

Мельничук В. Г., д.геол.н., професор (v.g.melnychuk@nuwm.edu.ua),
Косяк Д. С., к.геогр.н., доцент (d.s.kosiak@nuwm.edu.ua),
Мельничук Г. В., к.геол.н., доцент (h.v.melnychuk@nuwm.edu.ua),
Холоденко В. С., к.геогр.н., доцент (v.s.kholodenko@nuwm.edu.ua),
Самуйлик Л. І., магістрантка (samuilyk_vg23@nuwm.edu.ua)
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **Трач Ю. П., ад'юнкт** (Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (SGGW, Warszawa, Polska), (y.p.trach@nuwm.edu.ua), **Будз О. П., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.p.budz@nuwm.edu.ua)

ПРОЄКТ ДЕРЖАВНОЇ ЦІЛЬОВОЇ ПРОГРАМИ САНАЦІЇ ПІСНИХ ВОДОЙМ УКРАЇНИ ВАПНЯКОВИМИ МЕЛІОРАНТАМИ НА ПЕРІОД ДО 2030 РОКУ

Запропоновано заходи систематичної санації забруднених пісних водойм України відносно дешевими і поширеними вапняковими меліорантами, які вже знайшли широке застосування для розкислення ґрунтів. Вапнякові меліоранти проявляють хороші водно-реакційні, сорбційні та фільтраційні властивості щодо забруднювачів води. Їм також властива пролонгуюча активність карбонату кальцію щодо забруднювачів впродовж кількох років. Найкращий ефект досягається, зокрема, шляхом прямого внесення до водойм (механічно) термічно-активованого вапнякового борошна (висушений при 250° С та подрібнений до 5 мікрон органогенний кальцит (CaCO₃), облаштуванням реакційно-фільтраційних бар'єрів та пляжів з вапнякової крихти фракції 0–20 мм. Намічено заходи з реалізації програми на 2024–2030 роки.

Ключові слова: державна цільова програма; санація водойм; вапнякові меліоранти; забруднення; бар'єри; фракції; екотехнології.

Вступ, аналіз останніх досліджень. Проблемам санації водойм вапняковими меліорантами в розвинутих країнах присвячена низка наукових праць [5–12; 14; 15] і використання вапняків в екотехнологіях давно впроваджене в природоохоронну практику. Український досвід [2–5; 13] в цьому ще незначний. Актуальність впровадження такої

екотехнології у вітчизняну практику обумовлена тим, що гідроекологічна ситуація в Україні різко погіршилась внаслідок аномального забруднення поверхневих, а з часом і підземних вод, продуктами згоряння вибухових речовин та паливо мастильних матеріалів внаслідок масштабних воєнних дій останнього часу.

Проект **Державної цільової програми санації прісних водойм України вапняковими меліорантами на період до 2030 року** (далі, Програма) ініціюється вченими Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП), Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (SGGW), за сприяння Української асоціації вапняної промисловості (УАВП).

Мета Програми. Метою Програми є збереження і відтворення водних ресурсів України, приведення їх до екологічно безпечного стану для життя і здоров'я населення, впровадження екологічно збалансованих заходів санації забруднених водойм, створення умов для реалізації права кожного громадянина на доступ до якісної прісної води, поліпшення умов питного водопостачання і риборозведення, створення додаткових прибережних рекреаційних зон.

Спрямованість Програми. Програма спрямована на реалізацію стратегічних цілей і задач з охорони довкілля, ліквідації наслідків негативного впливу воєнних дій на гідросферу України, відходів гірничодобувної промисловості засобами водної інженерії та відновлювальної гідроекології:

- раціональне використання та охорона ресурсів поверхневих вод, їх захист від забруднення та евтрофікації;
- знешкодження забруднення поверхневих вод внаслідок воєнних дій;
- покращення умов питного водопостачання населення з річок і водосховищ;
- поліпшення санітарного і рекреаційно-естетичного стану водойм в межах населених пунктів;
- підвищення продуктивності рибогосподарських водойм;
- знекислення ставкових і шахтних вод;
- ліквідація відходів вапнякової індустрії.
- проведення роз'яснювальної роботи, надання методичної та інформаційної допомоги водокористувачам щодо санації водойм вапняковими меліорантами;
- компенсація водокористувачам витрат на проведенням заходів

санації водойм вапняковими меліорантами.

Програма розроблена відповідно до Водної стратегії України на період до 2025 року (наукові основи) та орієнтована на Національний цифровий показник (НЦП) 33 – *Збільшити кількості водних об'єктів з «добрим» екологічним станом*, встановлений в Україні у 2018 р. Намічені даною Програмою заходи відповідають п. 12, п. 15 та п. 39 постанови Кабінету міністрів України N 1147 від 17 вересня 1996 р. «Про затвердження переліку видів діяльності, що належать до природоохоронних заходів».

