

ВІКОВІ ПЕРІОДИ РОЗВИТКУ ЗАХИСНИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ У ВІДНОВЛЕННІ ЕРОДОВАНИХ ЯРУЖНО-БАЛКОВИХ ЗЕМЕЛЬ

В. М. МАЛЮГА, доктор сільськогосподарських наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0002-9786-0239>, e-mail: malyuga@nubip.edu.ua
В. В. МІНДЕР, кандидат сільськогосподарських наук
<https://orcid.org/0000-0002-5213-2078>, e-mail: vikaminder@nubip.edu.ua
Національний університет біоресурсів і природокористування України

На теперішній час питанням ролі, значущості, оптимального використання ґрунтів, їхньої охорони та боротьби з деградацією приділяють величезну увагу. Ухвалюючи Цілі Сталого Розвитку на національному рівні, Україна зобов'язана впроваджувати нові програми та проекти, які на практиці гарантуватимуть макроекономічну стабільність, екологічний баланс і соціальну згуртованість. Під час наукових досліджень багатofункціональної ролі захисних лісових насаджень, які свого часу створювали на еродованих територіях, до складу яких входять яружно-балкові землі, для відродження властивостей ґрунтів проведено дослідження з обґрунтування їхньої відновлювальної функції. Для виконання поставленої мети закладено 90 ґрунтолісотипологічних пунктів у протиерозійних насадженнях різних періодів росту і розвитку рослин із відбором 270 зразків ґрунту. Здійснено дослідження їхніх водно-фізичних і агрохімічних властивостей із обробленням отриманих даних статистичними методами. На підставі аналізу наукових літературних джерел, вивчення успішного виробничого досвіду та власних досліджень протиерозійних насаджень із визначення їхнього впливу на властивості ґрунту і навколишнє середовище, розроблено якісні етапи екологічного відновлення еродованих ґрунтів. Зміна вікових періодів росту і розвитку деревних рослин у захисних лісових насадженнях, створених на яружно-балкових землях, призводить до поступового поетапного екологічного відновлення еродованих ґрунтів. Отримано чітке співвідношення вікових періодів росту і розвитку деревних рослин з якісними етапами екологічного відновлення еродованих ґрунтів. Добір об'єктів досліджень передбачав урахування однакової технології створення протиерозійних насаджень, зростання і розвиток в однакових умовах, які б відповідали п'ятьом віковим періодам росту і розвитку деревних рослин. У кожному віковому періоді відбуваються якісні зміни під час росту і розвитку рослинного покриву, а також кількісні зміни показників, що характеризують властивості ґрунту, які представлені порівняно з контролем, яким обрано вигін. Надано основні функції цих насаджень. Приділено увагу всім віковим періодам росту і розвитку протиерозійних насаджень у частині проведення лісівничих заходів для успішного вирощування протиерозійних насаджень та їхньої ефективної дії. З виділеними віковими періодами чітко узгоджуються етапи екологічного відновлення еродованих територій. Відкриваються перспективи розуміння процесу відновлення захисного рослинного покриву, зокрема лісових насаджень і їхнього безпосереднього впливу на властивості еродованих ґрунтів.

Ключові слова: ерозійні процеси, еродовані ґрунти, протиерозійна роль, періоди розвитку, якісні етапи, властивості ґрунту, гідравлічна шорсткість.

Актуальність. Нині питанням ролі, значущості й оптимального використання ґрунтів, їхньої охорони та боротьби з деградацією приділяють величезну увагу (Pdivinen et al., 1994; Manual on methods and criteria, 1994; Lund, 1998; ISO/TR 14061, 1998; Mayer, 2003; Johnson, 2004; Duran Zuazo & Pleguezuelo, 2008; Prescott, Katzensteiner & Weston, 2021). За оцінками експертів міжнародних організацій, під деградованими землями перебуває 47,5 % суші Землі. Україна станом на 2015 р. мала загальну площу деградованих земель 148,14 км² (25,57 %). На Саміті ООН зі сталого розвитку 2015 р. було надано загальне бачення нових орієнтирів розвитку планетарного суспільства до 2030 р. (Let's save the soil). Для досягнення Цілей Сталого Розвитку на національному рівні Україна має впроваджувати нові програми та проекти, які на практиці гарантуватимуть макроекономічну стабільність, екологічний баланс (On the National Program, 2000) і соціальну згуртованість. Отже, забезпечення раціонального використання, охорони та поліпшення природного середовища, зокрема властивостей еродованих ґрунтів, є актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Грандіозні роботи зі створення протиерозійних насаджень в Україні припадають на 60-ті рр. ХХ століття. Комплексне дослідження їхнього впливу на відновлення властивостей еродованих яружно-балкових земель розпочалося з 1980 р. За результатами наукових досліджень кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій НУБіП України для встановлення послідовності ліквідації наслідків процесів водної ерозії на

яружно-балкових землях було запропоновані якісні етапи екологічного відновлення еродованих територій (Maliuha, 1987, 2008). Екологічне відновлення здійснювалося шляхом застосування протиерозійних лісових насаджень.

Весь життєвий цикл лісових культур складається із послідовного поєднання певних фаз росту і розвитку. При цьому тимчасовий стан лісових культур відбивається відповідними етапами. Отже, фаза зростання і розвитку лісових культур – це певний якісний і кількісний стан протягом конкретного періоду життя. Засновником вчення про фази росту і розвитку по праву вважають Н. П. Кобранова, а наступні дослідження у цьому напрямі продовжили В. В. Огієвський, А. А. Хіров, П. Р. Тальман, М. Е. Ткаченко, П. В. Воропанов, Л. Н. Грібанов, В. Г. Атрохін, А. А. Кайрюкштіс, А. І. Юодвалькіс та ін. (Merzlenko & Babich, 2020). Були отримані різні інтерпретації, однак мета всіх полягала у сприянні проведенню господарських заходів, необхідних для оптимізації росту насаджень (лісовідновлення): доповнення і оцінка культур, регулювання умов життя шляхом застосування доглядових рубок тощо.

М. А. Лохматов (1985) розглядає такі періоди розвитку захисних лісових насаджень на яружно-балкових землях: 1 – утворення, 2 – активного розвитку та взаємодії ярусів, 3 – порівняно сталої структури і взаємовпливу ярусів, 4 – послаблення життєдіяльності насаджень, їх старіння, деградації і розпаду деревостану у контексті оцінки їхнього стану (Lokhmatov, 1999). Подібний розподіл за стадіями розвитку надає (Johnson, 2004).

Останнім часом цим питанням приділяють чимало уваги різні науковці (Duran Zuazo & Pleguezuelo, 2008; Prescott, Katzensteiner & Weston, 2021; Johnson, 2004; Yukhnovskyi, Dudarets, Maliuha & Khryk, 2013). Здійснено дослідження окремих моментів меліоративних властивостей паркових насаджень в умовах складного рельєфу (Minder, Maliuha & Yukhnovskyi, 2019). На жаль, такого спрямованого напрямку досліджень на яружно-балкових землях недостатньо.

