

ОЦІНКА СТАНУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АКВАТОРІЇ КРЕМЕНЧУЦЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ЗАДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЛАНДШАФТНО-БІОЛОГІЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Д. В. Колеснік, В. М. Шмандій, Т. Є. Ригас, О. В. Харламова

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

ORCID: 0000-0003-4550-8660; 0000-0002-4099-5482; 0000-0001-9297-2787; 0000-0001-8844-8368

Проблема збереження ландшафтно-біологічного різноманіття та екологічної безпеки прісних вод водосховищ Дніпровського каскаду є достатньо актуальною у зв'язку з дедалі більшим її дефіцитом в умовах змін клімату. У водосховищах розвивається берегова лінія, що спричиняє зміни природних ландшафтів. Практично повсюдно росте і стає більш різноманітним забруднення прісних вод, в результаті чого вода стає непридатною не тільки для пиття або існування водних організмів, а навіть для технічних цілей. При визначенні потреби у воді важливо також враховувати і власні потреби водних екосистем в кількості і якості води. Прісні водойми є найважливішими компонентами природи з високим показником біорізноманіття, це середовище проживання для безлічі видів живих організмів, як водних, так і напівводних, що забезпечують чистоту і самовідновлення якості поверхневих вод. Прісноводні екосистеми тісно пов'язані з наземними екосистемами тисячами різноманітних зв'язків, що забезпечують рівновагу в природі. Тому актуальним є збереження біорізноманіття. Об'єктом дослідження є Кременчуцьке водосховище - найбільше серед водосховищ Дніпровського каскаду. Сформована у ньому екологічна небезпека поширюється як на прибережну частину акваторії так і досягає Чорного моря. Дослідження проводили з використанням фітоіндикації, методом визначення анатомо-морфологічних змін рослин-індикаторів. Вперше ми провели дослідження екологічної безпеки вод Кременчуцького водосховища методом фітоіндикації. Згідно з цим дослідженням ми демонструємо ефективність та простоту моніторингу доквілля за допомогою методів біоіндикації.

Ключові слова: екологічна небезпека, моніторинг, фітоіндикація, водосховище, ландшафтно-біологічне різноманіття, зміни клімату.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. У сучасних умовах практично всі водні об'єкти піддаються антропогенному впливу [1]. Основним видом антропогенного впливу на них є забруднення широким спектром органічних і неорганічних речовин, що надходять з точкових і розсіяних джерел [2]. У зв'язку з тим, що вплив антропогенного преса на водні об'єкти досяг глобальних масштабів, особливу важливість набуває оцінка екологічного стану водних екосистем і ступеня їх травмування антропогенними забруднювачами. Основоположним принципом оцінки екологічного стану водних об'єктів є екосистемний підхід, суть якого полягає в широкій представленості як абіотичних, так і біотичних компонентів в застосовуваних методах аналізу [3].

Специфіка сучасного підходу до оцінки екологічного стану водних екосистем полягає в пріоритетному значенні біоти, при якому вода все частіше аналізується не як ресурс, а як місце існування біоти [4]. Прісноводні екосистеми тісно пов'язані з наземними різноманітними зв'язками, що забезпечують рівновагу в природі. Відомо, що ліси і болота підтримують повноводність річок і озер, згладжують мікроклімат, створюють поступову зміну стацій в наземному середовищі. І навпаки, водні об'єкти підтримують життєві сили наземних біогеоценозів. Діяльність людини значно впливає на водні екосистеми, в тому числі на їх рослинний компонент. Основними факторами впливу на водну і прибережну рослинність є: надходження стічних вод і поживних речовин з прилеглої території, що викликають евтрофікацію, забруднення нафтопродуктами, хлоридами, сульфатами, важкими металами, відкладення мулу, механічне пошкодження і ін. Значна частина антропогенного навантаження припадає на території во-

дойм і водотоків поблизу міст, водна і прибережна рослинність яких може служити індикатором антропогенного впливу на водні екосистеми в цілому, рівня евтрофікації стоячих і проточних вод. Тому своєчасне та оперативне виявлення високого рівня екологічної небезпеки водойм з використанням їх природних компонентів є перспективним методом екологічного моніторингу [5, 6]. Саме живим організмам належить основна роль при оцінці екологічного стану водних об'єктів. Тому у зв'язку з підвищеним антропогенним впливом на природні екосистеми, актуальним є використання методів, що дозволяють економічно вигідно та швидко оцінювати екологічний стан природних та природно-антропогенних ландшафтів, таких як внутрішні води [7, 8].

