

## SPOSÓB OCZYSZCZANIA WÓD KOPALNIANYCH I PRZYWRACANIA RÓŻNORODNOŚCI BIOLOGICZNEJ TERENÓW ZDEGRADOWANYCH

Olga Chepak<sup>1\*</sup>, Viktor Kostenko<sup>1</sup>, Elena Zavialova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Ochrony Środowiska, Wydział Inżynierii, Ochrony Środowiska i Technologii Chemicznych, Doniecki Narodowy Uniwersytet Techniczny, Pokrovsk, Ukraina

\* Autor do korespondencji: [olha.chepak@donntu.edu.ua](mailto:olha.chepak@donntu.edu.ua)

### STRESZCZENIE

Celem pracy jest przedstawienie sposobu szybkiego odzyskiwania zdegradowanych terenów likwidowanych kopalń z jednoczesnym oczyszczaniem pompowanych wód kopalnianych. W pracy zaproponowano ulepszoną metodę przyspieszonego odzyskiwania obszaru zdegradowanego działalnością przemysłową z zastosowaniem podnośnika powietrzno-wodnego do oczyszczenia wód kopalnianych, co umożliwi regulację temperatury wody produkowanej z wymienników ciepła. Na podstawie obliczeń określono głębokości rozmieszczenia elementów instalacji podnośnika powietrzno-wodnego. W celu utrzymania temperatury wody w okresie zimowym, w zakresie 10–12 °C, ścieki kopalniane o temperaturze 34 °C powinny być pompowane z dolnego szybu podnośnika znajdującego się na głębokości 800 m. Z kolei do schłodzenia wody w okresie letnim do temperatury 25 °C, ściek kopalniany o temperaturze około 13 °C, powinien być pompowany z górnego szybu podnośnika zlokalizowanego na głębokości 120 metrów.

**Słowa kluczowe:** rośliny wodne, podnośnik powietrzno-wodny, wody kopalniane, tereny zdegradowane.

### METHOD OF CLEANING OF MINE WATERS AND RESTORE THE BIOLOGICAL DIVERSITY OF DISTURBED AREAS

#### ABSTRACT

The aim of the work is to show the method of accelerated restoration of the degraded territory of industrial sites of liquidated mines with simultaneous purification of pumped mine waters. The paper proposes an improvement of the method of accelerated recovery of the degraded territory of industrial sites of abandoned mines with simultaneous purification of pumped mine waters through the use of an airlift unit that will allow to regulate the temperature of the water produced from the heat exchangers. The depth of placement of the airlift installation was determined by calculation. In order to maintain the temperature of the water in the bioplate system in winter at the level of 10–12 °C, mine water having a temperature of 34 °C must be supplied from the lower trunk of the airlift located at a depth of 800 m. To cool the water in the bioplate system to 25 °C in summer, the mine water with a temperature of about 13 °C must be pumped out from the top of the shaft of the airlift to a depth of 120 m.

**Keywords:** aquatic plants, airlift installation, mine water, disturbed areas.

### WSTĘP

W wyniku oddziaływania antropogenicznego na terenach przemysłowych kopalń, które zajmują powierzchnię kilku hektarów, zniszczono żyzną warstwę gleby. Po likwidacji przedsiębiorstwa odbudowa terenów zdegradowanych trwa kilkadziesiąt lat, a w niektórych przypad-

kach pozostaje niemożliwa. W ostatnich latach na Ukrainie ponad 120 kopalń zostało zlikwidowanych, w przyszłości planuje się zamknięcie kilku kolejnych. Tereny przemysłowe większości z nich znajdują się na obszarach stepowych lub leśnych, gdzie występują urodzajne gleby. Przyspieszenie procesu przywracania żyznych właściwości obszarów zdegradowanych i przy-

wracanie ich do rolnictwa lub leśnictwa jest ważnym i pilnym zadaniem.

Po wyeliminowaniu kopalń, aby zapobiec zalaniu osiadłych obszarów, należy przeprowadzić odpływy z szybów lub otworów z głębokości co najmniej 100 m. Jednocześnie pompowana woda musi zostać oczyszczona i odsalona, zanim zostanie odprowadzona do sieci hydrologicznej. Odsalanie i oczyszczanie takich ścieków jest dziś problemem technicznym sprzężony ze znacznymi kosztami.

Aby zatem ograniczyć niekorzystne sytuacje środowiskowe związane z likwidacją przedsiębiorstwa górniczego, potrzebna jest sposób, który jednocześnie rozwiązuje problem czyszczenia wypompowywanego odpływu kopalnianego i przyczyniła się do przywrócenia różnorodności biologicznej na obszarach technologicznie zaburzonych.