Мета дослідження полягає у вивченні протиерозійної ролі лісових насаджень за їхніми віковими періодами розвитку в умовах яружно-балкових земель. У складі еродованих земель перебуває 4,5 млн га із середньо та сильно змитими ґрунтами, зокрема 68 тис. гектарів повністю втратили гумусовий горизонт. Відкриваються перспективи розуміння процесу відновлення захисного рослинного покриву, зокрема лісових насаджень і їхнього безпосереднього впливу на властивості еродованих ґрунтів.

Матеріали і методи дослідження. Основний об'єм наукових досліджень здійснено в зоні Лісостепу упродовж десяти років. Дослідження проведено на території двох колишніх гідролісо-меліоративних станцій – Канівської (1958) і Ржищівської (1964), створених для ліквідації наслідків водної ерозії гідротехнічними та лісомеліоративними методами у захисній зоні р. Дніпро. Об'єктами досліджень обрано захисні лісові насадження на еродованих яружно-балкових землях.

Підібрано об'єкти, які мали однакову технологію створення, зростали і розвивалися в однакових умовах та відповідали п'яти віковим періодам росту і розвитку деревних рослин. Як контроль обрано вигін.

Закладено 90 ґрунтолісотипологічних пунктів із відбором 270 зразків

ґрунту відбірником (Maliuha, Dudarets, Yukhnovskyi & Harkava, 2006; Maliuha et al., 2014).

Для оцінки змін протиерозійних властивостей ґрунту, оскільки його руйнація відбувається концентрованим поверхневим стоком, обрано показники, які характеризують: структурність, твердість, водопроникність. Структурний аналіз ґрунту визначено за методом Саввінова (Астапов, 1958) шляхом сухого просіювання ґрунтового зразка вагою до 1,0 кг на колонці сит від 10 до 0,25 мм. Твердість ґрунту визначено приладом Голубєва у 30-разовій повторності. Використано шкалу твердості ґрунту за М. А. Качинським (Berezhniak, 2013; Zrazhevskiy & Lohvynenko, 1971). Визначення водопроникності ґрунту здійснено за допомогою сталевих циліндрів діаметром 80 мм і висотою 100 мм, які заточені в нижній частині для легкого встановлення в ґрунтову товщу. Дослідження виконано з поверхні 10-сантиметрового шару ґрунту. Циліндри нижньою частиною наполовину заглиблювали в ґрунт, а верхні 50 мм заповнювали водою. Стопчик води заввишки у 50 мм умовно відповідає рівню води під час проходження рясної зливи. Секундоміром визначено час поглинання води у 10-разовій повторності.

Оцінку зміни родючості еродованих ґрунтів здійснено за агрохімічними показниками метрової товщі. Вміст агрохімічних показників отримано за методиками: азоту, що легко гідролізується, мг/кг ґрунту – Тюріна–Кононової (Workshop on agrochemistry, 2001); рухомого фосфору та обмінного калію, мг/кг ґрунту – Кірсанова (Workshop on agrochemistry, 2001); гумусу, % – Тюріна (Workshop on agrochemistry, 2001). За отриманими результатами з урахуванням щільності складання ґрунту здійснено розрахунки запасів поживних речовин метрової товщі.

1. Співвідношення вікових періодів росту і розвитку деревних рослин з якісними етапами екологічного відновлення еродованих ґрунтів

Вікові періоди, років	Зміст вікових періодів росту і розвитку деревних рослин захисних лісових насаджень	Етапи відновлення	Зміст якісних етапів екологічного відновлення еродованих ґрунтів
До 7	Приживлення і зімкнення лісових культур	I	Початок впливу на еродовані ґрунти, уповільнення та різке зменшення процесів ерозії
8–15	Формування лісового намету насаджень	II	Призупинення ерозії ґрунтів, посилення в них біологічних процесів
16–30	Інтенсивна диференціація видів деревних рослин	III	Суттєве поліпшення фізико-хімічних властивостей ґрунтів, повне припинення процесів ерозії
31–60	Формування лісового біогеоценозу	IV	Екологічне відновлення еродованих умов місцезростання і створення передумов повернення таких земель до господарського обігу
Понад 60	Ефективна дія першого покоління лісонасаджень	V	Повне повернення земель після реабілітації в повноцінний господарський обіг

Статистичне оброблення даних здійснювали із використанням графоаналітичного, кореляційного, регресійного аналізу із залученням програм стандартних пакетів комп'ютерно-інформаційного забезпечення Excel та Statistica.

Результати дослідження та їх обговорення. Зміна вікових періодів росту і розвитку деревних рослин у захисних лісових насадженнях, створених на яружно-балкових землях, призводить до поступового поетапного екологічного відновлення еродованих ґрунтів, що відображено в табл. 1.

У перший віковий період життя (до 7-річного віку) відбувається приживлення і зімкнення лісових культур, які створюються на еродованих землях. Успіх у справі захисного лісорозведення залежить від якості виконання технології зі створення лісомеліоративних насаджень.

У перший віковий період захисні лісові насадження статистично значущого впливу на властивості ґрунту, порівняно з контролем, не виявляють (табл. 2). У цьому періоді росту і розвитку деревних рослин протиерозійних

2. Показники відновлення властивостей верхнього 10-сантиметрового шару ґрунту під впливом лісових насаджень і безхребетних тварин

Насадження віком до 7 років	Твердість, кг·см ⁻²	Водопроникність, мм·хв ⁻¹	Структурні частки >1 мм, %
	$\chi \pm m$		
Чисті дубові	19,3 ± 0,4	6,5 ± 0,4	27,8 ± 1,0
Контроль	20,4 ± 0,3	6,0 ± 0,5	24,5 ± 0,7
Мішані дубові	19,1 ± 1,0	7,0 ± 0,7	32,1 ± 1,2
Контроль	20,1 ± 0,4	3,9 ± 0,4	28,6 ± 1,1
Чисті соснові	18,7 ± 1,2	6,5 ± 1,9	34,4 ± 3,6
Контроль	19,0 ± 0,6	6,3 ± 0,3	26,6 ± 0,6
Мішані соснові	19,0 ± 0,4	5,6 ± 0,9	31,0 ± 1,3
Контроль	20,5 ± 0,5	4,3 ± 0,4	25,8 ± 0,8

3. Запаси поживних речовин метрового шару ґрунту

Насадження віком до 7 років	Запаси поживних речовин			
	органічна речовина, т·га ⁻¹	азот, що легко гідролізується	рухомий фосфор	обмінний калій
		кг·га ⁻¹		
$\chi \pm m$				
Чисті дубові	75 ± 4,2	274 ± 22,0	354 ± 14,6	266 ± 16,0
Контроль	57 ± 3,5	201 ± 2,3	200 ± 17,0	239 ± 14,3
Мішані дубові	77 ± 4,4	282 ± 13,8	348 ± 13,4	276 ± 15,5
Контроль	60 ± 8,8	213 ± 4,0	212 ± 4,6	238 ± 20,2
Чисті соснові	61 ± 6,1	204 ± 9,2	428 ± 13,6	585 ± 33,6
Контроль	68 ± 2,1	202 ± 7,5	418 ± 13,5	508 ± 19,7
Мішані соснові	74 ± 4,2	224 ± 9,4	458 ± 24,4	564 ± 20,5
Контроль	75 ± 3,1	197 ± 3,0	400 ± 10,4	507 ± 23,9

насаджень наявні представники живого трав'яного надґрунтового покриву, переважно степові чи лучні види. З одного боку, трав'яні рослини слугують важливими складовими елементами природного захисного рослинного покриву, які протидіють інтенсивному розвитку ерозійних процесів, з іншого – створюють достатньо потужні конкурентні умови для приживлення захисних лісових насаджень. Їхня кількість у цей період становить 100–300 шт.·м².