Обґрунтування Програми. В Україні гостро постала проблема забруднення, закислення і евтрофікації прісних водойм. Найбільшим джерелом їх забруднення є скиди неочищених/недостатньо очищених побутових і промислових стічних та шахтних вод. Окрему загрозу несе сезонна евтрофікація (цвітіння води) внаслідок її забруднення нітратами і фосфатами в результаті аграрного виробництва. Водойми півдня і сходу України тотально забруднені сульфатами і важкими металами. Спостерігається також порушення процесів самоочищення водойм, їхнє забруднення патогенними мікроорганізмами. Забруднення і евтрофікація водойм стала санітарною і рекреаційно-естетичною проблемою багатьох міст і сіл України.

Актуальності набувають не лише ліквідація джерел забруднення та механічне очищення водойм, але й заходи їхньої систематичної санації відносно дешевими і поширеними в Україні вапняковими меліорантами, які знайшли широке застосування для розкислення ґрунтів (ДСТУ 7446:2013 «Меліоранти вапнякові. Технічні умови»).

Вапнякові меліоранти проявляють хороші водно-реакційні, сорбційні та фільтраційні властивості щодо забруднювачів води. Найкращий ефект досягається, зокрема, шляхом прямого внесення до водойм (механічно) термічно-активованого вапнякового борошна (висушений при 250° С та подрібнений до 5 мікрон кальцит CaCO₃), облаштуванням реакційно-фільтраційних бар'єрів та пляжів з вапнякової крихти фракції 0–20 мм. Зазначеним вапняковим меліорантам також властива пролонгуюча активність карбонату кальцію щодо забруднювачів впродовж кількох років.

В результаті прямого внесення вапнякових меліорантів у водойми спостерігаються:

- нормалізація кислотності/лужності води,
- осадження надлишкових фосфатів,

- адсорбція важких металів,
- активізація споживання Ca^{2+} для росту скелету риб, приріст кормових гідробіонтів риб, покращення складу іхтіоценозу та стану популяцій;
- нейтралізація продуктів гниття – аміаку і амонію;
- покращення умов для розвитку вищої водяної рослинності, що збагачує воду киснем і запобігає задусі риб;
- унеможлиблюється евтрофікація («цвітіння») води.

Застосування вапнякових меліорантів у формі CaCO_3 є альтернативою шкідливому для водних організмів внесенню вапна (CaO , Ca(OH)_2) [1], виробництво якого енергозатратним і відносно дорогим.

Для виробництва вапнякових меліорантів найліпшими є органогенні рифові вапняки, що містять понад 90% карбонату кальцію (CaCO_3). Вони утворились шляхом накопичення карбонатів кальцію водними організмами (літотамнії, муховатки, корали, фораменіфери та ін.), тому їхнє внесення до водойми є цілком природним і безпечним для біоти.

Промислові запаси тільки флюсових вапняків в надрах України становлять 2081,3 млн т, з яких 70% видобутку йде на потреби металургії. Географія вапнякових родовищ в Україні досить широка, а виробництво вапнякового борошна налагоджено багатьма підприємствами і може нарощуватись за потреби ринку. Зокрема, воно продукується ПрАТ «Тернопільський кар'єр» в кількості 300 т на добу за новітньою європейською технологією компанії Loesche (Німеччина). Цей продукт відповідає вимогам ДСТУ 7446:2013 «Меліоранти вапнякові». На нього розроблено технічні умови ТУ У 23.5-00292623-003:2021 «Вапнякове борошно для знекислення водойм» [3], є відповідна сертифікація.

Продукти подрібнення вапняків фракцією менше 20 мм на сьогодні не мають достатнього ринку споживання і складаються (десятки млн т/рік), що створює певну загрозу довкіллю. Зокрема, лише у ПрАТ «Тернопільський кар'єр» залишки відсіву вапняків у відвалах: Галушинці – 1 500 000 т; Максимівка – 2 000 000 т; Старий Збараж – 15 000 т. Крім того, підприємством виробляється щомісяця ще 100 тис т. вапнякових відсівів, які вже можуть використовуватись в екотехнології санації водойм. Аналогічна ситуація із накопиченням вапнякових відходів і на інших родовищах флюсових вапняків України.

Відходи переробки флюсових вапняків пропонується використати для спорудження реакційно-фільтраційних бар'єрів-гребель та пляжів з вапнякової крихти на водних об'єктах з протічними забрудненими водами (ТУ У 23.5-00292623-004:2021 «Вапнякова крихта для очищення протічно-напірних вод фільтрацією») [4].

