

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**"ЗНИЖЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ВОДНІ
РЕСУРСИ УКРАЇНИ ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ
ПРИРОДООХОРОННИХ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ"**

АСТРЕЛІН Ігор Михайлович – доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України.

МЄШКОВА-КЛИМЕНКО Наталія Аркадіївна – доктор хімічних наук, професор.

ГОМЕЛЯ Микола Дмитрович – доктор технічних наук, професор.

МІТЧЕНКО Тетяна Євгенівна – доктор технічних наук, професор.

РАДОВЕНЧИК Вячеслав Михайлович – доктор технічних наук, професор.

ЕПОЯН Степан Михайлович – доктор технічних наук, професор, заслужений працівник освіти України.

КАШКОВСЬКИЙ Володимир Ілліч – кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник.

ЄВДОКИМЕНКО Віталій Олександрович - кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник.

Мета роботи:

вирішення актуальної проблеми захисту водних ресурсів України від механічних, хімічних, біологічних і радіологічних антропогенних забруднень, які чинять шкідливий вплив на екологічне благополуччя природних водних об'єктів.

ВИРІШЕНІ ЗАДАЧІ



1. Створено нові ефективні природоохоронні технології для попередження забруднення природних вод стічними водами промислових підприємств і звалищ відходів

2. Обґрунтовано і розроблено ресурсозберігаючі водоохоронні технології й одержано нові реагенти і матеріали для водоочищення на основі української дешевої глинистої сировини, відходів глиноземних, титанових, гальванічних виробництв та відходів водоочищення

3. Розвинуто теоретичні уявлення, розроблено і практично реалізовано нові підходи до раціональних умов ефективного застосування реагентних електрохімічних сорбційних, фотокаталітичних, знезаражуючих, біосорбційних, флотоекстракційних, електромагнітних, коагуляційних та баромембранних процесів в технологіях очищення природних і стічних вод

4. Науково обґрунтовано синтез і використання у водоочищенні нових нанокмпозит-них сорбентів на основі багатшарових вуглецевих трубок, модернізованого активного вугілля, нанорозмірних оксидів цирконію, титану, купруму, стануму, феруму

5. Удосконалено конструкції магнітних фільтрів з новою енергозаощаджуючою феритовою і ферито-ферромагнітною фільтруючою загрузкою для ефективного очищення зворотних теплотехнічних вод від металевих забруднень

6. Розроблено і впроваджено новий ресурсозберігаючий процес кондиціювання підживлюючої води теплових мереж з забезпеченням безнакипного режиму їх функціонування

7. Науково обґрунтовано, розроблено та впроваджено нові технології зневоднення осадів біологічного очищення стічних вод промислово-урбаністичних центрів

ПРИКЛАДИ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Технології видалення гумінових речовин з природних вод методом "інлайн" коагуляції-ультрафільтрації і біосорбції, зниження споживання антропогенного хлору на ~50 %.

2. Технології глибокого очищення стічних вод від важких металів з підвищеним ефектом вилучення поліютантів новими, гібридними наноконпозиційними сорбентами, коагулянтами та флокулянтами.

3. Технологія та устаткування для очищення забруднених природних вод в польових умовах, включаючи зону АТО.

4. Нові магнітні фільтри з ферито-ферромагнітною фільтруючою загрузкою з ефективністю очищення теплотехнічних вод від залізовмісних домішок до 98 %.

5. Технологія отримання бактерицидних сорбентів з дезинфікуючою поверхнею. Собівартість очищеної води вдвічі менша в порівнянні з аналогічними світовими технологіями.

6. Екологічно безпечний фільтруючий засіб "Екозон" для безфосфатної стабілізаційної обробки води (зниження скиду біогенних елементів).

7. Новий спосіб водопідготовки, що попереджає утворення відкладень карбонату і сульфату кальцію на поверхні теплообмінників, забезпечує зниження забору води для водоциркуляційних мереж.

8. Комплексна технологія очищення стічних вод звалищ твердих побутових відходів від токсичних органічних та неорганічних забруднень.

9. Технологія отримання комплексного коагулянту із відходів глиноземних виробництв.

10. Гібридний сорбент, що використовується у фільтрах для очищення води від йонів твердості, сполук феруму, мангану, арсену, амонію, нітратів та органічних речовин.

11. Технології утилізації, обробки, зневоднення та розміщення гідрофільних осадів після очищення міських та промислових стічних вод.

Розвиток досліджень по біосорбції на активному вугіллі (АВ) для вилучення із води токсичних органічних і неорганічних сполук

Об'єкти дослідження: хлор- і нітропохідні фенолу; фармпрепарати – стрептоцид, норсульфазол, прокаїн, левамизол; азотвмісні сполуки – нітрати, амонійний азот.

Визначені раціональні умови функціонування біоплівки на АВ.

1. Ресурс роботи АВ з біоплівкою при очищенні від токсичних органічних речовин – 2,5-3 роки.

2. Відновлення ресурсу роботи фільтрів: шляхом оптимізації умов природної біорегенерації АВ; нові підходи до застосування хімічної регенерації без вивантаження АВ.

