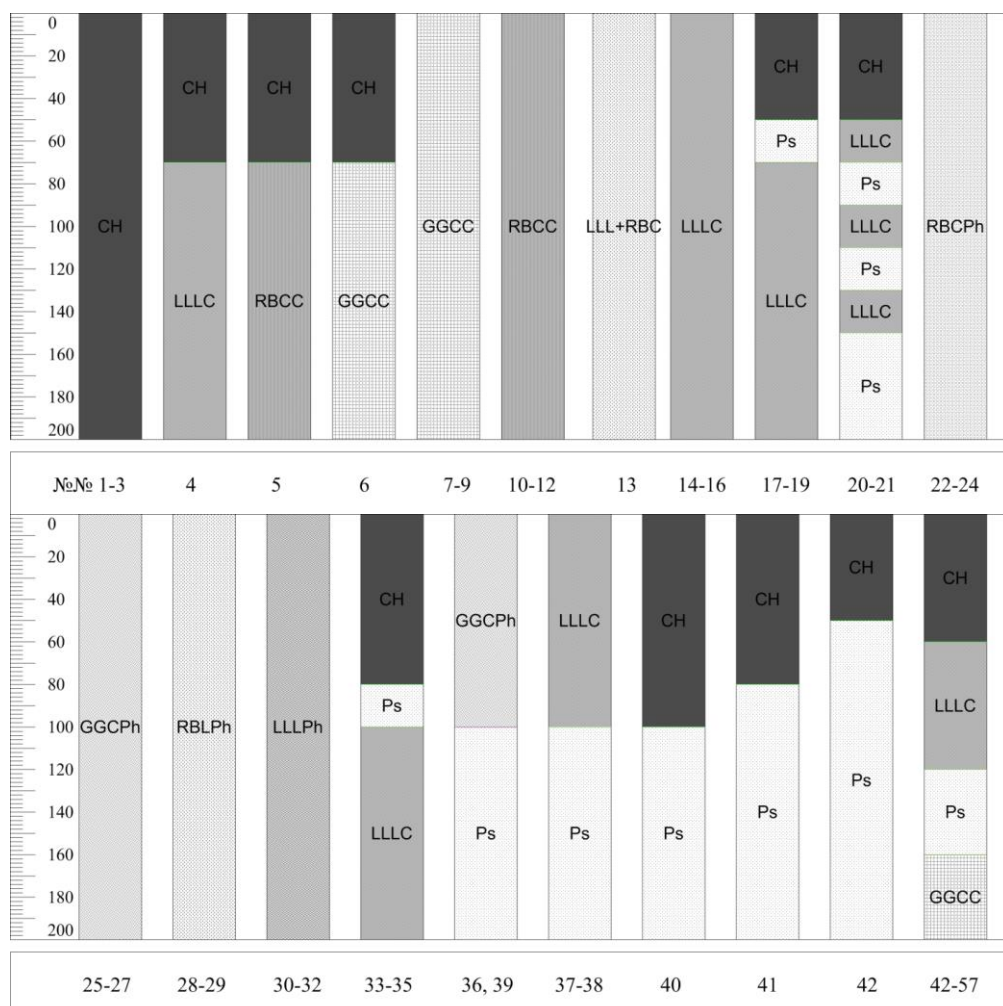


Рис. 2. Стратиграфія моделей техноземів (1–57). **Умовні позначки.** CH – чорноземовидна гумусована маса; GGCC – сіро-зелені глини з борту кар'єру; GGCP_h – сіро-зелені глини з фітомеліоративної сівозміни; LLL+RBC – технічна суміш лесоподібних суглинків (50 %) та червоно-бурих глин (50 %); LLLC – лесоподібний суглинок з борту кар'єру; LLLP_h – лесоподібний суглинок з фітомеліоративної сівозміни; Ps – пісок; RBCC – червоно-бура глина з борту кар'єру; RBCP_h – червоно-бура глина з фітомеліоративної сівозміни; RBLP_h – червоно-бурий суглинок з фітомеліоративної сівозміни.

Дослідження динаміки вбирання води з поверхні ґрунту є високоінформативним інструментом оцінювання властивостей ґрунтового тіла без його порушення. Оптимальні характеристики швидкості інфільтрації повинні супроводжуватися стійкістю сприятливих показників у часі, що віддзеркалюється коефіцієнтом водопроникності. Цей показник, який перевищує 1,5 не гарантує від запливання поверхні ґрунту та наступного утворення кірки навіть після нетривалої інтенсивної зливи (Medvedev et al., 2011). Одержані динамічні криві поряд із високою диференціальною здатністю є також екологічно релевантними, тобто відображають властивості ґрунту як середовища існування живих організмів. Важливими аспектами параметрів вбирання води є абсолютні показники інфільтрації та фільтрації, а також коефіцієнт згасання водопроникності ґрунту.