Ємкість і економіка ринку санації водойм вапняковими меліорантами. Загальний об'єм ставкових вод в Україні вимірюється в 3969 млн м³. Потреба вапнякового борошна для разової санації ставків становить 396,9 тис. т. при середній нормі внесення CaCO₃ 1,0 т на 10000 м³ води. У разі санації вапняковим борошном тільки 10% об'єму крупних водосховищ, що містять разом 55315,8 млн м³ води, потреба у вапняковому борошні становитиме близько 553,0 тис. т.

При середній вартості вапнякового борошна 1200 грн / т, на його закупку для рибогосподарських ставків необхідно витратити 476,28 млн грн, для водосховищ – 664,0 млн грн.

Санацію вод водосховищ пропонується в основному виконувати вапняковою крихтою фракції 0–20 мм, на що знадобиться її в кількості 5553,0 тис. т. При ціні вапнякової крихти 200 грн за 1,0 т її загальна вартість становитиме 1110,0 млн грн.

Таким чином, загальні витрати на вапнякові меліоранти складуть 476,0 + 664,0 + 1110,0 = 2 250,0 млн грн.

Якщо витрати на доставку і внесення вапнякових меліорантів становитимуть 30% від їхньої вартості, то загальні затрати на разову санацію прісноводних водойм України складуть 2 925,06 млн грн.

Обґрунтування витрат і джерел фінансування Програми наведено у таблиці.

Зацікавлені в реалізації Програми інституції:

1. Обласні та районні ради народних депутатів, державні адміністрації; територіальні громади на місцях, Державне агентство водних ресурсів України; Державне агентство меліорації та рибного господарства України.

2. Комунальні водокористувачі міських, обласних і районних рад, окремі територіальні громади (ОТГ);

3. Рибницькі господарства різних форм власності;

4. Промислові підприємства, що скидають технологічні, стічні та шахтні води;

5. Власники приватних водойм;

6. Громадські організації, товариства рибалок тощо.

Заходи Програми санації прісних водойм України вапняковими меліорантами на 2024–2030 роки (таблиця):

1. Наукові дослідження щодо поліпшення санітарного стану гідрографічно типових і аномально забруднених водойм України шляхом внесення вапнякових меліорантів, влаштування із них реакційно-фільтраційних бар'єрів і пляжів:

- лабораторно-експериментальне обґрунтування норм внесення вапнякових меліорантів до гідрографічно типових і аномально забруднених водойм;

- розробка типових проектів влаштування реакційно-фільтраційних бар'єрів і пляжів з вапнякової крихти на аномально забруднених водотоках;

- моніторинг гідрохімічного і гідробіологічного стану водойм і водотоків до і після заходів санації.

2. Придбання вапнякових меліорантів для санації водойм:

- придбання вапнякового борошна;

- придбання вапнякової крихти.

3. Виконання заходів щодо покращення санітарного стану гідрографічно типових водойм України шляхом внесення вапнякових меліорантів, влаштування із них реакційно-фільтраційних бар'єрів і пляжів:

- придбання обладнання для санації водойм і водотоків вапняковими меліорантами, в поєднанні з коагулянтами або без них;

- планова санація водойм внесенням вапнякового борошна;

- планова санація крупних водосховищ внесенням вапнякової крихти;

- виготовлення проектно-кошторисної документації «Будівництво реакційно-фільтраційних бар'єрів та пляжів з вапнякової крихти»;

- будівництво реакційно-фільтраційних бар'єрів та пляжів з вапнякової крихти на аномально забруднених і водоймах.

4. Проведення роз'яснювальної роботи серед неселення, надання методичної та інформаційної допомоги водокористувачам щодо санації водойм вапняковими меліорантами.

5. Компенсація водокористувачам водойм затрат в розмірі 30–50% від усіх витрат, пов'язаних з проведенням заходів щодо санації водних об'єктів вапняковими меліорантами.

Наукові дослідження. Лабораторно-експериментальними дослідженнями науковців НУВГП визначено позитивний вплив

вапнякового борошна на показники якості води та оптимальні дози його внесення до водойм з аборигенною іхтіофауною. Розроблено технічні умови ТУ У 23.5-00292623-003:2021 «Вапнякове борошно для знекислення водойм». Досліджено реакційні і фільтраційні властивості вапнякових відходів фракції 0–20 мм щодо забруднених річково-ставкових вод на модельних розчинах та установках. Розроблено ТУ У 23.5-00292623-004:2021 «Вапнякова крихта для очищення протічно-напірних вод фільтрацією». Вапнякову крихту рекомендовано використовувати для спорудження реакційно-фільтраційних бар'єрів-гребель за наявності напору води, а також для нагнітальних фільтрів в очистних спорудах водоканалів.

