

КОНТРОЛЬОВАНЕ САМОВІДНОВЛЕННЯ РОСЛИННОСТІ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ЛІСОВОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ

Хом'як І.В., Овдіюк О.М.

Житомирський державний університет імені Івана Франка
вул. Велика Бердичівська, 40, 10005, м. Житомир
ecosystem_lab@ukr.net, 7992750@gmail.com

Стаття присвячена порівнянню прямих прибутків від традиційної рекультивациї та екосистемних послуг, отриманих в процесі самовідновлення рослинності. Метою дослідження є обрахунок суми екосистемних послуг, отриманих в процесі самовідновлення рослинності, та порівняння її із чистим прибутком отриманим від традиційної рекультивациї. Відповідно до мети, було поставлено такі завдання: спрогнозувати зміну рослинності під час процесу самовідновлення; визначити суму екосистемних послуг, отриманих в процесі самовідновлення рослинності; порівняти суму екосистемних послуг, отриманих в процесі самовідновлення рослинності, із чистим прибутком, отриманим від традиційної рекультивациї. Матеріалами дослідження є стандартні геоботанічні описи, створені на території розробки Хмельівської ділянки Майдан Вільського родовища первинних каоолінів, жорстви та гранітоїдів. У результаті вперше було здійснено порівняння ефективності традиційних методів рекультивациї із контрольованим самовідновленням природної рослинності. Дослідження дозволило створити довготривалий прогноз зміни рослинних угруповань в результаті самовідновлення рослинності. Прогноз автогенної сукцесії для досліджуваної території вказує на те, що тут спочатку сформується асоціація *Salicetum capreae*, яка поступово заміниться на широколистяні ліси асоціації *Tilio cordatae-Carpinetum*. Такий перехід відбудеться між 50 і 70 роками самовідновлення. На більш вологих ділянках через 15–20 років відбудеться перехід від верболізів асоціації *Salicetum pentandro-cinereae* до вільхових лісів асоціації *Ribesio nigri-Alnetum*. Через 70 років після початку самовідновлення, обсяг екосистемних послуг, які надає ця ділянка досягне 7 млн. грн. на га в рік. Вирощування зернових даватиме 3100, а ділової деревини – 6480 грн. за м³ ділової деревини у рік. Під час самовідновлення рослинності, на цій території об'єм екосистемних послуг зростає відповідно до функції натурального логарифма. **Ключові слова:** компенсаційні заходи, автогенна сукцесія, відновлювана екологія.

Controlled self-regeneration of vegetation as an alternative to forest reclamation. Khomiak I., Ovdiiuk O.

The article is devoted to the comparison of direct profits from traditional reclamation and ecosystem services obtained in the process of self-restoration of vegetation. The purpose of the study is to calculate the amount of ecosystem services received in the self-restoration of vegetation and compare it with the net profit received from traditional reclamation. Following the goal, the following tasks were set: To predict the change of vegetation during the self-restoration process; Determine the amount of ecosystem services received in the process of self-restoration of vegetation; Compare the amount of ecosystem services received in the process of self-restoration of vegetation with the net profit received from traditional reclamation. The materials of the study are standard geobotanical descriptions created on the territory of the development of the Khmelivsk site of the Maidan Vilsky deposit of primary kaolins, shale, and granitoids. As a result, for the first time, a comparison of the effectiveness of traditional reclamation methods with controlled self-regeneration of natural vegetation was made. The study made it possible to create a long-term forecast of changes in plant communities as a result of the self-restoration of vegetation. The prediction of autogenous succession for the studied area indicates that the *Salicetum capreae* association will first form here, which will gradually be replaced by broad-leaved forests of the *Tilio cordatae-Carpinetum* association. Such a transition will occur between 50 and 70 years of self-restoration. In wetter areas, in 15–20 years, there will be a transition from verboses of the *Salicetum pentandro-cinereae* association to alder forests of the *Ribesio nigri-Alnetum* association. 70 years after the start of self-recovery, the volume of ecosystem services provided by this area will reach UAH 7 million per hectare per year. Cultivation of cereals will yield 3,100 UAH, and commercial wood – 6,480 UAH per hectare per year. During the self-renewal of vegetation in this area, the volume of ecosystem services increases according to the natural logarithm function. **Key words:** compensatory measures, autogenic succession, restoration ecology.