Для моделювання швидкості вбирання води ми застосували рівняння Філіпа (Philip, 1957):

$$Q = S_p \cdot t^{1/2} + A_p \cdot t,$$

де Q – кумулятивна кількість вбирної води (см/годину); t – час, години; S_p – коефіцієнт пропорційності, який характеризує поглинальну здатність ґрунту, або сорптивність, має розмірність см/ $\sqrt{\text{година}}$, A_p – коефіцієнт пропорційності, який вказує на фільтраційну здатність ґрунту, має розмірність см/ $\sqrt{\text{година}}$. У рівнянні Філіпа перша складова віддзеркалює перший етап процесу фільтрації води ґрунтом – всмоктування, а друга складова – безпосередньо фільтрацію, коли перша складова наближається до нуля. Моделювання виконано в програмі Statistica 7.0 в модулі *User-Specified Regression* за методом найменших квадратів, метод оцінювання – Гауса-Ньютона.

Результати та обговорення

Диференціальна здатність кривих вбирання води проявляється у тому, що спостерігаються значні відмінності між рухом вологи в ґрунті у досліджуваних об'єктах залежно від їх будови. Важливим аспектом є порівняння техноземів різної конструкції з природними ґрунтами. Встановлено, що для чорноземів звичайних характерними рисами процесу водопроникності є монотонна динаміка швидкості вбирання води та межа, що чітко розрізняється між фазою інфільтрації і фільтрації. Перехід у фазу фільтрації відбувається за перший час експерименту. Також слід відзначити значну варіабельність показників інфільтрації як природних, так і техногенних ґрунтів у горизонтальному напрямку (Maslikova et al., 2016).

Для досліджуваних моделей техноземів швидкість водопроникності характеризується значним варіюванням відносно монотонного тренду, який полягає у зменшенні швидкості вбирання води з часом та досягненні певного стаціонарного стану. Такі відхилення від загального тренду проявляють себе у вигляді спалахів підвищеної швидкості водопроникності, що спостерігаються через регулярні інтервали часу, які специфічні для кожного типу конструкції технозему (Maslikova et al., 2016). Вірогідно, що шар води, який проникає вглиб ґрунту, зустрічає значні порожнини, завдяки яким відбуваються вказані спалахи підвищеної водопроникності.

Порожнини у тілі техноземів формуються унаслідок малої стійкості агрегатів до змочування та значного рівня усадки при висиханні. За своєю природою ці спалахи більшою мірою відповідають процесу інфільтрації. Таким чином, навіть у стабільній фазі водопроникності для спостережуваних техноземів характерне сполучення процесів фільтрації та інфільтрації. Лише у моделях з технічною сумішшю яка складається з чорнозему, піску та лесоподібних суглинків з борту кар'єру процес фільтрації проходить без явних спалахів та піків у швидкості. Вірогідно, ця технічна суміш має більш щільний склад і не має значних шпар. Перехід від фази інфільтрації до фази фільтрації для техноземів має нечітку межу та значно розтягнутий у часі.

Таким чином, конструкція ґрунтоподібного тіла у нуль-момент свого існування визначає динаміку та траєкторію ґрунтотворного процесу. Дослідження динаміки вбирання води з поверхні ґрунту є високоінформативним інструментом оцінювання властивостей ґрунтового тіла без його порушення. Одержані динамічні криві поряд із високою диференційною здатністю є також екологічно релевантними, тобто відображають властивості ґрунту як середовища існування живих організмів.

Диференційна здатність кривих вбирання води проявляється у тому, що спостерігаються значні відмінності між рухом вологи в ґрунті у досліджуваних об'єктах залежно від їх будови. Для чорноземів звичайних характерними рисами процесу водопроникності є монотонна динаміка швидкості вбирання води та межа, що чітко розрізняється між фазою інфільтрації та фільтрації. Перехід у фазу фільтрації відбувається за перший час експерименту.

Проведені дослідження показали, що техноземи як штучні утворення мають принципові відмінності від природних ґрунтів, для яких розроблена модель Філіпа. Техноземи є пористими, але неоднорідними утвореннями. Процес фільтрації не є ламінарним, періоди плавного вбирання води припиняються спалахами провального водовбирання. Для моделювання такого процесу кращі результати показала дещо більш складна модель:

$$Q = S_p \cdot t^{1/2} + A_p \cdot t + B,$$

де B – константа.

Порівняння класичної моделі Філіпа та модифікованого варіанту вказує, що додавання у модель константи значно покращує точність моделі (рис. 3).