Експериментальне внесення вапнякового борошна до евтрофікованої ділянки Тернопільського ставу у серпні 2021 р. забезпечило суттєве покращення екологічного стану цієї водойми: зменшення вмісту (концентрації) амонію у 2,9 рази, біохімічного споживання кисню – у 2,6 рази, завислих речовин – у 3,6, сульфатів – у 2 рази, фосфатів – у 1,5 рази, хлоридів – у 2,5 рази, хімічного споживання кисню – у 2,3 рази.

Роботи із санації вапняковими меліорантами вже внесені до регіональних програм охорони навколишнього природного середовища на 2022–2026 рр. в таких водних об'єктах як: Тернопільський став, р. Устя, р. Іква та ін.

Подальшими дослідженнями за цією Програмою передбачається науковий супровід екотехнології санації гідрографічно типових водойм України вапняковими меліорантами, в т.ч. моніторинг гідрохімічного, гідробіологічного та іхтіоекологічного стану водойм до і після санації.

Фінансове забезпечення Програми. Фінансування заходів Програми передбачено за рахунок коштів державного, обласного і місцевих бюджетів, а також інших джерел, не заборонених законодавством України. Фінансування заходів санації вапняковими меліорантами великих водосховищ України передбачається Державним фондом стимулювання і фінансування заходів з охорони навколишнього природного середовища. Фінансування заходів із санації середніх і малих водойм, що не знаходяться в оренді, покладається на обласні екологічні фонди і місцеві бюджети ОТГ. Вапнякову санацію орендованих водних об'єктів мають виконувати їхні орендарі. Окрім того, для вапнякової санації аномально забруднених водних об'єктів

передбачається залучення коштів Глобального екологічного фонду (ГЕФ) та інших організацій.

Орієнтовний обсяг фінансування Програми становить 2 925 000,0 млн гривень, зокрема на наукові дослідження – 25,0 млн грн, на придбання вапнякових меліорантів – 2 250,0 млн грн, на виконання заходів щодо покращення санітарного стану водойм – 650,0 млн грн. Орієнтовний обсяг та джерела фінансування Програми наведено у таблиці.

Фінансування наукових досліджень, проведення роз'яснювальної роботи, надання методичної та інформаційної допомоги водокористувачам щодо санації водойм вапняковими меліорантами здійснюється за рахунок коштів обласних бюджетів відповідно до обласних програм охорони навколишнього середовища.

Порядок використання коштів, передбачених у Державному бюджеті України для проведення заходів щодо санації водойм вапняковими меліорантами, встановлює Кабінет Міністрів України.

Кадрове забезпечення Програми. Для виконання заходів програми санації прісних водойм України вапняковими меліорантами знадобляться фахівці з передвищою і вищою освітою за спеціальностями 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології», 103 «Науки про Землю», 207 «Водні біоресурси та аквакультура», яких в достатній кількості випускають навчальні заклади України, в тому числі, Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне).

Заходи Програми санації прісних водойм України вапняковими меліорантами на 2023–2030 роки (проект)

№ з/п	Найменування заходу	Очікувані результати виконання та ефективність заходу	Відповідальний виконавець (головний розпорядник бюджетних і грантових коштів)	Джерела фінансування (бюджети)	Прогнозований обсяг фінан. ресурсів (тис. гривень), всього	У тому числі за роками, тис.грн.		
						2024	2025	2026-2030
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наукові дослідження щодо відновлення санітарного стану гідрографічно типових водойм України шляхом внесення вапнякових меліорантів, влаштування із них реакційно-фільтраційних бар'єрів і пляжів								
1.	Лабораторно-експериментальне обґрунтування норм внесення вапнякових меліорантів до гідрографічно типових водойм України	Вітчизняна екотехнологія поліпшення санітарно-сану водойм вапняковими меліорантами	НУВГП, Інститут водних проблем і меліорації НААН України; Інститут рибного господарства НААН України. Департаменти екології і природних ресурсів облдержадміністрацій	державний	6000,0	1000,0	5000,0	
				обласні	1000,0	1000,0		
				місцеві				
				інші кошти, в т.ч. підприємств	1000,0	1000,0		
2	Розробка типових проєктів влаштування реакційно-фільтраційних бар'єрів і пляжів з вапнякової крихти на гідрографічно типових водоймах України		НУВГП, ПРАТ «УКРГІДРОПРОЕКТ» <i>Інститут цивільної інженерії Варшавського університету</i> (Департаменти з питань будівництва та архітектури облдержадміністрацій)	державний	10 000,0	1000,0	2000,0	7000,0
3	Моніторинг гідрохімічного і гідробіологічного стану гідрографічно типових водойм і водотоків до і після заходів санації	Інформація про ефективність санації водойм вапняковими меліорантами	Департаменти екології та природних ресурсів облдержадміністрацій	державний				
				обласний	7000,0	2500,0	1000,0	3500,0
				місцеві				
				інші кошти, в т.ч. грантові та підприємств				
Разом (тис. гривень),					25 000,0			