Постановка проблеми. На сьогодні очевидним є те, що втрата екосистемних послуг є однією із причин глобальної екологічної кризи. Із цієї причини, пропонується велика кількість проектів, пов'язаних із відновленням стану порушених оселищ. Однак, є дві проблеми, які в останній час стають очевидними. Перша пов'язана із утилітарним принципом відновлення порушених екосистем. Тобто, якщо було порушено сільськогосподарські угіддя, то після відновлення це мають бути агроекосистеми, якщо лісові насадження – лісові екосистеми. При цьому, не враховується величина затрат на цю процедуру і величина прибутків отримана від їхньої експлуатації. Коли мова

іде про екосистемні послуги, які можна отримати від природної екосистеми, яка формується шляхом самовідновлення, то дисбаланс стає ще більш масштабним та більш очевидним.

Актуальність дослідження. Наслідком російської агресії, є порушення великих площ природних та синантропізованих екосистем. Відновлення цих оселищ є надважливою задачею, як по завершенню ведення активних бойових дій, так і на визволеніх від загарбників території [1]. На сьогодні, є розуміння, що це буде реалізовуватися в умовах обмеженого фінансування, дефіциту часу та ресурсів. При цьому, це буде відбуватися на фоні глобальних змін

клімату та інших проявів глобальної екологічної кризи. Отже, усі проекти відновлення, мають бути не лише найбільш надійними та ефективними, а й зорієнтованими на надання максимуму екосистемних послуг. Саме вони матимуть позитивний опосередкований вплив на інші території, зайняті лісовими насадженнями або сільськогосподарськими угіддями [2].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження направлене на поглиблення теорії динаміки екосистем та вдосконалення підходів до відновлення порушених оселищ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Уже у вісімдесятих роках багато вчених стверджувало, що будь-яка рекультивційна ділянка за певний час відновиться природним шляхом. Те, що відбувається природним шляхом, може здатися мало пов'язаним з практичними кроками, які необхідно зробити, коли ми хочемо штучно прискорити процес відновлення рослинності, як це роблять ландшафтні архітектори та інженери. Проте, ці два процеси нерозривно пов'язані, оскільки обидва вони є результатом взаємодії між екологічними характеристиками ділянки та природними потребами рослин. Ми не можемо отримати ефективну рекультивацию, якщо не розуміємо екологію ділянки та матеріалів, які ми хочемо використовувати [7].

У галузі реставраційної екології, що розвивається, визначення концепції рекультивации у порівнянні із природним відновленням, є важливим кроком. Міжнародні стандарти Товариства екологічного відновлення [2], визначають рекультивацию, як «процес перетворення сильно деградованої землі в придатну для обробітку, або стан, придатний для певного використання людиною». Це визначення піддається критиці. Деякі автори роблять його так: «процес сприяння відновленню сильно деградованих екосистем на користь рідної біоти, шляхом створення середовищ існування, популяцій, спільнот або екосистем, схожих, але не обов'язково ідентичних навколишнім та природних екосистем» [8]. Отже, метою рекультивации може бути не лише пряме використання людиною відновленої ділянки, а й екосистемні послуги, які вона із неї отримує.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Стаття присвячується врахуванню показників економічної ефективності та потенціалу надання екосистемних послуг під час планування процедури відновлення порушених оселищ.

Новизна. Уперше було здійснено порівняння ефективності традиційних методів рекультивации із контрольованим самовідновленням природної рослинності.

Методологічне або загальнонаукове значення. У статті наводяться нові методи контролю за процесом самовідновлення природної рослинності. В основі цих методів, лежать алгоритми впливу на суцесійні процеси, розроблені на основі сучасної теорії динаміки екосистем.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є обрахунок суми екосистемних послуг отриманих в процесі самовідновлення рослинності та порівняння її із чистим прибутком отриманим від традиційної рекультивации. Відповідно до мети було поставлено такі завдання:

- Спрогнозувати зміну рослинності під час процесу самовідновлення.
- Визначити суму екосистемних послуг, отриманих в процесі самовідновлення рослинності.
- Порівняти суму екосистемних послуг, отриманих в процесі самовідновлення рослинності, із чистим прибутком, отриманим від традиційної рекультивации.

