

## ВОДОПРОНИКНІСТЬ ТЕХНОЗЕМІВ У МОДЕЛЯХ КОНСТРУКЦІЇ З РІЗНОЮ СТРАТИГРАФІЄЮ

К.П. Маслікова, І.В. Лядська, О.В. Жуков

*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна*

*E-mail: [Inna\\_Vic@Rambler.ru](mailto:Inna_Vic@Rambler.ru)*

У роботі встановлені показники швидкості водопроникнення в експериментальних варіантах насипки техноземів, призначених для пошуку оптимальних технологічних рішень для рекультивациі порушених гірськими розробками земель у межах Нікопольського марганцеворудного басейну: педоземи (техноземи, сформовані за допомогою насипного гумусового шару ґрунту), літоземи (сформовані тільки з гірських порід без насипного гумусованого шару ґрунту) – дерново-літогенні ґрунти на сіро-зелених глинах, на червоно-бурих глинах та на лесоподібних суглинках. Загальноприйнятим методом дослідили швидкість водопроникності техноземів. Дослідження провели на дослідних ділянках з рекультивациі земель Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. Дослідними об'єктами стали 57 моделей з різними варіантами ґрунтових насипок техноземів. На основі результатів досліджень побудували графіки динаміки водопроникності. Одержані дані свідчать про те, що в досліджених моделях ґрунтових насипок перехід від процесу інфільтрації до фільтрації значно подовжений у часі. Навіть у стабільній фазі водопроникності, для спостережуваних техноземів характерно сполучення процесів фільтрації та інфільтрації. Показано, що конструкція ґрунтоподібного тіла у нуль-момент свого існування визначає динаміку та траєкторію ґрунотворного процесу. Дослідження динаміки вбирання води з поверхні ґрунту є високоінформативним інструментом оцінювання властивостей ґрунтового тіла без його порушення. Одержані динамічні криві поряд з високою диференціальною здатністю є також екологічно релевантними, тобто відображають властивості ґрунту як середовища існування живих організмів. 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. 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. 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, які спостерігаються через регулярні інтервали часу. Ці інтервали специфічні для кожного типу конструкції технозему.

*Ключові слова: швидкість водопроникності, інфільтрація, фільтрація, техноземи.*

## ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ ТЕХНОЗЕМОВ В МОДЕЛЯХ КОНСТРУКЦИЙ С РАЗНОЙ СТРАТИГРАФИЕЙ

К.П. Масликова, И.В. Лядская, А.В. Жуков

*Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, Днепр, Украина*

*E-mail: [Inna\\_Vic@Rambler.ru](mailto:Inna_Vic@Rambler.ru)*

### Citation:

Maslikova, K.P., Ladska, I.V., Zhukov, O.V. Permeability of soils in artificially created models with different stratigraphy. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*, 6 (3), 250–265.

Поступило в редакцию / Submitted: 26.10.2016

Принято к публикации / Accepted: 28.11.2016

**crossref** <http://dx.doi.org/10.15421/201693>

© Maslikova, Ladska, Zhukov, 2016

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0. License

В работе установлены показатели скорости водопроницаемости в экспериментальных вариантах насыпей техноземов, которые были созданы для поиска оптимальных технологических решений для рекультивации нарушенных горными разработками земель в пределах Никопольского марганцеворудного бассейна: педоземы (техноземы, сформированы с помощью насыпного гумусового слоя почвы), литоземы (сформированы только из горных пород без насыпного гумусового слоя почвы) – дерново-литогенные почвы на серо-зеленых глинах, на красно-бурых глинах и на лессовидных суглинках. Общепринятым методом исследовали скорость водопроницаемости техноземов. Исследование провели на опытных участках по рекультивации земель Днепропетровского государственного аграрно-экономического университета. Экспериментальными объектами стали 57 моделей с различными вариантами почвенных насыпей техноземов. На основе результатов исследований построили графики динамики водопроницаемости. Полученные данные свидетельствуют о том, что в исследованных моделях почвенных насыпей переход от процесса инфильтрации до фильтрации значительно растянут во времени. Даже в стабильной фазе водопроницаемости для наблюдаемых техноземов характерно сочетание процессов фильтрации и инфильтрации. Показано, что конструкция почвоподобного тела в ноль-момент своего существования определяет динамику и траекторию почвообразовательного процесса. Исследование динамики впитывания воды с поверхности почвы является высокоинформативным инструментом оценки свойств почвенного тела без его нарушения. Полученные динамические кривые наряду с высокой дифференциальной способностью также есть экологически релевантными, так как они отражают свойства почвы как среды обитания живых организмов. Дифференциальная способность кривых впитывания воды проявляется в том, что наблюдаются значительные различия между движением влаги в почве в исследуемых объектах в зависимости от их строения. Для черноземов обыкновенных характерными чертами процесса водопроницаемости является монотонная динамика скорости впитывания воды и граница, которая четко различает фазы инфильтрации и фильтрации. Переход в фазу фильтрации происходит в течении первого часа эксперимента. Для исследуемых моделей техноземов скорость водопроницаемости характеризуется значительным варьированием относительно монотонного тренда, который заключается в уменьшении скорости впитывания воды со временем и достижении определенного стационарного состояния. Такие отклонения от общего тренда проявляют себя в виде всплеск повышенной скорости водопроницаемости, которые наблюдаются через регулярные интервалы времени. Эти интервалы являются специфическими для каждого типа конструкции техноземов.

*Ключевые слова: скорость водопроницаемости, инфильтрация, фильтрация, техноземы.*

## PERMEABILITY OF SOILS IN ARTIFICIALLY CREATED MODELS WITH DIFFERENT STRATIGRAPHY

K.P. Maslikova, I.V. Ladska, O.V. Zhukov

*Dnipropetrovsk State Agrarian University of Economics, Dnepr, Ukraine*

*E-mail: [Inna\\_Vic@Rambler.ru](mailto:Inna_Vic@Rambler.ru)*

The set of performance speed permeability experimental versions mounds of tehnozems designed to search for the best technological solutions for reclamation of disturbed mountain design land within the Nikopol manganese ore Basin have been discussed in the present article such as pedozems (tehnozems formed using bulk humus soil), litozems (formed only rocks without humus bulk soil): sod-litogenic soils to gray-green clay, the reddish-brown clays and loams on loess-like clays. The speed of tehnozems water permeability has been explored by the conventional method. Research conducted on test plots of land reclamation Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University. Research facilities have been 57 models with various options mound tehnozems ground. Based on research built graphics dynamics permeability. The data indicate that the models studied mound soil infiltration process of transition to a filtration significantly prolonged the time. Even in a stable phase permeability for tehnozems observable characteristic combination of filtration and infiltration processes. It is shown that the design soil-like body in the zero-point of its existence, the dynamics and trajectory of soil formation. The study of the dynamics of tidying up water from the soil surface is highly informative tool for evaluating the properties of the soil body without violations. The resulting dynamic curves along with high resolution differential is environmentally relevant, that reflect the properties of the soil as the habitat of living organisms. Differential capacity curves tidying water appears that there are significant differences between the movement of moisture in soil in the studied sites, depending on their structure. For ordinary chernozems permeability characteristic features of the process is monotonic dynamic speed limit tidying water and that clearly differs between phase infiltration and filtration. Switch phase filtration is the first experiment. For the studied models tehnozems the speed permeability characterized by a significant variation with relatively monotonous trend, which is the reduced rate of tidying water and eventually reach a certain steady state. Such deviations from the general trend manifest itself in the form of high speed flash permeability observed at regular intervals. These intervals are specific to each type of construction tehnozems.

*Keywords: speed permeability, infiltration, filtration, tehnozems.*

У ґрунті завжди міститься волога, кількість якої постійно змінюється у часі. Ці зміни залежать від співвідношення процесів надходження води у ґрунт з атмосферними опадами, поливними та ґрунтовими водами і витрачання її з ґрунту внаслідок фізичного випаровування, транспірації, стоку тощо (Умарова, 2011). Водопроникність – це здатність ґрунту сприймати воду, яка подається на його поверхню та проводити цю воду від шару до шару (Качинський, 1979; Панина, 2015). Водопроникність ґрунту включає

у себе дві стадії: вбирання (інфільтрацію) та фільтрацію. Початкова стадія швидкого проникнення води в ненасичений вологою ґрунт при деякому гідралічному тиску називається вбиранням (або інфільтрацією) (Шейн і др., 2009). Після насичення усього простору шпар ґрунту водою потік стабілізується. Настає стадія руху води в насиченому ґрунті – стадія фільтрації. Отже, вбирання – переміщення вільної води в ненасичений вологою ґрунт – перша стадія водопроникності. Друга стадія водопроникності – рух води в насиченому вологою ґрунті – фільтрація (Шейн, Карпачевский, 2007). Водопроникність зумовлює життєдіяльність біоти та визначає водний баланс того чи іншого едафотопу. Від цього процесу залежить також інтенсивність поверхневого стоку, а відповідно, і режим зволоження ґрунту, що має важливе значення для процесів ґрунтоутворення (Жуков та ін., 2014).

Безнапорна фільтрація відбувається у випадку, коли фільтраційний потік обмежений поверхнею, тиск на яку дорівнює (або близьке) до атмосферного тиску (Панина, 2015). За умов малонапорної фільтрації проявляються явища преференційних потоків вологи. Преференціальний перенос речовин – це узагальнене поняття для позначення різноманітних ґрунтових процесів, які характеризуються суттєвою відмінністю руху вологи та речовин від ідеальних, які описуються рівняннями Дарсі (Умарова, 2011).