продовження табл. 1

Придбання вапнякових меліорантів: борошна і крихти для санації водойм								
4	Придбання вапнякового борошна	Поліпшення екологічного стану та рекреаційного потенціалу прісних водойм України	Комунальні підприємства «Управління майновим комплексом» обласних і районних рад, Регіональні офіси водних ресурсів областей; координатори «GEFFocalPoints»	державний	164 000,0		64 000,0	100 000,0
				обласний	300 000,0		50 000,0	250 000,0
				місцеві	176000,0			
				інші кошти, в т. ч. грантові Глобального екологічного фонду (ГЕФ) та підприємств	500 000,0		100 000,0	400 000,0
5	Придбання вапнякової крихти		Комунальні підприємства «Управління майновим комплексом» обласних і районних рад, Регіональні офіси водних ресурсів областей; Координатори «GEFFocalPoints»	державний	310 000,0		100 000,0	210 000,0
				обласний				
				місцеві				
				інші кошти, в т. ч. грантові Глобального екологічного фонду (ГЕФ) та підприємств	800 000,0		200 000,0	600 000,0
Разом (тис. гривень),					2 250 000,0			
Виконання заходів щодо покращення санітарного стану гідрографічно типових водойм України шляхом внесення вапнякових меліорантів, влаштування із них реакційно-фільтраційних бар'єрів і пляжів реакційно-фільтраційних бар'єрів і пляжів								
6	Придбання обладнання для санації водойм і водотоків у окремих гідрографічних районах України вапняковими меліорантами в поєднанні з коагулянтами або без них	Обладнання для поліпшення санітарно-екологічного стану водойм	Комунальні підприємства «Управління майновим комплексом» обласних і районних рад, координатори «GEFFocalPoints»	державний				
				обласний				
				місцеві	20 000,0		10000,0	10000,0
				інші кошти, в т.ч. грантові Глобального екологічного фонду (ГЕФ) та підприємств	60 000,0		30000,0	30000,0
7	Планова санація водойм внесенням вапнякового борошна		Комунальні підприємства «Управління майновим комплексом» обласних і районних рад, координатори «GEFFocalPoints»	державний				
				обласний	55 000,0		10 000,0	45 000,0
				місцеві	20 000,0		10000,0	10000,0
				інші кошти, в т. ч. грантові Глобального екологічного фонду (ГЕФ) та підприємств	100 000,0			100 000,0

продовження табл. 1

8	Планова санація крупних водосховищ внесенням вапнякової крихти	Поліпшення екологічного стану та рекреаційного потенціалу аномально забруднених водойм	Комунальні підприємства «Управління майновим комплексом» обласних і районних рад, департаменти з питань будівництва та архітектури облдержадміністрацій, регіональні офіси водних ресурсів областей, координатори «GEFFocalPoints»	державний	100000,0		1000 00,0	
				обласний				
				місцеві				
				інші кошти, в т. ч. грантові Глобального екологічного фонду (ГЕФ) та підприємств	285 000,0			285 000,0
9	Виготовлення проектно-кошторисної документації «Будівництво реакційно-фільтраційних бар'єрів та пляжів з вапнякової крихти»	Типовий проєкт спорудження реакційно-фільтраційних бар'єрів та пляжів	НУВГП, ПРАТ «Укргідропроєкт» <i>Інститут цивільної інженерії Варшавського університету;</i> департаменти з питань будівництва та архітектури облдержадміністрацій	державний				
				обласний	5 000,0	5000,0		
				місцеві				
				інші кошти				
10	Будівництво дослідних реакційно-фільтраційних бар'єрів та пляжів з вапнякової крихти на гідрографічно типових водоймах України	Поліпшення екологічного стану та рекреаційного потенціалу прісних водойм України	Департамент з питань будівництва та архітектури облдержадміністрацій; регіональні офіси водних ресурсів областей; координатори «GEFFocalPoints»	державний				
				обласний	15 000,0		15000,0	
				місцеві	5 000,0		5000,0	
				інші кошти, в т. ч. грантові Глобального екологічного фонду (ГЕФ) та підприємств	40 000,0			40 000,0
Разом (тис. гривень),					650 000,0			
Всього (тис. гривень),					2 925 000,0			

Очікуваний ефект від реалізації Програми:

Соціально-екологічний – покращення стану питних та рекреаційних водних ресурсів України, відновлення та збереження природних та штучних водойм, створення робочих місць, знешкодження забруднення поверхневих вод внаслідок воєнних дій, ліквідація відходів гірничого виробництва.