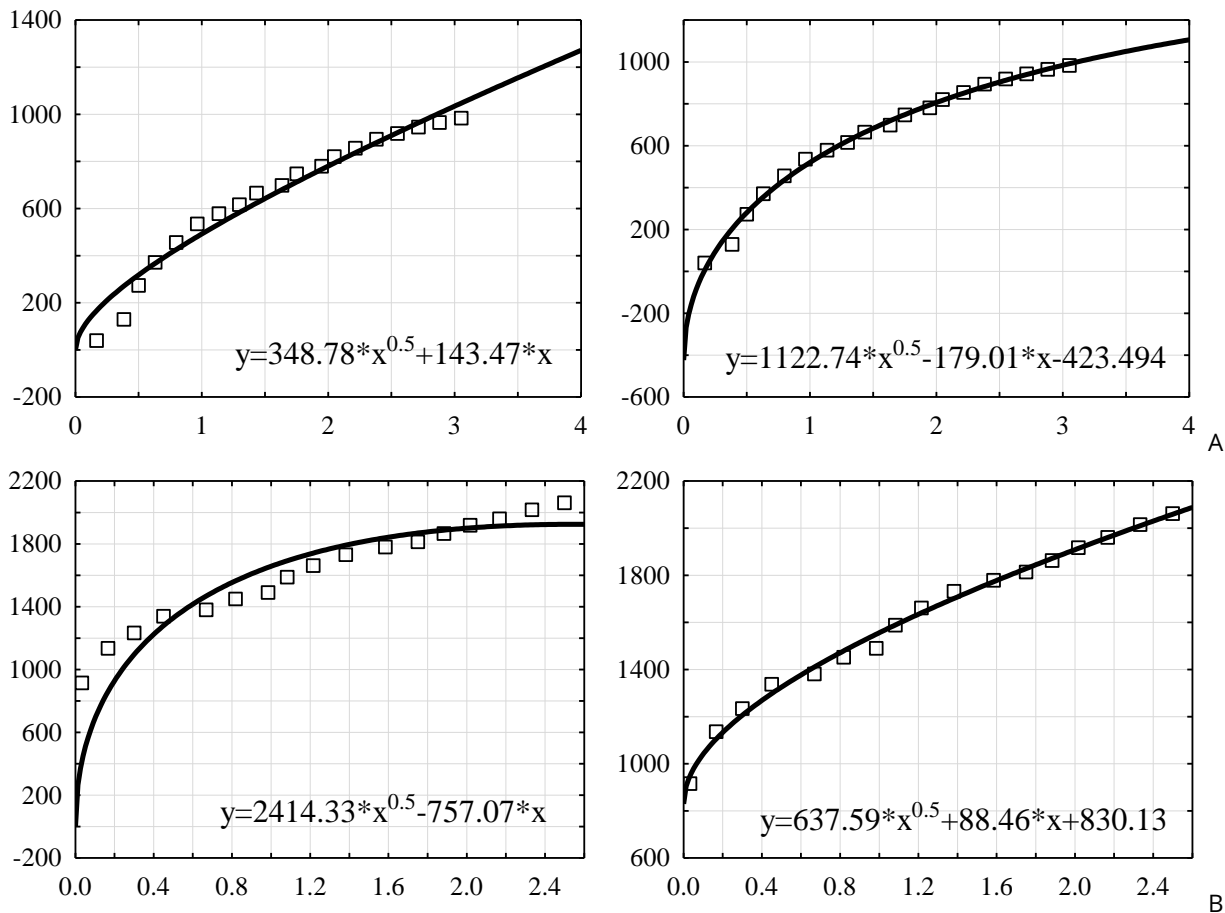


Рис. 3. Порівняння пояснювальної здатності рівняння Філіпа (зліва) та його модифікації (справа).

Умовні позначки. А – модель 39; В – модель 34

Традиційна модель не точно описує процес вбирання води як на етапі інфільтрації, так і на етапі фільтрації. Оцінка сорптивності за моделлю Філіпа значно менша (приклад А), ніж для модифікованого варіанту. Також для прикладу А модель Філіпа дає завищену оцінку швидкості фільтрації у стаціонарній фазі процесу. Коефіцієнт пропорційності, який вказує на швидкість фільтрації в модифікованому варіанті може приймати від'ємні значення, що дещо суперечить традиційним уявленням про процес вбирання води, але повністю моделює процеси, які саме відбуваються у техноземі. Мова може йти про «від'ємну фільтрацію» – більш тривале затухання швидкості фільтрації. У природних ґрунтах стаціонарна фаза вбирання води спостерігається вже протягом перших годин експерименту. В техноземі зменшення швидкості фільтрації відбувається майже постійно.

Очевидно, набухання техноземів при контакті з вологою значно зменшує об'єм порового простору, по якому відбувається міграція вологи. Цим ефектом можна пояснити те, що моделі з від'ємним коефіцієнтом фільтрації у деяких випадках можуть краще описати динаміку вбирання вологи. У прикладі В ми бачимо також переваги модифікованого варіанту як на початкових етапах вбирання, так і у стаціонарній фазі цього процесу.

У моделі Філіпа константа дорівнює нулю. Для деяких моделей техноземів ця константа також статистично вірогідно не відрізняється від нуля (табл. 1).