Гранично допустимі концентрації (ГДК) різних речовин розроблені лише для людини. Очевидно, що ці показники не можуть бути поширені на інші живі істоти. Є більш чутливі види, і вони можуть виявитися ключовими для підтримки екосистем. З точки зору забезпечення екологічної безпеки важливо встановити до яких наслідків призведе та чи інша концентрація забруднювача в середовищі. Це завдання і вирішує біоіндикація, дозволяючи оцінити біологічні наслідки антропогенної зміни середовища. Наприклад, при засоленні ґрунту листя липи по краях жовтіють ще до настання осені. Виявити такі ділянки можна, просто оглядаючи дерева. У таких випадках біоіндикація дозволяє швидко виявити найбільш забруднені місця проживання [9].

Метою нашого дослідження є оцінка стану екологічної безпеки поверхневих вод за допомогою показників анатомо-морфологічних змін рослин-індикаторів, на основі яких можна зробити ви-

сновок щодо стійкості екосистеми до шкідливих факторів, а також щодо необхідності проведення додаткових, більш точних, але фізико-хімічних досліджень.

Біоіндикатори описуються за допомогою основних двох характеристик: специфічність і чутливість. При низькій специфічності біоіндикатор реагує на різні фактори, при високій – тільки на один. При низькій чутливості біоіндикатор відповідає тільки на суттєві відхилення фактора від норми, при високій – на незначні. Відхилення характеристик біоіндикаторів в досліджуваному середовищі необхідно порівняти з нормою або «контролем». Залежно від ситуації використовуються різні підходи:

- співставлення з характеристиками об'єкта поза зоною впливу. Наприклад, щоб виявити зміну рослинних угруповань при промисловому забрудненні, їх порівнюють з спільнотами, розташованими поза зоною антропогенного впливу;

- порівняння з результатами експерименту. У лабораторних дослідженнях частина тест-організмів контактує із забрудненою ґрунтом, водою або повітрям, інша ж частина (це контроль) з явно чистими субстратами. Для тестування повітря, наприклад, застосовують спеціальні камери з тест-рослинами;

- співставлення з характеристиками об'єктів в минулому до впливу людини. Деякі типи екосистем, наприклад, європейські степи, практично втратили свій початковий вигляд. У таких випадках про ступінь їх порушеності можна судити по науковим описами, зробленими століття тому;

- контроль – певний вид функціональної залежності, відхилення від якої розглядається як порушення. У всіх випадках, коли мова йде про контроль, без якого біоіндикація в принципі неможлива, постає питання, що вважати нормою для того або іншого біоіндикатора. Поява на листках рослин некротичних плям будь-якої форми і розміру – завжди індикатор забруднення середовища, оскільки в нормі їх бути не повинно. Ситуація ускладнюється, коли нормою є не один конкретний стан біоіндикатора, а цілий набір. До таких біоіндикаторів відносяться чисельність популяцій, різноманітність спільнот, їх видовий склад і т.д. Ці характеристики змінюються по сезонах

і по роках, вони можуть відрізнятися в різних місцях проживання. Отже, щоб встановити норму для таких біоіндикаторів, потрібно мати дані про їх сезонну і багаторічну динаміку, їх зміні за місцем проживання. В межах зони толерантності організм здатний підтримувати свій гомеостаз. Біологічна система реагує на вплив середовища в цілому, а не тільки на окремі фактори, причому амплітуда коливань фізіологічної толерантності модифікується внутрішнім станом системи – умовами харчування, віком, генетично контрольованої стійкістю [10].

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Дослідження проводилися за методикою визначення показників анатомо-морфологічних змін рослин-індикаторів [11].

Кременчуцьке водосховище – є найбільшим водосховищем України площею 2252 км², об'ємом води 13,5 км³. Розташоване воно на території Полтавської, Кіровоградської та Черкаської областей. Вода у акваторії є майже стоячою, що зумовила поширення елодеї канадської (*Elodea canadensis*), тому вона обрана нами для проведення фітоіндикаційного дослідження екологічного стану водойми (рис. 1).

