

Гриб Й. В. [1; ORCID ID: 0000-0002-8158-2342],

д.б.н., професор,

Ковальчук С. В. [2; ORCID ID: 0009-0006-2546-8349],

к.с.-г.н., голова циклової комісії,

Калько А. Д. [2; ORCID ID: 0000-0003-4526-5929],

д.геогр.н., професор

¹Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

²ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж НУВГП», м. Рівне

ВИЛУЧЕННЯ САПРОПЕЛЮ ЯК ЕЛЕМЕНТ ВІДРОДЖЕННЯ АГРОЕКОЛОГІЇ СТАРІЮЧИХ ОЗЕР ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

Основним чинником забруднення поверхневих вод України є недосконалі методи оборотного очищення комунальних стічних вод і грязевих вод урботериторій, що виносять понад 70% домішок біогенних елементів, завислих і токсичних домішок у межах від 25% до 50% добового стоку. В результаті нижче великих міст формуються гарячі точки забруднень, біологічні бар'єри для аборигенної іхтіофауни. Замулення водних об'єктів формує придонні сірководневі зони, що губить молодь риб і кормову базу. Заростання старіючих озер і мілководь річок формує інтенсивну трансесію води. Значні втрати води відбуваються за рахунок переходу у ґрунтові води під переосушеними ділянками, що призводить до деградації ґрунтів і втрати гумусу. Стан поверхні водозбору річкових русел на сьогодні формують сільгоспугіддя на розораних територіях. Коефіцієнт трансформації виражається за відношенням суми коефіцієнтів природних чинників (заліснення, залуговування, заболочування) до суми антропогенних (розораність, урбанізація).

Вилучення сапропелів з котлованів озерних систем з додаванням кремнієвих сполук підвищить ефективність природних добрив на сівозмінах. Пропонується поряд із озером у приводній улоговині сформувати дублююче фактичне озеро з конкретною вибіркою торфу до піщаного дна, куди з допоміжного каналу перекидати воду, що перетікає за законом сполучених посудин разом з іхтіофауною. Фактичне озеро, крім збереження іхтіофауни, стає переселеним природним середовищем для розвитку рибальства. Натомість старіюче озеро осушується, що дає можливість добувати сапропель відкритим способом із подальшою його переробкою. На нашу думку, виходячи з економічного критерію, доцільним

є використання біотропів – системи отримання сільськогосподарської продукції з обезводнених ставів, їх рибопродукції та чистої води.

Водночас використання біогенних домішок оборотного стоку після третинного водоочищення у водорослево-річкових ставах при зрошенні агроугідь на прилеглих територіях до міст дає змогу підвищити врожайність і удобрюваність ґрунтів.

Ключові слова: сапропель; іхтіофауна; екосистема; екотропи; поверхневі води; стічні води; агросистема; річкова мережа; токсичні домішки; урботериторії.

Постановка проблеми. На сьогодні водні екосистеми України знаходяться у кризовому стані через недостатньо ефективне очищення стічних і зливових вод з урботериторій (біля 70% домішок) та агросистем (біля 20%), внаслідок чого якість поверхневих вод знаходиться у III–IV класі [4, С. 161]. Разом зі стічними водами, що складає від 25 до 50% добового стоку, надходять і значні маси біогенних елементів – органічного вуглецю, форм азоту та фосфору. Це діючі домішки (*C*, *N*, *P*) та твердий стік і токсичні домішки (міндобрива, пестициди, нафтопродукти, важкі метали та ін.) [1]. В результаті нижче великих міст формуються гарячі точки забруднень, біологічні бар'єри для аборигенної іхтіофауни. Замулення водних об'єктів формує придонні сірководневі зони, що губить молодь риб і кормову базу. Заростання старіючих озер і мілководь річок формує інтенсивну трансесію води [3]. Значні втрати води відбуваються за рахунок переходу у ґрунтові води під переосушеними ділянками, що призводить до деградації ґрунтів і втрати гумусу.