Таблиця 1. Кодифікація моделей техноземів та параметри рівняння Філіппа (напівжирним показані коефіцієнти вірогідні для $p < 0,05$)

№	Коди моделей			Параметри рівняння Філіппа		
	Верхній шар	Підстилаючий шар	Походження	S	A	B
1	CH	CH	C	207.44±77.06	52.86±33.81	43.60±40.28
2	CH	CH	C	539.61±149.62	75.66±61.33	-120.20±83.76
3	CH	CH	C	465.09±92.87	106.32±31.50	-147.11±63.71
4	CH	LLL	C	746.42±96.46	6.53±33.41	-160.95±64.36
5	CH	RBC	C	287.05±45.21	69.68±15.66	-60.93±30.18
6	CH	GGC	C	366.62±133.48	233.30±46.13	-50.76±89.36
7	GGC	GGC	C	1044.83±54.20	-152.89±16.46	-164.21±41.61
8	GGC	GGC	C	1096.32±38.06	-130.29±13.93	-191.13±23.95
9	GGC	GGC	C	1070.58±46.13	-141.59±15.19	-177.67±32.78

№	Коди моделей			Параметри рівняння Філіппа		
	Верхній шар	Підстилаючий шар	Походження	S	A	B
10	RBC	RBC	C	753.81±119.60	178.96±43.60	-139.48±75.55
11	RBC	RBC	C	30.27±4.66	0.66±0.07	-364.85±73.31
12	RBC	RBC	C	1272.36±98.86	9.68±35.84	-327.95±62.94
13	LLL	RBC	C	422.04±29.61	0.78±11.28	-169.76±17.71
14	LLL	LLL	C	487.11±45.14	68.82±15.02	-102.36±31.09
15	LLL	LLL	C	657.95±68.83	34.81±25.61	-190.68±42.24
16	LLL	LLL	C	939.41±99.74	-39.03±37.12	-231.03±61.20
17	CH	PS	Ph	198.02±70.08	285.36±27.28	-72.27±41.98
18	CH	PS	Ph	236.82±78.44	258.07±31.44	-23.13±45.41
19	CH	PS	Ph	105.27±66.89	265.26±26.50	-70.72±39.17
20	CH	PS	Ph	52.07±81.90	373.80±33.71	42.85±45.96
21	CH	PS	Ph	138.06±96.09	164.88±39.17	32.87±53.91
22	RBC	RBC	Ph	430.40±102.96	116.77±46.12	-126.72±52.88
23	RBC	RBC	Ph	548.57±171.28	141.63±76.64	-129.87±88.07
24	RBC	RBC	Ph	564.21±191.12	62.87±85.54	-269.93±98.27
25	GGC	GGC	Ph	1681.36±151.94	-20.59±55.55	108.00±93.82
26	GGC	GGC	Ph	1427.78±70.55	-144.43±25.73	-89.26±43.77
27	GGC	GGC	Ph	1781.61±56.96	-131.14±20.77	-129.39±35.34
28	KBL	KBL	Ph	1254.28±94.84	165.69±35.70	455.28±57.54
29	KBL	KBL	Ph	184.21±65.54	82.82±31.77	218.99±31.01
30	LLL	LLL	Ph	81.69±73.48	170.01±33.45	44.18±37.71
31	LLL	LLL	Ph	218.03±107.61	144.25±48.97	15.85±55.23
32	LLL	LLL	Ph	144.66±71.86	113.02±32.91	56.34±36.64
33	CH	PS	Ph	351.73±56.92	13.69±30.15	743.10±24.40
34	CH	PS	Ph	637.60±80.35	88.46±42.29	830.13±34.79
35	CH	PS	Ph	856.23±44.24	3.60±16.95	82.16±26.43
36	GGC	PS	F	1716.95±87.25	-255.00±34.04	152.95±50.46
37	LLL	PS	F	793.88±90.60	-33.72±39.75	-246.83±48.03
38	LLL	PS	F	691.96±134.18	-82.65±58.87	-274.54±71.14
39	GGC	PS	F	1122.74±87.66	-179.01±38.46	-423.49±46.47
40	CH	PS	F	981.00±119.59	-71.00±52.47	-386.19±63.41
41	CH	PS	F	955.40±237.58	42.22±102.31	-375.05±128.66
42	CH	PS	F	969.24±238.80	45.09±102.84	-386.05±129.32
43	CH	LLC+PS+GGC	C	498.32±54.12	209.02±17.24	-238.78±39.46
44	CH	LLC+PS+GGC	C	832.41±55.60	-21.25±17.71	-341.71±40.54
45	CH	LLC+PS+GGC	C	513.57±30.57	47.02±9.74	-146.80±22.29
46	CH	LLC+PS+GGC	C	802.84±41.84	12.27±13.33	-295.01±30.51
47	CH	LLC+PS+GGC	C	606.49±28.60	50.18±9.11	-150.16±20.85
48	CH	LLC+PS+GGC	C	267.68±15.97	73.77±5.09	-95.58±11.65
49	CH	LLC+PS+GGC	C	945.82±63.05	-42.66±20.09	-394.48±45.97
50	CH	LLC+PS+GGC	C	534.39±23.65	25.48±7.53	-106.98±17.24
51	CH	LLC+PS+GGC	C	221.55±19.15	130.30±6.10	4.37±13.96
52	CH	LLC+PS+GGC	C	334.46±30.83	34.43±12.86	-15.98±17.21
53	CH	LLC+PS+GGC	C	333.08±22.58	11.59±9.42	14.24±12.60
54	CH	LLC+PS+GGC	C	356.31±36.34	54.98±15.16	-36.59±20.29
55	CH	LLC+PS+GGC	C	112.43±32.20	155.44±13.63	-39.93±17.62
56	CH	LLC+PS+GGC	C	337.78±54.87	138.58±23.23	-59.10±30.02
57	CH	LLC+PS+GGC	C	256.95±12.07	58.89±5.11	-93.81±6.60