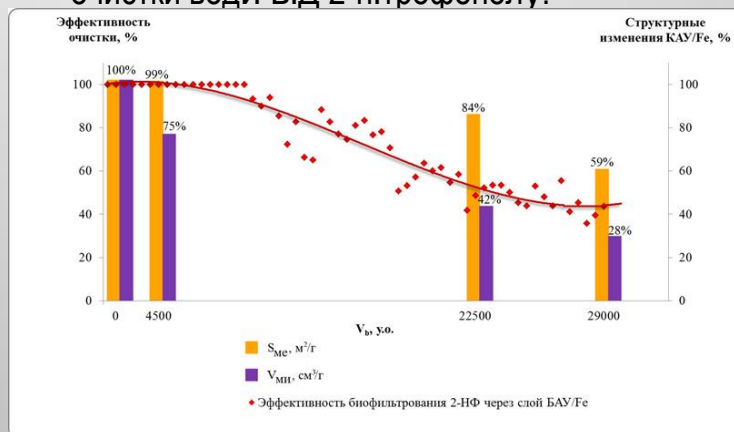
3. Відновлення метаболічної активності біоплівки шляхом періодичного зворотнього промивання водою.

4. Регулювання органічного навантаження (маси речовини на од. сорбенту в од. часу) з врахуванням хімічної природи сполуки.

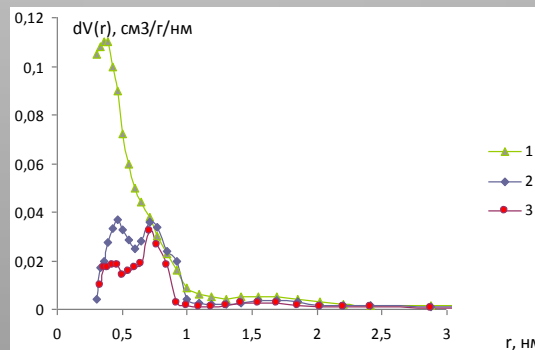
Визначено зміну структурних характеристик біологічно активного вугілля в процесах очистки.

1. Самостійне відновлення пористої структури АВ проходить в результаті інтенсивної біодеструкції і кооперативного регенераційного ефекту.

Загальна тенденція зміни характеристик сорбенту при зміні ефективності очистки води від 2-нітрофенолу:



2. Частина пор (45 %) заблокована продуктами метаболізму мікроорганізмів. Розподіл пористого простору АВ, модифікованого оксидами заліза, по розміру пор: свіже АВ (1), насичене в стерильних умовах до $C_p=8$ мг/дм³ (2), відпрацьоване в шарі БАВ до $C=6$ мг/дм³ (3):



3. Відновлення пористої структури 1 раз в 2 роки шляхом хімічної регенерації

Вивчена ефективність видалення токсичних речовин.

1. Стійкий проскок цільового компонента (нітро- і хлор-фенолів) 0,1-0,5 мг/дм³ з'явився після 2,5 років експлуатації.

2. Азотвмісні сполуки на фільтрі із спец. штамами мікроорганізмів видаляються з (300-500) до <2 мг/дм³.

3. ОВП для води змінюється від +50 до -80...130 mV.

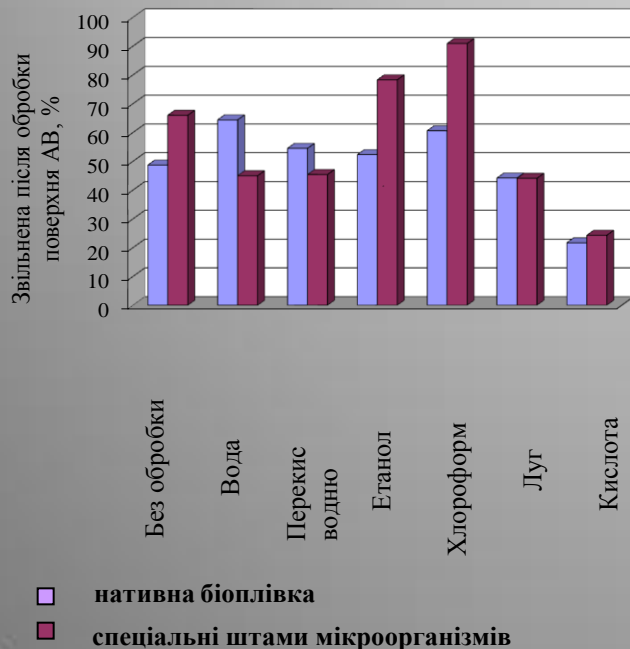
БІОРЕГЕНЕРАЦІЯ АВ: нові підходи

Запропонована і підтверджена гіпотеза про роль водорозчинних полісахаридів, що синтезуються бактеріями, при мимовільній біорегенерації АВ. Природна біорегенерація в певних умовах забезпечує ~ 60 – 65 % відновлення поверхні АВ.

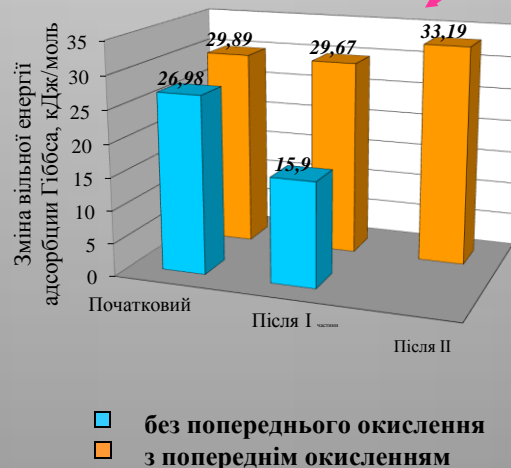
Виявлена роль пористої структури АВ при біорегенерації: в процес біорегенерації залучені практично тільки супермікропори та мезопори АВ.

Суміщення попереднього окислення і біосорбції: для оцінки раціонального ступеня попереднього окислення органічних речовин запропоновано використовувати зміну вільної енергії адсорбції Гіббса. Зниження її при хімічному окисленні підвищує ефективність біосорбції, підвищення - погіршує.