Водночас на розораних територіях вносяться мінеральні добрива, приблизно 30% яких теж виноситься у річкову мережу. Наразі проєктуються системи природного доочищення ставів і використання їх у агроекосистемах, що підвищить урожайність, вміст гумусу у ґрунтах і підвищить якість поверхневих вод. Також, розроблена схема вилучення донних відкладів поліських озер разом із добавками крейди (Ca^{2+}) та відходів сільськогосподарських тварин. На нашу думку, виходячи з економічного критерію, доцільним є використання біотропів – системи отримання сільськогосподарської продукції з обезводнених ставів, їх рибопродукції та чистої води [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження кризових екологічних особливостей функціонування водних екосистем України відображені у працях вітчизняних і зарубіжних вчених: Клименка М. О. [1–3], Гриба Й. В. [1–4, 7], Гродзинського Д. М. [5], Гроховської Ю. Р. [6],

Куньчик Т. М. [4], Сондака В. В. [1–4], Євтушенко М. Ю. [8], Яцика А. В. [7] та інших.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є розгляд перспективних схем утилізації відходів у замкнених циклах, впровадження практики очищення стоків урбанізованих територій, попередження замулення водних об'єктів та отримання урожайної маси зернових для забезпечення потреб населення і сільського господарства щодо запобігання деградації ґрунтів.

Виклад основного матеріалу досліджень. Розроблена комплексна система формування реабілітації якості поверхневих вод. Вона відрізняється тим, що для отримання продукції з метою забезпечення годівлі тварин, потреб населення та отримання білка використовується система агроекологічних шарів-проходів, штучних урбоекосистем на теплових зворотних водах АЕС, на базі комплексних проєктованих біотропів з утилізацією відходів та отримання чистої води для зрошення і рибництва, формування природної кормової бази аборигенної іхтіофауни. При цьому відроджуються озерні екосистеми, малі річки та поновлюються шляхи міграції риб.

Інститутом нанотехнологій і здорових продуктів «Arelife» розроблена програма оновлення родючості ґрунтів України за рахунок оновлення водогонів: розробник Тимур Левада. Сам процес очищення водойм поставлений у пряму залежність від стану водойм чи якості води, що є, на нашу думку, некоректним. Якість води і її маса формується за рахунок поверхневого стоку, атмосферних опадів, комунального стоку і зливого стоку з урбанізованих територій, підземного і ґрунтового живлення. Скільки не поглиблюй водойми, формуватиме якість води те, що входить в систему. Позитивним є аналіз виникнення донних відкладів з корекції домішок підстилаючих порід, що підвищить на деякий період урожайність зернових (насамперед вівса) та покращить утилізацію біотехногенних домішок (*C, N, P*). Первинною ланкою будь-якої гідросистеми є водні об'єкти з певною структурою порушених і непорушених територій (при оптимальному співвідношенні 50:50). Натомість площа лише порушених територій України складає 56,7%, а по водних басейнах малих річок цей показник сягає 90%, тобто сформувався гідрологічний режим впливу стоків з урботериторій та агросистем. При цьому природний стік формується лише на 5–10% території.

При існуючій системі природокористування наявні певні проблеми:

- а) зменшення біологічних видів флоро-фауністичних комплексів;
- б) зникнення або трансформація ландшафтів, урочищ в результаті агроеліорації, гідромеліорації, зарегулювання річок, будівництва каналів, урбанізації (осушення боліт, живлення малих річок, деградація, ремонт);
- в) зміна біогеоценозів рослинності;
- г) порушення процесів відтворення та існування іхтіофауни та орнітофауни;
- д) зниження самоочисної здатності річок, показника якості води і деградація ґрунтів;
- е) розселення інвазійних видів рослин і тварин.

На нашу думку, все ж ведення еколого-обґрунтованого природокористування залишається можливим і доцільним для антропогенних ландшафтів.

Отож, нами пропонуються наступні класи агросистем з метою оптимізації природокористування:

- А – природні агроєкосистеми;
- Б – штучні агроєкосистеми (орні, поливні землі, осушені);
- В – урбоєкосистеми (збір маси стічних вод навколо міст);
- Г – озерно-водорослево-сапропелеві агроєкосистеми (вилучення сапропелів);
- Д – тваринницькі комплексні агроєкосистеми (вилучення відходів очищення ставів на водорослево-дернових ставах і їх використання для зрошення);
- Е – теплові агроєкосистеми на зворотних водах АЕС (овочівництво, рибориборство);
- Є – комплексні проєктовані біотропи (замкнуті системи від виробництва зерна до його використання та отримання чистої води від тваринницьких комплексів та урботериторій);
- Ж – проєктовані біотропи (за рахунок мулів шельфовидної зони Балтійського моря з метою впливу на шляхи міграції вугра);
- З – природні ландшафтні агроєкосистеми (управління стоками річок і озерних систем).