CH – гумусована ґрунтова маса; GGC – сіро-зелені глини; RBC – червоно-бурі глини; LLL – лесоподібні суглинки; KBL – червоно-бурі суглинки; PS – пісок;

LLC+PS+GGC – послідовні шари відповідних ґрунтів; F – з сільськогосподарського поля; Ph – після фітомеліоритивної сівозміни; С – з кар'єра
 Але найчастіше константа приймає від'ємні значення. Від'ємні значення константи вказують на наявність певного гальмування вбирання вологи на перших етапах, або більш повільного процесу, ніж характерний у цілому за період дослідження. Вірогідно, повітряні пробки можуть бути причиною повільного вбирання вологи на початку процесу. Позитивне значення константи можна розглядати як показник провального вбирання води на перших етапах експерименту. Значна тріщинуватість деяких типів техноземів сприяє такому явищу.

Сорптивність статистично вірогідно залежить від типу покриву, яким представлений верхній шар технозему ($F = 126,2$, $p < 0,001$) (рис. 4). Найбільшою сорптивністю характеризується технозем з сіро-зеленими глинами у верхньому шарі (1315.7 ± 34.3 см/√година). Найменші показники сорптивності властиві для техноземів з верхнім шаром з чорноземовидної маси (468.6 ± 17.2 см/√година) або з лесоподібних суглинків (499.1 ± 32.3 см/√година). Насипний шар техноземів з червоно-бурих глин або суглинків характеризується проміжним положенням за показниками сорптивності (572.5 ± 39.6 та 688.4 ± 68.6 см/√година відповідно). Високий рівень сорптивності неможна визнати як позитивну ознаку, так як вона пов'язана зі значною пористістю аерації, що може викликати гіпераерацію та надто високу швидкість висихання ґрунтів. У природних ґрунтах у міру збільшення еродованності показник сорптивності також збільшується.

