

DOI: 10.18523/2617-4529.2025.8.70-80
УДК 504.05:502/504

Дідух Я. П.¹, Мойсієнко І. І.^{1,2}, Кравченко О. В.³,
Муленко М. А.⁴, Полянська К. А.³, Чусова О. О.¹, Гетьман П. А.¹

¹ Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, Київ, Україна

² Херсонський державний університет, Херсон, Україна

³ Міжнародна благодійна організація «Екологія-Право-Людина» (МБО ЕПЛ), Київ, Україна

⁴ Національний заповідник «Хортиця», Запоріжжя, Україна

ПОЧАТКОВІ ЕТАПИ ФОРМУВАННЯ ЗАПЛАВНИХ ЛІСІВ ДНИЩА КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ТА ПРОГНОЗ ЇХНЬОГО РОЗВИТКУ

Дослідження осушеного днища Каховського водосховища у 2023–2024 рр. засвідчили швидке зростання *Salix rubens* Schrank, а у 2024 р. – *Populus alba* L. та *P. nigra* L. Встановлено, що середні показники кількості пагонів верби на кінець сезону 2023 р. становили 23 шт./м², у 2024 р. – 10,3 шт./м², а середня висота збільшилася зі 190 до 350 см. Співвідношення фітомаси стовбурів, гілок, листя та коренів на першому році розвитку становило 0,45:0,16:0,18:0,2. Розраховано показники наростання фітомаси дерев через 10, 20 та 50 років, їхні енергетичні запаси та функціональні (підтримувальні та регульовальні) екосистемні послуги в монетарному еквіваленті, що становлять відповідно 825, 1338 та 1523 у. о., за умови, що ліси займають 30 % площі від днища водосховища. Висвітлено екологічну роль заплавних тополево-вербових біотопів, що мають високе водорегульовальне, ґрунтотвірне, ремедіаційне значення, є оселищами великої кількості орніто- та ентомофауни. Ці біотопи охороняються на європейському рівні, а в Україні становлять 0,1 % площі лісів. порушено питання про недоцільність відновлення Каховського водосховища й необхідність ухвалення виваженого рішення з урахуванням економічного значення екологічної та історико-культурної цінності.

Ключові слова: Каховське водосховище, екоцид, тополево-вербові біотопи, заплава, екосистемні послуги.

Вступ

Російсько-українська війна завдала величезних збитків не тільки суспільству, економіці, але й природі. Важливим завданням науковців є розроблення методики як оцінювання таких збитків, так і відновлення екосистем до стабільного стану, прогнозування можливих негативних наслідків для їх мінімізації. Одним із найбільших екологічних злочинів був підрив Каховської гідроелектростанції (далі – Каховська ГЕС), що забезпечувала енергетичні потреби, функціонування Запорізької атомної електростанції, зрошення сільськогосподарських угідь, судноплавство. Руїнація спричинила, з одного боку, осушення

водосховища, а з іншого – затоплення південніших регіонів.

Згодом постало питання про відновлення водосховища. Уряд ухвалив відповідне рішення (Постанова КМ України № 326 від 20 березня 2022 р. «Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації» [1]). Акцент було зроблено саме на відновлення, інші варіанти не розглядали, бо це давало можливість уникнути процедури оцінки впливу на довкілля (ОВД). Проте висловлювалися думки щодо інших проєктів або залишити Дніпро в природному стані, що дасть змогу відродити природу Великого Лугу.

Сьогодні ситуація складається так, що в найближчій перспективі відновлення неможливе, бо Лівобережжя залишається окупованим, правий берег обстрілюється. Тож на цій території розпочались природні процеси формування заплавних екосистем, і прогнозування їхнього розвитку є дуже важливим. Таке прогнозування ґрунтується на двох підходах: по-перше, на уявленні (вченні) про сукцесії рослинного покриву, які відображають напрямок розвитку, а по-друге – на термодинамічних підходах, які дають змогу оцінити зміну природних компонентів у кількісних показниках. Одним із ключових показників такого оцінювання є енергія, яку Ю. Одум [2] влучно назвав «екологічною валютою». Енергія як мірило зміни організації екосистем характеризується тим, що є одиниці її виміру, обрахунку, відомі співвідношення між показниками біомаси, вуглецю (гумусу), дихання, фотосинтезу тощо. На основі енергетичних показників можлива оцінка процесів кругообігу речовин, елементів, трофічних ланцюгів (живлення консументів, редуцентів), відомі закони перерозподілу її на різні рівні організації «піраміди енергії». З наукових позицій важливо оперувати термодинамічними законами, відповідно до яких розвиток рослинних угруповань спрямований на вдосконалення механізмів накопичення (фіксації) енергії, зменшення ентропії через удосконалення адаптивних властивостей видів. Тобто енергетичний потенціал є рушійною силою, яка визначає вектор розвитку екосистем, їхню самоорганізацію [3]. Енергетичні показники, форми їх накопичення та подальша трансформація характеризують відповідь екосистеми на зовнішній вплив або її «внесок» у зовнішнє середовище. Це знайшло втілення в поняттях екосистемних послуг, зокрема підтримувальних і регулювальних, які забезпечують стійкість, функціонування та розвиток екосистем, тобто відображають їхню роль у біосфері. Останнім часом замість енергії використовують показники карбону, що, з одного боку, мають матеріальну, фізичну основу, а з іншого – більшу для сприйняття розмірність ($1 \text{ кг C} = 28,2 \text{ МДж}$).

З огляду на такі теоретичні уявлення й підходи в цій статті ми акцентуємо увагу на оцінюванні показників біомаси та енергії різних стадій розвитку тополево-вербових заростей, які б дали змогу відобразити специфіку та часові зміни фітомаси та енергії в процесі розвитку від початкових стадій до формування заплавних лісових екосистем зрілого типу.

Оцінювання таких екосистемних послуг (навіть попри те, що не враховано ресурсних і соціально-інформаційних послуг) дає змогу

розрахувати екологічну складову значущості заплавних екосистем і на основі їх порівняння ухвалити виважене рішення щодо доцільності відбудови Каховської ГЕС.

Матеріали та методи дослідження

Матеріали для дослідження було отримано під час чотирьох польових виїздів у 2023–2024 рр. на територію Херсонської та Запорізької областей на ділянках днища Каховського водосховища та в межах о. Хортиці, де переважала верба або тополя. Дослідження проводили в період максимуму вегетації в літній та її завершення в осінній час. Три виїзди було здійснено на територію Національного природного парку «Кам'янська Січ»: перший виїзд – через 25 днів після руйнування дамби Каховської ГЕС (30 червня 2023 р.), другий – через 3,5 місяці (19 жовтня 2023 р.), третій – через 10 місяців (11 квітня 2024 р.). Під час перших двох виїздів відновлення вербових біотопів було обстежено на трьох ділянках у межах Національного природного парку «Кам'янська Січ»: 1) балка Кам'янка на схід від дамби (47.004532 N, 33.581613 E); 2) балка Милівська на захід від дамби (47.086039, 33.647000 E); 3) балка Милівська на схід від дамби (47.085281 E, 33.652056 N). Два виїзди (25 квітня та 20 жовтня 2024 р.) було здійснено до північної частини Каховського водосховища – м. Запоріжжя, с. Малокатеринівка (лівий берег) та с. Канівське (правий берег р. Дніпра).