Водопроникність, забезпечуючи сприятливий водно-повітряний режим у ґрунті, є одним з найсуттєвіших чинників родючості. Показник водопроникності значно залежить від водно-фізичних властивостей ґрунтів і впливає на їх гідрологічний режим (Лядська, 2014). Опади під впливом сили тяжіння всмоктуються та просочуються по порах і тріщинах. У процесі всмоктування частина води заповнює пори різного розміру та форми, інша частина фільтрується у глибинні горизонти, ще інша випаровується з поверхні, а також стікає по схилах, утворюючи поверхневий стік (Жуков та ін., 2013). Водопроникність ґрунту залежить від механічного складу і структури ґрунту. Піщані та структурні ґрунти швидше пропускають воду, ніж глинисті і безструктурні. На водопроникність впливає також кількість органічної речовини та колоїдів, які затримують велику кількість вологи (Горбань, 2007).

Просторова мінливість таких ґрунтових властивостей, як механічний склад, структура, вміст P, Ca, Mg, Fe, впливають на швидкість інфільтрації ґрунту (Андроханов, 2000; Бекаревич, 1976). В свою чергу від швидкості інфільтрації залежить швидкість фільтрації. Чим менша водопоглинальна здатність ґрунтів, тим більше води залишається на їхній поверхні і, відповідно тим сильніша ерозія. Надходження ж меншої кількості води у ґрунт супроводжується зниженням продуктивності як окремих популяцій, так і біогеоценозів загалом (Волох і др., 1991; Етеревская, 1989).

У техноземах тільки відбувається утворення морфологічних структур, які у подальшому перетворюються на генетичні горизонти, гомологічні генетичним горизонтам природних ґрунтів. Багаторічними дослідженнями доведено, що гірські породи, які використовуються для конструювання техноземів, суттєво розрізняються за водними властивостями як між собою, так і в порівнянні із зональним ґрунтом (Жуков, Лядська, 2010; Лядська, Андрусевич, 2014). Додаткова кількість доступної рослинам вологи в глинистих субстратах є суттєвим фактором родючості техноземів (Забалуев, 1999). Тому дослідження динаміки швидкості вбирання вологи техноземами є актуальною проблемою.

**Мета дослідження:** встановити показники швидкості водопроникнення в експериментальних варіантах насипки техноземів, призначених для пошуку оптимальних технологічних рішень для рекультивації порушених гірськими розробками земель у межах Нікопольського марганцеворудного басейну: педоземи (техноземи, сформовані за допомогою насипного гумусового шару ґрунту), літоземи (сформовані тільки з гірських порід без насипного гумусованого шару ґрунту) – дерново-літогенні ґрунти на сіро-зелених глинах, на червоно-бурих глинах та на лесоподібних суглинках.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Для визначення оптимальної конструкції насипів техногенно порушених ґрунтів були сконструйовані 57 лізиметрів з різною стратиграфією насипок техноземів (Бекаревич і др., 2001; Лядская, 2015). У цих ґрунтових моделях на протязі липня-серпня 2013 року досліджували динаміку водопроникності ґрунту методом рам (Вадюніна, Корчагіна, 1986). Аналогічні дослідження проведені на схилі балки Кам'януваста (околиці м. Дніпро). Ґрунти – чорноземи звичайні (Лядська, 2015).

На поверхні ґрунту в кожному лізиметрі розмістили по два кільця: зовнішнє – велике (діаметром – 50 см), і внутрішнє – маленьке (діаметром – 10 см). Ці кільця необхідні для того щоб гарантувати лінійний потік, запобігти боковому розтіканню води при фільтрації під кільцем меншого діаметру. Зовнішнє кільце називають захисним, а внутрішнє – вимірвальним (Шейн, 2005). Рівень води у зовнішньому та внутрішньому кільцях підтримували постійними. На протязі перших 3–4 годин досліду вимірювали витрати води в часі у внутрішньому кільці, які необхідні для підтримання постійного рівня. Напір води від поверхні ґрунту склав 5 см для обох кілець.

На початковій фазі експерименту коли відбувається вбирання вологи за умов природної вологості можна визначити динаміку швидкості її вбирання та розрахувати коефіцієнт інфільтрації ( $K_{\text{інф}}$ ). При подальшому проведенні дослідження потік води стабілізувався і почалась стадія фільтрації.

У певний період часу можна обрахувати потік води у ґрунт:

$$q_w = \frac{Q}{S \cdot t}$$

де  $q_w$  – потік води, см/хвил,  $Q$  – кількість води, що вбирається см<sup>3</sup>,  $S$  – площа кільця см<sup>2</sup>;  $t$  – час, хв. Для відповідних стадій цей потік буде дорівнювати коефіцієнту інфільтрації ( $K_{inf}$ ), або коефіцієнту фільтрації ( $K_f$ ) (Шенн, 2007).



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

## РЕЗУЛЬТАТИ

В лізиметрах 1–3 з насипкою з лесоподібних суглинків процес водопроникності характеризується значною мінливістю. На першому етапі дослідження спостерігаємо процес інфільтрації (рис. 1).

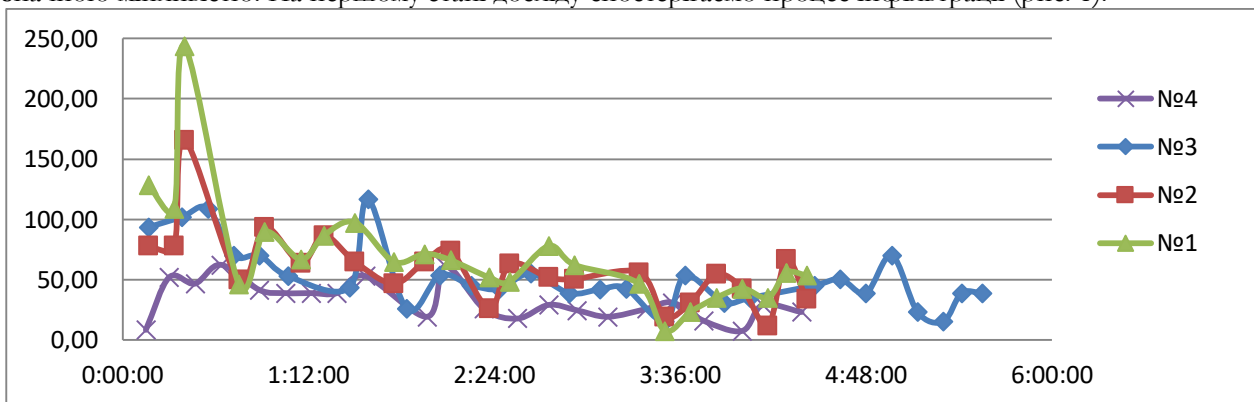


Рис. 1. Динаміка водопроникності у варіантах 1, 2, 3 – насипка з лесоподібних суглинків; 4 – технічна суміш 50 % лесоподібних суглинків та 50 % червоно-бурих глин. На осі абсцис тут і надалі наведений час з початку експерименту (в годинах), на осі ординат тут і надалі наведена швидкість водопроникності, мм/год.

Одержані дані свідчать про те, що наприкінці першої години дослідження швидкість процесу водопроникності починає угасати. На початку другої години досягнення швидкості водопроникнення приблизно постійного рівня є маркером процесу фільтрації. Швидкість фільтрації характеризується значним варіюванням відносно стабільного середнього значення. Ця варіабельність є наслідком спалахів підвищеної швидкості водопроникності, які спостерігаються через кожні 0,5–1,5 години експерименту. Вірогідно, що шар води, який проникає глиб ґрунту, зустрічає значні порожнини, завдяки яким спостерігаються вказані спалахи водопроникності. За своєю природою ці спалахи більшою мірою відповідають процесу інфільтрації. Таким чином, навіть у стабільній фазі водопроникності, для спостережуваних техноземів характерно сполучення процесів фільтрації та інфільтрації. Для технологічної суміші у лізиметрі № 4 встановлене мале абсолютне значення водопроникності у період фільтрації. Вірогідно, що суміш лесоподібних суглинків та червоно-бурих глин, яка міститься у цьому лізиметрі, має



більш щільне складення та меншу компоненту значних за розміром шпар, завдяки яким в інших варіантах спостерігається велика швидкість фільтрації.

У лізіметрах 5–7 з однотипною насипкою з червоно-бурих глин динаміка процесу водопроникнення є досить подібною (рис. 2).

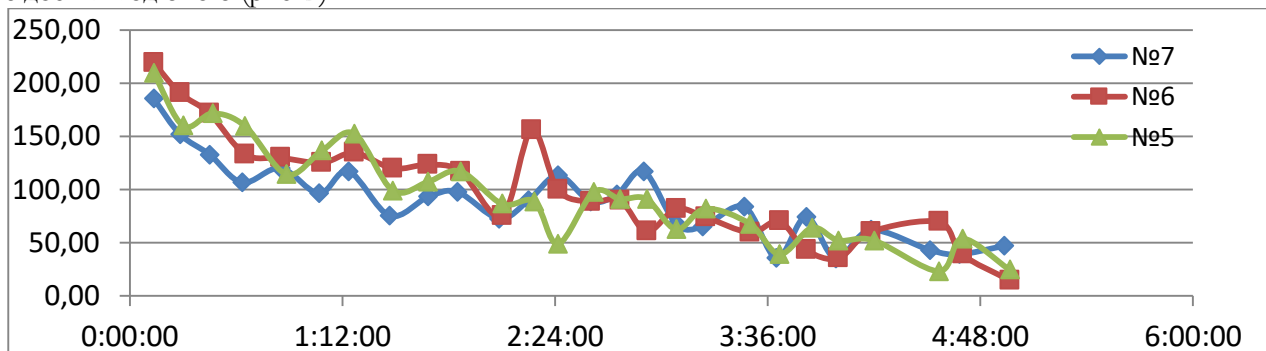


Рис. 2. Динаміка водопроникності у варіантах 5, 6, 7 – насипка з червоно-бурих глин

На початку досліду спостерігаємо процес інфільтрації. Поступово згасаючи, інфільтрація продовжується протягом всього часу проведення досліду. Швидкість водопроникності характеризується значною варіабельністю. Встановлені локальні піки прискорення швидкості вбирання вологи, які з певною періодичністю спалахують на протязі усього досліду. Вірогідно, це пов'язано з тим, що вода доходить до шпар зі значним розмірами.