## PRZEGLĄD LITERATURY

Wody kopalniane przedsiębiorstw węglowych Ukrainy, w szczególności Donbasu, charakteryzują się wysoką zawartością soli 3000–1000 mg/l [Dolina, 2000]. Ze względu na niewystarczające finansowanie zamykania kopalń, zastosowanie takich metod odsalania i odsalania, jak: wymiana jonowa, metoda termiczna, elektrodializa, odwrócona osmoza, ze względu na wysoki koszt, staje się niemożliwe. Dlatego kopalnie w Donbasie, które znajdują się na etapie likwidacji i działają tylko w trybie odwadniania, wypompowują ścieki bez obróbki, bezpośrednio wrzucane do sieci hydrograficznej regionu. W rezultacie dochodzi do eutrofizacji zbiorników wodnych i nasiąkania wodą.

Ponieważ zamykające przedsiębiorstwa górnicze charakteryzują się stosunkowo niskim przepływem ścieków, dla nich jest do przyjęcia biologiczna metoda odsalania za pomocą wyższych hydrobiontów. Zaletą tej metody czyszczenia jest niski koszt, brak konieczności używania energii elektrycznej, a także łatwość konstrukcji i działania struktur biologicznych. [Kaplan, 2012, Neralla i in., 2000, Solano i in., 2004].

W ostatnim dziesięcioleciu szczególnym zainteresowaniem cieszy się możliwość wykorzystania wyższych roślin wodnych do oczyszczania ścieków domowych i przemysłowych. W przyszłości otrzymana biomasa jest zalecana do gromadzenia żywej warstwy i produkcji energii [Yu

i in., 2013]. Do biologicznego oczyszczania wody należy stosować takie wyższe rośliny wodne, jak: trzcina zwyczajna, pałka, sitowie, eichornia, żółte tęczówki, rdest, które są w stanie wydobywać składniki odżywcze z wody i rozpuszczonych minerałów i wykorzystywać je do tworzenia struktur komórkowych [Romanchuck, 2016, Jaiswal, 2011, Henares i in., 2014, Prokopchuk i in., 2016]. Udowodniono również zdolność wyższych roślin wodnych do oczyszczania wody z azotanów, azotynów i metali ciężkich [Dunbabin i in 1992, Galletti i in., 2010, Yagodkin i in., 2017, Sivkova i in., 2011]. Wybór rodzaju wyższych roślin wodnych wykorzystywanych w strukturach biologicznych zależy od składu ścieków wprowadzanych do obróbki i warunków klimatycznych w regionie. Najlepsze rośliny dla struktur biologicznych Ukrainy to trzcina zwyczajna i pałka. Dzięki wspólnej obecności w stawie i korzystnym warunkom temperaturowym najskuteczniej oczyszczają wodę z zawieszonych ciał stałych (stopień oczyszczenia – 33%) i rozpuszczone sole (stopień oczyszczenia 32%) [Kostenko i in., 2018].

Brak znanego sposobu oczyszczania wody za pomocą wyższych roślin wodnych polega na tym, że ma zastosowanie w bardzo ograniczonej temperaturach wody. Для жизнедеятельности гидробионтов оптимальным температурным диапазоном водной среды в летний период является 20–25 °C, в зимний 10–12 °C. Dla życia hydrobiontów optymalny zakres temperatur środowiska wodnego w okresie letnim wynosi 20–25 °C, w zimie 10–12 °C. W warunkach Donbasu zakres tych optymalnych temperatur wynosi około sześciu miesięcy, co skraca czas i skuteczność biologicznego oczyszczania wody. Dlatego problem zapewnienia działania struktur biologicznych w okresie zimowym jest wciąż aktualny.

Znany jest sposób oczyszczania ścieków w systemie bioplato, w której zimą, przy ujemnych temperaturach powietrza poniżej 3 °C, proponuje się wzrost poziomu ścieków w oczyszczalni, a po utworzeniu warstwy lodowej o co najmniej 3 cm poziom ścieków poprzez usuwanie ścieków z bioplato [Stolberg i in., 2007].