Серед представників трав'яної рослинності, яка інтенсивно розвивається, потрібно назвати: берізку польову, горошок вузьколистий, деревій благородний, еспарцет віколистий, зірочник середній, конюшину рівнинну, кульбабу осінню, лопух павутинистий, молочай кипарисовий, осот звичайний та ін.

Проведеними дослідженнями встановлено, що відбувається певне поліпшення, а інколи й погіршення деяких показників, які визначають властивості ґрунту, зокрема його твердість, структурність та водопроникність. Показники, які характеризують агрохімічні властивості, зокрема вміст і запаси поживних речовин, також не мають статистично значущої різниці, оскільки їхні значення слабо відрізняються

від контрольних. Запаси поживних речовин метрового шару ґрунту наведено в табл. 3.

Порівняно слабкий вплив лісових насаджень на властивості ґрунту пояснюється тим, що їм надзвичайно важко адаптуватися до невластивих і жорстких умов місцезростання, тому вони мають великі енергетичні витрати і значний показник напруженості життєвого простору (Maliuha & Minder, 2020). Інтенсивність відпаду залежить переважно від дотримання технології створення насаджень, а також від того, наскільки вдало вдається створити умови для приживлення рослин, які у молодому віці чутливі та разом із тим пластичні щодо прилаштуваності.

Насадження потребують допомоги у вигляді своєчасного проведення агротехнічних доглядів, що надає їм можливість позбутися зайвої конкуренції трав'яної рослинності, легше подолати «стресові» ситуації під час приживлення. Характерною ознакою першого вікового періоду у протиерозійному відношенні є той факт, що немає суцільного шару лісової підстилки. Оптимальною густиною штучно створюваних насаджень можна регулювати тривалість періоду їхнього зімкнення.

Під час другого вікового періоду росту і розвитку деревних рослин (від 8 до 15 років) відбувається формування лісового намету. Спостерігається цілковите зімкнення гілок у рядах і міжряддях, ґрунт покривається суцільним шаром підстилки. Трав'яниста рослинність із насаджень густокронних видів деревних рослин, коли освітленість ґрунту становить не більше ніж 10 % порівняно з відкритим місцем у сонячні дні, суттєво обмежується або її зовсім немає. Трапляється вона тільки у місцях розрідженого деревного намету та на узліссях у кількості 0–15 шт.·м², а в насадженнях мають місце лише поодинокі тіневитривалі представники: герань лучна, тонконіг дібровний, осока волосиста, медунка вузьколиста, копитняк європейський, ягиця звичайна, зеленчук жовтий тощо.

Отже, у міру росту та розвитку деревних рослин захисних лісових насаджень, завдяки розростанню крон і затіненню ґрунту відбувається зміна трав'яного рослинного покриву. Світловибагливі види трав'яної рослинності зріджуються і поступово зникають, а на зміну їм приходять пристосованіші тіньовитривалі.

Утворення суцільного шару підстилки, яка обмежує умови інтенсивного розвитку лучної трав'яної рослинності, посилює її гідравлічну шорсткість, сприяє переведенню поверхневих талих і зливових вод у ґрунтові та зберігає вологість ґрунту. Вологоємність непорушеного стану лісової підстилки, залежно від видового складу насаджень, може досягати 150–200 %. Порушення стану підстилки внаслідок можливого прояву поверхневого стоку чи прогону худоби суттєво знижує її вологоємність у 1,4–1,9 разу. У цей період продовжується взаємопроникнення корневих систем, а та-

кож освоєння глибоких горизонтів ґрунту залежно від густоти і складу насаджень (Pasternak, Shinkarenko & Kravcova, 1974; Orlovskij, Podzharov & Vorob'ev 1980; Maliuha, 1987; Minder, Maliuha & Yukhnovskiy, 2019).

Для цього вікового періоду характерне збільшення чисельності ґрунтових безхребетних: черв'яків, ногохвіток, нематод, кліщів (Zonn, 1955; Zrazhevskij, 1957; Zrazhevskiy & Lohvynenko, 1971; Gordienko, Nagornaya & Kisten', 1986), які окрім основної роботи посилюють водопроникність ґрунту. Після перетворення підстилки їхні екскременти зумовлюють прискорення діяльності бактерій (Kachinskij, 1975; Prescott, Katzensteiner & Weston, 2021). Особлива роль у перемішуванні та подрібненні підстилки з глинистими частинками ґрунту належить дощовим черв'якам (Zrazhevskij, 1957; Zrazhevskiy & Lohvynenko, 1971; Kachinskij, 1975). Їхні екскременти значно багатші на фосфор, ніж ґрунт: вони містять на 300 % більше розчинної у лактаті фосфорної кислоти і на 40 % більше азоту. Дощовим черв'якам потрібен добре наповнений повітрям і вологою ґрунт із *pH* 5,8–8,3. Завдяки ходам черв'яків ґрунт розпушується. Також значною мірою на розпушування і перемішування ґрунту впливають мурахи (Zonn, 1955; Pogrebnyak, 1955; Zrazhevskij, 1957; Zrazhevskiy & Lohvynenko, 1971).

Діяльність безхребетних тварин та інших землерийв позитивно позначається на фізичних і водно-фізичних властивостях ґрунту, які своєю чергою спричинюють зміни фізико-хімічних ознак, що сприяє уповільненню розвитку ерозії. Властивості ґрунту, основними з яких визначено твердість, водопроникність і структурність, є своєрідними маркерами його протиерозійних можливостей (табл. 4).

