

27. Rajamanickam V. Effect of heavy metals induced toxicity on metabolic biomarkers in common carp (*Cyprinus carpio* L.) / V. Rajamanickam, N. Muthuswamy // Maejo Intern J Sci Technol. — 2008. — Vol. 2, № 1. — P. 192—200.
28. Mukherjee S. Acclimation Induced Responses of SDH Activity of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) Following Introduction in a New Pond Habitat / S. Mukherjee, Ch. Pradhan, B.B. Jana / Journal of Applied Aquaculture. — 2009. — Vol. 21, № 3. — P. 169 —182.
29. Romanenko V.D. Kal'tsiy i fosfor v zhiznedeiatel'nosti gidrobiontov. / V.D. Romanenko, O.M. Arsan, V.D. Solomatina. — K.: Naukova dumka — 1982. — 152 s. (in Russian).

*K. Kofonov, O.S. Potrokhov, O.G. Zinkovskiy*  
 Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine, Ukraine

**THE INFLUENCE OF AMMONIUM NITROGEN ON THE BIOCHEMICAL PARAMETERS OF YOUNG PRUSSIAN CARP (*CARASSIUS AURATUS GIBELIO* B.)**

The influence of elevated ammonium nitrogen concentrations on the physiological and biochemical state of young Prussian carp (*Carassius auratus gibelio* B.) has been studied. It was established that fish under the influence of increased concentrations of ammonium nitrogen in water is in a state of chronic toxic stress. At the same time, their biochemical state changes significantly. Stress reactions increase the intensity of metabolic processes in the muscles and gills of Prussian carp, accompanied by the use of a significant amount of energy-intensive compounds, in particular glycogen and protein, to adequately provide energy to counteract the harmful effects of the toxicant. First, as the concentration of ammonium ions increases a slight increase in protein content occurs, followed by a decrease in the tissues of the muscles and gills, with a decrease in the content of glycogen in them. This indicates an increase in the development of stress reactions, as the main mechanisms of protection, the prevention of toxicity and related energy costs associated with these processes. With chronic effects of increased concentration of ammonium nitrogen, glucose levels in blood plasma increase due to the cleavage of glycogen.

Changes in the activity of energy metabolism enzymes (LDH and SDH) in fish tissues during prolonged exposure to high concentrations of toxicants indicate a partial transition of metabolism to anaerobic processes. These reactions are characterize the course of metabolic processes aimed at fish adaptation to environmental conditions.

*Key words: prussian carp, fish juvenile, ammonium nitrogen, adaptation, protein, lipids, glycogen, glucose, LDH, SDH*

Надійшла 27.12.2018.

УДК: 574.63

doi:10.25128/2078-2357.19.1.8

<sup>1</sup>О.М. МІХЄЄВ, <sup>1</sup>О.В. ЛАПАНЬ, <sup>2</sup>С.М. МАДЖД

<sup>1</sup>Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України  
 вул. Академіка Заболотного, 148, Київ, 03143

<sup>2</sup>Національний авіаційний університет  
 просп. Космонавта Комарова, 1, Київ, 03680  
 e-mail: k.lapan@ukr.net

**БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ВІД <sup>137</sup>Cs**

Розроблено мобільну конструкцію біоплато для доочищення водних об'єктів від радіонуклідів. Проведено порівняльне дослідження ефективності очищення наземними рослинами водного середовища на прикладі іонів <sup>137</sup>Cs. Представлені результати математичного моделювання динаміки накопичення <sup>137</sup>Cs в системі «експериментальна водойма – біоплато».

Ключові слова: фітодезактивація, біоплато, наземні рослини,  $^{137}\text{Cs}$

В результаті антропогенної діяльності внаслідок випробування і застосування у військових цілях ядерної зброї, розвитку атомної енергетики, широкого використання джерел іонізуючого випромінювання у медицині, техніці та інших сферах діяльності почало прогресувати забруднення довкілля, у тому числі гідросфери, штучними радіонуклідами [2].