Матеріали та методи досліджень. Матеріалами дослідження є стандартні геоботанічні описи, створені на території розробки Хмельівської ділянки Майдан Вільського родовища первинних каолінів, жорстви та гранітоїдів. Описи, створені стаціонарними та маршрутно-експедиційними методами [6], в період 2021 по 2024 рр.

Масив описів, було проаналізовано та переведено в базу даних за допомогою програми «Turboveg for Windows». Рослинність була класифікована згідно із принципами швейцарсько-французької геоботанічної школи Браун-Бланке [6]. Показники факторів середовища визначалися із використанням синфітоіндикаційних методів, за допомогою пакету програм «Simargl 1.12» [10].

Витрати на проведення робіт розраховані із використанням економічного аналітичного методу [4]. Матеріалами для розрахунків стали офіційні статистичні зведення для досліджуваного регіону [3]. Екосистемні послуги обраховувались за допомогою непрямих методів, відповідно до принципів проекту «Економіка екосистем і біорізноманіття» [11].

Результати. Територія є перелогоми, які знаходяться на ранніх стадіях відтворення деревної рослинності. Тут переважають молоді похідні березові та осикові ліси із незначною часткою куничникових злаковників і молодих верболозів. Рослинні угруповання та їхня флора типові для Шепетівсько-Баранівського геоботанічного району дубово-соснових лісів орлякових та сосново-зеленомохових Центрального Полісся. Флористичне багатство та фітоценотичне різноманіття низькі, що обумовлено однотипністю екологічних умов. Рослинність досліджуваної території належить до 9 класів, 11 порядків, 14 союзів, 16 асоціацій.

Таблиця 1

Вікова та кількісна характеристика дерев на території планової діяльності

Вид дерева	Вікова група бонітет, вік	Кількість особин
Береза звичайна	Підріст, бонітет IV (вік 1–2 роки)	30000±1000
Береза звичайна	Ювенільні особини, бонітет IV (вік 3–5 років)	65±5
Береза звичайна	Віргінільні особини, бонітет IV (вік 5–15 років)	18
Осика звичайна	Підріст, бонітет IV (вік 1–2 роки)	2500±100
Осика звичайна	Ювенільні особини, бонітет IV (вік 3–5 років)	31
Осика звичайна	Віргінільні особини, бонітет IV (вік 5–15 років)	19
Дуб звичайний	Підріст, бонітет IV (вік 1–2 роки)	170±10
Дуб звичайний	Ювенільні особини, бонітет IV (вік 3–5 років)	7
Липа серцелиста	Ювенільні особини, бонітет IV (вік 3–5 років)	5
Вільха чорна	Підріст, бонітет IV (вік 1–2 роки)	200±10

Таблиця 2

Кількісна характеристика дерев на території планової діяльності

Вид чагарнику	Кількість особин
Верба козяча	340±10
Верба попеляста	260±10
Верба ламка	15
Ліщина звичайна	5
Крушина ламка	1300±100

Максимально можливий запас деревини в такому пралісі сягатиме 300–350 т/га.

Більш зволожена ділянка біля струмка буде розвиватися за іншим сценарієм. Тут, на протязі 15–20 років відбудеться перехід від верболізів асоціації *Salicetum pentandro-cinereae* Pass 1961 класу *Franguletea* Doing ex Westhoff in Westhoff et Den Held 1969 до вільхових лісів класу *Alnetea glutinosae* Br.-Bl. et Tüxen ex Westhoff, Dijk et al. 1946. На першому етапі, це буде асоціація *Ribeso nigri-Alnetum*. Потім, ймовірно є перехід до асоціацій *Carici acutiformis-Alnetum* Scamoni 1935, *Carici elongatae-Alnetum glutinosae* Schwickerath 1933, *Calamagrostio canescenti-Alnetum glutinosae* Mikoška 1956 та *Carici elatae-Alnetum glutinosae* Franz 1990. Через 100–150 років можливим є перехід до стійкого угру-

Найбільші площі займають молоді похідні ліси класу *Robinietaea*. Це різні варіанти асоціації *Salicetum capreae*: *Salicetum capreae* var *Betula pendula*, *Salicetum capreae* var *Populus tremula*, *Salicetum capreae* var *tyricum*. Деревостан формують береза повисла, осика звичайна та верба козяча. Їхній вік коливається від одного до 10 років. У районі понижень (міжвалових депресій) та вздовж каналу, зустрічаються верболізи класу *Franguletea*. Це зарості верби попелястої, що формують асоціацію *Salicetum pentandro-cinereae*.

