

УДК 504.5:[631.41:556.55](477.63/.64)  
DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.6-57.21>

## МОНІТОРИНГ СТАНУ НОВОУТВОРЕНИХ БІОТОПІВ ТА СКЛАДУ ҐРУНТІВ ДНА КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Олійник П.О.

Запорізький національний університет  
вул. Університетська, 66, 69063, м. Запоріжжя  
oliinykprawlo@gmail.com

У статті представлено результати дослідження екологічного стану територій дна колишнього Каховського водосховища у 2023–2024 роках. Було обстежено шість ключових локацій північно-східної частини колишнього Каховського водосховища, проведено класифікацію ґрунтів за типом поверхні та здійснено фітоценологічні дослідження, що дозволило зафіксувати інтенсивний розвиток піонерської рослинності. Її частка зростає з 23% у 2023 році до 50–70% у 2024 році, а домінантами серед деревних видів стали Верба біла (*Salix alba* L.) та Тополя чорна (*Populus nigra* L.) із співвідношенням 20:1. Загалом ідентифіковано 60 видів рослин, включаючи мохи, лишайники та водорості. Щільність заростей Верби білої становила 130–175 рослин на 10 м<sup>2</sup>, а біомаса – 21,97 т/га.

Результати дослідження мають важливе значення для розуміння процесів природного відновлення екосистеми та потенційної фітореMediaції території. Піонерська рослинність активно накопичує об'єм і біомасу, зв'язуючи забруднювальні речовини, такі як важкі метали та нафтопродукти. Крім того, на прикладі Верби білої (*Salix alba* L.) продемонстровано здатність піонерської рослинності інтенсивно зв'язувати вуглець завдяки її швидкому зростанню. Особливий інтерес становлять такі фітоценози, як вербові зарості, відомі своєю здатністю очищувати ґрунти та води, а також акумулювати до 293 тон вуглецю на гектар, що позитивно впливає на клімат.

Методологія досліджень включала польові обстеження, аерофотозйомку, вивчення супутникових знімків, обстеження ґрунтів та обчислення біомаси. Результати роботи розкривають значення природного відновлення екосистеми в аспекті фітореMediaції та фітомеліорації. Виявлено значну кількість інвазивних видів рослинності. Дослідження підкреслюють важливість моніторингу новоутворених екосистем для прогнозування їх трансформації, динаміки розвитку рослинності, а також формування баз даних для розробки заходів з екологічного відновлення. Запропоновані методи можуть бути використані для подальшої оцінки потенціалу цих територій, створення моделей сукцесії та планування сталого використання відновлених ландшафтів. *Ключові слова:* рослинність, біотопи, біомаса, фітоценологічні дослідження, фітореMediaція, екосистема, фітомеліорація, забруднення.

### Monitoring of the state of newly established biotopes and the composition of soils at the bottom of the Kakhovka reservoir. Oliynyk P.

The article presents the results of a study on the ecological state of the bottomlands of the former Kakhovka Reservoir during 2023–2024. Six key locations in the northeastern part of the former reservoir were surveyed, with soil classification by surface type and phytocenological research conducted, which allowed for the identification of the intensive development of pioneer vegetation. Its coverage increased from 23% in 2023 to 50–70% in 2024, with White Willow (*Salix alba* L.) and Black Poplar (*Populus nigra* L.) dominating among tree species in a 20:1 ratio. A total of 60 plant species were identified, including mosses, lichens, and algae. The density of White Willow thickets was 130–175 plants per 10 m<sup>2</sup>, and the biomass amounted to 21.97 t/ha.

The research findings are significant for understanding the processes of natural ecosystem recovery and the potential for phytoremediation of the area. Pioneer vegetation actively accumulates volume and biomass, binding pollutants such as heavy metals and petroleum products. Additionally, White Willow (*Salix alba* L.) exemplifies the ability of pioneer vegetation to sequester carbon intensively due to its rapid growth. Willow thickets, in particular, are of special interest due to their ability to purify soils and water and accumulate up to 293 tons of carbon per hectare, positively impacting the climate.

The research methodology included field surveys, aerial photography, satellite imagery analysis, soil studies, and biomass calculations. The findings highlight the importance of natural ecosystem recovery in terms of phytoremediation and phytomelioration. A significant number of invasive plant species were identified. The study underscores the necessity of monitoring newly formed ecosystems to forecast their transformation, vegetation dynamics, and to create databases for developing ecological restoration measures. The proposed methods can be applied to further evaluate the potential of these areas, model succession processes, and plan the sustainable use of restored landscapes. *Key words:* vegetation, biotopes, biomass, phytocenological studies, phytoremediation, ecosystem, phytomelioration, contamination.