Дослідження охоплювало візуальне оцінювання територій, проведення геоботанічних описів у доступних місцях. На облікових ділянках $4 \times 4 \text{ м}$ проводили підрахунок кількості особин верби та тополі, вимірювали їхні висоту, приріст за минулий та поточний рік, діаметр, підраховували кількість живих і відмерлих гілок. Для підрахунку біомаси відбирали по 10 пагонів верби і тополі середньої висоти, які зрізали на рівні ґрунту. Визначення біомаси проводили в лабораторії Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного, що передбачало відокремлення трьох фракцій (стовбура, гілок, листків) та їхнє зважування у свіжому та висушеному стані. Висушування проводили в термостаті протягом 72 годин за температури 70°C відповідно до методики оцінювання вмісту сухої речовини в листках та питомої щільності стебла [4].

На основі цих даних розраховували показники енергії ($1 \text{ кг C} = 28,2 \text{ МДж}$, або $1 \text{ т CO}_2\text{-екв} = 103,4 \text{ ГДж}$), оцінювали корелятивні зв'язки між показниками та будували прогнозні моделі подальшого розвитку деревостану, накопичення та трансформації їхніх енергетичних запасів, що характеризують функціональні екосистемні послуги.

Результати та їх обговорення

Вербові насадження, що формуються на ділянках Каховського водосховища, представлені переважно гібридом (*Salix*×*rubens* Schrank), що за формою та структурою листових пластинок мають ознаки верби білої (*Salix alba*). Тополя представлена двома видами – *Populus nigra* L. та *P. alba* L.

Заростання водосховища вербою відбувалося швидкими темпами. Через три тижні (30 червня 2023 р.) проростки верб сягали висоти 0,5 см і формували 2–3 перших листочки. Часто проростки розміщувалися у вигляді видовжених смуг, які корелювали з лінією тимчасових урізів води, що відходила. Їхня щільність досягала в середньому 90 ± 20 особин на 1 м^2 , або 900 тис. особин на 1 га. Цю короточасову, практично місячну стадію ми розглядаємо як ювенільну.

Парадоксальною є швидкість приросту верби: за 110 діб у другій половині літа та першій половині осені середній приріст становив 1,7 см за добу, а максимальний – 2,8 см. Висота заростей *Salix*×*rubens* на дні Каховського водосховища відповідає висоті після другого вегетаційного сезону *S. caprea* в Чехії [5]. Швидкому заростанню водосховища, напевно, сприяли достатня кількість вологи для проростання насіння та укорінення рослин, відсутність ранніх конкурентів, добре освітлення та прогрівання субстрату, високий вміст поживних речовин у мулистих відкладах, формування яких відбулось за рахунок родючих чорноземів.

Через 3,5 місяці на тих самих ділянках середня чисельність особин *Salix*×*rubens* зменшилася у 4 рази і становила в середньому 23 ± 6 особин на 1 м^2 , або 230 тис. особин на 1 га. Середня висота вербових заростей була близько 2 метрів (190 ± 5) за максимально заміряної висоти 309 см. Водночас спостерігалось на окремих пагонах галушення, що ідентифікується як імагурна стадія розвитку. Отже, за 3,5 місяці розвиток верби пройшов від проростків до імагурної стадії. На другому році онтогенетичного розвитку рослини *S.*×*rubens* переходять у віргінільну

стадію, коли висота верб у вологих багатих умовах досягла $347,91 \pm 32,05$ см, а на сухих бідних піщаних субстратах лише $208,2 \pm 22,5$ см. Швидкість росту *Populus nigra*, яка зростає на сухих бідних піщаних відкладах, значно менша ($124,9 \pm 11,6$ – $201,4 \pm 16,2$ см). Приріст пагонів деревних видів на другому році вегетації до кінця квітня 2024 р. становив близько третини від минулорічного приросту, що залежить від умов зволоження та багатства субстрату. У процесі росту пагонів спостерігається формування крони. Вже на початку другого вегетаційного сезону кількість бічних гілок збільшується і спостерігається галушення другого порядку. Відбувається відмирання деяких минулорічних гілочок. Крона в таких густих заростях, по суті, має конусоподібну форму. Розвиток *P. nigra* на сухих піщаних відкладах відбувається повільніше, і показники висоти та галушення пагонів нижчі. Детальніші результати цих польових досліджень викладено в попередній статті [6].

Наступний етап досліджень полягав в оцінюванні показників біомаси різних компонентів пагонів і співвідношень між ними. Ми відібрали 31 зразок верби та 10 зразків тополі за візуальними ознаками модельних середнього розміру рослин і провели зважування їхнього стовбура, гілок та листків у природному та сухому стані. За середньої висоти пагонів ($219,30$ см) середня жива вага стовбурів становила $97,62 \pm 70,2$ г, гілок – $33,85 \pm 25,9$ г, листків – $47,1 \pm 39,9$ г, а суха, відповідно, $47,84 \pm 29,47$, $17,17 \pm 13,17$ та $18,53 \pm 13,9$ г. Співвідношення сухої ваги до свіжого стану у *Salix*×*rubens* для стовбурів становить 0,49, гілок – 0,51, листових пластинок – 0,39. Для *P. nigra* ці показники значно нижчі: за середньої висоти пагонів ($124,9 \pm 11,6$ – $201,4 \pm 16,2$ см) жива вага стовбурів становила 71 ± 14 , гілок – $20 \pm 0,6$, листків – $31 \pm 0,9$, а суха – відповідно, $40 \pm 0,8$, $13 \pm 0,4$ та $16 \pm 0,5$ г, тобто коливалася у великих межах. Співвідношення сухої ваги до свіжого стану у *P. nigra* для стовбурів становить 0,55, гілок – 0,65, листків – 0,51 [7].

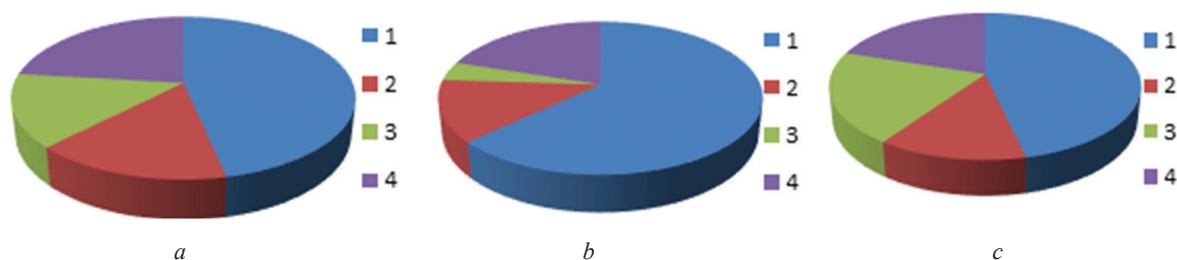


Рис. 1. Співвідношення між показниками біомаси: 1 – стовбур; 2 – гілки; 3 – листки; 4 – коренева система; а – однорічні *Salix*×*rubens*; б – дерева *Salix*×*rubens* у зрілому віці; с – однорічні *Populus nigra*

З урахуванням того, що підземна біомаса становить близько 20 % від загальної [7], ми побудували діаграми розподілу біомас однорічних пагонів верби, тополі, а також дерев верби зрілого віку (рис. 1, *a, b*). Як видно з цих діаграм, біомаса стовбурів однорічних пагонів становить менше ніж половину від загальної (45,8 %), а біомаса гілок, листків та кореневої системи приблизно однакова (16,5; 17,7; 20 %). У процесі розвитку до зрілого віку вага стовбурів досягає 65 %, гілок крони, кореневої системи, листків – 35 % [8] (рис. 1, *b*).