Як відомо, одним із дозоформуючих радіонуклідів являється  $^{137}\text{Cs}$ , що чинить канцерогенний вплив на всі живі організми водних екосистем. Радіоізотоп  $^{137}\text{Cs}$  є одним з найбільш небезпечних серед довгоживучих радіонуклідів, який має великий період напіврозпаду ( $T_{1/2} \approx 30$  років), високу радіотоксичність ( $\beta$ - і  $\gamma$ -випромінювач) і підвищену розчинність у водних середовищах, що сприяє його інтенсивній геохімічній рухливості та ускладнює вилучення з водних об'єктів [1, 6]. Саме тому очищенню водних об'єктів від іонів  $^{137}\text{Cs}$  приділяють особливу увагу.

Забруднені іонами  $^{137}\text{Cs}$  стічні води, які проходять традиційну фізико-хімічну очистку, в недостатній мірі очищаються і не задовольняють більшість критеріїв якості води, яка скидається у водні об'єкти [3]. І тому важливим завданням являється доочищення водних об'єктів до необхідних нормативів за мінімальні фінансові витрати.

Біологічні методи очищення вод із застосуванням фітотехнологій, що засновані на використанні процесів природного самоочищення водних об'єктів, з використанням вищих водних рослин (ВВР) та водної біоти на сьогодні є найбільш раціональним рішенням поставленого завдання [8, 9].

На цій основі був розроблений новий тип очищення поверхневих водойм, заснований на використанні екосистемних механізмів, який в Україні отримав назву «біоплато», в Німеччині – «ботанічні майданчики», в Великобританії – «очеретяне ложе». У світовій науковій літературі найбільш поширеною назвою для водоочисних споруд такого типу є термін «Constructed Wetlands» або «Artificial Wetlands» [10-11].

Аналіз літературних джерел свідчить, що не тільки вищі водні рослини характеризуються високими коефіцієнтами накопичення, але й наземні рослини в умовах водної культури мають таку ж здатність до акумуляції токсичних речовин. Основними перевагами цього методу є низька енергоємність, високий ступінь очищення, висока ефективність, екологічність та здатність акумулювати радіонукліди [5, 7].

Мета роботи – розробка нової конструкції біоплато для доочищення водних об'єктів від іонів  $^{137}\text{Cs}$ .

У ході розробки конструкції біоплато з використанням наземних рослин, що мають максимальну здатність до накопичення радіонуклідів, були поставлені і вирішені наступні завдання:

- визначення поглинальної здатності біоплато з рослинами вівса та вівсяниці щодо іонів  $^{137}\text{Cs}$ ;
- моделювання динаміки накопичення  $^{137}\text{Cs}$  в системі «експериментальна водойма – рослини (біоплато)».

### Матеріал і методи досліджень

Для роботи були використані насіння: вівса посівного (*Avena sativa*) – однорічна рослина сімейства Злаки (*Poaceae*) та вівсяниці лучної (*Festuca pratensis*) – рід квіткових рослин з сімейства Бобові (*Fabaceae*).

Методика конструювання біоплато зводилася до: на дно кювети розміром 21×2,5×2,5 см розміщували сітку; в кювету додавали шар гранульованого пінопласту завтовшки 1,5 см; зверху пінопласту насипали шар перліту (70 см<sup>3</sup>); в кювету наливали 100 мл відстояної водопровідної води; пульверизатором зволожували поверхню субстрату; розміщували на поверхні насіння вівсяниці (5 см<sup>3</sup>), вівса (20 см<sup>3</sup>) і розміщували їх в термостаті при  $t = 24$  °C.

Культивування рослин на розчині  $^{137}\text{Cs}$  проводили в 0,5-літрових скляних ємностях, які попередньо обробляли протягом 3 діб 0,1 М розчином хлориду цезію з метою запобігання сорбції іонів  $^{137}\text{Cs}$  внутрішньою поверхнею ємностей. Використовували відстояну водопровідну воду. Один раз на добу розчин  $^{137}\text{Cs}$  переливали в посудину Марінеллі для

визначення питомої активності радіонукліда за допомогою гамма-спектрометра СЕГ-001 «АПК-С»-63. Вихідна питома активність  $^{137}\text{Cs}$  становила 3,0 кБк/л, яка за даними попередніх дослідів не викликала помітного впливу на ріст і розвиток рослин. Вимірювання питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  проводили до похибки вимірювання 3,8 %.