Wadą tej metody biologicznego oczyszczania ścieków jest znaczna zależność od czynników klimatycznych. Temperatura wyładowań na poziomie 10–12 °C jest trudna do utrzymania w zimnym okresie roku, kiedy temperatura powietrza przyjmuje wartości ujemne. W takich przypadkach temperatura wyładowań zbliża się do temperatury powietrza, aktywność hydrobiontów

w biopłato jest hamowana, a w temperaturach poniżej +4 °C całkowicie się zatrzymuje. Ponadto proces tworzenia warstwy lodowej wymaga zatrzymania działania biopłato, ponieważ kryształ lodu nie tworzą się w turbulentnej ruchomej masie wody o temperaturze do 10 °C.

Tak samo, wadą tej metody jest to, że w ciepłym okresie roku, kiedy temperatura powietrza przekracza 25–30 °C, woda w biopłacie ogrzewa się do temperatury otoczenia. W takim środowisku wodnym gwałtownie spada zawartość tlenu, co powoduje zahamowanie aktywności hydrobiontów, przyczynia się do rozwoju niebiesko-zielonych alg i zakończenia normalnego działania biopłato. Jednocześnie istnieje niebezpieczeństwo odwrócenia procesu – pogorszenia stanu ścieków.

Ponadto wypełnienie korpusu biopłato materiałem sypkim, który służy jako element filtrujący, nie pozwala na składanie resztek roślinnych na dnie i nie może przyczyniać się do tworzenia żywej warstwy na terenie przemysłowym.

Aby poprawić efektywność biologicznego oczyszczania ścieków, proponuje się zastosowanie ultradźwiękowego kompleksu biopłato z aktywacją procesu uzdatniania wody przez podnośnik powietrzny cieczy LAGUNA-GRYN.154 [Bondar i in., 2018]. Wadą znanego sposobu oczyszczania wody z zastosowaniem fitokompleksu jest to, że do jego normalnego działania konieczne jest zapewnienie reżimu temperaturowego w zakresie 10–25 °C. Gdy temperatura powietrza jest niższa niż 10 °C, kompleks ultradźwiękowy filtra biopłato, który nie ma zewnętrznej osłony termicznej, nie będzie wykonywać funkcji czyszczenia ze względu na hamowanie hydrobiontów i przy 0 °C i poniżej – z powodu zamrażania wody w podnośniku powietrzny cieczą. Gdy powietrze jest ogrzewane powyżej 25 °C, sprawność oczyszczania wody znacznie spadnie z powodu zmniejszenia zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie. W klimacie ukraińskim panują warunki termiczne o wysokiej (powyżej 25 °C) lub niskiej (poniżej 10 °C) temperaturze, dlatego liczba dni o korzystnej temperaturze jest bardzo ograniczona. W związku z tym niemożliwe jest użycie złożonego z ultradźwięków filtra biopłato do oczyszczenia wód kopalnianych i przywrócenia żywej warstwy gleby na terenach przemysłowych opuszczonych kopalń. W celu ustabilizowania procesu oczyszczania spływów kopalnianych w zimie konieczne jest wzniesienie zewnętrznej osłony termicznej nad kompleksem

ultradźwiękowym filtra biopłato, co jest niepraktyczne, jeśli wielkość terenów przemysłowych wynosi kilka hektarów.

Inną wadą tego sposobu jest hamowanie wzrostu hydrobiontów w wysokich (powyżej 25 °C) lub niskich (poniżej 10 °C) temperaturach, co prowadzi do zmniejszenia akumulacji osadów resztek roślinnych, a tym samym do wzrostu okresu regeneracji różnorodności biologicznej na obszarach zaburzonych.

Istnieje metoda przywracania obszarów naruszonych otwartymi górkami pracami poprzez tworzenie biopłatoes w rozwiniętej przestrzeni. Dla stabilizacji temperatury ścieków w zakresie 10–25 °C przez cały rok, proponuje się zastosowanie rurowego geotermalnego wymiennika ciepła, który jest współosiowo umieszczony w rurze otworu wiertniczego [Kostenko i in., 2015]. Jednak metoda ta nie bierze pod uwagę konieczności obowiązkowego pompowania drenażu wody z zalanych wyrobisk górniczych z głębokości nie mniejszej niż 100 m. Dlatego konieczne jest rozważenie możliwości równoległych procesów rekultywacji gleby i oczyszczania ścieków drenażowych. Tak samo wadą znanego sposobu jest niemożność kontrolowania temperatury wody wytwarzanej z wymienników ciepła.