Встановлено лінійну залежність між показниками висоти, біомаси стовбурів, гілок та листків, що має велике значення для моделювання й оцінювання інших показників (рис. 2). Як видно з графіків, між цими показниками спостерігається високий ступінь лінійної залежності за достовірності $R^2 = (0,8-0,9)$. З огляду на це ключовою ознакою є висота пагонів, показники якої,

враховуючи небезпеку і складність отримання матеріалу, можна отримати легше і швидше.

На основі отриманих даних біомаси різних компонентів пагонів легко розрахувати енергетичні показники (у середньому енергоємність сухої фітомаси становить 18,06 кДж/г) [7].

З віком у процесі розвитку деревостану ці співвідношення будуть змінюватися, а кількість дерев на 1 га зменшуватиметься, тому показники енергетичних запасів будуть різнитися. За наведеними даними щодо росту верби в лісостеповій та степовій зонах [9] ми встановили залежність між віком деревостану та їхньою висотою (рис. 3, *a*), а також кількістю дерев на 1 га (рис. 3, *b*), хоча такий графік потребує корекції, бо у віці понад 70 років, коли розвиток дерев переходить у субсенільний період, спостерігається відмирання окремих частин – зниження приросту і запасів фітомаси.

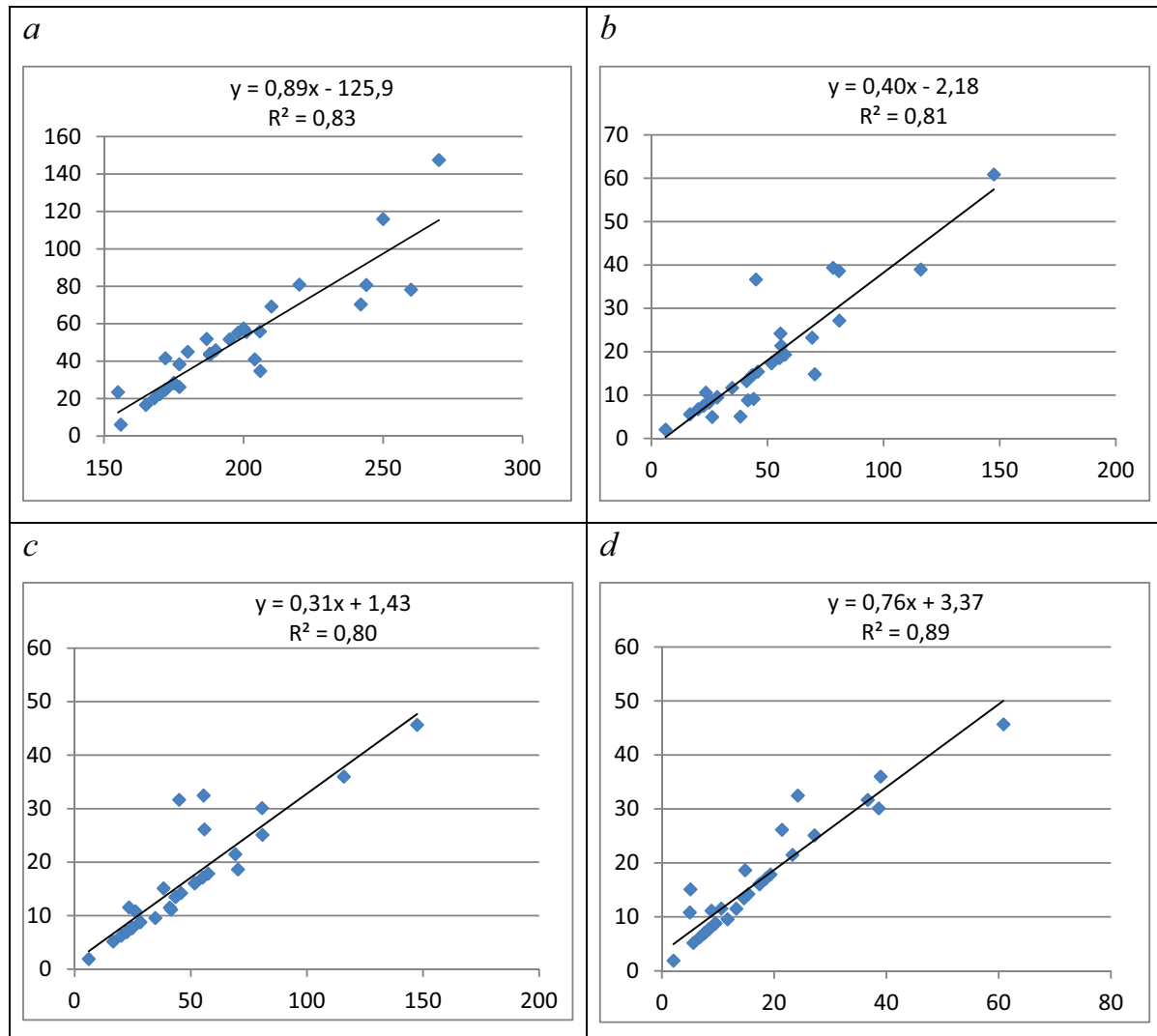


Рис. 2. Прямолінійна залежність між показниками: *a* – висотою пагонів (см) та біомасою надземної частини (г); *b* – біомасою стовбура та гілок (г); *c* – біомасою стовбура та листя (г); *d* – біомасою листя та гілок (г)

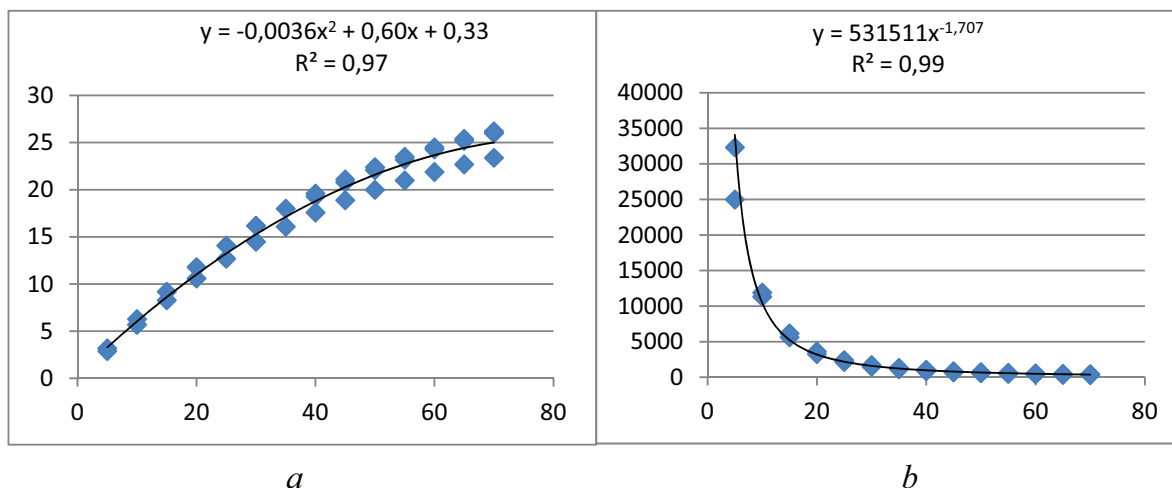


Рис. 3. Зміна висоти деревостану верби (а), кількості дерев верби на 1 га (у) (b) залежно від їхнього віку (х)

На основі таких даних ми розрахували показники запасів надземної біомаси та стовбурної деревини (рис. 4). Як видно з графіків, верба інтенсивно нарощує біомасу до 20 років, а пізніше цей показник, як і кількість дерев на площі 1 га, згладжується. Отже, 20-річний період можна вважати таким, коли в оптимальних умовах формується більш-менш стабільна заплавна лісова екосистема.