У лізіметрах з насипкою сіро-зелених глин (№№ 8–10) на початку експерименту процеси водопроникності між дослідами суттєво відрізняються, але у другій половині досліду проходять більш однотипно (рис. 3).

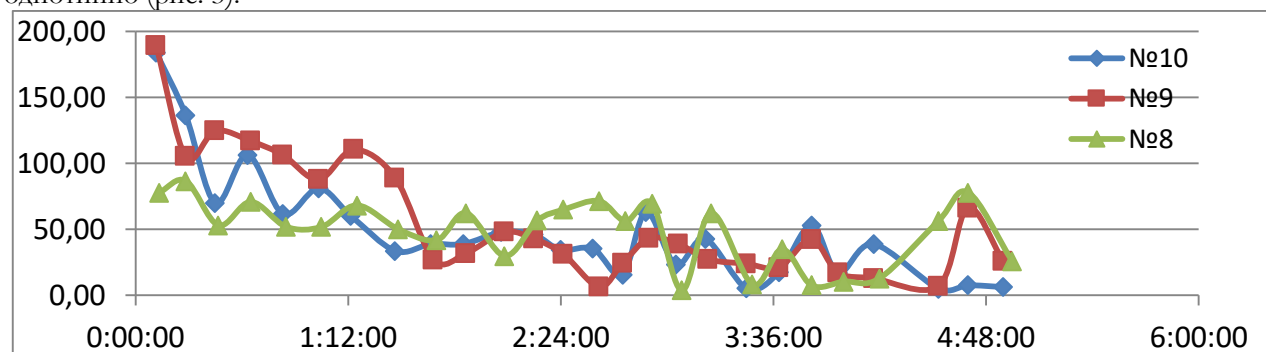


Рис. 3. Динаміка водопроникності у варіантах 8, 9, 10 – насипка з сіро-зелених глин

Після 2,5 годин досліду відбувається вихід на плато та розпочинається процес фільтрації. Через регулярні інтервали часу, які приблизно дорівнюють 20 хв та значною мірою подібні між різними варіантами насипок, відбуваються спалахи швидкості водопроникності. Вірогідно це пов'язано з наявністю шпар значного розміру. Шар води доходить до шару ґрунту з високою концентрацією шпар і водопроникність має провальний характер, що і спричиняє спалахи, які показані на рисунку. Таким чином, навіть у стабільній фазі водопроникності, для спостережуваних техноземів характерно сполучення процесів фільтрації та інфільтрації. У лізіметрах з насипкою з чорнозему з підстилаючою породою сіро-зелені глини та лесоподібний суглинок (№№ 11–13) спостерігаємо чітку межу між інфільтрацією та фільтрацією. Процес інфільтрації проходить протягом першої години досліду (рис. 4).

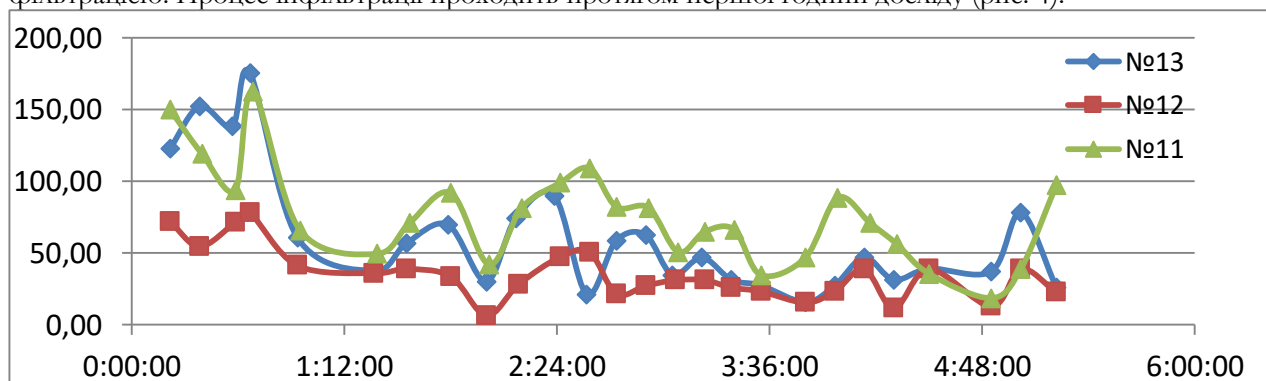


Рис. 4. Динаміка водопроникності у варіантах 11, 12, 13 – насипка з чорнозему з підстилаючою породою сіро-зелені глини (11), червоно-бура глина (12) та лесоподібний суглинок (13).

Значна варіабельність швидкості процесу інфільтрації свідчить про те, що вже на невеликій глибині є шпари значного розміру, які спричиняють локальні піки у водопроникності. При цьому в лізіметрі №12 варіабельність менш виражена, вірогідно у верхніх шарах даної насипки ґрунт більш ущільнений. На початку другої години дослідження швидкість водопроникності досягає приблизно одного рівня – розпочинається процес фільтрації, який характеризується високою варіабельністю відносно середнього значення. Ця варіабельність є наслідком спалахів підвищеної швидкості водопроникності, які спостерігаються через кожні 0,5–1,5 години експерименту.

Наступні три лізіметри (№№ 14–16) з чорноземом. Спостерігаємо чітке розмежування між процесом інфільтрації та фільтрації (рис. 5).

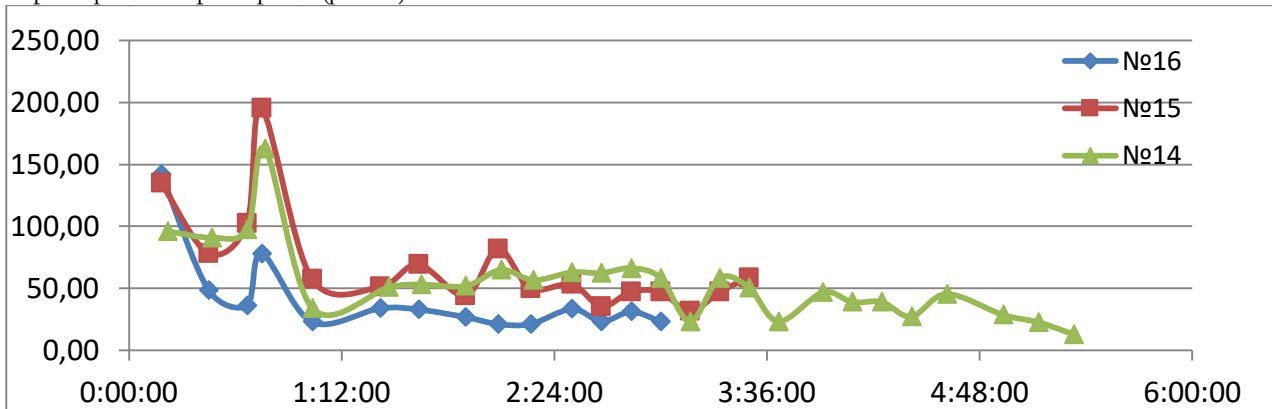


Рис. 5. Динаміка водопроникності у варіантах 14, 15, 16 – насипка з чорнозему

Протягом першої години дослідження спостерігаємо процес інфільтрації, який стрімко згасав до кінця першої години дослідження. На даному етапі дослідження водопроникність характеризується, як і в попередніх трьох лізіметрах (№№ 11–13), високою варіабельністю. Вірогідно причиною цього є наявність шарів значного розміру вже у верхніх шарах ґрунту.

Починаючи з другої години швидкість водопроникності виходить на один рівень, розпочинається процес фільтрації. У лізіметрі № 16 фільтрація проходить більш плавно без явних локалітетів. Насипка в даному лізіметрі характеризується більшою щільністю складення. У лізіметрах № 14, 15 варіабельність швидкості фільтрації більш суттєва, з явними локалітетами. Вірогідно причиною такого розподілення є наявність концентрацій шарів по профілю.

Провівши дослідження водопроникності у наступних трьох лізіметрах (№№ 17–19) з насипкою з лесоподібних суглинків, та побудувавши графіки динаміки швидкості водопроникності на основі отриманих даних, бачимо що в даному випадку не має чіткого розмежування між процесом інфільтрації та фільтрації. Процес водопроникності в представлених моделях насипок має хаотичний характер. На рис. 6 візуально не відмічається чіткого переходу від процесу інфільтрації до процесу фільтрації.

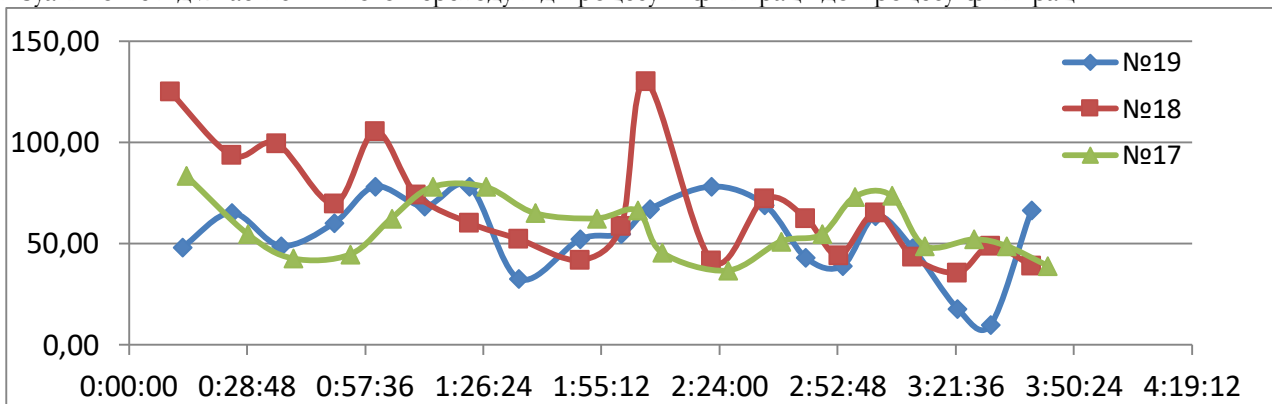


Рис. 6. Динаміка водопроникності у варіантах 17, 18, 19 – насипка з лесоподібних суглинків з фітомеліоративної сівозміни.