Деревно-чагарникові угруповання займають близько 80% території (13,6 га). Решта території (3,4 га) є ґрунтовими дорогами та злаковниками перелогів. Серед дерев переважають береза повисла, осика звичайна, липа серцелиста, вільха чорна та дуб звичайний. Більшість дерев є підростом. На другому місці за чисельністю є ювенільні особини. Молоді генеративні особини дерев зустрічаються не часто. В основному, це осики віком старші за 10 років (табл. 1).

Представники чагарників зосереджені переважно в східній частині досліджуваної території. Вони локалізовані в районі понижень із високими показниками зволоження. За межами цієї території, зрідка зустрічається типовий чагарник похідних лісів – верба козяча та крушина ламка. Західна частина переважно чагарникова. Тут зустрічаються верба попеляста, верба ламка, ліщина звичайна, а також верба козяча та крушина ламка (табл. 2).

Загальна надземна фітомаса продуцентів досліджуваної території складає 258±50 т. Із неї на дерева та кущі припадає біля 204±50 т. Фітомаса деревини та чагарників із такими віковими та характеристиками та бонітетом, має низьку господарчу чи рекреаційну цінність. Однак, вони цінні, як джерело екосистемних послуг.

За умов збереження рівня антропогенного тиску, на цій території буде продовжуватися відновлення лісової рослинності за сценарієм автогенної сукцесії. На помірно зволжених ділянках відбудеться повний перехід до різних варіантів асоціації *Salicetum capreae*. Цей перехід триватиме до 15–20 років. За цей час сформуються низько бонітетні березові та березово-осикові ліси. Через 50–70 років почнеться випадання основних порід із заміною їх на липу та дуб. Відбудеться перехід до дубово-липових лісів асоціації *Tilio cordatae-Carpinetum* Tracz 1962 класу *Carpino-Fagetea sylvaticae* Jakucs ex Passarge 1968. В деяких місцях локально утворюються асоціації *Galeobdolini luteae-Carpinetum*, *Melampyro nemorosi-Carpinetum* та *Stellario holosteae-Carpinetum*. Через 150–250 років на вирівняних помірно зволжених ділянках усі ці асоціації трансформуються в дубові ліси асоціації *Stellario holosteae-Carpinetum*.

повання заплавлених дібров *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae* Lohm 1957.

Під час самовідновлення рослинності на цій території об'єм екосистемних послуг зростає відповідно до функції натурального логарифма за формулою:

$$E_s = a + b \ln t$$

де E_s – сума екосистемних послуг, a – первинний рівень суми екосистемних послуг, b – темп наближення рівня екосистемних послуг до максимуму, для клімаксічних екосистем, t – час із моменту початку самовідновлення.

Максимальний приріст суми екосистемних послуг відбуватиметься перші 50–70 років. Він досягне на цей час близько 7 млн. грн. на гектар. Після цього темп їхнього приросту сповільниться і досягне свого максимуму через 250–450 років. Якщо цю ділянку експлуатувати, як сільськогосподарське угіддя, наприклад, для вирощування зернових, то чистий дохід від одного гектара буде біля 3100 грн. Доходи від отримання ділової деревини будуть одноразовими, і зростатимуть із часом поки лісове насадження не стане перестійним. Для порівняння на 70 рік від висадки сосни звичайної із одного гектара можна буде отримати 6480 грн. чистого прибутку.

Дискусія. Завідувач кафедри ботаніки Ліверпульського університету та ініціатор запровадження нових ідей у відновлюваній екології Ентоні Бредшоу наводить такий приклад [7]. Він розглядає відновлення рослинності на відходах каолінової глини, які є близькими до досліджуваної нами ситуації. Він пише, що тут природне відновлення рослинності, відбувається дуже повільно, і попередні спроби штучно відновити рослинність, були невдалими. Проте, через природу екосистем, все це пов'язано з однією головною проблемою – нестачею поживних речовин для рослин, особливо азоту, – яку можна просто й економічно подолати за допомогою поєднання хімічних і біологічних методів [5]. Може здатися, що всі випадки унікальні, і для забезпечення успіху завжди будуть потрібні складні рішення.