У процесі формування деревостану змінюється форма крони. Якщо оцінювати ці форми з енергетичних позицій, де запаси енергії пропорційні об'єму фігури, а площа відкритої поверхні енергообміну, то такою, що характеризує максимальний ріст, є конус, енергетичні витрати якого найнижчі (33,3 %), а градієнт росту найвищий. Саме таку форму має крона протягом перших місяців першого року розвитку, коли на 1 га може зростати 500–900 тис. пагонів. На другому році в умовах підвищеної ценотичної

конкуренції уже формуються густі зарості і форму крони можна трактувати як циліндричну (енергетичний потенціал – 64,4 %). Згодом така висока інтенсивність росту знизиться, і після третього року почне формуватися розгалужена крона, а слабші рослини випадатимуть (імаатурна стадія онтогенетичного розвитку верби). Уже на третьому році було зафіксовано появу сережок у частини рослин, але масово генеративна стадія розвитку настане через п'ять–шість років. При цьому кількість пагонів може зменшитися на порядок у віці до 10 років від 80 до 10 тис., а 20 років – до 5 тис. На основі даних моделювання такий ценоз сформується уже після 20 років [10], тобто набагато швидше, ніж це відбувається в типових неморальних лісах плакорного типу. Це підтверджують проведені нами візуальні спостереження на місці водойми-охолоджувача Чорнобильської атомної електростанції (ЧАЕС), де за вісім років дерева мали висоту 5–8 м і досягли генеративної стадії. До того ж зміниться і структура насаджень. У зрілому віці крона тополі та верби, на відміну від типових неморальних порід густих лісів, набуває кулеподібної форми типу «парасольки», яка має найменшу поверхню, але найбільший об'єм, і це співвідношення становить 0,33, що з позицій функціонування системи є найстабільнішою [11]. Кількість дерев першого ярусу може досягати лише 400–500 і навіть менше особин на 1 га. Така розлога структура деревного ярусу сприятиме тому, що формуватиметься густий намет нижчих дерев і чагарників, серед них *Frangula alnus* Mill., *Swida sanguinea* L., *Euonymus europaeus* L., *Salix cinerea*. В останні десятиліття спостерігається інтенсивне вселення адвентивних видів *Acer negundo* L. та *Amorpha*

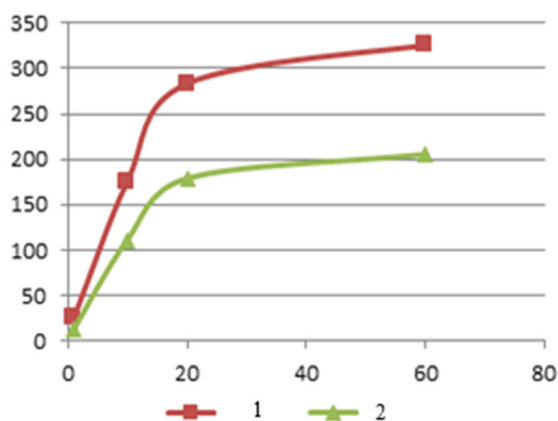


Рис. 4. Зміна запасів надземної біомаси (1) і стовбурної деревини (2) верби (у) в процесі розвитку лісів до зрілого віку (х)

fruticosa L., які трактуються як трансформери і впливають на формування нижніх ярусів. Характерною особливістю типових заплавлених лісів є потужний розвиток трав'яних рослин з ліаноподібними стеблами, що обплітають стовбури дерев і крони чагарників, тому ці ліси називають галерейними. Це такі види, як *Humulus lupulus* L. та *Calystegia sepium* (L.) R.Br., а в останні роки, особливо в західних регіонах, спостерігається інтенсивний розвиток адвентивного *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A.Gray. Типовий трав'яний покрив доволі різноманітний і залежить від обводненості субстрату. Домінуючими рослинами можуть бути *Carex acutiformis* Ehrh., *Iris pseudacorus* L., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Urtica galeopsifolia* Wierzb. ex Opiz. Такі високорослі потужні зарості трав'яного ярусу, густий намет ліаноподібних трав, чагарниково-деревного ярусу потребують достатнього забезпечення вологою та поживними речовинами. За даними [9], лише 1 г листя верби транспірує в повітря 0,8–2,6 г води і фотосинтезує 21,7–59,2 мг/дм²•год, тобто має велике кліматорегулювальне значення.

Такі угруповання належать до класу *Salicetea purpureae* Moor 1958, all. *Salicion albae* Soò 1951 [12] асоціації *Salicetum albae* Issler 1926, *Myosotido palustris-Salicetum albae* Shevchyk et Solomakha 1996 *Salici-Populetum* (Tx.1931) Meijer-Drees 1936 [13].

У більш вологих прируслових умовах формуються угруповання більш низькорослих верб, а в сухіших, на пісках, де нині інтенсивно поновлюється *Populus nigra*, можливою стійкою стадією будуть угруповання *Populeto nigrum-albae* Slavnić 1952. Важко спрогнозувати, як відбуватимуться сукцесії на сухих піщаних і черепашкових субстратах, де нині маємо куртини трав'яних рослин із плагіотропними пагонами і з'являються сходи дерев та чагарників *Amorpha fruticosa*, *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Gleditsia triacanthos* L.,

але цілком імовірним є формування чагарниково-деревних слабкозімкнутих ценозів *Salici acutifoliae-Amorphetum fruticosae* Senchylo et al. 1999 та *Artemisio dniproicae-Salicion acutifoliae* Shevchyk et Solomakha 1996, які наводять для лісостепової зони, а в степовій не зафіксовані. Через кліматичні зміни, підвищення середньорічних температур тут можливе формування цілком нових синтаксонів, зокрема з участю *Elaeagnus angustifolia* L., який проявляє інтенсивну експансію в степовій зоні, захоплюючи нові екотопи [14].

Наступний етап досліджень полягав у розрахунку енергетичних показників різних компонентів екосистеми, їхньої динаміки (приросту, відпаду), трансформації енергії по трофічних ланцюгах, дихання, фотосинтезу, тобто оцінюванні функціональних (підтримувальних і регулювальних) екологічних послуг за розробленою нами методикою [7]. Такі розрахунки було проведено з урахуванням даних дистанційного картографування, створених на основі індексів NDVI у серпні і листопаді 2023 р. [14]. Площа днища водосховища, яка заросла вербою і тополею на відкритих мулистих субстратах, де ці дерева потенційно можуть швидко з'явитися в наступні роки, становила близько 30 % від площі водосховища. Отримані енергетичні показники було переведено в монетарні одиниці з урахуванням того, що у 2024 р. вартість 1 ГДж становила 3,3 у. о. (див. таблицю).

Як видно з наведених даних, стабілізація заплавлених лісових екосистем настає через 20 років. Вартість підтримувальних і регулювальних екосистемних послуг у 16 разів вища вже на початкових стадіях його заростання від функціонуючого водосховища. Однак тут не враховано вартість ресурсних і соціально-інформаційних послуг, які належать до сфери економічних та інших категорій, тобто є поза межами наших екологічних досліджень.