**Постановка проблеми.** Знищення Каховського водосховища спричинило осушення територій, площа яких становить 2155 км<sup>2</sup>. Зникнення цієї штучної водойми спричинило кардинальні зміни в екосистемі, які потребують детального дослідження. Зокрема вже є певні відомості про те, що на дні цієї штучної водойми впродовж десятків років накопичувалися важкі метали, нафтопродукти та

поверхнево активні речовини [1]. Тому існують небезпідставні занепокоєння, що ці новоутворені території можуть бути джерелом певних екологічних загроз. Ці загрози можуть впливати як з фізичних властивостей ґрунтів дна колишнього Каховського водосховища, так і від їх хімічного вмісту.

**Актуальність дослідження.** Через зарегульованість та активну господарську діяльність

дно цієї рукотворної водойми впродовж майже 70 років відіграло роль своєрідного відстійника, де накопичувалися антропогенні забрудники [1, 3]. Тому, з огляду на масштабні геоecологічні зміни та потенційні загрози, було проведено попереднє дослідження окремих територій дна колишнього Каховського водосховища для визначення стану ґрунтів, їх основних типів та обстеження фітоценозів, що формуються на цих територіях. Також важливо оцінити фітомеліораційний та фіторемедіаційний потенціал рослинних угруповань які активно тут розвиваються [6–8].

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Дане дослідження має на меті зібрати необхідну інформацію для розуміння процесів, що відбуваються на дні колишнього Каховського водосховища. Воно також сприятиме прогнозуванню та моделюванню перебігу сукцесії та трансформації ґрунтів. Крім того, отримані результати є важливими для розуміння темпів накопичення біомаси і шляхів її перерозподілу. Це, в свою чергу, сприятиме формуванню уявлення про динаміку та масштаби транспорту забруднювальних речовин по трофічних ланцюгах новоутвореної екосистеми.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Усвідомлення необхідності вирішення накопичених людством екологічних проблем призвело до реалізації амбітних проектів поновлення природних річкових систем. Тому в США та країнах Євросоюзу реалізується і набирає обертів програма демонтажу гребель і осушення водосховищ. У зв'язку з цим постає багато питань що до запобігання ерозійним процесам на дні колишніх водосховищ. Американськими та європейськими вченими також активно вивчаються процеси відновлення екосистем, що існували до спорудження гребель.

В цілому, ці дослідження націлені на вивчення процесів відновлення екосистем та на екологічну безпеку і здоров'я людей [10]. В даному контексті важливими є питання фітомеліорації і фіторемедіації [6–9]. А також проблем забезпечення населення якісною прісною водою [12]. З огляду на динамічні зміни клімату активно вивчається потенціал швидкозростаючих видів деревної рослинності в процесах поглинання та зв'язування вуглецю [10]. Усе це потребує постійного детального моніторингу вказаних територій.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Через знищення Каховського водосховища російськими окупантами у червні 2023 року, проблеми екологічної безпеки постали особливо гостро на всьому півдні України. Вітчизняні науковці активно вивчають процеси, що відбуваються на дні колишнього водосховища, а також на прилеглих територіях. З огляду на війну більшість досліджень проводилося на правобережній частині цих

територій [4]. Тому, метою нашої роботи було більш детальне дослідження лівобережні ділянки дна колишнього Каховського водосховища.

**Новизна.** Проаналізовано 6 ділянок на північному сході дна колишнього Каховського водосховища. Простежено динаміку розвитку піонерської рослинності з 2023 по 2024 роки. Було зафіксовано інтенсивні процеси заліснення та залуження. Встановлено домінуючі види рослин та обчислено їх біомасу.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Результати дослідження слугуватимуть доповненням до вже існуючих відомостей про видовий склад та динаміку розвитку новітніх фітоценозів дна колишнього Каховського водосховища. На їх основі можна продовжити спостереження та подальшу оцінку фіторемедіаційних та фітомеліоративних властивостей піонерської рослинності. Запропонований метод обчислення біомаси демонструє результативність та легкість у розрахунках.