4. Показники відновлення властивостей верхнього 10-сантиметрового шару ґрунту під впливом лісових насаджень і безхребетних тварин

Насадження віком 8–15 років	Твердість, кг·см ⁻²	Водопроникність, мм·хв ⁻¹	Структурні частки >1 мм, %
	$\chi \pm m$		
Чисті дубові	16,7 ± 0,5	8,2 ± 0,4	32,9 ± 3,0
Контроль	19,8 ± 0,6	6,5 ± 0,6	25,1 ± 1,7
Мішані дубові	17,2 ± 0,4	8,5 ± 0,2	38,4 ± 1,2
Контроль	19,5 ± 1,0	4,2 ± 0,7	29,0 ± 1,3
Чисті соснові	16,6 ± 0,6	7,3 ± 0,5	32,4 ± 2,6
Контроль	18,4 ± 0,9	6,5 ± 0,2	27,2 ± 0,9
Мішані соснові	15,9 ± 0,7	8,3 ± 0,8	37,0 ± 2,1
Контроль	19,3 ± 0,8	5,0 ± 0,5	26,7 ± 1,1

У другому віковому періоді росту і розвитку деревних рослин лісомеліоративних насаджень помітно зменшується твердість ґрунту на 10–18 % порівняно з контрольними ділянками, що сприяє посиленому розростанню кореневих систем. Водопроникність, маючи із твердістю ґрунту обернену залежність, навпаки, зростає від 26 до майже 123 %. Ґрунт набуває структурних ознак, зокрема кількість структурних часток діаметром понад 1 мм зростає на 19–38 %. Звісно, всі ці зміни відбуваються залежно від видового складу насаджень.

Поліпшення фізичних і водно-фізичних властивостей своєю чергою спричиняють зміни агрохімічних характеристик ґрунту. Свіжоутворений

гумус, скріплюючи ґрунтові грудочки та формуючи водотривку структуру, не лише уповільнює розвиток ерозії, а й припиняє її прояв. Запаси основних агрохімічних показників метрового шару ґрунту наведено в табл. 5.

Дослідженнями виявлено, що в другому віковому періоді росту й розвитку деревних рослин лісомеліоративних насаджень їхній вплив посилюється. Запаси органічної речовини зростають на 8–58 %, азоту, що легко гідролізується, – на 14–64 %, рухомого фосфору – на 18–124 %, обмінного калію – на 23–48 % залежно від виду рослин та складу насаджень.

Період індивідуального росту рослин поступово переходить у безпосередню взаємодію та взаємовплив. Рос-

5. Запаси поживних речовин метрового шару ґрунту

Насадження віком 8–15 років	Запаси поживних речовин			
	органічна речовина, т·га ⁻¹	азот, що легко гідролізується	рухомий фосфор	обмінний калій
		кг·га ⁻¹		
$\chi \pm m$				
Чисті дубові	90 ± 6,2	339 ± 28,9	460 ± 25,5	356 ± 27,8
Контроль	60 ± 6,4	207 ± 2,0	205 ± 12,2	241 ± 10,9
Мішані дубові	103 ± 7,3	362 ± 23,8	456 ± 14,0	362 ± 12,5
Контроль	65 ± 7,0	218 ± 3,6	217 ± 10,3	245 ± 15,7
Чисті соснові	76 ± 2,0	235 ± 2,3	473 ± 5,6	645 ± 12,2
Контроль	70 ± 5,5	206 ± 7,0	400 ± 14,0	506 ± 16,1
Мішані соснові	80 ± 2,6	246 ± 10,2	487 ± 15,2	624 ± 12,8
Контроль	74 ± 4,3	200 ± 4,1	407 ± 11,3	508 ± 20,2

лини починають тіснити одна одну у просторі, конкуруючи за світло, воду, поживні речовини ґрунту тощо. Боротьба за життєвий простір (Maliuha & Minder, 2020) посилюється до кінця другого вікового періоду як у надземній, так і в підземній частинах насаджень. Напет деревостану стає щільнішим і потужним по всій висоті розміщення крони. Відносини між деревними рослинами стають напруженими, що призводить до неминучої диференціації насамперед порівняно швидкорослих видів деревних рослин.

Доглядові рубання у протиерозійних насадженнях мають бути спрямовані на поліпшення умов росту насаджень (передусім головних видів деревних рослин), на посилення їхніх меліоративних функцій і підвищення рівня біологічної стійкості. З метою підвищення протиерозійної ролі насаджень порубкові залишки варто подрібнювати та використовувати як мульчу (Lokhmatov, 1999).

Посилення меліоративних функцій протиерозійних насаджень досягається формуванням добре розвинутого чагарникового підліску та деревного намету; суцільної, достатньо потужної, пухкої підстилки, що в сукупності збільшує гідравлічну шорсткість (Orlovskij, Podzharov & Vorob'ev, 1980; Teleshok, Cherneckij, Ivashchenko, 1985). Доглядові рубання, як зазначають П. С. Пастернак, І. Б. Шинкаренко, П. С. Кравцова, позитивно впливають на поліпшення освоєння ґрунту, збільшення об'єму ґрунту, пронизаного корінням (Pasternak, Shinkarenko & Kravcova, 1974). Характерним за таких умов є припинення розвитку ерозійних процесів на зайнятій насадженням території та призупинення на прилеглий до нього. Загроза щодо відновлення площинної ерозії залишається у випадках надходження транзитного поверхневого стоку по мікропониженнях.

У третьому віковому періоді відбувається інтенсивна диференціація деревних рослин лісостанів штучного походження, що відповідає віку жердняку (16–30 років), і формування в них лісового середовища у жорстких умовах конкуренції за існування. Рослини ростуть і розвиваються завдяки дії своєї активної поверхні, яка потребує простору, що необхідний для збільшення розмірів надземної частини стовбурів і крон та поширення кореневих систем. Тому вирішення просторового питання для окремих дерев і насадження в цілому є життєво необхідним (Maliuha & Minder, 2020). Упродовж цього вікового періоду всі дерева не можуть продовжувати подальший ріст і розвиток за однакових умов. Неминучою стає диференціація дерев, яка проявляється через напружену конкуренцію за життєвий простір. Відбуваються процеси інтенсивного зрідження насаджень, що негативно позначається на протиерозійних властивостях, зокрема гідравлічній шорсткості, що частково компенсується відновленням активності живого надґрунтового покриву. Трав'яниста рослинність становить 15–35 шт.·м².

Серед представників живого надґрунтового покриву під час цього вікового періоду насаджень переважають такі: орляк звичайний, медунка темна, підмаренник запашний, зірочник ланцетовидний, купина багатоквіткова, гравілат міський та інші, що поширені у свіжих умовах судіброви. В інших лісорослинних умовах формуються відповідні індикатори із представників живого надґрунтового покриву.