Стан поверхні водозбору річкових русел на сьогодні формують сільгоспугіддя на розораних територіях. Коефіцієнт трансформації виражається за відношенням суми коефіцієнтів природних чинників (заліснення, залуження, заболочування) до суми антропогенних (розораність, урбанізація), тобто:

$$K_c = \frac{\sum_{\text{пр}} K}{\sum_{\text{антр}} K} \leq 1, 0, \quad (1)$$

де враховані чинники: антропогенні:

K_1 – розораності угідь;

K_2 – урбанізації території;

K_3 – меліоративні роботи з осушення територій;

K_4 – індустріалізація (проміжні ставки, кар'єри);

K_5 – стічні води урботериторій;

Природні, компенсаційні чинники стійкості річкової системи:

K_6 – залісненість;

K_7 – залугованість річкових заплав;

K_8 – заболочення;

K_9 – вкритість (щільність річкової мережі);

K_{10} – очищення стічних вод;

K_{11} – економія свіжої води;

K_{12} – заповідність територій.

Серед чинників впливу переважають залісненість, розораність територій, що має загальні риси фізико-географічних районів

Усі озерні системи Західного Полісся (за П. Тутковським) приречені на старіння та перетворення на болотні масиви. Інтенсивність старіння, тобто відкладення донних мулів, складає від 2 мм (оліготрофи тощо) до 2,0–5,0 см на рік залежно від рівня евтрофікації. При цьому обміління веде до заростання фітомасою вищої водної рослинності, підвищення транспірації та порушення кормової бази іхтіофауни.

Екологічний стан озера виражається як складова діючих чинників: просторово-складових (S_1), якості водного середовища (S_2), антропогенної трансформації паводкового водозбору (S_3), ландшафтометричної характеристики озера (S_4), тобто:

$$S_{\text{оз}} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 \dots S_n. \quad (2)$$

Органічні сапропелі – універсальний тип озерних відкладів. Їх частка складає до 30%. Вміст органічної речовини у них – від 80 до 94%, колір сіруватий. Це ефективний поживний матеріал, має кормове і лікувальне значення, використовується переважно у переробній промисловості і будівництві.

Основним компонентом мінеральної частини сапропелю є двоокис кремнію, частка якого складає до 30–70%. Для екосистеми озер має значення висока концентрація окису заліза, при кислих умовах воно зв'язує розчини у водоймах. Мінеральна складова сапропелів: за двоокисом кремнію – до 33%, до 5,8% окису амонію і заліза, до 8% окису кальцію та магнію. Враховуючи значення коефіцієнтів важких металів у атмосферних опадах, важливу роль грає вміст цинку, міді, свинцю, нікелю, кадмію, ртуті.

Агрохімічними дослідженнями встановлено позитивний вплив сапропелево-кремнієвих домішок на урожай вівса, у цілому склад білка формується за рахунок біогенних домішок (*C, N, P*) і кремнію, що буде відчуватися як провідна роль мінеральної стимуляції рослинного покриву.

Запаси сапропелю під торфом у Волинській області складають в межах залягання 9707 тис. м³, а в межах промивної глини (кар'єр) – 5335 тис. м³.

У Рівненській області геологічні запаси сапропелю 13900 тис. т (за розвіданими запасами). З них пластичного типу – 3876,6 (46,3%), змішаного – 3832,0 тис. т (45,7%) та біогенного – 672,5 тис. т (8%).

Наявні запаси потребують використання. На стариці сапропель добувають шляхом використання земснарядів, грейферним способом без пониження рівня води або без нього. Недоліком є проблема зневоднення, використання дренажних карт без врахування проблеми збереження їх аборигенної іхтіофауни та втратою води. Тому таке старіюче озеро через сукцесійний розвиток екосистеми прямує до формування болота і перетворення у заболочений суходіл.

Ми пропонуємо (рис. 1, 2): поряд із озером у приводній улоговині варто формувати дублююче фактичне озеро з конкретною вибіркою торфу до піщаного дна, куди з допоміжного каналу перекидати воду, що перетікає за законом сполучених посудин разом з іхтіофауною. Фактичне озеро, крім збереження іхтіофауни, стає переселеним природним середовищем для розвитку рибальства.