**Матеріали та методи дослідження.** Для збору даних використовували метод картографування з використанням супутникових знімків та аерофотозйомки. Польові обстеження включали піші експедиції та використання безпілотних систем. Фото та відеодокументування здійснювали для створення архіву стану ландшафтів.

Фітоценологічні дослідження охоплювали визначення видового складу піонерської рослинності та аналіз динаміки розвитку деревної і трав'яної рослинності. Для оцінки щільності рослинності застосовували метод квадратів і лінійних трас.

Обчислення біомаси проводили шляхом моделювання дерев як конусоподібних сегментів, оцінки об'єму, маси стовбура, гілок і кореневої системи, а також розрахунків підземної біомаси за емпіричними коефіцієнтами. Аналіз продуктивності біомаси виконували за допомогою тесту Valprovo [9]. Ґрунти класифікувалися за типом поверхні.

Запропоновані методи забезпечили комплексний аналіз змін ландшафтів та рослинності досліджуваної території.

**Викладення основного матеріалу.** Для локалізації оптимального місця досліджень з огляду на безпеку і перспективи було визначено кілька точок спостереження (рис. 1). А саме: Центральний пляж м. Запоріжжя – точка (L1), гирло річки Суха Московка – (L2), спортивна база Локомотив – (L3), с. Малокатеринівка неподалік ст. Канкринівка – (L4), протока Домаха навпроти с. Балабине – (L5), дно озера Качине на о. Хортиця – (L6). Усі ці локації, окрім (L5) та (L6), максимально збігаються з локаціями, які досліджували у 2023 році чеські колеги [1].

Для більшого охоплення та прискорення моніторингу і вибору оптимальних ділянок для досліджень, було проведено цілу низку піших експедицій в глибину новоутворених територій дна колишнього Каховського водосховища, а саме його північно-схід-