Упродовж третього вікового періоду екологічного відновлення еродованих земель насадження інтенсивніше здійснюють вплив на навколишнє середовище та, особливо, на ґрунт. Завдяки їхнім лісомеліоративним властивостям відбуваються такі процеси: освоєння

6. Показники відновлення властивостей верхнього 10-сантиметрового шару ґрунту під впливом лісових насаджень і безхребетних тварин

Насадження віком 16–30 років	Твердість, кг·см ⁻²	Водопроникність, мм·хв ⁻¹	Структурні частки >1 мм, %
	$\chi \pm m$		
Чисті дубові	14,0 ± 2,3	12,8 ± 0,9	52,6 ± 5,2
Контроль	19,0 ± 1,1	7,0 ± 0,8	26,0 ± 1,2
Мішані дубові	14,9 ± 0,7	11,4 ± 0,3	53,9 ± 6,1
Контроль	18,9 ± 1,3	5,3 ± 1,0	30,1 ± 1,4
Чисті соснові	15,7 ± 0,6	9,4 ± 0,8	46,2 ± 2,5
Контроль	18,0 ± 0,7	6,9 ± 0,9	29,3 ± 1,7
Мішані соснові	14,0 ± 0,5	10,3 ± 0,4	46,8 ± 1,8
Контроль	18,8 ± 0,8	5,8 ± 1,2	28,4 ± 1,3

кореневими системами глибинних горизонтів, відмирання та відновлення активних коренів, що супроводжується збільшенням умісту органічної речовини у ґрунті; нагромадження органічного опаду на поверхні, який завдяки мінералізації поповнює ґрунт легкодоступними для рослин поживними речовинами, а також прояв насадженнями кольматувальної здатності. У цей період особливо активними стають ґрунтові безхребетні тварини, які разом з іншими представниками флори та фауни виступають безпосередніми учасниками ґрунтоутворних процесів.

Показники фізичних, водно-фізичних, фізико-хімічних, агрохімічних і біологічних властивостей ґрунтів цього вікового періоду набувають конкретної статистичної значущості, що свідчить про їхню активну ґрунтоутворювальну роль. Поліпшення водно-фізичних властивостей ґрунту, насамперед водопроникності, сприяє якнайповнішому переведенню талих і дощових вод у внутрішньоґрунтові (табл. 6). Твердість ґрунту під чистими і мішаними насадженнями становить 14,0–15,7 кг·см⁻². Порівняно з контролем зменшення відбулося на 13–26 %. Це невеликі значення для згаданого вікового періоду, що порівняно з попередніми періодами суттєво зменшилися. Водопроникність зросла на 36–

115 %, вміст структурних часток збільшився на 64–102 %.

Отже, значна зміна водно-фізичних властивостей ґрунту зумовлює повне припинення розвитку ерозійних процесів на площах під лісомеліоративними насадженнями.

Насадження починають вступати у фазу плодоношення, що має позитивний результат з утворення самосіву на відкритих позбавлених деревної рослинності яружних відкосах, що важливо у протиерозійному плані. Порівняння запасів поживних речовин вказаного вікового періоду наведено в табл. 7.

Запаси органічної речовини зростають на 22–51 %, азоту, що легко гідролізується, – на 31–135 %, рухомого фосфору – на 5–136 %, обмінного калію – на 42–68 % залежно від виду рослин та складу насаджень.

У цей віковий період необхідно проводити рубки догляду, які мають виключно диференційований підхід до кожного окремого лісостану залежно від особливостей росту і розвитку деревних рослин.

Варто зазначити, що в захисних протиерозійних насадженнях (особливо у віці до 30 років) доглядові рубання потрібно виконувати з меншою інтенсивністю, ніж в експлуатаційних лісах. Зрубану рослинну масу доцільно подрібнити і рівномірно розкидати по

7. Запаси поживних речовин метрового шару ґрунту

Насадження віком 16–30 років	Запаси поживних речовин			
	органічна речовина, т·га ⁻¹	азот, що легко гідролізується	рухомий фосфор	обмінний калій
$\chi \pm m$				
Чисті дубові	103 ± 4,9	416 ± 31,6	502 ± 19,4	421 ± 12,4
Контроль	68 ± 3,3	209 ± 3,0	213 ± 8,9	250 ± 17,1
мішані дубові	104 ± 13,0	519 ± 35,3	430 ± 15,2	411 ± 67,8
Контроль	70 ± 9,2	221 ± 6,2	230 ± 10,7	249 ± 18,0
Чисті соснові	93 ± 3,5	272 ± 9,0	440 ± 42,0	727 ± 31,9
Контроль	75 ± 5,1	208 ± 7,3	420 ± 13,7	512 ± 20,7
Мішані соснові	98 ± 8,9	352 ± 46,4	578 ± 35,3	765 ± 25,3
Контроль	80 ± 5,8	204 ± 5,6	414 ± 12,4	514 ± 21,4

території. Такий захід має на меті збільшувати гідравлічну шорсткість поверхні, запобігати можливим змивам та розмиванню ґрунту за рясних злив і транзитного надходження поверхневого стоку по мікропониженнях.

Четвертий віковий період, життєвий інтервал якого охоплює від 31 до 60 років, передусім характеризується завершенням формування лісового середовища в лісостанах за участю швидкоростучих видів рослин та проявом ефективної дії їхнього першого покоління. Сосна звичайна та дуб звичайний, як представники довговічних головних видів рослин, вказані функції встигають виявити лише під кінець згаданого періоду розвитку лісостанів. Вдало створені захисні лісові насадження першого покоління з використанням швидкоростучих видів рослин за умов наявності життєвого енергосурсу не обмежують своє існування у віці 60 років. Формування лісового середовища докорінно змінює лісорослинні умови порівняно з територіями, що не вкриті лісовою рослинністю.

Противерозійні насадження цього вікового періоду характеризуються початком зрідження намету за рахунок зменшення кількості листків і хвої на одиниці довжини пагона, а також за рахунок проведених доглядових ру-

бань, вилучення відсталих у рості та сухих дерев. Догляд за такими насадженнями – плановий лісівничий.

Через це зменшується кількість органічного опаду, збільшується освітленість ґрунту, що у сукупності призводить до інтенсивного розростання трав'яної рослинності (35–50 шт·м²). Наслідком цього стає поява під наметом дубових насаджень, крім тонконога дібровного і осоки волосистої, ще й яглиці звичайної, маренки пахучої, копитняку європейського; у робінієвих – чистотілу; у соснових – котячих лапок дводомних, осоки вереснякової, костриці овечої тощо. Коренева система рослин цього періоду інтенсивніше освоює верхні горизонти ґрунту, що позитивно позначається на водопроникності, а отже сприяє переведенню поверхневого стоку у ґрунтовий.

У цьому віковому періоді продовжується інтенсивний вплив насаджень на властивості ґрунту, його ґрунтоутворення. За своїми властивостями ґрунт стає лісовим і має суттєві відмінності від ґрунту сільськогосподарського призначення.

Щодо середніх показників фізичних, водно-фізичних, фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту спостерігається статистично значуща різниця не лише порівняно з контрольною ділян-

8. Показники відновлення властивостей верхнього 10-сантиметрового шару ґрунту під впливом лісових насаджень і безхребетних тварин

Насадження віком 31–60 років	Твердість, кг·см ⁻²	Водопроникність, мм·хв ⁻¹	Структурні частки >1 мм, %
	$\chi \pm m$		
Чисті дубові	14,5 ± 0,6	20,0 ± 2,9	66,2 ± 1,6
Контроль	18,7 ± 0,9	7,4 ± 0,7	26,9 ± 1,7
Мішані дубові	13,5 ± 1,0	14,2 ± 1,1	63,4 ± 3,2
Контроль	18,5 ± 0,8	6,8 ± 0,5	30,7 ± 2,0
Чисті соснові	15,4 ± 0,2	12,8 ± 0,4	56,2 ± 5,4
Контроль	17,6 ± 0,7	7,1 ± 0,8	31,3 ± 1,9
Мішані соснові	13,3 ± 0,6	15,1 ± 0,2	58,6 ± 3,3
Контроль	18,2 ± 1,1	6,2 ± 0,9	29,8 ± 2,1

кою, а і з попередніми віковими періодами росту і розвитку деревних рослин лісомеліоративних насаджень. Поверхневого стоку на лісових ділянках немає. Досліджені показники відновлення властивостей активного поверхневого шару ґрунту наведено в табл. 8.