Таблиця

Оцінювання енергетичних показників (10⁶ ГДж) / вартості (млн дол. США) та співвідношення (%) підтримувальних і функціональних екологічних послуг тополево-вербових угруповань днища Каховського водосховища

Вік дерев	Біомаса	Транспірація, фотосинтез, дихання	Відпад	Живлення консументів, редуцентів	Разом
1	<u>21,9/72,27</u> 69,75	<u>3,7/12,21</u> 11,78	<u>3,6/11,88</u> 11,46	<u>2,15/7,1</u> 6,85	<u>31,4/103,62</u> 100
10	<u>209,4/691,02</u> 83,53	<u>8,3/27,39</u> 3,31	<u>12,6/41,58</u> 5,03	<u>20,4/67,32</u> 8,13	<u>250,7/825,0</u> 100
20	<u>337,9/1115,07</u> 83,33	<u>13,5/44,55</u> 3,82	<u>20,3/66,99</u> 5,01	<u>33,8/111,54</u> 8,34	<u>405,5/1338,15</u> 100
50	<u>384,6/1269,18</u> 83,30	<u>15,5/51,15</u> 3,36	<u>23,1/76,23</u> 5,00	<u>38,5/127,05</u> 8,34	<u>461,7/1523,61</u> 100

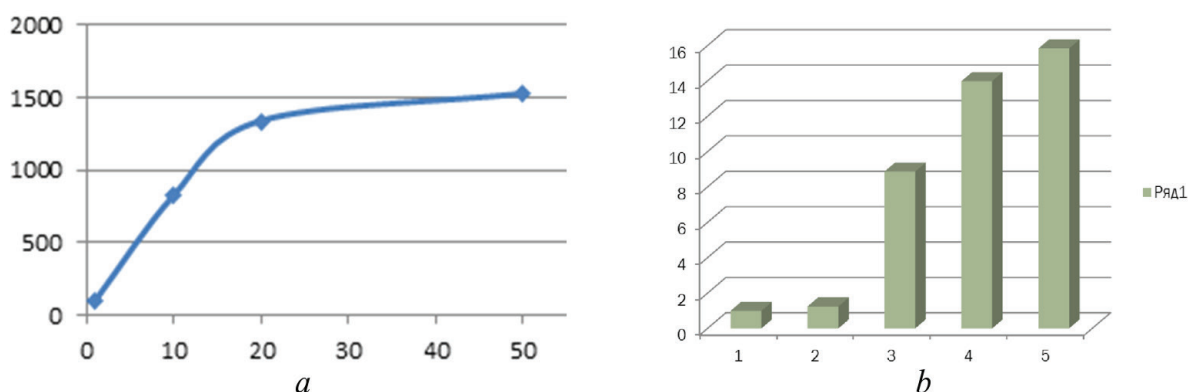


Рис. 5. Вартість (дол. США) підтримувальних і регулювальних екосистемних послуг у процесі формування природних екосистем на днищі Каховського водосховища залежно від віку деревостану тополево-вербових лісів (a) та їхнє співвідношення в процесі формування нативних лісових екосистем заплавного типу (b): 1 – Каховське водосховище; 2 – піонерний етап розвитку (1-річний сезон); 3 – біотопи 10-річного віку; 4 – біотопи 20-річного віку; 5 – сформовані 50-річні біотопи

Наведені угруповання належать до біотопу Д1.6.1 Заплавні вербові і тополеві ліси, внесеного до резолюції № 4 Бернської конвенції як G1.11 Riverine Salix woodland (Прирічкові вербові ліси) [16]. Специфіка цих угруповань полягає в тому, що верба та тополя щорічно продукують велику кількість легкого насіння та мають ефективну систему його розповсюдження анемо-, гідрохорним способом на далекі відстані, що забезпечує заселення і за відсутності періоду спокою швидке проростання на відкритих, добре освітлених місцях за умови, що немає ценотичної конкуренції [17]. Ці дерева колонізують нещодавно трансформовані оселища на ранніх стадіях сукцесії аж до утворення відносно стабільних сукцесійних стадій [18,19]. Вони заселяють доволі різноманітні стації – як гіпоксичні торф'яні болота з бідними оліготрофними умовами з обмеженим вмістом поживних речовин, так і евтрофні алювіальні мулисті відклади, багаті на поживні речовини; витримують різке коливання зволоження протягом вегетаційного сезону від надмірного до дефіциту; регулюють функціонування процесів високодинамічних екосистем у заплавах, характерними рисами яких є висока сезонна флуктуативність, турбулентність і навіть катастрофічні процеси, тому їх трактують як ділянки збурення парагенетичної конфігурації ландшафту [20]. Вони формують симбіотичні асоціації з мікоризними грибами, які забезпечують додаткове постачання поживними речовинами для росту рослин (везикулярно-арбускулярна ендомікориза – фосфором, а ектомікориза – органічним азотом [21-23]). Завдяки симбіозу з мікроорганізмами рослини здатні розкласти нафтопродукти й очищувати

грунт [24,25]. Вони накопичують азотні, фосфорні сполуки, важкі, токсичні метали, особливо кадмій (Cd), тому їх використовують для фіторе mediaції територій [26-34]. Цей біотоп має високе природоохоронне значення. Ці галерейні ліси мають багату фауну комах (до 450 видів) [35], високу щільність розмноження і зупинки видів птахів, є оселищем багатьох раритетних видів тварин та рослин (у заростях тополі на місці водосховища біля острова Хортиця ми виявили вид рослин з Червоної книги України *Carex secalina* Willd. ex Wahlenb.) і мають високу рекреаційну цінність [18].

Проте в офіційних джерелах щодо структури лісів України важко знайти показники для вербових лісів, бо вони становлять лише близько 0,1 % (вербово-тополеві – 1 %). Саме тому, як на національному, так і на міжнародному рівні, актуальним є збереження й відновлення природних тополево-вербових ценозів заплавних екосистем Великого Лугу [14,36].

Висновки

Для ухвалення виваженого рішення щодо доцільності відбудови Каховської ГЕС потрібно здійснити оцінювання екосистемних послуг. Проведені нами польові дослідження та розрахунки показали, що на днищі колишнього Каховського водосховища надзвичайно швидкими темпами і у великих масштабах відбувається формування заплавних галерейних тополево-вербових лісів, які у віці 20 років досягають стабільного рівня і мають високу природоохоронну, екологічну, господарську та рекреаційну цінність. Проведені розрахунки лише підтримувальних і регулювальних екосистемних послуг, які відображають

екологічну складову функціонування, значущості заплавних лісових екосистем, показали, що їхня вартість у зрілому віці становить 1523 млн дол. США. Але якщо затоплення водосховища відбудеться через 10 років після руйнації, то природі слід «відшкодувати» 825 млн дол. США тільки за рахунок втрати затоплених лісів, а через 20 років ця цифра становитиме 1,338 млрд дол. США. Але хто за це платитиме? До того ж економісти

повинні оцінити вартість збитків ресурсних екосистемних послуг, а інші фахівці – соціально-інформаційного їх значення.

З огляду на зазначене вище постає питання економічної доцільності, моральності та законності можливого знищення найбільшого за площею в Україні заплавного лісового біотопу у разі відбудови Каховського водосховища в майбутньому.