## MATERIAŁY I METODY

W celu szybkiego przywrócenia naruszonych obszarów przemysłowych i terenów zlikwidowanych kopalń i czyszczenia odpompowanych ścieków przeprowadzono przegląd literaturowy istniejących metod czyszczenia, w tym wykorzystanie wyników własnych badań w celu określenia skuteczności stosowania wyższych roślin wodnych, w szczególności trzciny zwyczajnej, do czyszczenia wysoce zmineralizowanych mętnych wód. To pozwoliło sformułować cel tej pracy, która polega na udoskonaleniu sposobu szybkiego odzyskiwania zdegradowanego obszaru terenów przemysłowych zlikwidowanych kopalń przy jednoczesnym oczyszczaniu pompowanych wód kopalnianych.

Dla osiągnięcia tego celu trzeba było rozwiązać następujące zadania:

- udoskonalenie metody biologicznego oczyszczania wód kopalnianych na biopłato ze stabilizacją termiczną za pomocą energii geotermalnej poprzez wykorzystanie instalacji podnośnika powietrzny ciecznej;

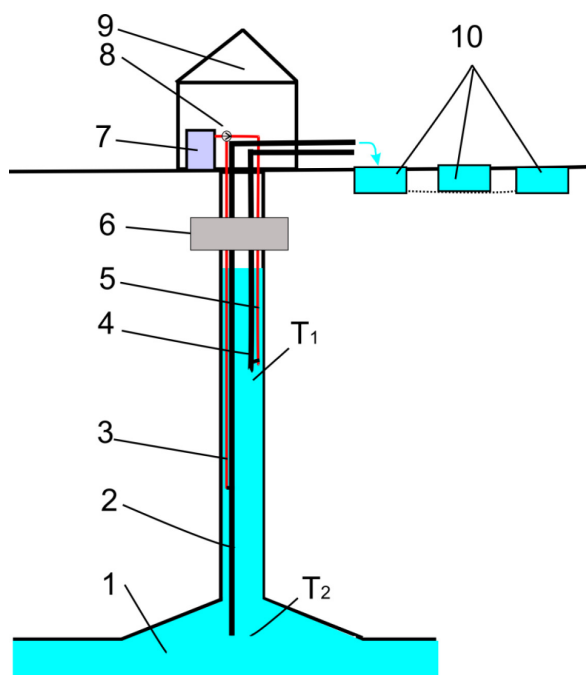
- przez obliczenie, aby określić głębokość rozmieszczenia dużych i małych szybów instalacji podnośnika powietrzny ciecznego.

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Dla szybkiego odzyskiwania zdegradowanego obszaru terenów przemysłowych kopalni z jednoczesnym czyszczeniem ścieków, autorzy proponują ulepszenie metody ich biologicznego oczyszczania na biopłato z termostabilizacją energii geotermalnej.

Rolę wymiennika ciepła w tym przypadku wykonuje zanurzony szyb, zewnętrznej rury wykonuje podpora szybowa, a wewnętrzna rura – rurociąg podnośnika powietrzny ciecznego (rys. 1).

Fitokompleks biopłato z podnośnikom powietrzny ciecznym, który jest przeznaczony do czyszczenia ścieków kopalnianych i intensywnej odbudowy żyznej warstwy ziemi, znajduje się na terenie przemysłowym opuszczonej kopalni.



**Rys. 1.** Projekt fitokompleksu biopłato z podnośnikiem powietrzno-wodnym: 1 – wyrobiska górnicze dolnego horyzontu szybu ; 2,4 – szyb podnośnika powietrzny ciecznego, które mają otwory wlotowe, odpowiednio dolny i górny; 3,5 – kolektory sprężonego powietrza odpowiednich szybów podnośnika powietrzny ciecznego; 6 – zworka, która zamyka szyb; 7 – kompresor; 8 – przełącznik do dostarczania sprężonego powietrza do jednego z szybów; 9 – budowla nad kopalnią; 10 – kanały biopłato;  $T_1$ ,  $T_2$  – temperatura wody w szybie, odpowiednio, na głębokości 100–120 m oraz na głębokości dolnego horyzontu szybu kopalnianego.

Fitokompleks biopłato składa się z kanałów w kształcie labiryntu, do których dostarczana jest woda wypompowywana z zanurzonych wyrobisk podziemnych. Powierzchnię kanałów zamieszkuje hydrobionty, głównie trzciny zwyczajny, które oczyszczają wodę kopalnianą z zawiesiny i substancji rozpuszczonych.