Рибогосподарський – зниження захворюваності, збільшення виходу молоді риб з відкладеної ікри, приріст рибних запасів та рибопродуктивності.

Фінансово-економічний – прибуток для вітчизняних підприємств, що продукують вапнякові меліоранти і рибу, надають рекреаційні послуги, виконують питне водопостачання з водосховищ.

З досвіду санації прісних водойм в країнах Євросоюзу. Щорічно приблизно 300 000 тон дрібнозернистого вапняку (CaCO₃) розповсюджується в озерах та струмках та на заболочених землях для нормалізації значення рН у поверхневих водах вартістю приблизно 40–50 мільйонів доларів США. В цілому понад 11 000 озер та потоків постійно обробляються вапняковими меліорантами. Проблемам санації водойм вапняковими меліорантами в країнах Євросоюзу присвячено чимало наукових праць [5–15].

Транскордонна співпраця із санації водойм в басейні річок Прип'ять, Десна, Західний Буг, Тиса, Дністер, Дунай, Сіверський Донець планується в межах програми Євросоюзу «Територіальне співробітництво країн Східного партнерства» і Конвенції Еспо. Це буде спільний моніторинг та інформаційний обмін про стан транскордонних річок і водойм на суміжних територіях України, Білорусі, Польщі, Молдови та ін. до і після проведення заходів з їхньої санації.

Контроль за виконанням Програми покладається на Міністерство екології та природних ресурсів України. **Координацію Програми** здійснюватимуть Державне агентство водних ресурсів України та її представництва на місцях, Департаменти екології та природних ресурсів ОДА, а також координатори Глобального екологічного фонду в Україні «GEF Focal Points».

1. Мельник А. П., Стецюк З. О., Михайленко Н. Г. Застосування вапна у ємкостях для очищення води вирощувальних ставів від органічних та мінеральних забруднювачів. *Рибогосподарська наука України*. 2010 / Інститут рибного господарства НААН. № 4. С. 69–72. 2. Спосіб знекислення водойм, вилучення

фосфатів та важких металів термічно активованим і диспергованим вапняком: пат. 150251, МПК C02F1/62, C02F1/48. № у 2021 04607; заяв. 09.08.2021; опубл. 19.01.2022, Бюл. № 3. 4 с. **3.** Свідерський І. С., Мельничук В. Г., Трач Ю. П. ТУ У 23.5-00292623-003:2021 «Вапнякове борошно для знекислення водойм». Чинні від 2021 р. Рівне : Рівнестандартметрологія, 2021 р. 24 с. **4.** Свідерський І. С., Мельничук В. Г., Трач Ю. П. ТУ У 23.5-00292623-004:2021 «Вапнякова крихта для очищення протічно-напірних вод фільтрацією». Чинні від 2021 р. Рівне : Рівнестандартметрологія, 2021 р. 25 с. **5.** Andersson M. P., Sakuma H., Stipp S. L. S. Strontium, Nickel, Cadmium, and Lead Substitution into Calcite, Studied by Density Functional Theory. *Langmuir* 30, 2014. P. 6129–6133. URL: <https://doi.org/10.1021/la500832u> (дата звернення: 20.10.2023). **6.** Brantley S. L. Reaction Kinetics of Primary Rock-forming Minerals under Ambient Conditions / Holland H. D., Turekian K. K. (Eds.). *Treatise on Geochemistry*. Pergamon, Oxford, 2003.5.03. Pp. 73–117. URL: <https://doi.org/10.1016/B0-08-043751-6/05075-1> (дата звернення: 20.10.2023). **7.** Hoffmann U., Stipp S.L.S., 2001a. The behavior of Ni²⁺ on calcite surfaces. *Geochim. Cosmochim. Acta* 65. P. 4131–4139. URL: [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(01\)00691-3](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(01)00691-3) (дата звернення: 20.10.2023). **8.** Davis A. D., Webb C. J., Sorensen J. L., Dixon D. J., Hudson R. Geochemical thermodynamics of cadmium removal from water with limestone. *Environ. Earth Sci.* 2018. Vol. 77. P. 37. URL: <https://doi.org/10.1007/s12665-017-7205-5> (дата звернення: 20.10.2023). **9.** Di Lorenzo F., Cametti G., Vanhecke D., Churakov S. V. The Role of Interfaces in Controlling Pb²⁺ Removal by Calcium Carbonate Minerals. *Cryst. Growth Des.* 2020. Vol. 20. P. 6157–6169. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.cgd.0c00906> (дата звернення: 20.10.2023). **10.** Lakshtanov L. Z., Stipp S. L. S. Experimental study of nickel(II) interaction with calcite: Adsorption and coprecipitation. *Geochim. Cosmochim. Acta* 71. P. 3686–3697. URL: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2007.04.006> (дата звернення: 20.10.2023). **11.** Morse J. W., Arvidson R. S., Lüttge A. Calcium Carbonate Formation and Dissolution. *Chem. Rev.* 2007. Vol. 107. P. 342–381. URL: <https://doi.org/10.1021/cr050358j> (дата звернення: 20.10.2023). **12.** Yanamadala V. Calcium Carbonate Phosphate Binding Ion Exchange Filtration and Accelerated Denitrification Improve Public Health Standards and Combat Eutrophication in Aquatic Ecosystems. *Water Environ. Res.* 2005. Res. 77. P. 3003–3012. URL: <https://doi.org/10.2175/106143005X73884> (дата звернення: 20.10.2023). **13.** Yuliia Trach, Victor Melnychuk, Grygoriy Melnychuk, Lukasz Mazur, Anna Podlasek, Magdalena Daria Vaverková, Eugeniusz Kodaj. Using local mineral materials for the rehabilitation of the Ustya River / *Desalination and Water Treatment*. 2021. Vol. 232. P. 346–356. URL: <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.27559> (дата звернення: 20.10.2023). **14.** Zachara J. M., Cowan C. E., Resch C. T. Sorption of divalent metals on calcite. *Geochim. Cosmochim. Acta* 55. P. 1549–1562. URL: [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(91\)90127-Q](https://doi.org/10.1016/0016-7037(91)90127-Q) (дата звернення: 20.10.2023).