Ступінь очищення водного середовища від  $^{137}\text{Cs}$  ( $CO$ , %) розраховували наступним чином:

$$CO = \frac{(C_0 - C_p)}{C_0} \cdot 100 \quad ,$$

де  $C_0$ ,  $C_p$  – відповідно активність іонів  $^{137}\text{Cs}$  у вихідному розчині і в розчині після сорбції, кБк/л.

Для опису перенесення і міграції  $^{137}\text{Cs}$  в екосистемі «експериментальна водойма – рослини» застосовували метод камерних моделей, де весь ланцюг перенесення радіонуклідів ділять на камери, а взаємодію між ними задають за допомогою коефіцієнтів [4].

### Результати досліджень та їх обговорення

Результати перевірки сорбційних властивостей рослин вівса щодо іонів  $^{137}\text{Cs}$  представлені на рис. 1.

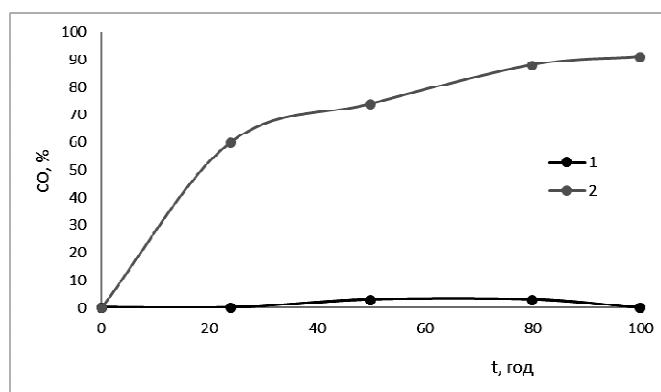


Рис. 1. Динаміка поглинання  $^{137}\text{Cs}$  біоплато з рослинами вівса (2) та без них (1),  $C_0=3,0$  кБк/л

Наше дослідження показало, що вже через двадцять годин рівень вихідної активності  $^{137}\text{Cs}$  зменшився більше, ніж в два рази, а через 80 годин ступінь очищення води від радіонукліду склав близько 90 %, що відбувалося лише за рахунок поглинальної здатності рослин вівса, адже у варіанті біоплато без рослин активність розчину майже не змінювалась.

Враховуючи отримані результати, було прийнято рішення дослідити сорбційні властивості рослин вівсяниці щодо іонів  $^{137}\text{Cs}$  (рис. 2).

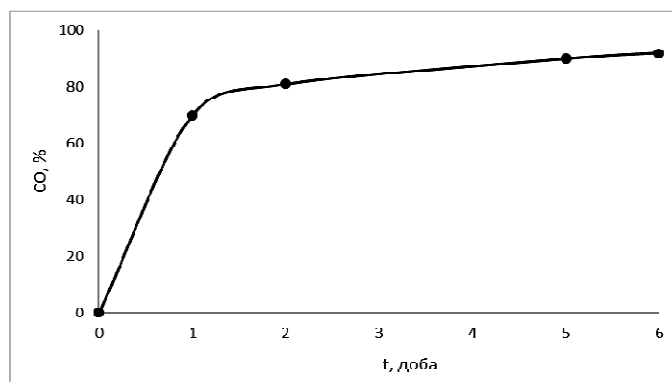


Рис. 2. Динаміка поглинання  $^{137}\text{Cs}$  біоплато з рослинами вівсяниці,  $C_0=3,0$  кБк/л

Було встановлено, що вже через одну добу ступень очищення водного середовища від  $^{137}\text{Cs}$  склав 70 %, а на п'яту та шосту добу спостереження – цей показник варіював близько 92 %.

На рис. 3 представлені результати математичного моделювання динаміки накопичення  $^{137}\text{Cs}$  в системі «експериментальна водойма – рослини (біоплато)».

