

УДК 630.18:632.15:634.0232:582.435.8

## **РОЛЬ ЛІСУ (ЗЛН) В ЕКОЛОГІЧНІЙ СТАБІЛІЗАЦІЇ СТАНУ АГРОЛАНДШАФТІВ**

*Удод В.М., д-р біол. наук, професор,  
С.М. Абу Діб, аспірантка  
(Київський національний університет  
будівництва і архітектури)*

*В роботі показана роль захисних лісових насаджень в екологічній стабілізації стану агроландшафтів. З цією метою запропоновані біосферопокращуючі підходи щодо використання ЗЛН на агроландшафтах: визначені функції лінійного програмування, які покладені в основу інформаційних технологій методики екологічного контролю стану агроландшафту; запропоновано системний підхід вивчення впливу ЗЛН на агроландшафти; на пріоритетному рівні створені методики визначення узагальнених екологічних параметрів, які поряд з природними можливостями екологічних факторів характеризують ефективність еколого-стабілізуючої функції ЗЛН.*

*В работе показана роль защитных лесных насаждений (ЗЛН) в экологической стабилизации состояния агроландшафтов. С этой целью предложены биосферополучающие подходы при использовании ЗЛН на агроландшафтах: определены функции линейного программирования, которые стали основой для информационной технологии методики экологического контроля состояния агроландшафта; предложен системный подход изучения влияния ЗЛН на агроландшафт; на приоритетном созданы методики определения экологических параметров, которые наряду с природными возможностями экологических факторов характеризуют эффективность эколого-стабилизирующей функции ЗЛН.*

*It is shown the role of protective forest plantations in the ecological stabilization of agricultural landscapes. For this purpose was suggested approaches that improve the biosphere with the use of protective forest plantations in agricultural landscapes: was defined functions of linear programming, that based on information technologies methods of ecological control of agricultural landscapes; was proposed a systematic approach to study the influence of protective forest plantations on agricultural landscapes; on the priority level was created methods of identifying generalized environmental parameters, that along with the natural*

© Удод В.М., проф., С.М. Абу Діб, 2011

*features of environmental factors describing the efficiency of ecological-stabilizing function of protective forest plantations.*

Початок ХХІ століття характеризується інтенсивним негативним впливом на навколишнє середовище, який проявився розширенням (в межах біосфери) техносфери [1, 2]. Головною причиною глобальних проблем стану екосистем є технократична концепція у взаємовідносинах людини і природи. Наслідком такого ставлення до природи є порушення гомеостатичності розвитку біосфери, першоосновою чого є:

- неузгодженість господарської діяльності людини з основними принципами і законами загальної екології;
- темпи і спрямованість розвитку природних систем та дія антропогенних факторів не завжди співпадають між собою;
- соціально-економічні процеси в природно-штучних екосистемах зумовлюються невідповідними природі закономірностями.

В першу чергу це стосується автотрофного блоку біосфери, який забезпечує існування природних систем. Щодо України, то 68% її території – зона інтенсивного впливу техногенних чинників [3], де констатується екологічно небезпечний розвиток природно-техногенних систем (ПТС), що проявляється якісним та кількісним виснаженням складових біосфери, скороченням біологічного і ландшафтного різноманіття, ризиком техногенних уражень [1, 4] тощо.

Одним із сучасних дієвих заходів попередження виникнення екологічної кризи на локальному, регіональному та глобальному рівнях є впровадження в природокористування біосферопідтримуючих та біосферопокращуючих технологій [2, 5]. Інтегральним фактором вирішення цих проблем є стан живих організмів, тому що вони відіграють середовищеутворюючу та регулюючу функції в ПТС. Завдяки живим організмам підтримуються процеси самовідновлення і саморегуляції екосистем і тому вони є потенційним гарантом існування біосфери. До новітніх природоохоронних біотехнологій можна віднести формування національних екологічних мереж [4, 5, 6], які створюють сприятливі умови для існування живих організмів з різним рівнем техногенного навантаження. Саме за таких умов в структурних елементах біоценозів прискорюються процеси

## *Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності*

---

виникнення пристосувально-адаптивних механізмів до дії антропогенних факторів, що сприяє збереженню біорізноманіття. В екомережах забезпечується взаємозумовлена цілісність біо- та екосистем, що сприяє відновленню генетичної, функціональної, екологічної їх нерозривності.