Лише у лізіметрі № 18 можна виділити процес інфільтрації що проходить перші 1,5 години дослідження. Далі швидкість водопроникності виходить на плато що є маркером фільтрації. Протягом всього дослідження спостерігаємо спалахи водопроникності, за своєю природою ці спалахи більшою мірою відповідають

процесу інфільтрації. Інші два лізіметри з цієї групи (№ 17, 19) характеризуються високою варіабельністю процесу водопроникності. Характерні локальні піки які повторюються через кожну годину досліду. Вірогідно, що шар води, який проникає вглиб ґрунту, зустрічає значні порожнини за всім профілем, завдяки яким спостерігаються вказані на графіку спалахи водопроникності. Можливо причиною утворення таких порожнин, що спричиняють локальні піки у швидкості водопроникнення, є процес набухання – усадки ґрунту.

Таким чином, на протязі всього часу проведення досліду, для спостережуваних техноземів характерно сполучення процесів фільтрації та інфільтрації, відсутність чіткого розмежування процесу водопроникності на фільтрацію та інфільтрацію.

Наступні три лізіметри з насипкою з червоно-бурих суглинків (№№ 20–22) також характеризуються подібністю проходження процесу водопроникності за профілем (рис. 7).

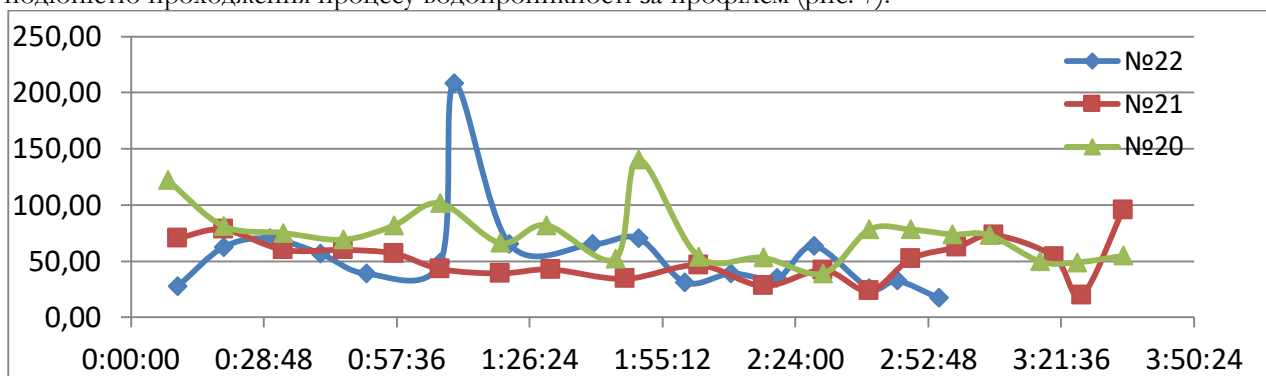


Рис. 7. Динаміка водопроникності у варіантах 20, 21, 22 – насипка з червоно-бурих суглинків з фітомеліоративної сівозміни.

Встановлено, що у лізіметрі № 21 процес водопроникності проходить більш плавно. Вірогідно, що суміш з червоно-бурих глин, яка міститься у цьому лізіметрі, має більш щільне складення та меншу компоненту значних за розміром шпар, завдяки яким в інших варіантах спостерігається висока швидкість інфільтрації. У лізіметрах № 20–22 спостерігається провальна водопроникність на другій та першій годині досліду відповідно. Вірогідно, що на певній глибині в даних лізіметрах сконцентрована значна кількість шпар яка спричиняє зображені на рисунку спалахи у швидкості водопроникності. Можливо причиною такої високої концентрації шпар є незакінчений процес усадки. Коли ґрунт висихає після сніготанення, або після дощу, утворюються великі шпари, що спричиняють спалахи у швидкості водопроникності. За своєю природою ці спалахи більшою мірою відповідають процесу інфільтрації.

Таким чином для спостережуваних варіантів стратиграфії закладених моделей характерно сполучення процесів фільтрації та інфільтрації, а саме відсутність чіткої межі між цими двома процесами.

На наступному рисунку зображені графіки (№№ 23–25) динаміки водопроникності у лізіметрах з насипкою з сіро-зелених глин з фітомеліоративної сівозміни (рис. 8).

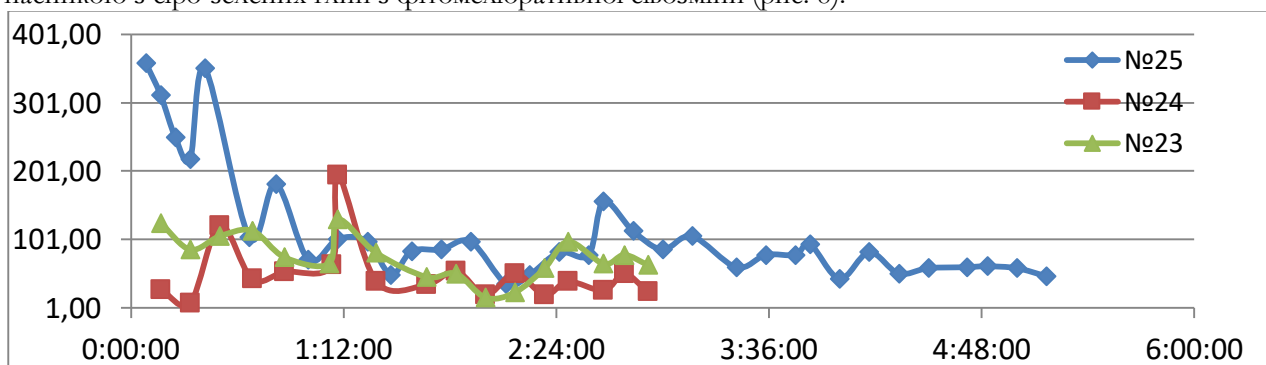


Рис. 8. Динаміка водопроникності у варіантах 23, 24, 25 – насипка з сіро-зелених глин з фітомеліоративної сівозміни.

У лізіметрах № 23, 24 процес вбирання води характеризується значною варіабельністю. Значні спалахи та локальні піки швидкості водопроникності роблять непомітною межу між інфільтрацією та фільтрацією. Вірогідно вода, потрапляючи у ґрунт вже у верхніх шарах, зустрічається зі значними шпарами, це відбувається на протязі всього досліду з певною періодичністю. Можливо причиною такої високої концентрації шпар є також інтенсивний процес усадки. Таким чином, для спостережуваних варіантів стратиграфії закладених моделей характерно сполучення процесів фільтрації та інфільтрації.

Наступна насипка з сіро-зелених глин (№ 25) характеризується високою варіабельністю процесу інфільтрації на першій годині дослідження, що свідчить про наявність значних шпар у верхніх шарах насипки. Далі швидкість водопроникності виходить приблизно на один рівень, що є підтвердженням початку фільтрації. Цей процес також характеризується спалахами водопроникності.

Наступні три закладені моделі з насипкою з червоно-бурих глин (№ 26–28) мають чітке розмежування процесу водопроникності на інфільтрацію і фільтрацію (рис. 9).

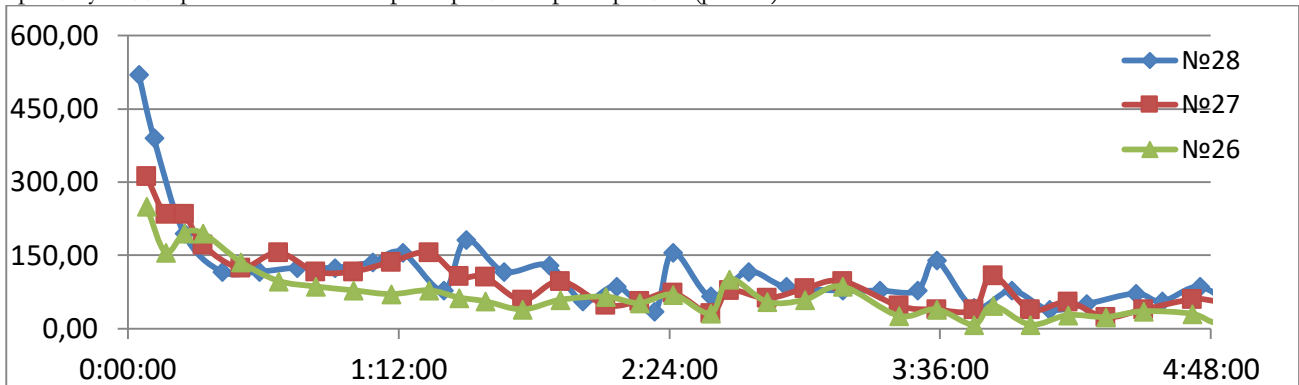


Рис. 9. Динаміка водопроникності у варіантах 26, 27, 28 – насипка з червоно-бурих глин з фітомеліоративної сівозміни.

До кінця першої години дослідження процес інфільтрації поступово згасає і швидкість водопроникності виходить на плато, що є підтвердженням початку процесу фільтрації. На відміну від насипки з сіро-зелених глин, дані моделі характеризуються більш рівномірною швидкістю фільтрації, без суттєвих локальних піків. Це свідчить про те, що насипки з червоно-бурих глин (№№ 26–27) мають більш щільний склад без великих шпар.

Лізіметр № 28 на початку дослідження характеризується високою швидкістю інфільтрації. Також, після виходу на плато, приблизно кожну годину спостерігаємо спалахи у швидкості водопроникності. Вірогідно у верхніх шарах даної насипки ґрунт має більш рихлу структуру ніж у попередніх двох лізіметрах, також далі на певній глибині шар води періодично зустрічається з незначною концентрацією шпар, що і провокує зображені на рисунку спалахи.

