КОМІТЕТ
з Державних премій України
в галузі науки і техніки

Національний університет
водного господарства
та природокористування

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВОДООЧИСНИХ ОБ'ЄКТІВ

Куницький Сергій Олегович,
кандидат технічних наук,
старший дослідник

Іванчук Наталія Віталіївна,
кандидат технічних наук,
доцент

Шатний Сергій В'ячеславович,
кандидат технічних наук

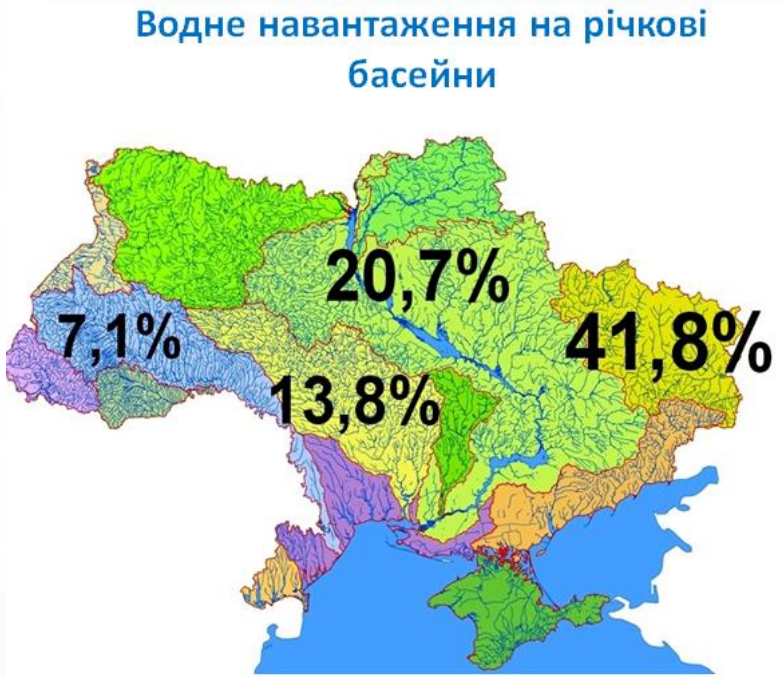
ПРОБЛЕМАТИКА НАУКОВОЇ РОБОТИ

Мета наукової роботи – обгрунтування інноваційних науково-технічних концептуальних рішень та засад щодо використання водних об’єктів та експлуатації водоочисних й гідротехнічних споруд на них на основі програмно-апаратного комплексу.

Предмет дослідження – комплекс організаційно-технологічних заходів, які грунтуються на основі емпіричних досліджень та математично-комп’ютерних моделей з врахуванням специфіки водоочисних об’єктів та гідрогеохімічних особливостей екосистем.

Об'єкт дослідження – фізико-хімічні та фільтраційні процеси на водоочисних об’єктах та в їх грунтових основах.

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДНИХ РЕСУРСІВ В ОТГ УКРАЇНИ СТАНОМ НА 2021 РІК

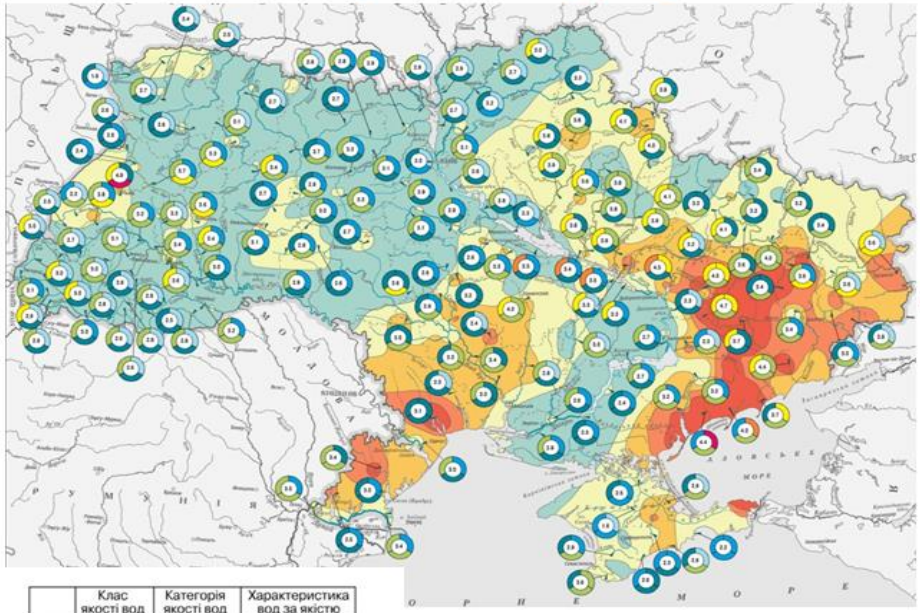


Мапа об'єднаних територіальних громад України (01.10.2021 р.)

Річковий басейн	Площа, км^2	Природ-ний стік, км^3	Фактичний стік, км^3	Забір води, км^3	%
Дніпро	**540 000**	53,5	41,9	8,68	20,7
Дністер	**72 100**	10,0	8,66	0,616	7,1
Сіверський Донець	**52 400**	3,69	3,47	1,45	41,8
Південний Буг	**63 700**	3,02	2,83	0,39	13,8

Стан та якість водних ресурсів в розрізі областей України

Якість поверхневих вод України



	Клас якості вод	Категорія якості вод	Характеристика вод за якістю
	I	1	відмінна
	II	2	дуже добра
		3	добра
	III	4	задовільна
		5	посередня
	IV	6	погана
	V	7	дуже погана

Примітка. Розраховано за середніми значеннями блокових індексів сольового складу, трофо-сапробіологічних показників і специфічних показників токсичної дії

За інтегральним екологічним індексом

3.5 величина інтегрального екологічного індексу

Примітка. Інтегральний екологічний індекс розраховано за формулою $I=(I_A+I_Б+I_В):3$

добра — задовільна — даних немає

Пункти контролю якості поверхневих вод

МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД (мг/л, 1994–2004 рр.)