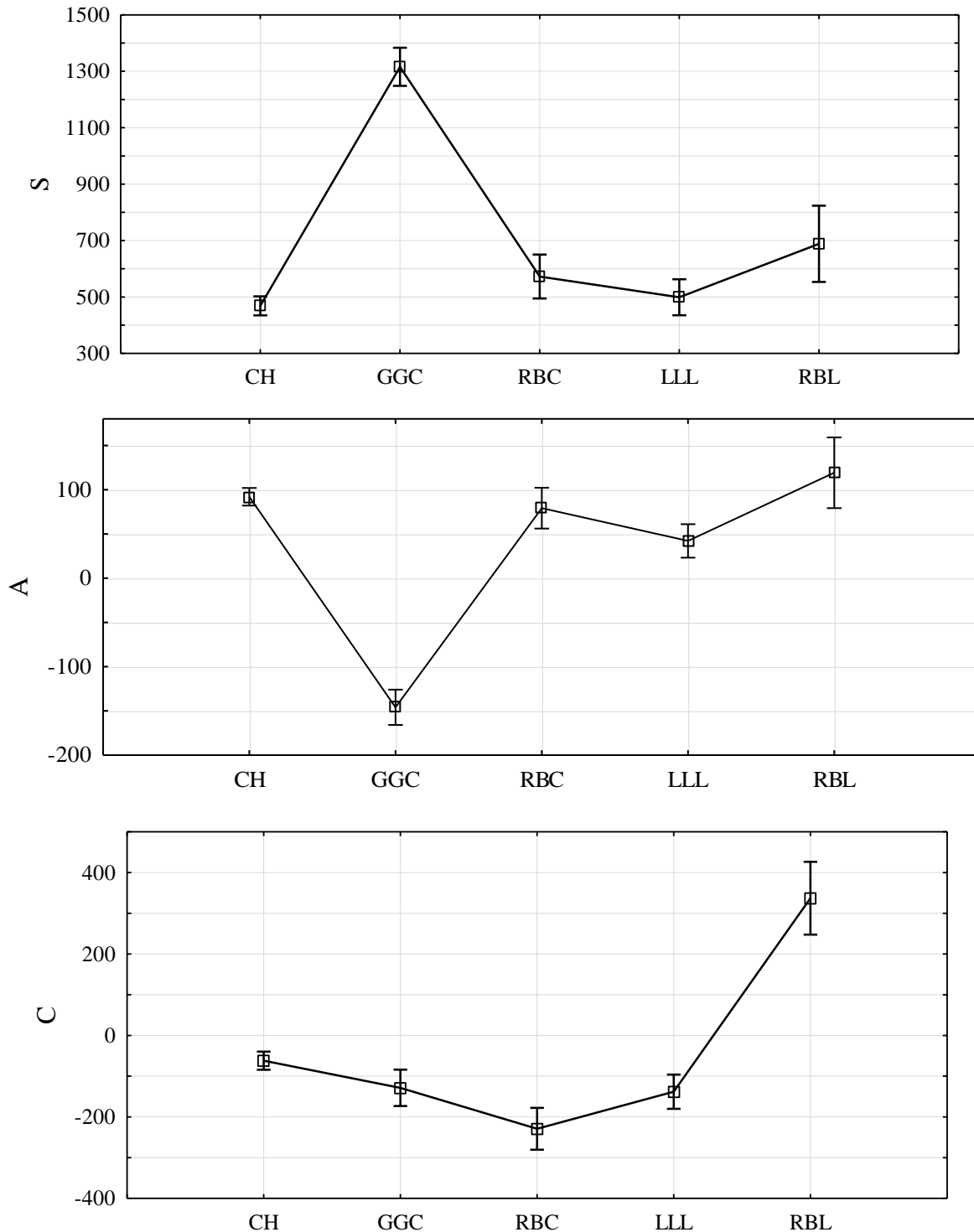


Рис. 4. Параметри модифікованого рівняння Філіпа у залежності від верхнього шару техноземів

Умовні позначки. S, A, C, – параметри рівняння, CH – гумусована чорноземоподібна маса; GGC – сіро-зелені мергелисті

глини та суглинки; RBC – червоно-бурі суглинки; LLL – лесподібні суглинки; RBL – червоно-бурі глини
У чорноземі звичайному в верхній третині схилу сорптивність становить 908.5 ± 64.0 см/√години, у більш еродованій позиції у середині схилу – 1441.4 ± 74.4 см/√години, а в найбільш еродованому ґрунті у нижній третині – 2009 ± 102.9 см/√години. Низька сорптивність також є негативною властивістю ґрунту, так як унеможливорює швидке потрапляння води у шар ґрунту за умов інтенсивного випадіння опадів. Такий характер випадіння дуже характерний для степової зони України. І якщо вода не потрапляє у ґрунт, то відбувається її латеральне переміщення, яке викликає водну ерозію. Найбільший ризик різкого зниження сорптивності техноземів важкого механічного складу може виникати у результаті утворення поверхневої кірки. Чим більш важкий механічний склад та менший уміст органічної речовини – тим більший ризик утворення кірки. У цьому контексті сіро-зелені глини представляють дуже проблемний тип поверхневого насипу. За нашими результатами, сіро-зелені глини характеризуються найбільшою сорптивністю, але ж ці техноземи можуть утворювати кірку і їх сорптивність може змінитися з точністю до навпаки – стати найменшою. Така контрастність властивостей дуже притамана молодим техногенним ґрунтам. Варіабельність водних властивостей може спостерігатися у часі та у просторі на різних як часових, та і просторових масштабах. Крім того, може бути вкрай специфічною ритміка процесів, яка суттєва відміна від ритміки процесів у природних ґрунтах, або у агроземах, які сформовані на первинно природних ґрунтах.

Параметр рівняння Філіпа А, який характеризує швидкість фільтрації у стаціонарній фазі процесу, найбільший для червоно-бурих глин (119.1 ± 20.3 см/√години). Деяко менший цей показник для техноземів з насипним шаром з гумусованого чорноземовидного матеріалу (92.0 ± 5.1 см/√годин). Деяко менша швидкість фільтрації для насипу з червоно-бурих суглинків (79.1 ± 5.1 см/√годин). Фільтрація у лесовидних суглинках (42.1 ± 9.6 см/√годин) майже точно дорівнює значенню цього параметру у чорноземних ґрунтах (43.1 ± 20.4 см/√годин). Для сіро-зелених глин параметр А приймає від'ємні значення, що вказує на те, що швидкість фільтрації зменшується увесь період експерименту та найбільш вірогідно, наближається до нуля. Низький вміст органічних речовин в сіро-зелених глинах дає можливість утворювати водостійку структуру, тому при контакті з водою структура втрачається, а ґрунти «пливуть». Цьому явищу також сприяє засоленість ґрунтового розчину та переважання у ґрунтовому поглинальному комплексі сіро-зелених глин натрію. Таким чином, для сіро-зелених глин характерний вкрай контрастний водний режим: високі показники інфільтрації які поєднуються з низькими фільтраційними властивостями аж до водостійкого стану.

У природних ґрунтах значення параметру А зменшується та набуває від'ємних значень зі збільшенням активності ерозійних процесів.

Здатність підтримувати високий рівень швидкості фільтрації вологи у стані повної насиченості ґрунту вологою – є дуже важливою функціональною особливістю, яка також вказує на стабільність протікання у ґрунті інших процесів. Наявність такої властивості у педоземів досить зрозуміла – вона успадковується від чорноземних ґрунтів, які є донорами чорноземовидної гумусованої маси.