15. Zumdahl S. S., Zumdahl S. A., Hummel T. J. Chemistry. Houghton Mifflin, Boston. 2000.

REFERENCES:

1. Melnyk A. P., Stetsiuk Z. O., Mykhailenko N. H. Zastosuvannia vapna u yemkostiakh dlia ochyshchennia vody vyroshchuvalnykh staviv vid orhanichnykh ta mineralnykh zabrudniuvachiv. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*. 2010 / Instytut rybnoho hospodarstva NAAN. № 4. S. 69–72.
2. Sposib znekyslennia vodoim, vyluchennia fosfativ ta vazhkykh metaliv termichno aktyvovanyim i dysperhovanyim vapniakom: pat. 150251, MPK C02F1/62, C02F1/48. № u 2021 04607; zaiav. 09.08.2021; opubl. 19.01.2022, Biul. № 3. 4 s.
3. Sviderskyi I. S., Melnychuk V. H., Trach Yu. P. TU U 23.5-00292623-003:2021 «Vapniakove boroshno dlia znekyslennia vodoim». Chynni vid 2021 r. Rivne : Rivnestandartmetrolohii, 2021 r. 24 s.
4. Sviderskyi I. S., Melnychuk V. H., Trach Yu. P. TU U 23.5-00292623-004:2021 «Vapniakova krykhta dlia ochyshchennia protichno-napirnykh vod filtratsiieiu». Chynni vid 2021 r. Rivne : Rivnestandartmetrolohii, 2021 r. 25 s.
5. Andersson M. P., Sakuma H., Stipp S. L. S. Strontium, Nickel, Cadmium, and Lead Substitution into Calcite, Studied by Density Functional Theory. *Langmuir* 30, 2014. P. 6129–6133. URL: <https://doi.org/10.1021/la500832u> (data zvernennia: 20.10.2023).
6. Brantley S. L. Reaction Kinetics of Primary Rock-forming Minerals under Ambient Conditions / Holland H. D., Turekian K. K. (Eds.). *Treatise on Geochemistry*. Pergamon, Oxford, 2003.5.03. Pp. 73–117. URL: <https://doi.org/10.1016/B0-08-043751-6/05075-1> (data zvernennia: 20.10.2023).
7. Hoffmann U., Stipp S.L.S., 2001a. The behavior of Ni²⁺ on calcite surfaces. *Geochim. Cosmochim. Acta* 65. P. 4131–4139. URL: [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(01\)00691-3](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(01)00691-3) (data zvernennia: 20.10.2023).
8. Davis A. D., Webb C. J., Sorensen J. L., Dixon D. J., Hudson R. Geochemical thermodynamics of cadmium removal from water with limestone. *Environ. Earth Sci.* 2018. Vol. 77. P. 37. URL: <https://doi.org/10.1007/s12665-017-7205-5> (data zvernennia: 20.10.2023).
9. Di Lorenzo F., Cametti G., Vanhecke D., Churakov S. V. The Role of Interfaces in Controlling Pb²⁺ Removal by Calcium Carbonate Minerals. *Cryst. Growth Des.* 2020. Vol. 20. P. 6157–6169. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.cgd.0c00906> (data zvernennia: 20.10.2023).
10. Lakshtanov L. Z., Stipp S. L. S. Experimental study of nickel(II) interaction with calcite: Adsorption and coprecipitation. *Geochim. Cosmochim. Acta* 71. P. 3686–3697. URL: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2007.04.006> (data zvernennia: 20.10.2023).
11. Morse J. W., Arvidson R. S., Lüttge A. Calcium Carbonate Formation and Dissolution. *Chem. Rev.* 2007. Vol. 107. P. 342–381. URL: <https://doi.org/10.1021/cr050358j> (data zvernennia: 20.10.2023).
12. Yanamadala