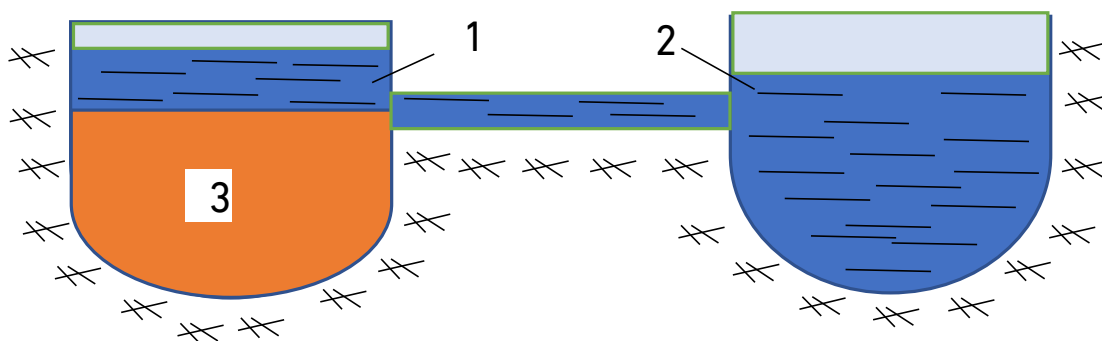


Рис. 1. Схема зневоднення старіючих озер: 1 – старіюче озеро; 2 – фактичне озеро; 3 – сапропель

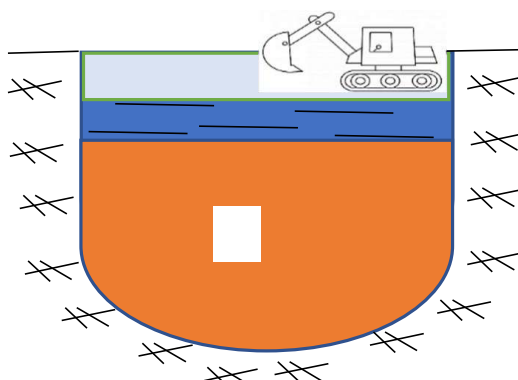


Рис. 2. Схема видобування сапропелю

Водночас старіюче озеро осушується, що дає можливість добувати сапропель відкритим способом із подальшою його переробкою.

Висновки. Основним чинником забруднення поверхневих вод України є недосконалі методи оборотного очищення комунальних стічних вод і грязевих вод урботериторій, що виносять понад 70% домішок біогенних елементів, завислих і токсичних домішок у межах від 25% до 50% добового стоку.

Вилучення сапропелів з котлованів озерних систем з додаванням кремнієвих сполук підвищить ефективність природних добрив на сівозмінах, однак не вирішить питання підвищення якості поверхневих вод України.

Використання біогенних домішок оборотного стоку після третинного водоочищення у водорослево-річкових ставах при зрошенні агрогідь на прилеглих територіях до міст дають змогу підвищити врожайність і удобрюваність ґрунтів.

1. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем. Рівне : Волинські обереги, 1999. 348 с. 2. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Відродження екосистем трансформованих басейнів річок та озер (Рекомендації до розробки ОВНС). Рівне : НУВГП, 2012. 246 с. 3. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Реабілітація порушених річкових та озерних систем. Рівне – Вінниця, 2015. 424 с. 4. Гриб Й. В., Сондак В. В., Куньчик Т. М. Компенсаційні заходи з відтворення аборигенної іхтіофауни у річково-озерній мережі Західного Полісся. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2005. Вип. 38. С. 161–164. 5. Гродзинський Д. М. Основи ландшафтної екології: підручник. К. : Либідь, 1993. 224 с. 6. Гроховська Ю. Р. Вищі водні рослини і моніторинг якості поверхневих вод (на прикладі річок Устя та Замчисько). *Вісник Української державної академії водного господарства*. Рівне, 1998. Вип. 1. С. 25–29. 7. Денисова О. І., Серебрякова Т. М., Чернявська А. П., Яцик А. В., Гриб Й. В., Сіренко Л. Я., Верніченко Г. А., Руденко Л. О., Разов В. П. Сучасний стан поверхневих вод України: методичні підходи та екологічна оцінка. *Водне господарство України*. 1996. № 6. С. 24–28. 8. Євтушенко М. Ю. Відновна іхтіоекологія як науковий напрям розвитку рибництва внутрішніх водойм України. *Рибогосподарська наука України*. 2010. № 3. С. 88–91.