Параметр моделі С найближчий до нуля для чорноземоподібної насипки, що вказує на те, що для моделювання вологовбирання у ньому достатньо традиційної форми рівняння Філіпа. Аналогічне вірне і для природного чорноземного ґрунту в верхній частині схилу балки.

Позитивне значення коефіцієнту С вказує на провальну водопроникненість на перших етапах насичення ґрунту водою. Така особливість характерна для насипки з червоно-бурих суглинків, для яких параметр С становить 337.1 ± 45.4 см/√годин.

Для інших типів техноземів значення параметру С від'ємне. Найменший показник характерний для червоно-бурих глин (-229.1 ± 26.2 см/√годин). Для сіро-зелених глин та лесоподібних суглинків параметр С знаходиться на близькому рівні (-128.7 ± 22.7 та -138.1 ± 21.4 см/√годин відповідно).

Від'ємне значення коефіцієнту С вказує на наявність ефекту «змочування» – певного гальмування водопроникненості на перших етапах насичення ґрунту вологою. Саме коефіцієнт С є доповненням моделі Філіпа, що дозволяє більш точно описувати міграційні процеси у техногенних ґрунтах. Наближення цього параметру до нуля є чітким маркером цілісності ґрунту, як природного, так і техногенного походження. Як статистично вірогідно відмінні від нуля позитивні, або негативні значення цього параметру характерні для або порушених ерозійними процесами природних ґрунтів, або для техноземів у фазі їх формування.

Процес насичення водою ґрунту при попаданні її на поверхню відбувається зверху вниз поступово поширюючись у більш глибокі шари, тому природа та властивості підстилаючого шару також відбивається у динаміці поглинання води. Сорптивність статистично вірогідно визначається особливостями підстилаючого шару ґрунту ($F = 28.8$, $p < 0.001$). Найбільша сорптивність характерна для техноземів з сіро-зеленими глинами у якості підстилаючої породи (1143.8 ± 47.2 см/√годин). Найменший цей показник характерний для таких підстилаючих ґрунтів, як чорноземовидна маса (422.9 ± 72.2 см/√годин) та пісок (656.4 ± 32.3 см/√годин). Інші підстилаючі породи займають перехідне положення за рівнем сорптивності.

Найбільший рівень швидкості фільтрації характерний для техноземів з червоно-бурими суглинками у якості підстилаючої породи (119.1 ± 28.1 см/√годин). Постійне гальмування швидкості фільтрації спостерігається у разі застосування у якості підстилаючого шару сіро-зелених глин (-73.0 ± 15.0 см/√годин). Інші породи подібні за рівнем швидкості фільтрації у разі їх застосування як підстилаюча порода.

Динаміку вбирання води на перших етапах процесу описує параметр С. Він приймає позитивні значення для моделі техноземів з червоно-бурим суглинком у якості підстилаючого шару (337.1 ± 46.0 см/√годин), що вказує на провальне всмоктування води на початку експерименту. Інші типи техноземів навпаки, демонструють від'ємні значення коефіцієнту С, що обумовлене ефектом «змочування».

Висновки

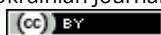
Конструкція ґрунтоподібного тіла у нуль-момент свого існування визначає динаміку та траєкторію ґрунотворного процесу. Основними конструктивними варіантами техноземів є: однорідні мономоделі та варіанти композитних конструкцій (двох- або більше компонентні) з шарами різного походження та товщини. Для моделювання процесу водовбирання техноземів більш придатним є модифіковане рівняння Філіпа, яке дозволяє точно описати процес вбирання води як на етапі інфільтрації, так і на етапі фільтрації. Характер підстилаючої породи техноземів, яка знаходиться на певній глибині, значно впливає на перебіг процесів ґрунтоутворення у межах усього ґрунтового профілю та, таким чином, визначають властивості технозему як цілісного утворення. Підстилаюча порода регулює процеси контакту техноземів з навколишнім середовищем, так як визначає інтенсивність профільної міграції вологи та розчинених солей, а відтак – впливає на температуру поверхневого шару та його вологість. Важливим також є формування екологічних умов у кореневмісному шарі техноземів, які зазнають впливу підстилаючої породи. Наявність водостійких агрегатів біогенного походження згладжує варіювання щільності глинистих ґрунтів, які виникають внаслідок процесів набухання та усадки, що дозволяє підтримувати на стабільному рівні структуру їх порового простору. Як наслідок, ґрунти після фітомеліоративної фітозміни набувають таких особливостей, як зменшений рівень інфільтрації, але збільшений рівень фільтрації. Оптимальні значення показників сорптивності та фільтрації тісно кореспондують з профільними властивостями ґрунтів, які можна дослідити за допомогою показників твердості. Однорідність складення та водотривка агрегатна структура визначають оптимальні функціональні режими техноземів. Наявність контрастних субстратів призводить до формування водотривких границь, які порушують профільне переміщення води та формують ізольовані компартменти. Стратифіковані конструкції можна розглядати лише як інструмент ізоляції верхніх шарів ґрунту від проникнення токсичних солей або інших токсикантів після захоронення гірських порід, які ці токсиканти вміщують. Зона сполучення контрастних субстратів обмежує проникнення вологи атмосферного походження у глиб ґрунту і таким чином обмежують вологозапаси ґрунту, які формуються у осінньо-зимовий період.