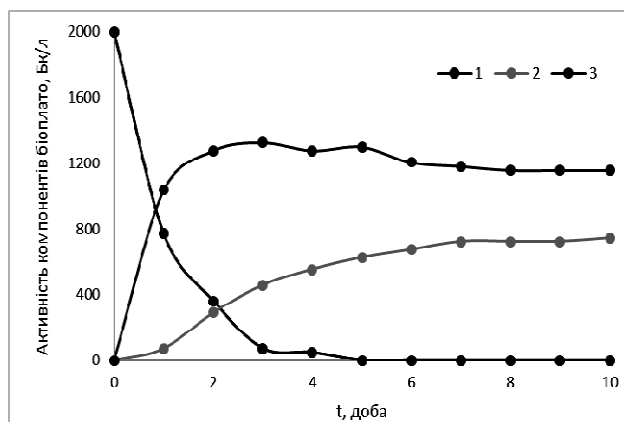


Рис. 3. Результати моделювання динаміки накопичення  $^{137}\text{Cs}$  в системі «експериментальна водойма – біоплато»: 1 – активність  $^{137}\text{Cs}$ , 2 – корені, 3 – стебла,  $C_0=2,0$  кБк/л

З аналізу рис. 3 випливає, що активність  $^{137}\text{Cs}$  в середовищі різко зменшується. Очевидно, що іони  $^{137}\text{Cs}$  поглинаються кореневою системою, а потім поступово «перекачуються» в стеблову частину рослин, що ми і спостерігали в експерименті. Дана модель дозволяє прогнозувати (передбачати) поведінку системи в діапазоні концентрацій, що не досліджували в експерименті, а також визначати подальші етапи поведінки з біоплато при здійсненні технології очищення – яку частину рослин (або все біоплато) видаляти в певний момент часу.

### Висновки

Таким чином, для очищення водних об'єктів від іонів  $^{137}\text{Cs}$  розроблено нову плаваючу конструкцію біоплато, біотичною складовою якої є наземні рослини. Вперше проведено серію досліджень з перевірки сорбційних властивостей рослин біоплато щодо іонів  $^{137}\text{Cs}$ . Встановлено, що за допомогою рослин вісяниці лучної ступінь очищення водного середовища склав 93 %.

З точки зору застосування біоплато в реальних умовах можна сказати, що передбачається або вилучати цілком біоплато з водойми з подальшим його озоленням (спалюванням) або здійснювати періодичні скошування зеленої маси рослин, яку також в подальшому піддавати озоленню з метою концентрування  $^{137}\text{Cs}$ .

1. Волкова О.М. Параметри розподілу радіонуклідів у водоймах різного трофічного статусу / О.М. Волкова, В. В. Беляєв, О. О. Пархоменко, С. П. Пришляк // Природа Західного Полісся та прилеглих територій. — 2014. — № 11. — С. 127—132.
2. Вплив радіонуклідного забруднення на гідробіонтів зони відчуження. Радіонукліди у водних екосистемах України / М.І. Кузьменко, В.Д. Романенко, В.В. Деревець і ін. — К.: Чорнобиль-інтерінформ, 2001. — 318 с.
3. Романенко В.Д. Гідроекологічна безпека атомної енергетики України / [В.Д. Романенко, М.І. Кузьменко, С.О. Афанасьєв та ін. ] // ISSN 0372-6436. Вісн. НАН України. — 2012. — № 6. — С. 41—51.
4. Кутлахмедов Ю.А. Аналіз ефективності контрзаходів для захисту екосистем на схилі ландшафтах методом камерних моделей. Вісник Національного авіаційного університету / Кутлахмедов Ю.А., Петрусенко В.П. — 2006. — № 4. — С. 163—165.
5. Маджд С.М. Досвід експлуатації гідрофітних споруд в Україні та світі / Маджд С.М. // Наукоємні технології. — 2016. — № 2. — С. 228—231.