Елодея канадська (*Elodea canadensis*) одна з найпоширеніших на Землі водних рослин. Через свою здатність швидко рости і щільно заповнювати водойми отримало назву «водяна чума». Вона зростає вільно плаваючи в товщі води протягом усього року. Через те що вона є невибагливою рослиною, зміни анатомо-морфологічних показників можуть свідчити про значне забруднення води солями важких металів та органіки, які вона активно поглинає і є природним фільтром води [12].

Культури макрофітів вирощували на чистій відстояній воді та поміщали у скляні резервуари об'ємом 1 дм³, заповнені пробами досліджуваної води при температурі 20-22 °С та 16-годинному освітленні (рис. 2). Через 12 діб вимірювали такі показники: середню довжину стебла, довжину й кількість бічних пагонів, довжину корінців та порівнювалися з контролем, який вирощений у штучному біоценозі – акваріумі, з дотриманням екологічно чистого середовища.



Рисунок 1 – Елодея канадська (*Elodea canadensis*)



Рисунок 2 – Культури макрофітів у скляних резервуарах з досліджуваною водою

Неконтрольований розвитком ціанобактерій безумовно пригнічує розвиток інших організмів у зоні свого поширення, тому дослідження проводилися нами у штучному середовищі, з використанням відібраних проб води, але з достатнім насиченням води киснем, задля визначення стану забруднення води [13]. Відбір проб води проводили поблизу гори Пивихи – ландшафтного заказника місцевого значення, що знаходиться на лівому березі Кременчуцького водосховища в межах Глобинського та Кременчуцького районів Полтавської області. Також

проби відбирали поблизу міста Світловодськ, що розташоване на правому березі Кременчуцького водосховища в межах Олександрійського району Кіровоградської області. Наявність Кременчуцької гідроелектростанції та створеної у зв'язку з її будівництвом потужної будівельної індустрії, водних ресурсів, залізничних колій та інших умов сприяють розвитку промисловості. Промисловий комплекс міста утворюють 15 підприємств, які є потенційними джерелами екологічної небезпеки [14].

Зони відбору проб показані на рис. 3.

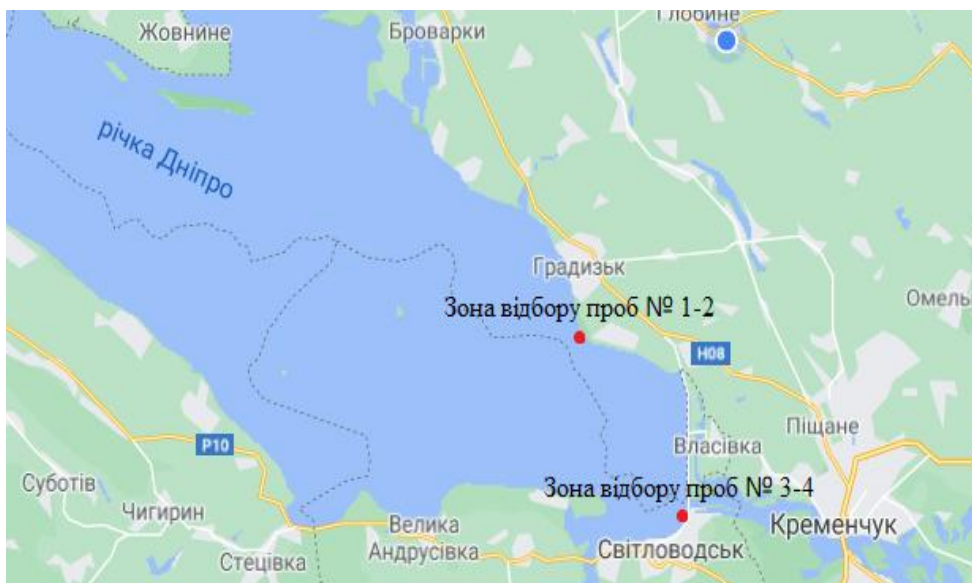


Рисунок 3 – Зони відбору проб води на акваторії Кременчуцького водосховища

Після 12-добового спостереження за розвитком елодеї канадської у відібраних пробах води, вимі-

рювали вищевказані показники, середні значення яких вказані в табл. 1.