до 300 — 601–1 000

300–600 — 1 001–500

понад 1 500

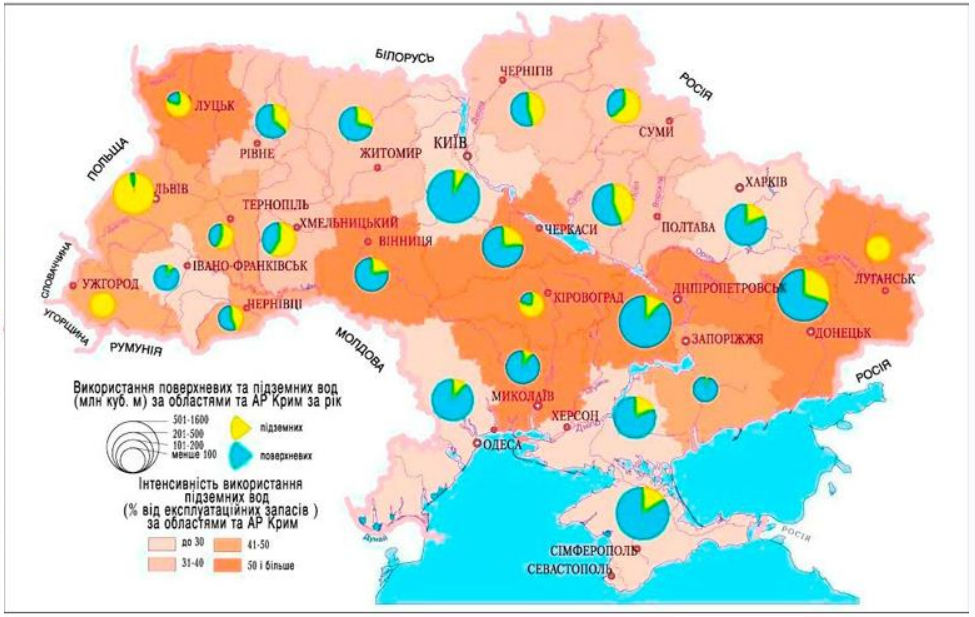
ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД За показниками якості води

А – сольовий склад

Б – трофо-сапробіологічні показники

В – специфічні показники токсичної дії

Використання питних вод (підземних і поверхневих)



Середній модуль стоку, л/(с*км)

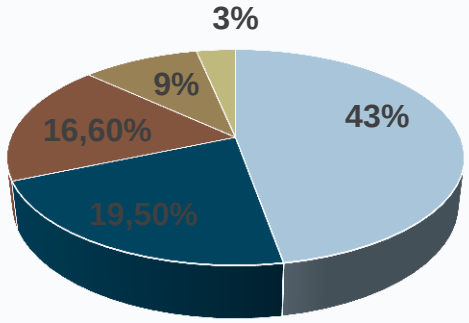
0,0 - 0,25	3,86 - 4,10
0,25 - 0,61	4,10 - 4,40
0,61 - 1,08	4,40 - 4,75
1,08 - 1,38	4,75 - 5,17
1,38 - 1,62	5,17 - 5,76
1,62 - 1,88	5,76 - 6,51
1,88 - 2,05	6,51 - 8,48
2,05 - 2,20	8,48 - 10,0
2,20 - 2,52	10,0 - 12,3
2,52 - 2,67	12,3 - 15,0
2,67 - 2,81	15,0 - 18,0
2,81 - 3,01	18,0 - 20,0
3,01 - 3,17	20,0 - 22,0
3,17 - 3,41	22,0 - 25,0
3,41 - 3,66	25,0 - 28,2
3,66 - 3,86	28,2 - 38,0

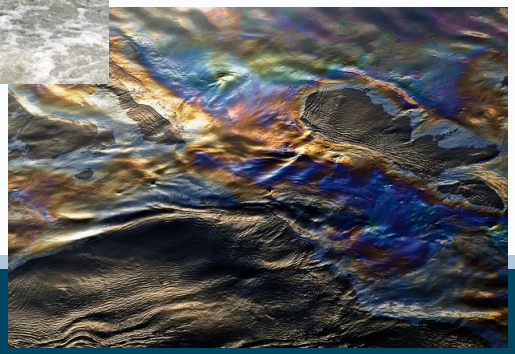
Розподіл середнього багаторічного модуля стоку для річок України

Забруднення води

- господарсько-побутові ;
- промислові ;
- хімічне ;
- фізичне ;
- біологічне ;
- теплове.

Найбільші забруднювачі води



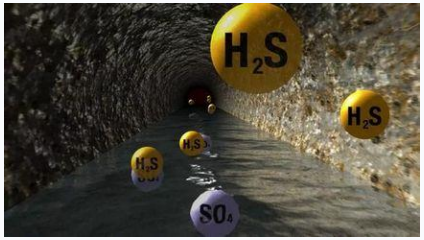


Методи водопідготовки

Іонний обмін

Зворотній осмос

Аерація



Системи комплексної очистки та знезалізнення.