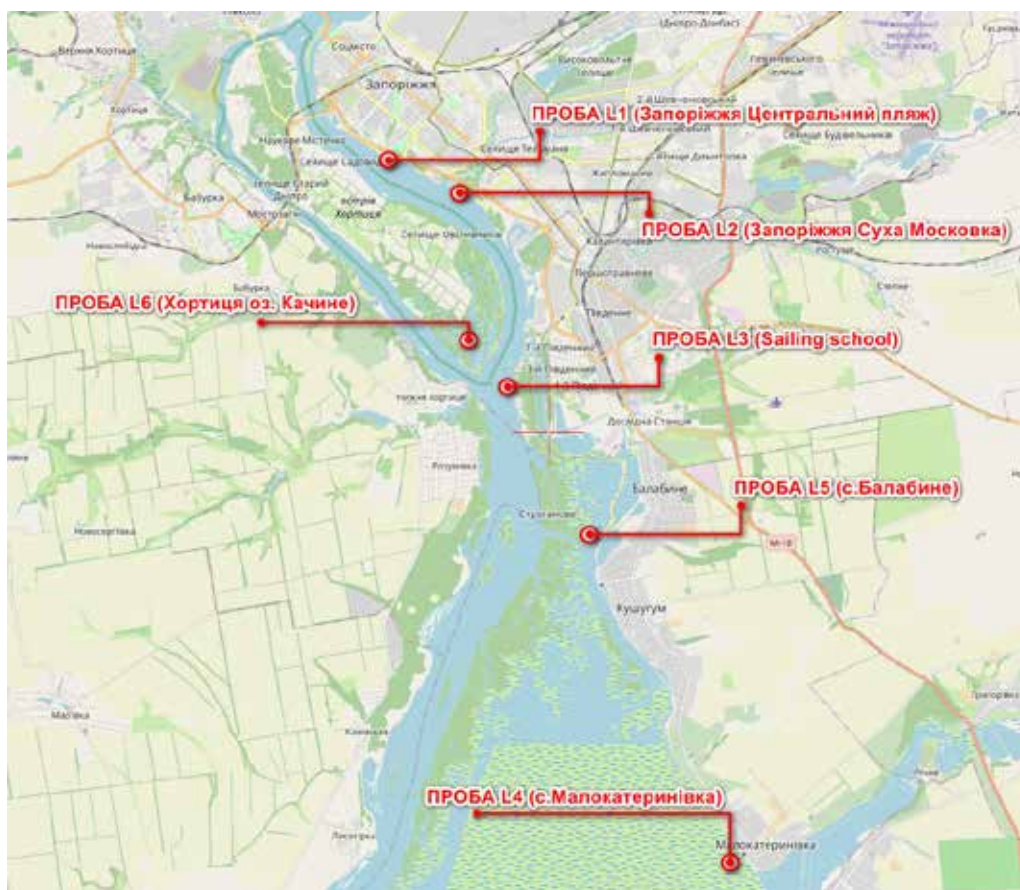


Рис. 1. Локалізація проб

ної частини. Оскільки значні території колишнього дна до цього часу залишаються важко доступними, то подекуди, проводилося спостереження з повітря із залученням безпілотних систем. Під час цих обстежень і відборів проб проводилося докладне фото- та відеодокументування.

В результаті аналізу зібраних даних було проведено класифікацію обстежених територій за типом ґрунту і визначено такі класи: водна поверхня (клас 1), піщано-галькові берегові ділянки (клас 2), мулисто-глинясті (сухі) поверхні (клас 3), волога мулисто-суглинкова поверхня (клас 4), первинна рослинність (клас 5) [2].

Простежуючи динаміку розвитку піонерської рослинності з 2023 по 2024 роки було визначено що у 2023 році тільки 23% обстежуваної території були вкриті піонерською рослинністю [2]. А у 2024 році новоутворені рослинні угруповання займали вже від 50% до 70% обстежених територій. Спостерігаються інтенсивні процеси заліснення та залуження. Однак, обстежені території демонструють значну мозаїчність ґрунтового покриву та рослинних угруповань. Найбільші площі займають угруповання Верби білої (*Salix alba* L.) та Тополі чорної (*Populus nigra* L.).

Ці деревні види демонструють високу щільність та приріст біомаси [4, 6]. Наприкінці вегетаційного періоду 2023 року висота цих молодих дерев стано-

вила 1,2–2,4 м, а наприкінці вегетаційного періоду 2024 року досягала вже 3,1–4,9 м [13]. Ці показники загалом збігаються з раніше зробленими вимірами наведеними в статті [4].

В результаті фітоценологічних досліджень було визначено загальний видовий склад піонерської рослинності. Було нараховано 60 видів рослин. Та як зазначено вище домінуючим видом деревної рослинності на всіх обстежених ділянках є Верба біла (*Salix alba* L.), що підтверджують попередні дослідження [4]. Другим за поширенням видом деревної рослинності є Тополя чорна (*Populus nigra* L.). Приблизне співвідношення цих видів складає 20:1 на користь верби. Інші деревні види зафіксовано в поодиноких екземплярах.

При огляді території північного лівобережжя колишнього Каховського водосховища та плавнів о. Хортиця, на мулисто-суглинкових поверхнях спостерігаються так звані «такири». Це фрагментований розділений глибокими тріщинами ґрунт (рис. 2), який фігурує у дослідженнях Якова Дідуха [4].

Глибина цих тріщин сягає 20–30 см. В них було знайдено кілька видів мохів та лишайників. А саме: Брій (*Bryum argenteum*), Зозулин Льон (*Polytrichum commune*), Сфагнум (*Sphagnum palustre*), Ксанторія (*Xanthoria parietina*), Пармелія (*Parmelia sulcata*), Кладонія (*Cladonia rangiferina*) та Леканора (*Lecanora spp.*). Також наприкінці осені 2024 року



Рис. 2. Ділянка дна з такирами (листопад 2024 року)

через рясні опади на цих грунтах спостерігався активний розвиток водоростей наступних відділів та класів: Хлорофіти (*Chlorophyta*), Ціанобактерії (*Cyanophyta*), Діатомові водорості (*Bacillariophyta*). Видовий склад зазначених водоростей потребує додаткового вивчення.

На відміну від деревної рослинності, що представлена автохтонними видами, серед трав'яної рослинності розповсюджені інвазивні види, зокрема Злинка Канадська (*Erigeron canadensis* L.), що подекуди утворює суцільні зарості.

До автохтонних домінантів трав'янистої рослинності належать Очерет звичайний (*Phragmites australis*) та Осока гостра (*Carex acuta*). В межах колишнього урізу води з трав'янистих видів домінують Портулак городній (*Portulaca oleracea* L.), Якірці колючі (*Tribulus terrestris*), Осот звичайний (*Sonchus oleraceus*), Осот жовтий (*Sonchus arvensis*) та Осот польовий (*Sonchus asper*). Кущова рослинність подекуди представлена Аморфою кущовою (*Amorpha fruticosa*) та спорадично Тамариксом галузистим (*Tamarix spp.*). Значні зарості Аморфи кущової зустрічаються на дні проток і на берегах, наближених до основного русла Дніпра.