Твердість ґрунту зменшується на 12–27 %, водопроникність посилюється на 80–170 %, кількість структурних часток у ґрунті збільшується на 79–146 % порівняно з контрольними показниками залежно від видів рослин і складу деревостанів.

Насадження продовжують масово плодоносити, що слугує основою для поширення насіння і появи самосіву. Його життєздатність має особливості прояву не лише на ділянках відкосів

ярів, які залишалися незалисненими та продовжували виположуватися, а й під наметом чи на узліссі протиерозійних насаджень, які продовжували зріджуватися внаслідок диференціації деревостанів.

Агрохімічні властивості, зокрема представлені тут на прикладі запасів поживних речовин ґрунту, також мають переконливу статистичну значущість порівняно з контролем (табл. 9).

Запаси органічної речовини зростають на 36–74 %, азоту, що легко гідролізується, – на 52–132 %, рухомого фосфору – на 43–138 %, обмінного калію – на 56–75 % залежно від виду рослин та складу насаджень.

Отже, четвертий віковий період може бути охарактеризований як пе-

9. Запаси поживних речовин метрового шару ґрунту

Насадження віком 31–60 років	Запаси поживних речовин			
	органічна речовина, т·га ⁻¹	азот, що легко гідролізується	рухомий фосфор	обмінний калій
		кг·га ⁻¹		
$\chi \pm m$				
Чисті дубові	105 ± 1,8	330 ± 7,9	603 ± 25,1	884 ± 40,0
Контроль	69 ± 4,5	217 ± 7,8	422 ± 14,7	518 ± 18,6
Мішані дубові	106 ± 2,9	438 ± 45,7	619 ± 43,0	908 ± 27,0
Контроль	78 ± 8,1	219 ± 5,0	430 ± 11,3	520 ± 22,4
Чисті соснові	97 ± 10,6	426 ± 38,3	439 ± 10,9	401 ± 65,5
Контроль	67 ± 5,4	220 ± 6,3	217 ± 15,0	257 ± 19,3
Мішані соснові	113 ± 3,2	499 ± 29,7	527 ± 16,4	452 ± 55,0
Контроль	65 ± 8,6	215 ± 8,2	221 ± 13,6	268 ± 23,2

10. Показники відновлення властивостей верхнього 10-сантиметрового шару ґрунту під впливом лісових насаджень і безхребетних тварин

Насадження віком понад 60 років	Твердість, кг·см ⁻²	Водопроникність, мм·хв ⁻¹	Структурні частки >1 мм, %
	$\chi \pm m$		
Чисті дубові	13,9 ± 0,4	26,2 ± 0,7	65,3 ± 4,1
Контроль	18,9 ± 1,3	7,7 ± 1,1	28,7 ± 2,5
Мішані дубові	13,2 ± 1,1	27,5 ± 0,3	77,1 ± 2,0
Контроль	18,6 ± 1,2	7,4 ± 0,7	32,5 ± 1,8
Чисті соснові	13,8 ± 0,5	21,7 ± 0,9	62,6 ± 1,0
Контроль	17,9 ± 1,0	6,9 ± 0,6	33,0 ± 2,4
Мішані соснові	14,2 ± 0,3	26,0 ± 0,5	68,3 ± 1,5
Контроль	18,0 ± 1,4	6,5 ± 0,8	33,7 ± 1,7

ріод початку віку захисної стиглості протиерозійних лісових насаджень на еродованих землях (Pavlovskij, 1973). У цьому віковому періоді природне лісовідновлення поширюється і на прилеглі сільськогосподарські угіддя.

У цей період росту і розвитку деревних рослин протиерозійних насаджень запаси лісової підстилки коливаються від 2,5 до 8,5 т·га⁻¹ (Yukhnovskiy, Dudarets, Maliuha & Khryk, 2013; Maliuha et al., 2021). Особливості впливу лісової підстилки полягають у такому: зменшення фізичного випаровування вологи з ґрунту, його ущільнення та промерзання; сприяння нагромадженню вологи за рахунок талих вод і атмосферних опадів, що переводяться у ґрунті, а також зростання рівня вологоємності підстилки, яка може досягти 300–400 %. Відбувається посилення протиерозійного впливу захисних лісових насаджень не лише на території, які вони власне охоплюють, а й на прилеглі.

П'ятий віковий період ефективної дії першого покоління, що характеризується входженням середньовікових насаджень у фазу саморегулювання, пов'язаний із віковим інтервалом понад 60 років для видів деревних рослин тривалого життєвого циклу. Лісо-стани за участю сосни звичайної та дуба звичайного в цей період свого

росту і розвитку мають цілком сформоване ефективне лісове середовище, в якому докорінно змінюються лісорослинні умови порівняно з еродованими територіями, не вкритими лісовою рослинністю.

Основні показники відновлення фізичних і водно-фізичних властивостей активного шару ґрунту протиерозійних насаджень наведено в табл. 10.

Твердість ґрунту в мішаних дубових насадженнях виявляється найменшою – 13,2 кг·см⁻². Загальний же показник твердості ґрунту дубових і соснових деревостанів зменшився на 21–29 % порівняно з контролем. Значення показника водопроникності зросло на 214–300 %. Найбільший показник водопроникності мають мішані дубові насадження – 27,5 мм·хв⁻¹.

Такі результати відповідають, за оцінкою Н. А. Качинського, провальній водопроникності (Kachinskij, 1975; Berezhniak, 2013) за першу годину всмоктування, яка дорівнюватиме понад 1000 мм. Пояснюється це активною дією ґрунтових тварин: кротів, черв'яків і безлічі інших дрібніших, а також впливом кореневих систем. Ґрунт із такими показниками здатен забезпечити поглинання навіть транзитної частини поверхневого стоку, яка може потрапляти до насаджень із водозбірної площі. До цього важливо до-

11. Запаси поживних речовин метрового шару ґрунту

Насадження віком понад 60 років	Запаси поживних речовин			
	органічна речовина, т·га ⁻¹	азот, що легко гідролізується	рухомий фосфор	обмінний калій
		кг·га ⁻¹		
$\chi \pm m$				
Чисті дубові	121 ± 14,3	440 ± 15,7	798 ± 34,1	1007 ± 18,8
Контроль	71 ± 7,2	224 ± 6,3	423 ± 17,2	523 ± 17,9
Мішані дубові	146 ± 3,8	417 ± 4,0	908 ± 23,6	1092 ± 30,7
Контроль	78 ± 5,2	230 ± 6,5	437 ± 16,2	527 ± 21,9
Чисті соснові	115 ± 2,7	494 ± 26,6	545 ± 12,0	497 ± 53,8
Контроль	83 ± 6,0	228 ± 9,2	237 ± 13,8	261 ± 24,3
Мішані соснові	128 ± 4,6	612 ± 18,4	732 ± 20,7	632 ± 42,9
Контроль	85 ± 9,0	240 ± 8,7	260 ± 14,3	268 ± 20,6

дати позитивні зміни стосовно збільшення частки структурних агрегатів на 90–137 %.