Podnośnik powietrzna sieczna część fitokompleksu transportowego znajduje się w szybie kopalnianym, tworząc dolny horyzont, położony na głębokości 800 m. Po likwidacji kopalni, szyb izolują poprzeczką, a następnie zalewają. W skoczku z góry pozostaw otwory na rurociągi podnośnikowa powietrzna sieczna i kolektory sprężonego powietrza. Zgodnie z wymogami dotyczącymi ochrony środowiska „Zasad likwidacji kopalń metodą „mokrą” lub kombinowaną”, aby zapobiec zalaniu powierzchni, która zatonała w wyniku wykopu warstw mineralnych, konieczne jest pompowanie wody w taki sposób, aby jej zwierciadło znajdowało się co najmniej 100 m od powierzchni ziemi.

W szybie kopalni zamontowane dwa szyb podnośnika powietrzny ciecznego – duży i mały. Duży podnośnik powietrzny cieczny jest przeznaczony do podnoszenia wody z dolnego horyzontu 800 m, a mały – do podnoszenia wody z głębokości 120 metrów. W celu zapewnienia pracy podnośnika powietrzny ciecznego używają kompresor, który umieszcza się w pomieszczeniu nad kopalnią. Podnośniki powietrzny cieczny nie działają jednocześnie, za pomocą przełącznika sprężone powietrze ze sprężarki jest podawane do kolektora dużego lub małego szybu.

Woda w szybie z powodu transferu ciepła z otoczenia jest podgrzewana do temperatury górotworu, na płytkich głębokościach temperatura otoczenia jest zbliżona do średniej rocznej temperatury i wzrasta wraz z pogłębianiem. W zimne dni ciepła woda jest wypompowywana z głębokiego horyzontu, a w gorącym czasie – chłodzona z małego horyzontu.

Obliczanie temperatury górotworu ( $T$ ) można przeprowadzić przy użyciu zależności znanych z geofizyki:

$$T = T_1 + (H - l)/l_i$$

gdzie:  $T_{sr}$  – średnia roczna temperatura powietrza w danej miejscowości, °C;

$H$  – głębokość, do której liczą temperaturę, m;

$l$  – głębokość powierzchni izotermy, która jest równa średniej rocznej temperaturze powietrza, m;

$l_t$  – stopień geotermiczny, wzrost temperatury o jeden stopień wraz z głębokością, m/°C.

Dla warunków Donbasu  $T_{sr} = 10^\circ\text{C}$ ;  $l = 12$  m;  $l_t = 33$  m/°C. Wyniki obliczeń wykazały, że górna podnośnika powietrzny cieczonego pompuje wodę z głębokości 120 m przy temperaturze około  $T_2 = 13^\circ\text{C}$ , a dolną z głębokości 800 m –  $T_1 = 34^\circ\text{C}$ .

W normalnym trybie realizacji sposobu sprężone powietrze za pomocą sprężarki i przełącznika serwowane przez rurociąg do górnego szyba podnośnika powietrzny cieczonego. Z niego woda, która ma temperaturę  $13^\circ\text{C}$ , wchodzi do kanałów bioplato, gdzie jest oczyszczana z zawiesiny i rozpuszczonych substancji za pomocą hydrobiontów. Po phytocleaningu woda jest wyrzucana do sieci hydrograficznej.

Gdy temperatura powietrza wzrośnie do  $25^\circ\text{C}$  i więcej, zwiększa się dopływ powietrza ze sprężarki, co prowadzi do zwiększenia wydatku wody z szybu podnośnika powietrzny cieczonego. Dzięki temu ciecz pozostaje chłodzona w kanałach bioplato o niższej temperaturze  $25^\circ\text{C}$ , w wyniku czego zapewnia się korzystne warunki do utrzymania hydrobiontów i oczyszczania ścieków.

W sezonie zimowym, gdy temperatura powietrza i wody w kanałach bioplato wynosi poniżej  $10\text{--}12^\circ\text{C}$ , woda jest dostarczana z niższego podnośnika powietrzny cieczonego o temperaturze  $T_1 = 34^\circ\text{C}$ , która jest równa temperaturze masy górskiej na głębokości 800 m. Poruszając się wzdłuż kanałów bioplato, woda stopniowo schładza się do temperatury otoczenia. Znaczna część ma temperaturę w zakresie  $25\text{--}10^\circ\text{C}$ , co odpowiada korzystnym warunkom życia hydrobiontów, a tym samym ich intensywnemu rozwojowi.

## WNIOSKI

Ulepszona metoda przyspieszonego odzyskiwania zdegradowanych terenów przemysłowych zlikwidowanych kopalń z jednoczesnym oczyszczeniem pompowanej wody kopalnianej dzięki zastosowaniu podnośnika powietrzno-wodnego, pozwala regulować temperaturę wody produkowanej z wymienników ciepła.