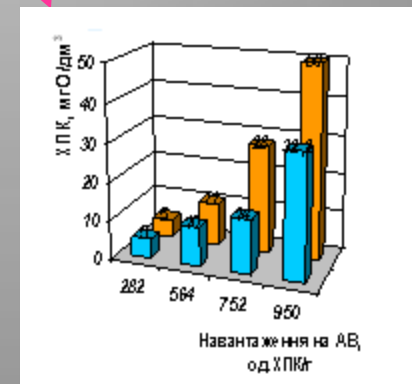
Оцінка вивільнення ефективної питомої поверхні АВ після різних способів його регенерації



Вплив величин $(-\Delta G^0)$ адсорбції на АВ з розчинів з різним вмістом гомологів і продуктів окислення нонілфенолетоксилатів



Порівняння ефективності біосорбції нонілфенолетоксилатів без і з попереднім окисленням



**Проведено дослідження властивостей біоплівки на активованому вугіллі після тривалої експлуатації промислових фільтрів очищення водопровідної
ВОДИ
ВСТАНОВЛЕНО:**

Вертикальна стратифікація прикріпленої біомаси за вмістом живих мікроорганізмів і екзаполісахаридних сполук

Резистентність мікроорганізмів біоплівки на АВ до щотижневої дезінфекційної обробки фільтру хлором

Збільшення вмісту білків за висотою фільтру є захисною реакцією мікроорганізмів на вплив хлору



верх фільтру



середина фільтру



низ фільтру

На основі одержаних даних розроблена і впроваджена технологія регенерації промислових адсорбційних фільтрів на підприємстві (відкрите акціонерне товариство „Пиво-безалкогольний комбінат „Славутич”, м. Київ)

Технологія знезараження води за допомогою ПГМГ

Установка очищення та знезараження води в екстремальних умовах



Характеристики установки:

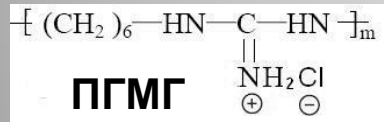
- ✓ продуктивність = 250 - 300 дм³/год
- ✓ ресурс – 75 м³

Показник	Ефект. очищення, %
Залізо загальне, мг/дм ³	95
Жорсткість загальна, мг-екв/дм ³	97
Окиснюваність, мгО ₂ /дм ³	40
Загальне мікробне число, КУО/см ³	99,8
Загальні колі-форми, КУО/100 см ³	100
E.coli, КУО/100 см ³	100
Pseudomonas aeruginosa, КУО/100 см ³	100

Собівартість очищеної води = 12,6 грн/м³

Сорбенти з бактерицидними властивостями

I. Сорбенти-дозатори ПГМГ



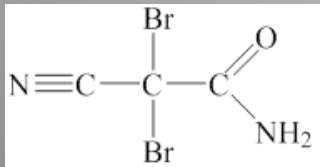
+

Макропористий
низькоосновний
аніоніт



Знезараження води в малогабаритних
установках

II. Сорбенти на основі ДБНПА



ДБНПА

+

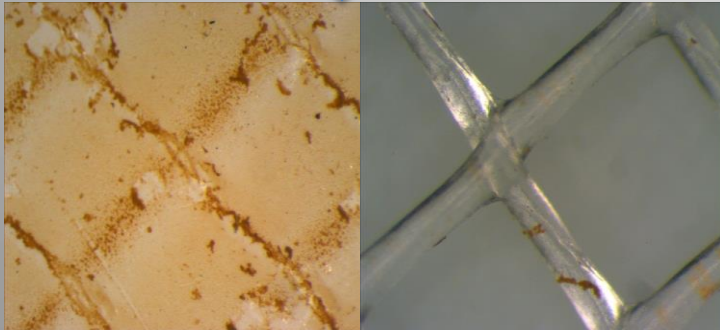
Гелевий
високоосновний аніоніт
(II тип)



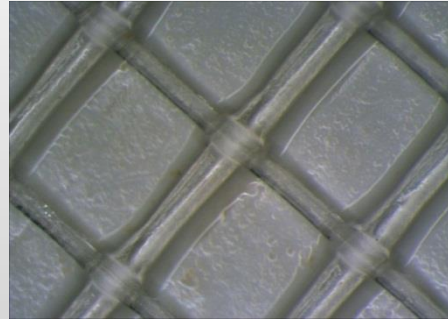
Знезараження води перед
мембранами зворотного осмосу

Твердофазні антискаланти у процесах зворотноосмотичного знесолення води

Вміст CaCO_3 9,5 мг/г полотна

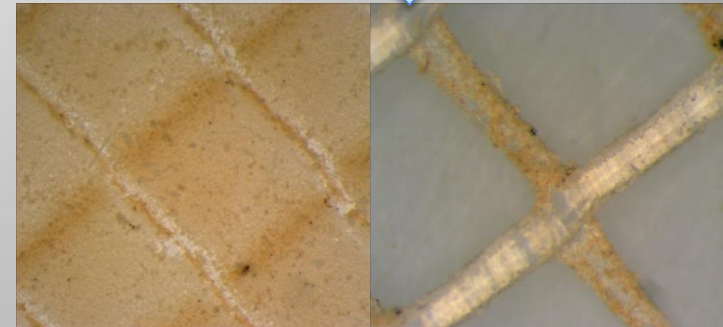


Поверхня мембрани з ТФА у якості префільтра



Чиста мембрана (відкладення відсутні)