В наступному лізіметрі (№ 29) чередуються чорнозем з лесоподібним суглинком та піском. Аналіз графіку дозволяє встановити, що відбувається чітке розподілення водопроникності на процес інфільтрації та фільтрації (рис. 10). Перші тридцять хвилин дослідження спостерігаємо активний процес інфільтрації, далі швидкість водопроникності виходить на плато інфільтрація згасає і розпочинається процес фільтрації. Цей процес проходить плавно, лише в другій половині дослідження спостерігаємо не значні спалахи у швидкості водопроникності.

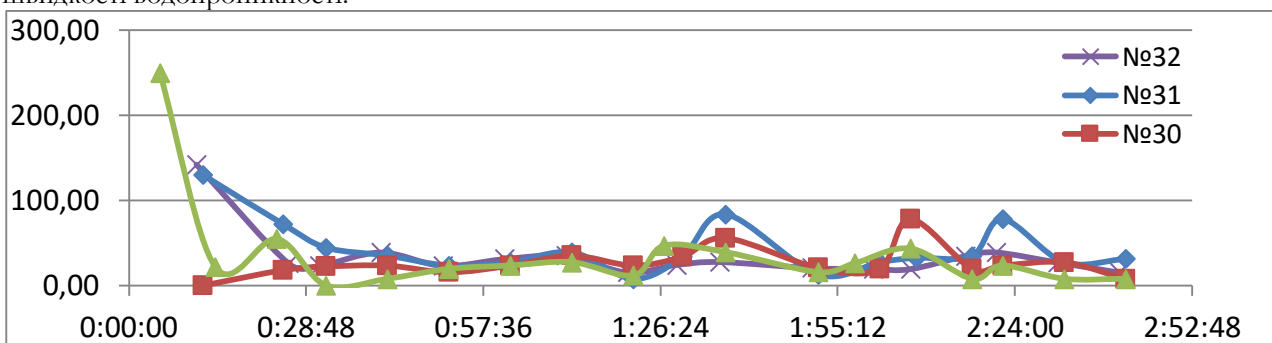


Рис. 10. Динаміка водопроникності у варіантах 29 – насипано по черзі: чорнозем, лесоподібний суглинок з борта кар'єра, пісок, останні два компоненти передуються до самого низу; 30, 31, 32 – насипка з чорнозему, піску та лесоподібного суглинку з борта кар'єра.

У наступному лізіметрі (№ 30) відсутнє чітке розмежування між процесом інфільтрації та фільтрації. На початку дослідження водопроникність проходить більш рівномірно, а вже починаючи з другої години дослідження місцями мала провальний характер. Вірогідно причиною цього є значні шпари, що їх зустрів шар води на своєму шляху.

Водопроникність у наступних двох моделях (№31–32) характеризується явним розмежуванням процесів. Протягом першої години дослідження спостерігаємо активну інфільтрацію, далі швидкість водопроникності виходить на плато і має більш рівномірний характер, що є свідченням початку процесу



фільтрації. При цьому в лізиметрі № 31 у другій половині досліду спостерігаємо два спалахи з інтервалом в годину. В лізиметрі № 32 процес фільтрації проходить однорідно без явних піків і спалахів.

Дослідивши динаміку водопроникності у наступних трьох моделях з технічною сумішшю яка складається з чорнозему, піску та лесоподібних суглинків з борта кар'єру (№33–35) бачимо, що у першу годину досліду проходить активний процес інфільтрації. Швидкість інфільтрації у представлених екологічних моделях характеризується самим високим рівнем серед досліджених варіантів (рис. 11).

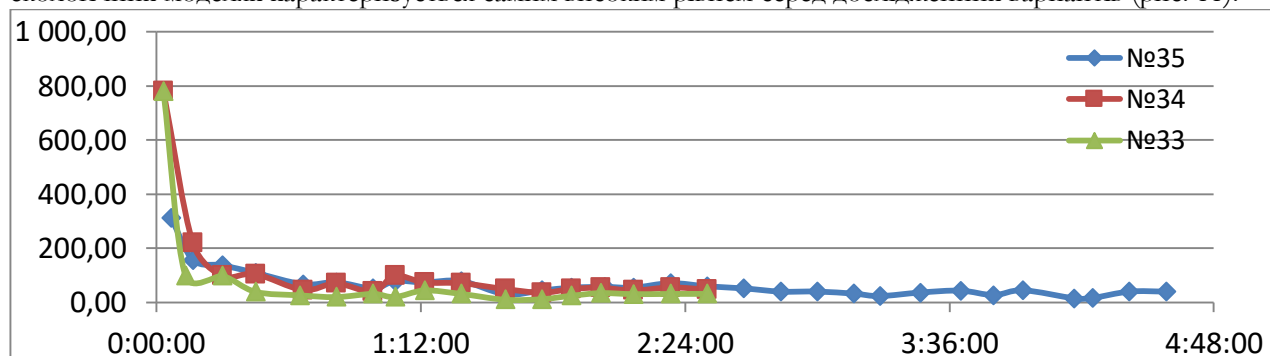


Рис. 11. Динаміка водопроникності у варіантах 33, 34, 35 – технічна суміш 40 % чорнозему, 20 – піску та 40 % лесоподібних суглинків з борта кар'єру.

До кінця першої години досліду цей процес поступово згасає, швидкість водопроникності виходить на плато і характеризується плавним, рівномірним розподіленням розпочинається процес фільтрації. У всіх трьох моделях даної групи виділяється чітке розмежування процесів інфільтрації і фільтрації. При цьому фільтрація проходить без явних спалахів та піків у швидкості. Вірогідно ця технічна суміш має більш щільний склад і не має значних щпар.

Технологічні суміші у наступних трьох лізиметрах (№№ 36–38) характеризуються дуже подібною динамікою вбирання вологи (рис. 12).

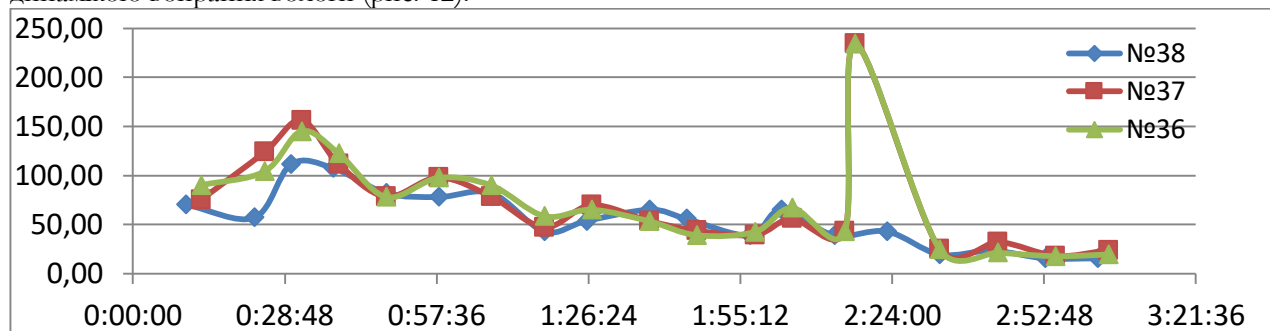


Рис. 12. Динаміка водопроникності у варіантах 36 – технічна суміш: 30% чорнозему та 70% піску; 37 – технічна суміш: 40% чорнозему та 60% піску; 38 – технічна суміш: 50 % чорнозему та 50% піску.

На початку досліду спостерігаємо процес інфільтрації, що проходить з незначними спалахами які мають періодичний характер і спостерігаються на рисунку через кожні 30 хвилин. На третій годині досліду в лізиметрах № 36 та 37 спостерігаємо різкий спалах у швидкості інфільтрації. Вірогідно причиною є концентрація значних щпар на певній глибині. Швидкість водопроникності плавно згасаючи виходить на плато і набуває більш рівномірного характеру, розпочинається процес фільтрації. Цей процес проходить рівномірно без явних спалахів у швидкості.

У наступних трьох моделях (№39–41) поведінка швидкості водопроникності також подібна до попередніх трьох лізиметрів (рис. 13).

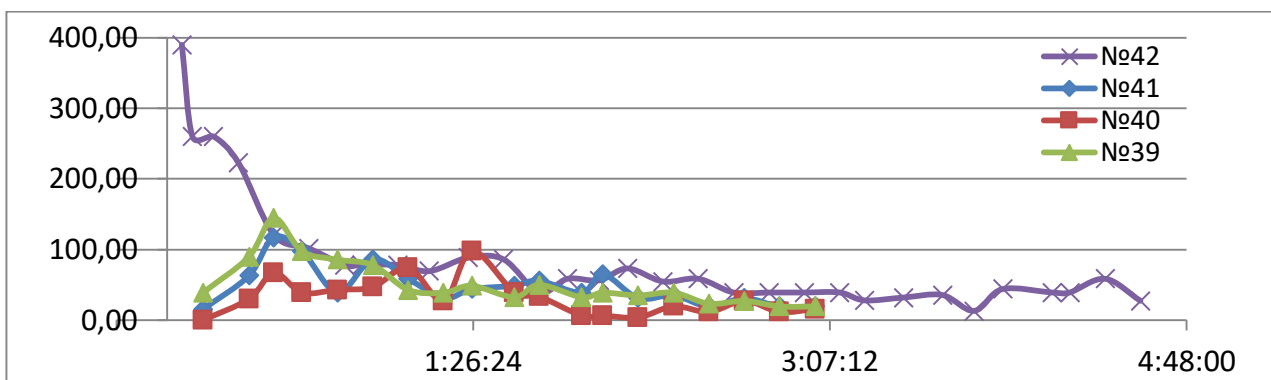


Рис. 13. Динаміка водопоглинання у варіантах 39, 40, 41, 42.

Розглянувши графіки бачимо, що чіткого розмежування на інфільтрацію і фільтрацію не спостерігається. Лише в лізіметрі під номером 39 на першій годині дослідження є підвищення швидкості водопоглинання, що згасає під кінець першої години потім виходить на плато і має рівномірний характер розподілу швидкості. У наступних двох лізіметрах (№40 та 41) відбувалися не значні спалахи у швидкості вбирання вологи.