Це правда, що для швидкого досягнення детальних кінцевих точок, можуть знадобитися значні маніпуляції, але дослідження різних місць показує, що саме тоді, коли належне екологічне розуміння поєднується з відповідною технологією, ефективні та самопідтримувані кінцеві продукти, виробляються економічно.

З одного боку, дійсно на самих відвалах відходів видобування каоліну, процес відновлення досить повільний [9]. Однак, ми спостерігаємо на вирівняних ділянках, де ці субстрати змішуються із піском і залишком ґрунту, досить швидке формування лісової рослинності [5].

Разом із тим, існує соціальна проблема, яка заважає робити вибір із пріоритетом отримання саме екосистемних послуг. Власник земельної ділянки, або громада, набагато легше можуть уявити прямий дохід від продажу зерна чи деревини. Численні екосистемні послуги сприймаються ними як даність. Так, ніби, ми їх отримуємо нізвідки і ніщо на їхню кількість та якість не впливає. Повітря яким ми дихаємо, мікроклімат в якому живемо, і наповненість водою річок, здаються нам вічними і безкоштовними. Через це, ми перестаємо їх цінувати і як результат – втрачаємо.

Головні висновки. Прогноз автогенної сукцесії для досліджуваної території, вказує на те, що тут спочатку сформується асоціація *Salicetum capreae*, яка поступово заміниться на широколистяні ліси асоціації *Tilio cordatae-Carpinetum*. Такий перехід відбудеться між 50 і 70 роками самовідновлення. На більш вологих ділянках через 15–20 років відбудеться перехід від верболозів асоціації *Salicetum pentandro-cinereae* до вільхових лісів асоціації *Ribeso nigri-Alnetum*.

Через 70 років після початку самовідновлення, обсяг екосистемних послуг, які надає ця ділянка, досягне 7 млн. грн. на га в рік. Вирощування зернових даватиме 3100, а ділової деревини – 6480 грн. за м³ у рік.

Під час самовідновлення рослинності, на цій території, об'єм екосистемних послуг зростає, відповідно до функції натурального логарифма.

Література

1. Варуха А. Огляд підходів з оцінки екосистемних послуг через призму їхнього застосування для визначення збитків, завданих військовими діями рф на території України / за заг. ред. О. Кравченко. Львів: Компанія "Манускрипт", 2022. 56 с.
2. Василюк О., Варуха А., Куземко А., Мойсієнко І., Коломицев Г. та ін. Екосистемний добробут: методика обрахунку екосистемних Е45 послуг непрямими методами. Чернівці: Друк Арт, 2023. 184 с.
3. Державна служба статистики України. Головне управління статистики в Хмельницькій області. URL: <https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/index.htm> (дата звернення: 20.09.2024).
4. Серединська В.М., Загородна О.М., Федорович Р.В. Економічний аналіз: навч. посіб. / за ред. Р.В. Федорович. Тернопіль: Астон, 2010. 624 с.
5. Хом'як І. В. Синтаксономія відновлюваної рослинності кар'єрів Центрального Полісся. *Український ботанічний журнал*. 2022. № 79(3). С. 142-153.
6. Якубенко Б. С., Попович С. Ю., Устименко П. М. Геоботаніка: Підручник. 2-ге вид. К.: Видавництво Ліра-К, 2019. 348 с.
7. Bradshaw A. D. Ecological principles and land reclamation practice. *Landscape planning*. 1984. Vol. 1. № 11. P. 35-48.
8. Gerwing T. G., Hawkes V. C., Gann G. D. & Murphy S. D. Restoration, reclamation, and rehabilitation: on the need for, and positing a definition of, ecological reclamation. *Restoration Ecology*. 2022. Vol. 7. № 30. P. 34-61.

9. Khomiak I. V., Onyshchuk I. P., Vakerych M. M., Hasynets Y. S. & other. Change in the general aboveground phytomass as a basis for modeling dynamics of recovery of vegetative cover. *Biosystems Diversity*. 2024. Vol. 2. № 32. P. 225-232.
10. Khomiak I., Harbar O., Kostiuk V., Demchuk N. & other. Synphytoindication models of the anthropogenic transformation of ecosystems. *Natura Croatica: Periodicum Musei Historiae Naturalis Croatici*. 2024. Vol. 1. № 33. P. 65-77.
11. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB. *TEEB*. 2010. URL <https://teebweb.org/publications/teebfor/synthesis/> (дата звернення: 10.09.2024).