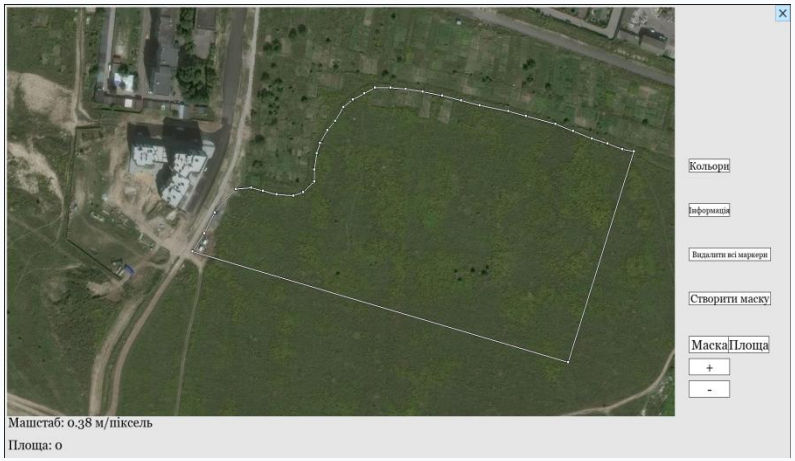
Пом'якшення води

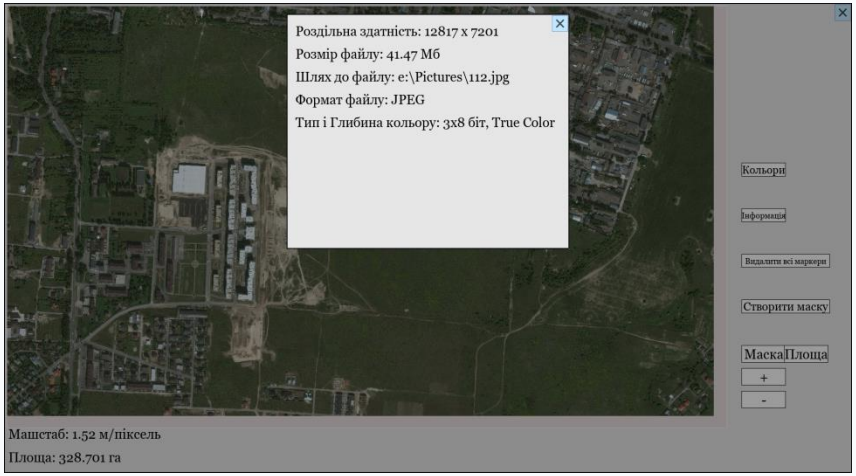
УФ-знезараження

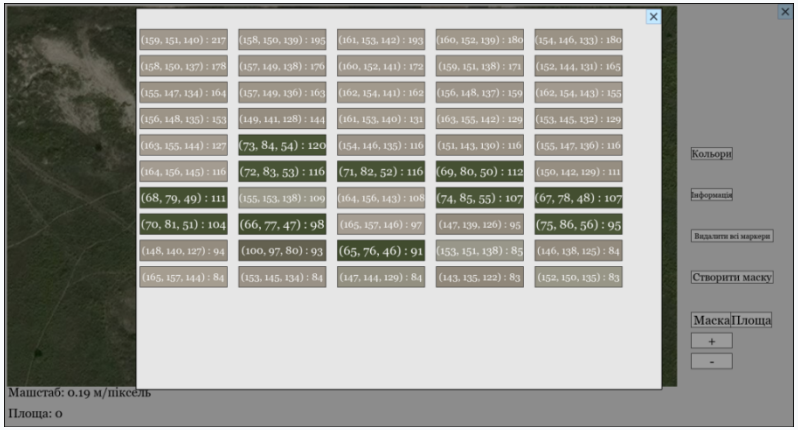
Механічне очищення

Програмна реалізація системи точної картографії для ідентифікації об’єктів водної інфраструктури

Інтерполяція зображення відбувається при зміні розміру або спотворенні зображення з однієї піксельної сітки на іншу. Масштабування стосується збільшення кількості пікселів, так що при збільшенні зображення можна побачити більше деталей. Upscaler - повністю автоматизований інструмент, який використовує машинне навчання для розпізнавання образів. Він розпізнає контури і форми, при цьому збільшуючи загальний розмір зображення.







Програмна реалізація системи точної картографії для виявлення паводків та підтоплень

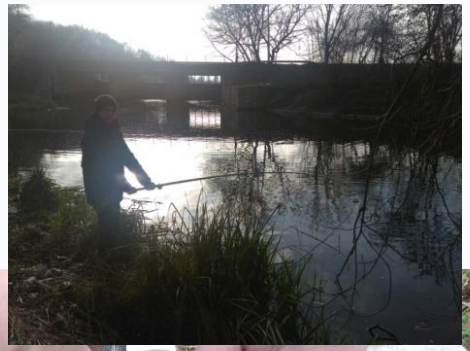
Розроблена система обробки зображень дозволяє проводити повний спектр підзадач, необхідних для швидкої та ефективної обробки.

$$S = 0{,}5 * \sum x_n * (y_{n+1} - y_{n-1})$$

$$S = 0{,}5 * \sum y_n * (x_{n-1} - x_{n+1}),$$

К-сть записів	Час виконання				
	Фільтрація, мс	Ідентифікація, мс	Визначення параметрів, мс	Класифікація, мс	Загальний час, с
1	225	0.921	42	24	0.669
10	2230	9.216	414	239	6.618
30	6570	27.648	1224	7092	25.933
50	10850	46.083	2010	11570	42.566
100	20900	92.165	3960	22640	83.232
300	63900	276.483	11700	58920	240.096
500	103000	460.815	19200	73200	368.661
1000	198000	921.735	37800	96400	673.321
3000	576000	2764.817	111600	144600	18393.648
5000	955000	4608	183000	361500	3151.108
10000	1860000	9216	358000	732700	6181.916

Встановлення якості води водойм після паводків



Водопідготовка підземних вод та їх моделювання

Математична модель підготовки підземних води

1 Рівняння матеріального балансу

$$V\frac{\partial C(x,t)}{\partial x}+\frac{\partial \rho(x,t)}{\partial t}=0$$

2 Зміна швидкості фільтрування

$$V = f_1(Q) = f_2(t)$$

3 Рівняння кінетики процесу знезалізнення

$$\frac{\partial C}{\partial x} = a\cdot\rho - \frac{6\cdot\alpha^{/}\cdot\varphi\cdot\varepsilon\cdot(1-m)\cdot[Fe]\cdot[O_2]}{10^{-2\mathrm{pH}}\cdot V\cdot d}$$

4 Кінетичні коефіцієнти

$$a=\alpha\cdot V^{\varepsilon 1}\cdot d(x)^{\varepsilon 2} \qquad b=\frac{6\cdot\alpha^{/}\cdot\varphi\cdot\varepsilon\cdot(1-m)\cdot[O_2]}{10^{-2\mathrm{pH}}\cdot V\cdot d}$$

5 Втрати напору з урахуванням даних емпіричних натурних досліджень

Залежність для визначення зміни втрат напору у фільтруючій пінополістирольній засипці з повною її промивкою:

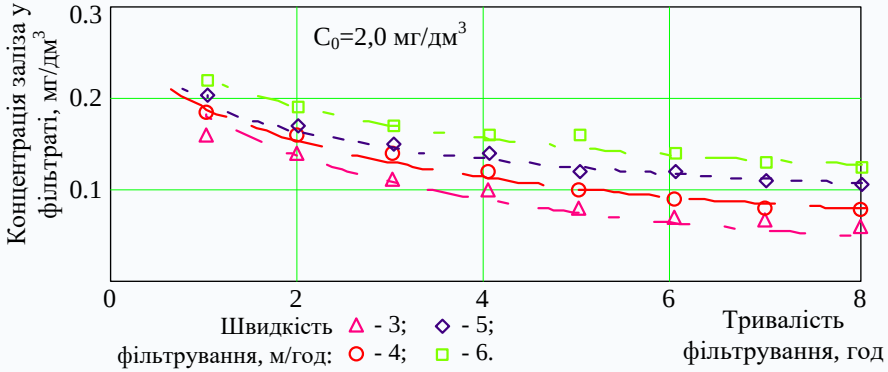
$$H = 0{,}034 + 1{,}572\,C_{вх} + 0{,}852V_ф - 0{,}019T_ф - 0{,}133C_{вх}\,V_ф + 0{,}087V_ф T_ф$$

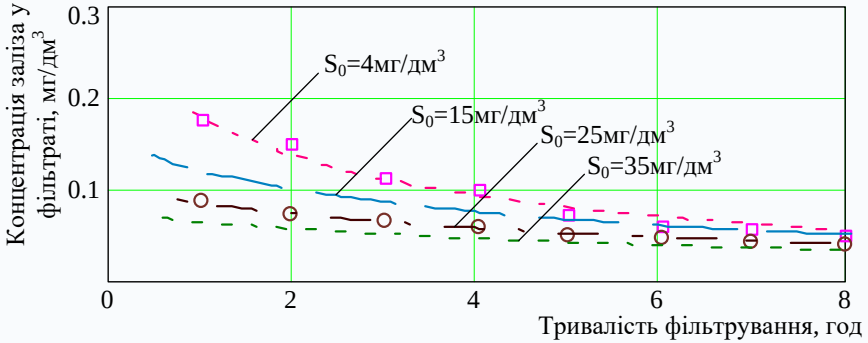
Залежність для визначення зміни втрат напору у фільтруючій пінополістирольній засипці з неповною її промивкою:

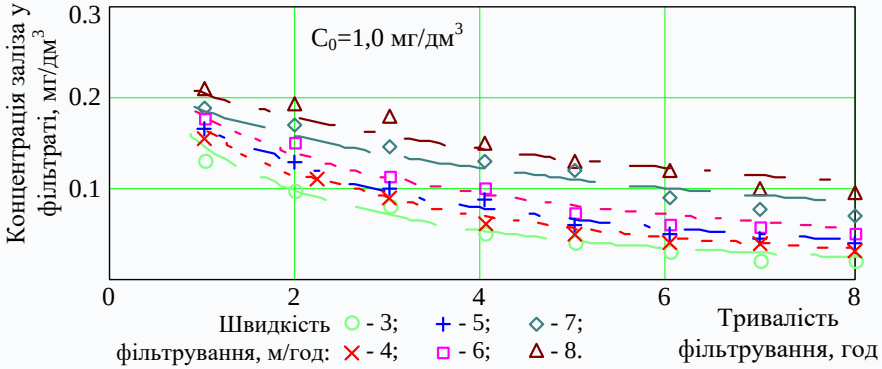
$$H' = 1{,}81 - 1{,}36\,C_{вх} + 0{,}7V_ф - 0{,}14T_ф + 0{,}26C_{вх}\,V_ф + 0{,}06V_ф T_ф$$

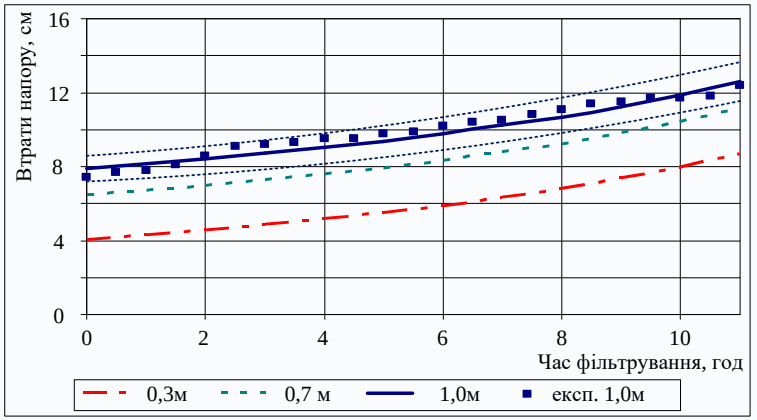
*Дослідження виконувалися спільно з д.т.н., проф. Мартиновим С.Ю.

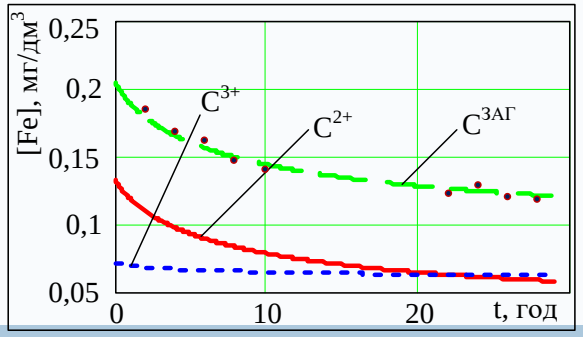
Графічне вираження моделювання знезалізнення води

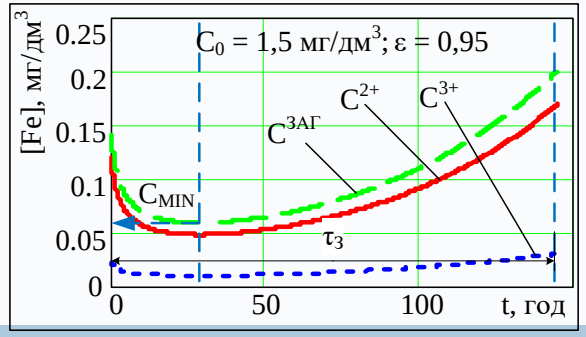


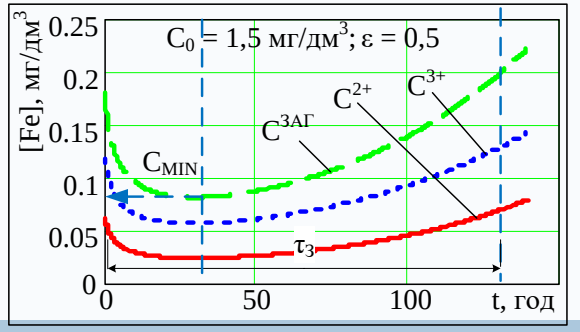






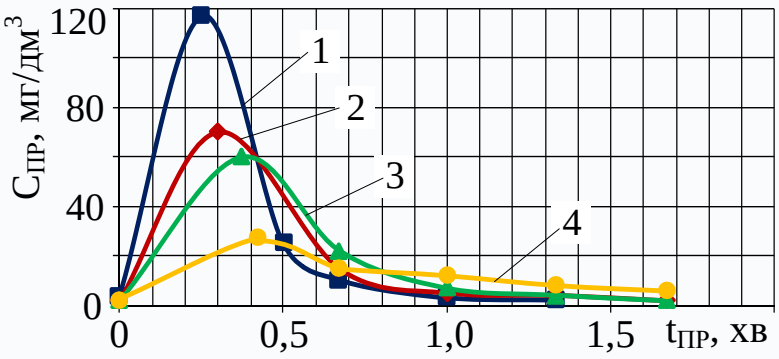




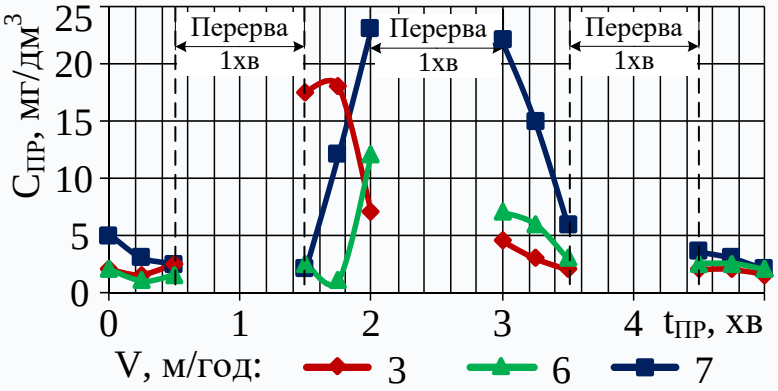


*Дослідження виконувалися спільно з д.т.н., проф. Мартиновим С.Ю.