У лізіметрі (№ 42) спостерігаємо іншу поведінку вбирання вологи у ґрунт. На початку дослідження проходить активний процес інфільтрації, який поступово згасає і вже на другій годині дослідження починається процес фільтрації, що характеризується однорідністю процесу.

Останній, четвертий, ряд закладених моделей має подібну стратиграфію. Лише під час закладання на різній глибині вносили добрива. Перші три лізіметри в ряду (№43–45) – контроль (без добрив). Дослідивши динаміку швидкості водопоглинання бачимо, що у даному випадку характерним є висока варіабельність швидкості вбирання вологи у ґрунт (рис. 14).

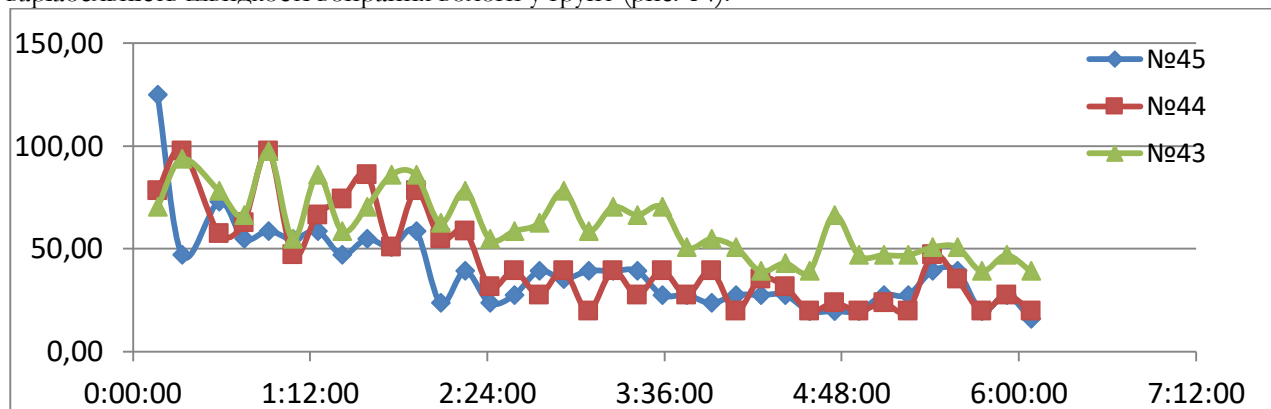


Рис. 14. Динаміка водопоглинання у варіантах 43, 44, 45 (контроль, без добрив) насипки складаються з 40 % чорнозему, 40 % – лесоподібний суглинок з борта кар'єра та по 10 % піску та сіро-зеленої глини з борта кар'єра.

Розглянувши графіки бачимо, що у моделі № 43 не має чіткої межі між процесом інфільтрації та фільтрації. Швидкість водопоглинання характеризується значними спалахами та піками, причому на початку дослідження цих спалахів значно більше а ніж у другій половині дослідження. Вірогідно у верхніх шарах ґрунт менш щільний.

У лізіметрі № 44 спостерігається тенденція до зменшення швидкості водопоглинання наприкінці другої години дослідження. Водопоглинання також характеризується високою варіабельністю. Для моделі №45 характерно більш рівномірний розподіл швидкості.

У наступних двох моделях (№№ 46–47) на початку дослідження можна розглядати процес інфільтрації, що поступово згасає наприкінці третьої години дослідження (рис. 15). У подальшому відбувається вихід швидкості водопоглинання на плато і початок процесу фільтрації. Водопоглинання у моделях характеризується підвищеною варіабельністю.

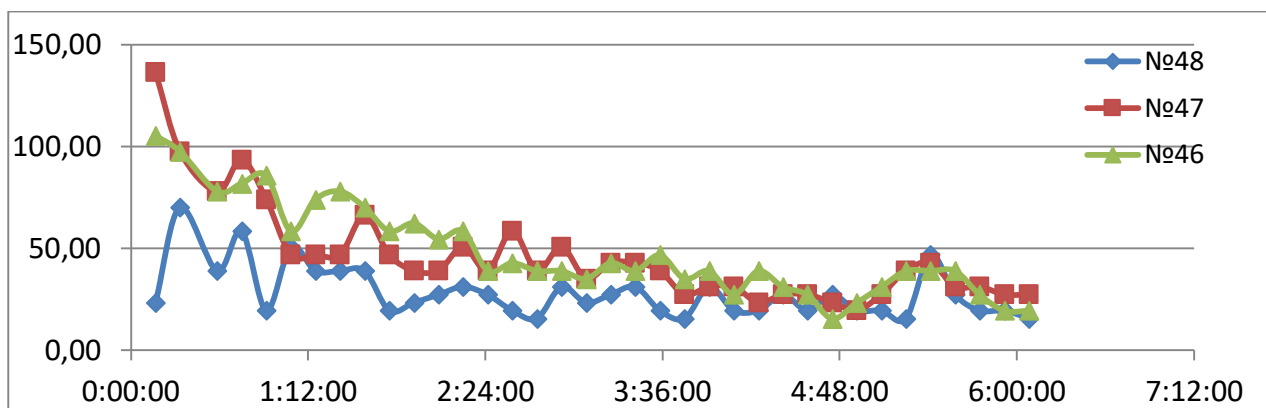


Рис. 15. Динаміка водопроникності у варіантах 46, 47, 48 (добрива в шарі 0,3–0,5 м) насипки складаються з 40 % чорнозему, 40 % – лесоподібний суглинок з борта кар'єра та по 10 % піску та сіро-зеленої глини з борта кар'єра.

Для лізіметра № 48 характерна висока мінливість на першій годині дослідження. Вірогідно, що в даному випадку у верхніх шарах зосереджено більше значних шпар, ніж далі по профілю.

Наступні три лізіметри (№№ 49–51) також характеризуються високою неоднорідністю швидкості процесу водопроникності (рис. 16).

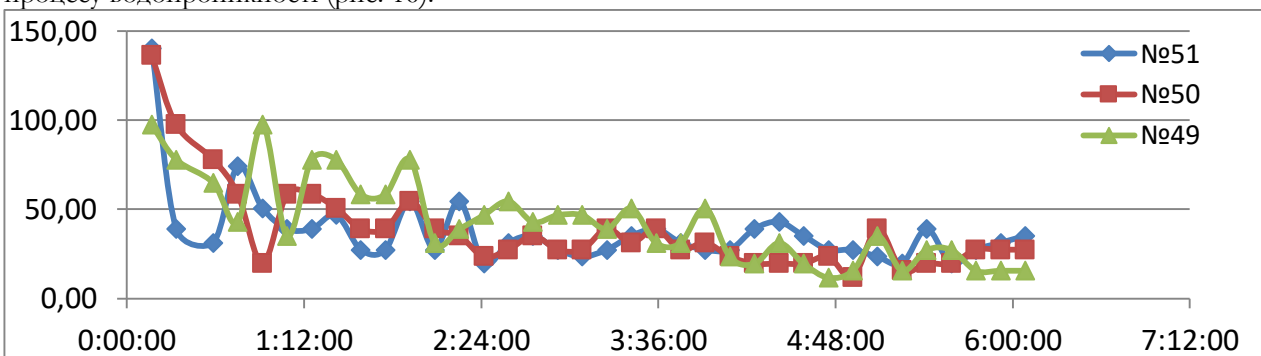


Рис. 16. Динаміка водопроникності у варіантах 49, 50, 51 (добрива в шарі 0,5–0,7 м) насипки складаються з 40 % чорнозему, 40 % – лесоподібний суглинок з борта кар'єра та по 10 % піску та сіро-зеленої глини з борта кар'єра.

У лізіметрі № 49 не можливо встановити чітке розмежування етапів інфільтрації та фільтрації. Водопроникність характеризується високою варіабельністю, особливо у перші дві години дослідження. В наступних двох лізіметрах можна припустити, що перші 2,5 години проходить процес інфільтрації, який далі переходить в фільтрацію. Для цих двох моделей також характерні спалахи в швидкості.

У наступних трьох моделях (№№ 52–54) чітко можна встановити час переходу етапу інфільтрації етапу фільтрації (рис. 17).

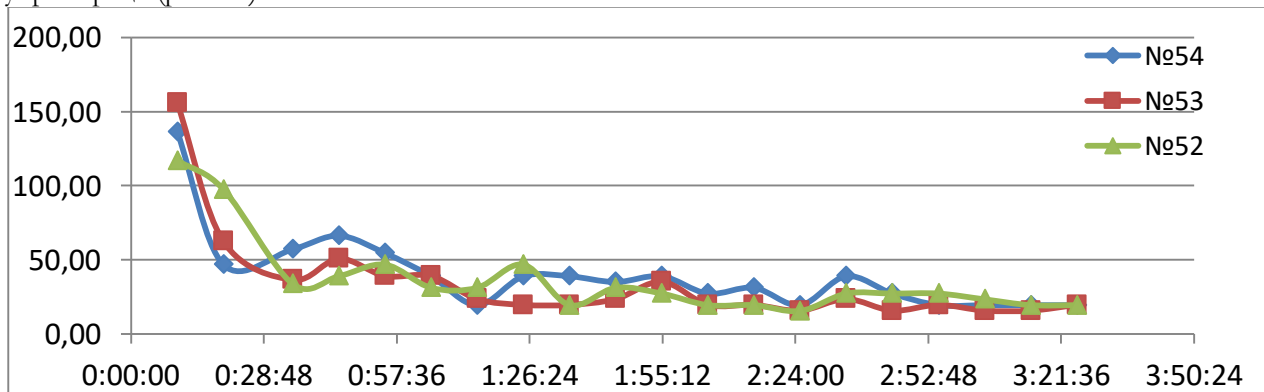


Рис. 17. Динаміка водопроникності у варіантах 52, 53, 54 (добрива в шарі 1,00–1,25 м) насипки складаються з 40 % чорнозему, 40 % – лесоподібний суглинок з борта кар'єра та по 10 % піску та сіро-зеленої глини з борта кар'єра.