Список літератури

1. Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації, Постанова Кабінету Міністрів України № 326 [Інтернет], 20 бер. 2022. Доступно на: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2022-%D0%BF#Text>
2. Odum E.P. Fundamentals of Ecology. Third Edition. Philadelphia: W.B. Saunders Co.; 1971. 574 p.
3. Дідух Я, Лисенко Г. Проблеми термодинамічного оцінювання структури та організації екосистем. Вісник НАН України. 2010;5:16-27.
4. Pérez-Harguindeguy N, Díaz S, Garnier E, Lavorel S, Poorter H, Jaureguiberry P, Bret-Harte MS, Cornwell WK, Craine JM, Gurvich DE, Urcelay C, Veneklaas EJ, Reich PB, Poorter L, Wright IJ, Ray P, Enrico L, Pausas JG, de Vos AC, Buchmann N, Funes G, Quétier F, Hodgson JG, Thompson K, Morgan HD, ter Steege H, Sack L, Blonder B, Poschlod P, Vaieretti MV, Conti G, Staver AC, Aquino S, Cornelissen JHC. Corrigendum to: New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany. 2016;64(8):715-6. doi:10.1071/BT12225_CO
5. Dušek J, Květ J. Seasonal dynamics of dry weight, growth rate and root/shoot ratio in different aged seedlings of *Salix caprea*. Biologia. Bratislava. 2006;61(4):441-7. doi:10.2478/s11756-006-0074-0
6. Дідух ЯП, Куземко АА, Ходосовцев ОЄ, Чусова ОО, Борукевич ЛМ, Скобель НО, Михайлюк ТІ, Мойсієнко ІІ. Перший рік відновлення заплавних лісів на дні колишнього Каховського водосховища. Чорноморський ботанічний журнал. 2024;20(3):305-26. doi:10.32999/ksu1990-553X/2024-20-3-5
7. Дідух ЯП, Соколенко УМ, Расевич ВВ, Гаврилов СО. Методика розрахунку екологічних збитків природних екосистем та їхніх компонентів. Львів – Київ: Манускрипт; 2024. 67 с.
8. Лакида ПІ. Фітомаса лісів України. Тернопіль: Збруч; 2002. 256 с.
9. Сінченко ВМ, редактор. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Вінниця: ТВОРИ; 2023. 346 с.
10. Усольцев ВА. Фитомасса лесов Северной Евразии. Нормативы и элементы географии. Екатеринбург: УрО РАН; 2002. 763 с.
11. Дідух ЯП. Якими будуть наші ліси? Український ботанічний журнал. 2010;67(3):321-43.
12. Mucina L, Bültmann H., Dierßen K, Theurillat J-P, Raus T, Čarni A, Šumberová K, Willner W, Dengler J, Gavilán García R, Chytrý M, Hájek M, Di Pietro R, Iakushenko D, Pallas J, Daniëls FJA, Bergmeier E, Santos Guerra A, Ermakov N, Valachovič M, Schaminée JHJ, Lysenko T, Didukh YP, Pignatti S, Rodwell JS, Capelo J, Weber HE, Solomeshch A, Dimopoulos P, Aguiar C, Hennekens SM, Tichý L. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. Applied Vegetation Science. 2016;19(1):3-264. doi:10.1111/avsc.12257
13. Фіцайло ТВ, Дубина ДВ, Дзюба ТП. Клас SALICETEA PURPUREAE MOOR 1958. У: Дубина ДВ, Дзюба ТП, Ємельянова СМ та ін. Продромус рослинності України. Київ: Наукова думка; 2019. с. 386.
14. Kuzemko A, Prylutskyi O, Kolomytsev G, Didukh Ya, Moysiienko I, Borsukevych L, Chusova O, Splodytel A, Khodosovtsev O. Reach the bottom: plant cover of the former Kakhovka Reservoir, Ukraine. Research Square. 2024. doi:10.21203/rs.3.rs-4137799/v1
15. Sudnik-Wójcikowska B, Moysiienko I, Slim P, Moraczewski I. Impact of the invasive species *Elaeagnus angustifolia* on Pontic desert steppe zone vegetation in southern Ukraine. Polish Journal of Ecology. 2009;57(2):269-81.
16. Куземко А, Дідух Я, Онищенко В, Шеффер Я, редактори. Національний каталог біотопів України. Київ: ФОП Клименко ЮЯ; 2018. 442 с.
17. Dorn RD. A synopsis of American *Salix*. Canadian Journal of Botany. 1976;54:2769-89.
18. Skvortsov AK. Willows of Russia and adjacent countries. Taxonomic and Geographic Revision. Joensuu: Joensuu University Press; 1999. 307 p.
19. Kowalik PJ, Randerson PF. Nitrogen and Phosphorus Removal by Willow Stands Irrigated with Municipal Waste Water – A Review of the Polish Experience. Biomass and Bioenergy. 1994;6:133-9. doi:10.1016/0961-9534(94)90092-2
20. Didukh YaP, Chusova OO, Olshevska IA, Polischuk YuV. River valleys as the object of ecological and geobotanical research. Ukrainian Botanical Journal. 2015;72(5):415-30. doi:http://dx.doi.org/10.15407/ukrbotj72.05.415
21. Schramm JR. Plant colonization studies on black wastes from anthracite mining in Pennsylvania. Trans. Am. Phil. Soc. 1966;56(1):1-189.
22. Lodge DJ. The influence of soil moisture and flooding on formation of VA-endo-and ectomycorrhizae in *Populus* and *Salix*. Plant and Soil. 1989;117:243-53.
23. Heijden EW, Kuyper TW. Ecological strategies of ectomycorrhizal fungi of *Salix repens*: root manipulation versus root replacement. Oikos. 2003;103(3):668-80.
24. Thompson W. Botanical Remedies. Landscape Architect. 1998;8:38-43.
25. Vervaeke P, Luyssaert S, Mertens J, Meers E, Tack FM, Lust N. Phytoremediation prospects of willow stands on contaminated sediment: a field trial. Environmental pollution. 2003;126(2):275-82.
26. Robinson BH, Mills TM, Petit D, Fung LE, Green SR, Clothier BE. Natural and induced cadmium-accumulation in poplar and willow: implications for phytoremediation. Plant Soil. 2000;227:301-306. doi:10.1023/A:1026515007319
27. Klang-Westin E, Perttu K. Effect of nutrient supply and soil cadmium concentration on cadmium removal by willow. Biomass and Bioenergy. 2002;23:415-26. doi:10.1016/S0961-9534(02)00068-5
28. Aronsson P, Perttu K. Willow vegetation filters for wastewater treatment and soil remediation combined with biomass production. The Forestry Chronicle. 2001;77(2):293-9. doi:10.5558/tfc77293-2
29. Klang-Westin E, Eriksson J. Potential of *Salix* as phytoextractor for Cd on moderately contaminated soils. Plant and soil. 2003;249:127-37.