На обстежених ділянках були проведені розрахунки щільності домінантної деревної рослинності. Так на одній з досліджуваних ділянок (L4), що біля с. Малокатеринівка було обраховано щільність заростів Верби білої (*Salix alba* L.), яка склала 130–175 рослин на 10 м<sup>2</sup>. Щільність була розрахована методом квадратів та лінійних трас.

На основі цих даних було обчислено біомасу Верби білої (*Salix alba* L.) на прикладі вже згада-

ної ділянки (L4), де біомаса цієї рослини складала близько 21,97 т/га.

Для обчислення біомаси молодих дерев Верби білої (*Salix alba* L.), було враховано кілька ключових параметрів: середню масу однієї рослини, їх кількість, а також формули, які використовуються для оцінки біомаси. Оцінка маси одного дерева верби проводилася за такими параметрами: вік 2 роки, висота 400 см, діаметр біля основи 4 см, посередині 2 см, і на кінці 0,5 см. Потрібно врахувати об'єм стовбура, щільність деревини та можливу масу гілок і коренів. Стовбур моделюємо як набір конусів. Формула для об'єму однієї конусоподібної секції:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot H}{3} \cdot \left( \frac{D_1^2 + D_1 D_2 + D_2^2}{4} \right)$$

де:

- $H$  – висота сегмента, м.
- $D_1, D_2$  – діаметри основ конуса, м.

Для дерева з діаметрами біля основи  $D_1 = 0,04$  м, посередині  $D_2 = 0,02$  м, та на кінці  $D_3 = 0,005$  м, потрібно виконати розрахунок об'єму для кожної секції. Наприклад, основа-середина та середина-кінець. Загальний об'єм дорівнює сумі об'ємів секцій.

Стовбур моделюємо як два окремих конусоподібних сегмента:

**Сегмент 1** – від основи до середини:

- Висота  $H_1 = 2$  м.
- Діаметри:  $D_1 = 0,04$  м,  $D_2 = 0,02$  м.

**Сегмент 2** – від середини до кінця:

- Висота  $H_2 = 2$  м.
- Діаметри:  $D_2 = 0,02$  м,  $D_3 = 0,005$  м.

Об'єм сегмента 1:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 2}{3} \cdot \left( \frac{0,04^2 + 0,04 \cdot 0,02 + 0,02^2}{4} \right)$$

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 2}{3} \cdot \left( \frac{0,0016 + 0,0008 + 0,0004}{4} \right) = \\ = \frac{\pi \cdot 2}{3} \cdot 0,0007 \approx 0,00147 \text{ м}^3$$

Об'єм сегмента 2:

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 2}{3} \cdot \left( \frac{0,02^2 + 0,02 \cdot 0,005 + 0,005^2}{4} \right)$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 2}{3} \cdot \left( \frac{0,0004 + 0,0001 + 0,000025}{4} \right) = \\ = \frac{\pi \cdot 2}{3} \cdot 0,00013125 \approx 0,000275 \text{ м}^3$$

**Загальний об'єм стовбура:**

$$V \text{ загальний} = V_1 + V_2 = 0,00147 + 0,000275 = 0,001745 \text{ м}^3.$$

Маса стовбура обчислюється за формулою:

$$M \text{ стовбура} = V \text{ загальний} \cdot \rho$$

де  $\rho$  – щільність деревини верби = 500 кг/м<sup>3</sup>

$$M \text{ стовбура} = 0,001745 \cdot 500 = 0,8725 \text{ кг.}$$

**Оцінка маси гілок:**

За емпіричними даними маса гілок становить близько 30% маси стовбура [14]:

$$M \text{ гілок} = 0,8725 \cdot 0,3 \approx 0,26175 \text{ кг.}$$

Середня маса одного дерева становить:

$$M \text{ загальна} = M \text{ стовбура} + M \text{ гілок} = 0,8725 + 0,26175 \approx 1,13 \text{ кг.}$$

Для отримання загальної біомаси обчислюємо об'єм коренів середньостатистичної рослини Верби білої (*Salix alba* L.). Як відомо співвідношення надземної і підземної біомаси для багатьох видів дерев

становить від 1:4 до 1:5. Це означає, що об'єм коренів можна оцінити як частку від загального об'єму стовбура і гілок:

$$V \text{ коренів} = V \text{ загальний} \cdot K,$$

де  $K$  – емпіричний коефіцієнт, який зазвичай становить 0,2–0,25 [6,8].