В матеріалах Законів України стосовно формування екологічних мереж [5, 6] запропоновано переорієнтування ведення лісового господарства на всіх рівнях лісорозведення відповідно даних законодавчих вимог. Серед лісових насаджень найбільш точно відповідають складовим екомереж захисні лісові насадження (ЗЛН), які постійно знаходяться в зоні дії екологічних та антропогенних факторів (агроландшафти).

В зв'язку з тим, що ліс є явищем біологічним і фізико-географічним, забезпечення ним екологічної стабілізації стану ландшафтів розглядається як актуальна тема для вирішення проблем захисту довкілля від впливу техногенних факторів [7].

ЗЛН характеризуються складною структурно-функціональною організацією, взаємопов'язаністю всіх природних факторів, що дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля, створити лісомеліоративний ефект на певній території, підвищити продуктивність с/г культур на агроландшафтах. ЗЛН характеризуються такими екологічними властивостями: середовищеутворюючими та екологостабілізуючими, кліматорегулюючими, водоохоронними та водорегулюючими, ґрунтозахисними, санітарно-захисними, рекреаційними, покращенням екологічної ситуації на прикордонних територіях [8]. Можна передбачити, що екологічно-функціональне значення ЗЛН на порядок вище їх економічного значення як джерела сировини.

Таким чином, сучасні ЗЛН виконують такі функції: екологостабілізуючу (забезпечення гомеостатичності розвитку наземних екосистем – агроландшафтів), захисну (всіх складових біосфери), соціальну (санітарно-гігієнічну, рекреаційну), споживацьку (як джерела деревини).

Для досягнення ефективної екологостабілізуючої ролі необхідно реалізувати на практиці біосферний напрямок розвитку ЗЛН, який включає: сучасні конструкції організації ЗЛН; сучасні форми лісорозведення та лісовідновлення; перспективні шляхи оптимізації використання ЗЛН з урахуванням сумісної

дії природних та антропогенних факторів; новітні підходи в розробці та впровадженні інформаційних методів екологічного контролю за станом ЗЛН та їх впливом на агроландшафти.

Для вивчення ролі ЗЛН в екологічній стабілізації стану агроландшафтів нами обрано Богуславське агролісництво Київської області, яке відноситься до Білоцерківсько-Богуславської зони [9]. Назване лісництво потенційно може бути частиною при формуванні екомереж у даному напрямку Київського регіону. Попередня екологічна оцінка [10] діяльності агролісництва дозволила зробити такі висновки: в діяльності агролісництва присутні ознаки сучасного лісорозведення та лісовідновлення; ЗЛН виконують свої основні протиерозійні функції; серед незначних недоліків експлуатації ЗЛН слід визначити лише невідповідність площ деяких вікових груп деревостанів (пристигаючі стадії росту твердолистяних порід дерев з нормативними вимогами).

В статті викладені результати науково-дослідницьких робіт, які характеризують екологостабілізуючі функції ЗЛН по відношенню до даних агроландшафтів Богуславського агролісництва.

Методологічною основою досліджень природно-штучних систем є системний підхід, який передбачає виконання таких послідовних етапів: довгострокові динамічні дослідження; встановлення наукових закономірностей досліджуваних процесів; здійснення кореляційного аналізу взаємного впливу екологічних факторів на стан агроландшафтів; знаходження функції лінійного програмування; моделювання.

Дослідження дозволили нам констатувати, що продукування кисню, поглинання вуглекислого газу, затримання пилу та сажі мають найбільші коефіцієнти кореляції в процесі вивчення динаміки їх змін. Отримані результати за певний календарний період дозволили нам зробити висновок, що взаємна залежність між даними екологічними факторами може здійснюватися лінійними функціями.