Процеси ґрунтоутворення у протиерозійних насадженнях продовжують набувати інтенсивного прояву, а середні значення розглянутих показників властивостей ґрунту, як і у попередній віковий період, мають вагому статистично значущу різницю не лише порівняно з контрольною ділянкою, а й із насадженнями інших вікових періодів росту і розвитку деревних рослин.

Під наметом насаджень, які зріджуються, достатня кількість органічного опаду та оптимальна освітленість зумовлюють розвиток трав'яної рослинності (50–150 шт.·м²). До її складу входять як тіневитривалі види – копитняк європейський, зірочник ланцетовидний, щитник чоловічий, яглиця звичайна, медунка темна купина багатоквітка, так і порівняно світлолюбиві – анемона дібровна, фіалка дивна, подорожник ланцетолістий, кульбаба лікарська, конюшина повзуча, бузина трав'яниста, волошка лучна, глуха кропива пурпурова та інші. З'являється не лише самосів, а й розвивається підріст, посилюючи гідравлічну шорсткість.

Властивості ґрунту, що став лісовим, продовжують покращуватися. Ра-

зом із тим варто зазначити, що у цей період (принаймні до віку 70–80 років) першому поколінню не вдається повністю досягти рівня властивостей зональних ґрунтів, які сформовані під природними лісостанами. Порівняння запасів поживних речовин метрової товщі ґрунту під лісовими насадженнями наведено в табл. 11.

Запаси органічної речовини зростають на 38–87 %, азоту, що легко гідролізується, – на 81–155 %, рухомого фосфору – на 89–182 %, обмінного калію – на 90–136 % залежно від виду рослин та складу насаджень.

Насадження продовжують плодоносити, а життєздатність самосіву та його біологічна стійкість зростають. Отже, після 60 років захисні протиерозійні насадження визначаються як саморегульовані екологічні системи, тобто настає екологічне відновлення колишніх еродованих земель, перетворення їх на продуктивні, важливі для господарського використання території.

Цей віковий період характеризується максимальним проявом усіх функцій захисних лісових насаджень: енергетичної, водорегулювальної, водопоглинальної, ґрунтозахисної, кольматувальної, ґрунтоутворювальної, відновлювальної, рекреаційної, санітарно-гігієнічної, естетичної, виховної,

кліматорегулювальної, екологістабілізувальної. Вказані функції діють одночасно та забезпечують поліфункціональну роль лісових насаджень (Yukhnovskiy, Dudarets, Maliuha & Khryk, 2013).

Максимальний прояв усіх наведених вище функцій має місце лише за життя лісу чи протиерозійних насаджень як потужного й налагодженого організму, що діє чітко.

Висновки і перспективи. Отримано чітке співвідношення вікових періодів росту і розвитку деревних рослин з якісними етапами екологічного відновлення еродованих ґрунтів. У кожному віковому періоді відбуваються якісні зміни під час росту і розвитку рослинного покриву, а також кількісні зміни показників, що характеризують властивості ґрунту, які представлені у порівнянні з контролем (вигін).

У перший віковий період захисні лісові насадження статистично значущого впливу на властивості ґрунту, порівняно з контролем, не виявляють. Вони потребують допомоги у вигляді своєчасного проведення агротехнічних доглядів. За вдального створення насаджень лісівничих доглядів не потребують.

Другий період вирізняється поліпшенням фізичних і водно-фізичних властивостей, які спричинюють зміни агрохімічних характеристик ґрунту. Лісівничі догляди застосовують за умов, якщо мали місце прорахунки під час підбору видів деревних рослин чи за недотримання технології. Для цього

проводять освітлення, з метою поліпшення умов росту, посилення меліоративних функцій, підвищення стійкості насаджень. Для посилення протиерозійної ролі насаджень порубкові залишки потрібно подрібнювати та використовувати як мульчу.

У третій період відбувається значна зміна водно-фізичних властивостей ґрунту, що зумовлює повне припинення розвитку ерозійних процесів на площах під лісомеліоративними насадженнями. Рубки догляду мають виключно диференційований підхід, а зрубану рослинну масу доцільно подрібнювати і рівномірно розкидати територією для збільшення гідравлічної шорсткості у регулюванні поверхневого стоку.

Четвертий період відрізняється початком віку захисної стиглості протиерозійних лісових насаджень. Відбувається посилення їхнього впливу на процеси ґрунтоутворення. Середні показники фізичних, водно-фізичних, фізико-хімічних, агрохімічних і біологічних властивостей ґрунту мають вагому статистично значущу різницю не лише порівняно з контрольною ділянкою, а й із насадженнями інших вікових періодів росту і розвитку деревних рослин.

Після 60 років, що стосується п'ятого вікового періоду, захисні протиерозійні насадження визначаються як саморегулювні екологічні системи, які характеризуються проявом основних функцій.

Список літератури

- Astapov, S. V. (1958). *Meliorative soil science (workshop)*. Moscow: Sel'hozgiz, 367 [in Russian].
- Berezhniak, M. F. (2013). *Pedology*. Kyiv: TOV «NVP «Interservis», 304 [in Ukrainian].
- Duran Zuazo, V. H., & Pleguezuelo C. R. R. (2008). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag, 28 (1), 65–86. <http://dx.doi.org/10.1051/agro:2007062>
- Gordienko, M. I., Nagornaya, R. V., & Kisten', A. V. (1986). Impact of clearing of felling areas on soil properties. *Forest Journal*, 1, 8–13 [in Russian].
- ISO/TR 14061. Information to assist forestry organizations in the use of the Environmental Management System standards ISO 14001