Таблиця 1 – Зміна індикаторних показників елодеї канадської (*Elodea canadensis*) у пробах досліджуваної води після 12-денної культивування

Ділянка відбору проб	Довжина стебла, см	Довжина бічних пагонів, см	Кількість бічних пагонів	Довжина корінця, см
№ 1	11,8	2,2	2	1,2
№ 2	11,3	2,1	1	1,3
№ 3	7,5	-	-	0,4
№ 4	7,3	-	-	0,3
Контроль	14,2	3,2	2	1,8

За результатами спостереження за змінами фітоіндикатора у досліджуваних пробах води відібраних поблизу гори Пивихи відмічено скорочення довжини стебла *Elodea canadensis* L. на 10 %, а у пробах відібраних поблизу м. Світловодськ майже на 50 % в порівнянні з контрольним значенням. Варто відзначити також зменшення приросту довжини та кількості бічних пагонів у пробах води з ділянки № 1 та № 2, та їх відсутність з ділянок № 3 та № 4, а також сповільнення коренеутворення. Найбільше гальмування ростових процесів спостерігалось у пробах води що відібрані поблизу м. Світловодськ.

ВИСНОВКИ. Встановлено, що акваторія водосховища поблизу гори Пивихи має достатній рівень екологічної безпеки. Однак стан водойми поблизу антропогенно навантажених урбанізованих територій є негативним, що значно пригнічує розвиток рослин. Однак, біоіндикація дозволяє отримати інформацію про біологічні наслідки зміни середовища і зробити лише непрямі висновки про особливості самого фактору. А фізичні та хімічні методи, навпаки, дають якісні та кількісні характеристики фактору, але лише побічно судять про його біологічну дію. Доведено, що при оцінці стану середовища доцільно поєднувати фізико-хімічні методи з біологічними. Таким чином, проведення додаткових досліджень поблизу міста Світловодськ для виявлення джерел шкідливого впливу на водні ресурси, задля запобігання формування екологічної небезпеки. Крім того, на основі проведеного аналізу виявлено, що елодея канадська (*Elodea canadensis*) є чутливим індикатором забруднення водного середовища, що проявляється в пригніченні розвитку її морфологічних показників і є ефективним при використанні даного виду у проведенні екологічного моніторингу водойми на предмет забруднення органікою та солями важких металів, в яких вони поширені. Крім того, дану культуру макрофіту доцільно використовувати як фільтр водних середовищ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lilija Bezdeneznych, Olena Kharlamova, Volodymyr Shmandiy, Tetiana Rygas. Improving the method for producing adsorbents from agro-industrial wastes *Chemistry & Chemical Technology*, Vol. 14, No. 1, 2020, pp. 102–108.
 2. Оксуюк О. П., Давыдов О. А. Оценка экологического состояния водных объектов по микробиотобентосу. Киев: Изд-во Института гидробиологии НАНУ, 2006. 32 с.

3. Барінова С. С., Медведєва Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio Publisher, 2006. 498 с.

4. Афанасьев С. А. Развитие европейских подходов к биологической оценке состояния гидроэкоцистем в мониторинге рек Украины. *Гидробиологический журнал*. 2001. Т. 37, № 5. С. 3–18.

5. Tett R., Carreira C., Mills D.K., van Leeuwen S., Foden J., Bresnan E., Gowen R.J. Use of a phytoplankton community index to assess the health of coastal waters. *ICES Journal of Marine Science*. 2008. Vol. 65, No. 8. pp. 1475–1482.

DOI: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn161>.

6. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*. 2000. No. 327. 72 p.

7. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи: Методичні рекомендації по оцінці допустимих рівнів радіонуклідного та хімічного забруднення за їх комбінованої дії. Гродзинський Д. М. та ін. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 60 с.

8. Визначення якісного стану водної екосистеми річки Дніпро. Р. В. Пономаренко, Є. Д. Слепужніков, Л. Д. Пляцук, І. Ю. Аблєєва, О. В. Третьяков. *Науковий журнал «Екологічна безпека»*. Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. 2019. Вип. № 2(28). С. 52–62.