Тобто середня біомаса кореневої системи одного дерева становить:

$$M \text{ корені} = M \text{ надземна} \cdot 0,25 = 1,13425 \cdot 0,25 \approx 0,28356 \text{ кг.}$$

Отже середня біомаса одного дворічного дерева Верби білої (*Salix alba* L.) обраховується за наступною формулою:

$$M \text{ загальна} = M \text{ надземна} + M \text{ корені} = 1,13425 + 0,28356 = 1,41781 \text{ кг.}$$

Вага біомаси Верби білої (*Salix alba* L.) з урахуванням середньої щільності 15500 рослин на 1000 м<sup>2</sup> може становити:

$$M 1000 = M \text{ однієї рослини} \cdot N1000$$

$$M 1000 = 1,41781 \cdot 15500 \approx 21976,05 \text{ кг.} = \mathbf{21,976 \text{ тон на 1 га.}}$$

Ці обчислення збігаються з даними наведеними у нижче наведеній таблиці [9]. Також подібні дані представлені і в статті [6].

Дослідження проводилися за допомогою тесту Valprovo, який використовується для оцінки продуктивності біомаси та вуглецевого балансу рослин [9].

На рис. 3 і в табл. 1 показано загальну продуктивність біомаси досліджуваних клонів деревовидних верб у тесті Valprovo в першій і другій послідовних дворічних ротаціях. У перші роки досліджень (у віці 2/3 років) середня продуктивність біомаси становила 19,1 т·ДМ·га·рік з коливаннями від 10,4 (клон 'V 052') до 25,7 т·ДМ·га·рік (клон 'V 95'). У наступній ротації (вік 2/5 років) середня продуктивність становила 20,6 т·ДМ·га і варіювала від 15,2 (клон 'V 461') до 25,0 т·ДМ·га (клон 'V 578')

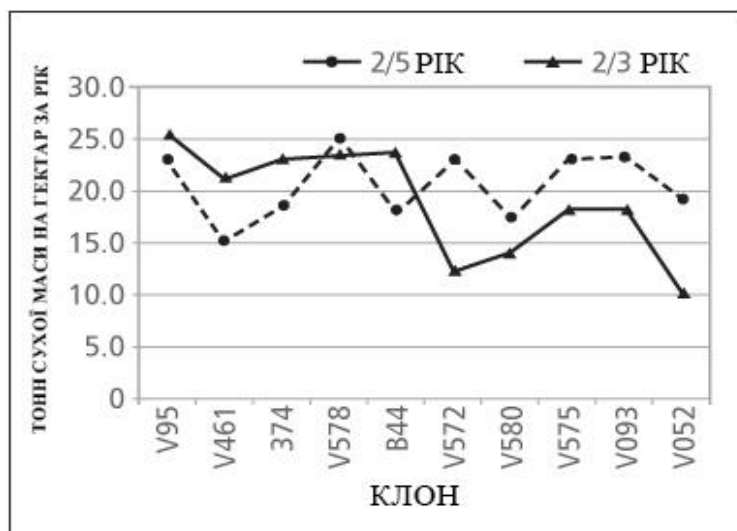


Рис. 3. Виробництво біомаси досліджуваних клонів верби у тесті Valprovo за два послідовні періоди сівозмінів (2/3 та 2/5 років)