30. Watson C, Pulford I, Riddell-Black D. Development of a hydroponic screening technique to assess heavy metal resistance in willow (*Salix*). International Journal of Phytoremediation. 2003;5(4):333-49. doi:10.1080/15226510309359041
 31. Ali MB, Vajpayee P, Tripathi RD, Rai UN, Singh SN., Singh SP. Phytoremediation of Lead, Nickel, and Copper by *Salix acmophylla* Boiss.: Role of antioxidant enzymes and antioxidant substances. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2003;70:462-9. doi:10.1007/s00128-003-0009-1
 32. Keller C, Hammer D, Kayser A, Richner W, Brodbeck M, Sennhauser M. Root development and heavy metal phytoextraction efficiency: Comparison of different plant species in the field. Plant Soil. 2003;249:67-81. doi:10.1023/A:1022590609042
 33. Kuzovkina YA, Knee M, Quigley MF. Cadmium and copper uptake and translocation of five *Salix* L. species. International Journal of Phytoremediation. 2004;6(3):269-87. doi:10.1080/15226510490496726
 34. Mohsin M, Kaipainen E, Salam MMA, Evstishenkov N, Nawrot N, Villa A, Wojciechowska E, Kuittinen S, Pappinen A. Biomass Production and Removal of Nitrogen and Phosphorus from Processed Municipal Wastewater by *Salix schwerinii*: A Field Trial. Water. 2021;13(16):22-98. doi:10.3390/w13162298
 35. Kennedy CEJ, Southwood TRE. The number of species of insects associated with British trees: a re-analysis. The Journal of Animal Ecology. 1984;53(2):455-78.
 36. Vries MG. Conservation of natural ecosystems of poplar and willow. The Forestry Chronicle. 2001;77(2):255-7. doi:10.5558/tfc77255-2
- ### References
1. On Approval of the Procedure for Determining Damage and Losses Caused to Ukraine as a Result of the Armed Aggression of the Russian Federation, Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 326 [Internet], 2022 March 20. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2022-%D0%BF#Text>. Ukrainian.
 2. Odum EP. Fundamentals of Ecology. Third Edition. Philadelphia: W.B. Saunders Co.; 1971. 574 p.
 3. Didukh Ya, Lysenko H. Problems of thermodynamic assessment of the structure and organization of ecosystems. Bulletin of the NAS of Ukraine. 2010;5:16-27. Ukrainian.
 4. Pérez-Harguindeguy N, Díaz S, Garnier E, Lavorel S, Poorter H, Jaureguiberry P, Bret-Harte MS, Cornwell WK, Craine JM, Gurvich DE, Urcelay C, Veneklaas EJ, Reich PB, Poorter L, Wright IJ, Ray P, Enrico L, Pausas JG, de Vos AC, Buchmann N, Funes G, Quétier F, Hodgson JG, Thompson K, Morgan HD, ter Steege H, Sack L, Blonder B, Poschlod P, Vaieretti MV, Conti G, Staver AC, Aquino S, Cornelissen JHC. Corrigendum to: New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany. 2016;64(8):715-6. doi:10.1071/BT12225_CO
 5. Dušek J, Květ J. Seasonal dynamics of dry weight, growth rate and root/shoot ratio in different aged seedlings of *Salix caprea*. Biologia. Bratislava. 2006;61(4):441-7. doi:10.2478/s11756-006-0074-0
 6. Didukh YaP, Kuzemko AA, Khodosovtsev OYe, Chusova OO, Borsukevych LM, Skobel NO, Mikhailyuk TI, Moysiienko II. First year of floodplain forest restoration at the bottom of the former Kakhovka reservoir. Chornomorski Botanical Journal. 2024;20(3):305-326. doi:10.32999/ksu1990-553X/2024-20-3-5. Ukrainian.
 7. Didukh YaP, Sokolenko UM, Rasevich VV, Gavrilovv SO. Methodology for calculating ecological damage to natural ecosystems and their components. Lviv – Kyiv: Manuscript, 2024; 67 p. Ukrainian.
 8. Lakyda PI. Phytomass of Ukrainian forests. Ternopil: Zbruch; 2002. 256 p. Ukrainian.
 9. Sinchenko VM, editor. Energy willow: technology of cultivation and use. Vinnytsa: Tvory; 2023. 346 p. Ukrainian.
 10. Usoltsev VA. Phytomass of forests of Northern Eurasia. Standards and elements of geography. Yekaterinburg: UrO RAS; 2002. 763 p. Russian.
 11. Didukh YaP. What is the future of our forests? Ukrainian Botanical Journal. 2010;67(3):321-43. Ukrainian.
 12. Mucina L, Bültmann H., Dierßen K, Theurillat J-P, Raus T, Čarni A, Šumberová K, Willner W, Dengler J, Gavilán García R, Chytrý M, Hájek M, Di Pietro R, Iakushenko D, Pallas J, Daniëls FJA, Bergmeier E, Santos Guerra A, Ermakov N, Valachovič M, Schaminée JHJ, Lysenko T, Didukh YP, Pignatti S, Rodwell JS, Capelo J, Weber HE, Solomeshch A, Dimopoulos P, Aguiar C, Hennekens SM, Tichý L. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. Applied Vegetation Science. 2016;19(1):3-264. doi:10.1111/avsc.12257
 13. Fitsailo TV, Dziuba TP, Dubyna DV. Class *Salicetea purpureae* Moor 1958. In: Prodrome of the vegetation of Ukraine. Kyiv: Naukova dymka; 2019. p. 386-93. Ukrainian.
 14. Kuzemko A, Prylutskyi O, Kolomytsev G, Didukh Ya, Moysiienko I, Borsukevych L, Chusova O, Splodytel A, Khodosovtsev O. Reach the bottom: plant cover of the former Kakhovka Reservoir, Ukraine. Research Square. 2024. doi:10.21203/rs.3.rs-4137799/v1
 15. Sudnik-Wójcikowska B, Moysiienko I, Slim P, Moraczewski I. Impact of the invasive species *Elaeagnus angustifolia* on Pontic desert steppe zone vegetation in southern Ukraine. Polish Journal of Ecology. 2009;57(2):269-81.
 16. Kuzemko A, Didukh Ya, Onyshchenko V, Sheffer Ya, editors. National Catalogue of Biotopes of Ukraine. Kyiv: FOP Klymenko YuYa; 2018. 442 p. Ukrainian.
 17. Dorn RD. A synopsis of American *Salix*. Canadian Journal of Botany. 1976;54:2769-89.
 18. Skvortsov AK. Willows of Russia and adjacent countries. Taxonomic and Geographic Revision. Joensuu: Joensuu University Press; 1999. 307 p.
 19. Kowalik PJ, Randerson PF. Nitrogen and Phosphorus Removal by Willow Stands Irrigated with Municipal Waste Water – A Review of the Polish Experience. Biomass and Bioenergy. 1994;6:133-9. doi:10.1016/0961-9534(94)90092-2
 20. Didukh YaP, Chusova OO, Olshevska IA, Polischuk YuV. River valleys as the object of ecological and geobotanical research. Ukrainian Botanical Journal. 2015;72(5):415-30. doi:http://dx.doi.org/10.15407/ukrbotj72.05.415
 21. Schramm JR. Plant colonization studies on black wastes from anthracite mining in Pennsylvania. Trans. Am. Phil. Soc. 1966;56(1):1-189.
 22. Lodge DJ. The influence of soil moisture and flooding on formation of VA-endo-and ectomycorrhizae in *Populus* and *Salix*. Plant and Soil. 1989;117:243-53.
 23. Heijden EW, Kuyper TW. Ecological strategies of ectomycorrhizal fungi of *Salix repens*: root manipulation versus root replacement. Oikos. 2003;103(3):668-80.
 24. Thompson W. Botanical Remedies. Landscape Architect. 1998;8:38-43.
 25. Vervaeke P, Luyssaert S, Mertens J, Meers E, Tack FM, Lust N. Phytoremediation prospects of willow stands on contaminated sediment: a field trial. Environmental pollution. 2003;126(2):275-82.
 26. Robinson BH, Mills TM, Petit D, Fung LE, Green SR, Clothier BE. Natural and induced cadmium-accumulation in poplar and willow: implications for phytoremediation. Plant Soil. 2000; 227:301-306. doi:10.1023/A:1026515007319
 27. Klang-Westin E, Perttu K. Effect of nutrient supply and soil cadmium concentration on cadmium removal by willow. Biomass and Bioenergy. 2002;23:415-26. doi:10.1016/S0961-9534(02)00068-5