- and ISO 14004. International Organization for Standardization. (1998). 11. <https://www.sis.se/api/document/preview/612099/>.
- Johnson, P. S. (2004). Thinking about oak forests as responsive ecosystems. Gen. Tech. Rep. SRS-73. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, 13–18. <https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/6486>
- Kachinskij, N. A. (1975). *Soil, its properties and life*. Moscow: Nauka, 294 [in Russian].
- Let's save the soil – let's save our well-being. Available at <https://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/ourperspective/ourperspectivearticles/2018/01/02/desertification-un-convention-ukraine.html>.
- Lokhmatov, N. A. (1999). *Development and restoration of the steppe forest plantings*. Balakleya: SIM [in Russian].
- Lund, H. Gyde. (1998). IUFRO Guidelines for Designing Multipurpose Resource Inventory. IUFRO World Series, 8, 216. Available at <https://www.iufro.org/uploads/media/ws8.pdf>.
- Maliuha, V. M., Dudarets, S. M., Yukhnovskiy, V. Yu., & Harkava, O. M. (2006). Soil sampler. Patent of Ukraine for useful model. G01N 1/04. № 22065; declared 27.11.2006; published 10.04.2007, № 4 [in Ukrainian].
- Maliuha, V. M., Yukhnovskiy, V. Yu., Dudarets, S. M., Minder, V. V., Protsenko, I. A., & Krylov, Ya. I. (2014). Device for soil sampling. Patent of Ukraine for useful model. G01N 1/04. № 88990; declared 10.10.2013; published 10.04.2014, № 7 [in Ukrainian].
- Maliuha, V., Khryk, V., Minder, V., Kimeichuk, I., Raduchych, M., Rasenchuk, A., Brovko, F., & Yuhnovskiy, V. (2021). Fractional composition and formation of forest litter in scots pine plantations on ravine-gully systems and the plain of the Central part of Ukraine. *Forestry ideas*, 27, 1 (61), 89–100.
- Maliuha, V. M. (1987). *The experience of creating protective plantations on the eroded lands of the Kanev dislocations*. Kyiv [in Russian].
- Maliuha, V. M. (2008). Stages of restoring the fertility of eroded soils under the influence of protective forest plantations. *Forestry and agroforestry*, 112, 118–124 [in Ukrainian].
- Maliuha, V. M., & Minder V. V. (2020). Indicator of tension in the living space of protective forest plantations. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (4), 47–59 [in Ukrainian]. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2020.04.005>
- Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests/3rd edition. (1994). Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH), 177.
- Mayer, P. (2003). Impulses for Research. *Living Forest Summit in Vienna*, 11 (1–2), 10–11.
- Merzlenko, M. D., & Babich, N. A. (2020). *Artificial reforestation*. Moscow: Izd-vo Yurajt [in Russian].
- Minder, V., Maliuha, V., & Yuhnovskiy, V. (2019). *Meliorate properties of park stands in the conditions of complex relief*. Kyiv: Kondor [in Ukrainian].
- On the National Program for the Formation of the National Ecological Network of Ukraine for 2000–2015: Law of Ukraine (2000). Newspaper "Guide", 3–16 [in Ukrainian].
- Orlovskij, V. B., Podzharov, V. K., & Vorob'ev, V. N. (1980). *Protective afforestation in Belarus*. Minsk: Urozhaj [in Russian].
- Pasternak, P. S., Shinkarenko, I. B., & Kravcova, P. S. (1974). Scots pine root system development at different planting density and thinning intensity. *Forestry and agroforestry*, 38, 16–20 [in Russian].
- Pavlovskij, E. S. (1973). *Arrangement of agroforestry plantations*. Moscow: Lesnaya prom-st [in Russian].
- Pdivinen, R., Lund, H. Gyde, Poso, S., & Zawila-Niedzwiecki, T. (Eds.). (1994). IUFRO International Guidelines for Forest Monitoring. IUFRO World Series, 5, 42. Available at <https://www.iufro.org/uploads/media/ws5-en.pdf>
- Pogrebnyak, P. S. (1955). *Basics of forest typology*. Kyiv: Akademiya Nauk USSR [in Russian].
- Prescott, C. E., Katzensteiner, K., & Weston, C. (2021). Soils and restoration of forested landscapes. *Soils and landscape restoration*, 299–331. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813193-0.00011-4>
- Teleshek, Yu. K., Cherneckij, A. I., & Ivashchenko, S. S. (1985). *The owner's use of ravine and ravine lands*. Kyiv: Urozhaj [in Russian].
- Workshop on agrochemistry. Tutorial. (2001). Moscow: Moskovskij Gosudarstvennyj Universitet [in Russian].
- Yukhnovskiy, V. Yu., Dudarets, S. M., Maliuha, V. M., & Khryk, V. M. (2013). *Anti-erosion forest plantations of ravine-gully systems*. Kyiv: Kondor [in Ukrainian].
- Zonn, S. V. (1955). Biogeocenotic method and its significance for studying the role of biological factors in soil formation. *Pedology*, 6, 5–13 [in Russian].
- Zrazhevskij, A. I. (1957). *Earthworms as a factor of forest soil fertility*. Kyiv: AN USSR [in Russian].
- Zrazhevskiy, A. I., & Lohvynenko, I. I. (1971). About biological activity of soil and decomposition of forest waste. Collection of scientific works of the Ukrainian Agricultural Academy. *Biological bases of increasing crop yields*, 40, 121–124 [in Ukrainian].

Maliuha V. M., Minder V. V.

AGE PERIODS OF THE DEVELOPMENT OF PROTECTIVE FOREST PLANTATIONS IN THE RESTORATION OF ERODED RAVINE AND RAVINE LANDS

At present, high-level attention is paid to the issues of the role, significance, optimal use of soils, their protection and combating degradation. By introducing the Sustainable Development Goals at the national level, Ukraine is obliged to introduce new programs and projects that, in practice, will have macroeconomic stability, ecological balance and social cohesion. During scientific research on the multifunctional role of protective forest plantations, which at one time were created on eroded territories, which include gully-ravine lands, to revive the properties of soils, work was carried out to substantiate their regenerative function. To achieve this goal, 90 soil-forest typological stations were established in erosion control plantations of various periods of plant growth and development with the selection of 270 soil samples. A study of their water-physical and agrochemical properties was carried out with the processing of the data obtained by statistical methods. Based on the analysis of scientific literary sources, the study of successful production experience and our own research on anti-erosion plantations to determine their impact on soil properties and the environment, qualitative stages of the ecological restoration of eroded soils have been developed. Changes in the age periods of growth and development of woody plants in protective forest plantations created on gully-ravine lands lead to a gradual step-by-step ecological restoration of eroded soils. Thus, a clear correlation of the age periods of growth and development of woody plants with the qualitative stages of ecological restoration of eroded soils was obtained. The selection of research objects provided for taking into account the same technology for creating anti-erosion plantings, growth and development in the same conditions, corresponding to five age periods of growth and development of woody plants. In each age period, qualitative changes occur during the growth and development of the vegetation cover, as well as quantitative changes in indicators characterizing the properties of the soil, which are presented in comparison with the control, which is the pasture. The main functions of these plantings are presented. Attention is paid to all age periods of growth and development of anti-erosion plantings in terms of forest measures for the successful cultivation of anti-erosion plantings and their effective action. The stages of ecological restoration of eroded territories are clearly consistent with the identified age periods. The prospects for understanding the process of restoring protective vegetation cover, including forest plantations, and their direct impact on the properties of eroded soils are opening up.

Keywords: erosion processes, eroded soils, anti-erosion role, periods of development, qualitative stages, soil properties, hydraulic roughness.

Отримано: 2021-03-21