Вміст CaCO_3 175,5 мг/г полотна

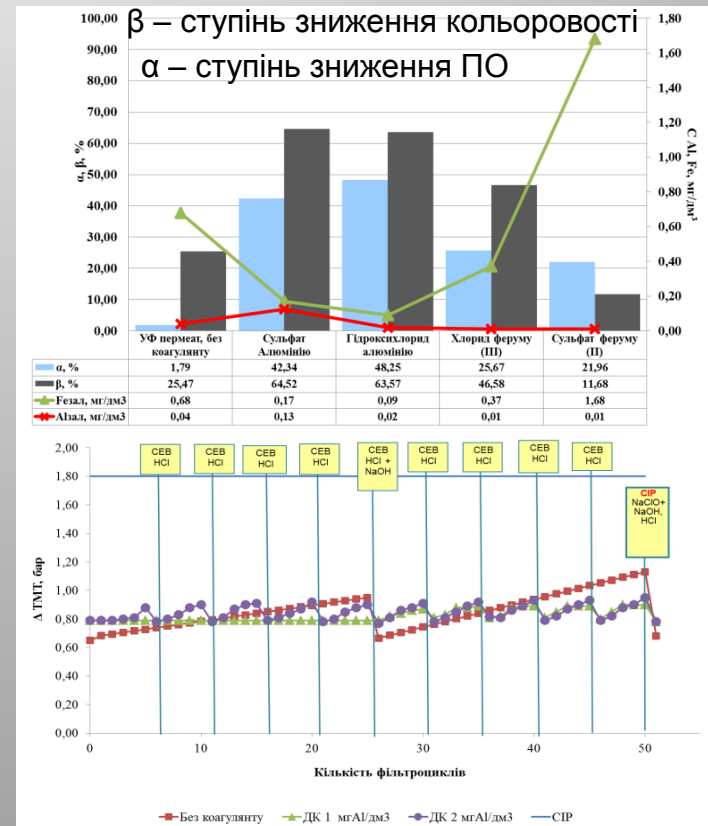


Поверхня мембрани без ТФА

Застосування твердофазного антискаланта для стабілізаційної обробки води при зворотноосмотичному знесоленні підвищує термін експлуатації мембранного елемента зворотного осмосу в 1,9 раз.

Оптимізація процесу очистки природної води від гумінових речовин методом ультрафільтрації

Показана можливість застосування технологій ультрафільтрації та «інлайн» коагуляції – ультрафільтрації в якості попередньої підготовки води перед зворотнім осмосом та при очищенні води для питних цілей



Ефективні реагенти для очищення води, отримані із червоних шламів

Призначення: очищення і кондиціонування природних і стічних вод з поверненням води для повторного використання



Переваги:

- ❖ при переробці відходів глиноземних виробництв утворюється коагуляційний реагент, який містить сульфати титану, заліза та алюмінію;
- ❖ отримання коагулянту кислотною активацією червоних шламів є економічно рентабельним і екологічно перспективним

Характеристики:

- ❖ ступінь видалення забруднень з води 95 – 98 % (на рівні дорогих хімічних реагентів);
- ❖ високий вміст компонентів (Fe – 50 ... 55%; Ti – 5 ... 6 %; Al – 3 ... 5 %);
- ❖ ресурсозбереження;
- ❖ екологічність технології.

Ефективні реагенти для очищення води на основі дешевої місцевої глинистої сировини

Призначення: очищення і кондиціонування промислових стічних вод з поверненням води для повторного використання.

Об'єкт очищення: води, забруднені поверхнево-активними речовинами, барвниками різної природи, високо- і низкомолекулярною органікою, важкими металами, фосфатами і нафтопродуктами.

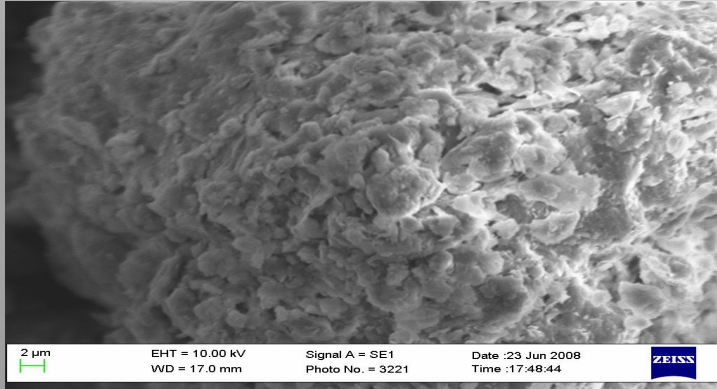
Переваги:

- ❖ замість дорогих, складних при виробництві і дефіцитних для віддалених регіонів хімічних реагентів – коагулянтів;
- ❖ новий вид матеріалів на основі дешевих поширених низькоякісних глин для очищення води від забруднювачів різної природи.