В досліді використана базова методика [10, 11] визначення екологічних факторів та знаходження функції лінійного програмування. Але, враховуючи структурно-функціональні особливості ЗЛН, нами на пріоритетному рівні внесені доповнення в структурну схему лінійного програмування еколого-стабілі-

**Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності**

зуючих функцій ЗЛН стосовно площі агроландшафту. Попередньо були визначені екологічні фактори та розраховані їх параметри в різних умовах лісокористування, визначений допустимий знижений обсяг продукування кисню, допустимий знижений обсяг поглинання вуглекислого газу, допустимий знижений обсяг затримання пилу та сажі. Наші доповнення в схему – відношення площі ЗЛН до дробу вищезазначених екологічних факторів (з урахуванням розміру лісокористування на 1 га вкритих лісами (ЗЛН) агролісництва; інтегрального індексу екологічної відповідності екологічних функцій ЗЛН природному стану агроландшафтів та інше) (табл. 1).

**Таблиця 1 — Основні позначення та кількісні показники екологічних факторів, що використовуються в дослідях**

Екологічні Фактори \ Групи деревостанів	Твердо-листяні породи	М'яко-листяні породи	Хвойні породи	Змішані породи (природне лісовідновлення)
1	2	3	4	5
Обсяг кисню, що продукується 1 га лісу, для різних порід деревостанів, м <sup>3</sup>	$q_{11}$ 18194	$q_{12}$ 19594	$q_{13}$ 21110	$q_{14}$ 13995
Обсяг вуглекислого газу, що поглинається 1 га лісу для різних порід деревостанів, м <sup>3</sup>	$q_{21}$ 18231	$q_{22}$ 19635	$q_{23}$ 21154	$q_{24}$ 14024
Обсяг пилу та сажі, що затримується 1 га лісу для різних порід деревостанів, м <sup>3</sup>	$q_{31}$ 19483	$q_{32}$ 17012	$q_{33}$ 21333	$q_{34}$ 18488
Площа лісу на агроландшафті, яка зайнята окремими групами деревостанів, га	$S_1$ 1339	$S_1$ 1142	$S_1$ 915	$S_1$ 497
Макс. можливий обсяг кисню, що продукується окремими групами деревостанів на певній площі ЗЛН агроландшафту, м <sup>3</sup>	$q_{11}S_1$ 24361766	$q_{12}S_2$ 22376334	$q_{13}S_3$ 19315650	$q_{14}S_4$ 6955515
Макс. можливий обсяг вуглекислого газу, що поглинається окремими породами деревостанів ЗЛН агроландшафту, м <sup>3</sup>	$q_{21}S_1$ 24411309	$q_{22}S_2$ 22423170	$q_{23}S_3$ 19355910	$q_{24}S_4$ 6969928

**Екологічна безпека та природокористування**

Групи деревостанів	Твердо- листяні породи	М'яко- листяні породи	Хвойні породи	Змішані породи (природне лісовіднов- лення)
Екологічні Фактори	2	3	4	5
1	2	3	4	5
Макс. можливий обсяг пилу і сажі, що затримується окремими групами деревостанів на певній площі ЗЛН агроландшафту, м <sup>3</sup>	$q_{31}S_1$ 26087737	$q_{32}S_2$ 19427704	$q_{33}S_3$ 19519695	$q_{34}S_4$ 9188536
Загальна площа агролісництва, га	$S_a=4065$			
Площа, яка сукупно зайнята лісами в ЗЛН, га	$S_{злн}=3893$			
Сукупний тах можливий обсяг кисню, що продукується на всій площі ЗЛН, м <sup>3</sup>	$V_{зар.O_2} = \sum_{j=1}^4 q_{11} S_1 + q_{12} S_2 + q_{13} S_3 + q_{14} S_4$ $S_4=73009265$			
Сукупний тах можливий обсяг вуглекислого газу, що поглинається на всій площі ЗЛН, м <sub>3</sub>	$V_{зар.CO_2} = \sum_{j=1}^4 q_{21} S_1 + q_{22} S_2 + q_{23} S_3 + q_{24} S_4$ $S_4=66387317$			
Сукупний тах можливий обсяг пилу і сажі, що затримується на всій площі ЗЛН, м <sup>3</sup>	$V_{зар.ПС} = \sum_{j=1}^4 q_{11} S_1 + q_{32} S_2 + q_{33} S_3 + q_{34} S_4$ $S_4=74223672$			
Середній розмір лісокористування на 1 га вкритих лісами (ЗЛН) агролісництва, м <sup>3</sup>	$a_1=2,4$			
Допустимий знижений обсяг продукування кисню ЗЛН в процесі лісокористування, м <sup>3</sup>	$b_1=pV_{зар.O_2}$ , де $0<p<1$ (в даних дослідях $p=0,9$ ) $b_1=65708338$			
Допустимий знижений обсяг поглинання вуглекислого газу ЗЛН в процесі лісокористування, м <sup>3</sup>	$b_2=fV_{зар.CO_2}$ , де $0<f<1$ (в даних дослідях $f=0,9$ ) $b_2=59748585$			
Допустимий знижений обсяг затримання пилу і сажі ЗЛН в процесі лісокористування, м <sup>3</sup>	$b_3=hV_{зар.пс}$ , де $0<h<1$ (в даних дослідях $h=0,9$ ) $b_3=66801305$			

## Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

Групи деревостанів	Твердо- листяні породи	М'яко- листяні породи	Хвойні породи	Змішані породи (природне лісовіднов- лення)
Екологічні Фактори	1	2	3	4
Відношення загального обсягу кисню, що продукується на площі ЗЛН; загального обсягу вуглекислого газу, що поглинається на площі ЗЛН; загальний обсяг пилу і сажі, що затримується на площі ЗЛН до середнього розміру лісокористування на 1 га площі ЗЛН	$V_{\text{сук. O}_2, \text{CO}_2, \text{ПС}} = \sum_{j=1}^4 q_{11} + q_{12} + q_{13} + q_{14} / a_1 + q_{21} + q_{22} + q_{23} + q_{24} / a_1 + q_{31} + q_{32} + q_{33} + q_{34} / a_1 = 92606 (30371 + 30436 + 31799)$			
Відношення площі ЗЛН ( $S_{\text{ЗЛН}}$ ) до математичного дробу $S_{\text{ЗЛН}}/\text{сукупний } V_{\text{сук. O}_2, \text{CO}_2, \text{ПС}}$	$X_1 = S_{\text{ЗЛН}}/30371 = 0,13$ $X_2 = S_{\text{ЗЛН}}/30436 = 0,13$ $X_3 = S_{\text{ЗЛН}}/31799 = 0,12$			

Аналіз даних науково-технічної літератури показує, що відсутні кількісні характеристики еколого-стабілізуючої ролі ЗЛН для агроландшафтів, коли враховуються в динаміці зміни екологічних факторів (продукування кисню, поглинання вуглекислого газу, затримання пилу та сажі) у взаємозв'язку з природними умовами України та комплексними екологічними показниками, які показують еколого-функціональну роль ЗЛН. Внаслідок довгострокових досліджень нами запропоновано комплексні екологічні показники, які в сукупності з кількісним визначенням екологічних факторів розкривають в повній мірі функціональне значення ЗЛН для агроландшафтів (табл. 2). Таким чином еколого-стабілізуюча роль ЗЛН залежить від:

- дотримання сучасних технологій лісокористування і лісовідновлення (інженерні конструкції ЗЛН, дотримання нормативних вимог щодо їх експлуатації);
- підтримання коефіцієнта ефективної реалізації протиерозійних заходів в межах, наведених в табл. 2 (напрямок діяльності Богуславського агролісництва);
- запропоновано комплексний індекс екологічної відповідності стану агроландшафта природним умовам.

Таблиця 2 — Основні узагальнені екологічні параметри, які обумовлюють еколого-функціональні властивості ЗЛН