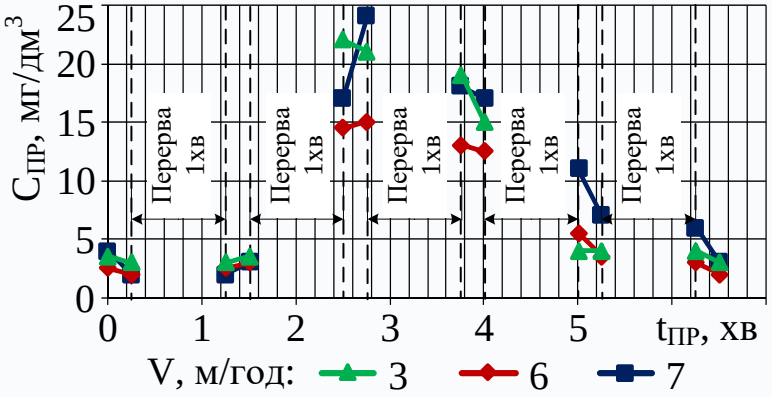
Результати досліджень режиму промивання завантаження



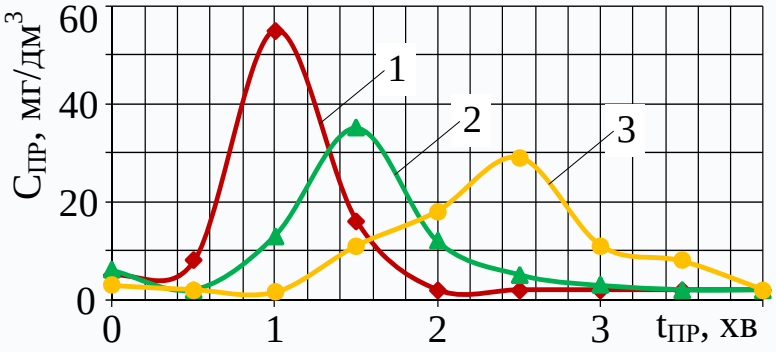
Водяне безперервне промивання



Імпульсне промивання



Промивання з різними інтенсивностями



Водяне промивання баштових установок

*Дослідження виконувалися спільно з д.т.н., проф. Мартиновим С.Ю.

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ:

МІНЕКОНОМРОЗВИТКУ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«РІВНЕНСЬКИЙ НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЦЕНТР
СТАНДАРТИЗАЦІЇ, МЕТРОЛОГІЇ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ»

СВІДОЦТВО

про атестацію

№ РТ-0 127/20_15 Видане 14 грудня 20 15 р.
Чинне до 14 грудня 20 20 р.

Це свідоцтво засвідчує, що гідрохімічна лабораторія кафедри водопостачання та
буровой справи Національного університету водного господарства та природокористування
(м. Рівне, вул. В. Чорновола, 41, код 02071116)
відповідає критеріям атестації і атестовано на проведення
вимірювань в сфері та поза сферою поширення ДМН.

Галузь атестації наведена в додатку до цього свідоцтва
і є його невід'ємною частиною.

Керівник органу з атестації
Генеральний директор ДП
«Рівнестандартметрологія» А.І.Камінський

М.П.

ВИРОБНИЧІ ОБ'ЄКТИ:

Гощанська станція знезалізнення води

Здолбунівська станція знезалізнення води

Горбаківсько-Гориньградський водоочисний комплекс

Локальні установки знезалізнення води

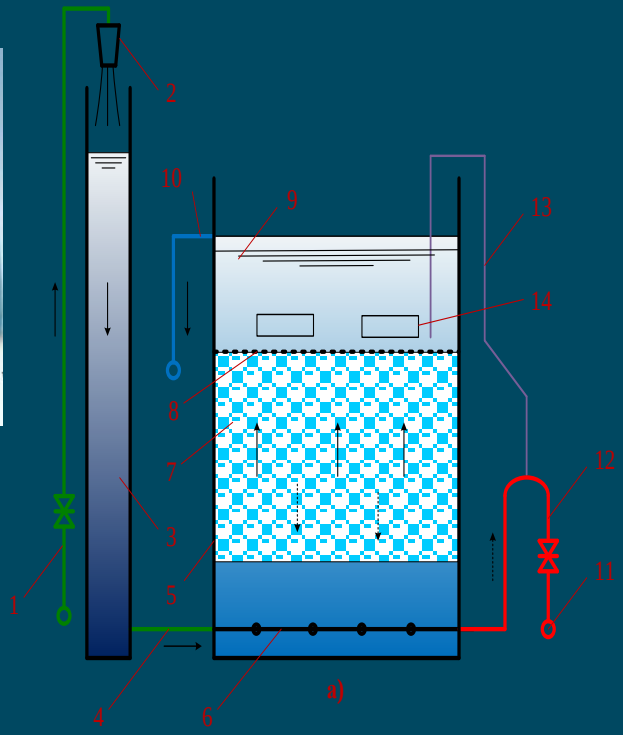
Виробничі фільтри із різним завантаженням

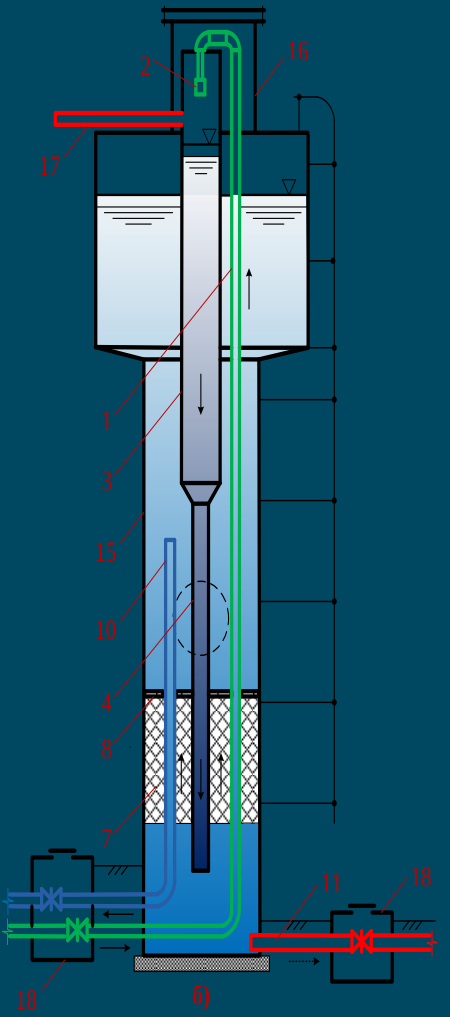
а – зал фільтрів з піщаним завантаженням с. Горбаків; б – розподільча система Горинь-Градського водозабору; в – водоочисний щебеневий фільтр смт Гоща; г – аераційний жолоб; д – гравійні фільтри на станції знезалізнення в м.Здолбунів; е – швидкі пінополістирольні фільтри на станції знезалізнення м.Рівне (Новий Двір)