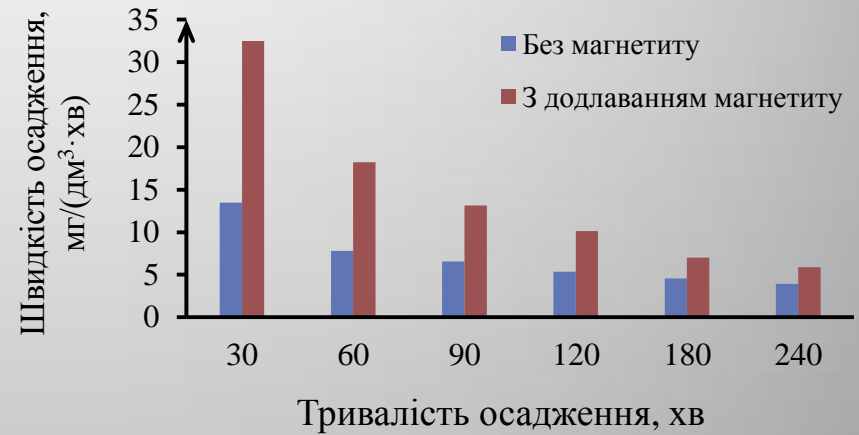
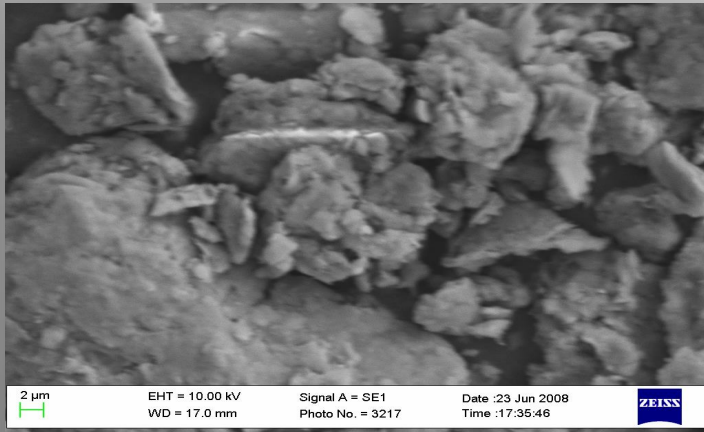
Характеристики:

- ❖ ступінь видалення забруднень з води 90 – 95%;
- ❖ прискорене видалення з води токсичних компонентів магнітним впливом на забруднювачі;
- ❖ ресурсозбереження природи.

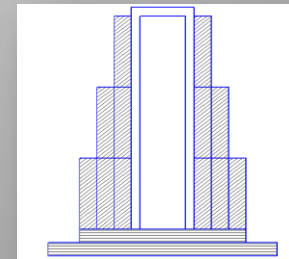
Магнітокеровані сорбенти на основі мінеральної сировини



Зміна структури частинок сорбенту внаслідок взаємодії з магнітною рідиною



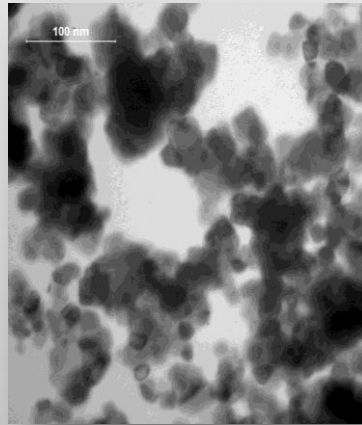
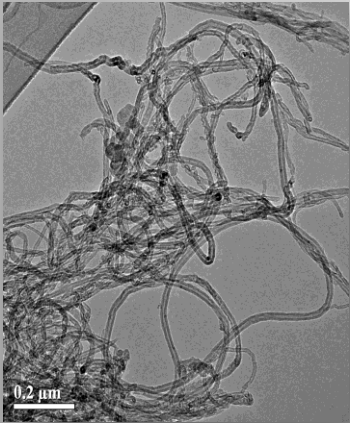
Швидкість осадження відпрацьованої суспензії сапонітового сорбенту.



Пірамідальний магнітний модуль, напруженість ПМП якого змінюється за градієнтом с 20 до 200 мТл

Наноконтропозитні матеріали для потреб сучасної промисловості

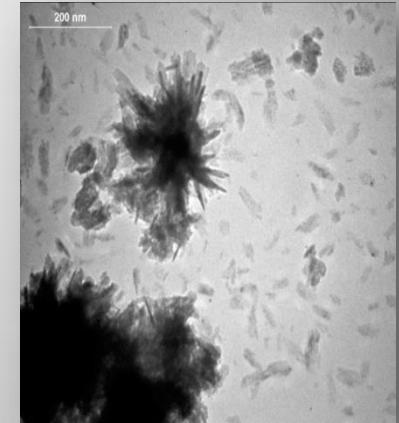
Multiwalled carbon Nanoparticles SnO₂ nanotubes (MWCNTs)