9. Савчук Д. Екологічні та економічні аспекти функціонування Дніпровських водосховищ. *Екологічний вісник*. 2003. № 5–6. С. 24–26.

10. Ригас Т. Є., Харламова О. В., Безденєжних Л. А., Шмандій В. М. Моніторинг станів екологічної небезпеки, що формується у техногенному навантаженому комплексі. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2016. Вип. 5(100). ч. 2. С. 83–88.

11. Александрова В. В. Биотестирование как современный метод оценки токсичности природных и сточных вод: монография. Нижневартоск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. 119 с.

12. Конограй В. А. Еколого-ценотичний аналіз флори території Кременчуцького водосховища. *Вісник Черкаського університету*. Серія: Біологічні науки. 2016. Вип. 1. С. 67–71.

13. Мальований М. С., Никифоров В. В., Харламова О. В., Синельников О. Д. Оцінювання екологічної небезпеки в акваторіях Дніпровських водосхо-

вищ внаслідок неконтрольованого розвитку ціано-бактерій. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25.6. С. 159–164.

14. Світловодська міська територіальна громада
URL:

http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html (дата звернення 02.07.2021).

URL: <https://svgr.gov.ua> (дата звернення 04.07.2021)

ASSESSMENT OF ECOLOGICAL SAFETY STATE OF THE KREMENCHUK RESERVOIR AQUATORIUM FOR THE PRESERVATION OF LANDSCAPE-BIOLOGICAL DIVERSITY IN CLIMATE CHANGE CONDITIONS

D. Kolyesnik, V. Shmandiy, O. Kharlamova, T. Rygas

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

ORCID: 0000-0003-4550-8660; 0000-0002-4099-5482; 0000-0001-9297-2787; 0000-0001-8844-8368

Purpose. The problem of preserving the landscape-biological diversity and ecological safety of fresh waters of the reservoirs of the Dnieper cascade is quite relevant due to its growing deficit in the face of climate change. In reservoirs, the coastline is eroding, causing changes in natural landscapes. Almost everywhere, fresh water pollution is growing and becoming more diverse, as a result of which water becomes unfit not only for drinking or the existence of aquatic organisms, but also for technical purposes. When determining the need for water, it is also important to take into account the own needs of aquatic ecosystems in the water quantity and quality. Fresh water is the most important component of nature with a high rate of biodiversity. It is a medium-higher habitat for many species of living organisms, both aquatic and semi-aquatic, providing purity and self-restoration of surface water quality. Fresh water ecosystems are closely linked to terrestrial ecosystems by thousands of different connections that ensure balance in nature. Therefore, biodiversity conservation is important. **Methodology.** The research was performed using phytoindication, the method of determining the anatomical and morphological changes of plant indicators. **Results.** The state of ecological safety of surface waters was assessed using indicators of anatomical and morphological changes of indicator plants, which allow drawing conclusions about the resistance of the ecosystem to harmful factors, as well as the need for additional, more accurate physicochemical studies. The object of the research is the Kremenchuk reservoir, the largest among the reservoirs of the Dnieper cascade. The ecological danger formed in it extends both to the coastal part of the water area and reaches the Black Sea. It is the need for additional physical and chemical tests to accurately identify sources of impact on the water of the Kremenchuk reservoir near the Svitlovodsk and further development of measures to ensure the ecological safety. **Originality.** For the first time is conducted a study of the ecological safety of the Kremenchuk Reservoir waters by the phytoindication method. According to this study, is demonstrated the effectiveness and simplicity of environmental monitoring using bioindication methods. **Practical value.** According to this study, we demonstrate the effectiveness and simplicity of environmental monitoring using phytoindication methods. References 14, tables 1, figures 3.

Key words: ecological danger, monitoring, phytoindication, reservoir, landscape-biological diversity, climate change.

REFERENCES

1. Bezdeneznych, L., Kharlamova, O., Shmandiy, V., T., Rygas. (2020). Improving the method for producing adsorbents from agro-industrial wastes *Chemistry & Chemical Technology*, Vol. 14, No. 1, pp. 102–108.