Параметри	Вихідні дані	Спосіб визначення	Кількісна характеристика
1	2	3	4
Коефіцієнт природних умов України, $K_1$	Забезпечення орними землями, зміни атмосферного тиску, сейсмічний стан, властивості сонячної радіації, величина атмосферних опадів, температурний режим, $e$	Відповідно [3]	3,5
Коефіцієнт нормативної відповідності площі ЗЛН до площі агроландшафту, $K_2$	$S$ — площа агролісництва $S_{\text{заг}}$ — площа ЗЛН	$K_2 = S_{\text{ЗЛН}} / S_{\text{агрол.}}$	0,84 $0 < 0,84 < 1$
Коефіцієнт ефективності реалізації протиерозійних заходів, $K_3$	$e_f$ — фактична ерозія $e_n$ — потенційна ерозія	$K_3 = e_f / e_n$	0,31 $0,1 < 0,31 < 1$ $0 < 0,9 < 1$
Індекс екологічної відповідності екологічних функцій ЗЛН природному стану агроландшафту, $I_{e.v.}$	$K_1$ — природні умови України $K_2$ — коефіцієнт ефективності реалізації протиерозійних заходів $K_3$ — коефіцієнт нормативної відповідності ЗЛН до площі агроландшафту	$I_{e.v.} = \sum_{i=1}^3 K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$	0,9 $0 < 0,9 < 1$

На наш погляд, також можуть бути використані критерії [15], які характеризують стан лісокористування на агроландшафтах при різних екологічних ситуаціях (табл. 3).

Основними результатами стали визначення кількісних параметрів екологічних факторів, які обумовлюють екологічні властивості ЗЛН у відношенні до даного агроландшафту. Екологічний ефект дії факторів не знижується нижче рівня 90% максимального (для даного рівня лісокористування).



Таблиця 3 — Оцінка деградації агроландшафтів [12]

Показники \ Параметри	Екологічне лихо	Надзвичайна екологічна ситуація	Відносно задовільна ситуація
1	2	3	4
Швидкість деградації агроландшафтів, % площі за рік	>4	2–4	<0,5
Швидкість збільшення площі еродованих ґрунтів, % площі за рік	>5	2–5	<0,5
Лісистість (ЗЛН) на агроландшафтах, % оптимальної площі	<10	<30	>90
Швидкість зменшення річної продукції рослинності ЗЛН, % за рік	>7,5	3,5–7,5	<1
Стан деревостанів як індикатор екологічного стану агроландшафту – зміна площі ЗЛН, яка зайнята нормативними групами дерев, % загальної площі ЗЛН	<5	<30	<80
Техногенне ураження деревостанів, % загальної площі ЗЛН	>50	30–50	<5
Захворюваність деревостанів, %	>50	30–50	<10

Нами сформульована лінійна функція еколог-стабілізуючого ефекту ЗЛН у відношенні до агроландшафту таким чином:

$$E_{ст.} = \sum_{i=1}^3 (C_1 \cdot C_2 \cdot C_3) \cdot y,$$

де  $E_{ст.}$  – еколого-стабілізуючий ефект дії ЗЛН;  $C_1, C_2, C_3$  – див. табл. 1;  $y$  – індекс екологічної відповідності функціональних властивостей ЗЛН природного стану агроландшафту (табл. 2).

Отримані результати змін екологічних факторів на агроландшафтах (еколого-економічна система) дозволить констатувати, що у відповідь на зовнішній вплив відкритої системи оптимізують екологічне становище середовища і тому вони діють в рамках принципу Ле-Шательє-Брауна.

У подальшій роботі планується реалізація даних для створення математичної моделі на ЕОМ не тільки для одного календарного періоду, а за декілька періодів.

Таблиця 4 — Кількісні параметри екологічних факторів, які зумовлені еколого-стабілізучими властивостями ЗЛН

Групи деревостанів Екологічні Фактори	Твердолистяні і породи	М'яколистяні породи	Хвойні породи	Змішані породи (природне відновлення)	Кількісний показник дії екологічних факторів
Продуктування кисню 1 га лісу ЗЛН з урахуванням втрат продуктування кисню в процесі лісокористування ( $a_1$ ), м <sup>3</sup>	18194:2,4* = 7581	19594:2,4* = 8164	21110:2,4* = 8796	13995:2,4* = 5133	73009265 – 65708339 = 7300926
Поглинання вуглекислого газу 1 га лісу ЗЛН з урахуванням втрат поглинання вуглекислого газу в процесі лісокористування ( $a_1$ ), м <sup>3</sup>	18231:2,4* = 7596	19635:2,4* = 8182	21154:2,4* = 8814	14024:2,4* = 5844	66387317 – 59748585 = 6638732
Затримання пилу та сажі 1 га лісу ЗЛН з урахуванням втрат затримання пилу і сажі в процесі лісокористування ( $a_1$ ), м <sup>3</sup>	19483:2,4* = 8120	17012:2,4* = 7088	21333:2,4* = 8889	18480:2,4* = 7703	74223672 – 66801305 = 7422367

\* - з урахуванням середнього розміру 1 га лісу в процесі лісокористування

Ø - екологічний ефект дії факторів не повинен знизитись нижче рівня 90% тах можливого (з урахуванням основних узгальнених екологічних параметрів).