References

- Anderson, A. N., McBratney, A. B., Crawford, J. W. (1998). Applications of fractals to soil studies. *Advances in Agronomy*, 63, 1–76.
- Bekarevich, N. E. (1971). Breed supraore column and their agricultural valuation. In: Bekarevich, N. E. (Ed.), *About reclamation in the steppes of Ukraine*. Dnepropetrovsk, Promin (in Russian).
- Fridland, V. M. (1972). *Structure of the soil cover*. Moscow: Misl (in Russian).
- Heuvelink, G. B. M., Webster, R. (2001). Modelling soil variation: past, present, and future. *Geoderma*, 100, 269–301.
- Karpachevsky, L. O. (1983). *Landscape mirror*. Moscow, Mysl (in Russian).
- Karpachevsky, L. O. (2005). *Ecological soil science*. Moscow, Geos (in Russian).
- Kharytonov, M., Babenko, M., Velychko, O., Pardini, G. (2018). Prospects of medicinal herbs management in reclaimed minelands of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 527–532. DOI: [10.15421/2018_245](https://doi.org/10.15421/2018_245)
- Kunah, O.N. (2016). Functional and spatial structure of the urbotechnozem mesopedobiont community. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*, 24(2), 473–483. DOI <https://doi.org/10.15421/011664>
- Maslikova, K.P., Ladska, I.V., Zhukov, O.V. (2016). Permeability of soils in artificially created models with different stratigraphy. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*. 6 (3), 234–247. DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/201693>
- Medvedev, V. V., Laktionova, E. V., Donsova, L. V. (2011). Soil water properties of Ukraine and agricultural crops water supply. *Kharkiv: Apostrof* (in Russian).
- Philip, J. R. (1957). The Theory of Infiltration: Sorptivity and Algebraic Infiltration Equation, *Soil Science*, 84, 257–264.
- Rode, A.A. (1984). *Genesis of soils and modern soil formation processes*. Moscow, Nauka (in Russian).
- Yakovenko, V. M. (2008). Micromorphological diagnosis Prsamare-Dniprovske chaernozems. *Soil science*, 9, 3–4, 119–127 (in Ukrainian).
- Zabaluev, V.A. (1999). *Formation of agro-ecosystems reclaimed land in the steppe of Ukraine: edaphic study*. Kyiv (in Russian).
- Zadorozhna, G. O., Kunah, O. N., Zhukov, O. V. (2012). The spatial organization of soddy-lithogenic soils on the redbrown clays. *Problems of the ecology and nature protection of the technogenic region*, 1(12), 226–237 (in Russian).
- Zhukov, A. V., Shatalin, D.B. (2016). Hygrotope and trophotope of the steppe prydnirovie biogeocoenosis as determinants of the earthworms (Lumbricidae) communities β -diversity. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*. 6 (2), 129–157 (in Russian). DOI: [10.15421/201651](https://doi.org/10.15421/201651)
- Zhukov, A.V., Zadorozhnaya, G.A. 2016. Spatio-temporal dynamics of the penetration resistance of recultivated soils formed after open cast mining. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*. 24(2), 324–331 (in Russian). DOI: [10.15421/011642](https://doi.org/10.15421/011642)
- Zhukov, O.V (2015). Influence of usual and dual wheels on soil penetration resistance: the GIS-approach. *Biological Bulletin Of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*. 3, 73–100 (in Russian). DOI: [10.7905/bbmspu.v5i3.988](https://doi.org/10.7905/bbmspu.v5i3.988)
- Zhukov, O.V., Kunah, O.M., Taran, V.O., Lebedinska, M. M. (2016). Spatial variability of soils electrical conductivity within arena of the river dnepyr valley (territory of the natural reserve “Dniprovsko-Orilsky”). *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*, 6 (2), 129–157 (in Ukrainian). DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/201646>
- Zhukov, O.V., Kunah, O.N., Novikova, V.A. (2016). The functional organisation of the mesopedobionts community of sod pinewood soils on arena of the river Dnepr. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*. 24(1), 26–39 (in Russian). doi:[10.15421/011604](https://doi.org/10.15421/011604)
- Zverkovskiy, V.M., Sytnyk, S.A., Lovynska, V.M., Kharytonov, M.M., Mykolenko, S.Yu. (2017). Remediation potential of forest-forming species in the reclamation planting. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(3), 64–72. doi: [10.15421/2017_50](https://doi.org/10.15421/2017_50)

Citation:

Maslikova, K.P. (2018). Management of functional properties of recultozem models with placement primary stratigraphy. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 619–627.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0. License