На початку дослідження проходить активний процес інфільтрації. Потім швидкість водопроникнення дещо вирівнюється, виходить на плато і вже до кінця першої години дослідження процес інфільтрації згасає. Розпочинається процес фільтрації, який відбувається більш плавно, без значних коливань і відхилень. Вірогідно, що дані моделі характеризуються більш щільним складом ґрунту, без значних шпур.

У останніх трьох моделях насипок (№№ 55–57), які складаються з чорнозему, лесоподібного суглинку з борта кар'єру, піску та сіро-зеленої глини з борта кар'єру, динаміка швидкості водопроникності відрізняється між собою (рис. 18).

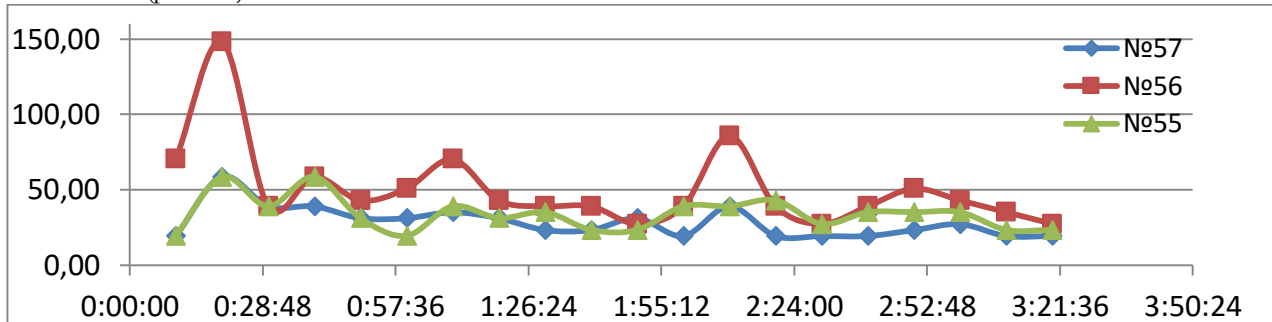


Рис. 18. Динаміка водопроникності у варіантах 55, 56, 57 (добрива в шарі 1,25–1,5 м) насипки складаються з 40 % чорнозему, 40 % – лесоподібний суглинок з борта кар'єра та по 10 % піску та сіро-зеленої глини з борта кар'єра.

У лізіметрі № 55 чітко не візуалізується розподілення процесу на інфільтрацію та фільтрацію. Протягом першої години проведення дослідження спостерігаємо два піки у швидкості, далі спадахи не значні.

Розглянувши графік водопроникності наступного лізіметра (№ 56) можемо зробити висновок, що перші півгодини дослідження проходить процес інфільтрації. Цей процес швидко згасає і розпочинається процес фільтрації, що характеризується двома спадахами швидкості інтервалом в годину. Вірогідно в певних шарах шар води зустрічається зі шпурями значних розмірів. Саме тому швидкість фільтрації у певний проміжок часу під час проведення дослідження має провальний характер. Водопроникність в останньому лізіметрі з даної групи не має чіткого розподілення на інфільтрацію та фільтрацію. Але проходить більш рівномірно і плавно протягом всього часу проведення дослідження з не значними локальними піками.

Аналогічні дослідження були проведені на схилі балки Кам'януваста, а саме в трьох точках – верхня, середня і нижня третина схилу. Побудувавши графіки динаміки водопроникності і оцінивши їх візуально бачимо, що на відміну від екологічних моделей насипок з технологічних сумішей, для природних ґрунтів характерне чітке розмежування між процесом інфільтрації та фільтрації у часі (рис. 19).

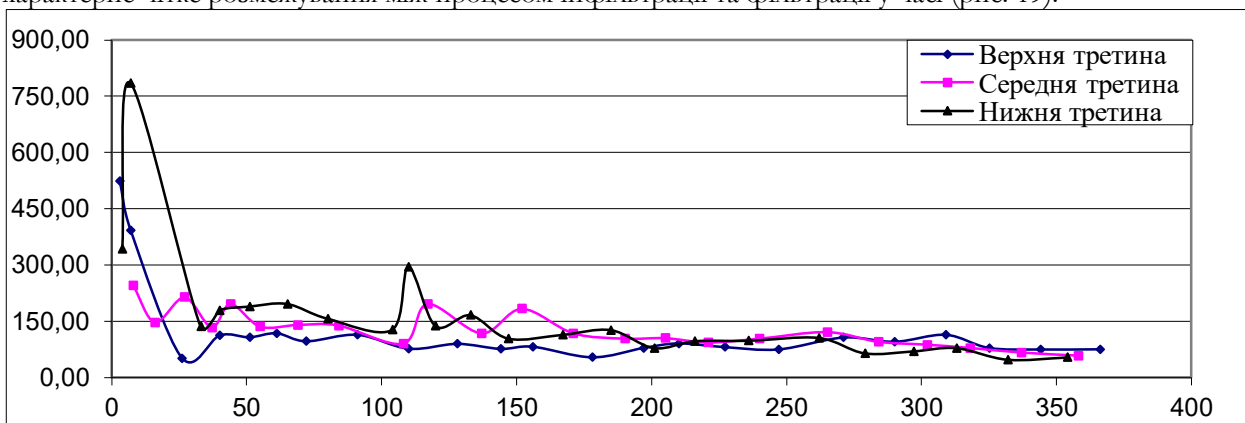


Рис. 19. Динаміка водопроникності на схилі балки Кам'януваста (на осі абсцис наведений час, в хвилинах).

У верхній третині схилу протягом перших 0,5 години проходить активний процес інфільтрації. На початку другої години дослідження швидкість водопроникності виходить на плато. Досягнення швидкості водопроникнення приблизно постійного рівня є маркером процесу інфільтрації. Даний процес проходить плавно без явних спадахів та піків. Вірогідно це є свідченням більш щільного складу ґрунту без значних шпур.

Для середньої третини схилу характерна відсутність чіткої межі між інфільтрацією та фільтрацією. На початку дослідження швидкість водопроникності високо варіабельна, протягом перших 2,5 годин дослідження спостерігаються спадахи та локальні піки. Вірогідно у верхніх шарах шар води під час процесу водо



проникності зустрічається зі значними шпарями. Далі водопроникність виходить на плато і досягає приблизно одного рівня, розпочинається процес фільтрації.

Розглянувши графік динаміки водопроникності в нижній третині схилу бачимо різкий спалах у перші хвилини досліду. Вірогідно, що вже у верхньому шарі є значні шпарі. Далі процес інфільтрації продовжується з незначним піком швидкості, що спостерігається на другій годині досліду. На початку третьої години досліду водопроникність виходить на плато і в подальшому має рівномірний характер, що є маркером початку процесу фільтрації. Вірогідно в нижчих шарах щільність ґрунту вища, без значних шпар.

### ОБГОВОРЕННЯ

У техноземях у процесі ґрунтоутворення після початку їх конструювання відбувається поступове формування морфологічних структур, які у подальшому перетворюються на генетичні горизонти, гомологічні генетичним горизонтал природних ґрунтів (Жуков та ін., 2014). Формування морфологічної організації ґрунтоподібних тіл приводить до надбання ними функціональних властивостей, які наближають їх до природних ґрунтів (Шемавнев и др., 2005). Цей тренд особливо важливий в контексті сільськогосподарської рекультиваци, яка має своєю ціллю відновлення використання земель у агропромисловому виробництві (Бекаревич и др., 2001). Можна очікувати, що під впливом загальних ґрунтотворних факторів через певний час штучно створенні ґрунтоподібні тіла набудуть властивостей і будови, подібних до природних ґрунтів. Але невідомою залишається траєкторія процесу та тривалість цього процесу в часі.

У якості гіпотези може бути розглянуто положення, що конструкція ґрунтоподібного тіла у нуль-момент свого існування визначає динаміку та траєкторію ґрунтотворного процесу. Для перевірки цієї гіпотези на стаціонарі Дніпропетровського державного аграрно-екологічного університету в 90-ті роки закладений польовий експеримент з лізиметрами, кожний з яких уміщує певну конструктивну комбінацію гірських порід або чорноземоподібної маси (Забалуев, 2010). Важливим аспектом експерименту є пошук критеріїв за якими можна виконати оцінювання функціональних властивостей створених конструкцій залежно від їх організації.

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 (Медведев и др., 2011). Одержані динамічні криві поряд з високою диференціальною здатністю є також екологічно релевантними, тобто відображають властивості ґрунту як середовища існування живих організмів. Важливими аспектами параметрами вбирання води є абсолютні показники інфільтрації та фільтрації, а також коефіцієнт згасання водопроникності ґрунту.

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. Нами 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 відмітити значну варіабельність показників інфільтрації як природних, так і техногенних ґрунтів у горизонтальному напрямку (Жуков и др., 2013).

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, які спостерігаються через регулярні інтервали часу. Ці інтервали специфічні для кожного типу конструкції технозему. 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 значному рівню усадки при висиханні (Жуков и др., 2013). За своєю природою ці спалахи більшою мірою відповідають процесу інфільтрації. Таким чином, навіть у стабільній фазі водопроникності, для спостережуваних техноземів характерно сполучення процесів фільтрації та інфільтрації. Лише у моделях з технічною сумішшю яка складається з чорнозему, піску та лесоподібних суглинків з борта 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.

## ВИСНОВКИ

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

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. 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.

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, які спостерігаються через регулярні інтервали часу. Ці інтервали специфічні для кожного типу конструкції технозему.

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

Андроханов В.А. Техноземы: свойства, режимы, функционирование / В.А. Андроханов, С.В. Овсянникова, В.М. Курачев // Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. – 200 с.