### **Висновки**

1. Запропоновано біосферопокращуючі підходи застосування ЗЛН на території Богуславського агролісництва.
2. Кількісно визначені основні екологічні фактори, які забезпечують еколого-стабілізуючу функцію ЗЛН.
3. Для характеристики стану агроландшафту вперше запропоновані комплексні екологічні коефіцієнти (показники): нормативна відповідність ЗЛН площі агроландшафту; коефіцієнт ефективності протиерозійних заходів; індекс екологічної відповідності еколого-стабілізуючої ролі ЗЛН природному стану агроландшафту.
4. Встановлено, що за один календарний рік між екологічними факторами (продукування кисню, поглинання вуглекислого газу, затримання пилу та сажі) є лише кореляційна залежність, яка дозволяє на своїй основі (саме за календарний рік) використати лінійну функцію з використанням екологічних факторів та комплексних екологічних нормативів (саме максимум функції).
5. Встановлено, що захисні лісові насадження з отриманням протиерозійної дії найбільш ефективні в умовах існування еколого-економічних систем.
6. Показано, що екологічно безпечне функціонування, за результатами науково-дослідних робіт, стану агроландшафту підпорядковується принципу Ле-Шательє-Брауна.
7. Встановлено, що лісорозведення та лісовідновлення Богуславського агролісництва забезпечує біологічну стійкість автотрофного блоку агроландшафту.
8. Екологічний контроль за станом ЗЛН і агроландшафту дозволить оптимізувати експлуатацію ЗЛН та стан агроландшафту.

\* \* \*

1. Техноекологія / В.М. Удод, В.В. Трофімович, О.С. Волошкіна, О.М. Трофимчук. – К.: РВВ КНУБА ІТГПІ НАН України, 2007. – 195 с.

2. Удод В.М. Трансформація складових біосфери в процесі природокористування / В.М.Удод // Екологічна безпека та природокористування. – 2009. – В. 3. – С. 109–114.

3. Залеський І.І. Екологія людини / І.І. Залеський, М.О. Клименко. — К.: ВЦ «Академія», 2005. — 287 с.
4. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2006 р. — К.: Мінприрода, 2007. — 276 с.
5. Закон України «Про загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000—2015 роки». № 1989 від 21 вересня 2000 р. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2000, № 47, ст. 405.
6. Закон України «Про екологічну мережу України». № 1864-IV від 24 червня 2004 р. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2004, № 45, ст.502.
7. Батлук В.А. Основи екології / В.А. Батлук. — К.: Знання, 2007. — 519 с.
8. Абу Діб С.М. Роль лісу в екологічній стабілізації агроландшафтів / С.М. Абу Діб // Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Сучасні екологічно безпечні та енергозберігаючі технології в природокористуванні». — К.: РВВ КНУБА, 2011, частина 2, — С. 120—123.
9. Руденко В.П. Природно-ресурсний потенціал природних ресурсів України / В.П. Руденко, В.Я. Вацеба, Т.В. Соловей. — Чернівці: Рута, 2001. — 268 с.
10. Коваль Я.В. Економічна оцінка лісових ресурсів: методологія, методика, практика / Я.В. Коваль. — К.: РВПС НАН України, 1998. — 44 с.
11. Дворянина Н.С. Лісові ресурси західного регіону України, їхній стан та перспективи використання / Н.С. Дворянина. — К.: ДОД Ради по вивченню продуктивних сил України НАНУ, 2005. — 114 с.
12. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и природопользование в России / В.Ф. Протасов, А.В. Молчанов. — М.: Финансы и статистика, 1995. — 528 с.

**Отримано: 10.07.2011 р.**