Безнапірні схеми знезалізнення води

Національний університет водного господарства та природокористування

Пінополістирол





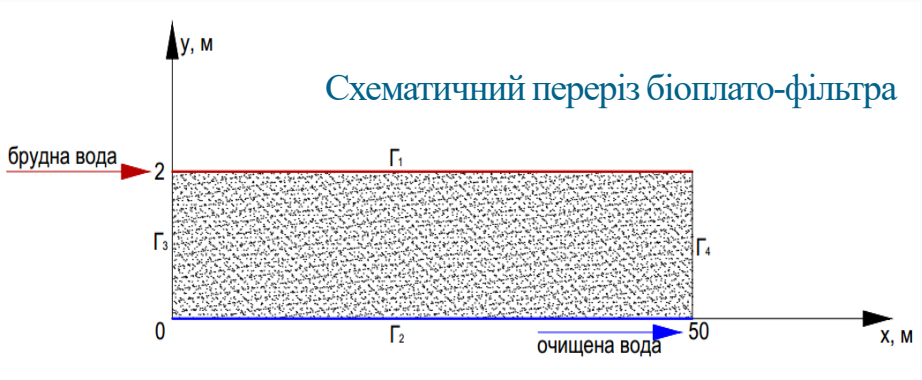
а) з безнапірними пінополістирольними фільтрами; б) баштові установки;

1 – трубопровід підземної води; 2 – аератор; 3 – регулятор швидкості фільтрування; 4 – трубопровід аерованої води; 5 – корпус фільтра; 6 – нижня дренажно-розподільна система; 7 – пінополістирольна засипка; 8 – утримуюча решітка; 9 – надфільтровий простір; 10 – трубопровід знезалізненої води; 11 - промивний трубопровід; 12 – гідрозатвор; 13 – трубка зриву вакууму; 14 – перепускне вікно; 15 – сталева водонапірна башта; 16 - захисний кожух; 17 - переливний трубопровід; 18 – колодязь.

*Дослідження виконувалися спільно з д.т.н., проф. Мартиновим С.Ю.

Очищення стічних вод та їх моделювання

В результаті дослідження авторам вдалося підвищити адекватність прогнозних розрахунків, шляхом вдосконалення існуючих та побудови нових математичних та комп'ютерних моделей фільтраційних процесів в пористих середовищах (на прикладі біоплато-фільтрів), в тому числі в областях з вільними рухомими межами та в просторовому випадку, при наявності в них елементів інженерних споруд з урахуванням впливу техногенних факторів.



Математична модель фільтрації в системі біоплато-фільтра з урахуванням суфозійно-кольматаційних процесів містить:

➢рівняння фільтрації

$$\nabla \cdot (\rho_p \mathbf{K_h} \nabla h) = \sigma \frac{\partial \rho_p}{\partial c} \cdot \frac{\partial c}{\partial t} - \frac{\rho_p}{\rho_s} \frac{\partial s}{\partial t}, \mathbf{X} \in \Omega, t > 0,$$

➢рівняння солеперенесення

$$\sigma(1 - \frac{c}{\rho_p} \frac{\partial \rho_p}{\partial c}) \frac{\partial c}{\partial t} = \nabla \cdot (\mathbf{D_c} \nabla c) - \mathbf{u}(1 - \frac{c}{\rho_p} \frac{\partial \rho_p}{\partial c}) \nabla c - \frac{\partial s}{\partial t}, \mathbf{X} \in \Omega, t > 0,$$

➢рівняння, що описує зміну концентрації кольматуючих частинок

$$\frac{\partial s}{\partial t} = \alpha \cdot c - \beta \cdot s, \mathbf{X} \in \Omega, t > 0,$$

➢закон фільтрації

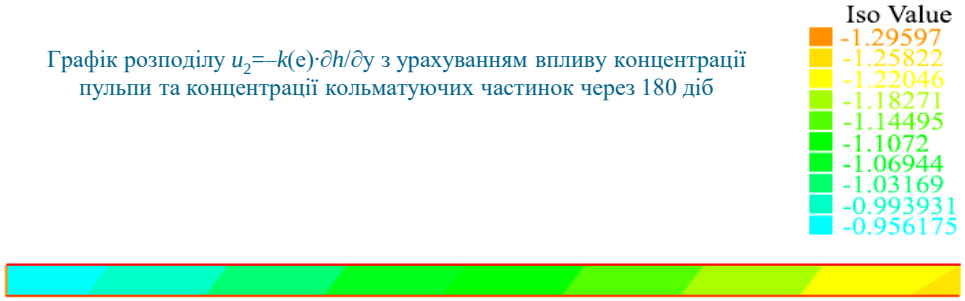
$$\mathbf{u} = -\mathbf{K_h} \nabla h, \mathbf{X} \in \Omega.$$

Представленні рівняння доповнюються відповідними початковими та граничними умовами. Для відшукання наближеного розв'язку поставленої крайової задачі використано метод скінченних елементів (МСЕ).

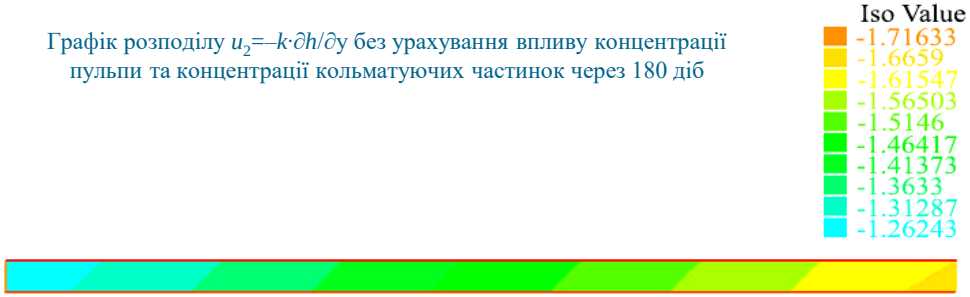
*Дослідження виконувалися спільно з д.т.н., проф. Мартинюком П.М.