2. Oksiyuk, O. P., Davydov, O. A. (2006). Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya vodnykh ob'yektov po mikrofitobentosu [Assessment of the ecological condition of water bodies by microphytobenthos] Kiev: Publishing House of the Institute of Hydrobiology of NASU, p. 32 [in Russian]

3. Barinova, S. S., Medvedeva, L. A., Anisimova, O. V. (2006). Bioraznoobrazniye vodorosley-indikatorov okruzhayushchey sredy. [Biodiversity of algae-indicators of the environment]. Tel Aviv: Pilies Studio Publisher, p. 498. [in Russian].

4. Afanasyev, S. A (2001). Razvitiye yevropeyskikh podkhodov k biologicheskoy otsenke sostoyaniya gidroekosistem v monitoringe rek Ukrainy. [Development of European approaches to biological assessment of the state of hydroecosystems in the monitoring of rivers of Ukraine] *Hydrobiological Journal*. T. 37, № 5. pp. 3-18. [in Russian].

5. Tett, R., Carreira, C., Mills, D. K., van Leeuwen S., Foden, J., Bresnan, E., Gowen, R.J. (2008). Use of a phytoplankton community index to assess the health of

coastal waters. *ICES Journal of Marine Science*. Vol. 65, No. 8. pp. 1475-1482. DOI: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn161>.

6. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*. 2000. No. 327. 72 p.

7. Grodzinsky, D. M. (2006). Zastosuvannya roslynnykh test-system dlya otsinky kombinovanoi diyi faktoriv ri-znoyi pryrody [Application of plant test systems to assess the combined action of factors of different nature] Guidelines for assessing the permissible levels of radionuclide and chemical contamination by their combined action. Kyiv: Phytosocial Center, p 60. [in Ukrainian]

8. Ponomarenko, R. V., Slepuzhnikov, E. D., Plyatsuk, L. D., Ableeva, I. Yu., Tretyakov, O. V. (2019). Vyznachennya yakisnoho stanu vodnoyi ekosystemy richky Dnipro [Determining the quality of the aquatic ecosystem of the Dnieper River]. *Scientific journal "Environmental Safety"*. Kremenchug National University named after Mykhailo Ostrogradsky. № 2 (28). pp. 52–62. [in Ukrainian]

9. Savchuk, D. (2003). Ekolohichni ta ekonomichni aspekty funktsionuvannya Dniprovs'kykh vodoshovyshch [Ecological and economic aspects of

functioning of Dnieper reservoirs] *Environmental Bulletin*. № 5–6. pp. 24–26. [in Ukrainian]

10. Rigas, T. E., Kharlamova, O. V., Bezdeneznych, L. A., Shmandiy, V. M. (2016). Monitoryng staniv ekolohichnoyi nebezpeky, shcho formuyet'sya u tekhnohenno navantazhenomu kompleksi [Monitoring of environmental insecurity in the man-made complex]. *Transaction of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*. Vol. 5 (100). Part 2. pp. 83-88. [in Ukrainian]

11. Alexandrova, V. V. (2013). Biotestirovaniye kak sovremennyy metod otsenki toksichnosti prirodnykh i stochnykh vod [Biotesting as a modern method for assessing the toxicity of natural and wastewater] *monograph*. Nizhnevartovsk: Nizhnevar Publishing House. State University, p. 119. [in Russian].

12. Konogray, V. A. (2016). Ekoloho-tsenotychnyy analiz flory terytoriyi Kremenchuts'koho

vodoskhovyshcha [Ecological and coenotic analysis of the flora of the Kremenchug reservoir]. *Bulletin of Cherkasy University. Series: Biological Sciences*. iss. 1. pp. 67-71. [in Ukrainian]

13. Malovany, M. S., Nikiforov, V. V., Kharlamova, O. V., Sinelnikov, O. D. (2015). Otsinyuvannya ekolohichnoyi nebezpeky v akvatoriyakh Dniprovs'kykh vodoskhovyshch vnaslidok nekontrol'ovanoho rozvytku tsianobakteriy. [Assessment of ecological danger in the waters of the Dnieper reservoirs due to the uncontrolled development of cyanobacteria]. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*. iss. 25.6. pp. 159-164. [in Ukrainian].

14. Svitlovodsk city territorial community. URL. http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html (дата звернення 02.07.2021).

URL: <https://svgr.gov.ua> (access date 04.07.2021)

Стаття надійшла 01.06.2021.