Nanobelts SnO₂

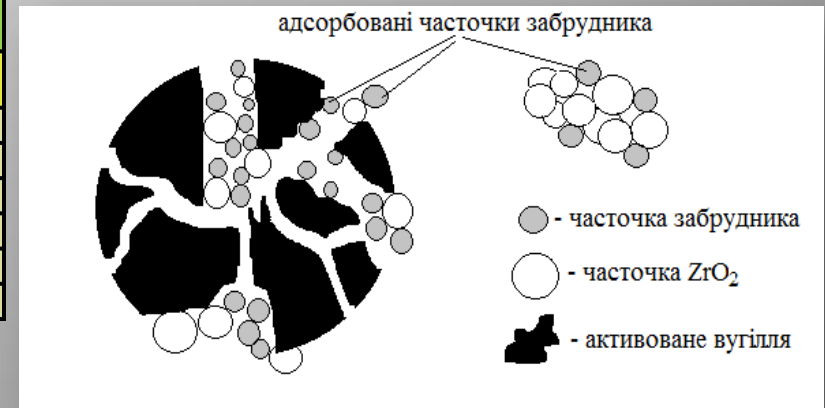


Nanodispersed TiO₂

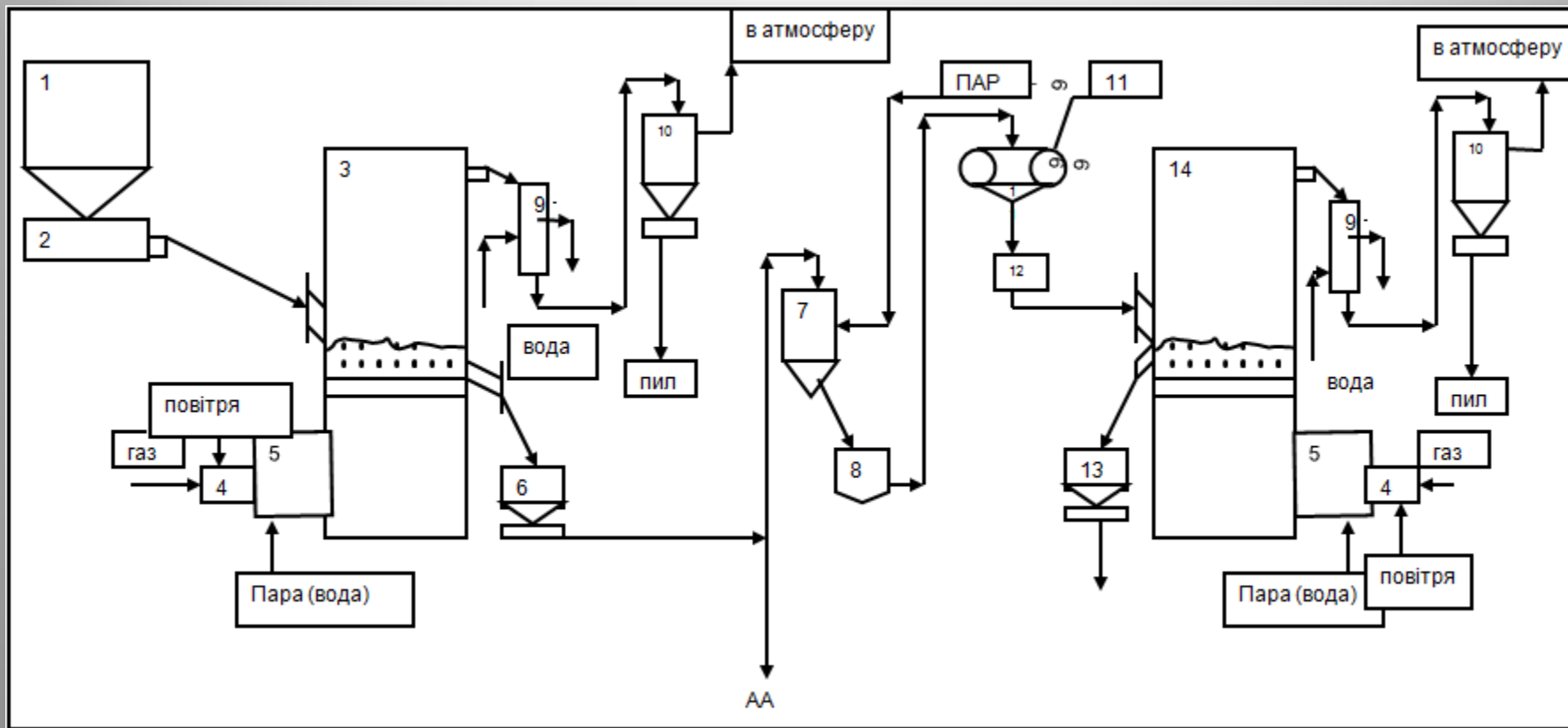


Порівняльна характеристика ефективності вилучення політантів різними сорбентами

Політант	Максимальна адсорбція на сорбенті, мг/г		
	ZrO ₂	БАВ-А	Наноконтропозит
<i>Fe (III)</i>	11,00	28,75	88,24
<i>Cu (II)</i>	4,78	6,39	10,89
<i>Ni (II)</i>	4,29	4,84	7,36
<i>Zn (II)</i>	5,45	7,16	11,85
<i>Cr (VI)</i>	2,78	3,06	3,35
<i>P (V)</i>	2,50	3,00	3,18



Технологія одержання високоефективного активованого вугілля на основі антрацитів Донбасу



При використанні сировини з вологістю (8 – 12) % оптимальними параметрами для другої стадії теплової обробки антрациту (насиченого ДДСNa) в киплячому шарі для широкої фракції АА будуть: температура – 800 – 850 °С; час обробки при оптимальній температурі – (60 – 80) хвилин. Запропонована принципова технологічна схема отримання сорбентів з антрацитів Донецького басейну передана для використання ТОВ «Ремо» (м. Свердловськ Луганської обл.). Адсорбційні властивості на рівні кращих світових зразків, вартість активованого вугілля в 1,5 разів дешевше вугілля типу «Фильтрасорб».

Алюмінієві коагулянти

1/3 гідроксохлорид алюмінію – $\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2$

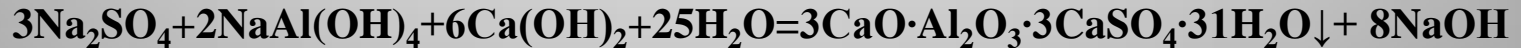
2/3 гідроксохлорид алюмінію – $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$

5/6 гідроксохлорид алюмінію – $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}_6$

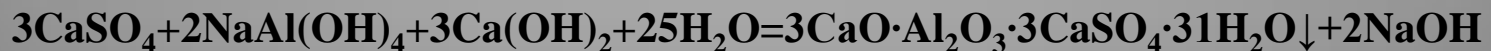
алюмінат натрію – $\text{NaAl}(\text{OH})_4$

Основні процеси, що реалізуються при висадженні сульфатів алюмінатом натрію та вапном