6. Мірзоева Н.Ю. Потоки міграції і депонування післяаварійних радіонуклідів  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  у різних районах Чорного моря (елементи біогеохімічних циклів) / [Н. Ю. Мірзоева, С. Б. Гулін, С.І. Архіпова та ін. ] // Наукові праці [Чорноморського державного університету імені Петра Могили]. Сер.: Техногенна безпека. — 2013. — Т. 210, Вип. 198. — С. 45—51.
7. Міхєєв О.М. Адаптація гідрофітної системи для очистки стічних вод підприємств цивільної авіації / О.М. Міхєєв, С.М. Маджд, О.І. Семенова, Т.І. Дмитруха // Хімія і технологія води. — 2015. — № 3 — С. 574—581.
8. Крот Ю.Г. Высшие растения в биотехнологии очистки поверхностных и сточных вод / Крот Ю.Г. // Гидробиол. журн. — 2006. — 42, № 1. — С. 47—61.
9. Оксьюк О. П. Биоплато и его применение на каналах / О.П. Оксьюк, Г.Н. Олейник // Гидротехника и мелиорация. — 1990. — № 8. — С. 66—70.
10. Yammer D.A. Designing constructed wetlands system to treat agricultural nonpointsource pollution // Ecol. Eng. — 1992. — 1. — P. 49—82.
11. Wolverton B., Duffer W. Microorganisms and higher plants for wastewater treatment / B. Wolverton, W. Duffer // J. Environ. Qual. — 1998. — 12. — P. 236—242.

## References

1. Volkova O.M. Parametry rozpodilu radionuklidiv u vodoymakh riznoho trofichnoho statusu / O.M. Volkova, V. V. Beliaiev, O. O. Parkhomenko, S. P. Pryshliak // Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylyehlykh terytoriy. — 2014. — No 11. — S. 127-132. (in Ukrainian).
2. Vplyv radionuklidnoho zabrudnennia na hidrobiontiv zony vidchuzhennia. Radionuklidy u vodnykh ekosystemakh Ukrainy / M.I.Kuz'menko, V.D.Romanenko, V.V.Derevets' i in. - K.: Chornobyl'-interinform, 2001. — 318 s. (in Ukrainian).
3. Romanenko V.D. Hidroekolohichna bezpeka atomnoi enerhetyky Ukrainy / V.D. Romanenko, M.I. Kuz'menko, S.O. Afanas'iev, D.I. Hudkov, P.M. Lynnyk, O.O. Protasov, V.M. Tymchenko, V.I. Yuryshynets', V.M. Yakushyn // ISSN 0372-6436. Visn. NAN Ukrainy. — 2012. — No 6. — S. 41-51. (in Ukrainian).
4. Kutlakhmedov Yu.A., Petrusenko V.P. Analiz efektyvnosti kontrzakhodiv dlia zakhystu ekosystem na skhylovykh landshaftakh metodom kamernykh modeley. Visnyk Natsional'noho aviatsiynoho universytetu. — 2006. — No 4. — S. 163–165. (in Ukrainian).
5. Madzhd S.M. Dosvid ekspluatatsii hidrofitnykh sporud v Ukraini ta sviti // Naukoiemni tekhnolohii. — 2016. — No2. — S. 228–231. (in Ukrainian).
6. Mirzoieva N.Yu. Potoky mihratsii i deponuvannia pisliaavariynykh radionuklidiv  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  u riznykh rayonakh Chornoho moria (elementy bioheokhimichnykh tsykliv) / N. Yu. Mirzoieva, S. B. Hulin, S.I. Arkhipova, N. F. Korkishko, L. V. Mihal', I. M. Mosieychenko, I. H. Sydorov // Naukovi pratsi [Chornomors'koho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly]. Ser.: Tekhnohenna bezpeka. — 2013. — T. 210, Vyp. 198. — S. 45-51.
7. Mikhieiev O.M. Adaptatsiia hidrofitnoi systemy dlia ochystky stichnykh vod pidpriemstv tsyvil'noi aviatsii / O.M. Mikhieiev, S.M. Madzhd, O.I. Semenova, T.I. Dmytrukha // Khimiia i tekhnolohiia vody. — 2015. — No3 — S.574—581. (in Ukrainian).
8. Krot Yu.H. Vysshye rasteniya v byotekhnolohyy ochystky poverkhnostnykh y stochnykh vod // Hydrobiol. zhurn. — 2006. — 42, No1. — S. 47—61. (in Russian).
9. Oksyiuk O. P. Byoplato y eho pryomenenye na kanalakh / O.P. Oksyiuk, H.N. Oleynyk // Hydrotekhnika y melioratsiya. — 1990. — No8. — S. 66–70. (in Russian).
10. Yammer D.A. Designing constructed wetlands system to treat agricultural nonpointsource pollution // Ecol. Eng. — 1992. — 1. — P. 49–82.
11. Wolverton B., Duffer W. Microorganisms and higher plants for wastewater treatment / B. Wolverton, W. Duffer // J. Environ. Qual. — 1998. — 12. — P. 236–242.