## Середнє виробництво біомаси досліджуваних клонів верби (тест Valprovo)

| №                | Клон    | Ботанічна назва                                     | Середня суха біомаса<br>(тони сухої маси на гектар за рік) |             |
|------------------|---------|---|--|-------------|
|                  |         |   | 2/3 роки   | 2/5 роки    |
| 1                | 'В 44'  | <i>Salix alba</i>                                   | 23,8   | 18,2        |
| 2                | 'V 093' | <i>(S. alba × S. alba var. vitellina) × S. alba</i> | 18,5   | 23,5        |
| 3                | 'V 052' | <i>S. alba var. calva × S. alba</i>                 | 10,4   | 19,3        |
| 4                | 'V 374' | <i>S. matsudana × (S. matsudana × S. alba)</i>      | 22,9   | 18,8        |
| 5                | 'V 461' | <i>S. matsudana × (S. matsudana × S. alba)</i>      | 24,0   | 15,2        |
| 6                | 'V 95'  | <i>Salix alba</i>                                   | 25,7   | 23,1        |
| 7                | 'V 580' | <i>S. matsudana × unknown</i>                       | 14,3   | 17,4        |
| 8                | 'V 572' | <i>(S. matsudana × S. alba) × unknown</i>           | 12,2   | 23,0        |
| 9                | 'V 578' | <i>S. matsudana × unknown</i>                       | 23,3   | 25,0        |
| 10               | 'V 575' | <i>S. matsudana × unknown</i>                       | 18,3   | 23,0        |
| Середнє значення |         |   | <b>19,1</b>  | <b>20,6</b> |

[9]. Що також підтверджує правильність наших обчислень.

**Головні висновки.** Виходячи з наведених обчислень можна стверджувати, що піонерська рослинність розвивається напрочуд активно і вже накопичила значну біомасу, яка вже зв'язала чимало забруднювальних речовин та спричиняє фітомеліоративний ефект. До того ж, варто оцінити і те, що в середньому (*Salix alba* L.) може накопичувати до 292,98 тон вуглецю на 1 га. з ґрунту і близько 1075,24 тон CO<sub>2</sub> на 1 га з атмосфери [10]. Це має спричинити певні кліматичні зміни, оскільки відомо, що підвищені викиди вуглецю, зазвичай призводять до дефіциту води та погіршенню якості прісної води [12].

В ході досліджень встановлено, що серед деревної рослинності домінуючими є автохтонні види. Серед трав'яної рослинності також домінують автохтони але зі значними вкрапленнями інвазивних видів.

Особливий інтерес становлять значні площі вербових заростів, які відомі своїми фіторемедіаційними властивостями, що застосовуються для очищення забрудненої води, ґрунтових вод, ґрунту, осаду та мулу [11].

Що до трав'яної рослинності, то на цій ділянці найчастіше траплявся Очерет звичайний (*Phragmites australis*) який також має аналогічні властивості.

Дослідження показали формування таких типів біотопів: водні, пляжі та дюни, прибережно-болотні

та чагарниково-лісові. Лучно-степові біотопи з домінуванням злакових на теперішній час (2024 р.) не простежуються. Найбільші площі обстежених територій займають молоді чагарниково-лісові угруповання. В ході обстежень зафіксовано інтенсивний розвиток піонерської рослинності та зникнення більшості не вкритих рослинністю ділянок. Це нівелює можливі ерозійні процеси та має позитивно впливати на загальне покращення і очищення ґрунтів [6, 7].

**Перспективи використання результатів дослідження.** Одержані результати вказують на перспективність вивчення заростів Верби білої (*Salix alba* L.) та Очерету звичайного (*Phragmites australis*). Зокрема, для визначення подальшої динаміки утворення біомаси та темпів формування новітніх біоценозів. А також впливу цих фітоценозів на фіторемедіацію та фітомеліорацію.

Ці дослідження можуть лягти в основу створення баз даних, які дозволять розробляти та застосовувати нові методики досліджень і створювати максимально точні прогнози щодо можливих варіантів використання цих територій. Важливим напрямком є подальше вивчення процесів за участю Верби білої та інших деревних та трав'яних видів рослин. Також є необхідним досліджувати всі зазначені процеси саме в довготривалій динаміці для побудови реалістичних моделей та подальшого точного прогнозування подій.

## Література

- Petrлік J., Jelínek N., Černochová M., Skalský M., Polák M., Angurets O., Kushch M. First research of the contamination of the sediments from Kakhovka Reservoir. Arnika. 2023. URL: <https://cleanair.org.ua/en/publication/first-research-of-the-contamination-of-the-sediments-from-kakhovka-reservoir> (дата звернення: 20.12.2024).
- Кагастрофа Каховського водосховища: свідчать супутникові знімки / За заг. ред. члена-кореспондента НАН України М. Попова. Київ: ТОВ «Українська Картографічна Група», 2024. 92 с.
- Rapid Environmental Assessment of Kakhovka Dam Breach Ukraine, 2023. DOI: 10.59117/20.500.11822/43696. URL: [https://ceobs.org/wp-content/uploads/2023/10/Kakhovka\\_Dam\\_Breach\\_Ukraine\\_Assessment.pdf](https://ceobs.org/wp-content/uploads/2023/10/Kakhovka_Dam_Breach_Ukraine_Assessment.pdf) (дата звернення: 20.12.2024).