REFERENCES:

1. Hryb Y. V., Klymenko M. O., Sondak V. V. Vidnovna hidroekolohiia porushenykh richkovykh ta ozernykh system. Rivne : Volynski oberehy, 1999. 348 s. 2. Hryb Y. V., Klymenko M. O., Sondak V. V. Vidrozhennia ekosystem transformovanykh baseiniv richok ta ozer (Rekomendatsii do rozrobky OVNS). Rivne : NUVHP, 2012. 246 s. 3. Hryb Y. V., Klymenko M. O., Sondak V. V. Reabilitatsiia porushenykh richkovykh ta ozernykh system. Rivne – Vinnytsia, 2015. 424 s. 4. Hryb Y. V., Sondak V. V., Kunchyk T. M. Kompensatsiini zakhody z vidtvorennia aboryhennoi ikhtiofauny u richkovo-ozernii merezhi Zakhidnoho Polissia. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. Kherson, 2005. Vyp. 38. S. 161–164. 5. Hrodzynskiy D. M. Osnovy landshaftnoi ekolohii : pidruchnyk. K. : Lybid, 1993. 224 s. 6. Hrokhovska Yu. R. Vyshchi vodni roslyny i monitorynh yakosti poverkhnevyykh vod (na prykladi richok Ustia ta Zamchysko). *Visnyk Ukrainskoi derzhavnoi akademii vodnoho hospodarstva*. Rivne, 1998. Vyp. 1. S. 25–29. 7. Denysova O. I., Serebriakova T. M., Cherniavska A. P., Yatsyk A. V., Hryb Y. V., Sirenko L. Ya., Vernichenko H. A., Rudenko L. O., Razov V. P. Suchasnyi stan poverkhnevyykh vod Ukrainy: metodychni pidkhody ta ekolohichna otsinka. *Vodne hospodarstvo Ukrainy*. 1996. № 6. S. 24–28. 8. Yevtushenko M. Yu. Vidnovna ikhtioekolohiia yak naukovyi napriam rozvytku rybnytstva vnutrishnikh vodoim Ukrainy. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*. 2010. № 3. S. 88–91.

Hryb Y. V. [1; ORCID ID: 0000-0002-8158-2342],
Doctor of Biological Sciences, Professor,
Kovalchuk S. V. [2; ORCID ID: 0009-0006-2546-8349],
Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.),
Chairman of the Cycle Commission,
Kalko A. D. [2; ORCID ID: 0000-0003-4526-5929],
Doctor of Geographical Sciences, Professor

¹*National university of water and environmental engineering, Rivne*

²*SSU «Rivne Technical Professional College of NUWEE», Rivne*

SAPROPEL EXTRACTION AS AN ELEMENT OF REVIVAL OF THE AGROECOLOGY OF AGING LAKES OF WESTERN POLISSIA

The main factor in the pollution of surface waters of Ukraine is the imperfect methods of reversible treatment of municipal wastewater and mud waters of urban areas, which remove more than 70% of impurities of biogenic elements, suspended and toxic impurities within the range of 25% to 50% of the daily runoff. As a result, hot spots of pollution are formed below large cities, biological barriers for aboriginal ichthyofauna). Siltation of water bodies forms bottom hydrogen sulfide zones, which destroys young fish and food base. Overgrowth of aging lakes and shallow water of rivers forms intensive transgression of water. Significant water losses occur due to the transition to groundwater under over-drained areas, which leads to soil degradation and loss of humus. The condition of the surface of the riverbed catchment is currently formed by farmland in plowed areas. The transformation coefficient is expressed as the ratio of the sum of the coefficients of natural factors (afforestation, meadowing, swamping) to the sum of anthropogenic factors (plowing, urbanization).

Extraction of sapropels from the pits of lake systems with the addition of silicon compounds will increase the efficiency of natural fertilizers in crop rotations. It is proposed to form a duplicate actual lake with a specific sample of peat to the sandy bottom next to the lake in the drainage basin, where water flowing according to the law of connected vessels together with ichthyofauna is transferred from the auxiliary channel. The actual lake, in addition to preserving ichthyofauna, becomes a relocated natural environment for the development of fishing. Instead, the aging lake is drained, which makes it possible to extract sapropel in an open way with its subsequent processing. In our opinion, based on the economic criterion, it is advisable to use biotropes - a system for obtaining agricultural products from dehydrated ponds, their fish products and clean water.

At the same time, the use of biogenic impurities of the recycled effluent after tertiary water treatment in algae-river ponds when irrigating agricultural lands in the territories adjacent to cities allows to increase the productivity and fertilization of soils.

Keywords: sapropel; ichthyofauna; ecosystem; ecotopes; surface waters; wastewater; agrosystem; river network; toxic impurities; urban territories.

Отримано: 3 листопада 2025 року
Прорецензовано: 12 листопада 2025 року
Прийнято до друку: 28 листопада 2025 року