Бекаревич Н.Е. К вопросу о плодородии почв и пород / Н.Е. Бекаревич, Н.Т. Масюк // Освоение нарушенных земель: Сб. статей. – М.: 1976. – С. 5–26.

Бекаревич Н.Е. Модели искусственных эдафотопов для рекультивации земель в Степи Украины / Н.Е. Бекаревич, Н.Т. Масюк, И.П. Чабан, В.А. Забалуев, А.А. Мыцьк, В.В. Кулинич // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2001. – № 2. – С. 13–16.

Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

Волох П.В. Изменения физических свойств рекультивированных земель при их сельскохозяйственном использовании / П.В. Волох, И.Х. Узбек, Н.Д. Горобец, В.И. Соколов // Горный журнал. – 1991. – № 10. – С. 52–55.

Горбань В.О. Зв'язок водопроникності ґрунтів з іншими їхніми фізичними властивостями у лісових угрупованнях Присамар'я / В.О. Горбань // Вісник Львівського ун-ту. Серія біологічна. – 2007. – Вип. 43. – С. 161–165.

Етеревская Л.В. Почвообразование и рекультивация земель в техногенных ландшафтах Украины / Л.В.Етеревская // Автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.03 / Л.В. Етеревская. – Харьков, 1989. – 42 с.

Жуков А.В. Первичная продуктивность агробиогенозов на экспериментальном участке рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью / А.В. Жуков, І.В. Лядська // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2010. – Вип. 18. – Т. 1. – С. 29–36.

Жуков О.В. Динаміка усадки дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах за шарами / О.В. Жуков, Г.О. Задорожня, Т.Ю. Бець, І.В. Лядська // Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія «Біологічні системи». – 2013. – № 2. – С. 125–133.

Жуков А.В. Пространственные паттерны инфильтрации почвы на склоне балки / А.В. Жуков, Г.А. Задорожная, И. В. Лядская // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва. Серія Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, екологія ґрунтів. – 2013, № 2. – С. 22–27.

Жуков О.В. Фізичні властивості рекультоземів Нікопольського марганцеворудного басейну / О.В. Жуков, Г.О. Задорожня, І.В. Лядська // Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель. – 2014. – Вип. 43. – С. 93–114.

Забалуев В.А. Изменение плодородия вскрышных горных пород в процессе их сельскохозяйственного освоения / В.А. Забалуев // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 1999. – № 1–2. – С. 48–50.

Забалуев В.А. Формирование агроэкосистем рекультивированных земель в Степи Украины: эдафическое обоснование / В.А. Забалуев – Киев, 2010. – 261с.

Качинский Н.А. Физика почвы / Н.А. Качинский. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1979. – 357с.

Лядська І.В. Динаміка фізичних властивостей дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах за профілем / І.В. Лядська, К.В. Андрусевич // Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія. – 2014. – № 18. – С. 75–79.

Лядська І.В. Динаміка фізичних та водно-фізичних властивостей педоземів за профілем / І.В. Лядська // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2014. – № 2. – С. 131–133.

Лядська І.В. Екологічне значення фізичних властивостей техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну / І.В.Лядська // Автореф. дисс. ... к-та с.-г. наук: 03.00.16 / І.В. Лядська. – Дніпропетровськ, 2015. – 28 с.

Медведев В.В. Водные свойства почв Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур / В.В. Медведев, Е.Н. Лактионова, Л.В. Донцова. – Харьков: Апостроф, 2011. – 224 с.

Панина С.С. Экспериментальное изучение и моделирование передвижения влаги в почве при малонапорной и безнапорной инфильтрации : дис. канд. биол. наук : 06.01.03 – агрофизика / Панина София Сергеевна – Москва, 2015. – 138 с.

Умарова А.Б. Преимущественные потоки влаги в почвах: закономерности формирования и значение в функционировании почв / А.Б. Умарова. – М.: ГЕОС, 2011. – 266 с.

Шейн Е.В. Водопроницаемость. Впитывание (инфильтрация) воды в почву / Е. В. Шейн // Теории и методы физики почв / Под. ред. Е. В. Шейна и Л. О. Карпачевского. – М.: «Гриф и К», 2007. – С. 252–255.

Шейн Е.В. Курс физики почв: Учебник / Е.В. Шейн. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.

Шейн Е.В. Структурное состояние техноземов и формирование в них преимущественных потоков влаги / Е.В. Шейн, Д.И. Щеглов, А.Б. Умарова и др. // Почвоведение. – 2009. – № 6. – С. 687–695.

Шейн Е.В. Теории и методы физики почв / Е.В. Шейн, Л.О. Карпачевский. – М.: Гриф и К, 2007. – 616 с.

Шемавнев В.И. Устойчивое развитие сложных экотехносистем / В.И. Шемавнев, Н.А. Гордиенко, В.И. Дырада, В.А. Забалуев – Москва–Днепропетровск: Новая идеология, 2005. – 355 с.

## REFERENCES

- Androhanov, V.A., Ovsyannikov, S.V., Kurachev, V.M. (2000). *Tehnozems: Properties, regimes, functioning*. Novosibirsk: Nauka. Sibirskaya izdatelskaya firma RAS (in Russian).
- Bekarevych, N.E., Masuk, N.T., Shepherd, Y.P., Zabaluev, V.A., Mutsuk, A.A., Kulinich, V.V. (2001). The models of artificial edafotops for land reclamation in the steppes of Ukraine. *Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian University*, 2, 13-16 (in Russian).
- Bekarevych, N.E., Masuk, N.T. (1976). To the question about the fertility of soil and rock. *The development of disturbed lands*. Moscow, 5–26 (in Russian).
- Eterevskaya, L.V. (1989). *Soil formation and land reclamation in Ukraine technogenic landscapes. Thesis of Doctoral Dissertation*. Kharkiv (in Russian).
- Gorban, V.O. (2007). Relationship of water permeability of soils with their other physical properties in forest communities of the Prismairie. *Visnyk of L'viv Univ. Biology Series*, 43, 161–165 (in Ukrainian).
- Kaczynski, N.A. (1979). *Physics soil*. Moscow: Vyshaya shkola (in Russian).
- Lyadskya, I.V. (2014). The dynamics of natural and water-physical properties of the pedozem profiles. *Bulletin of Dnepropetrovsk State Agrarian and Economic University*, 2, 131–133 (in Ukrainian).
- Lyadskya, I.V. (2015). *The ecological value and physical properties of the Nikopol manganese ore Basin. Thesis of Doctoral Dissertation*. Dnepropetrovsk (in Ukrainian).
- Lyadskya, I.V., Andrusevych, K.V. (2014). The dynamics of the physical properties of sod-lithogenic soils on red-brown clay on the profile. *Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agronomy*, 18, 75–79 (in Ukrainian).
- Medvedev, V.V., Laktionova, E.V., Donsova, L.V. (2011). *Soil water properties of Ukraine and agricultural crops water supply*. Kharkiv: Apostrof (in Russian) (in Russian).
- Panina, S.S. (2015). *The experimental Study and Modeling of movement of moisture in the soil and in the malonapornoy and pressureless infiltration. Thesis of Doctoral Dissertation*. Moscow (in Russian).
- Shein, E.V. (2005). *The course of the soil physics: Textbook*. Moscow: MGU (in Russian).
- Shein, E.V., Shcheglov, D.I., Umarova, A.B. (2009) The structural condition of the tehnozems and Formation in they preferential flows moisture. *Pochvovedeniye*, 6, 687–695 (in Russian).
- Shein, E.V., Karpachevsky, L.A. (2007). The water permeability. Absorption (infiltration) of water in the soil. *Theory and Methods soil physics*. Moscow: Grif and C (in Russian).
- Shein, E.V., Karpachevsky, L.A. (2007). *Theories and Methods soil physics*, Moscow: Grif and C (in Russian).
- Umarova, A.B. (2011). *Preferential flows of moisture in soils: Regularities the formative importance and functioning in soils*, Moscow. GEOS (in Russian).
- Vadyunyna, A.F., Korchagina, Z.A. (1986). *Methods of the physical properties studies*. Moscow: Ahropomyzdat (in Russian).

- Volokh, P.V., Uzbek, Y.H., Gorobets, N.D., Sokolov, V.I. (1991). Changes of the physical properties of the recultivated land under agriculture activity. *Mining Magazine*, 10, 52–55 (in Russian).
- Zabaluev, V.A. (1999). Changing of the fertility deferred stripping rocks in the process agricultural development. *Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian University*, 1–2, 48–50 (in Russian).
- Zabaluev, V.A. (2010). *Formation of agro-ecosystems reclaimed land in the steppe of Ukraine: edaphic study*. Kyiv (in Ukrainian).
- Zhukov, A.V., Lyadskaya, I.V. (2010). Primary productivity of the agrobiogeotsenosis in the experimental plot of the land reclamation disturbed by the mining industry. *Bulletin of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology*, 18, 29–36 (in Russian).
- Zhukov, O.V., Zadorozhna, G.A., Betz, T.Y., Lyadskaya, I.V. (2013). Dynamics of the shrinkage of lithogenic soils on red-brown clay with layers. *Scientific Bulletin of Chernivtsi University. Biology 'biological systems'*, 2, 125–133 (in Ukrainian).
- Zhukov, A.V., Zadorozhnaya, G.A., Lyadskaya, I.V., (2013). Spatial patterns of the soil infiltration on a valley slope. *Bulletin of Dokuchaev Kharkiv National Agricultural University. Series Soil science, agricultural chemistry, agriculture, forestry, soil ecology*, 2, 22–27 (in Russian).
- Zhukov, O.V., Zadorozhna, G.A., Lyadskaya, I.V. (2014). Physical properties of the Nikopol manganese ore Basin recultozems. *Questions steppe forest and forest land reclamation*, 43, 93–114 (in Ukrainian).
- Shemavnev, V.I., Gordienko, N.A., Dirda, V.I., Zabaluev, V.A. (2005). *The stable development of the complicated ecotechnosystems*. Moscow, Dnipropetrovsk. Novaya ideologia (in Russian).