4. Kuzemko A., Moisienko I., Didukh Y. Reach the bottom: plant cover of the former Kakhovka Reservoir, Ukraine. ResearchGate. 2024. URL: [https://www.researchgate.net/publication/379551428\\_Reach\\_the\\_bottom\\_plant\\_cover\\_of\\_the\\_former\\_Kakhovka\\_Reservoir\\_Ukraine](https://www.researchgate.net/publication/379551428_Reach_the_bottom_plant_cover_of_the_former_Kakhovka_Reservoir_Ukraine) (дата звернення: 20.12.2024).
5. Gupta A., Singh N. B., Choudhary P., Sharma J. P., Sankhayan H. P. Estimation of Genetic Variability, Heritability and Genetic Gain for Wood Density and Fibre Length in 36 Clones of White Willow (*Salix Alba L.*). International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology. 2014. Т. 7. № 2. DOI: 10.5958/2230-732x.2014.00247.2.
6. Almuktar S.A.A.A.N., Abed S.N., Scholz M. Biomass Production and Metal Remediation by *Salix alba L.* and *Salix viminalis L.* Irrigated with Greywater Treated by Floating Wetlands. Environments. 2024. Т. 11. № 44. DOI: 10.3390/environments11030044.
7. Janssen J., Weyens N., Croes S., Beckers B., Meiresonne L., Van Peteghem P., Carleer R., Vangronsveld J. Phytoremediation of Metal Contaminated Soil Using Willow: Exploiting Plant-Associated Bacteria to Improve Biomass Production and Metal Uptake. International Journal of Phytoremediation. 2015. Т. 17. № 11. DOI: 10.1080/15226514.2015.1045129.
8. Rasool T., Srivastava V. C., Khan M. N. S. Bioenergy Potential of *Salix alba* Assessed Through Kinetics and Thermodynamic Analyses. Process Integration and Optimization for Sustainability. 2018. Т. 2. № 3. DOI: 10.1007/s41660-018-0040-7.
9. Kajba D., Andrić I. Selection of Willows (*Salix sp.*) for Biomass Production. URL: <https://www.seefor.eu/vol-5-no-2-kajba-et-al-selection-of-willows-salix-sp-for-biomass-production.html> (дата звернення: 20.12.2024).
10. Mushtaq S. M., Masoodi T. H., Khan P. A., Parrey G. N. Biomass Production and Carbon Sequestration Potential of *Salix alba* Plantations under Temperate Conditions of Kashmir (India). International Journal of Pharma and Bio Sciences. 2014. Т. 5. № 2.
11. Zalesny R.S., Headlee W.L., Gopalakrishnan G., Bauer E.O., Hall R.B., Hazel D.W., Isebrands J.G., Licht L.A., Negri M.C., Nichols E.G. et al. Ecosystem services of poplar at long-term phytoremediation sites in the Midwest and Southeast, United States. Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment. 2019. Т. 8. DOI: 10.1002/wene.349.
12. UN Water. Coping with Water Scarcity—A Strategic Issue and Priority for System—Wide Action. UN Water Thematic Initiatives. Geneva, Switzerland, 2006.
13. Олійник П. О. Моніторинг стану новоутворених біотопів та складу ґрунтів дна Каховського водосховища. Актуальні питання суспільства у сферах екологічної та цивільної безпеки, енергозбереження, менеджменту та економіки: матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф. Запоріжжя: ЗНУ, 2024. С. 60–62. URL: [https://www.znu.edu.ua/i\\_znu/nauka/2024/aktualni-rytannya/zbirnyk\\_24.pdf](https://www.znu.edu.ua/i_znu/nauka/2024/aktualni-rytannya/zbirnyk_24.pdf) (дата звернення: 20.12.2024).
14. Cunniff J., Purdy S. J., Barraclough T. J. P., Castle M., Maddison A. L., Jones L. E., Shield I. F., Gregory A. S., Karp A. High yielding biomass genotypes of willow (*Salix spp.*) show differences in below ground biomass allocation. Biomass and Bioenergy. 2015. Т. 80. DOI: 10.1016/j.biombioe.2015.04.020.