*O.M. Mikheyev, O.V. Lapan, S.M. Madzhd*

Institute of Cell Biology and Genetic Engineering NAS of Ukraine  
National Aviation University, Ukraine

## BIOLOGICAL PURIFICATION OF WATER OBJECTS FROM $^{137}\text{Cs}$

A mobile bio plateau design has been developed for water's bodies purification from radionuclides. To construct bio plateau chemically inert floating material was used as the substrate granular foam on top of which the seeds of higher terrestrial plants were placed. Constructed bio plateau on the 9th day

of incubation were placed into tanks with a solution of  $^{137}\text{Cs}$  to study the cleaning efficiency of terrestrial plants to the aquatic environment. Once a day, the solution of  $^{137}\text{Cs}$  was poured into Marinelli's vessel to determine the specific activity of the radionuclide using a gamma spectrometer. A comparative study of the cleaning efficiency of terrestrial plants of the aquatic environment on the example of  $^{137}\text{Cs}$  ions has been carried out. The results of mathematical modeling of the dynamics of accumulation of radioactive cesium in the "experimental reservoir – bio plateau" system was presented.

*Key words:* phyto-deactivation, bio plateau, terrestrial plants,  $^{137}\text{Cs}$

Надійшла 07.12.2018.

УДК 581.524.13

doi:10.25128/2078-2357.19.1.9

Г.Г. МОСКАЛИК, У.В. ЛЕГЕТА

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
вул. М. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012  
e-mail: g.moskalyk@chnu.edu.ua

## **АЛЕЛОПАТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕЯКИХ ІНВАЗІЙНИХ ВИДІВ РОСЛИН-ТРАНСФОРМЕРІВ**

Здійснено аналіз алелопатичних властивостей трав'яних інвазійних видів-трансформерів, які зростають у м. Чернівці. Використано метод біопроб із застосуванням *Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers. Доведено, що досліджені інвазійні види володіють алелопатичною активністю. Показано, що посівні якості насіння біотеста найбільш інтолерантні до впливу алелохімікатів видів-трансформерів. На основі аналізу впливу витяжок досліджених інвазійних видів на біометричні показники біотесту встановлено, що довжина кореня *R. sativus* var. *radicula* Pers. – чутливий показник і змінювався у досить широких межах; натомість довжина пагона проростка біотесту варіювала у вузькому діапазоні значень. З'ясовано, що *Ambrosia artemisifolia* L. володіє максимальною алелопатичною активністю серед досліджених видів.

*Ключові слова:* *Ambrosia artemisifolia* L., *Impatiens parviflora* DC., *Solidago canadensis* L., *Rudbeckia laciniata* L., *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort., інвазійні види, алелопатія

Експансія інвазійних видів належить до найгостріших екологічних проблем сучасності. Наслідком появи інвазійних видів рослин у природних і напівприродних біотопах є зменшення проективного покриття аборигенних видів рослин, порушення трофічних зв'язків, зниження видового різноманіття, зникнення популяцій окремих видів. На думку вчених, успішність певного інвазійного процесу зумовлена біохімічною взаємодією між видами в угрупованнях. Зокрема, гіпотеза «нової зброї» (Novel Weapon Hypothesis) ґрунтується на алелопатичних взаємодіях рослин [14]. Тому алелопатія як процес має величезне екологічне значення для фітоценозів у контексті регулятора росту рослин, їх продуктивності, видового складу природних та культурних ценозів. Зазначене вище свідчить про актуальність теми дослідження.

З огляду на це, метою дослідження було з'ясувати алелопатичну активність окремих трав'яних інвазійних видів-трансформерів, які зростають у м. Чернівці.

Для досягнення мети перед нами стояли наступні завдання:

- оцінити окремі посівні якості насіння біотесту (*Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers.) за дії водних витяжок інвазійних видів;
- визначити біометричні показники тест-об'єкту за дії водних витяжок досліджених видів.