28. Aronsson P, Perttu K. Willow vegetation filters for wastewater treatment and soil remediation combined with biomass production. *The Forestry Chronicle*. 2001;77(2):293-9. doi:10.5558/tfc77293-2
29. Klang-Westin E, Eriksson J. Potential of *Salix* as phytoextractor for Cd on moderately contaminated soils. *Plant and soil*. 2003;249:127-37.
30. Watson C, Pulford I, Riddell-Black D. Development of a hydroponic screening technique to assess heavy metal resistance in willow (*Salix*). *International Journal of Phytoremediation*. 2003;5(4):333-49. doi:10.1080/15226510309359041
31. Ali MB, Vajpayee P, Tripathi RD, Rai UN, Singh SN., Singh SP. Phytoremediation of Lead, Nickel, and Copper by *Salix acmophylla* Boiss.: Role of antioxidant enzymes and antioxidant substances. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2003;70:462-9. doi:10.1007/s00128-003-0009-1
32. Keller C, Hammer D, Kayser A, Richner W, Brodbeck M, Sennhauser M. Root development and heavy metal phytoextraction efficiency: Comparison of different plant species in the field. *Plant Soil*. 2003;249:67-81. doi:10.1023/A:1022590609042
33. Kuzovkina YA, Knee M, Quigley MF. Cadmium and copper uptake and translocation of five *Salix* L. species. *International Journal of Phytoremediation*. 2004;6(3):269-87. doi:10.1080/16226510490496726
34. Mohsin M, Kaipainen E, Salam MMA, Evstishenkov N, Nawrot N, Villa A, Wojciechowska E, Kuittinen S, Pappinen A. Biomass Production and Removal of Nitrogen and Phosphorus from Processed Municipal Wastewater by *Salix schwerinii*: A Field Trial. *Water*. 2021;13(16):22-98. doi:10.3390/w13162298
35. Kennedy CEJ, Southwood TRE. The number of species of insects associated with British trees: a re-analysis. *The Journal of Animal Ecology*. 1984;53(2):455-78.
36. Vries MG. Conservation of natural ecosystems of poplar and willow. *The Forestry Chronicle*. 2001;77(2):255-7. doi:10.5558/tfc77255-2

**Ya. Didukh¹, I. Moysiienko^{1,2}, O. Kravchenko³, M. Mulenko⁴,
K. Polyanska³, O. Chusova¹, P. Hetman¹**

¹ M. G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

² Kherson State University, Kherson, Ukraine

³ International Charitable Organization “Ecology-Law-Human”, Kyiv, Ukraine

⁴ Khortytsia National Reserve, Zaporizhzhia, Ukraine

INITIAL STAGES OF FORMATION OF FLOODPLAIN FORESTS OF THE BOTTOM OF THE KAKHOVKA RESERVOIR AND FORECAST OF THEIR DEVELOPMENT

Abstract

After the destruction of the Kakhovka Reservoir Dam on June 6, 2023, four trips were made (June 30 and October 19, 2023, April 25 and October 20, 2024), during which the initial stages of floodplain willow-poplar forests were studied. These forests occupied about 30% of the drained reservoir bottom. Investigations of the drained bottom of the Kakhovka Reservoir in 2024 showed rapid growth of *Salix × rubens*, and in 2024, *Populus alba* and *P. nigra*. It was established that the average number of willow shoots after three weeks was about 90 pcs/m²; at the end of the 2023 season it was 23 pcs/m², in 2024 – 10.3 pcs/m², and the average height increased from 190 to 350 cm. The phytomass ratio of trunks, branches, leaves and roots in the first year of development was 0.45:0.16:0.18:0.2. The calculated indicators of the increase in phytomass of trees after 10, 20, and 50 years show, that their energy reserves of biomass, costs for transpiration, photosynthesis, respiration, support of trophic chains, and waste, which characterize functional (supporting and regulating) ecosystem services, are, in monetary equivalent, 825, 1338, and 1523 c.u., respectively, with a forest area of 30% of the reservoir bottom. Based on the calculations, it was established that the natural state of floodplain forest ecosystems will form after 20 years. The ecological role of floodplain poplar-willow biotopes, which are included in Resolution No. 4 of the Bern Convention as G1.11 Riverine *Salix* woodland and are represented by the groups of the cl. *Salicetea purpureae* Moor 1958, all. *Salicion albae* Soò 1951 (Mucina et al. 2016) as. *Salicetum albae* Issler 1926, *Myosotido palustris-Salicetum albae* Shevchyk et Solomakha 1996, *Salici-Populetum* (Tx.1931) Meijer-Drees 1936, is highlighted. Floodplain forests of the gallery type have high water-regulating, soil-forming, and remedial value. They provide habitats for numerous avifaunal and entomofaunal species, which are protected at the European level. Floodplain forests in Ukraine occupy only 0.1% of the total forest area. The expediency of restoring the Kakhovka Reservoir is questioned, calling for a balanced decision that considers the economic importance alongside the ecological, historical, and cultural value of the territory.

Keywords: Kakhovka Reservoir, poplar-willow biotopes, floodplain ecosystems, ecosystem services.

ARTICLE HISTORY. Submitted 15 May 2025. Accepted 30 June 2025. Published 18 August 2025

Відомості про авторів
Authors Information

Дідух Яків Петрович – академік НАН України, доктор біологічних наук, завідувач відділу геоботаніки та екології Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, Київ, Україна

Didukh Yakiv – Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Geobotany and Ecology of the M. G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-3611-3993>

ya.didukh@gmail.com

Мойсієнко Іван Іванович – доктор біологічних наук, завідувач кафедри ботаніки Херсонського державного університету, Херсон, Україна; Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, Київ, Україна

Moysiienko Ivan – Doctor Science in Biology, Head of the Department of Botany of Kherson State University, Kherson, Ukraine; M. G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-0689-6392>

ivan.moysiienko@gmail.com

Кравченко Олена Валеріївна – кандидат наук з міжнародних відносин, директор Міжнародної благодійної організації «Екологія-Право-Людина» (МБО ЕПЛ), Київ, Україна

Kravchenko Olena – PhD in International Relations, Director of the International Charitable Organization “Ecology-Law-Human”, Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-5794-4684>

okravchenko@epl.org.ua

Муленко Михайло Андрійович – завідувач сектору охорони природи Національного заповідника «Хортиця», Запоріжжя, Україна

Mulenko Mykhailo – Head of the Nature Conservation Sector of the Khortytsia National Reserve, Zaporizhzhia, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-0054-6914>

mulekomihail@gmail.com

Полянська Катерина Валентинівна – кандидат географічних наук, еколог першої категорії Міжнародної благодійної організації «Екологія-Право-Людина» (МБО ЕПЛ), Київ, Україна

Polyanska Kateryna – Candidate of Geographical Sciences, Ecologist of the 1st Category of the International Charitable Organization “Ecology-Law-Human”, Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0008-3976-1700>

k.polyanska@epl.org.ua

Чусова Ольга Олександрівна – кандидат біологічних наук, науковий співробітник відділу геоботаніки та екології Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, Київ, Україна

Chusova Olga – Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Department of Geobotany and Ecology of the M. G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-8081-9918>

olgachusova28@gmail.com

Гетьман Поліна Андріївна – провідний інженер відділу геоботаніки та екології Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, Київ, Україна

Hetman Polina – Senior Engineer of Department of Geobotany and Ecology of the M. G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-2391-5863>

poli-getman@ukr.net