Утворення луку при висадженні сульфоалюмінату кальцію при обробці вапном та алюмінієвими коагулянтами при наявності сульфату натрію у воді можна описати рівняннями:

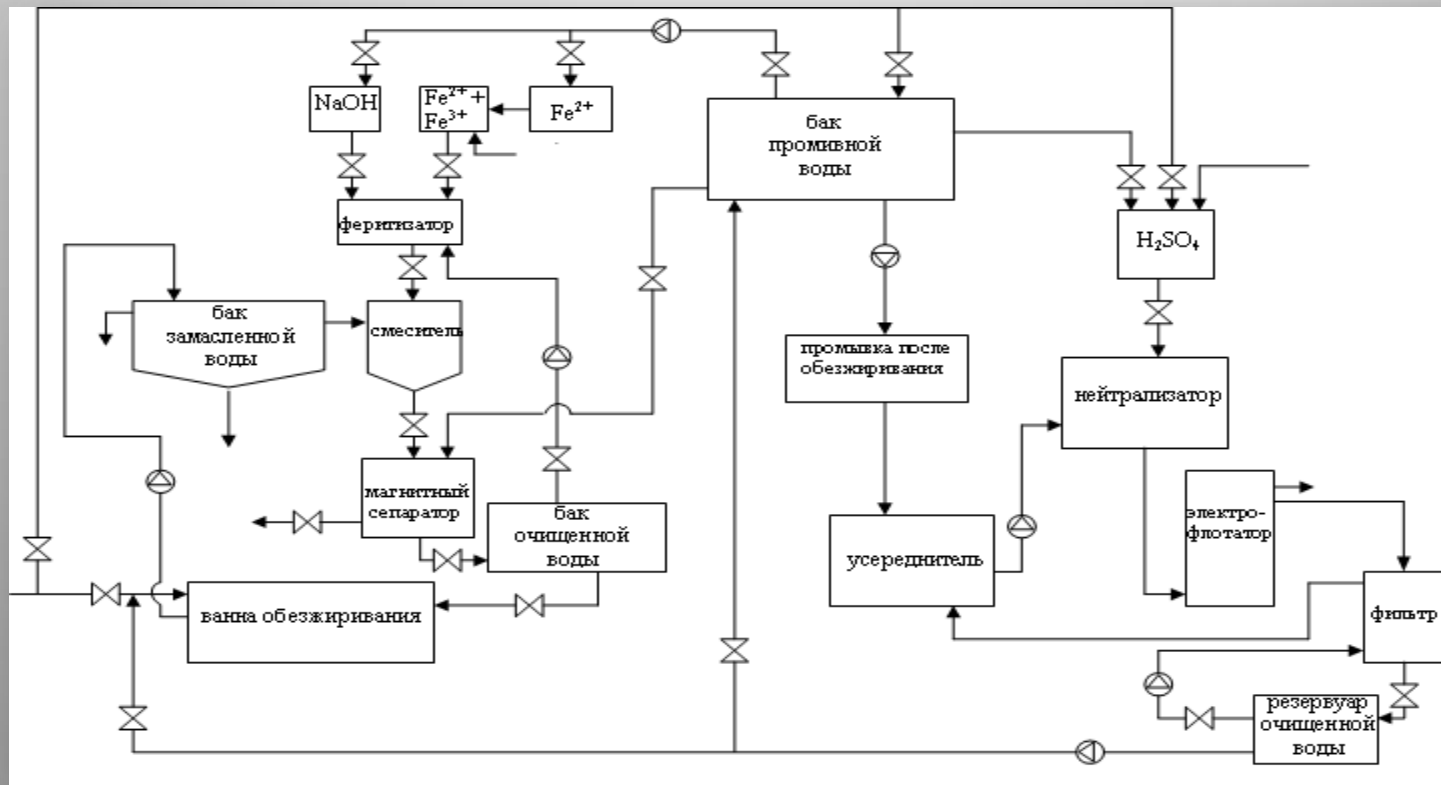


При наявності сульфатів кальцію та магнію луг утворюється лише при використанні алюмінату натрію:



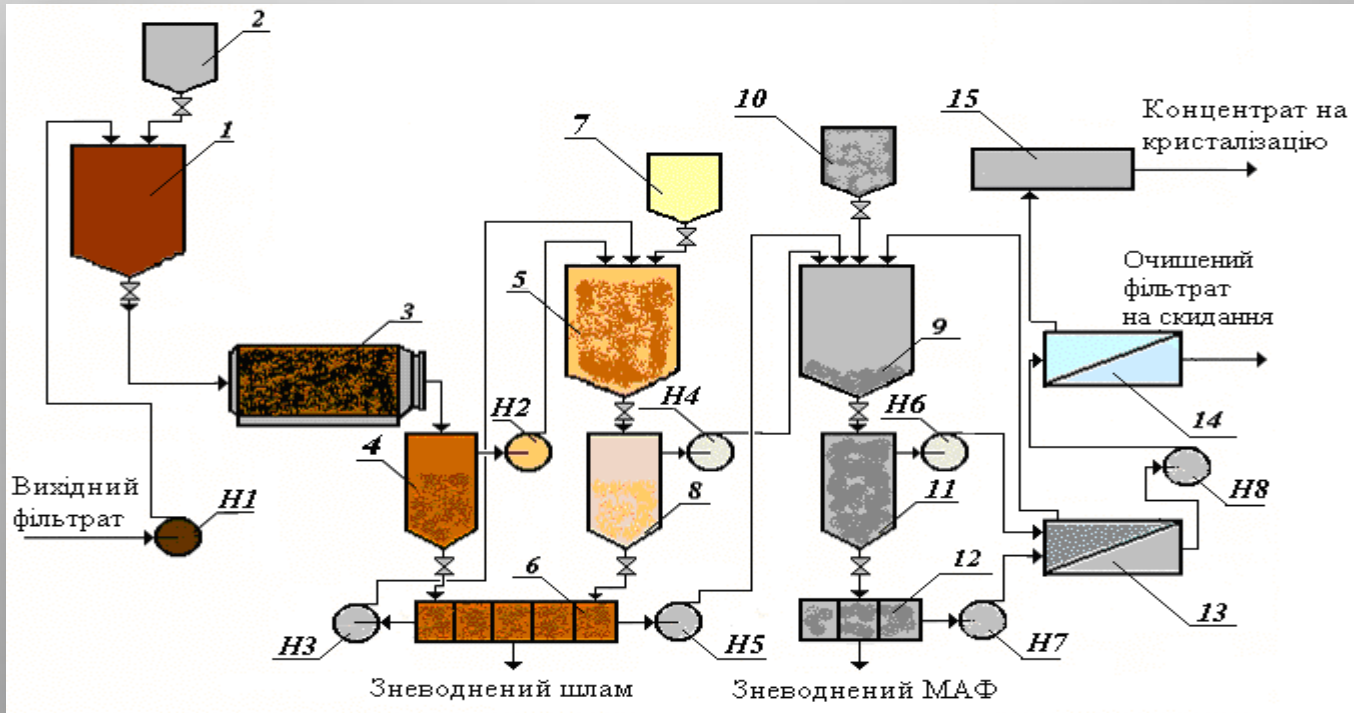
Технологія очищення стічних вод від нафтопродуктів

Для вилучення нафтопродуктів із стічних вод модифіковано процеси електрофлотації та магнітосорбції. Запропоновано методи намагнічення органічних речовин і їх видалення при коалісценції в неоднорідному магнітному полі



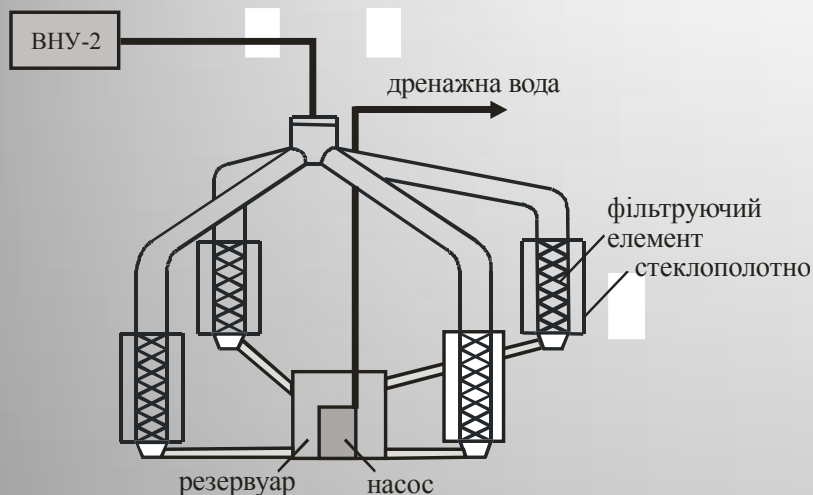
Технологічна схема очищення стічних вод Київського електровагоноремонтного заводу від жирових забруднень і нафтопродуктів

Схема очищення фільтрату звалищ ТПВ поєднанням реагентної ультрафільтрації та зворотного осмосу низького тиску



1, 9 – змішувачі; 2, 7, 10 – дозатори; 3 – гальванокоагулятор; 4, 8, 11 – відстійники; 5 – коагулятор; 6, 12 – фільтрпреси; 13 – ультрафільтраційний модуль; 14 – зворотноосмотичний модуль низького тиску; 15 – електродіалізатор; Н1-Н8 – насоси

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВОДОВІДБОРУ З ЗАБОЛОЧЕНИХ МУЛОВИХ МАЙДАНЧИКІВ



Розроблена нова конструкція локального дренажу модульного типу для інтенсифікації водовідбору з заболочених мулових майданчиків при використанні установки всмоктувально-нагнітаючої дії та запропонована нова технологічна схема видалення мулової води з заболочених мулових майданчиків.

Визначено раціональні технологічні та конструктивні параметри установки, що забезпечують найбільшу ефективність її роботи, а також найбільш ефективну схему розташування і кількість фільтруючих елементів.

Технологія впроваджена на очисних спорудах Комплексу біологічного очищення «Безлюдівський» КП «Харківводоканал» м. Харкова



ЗНЕВОДНЕННЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ПІСЛЯ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ “GEOTUBE”



Фільтрувальний модуль - важливий елемент сучасної технології зневоднення осадів Бортницької станції аерації

Фільтрат	
ХСК фільтрату, мгО ₂ /дм ³	Зважені речовини, мг/дм ³
360 - 320	40 - 65

Результати розробок впроваджені на 21 підприємстві та пройшли дослідно-промислове випробування на 39 підприємствах України.

Загальний економічний ефект від впровадження розроблених нових технологій складає 37,742 млн. грн. (підтверджено актами впровадження).

Наукові результати циклу наукових праць відображено в 29 монографіях, у 844 публікаціях.

Загальний індекс цитування публікацій складає 391 (згідно з базою даних SCOPUS), h-індекс = 20.

Новизну та конкурентоспроможність технічних рішень захищено 151 патентами.

За даною тематикою захищено 8 докторських та 62 кандидатських дисертацій.