Результати числових експериментів та їх аналіз

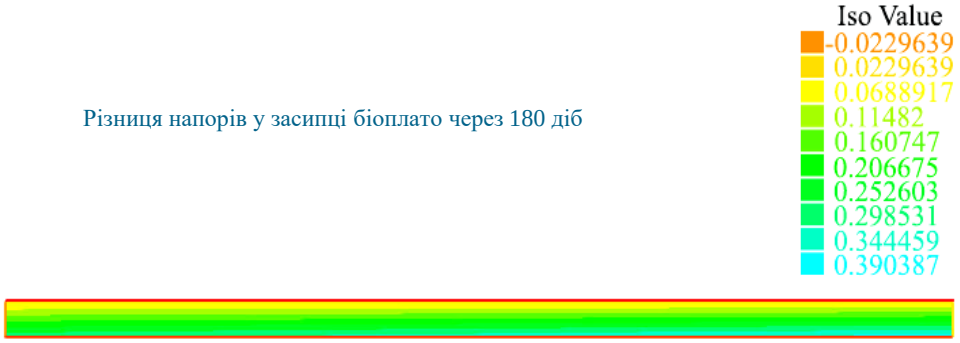
Графік розподілу $u_2=-k(e)\cdot\partial h/\partial y$ з урахуванням впливу концентрації пульпи та концентрації кольматуючих частинок через 180 діб



Графік розподілу $u_2=-k\cdot\partial h/\partial y$ без урахування впливу концентрації пульпи та концентрації кольматуючих частинок через 180 діб

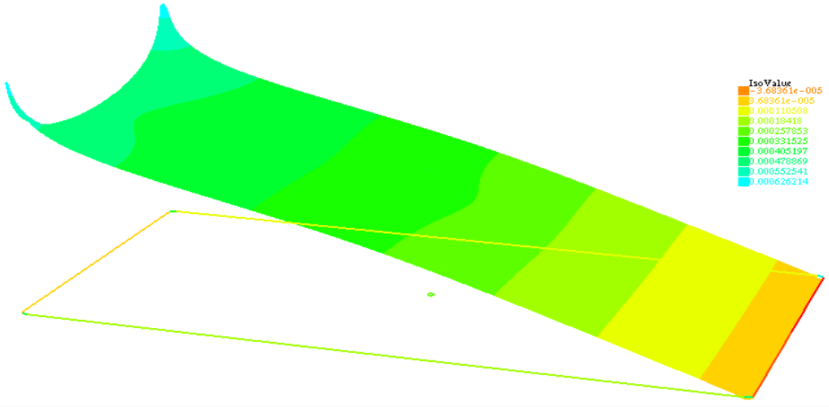


Різниця напорів у засипці біоплато через 180 діб

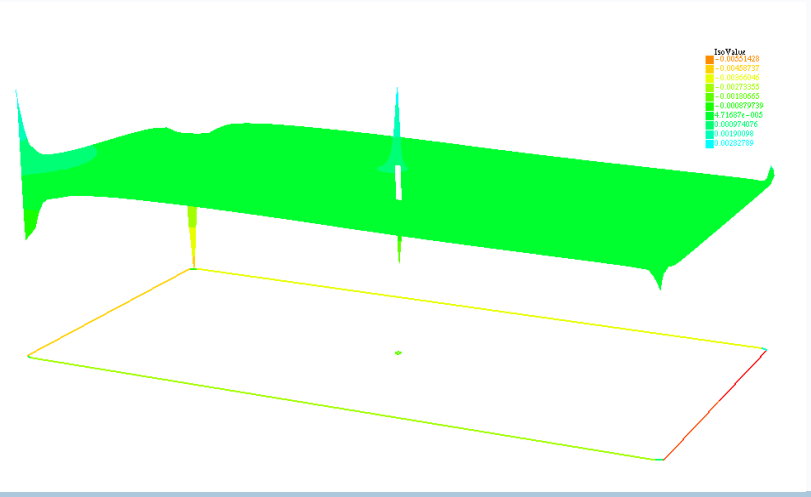


В якості модельної задачі було розглянуто систему біоплато-фільтра довжиною 50 метрів та висотою 2 метри з щебеневим завантаженням. В ній протікають складні взаємопов'язані фільтраційно-кольматаційні процеси. На межі Γ_1 розміщена перфорована труба, через яку на поверхню біоплато подається забруднена вода. На межі Γ_2 знаходиться перфорована труба, з якої викачується очищена вода. Межі Γ_3, Γ_4 – межі непроникності.

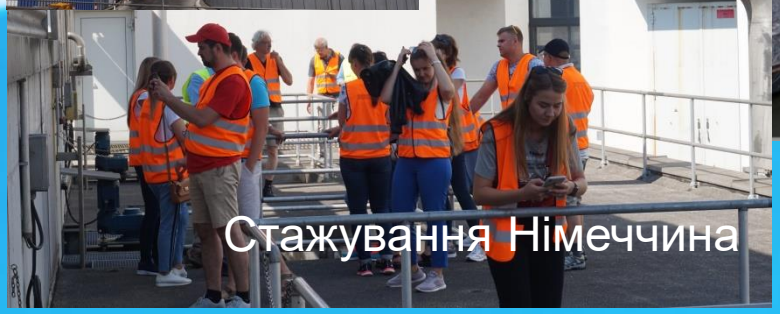
Графік розподілу різниці напорів з урахуванням впливу кольматації та без урахування при наявності системи перфорованих труб для часткового відведення води із середньої частини біоплато через 360



Графік розподілу різниці швидкостей фільтрації з урахуванням впливу кольматації та без урахування при наявності системи перфорованих труб для часткового відведення води із середньої частини біоплато через 360



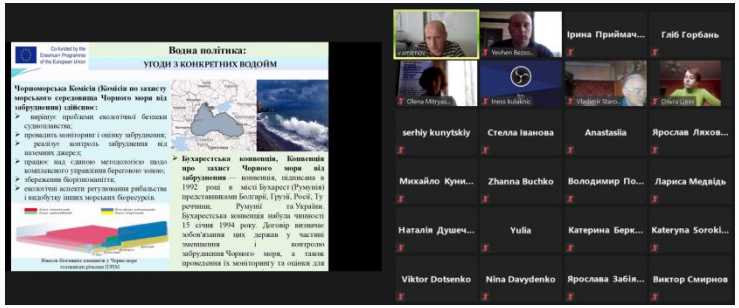
Представлення результатів та участь в грантах