V. Calcium Carbonate Phosphate Binding Ion Exchange Filtration and Accelerated Denitrification Improve Public Health Standards and Combat Eutrophication in Aquatic Ecosystems. *Water Environ.* 2005. Res. 77. P. 3003–3012. URL: <https://doi.org/10.2175/106143005X73884> (data zvernennia: 20.10.2023). **13.** Yuliia Trach, Victor Melnychuk, Grygoriy Melnychuk, Lukasz Mazur, Anna Podlasek, Magdalena Daria Vaverková, Eugeniusz Kodaj. Using local mineral materials for the rehabilitation of the Ustya River / Desalination and Water Treatment. 2021. Vol. 232. P. 346–356. URL: <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.27559> (data zvernennia: 20.10.2023). **14.** Zachara J. M., Cowan C. E., Resch C. T. Sorption of divalent metals on calcite. *Geochim. Cosmochim.* 1991. Acta 55. P. 1549–1562. URL: [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(91\)90127-Q](https://doi.org/10.1016/0016-7037(91)90127-Q) (data zvernennia: 20.10.2023). **15.** Zumdahl S. S., Zumdahl S. A., Hummel T. J. Chemistry. Houghton Mifflin, Boston. 2000.

Melnychuk V. H., Doctor of Geological Sciences, Professor (v.g.melnychuk@nuwm.edu.ua), **Kosiak D. S., Candidate of Geographical Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (d.s.kosiak@nuwm.edu.ua), **Melnychuk H. V., Candidate of Geological Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (h.v.melnychuk@nuwm.edu.ua), **Kholodenko V. S., Candidate of Geographical Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (v.s.kholodenko@nuwm.edu.ua), **Samuilyk L. I., Graduate Student** (samuilyk_vg23@nuwm.edu.ua) (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Trach Y. P., Adjunct Lecturer** (y.p.trach@nuwm.edu.ua) (Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (SG GW, Warszawa, Polska)), **Budz O. P., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, o.p.budz@nuwm.edu.ua)

**PROJECT OF THE STATE TARGET PROGRAM FOR THE SANITATION OF
FRESH WATERS OF UKRAINE WITH LIMESTONE MELIORANTS FOR THE
PERIOD UNTIL 2030**

The Project of the State target program for the rehabilitation of fresh water bodies of Ukraine with limestone meliorants for the period up to 2030 is presented. The program was developed in accordance with the Water Strategy of Ukraine for the period until 2025 (scientific basis) and is oriented towards the National Digital Indicator (NDI) 33. The program is aimed at the implementation of strategic goals and objectives for

environmental protection, elimination of the consequences of the negative impact of military actions on the hydrosphere of Ukraine, waste mining industry by means of water engineering and regenerative hydroecology. Proposed measures of systematic remediation of polluted fresh water bodies of Ukraine with relatively cheap and common limestone ameliorants, which have already found wide application for soil deoxidation. Limestone meliorants show good water-reaction, sorption and filtration properties for water pollutants. They are also characterized by the prolonged activity of calcium carbonate against pollutants for several years. The best effect is achieved, in particular, by directly introducing (mechanically) thermally activated limestone flour (dried at 250° C and crushed to 5 microns organogenic calcite (CaCO₃)) into reservoirs, by arranging reaction-filtration barriers and beaches from limestone crumb fraction 0–20 mm. Measures for the implementation of the program for 2024–2030 are planned. Costs, funding sources, personnel support, cross-border cooperation in the implementation of the Program are substantiated. The expected effect of the implementation of the Program is presented. The experience of remediation of fresh water bodies in the countries of the European Union is considered. The coordination of the Program will be carried out by the State Agency for Water Resources of Ukraine and its local representatives, the Departments of Ecology and Natural Resources of the Regional State Administration, as well as the coordinators of the Global Environmental Fund in Ukraine "GEF Focal Points".

Keywords: State target program; remediation of reservoirs; limestone meliorants; pollution; barriers; fractions; eco-technologies.