Zgodnie z obliczeniami ustalono, że w celu utrzymania temperatury wody w systemie bioplato w zakresie  $10\text{--}12^\circ\text{C}$  w okresie zimowym, ścieki kopalniane o temperaturze  $34^\circ\text{C}$  należy podawać z dolnego szybu podnośnika znajdującego się na głębokości 800 m.

Do chłodzenia wody w systemie bioplato do temperatury  $25^\circ\text{C}$  w okresie letnim, ścieki kopalniane o temperaturze około  $13^\circ\text{C}$ , musi być wypompowany z szybu górnego podnośnika powietrzno-wodnego z głębokości 120 metrów.

## BIBLIOGRAFIA

1. Kaplan D. 2012. Instability in newly-established wetlands? Trajectories of floristic change in the re-flooded Hula peatland, northern Israel. *Mires and Peat*, 9(05), 1-10
2. Romanchuck L. 2016. Hydrophyte water purification under conditions of "Zhitomyrvodokanal" communal enterprise. *Biotechnologia Acta*, 9(6), 58-71.
3. Stol'berg V., Ladyzhenskaya O., Oxalis A., Ishchenko Y., Vergeles S., Lobov O. 2007, Method of biological wastewater treatment, State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 24676.
4. Bondar O., Kuryluk M., Slackman S., Kuryluk O., Krivoshey P., Kuryluk A. and all. 2018. RCD-complex bio plateau-filter with air-lift activation LAGUNA-GRYN.154, State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. No 122917.
5. Kostenko V., Zavyalova E., Chepak O. 2015. Restoration of biodiversity in quarries. Materials of conference, XII International scientific and practical conference "The problems of ecological safety", Kremenchuk, 85-86.
6. Dolina. L. 2000. Waste water of mining enterprises and methods of their treatment. *Dnepropetrovsk*, ss. 61.
7. Kostenko V., Zavyalova O., Chepak O., Pokalyuk V. 2018. Mitigating the adverse environmental impact resulting from closing down of mining enterprises. *Mining of Mineral Deposits*, 12(3), 105-112.
8. Yu X., Li Z., Zhao S., Li K. 2013. Biomass accumulation and water purification of water spinach planted on water surface by floating beds for treating biogas slurry. *J. Environ. Prot.* 4, 1230-1235.
9. Jaiswal S. 2011. Growth and nutrient accumulation by *Eichhornia crassipes* (Mart.) solms in Robertsson lake. *An International Journal of Ecology*, 18, 91-100.
10. Henares M., Camargo A. 2014. Estimating nitrogen and phosphorus saturation point for *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms and *Salvinia molesta* Mitchell in mesocosms used to treating aquaculture effluent. *Acta Limnol*, 26(4), 420-428.
11. Prokopchuk O., Hrubinko V. 2016. Experiments on accumulation of phosphorus in the plants *Myosotis palustris*, *Glyceria maxima* and *Nasturtium officinale*. *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ecol*, 24(2), 437-443.

12. Neralla S., Weaver R., Lesikar B., Persyn R. 2000. Improvement of domestic wastewater quality by subsurface flow constructed wetlands. *Bioresource Technol.*, 75(1), 19-25.
13. Solano M., Soriano P., Ciria M. 2004. Constructed wetlands as a sustainable solution for wastewater treatment in small villages. *Biosystems Engineering*, 87(1), 109-118.
14. Dunbabin J., Bowner K. 1992. Potential use of constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters containing metals. *Sci. Total. Environ.*, vol. 111, N 2/3., 56-60.
15. Galletti A., Verlicchi P., Ranieri E. 2010. Removal and accumulation of Cu, Ni and Zn in horizontal subsurface flow constructed wetlands: Contribution of vegetation and filling medium. *Sci. Total Environ.*, 408(21), 5097-5105.
16. Yagodkin F., Vilson E., Dolzhenko L., Romanenko E. 2017. Theoretical studies for the use of "Bioplateau" for defferization of water treatment. *South of Russia: ecology, development.* 12(2), 147-158.
17. Sivkova E., Pribytkova E. 2011. Effect of broadleaf cattail (*typha latifolia* l.) and components of the filtering loading on efficiency of removal of nitrogen compounds in systems of soil and marsh sewage treatment. *Bulletin of Tomsk state University*, 2 (14), 141-149.