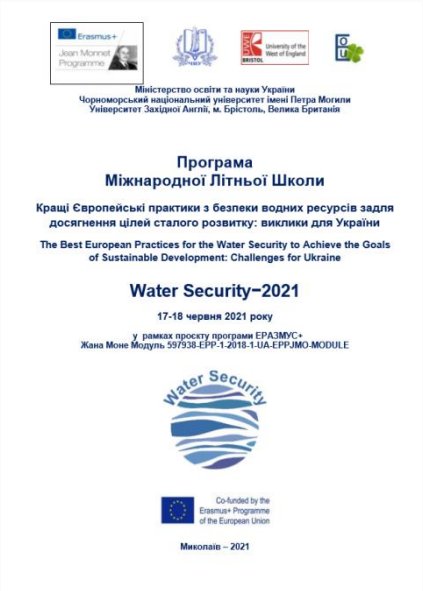


Гранти, в яких автори приймали участь

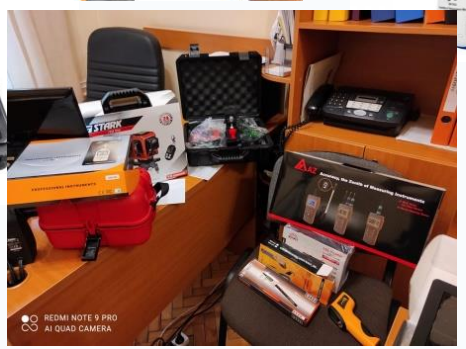
- грант "Water Harmony-II"(2019-2022 рр.), що фінансується SIU (Норвезький центр міжнародного співробітництва в галузі освіти, Норвегія).

- грант Water Security−2021: 17-18 червня 2021 року у рамках проєкту програми ЕРАЗМУС+ Жана Моне Модуль 597938-EPP-1-2018-1-UA-EPPJMO-MODULE



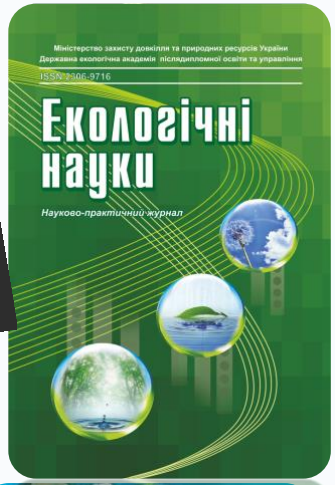
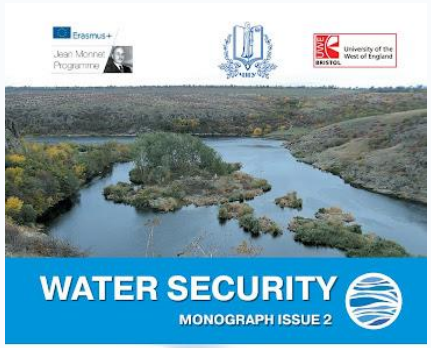
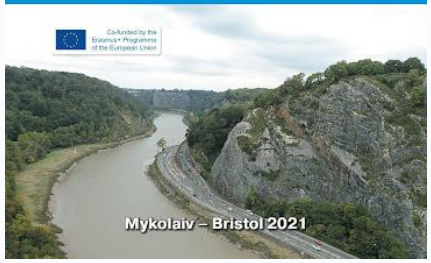
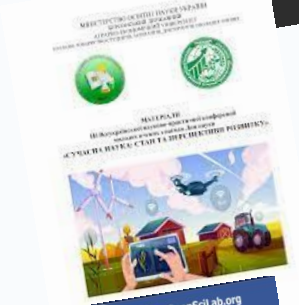
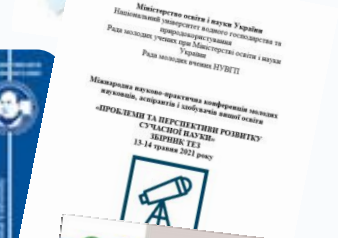
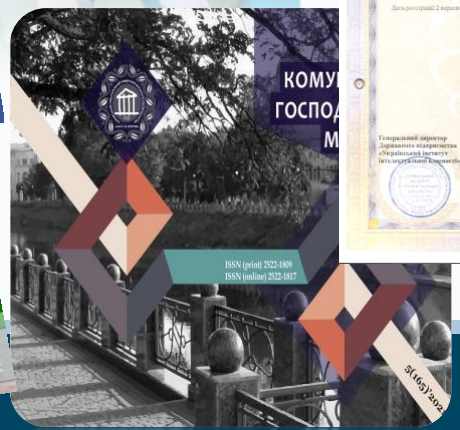


Обладнання, придбане авторським колективом для виконання досліджень в 2020-2021 році



1.	Метеостанція цифрова FanJu FJW4 з WiFi підключенням, барометр, термометр, гігрометр, прогноз погоди	1	2489
2.	Оксиметр/pH-метр/кондуктометр/TDS/солемір (4 в 1) AZ-86031	1	11900
3.	Термогігрометр 0-100%, -20-70°C WINTACT WT83	2	1192
4.	Лазерний рівень Hilda 4D 16 ліній + ПУЛЬТ + ШТАТИВ	2	5398,2
5.	Нівелір оптичний Huepar AL 32-X рейка 5 м + штатив 1,65 м 32-кратний зум	1	5399,1
6.	Мікрометр цифровий електронний точне вимірювання товщини 0-12,7 мм	2	503,5
7.	Цифровий електронний штангенциркуль Digital caliper штангенінструмент мікрометршганген+ Touch Gloves	2	683,2
8.	Лазерний безконтактний Пірометр BENETECH GM320, -50...+380C ОРИГІНАЛ	3	958,5
9.	Комбінований солемір і кондуктометр Adwa AD31 (EC: 0-3999 ?S/cm, TDS: 0-2000 ppm) ATC	2	2176
10.	Електролізер для демонстрації забруднення питної води	5	674,7
11.	Професійний аналізатор грунту 4 в 1 AMTAST AMT-300 (КСВ-300) з підсвічуванням	2	899
12.	Портативний фотоелектричний аналізатор води WALCOM SD-9011B	1	14000

Публікаційна активність

180 публікацій: в т.ч. 9 монографій (2 англійською мовою), 60 статей (серед яких 20 статей, які індексуються в науково-метричній базі Scopus; 1 стаття, що індексуються в науково-метричній базі Web of Science, 39 статей у наукових фахових виданнях). Згідно бази даних Scopus загальна кількість посилань на публікації авторів, які представлені в роботі, складає 91, h-індекс (за роботою) = 11; згідно бази даних Google Scholar загальна кількість посилань - складає 89, h-індекс (за роботою) = 12; згідно бази даних Web of Science загальна кількість посилань - складає 1, h-індекс (за роботою) = 1. Новизну та конкурентоспроможність технічних рішень захищено 14 патентами на корисні моделі; 8 авторськими свідоцтвами на твір; 1 свідоцтвом на службовий твір. За даною тематикою захищено 3 кандидатські дисертації.

ДЕЯКІ ПУБЛІКАЦІЇ ЗА 2021 р.