

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сталий розвиток суспільства в значній мірі визначається екологічно безпечним природокористуванням. Важливою складовою даного аспекту життєдіяльності є зниження негативного впливу на навколишнє природне середовище (НПС) місць накопичення відходів, домінуюче становище в ряді яких належить твердим побутовим відходам (ТПВ), а у плані безпечності – непридатним до використання, некондиційним хімічним засобам захисту рослин (ХЗЗР).

Ефективних, які базуються на сучасному науково-технічному рівні, доступних до застосування методів очищення стічних вод полігонів твердих побутових відходів (СВП) та знищення хімічних засобів захисту рослин до даного часу не знайдено. Цим обумовлено актуальність теми даної роботи, присвяченої зниженню рівня антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище від місць накопичення твердих побутових відходів і хімічних засобів захисту рослин, розробці на базі комплексу досліджень технологічних процесів та обладнання для їх очищення і термічного знищення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до програм наукових досліджень кафедри хімії Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП): «Фізико-хімічні методи очищення речовин. Методика навчання хімії в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу» (2007-2012 р.р.); «Фізико-хімічні методи очищення водних систем» (ДР № 0112U005997), у яких здобувач брав участь як співвиконавець.

Ряд досліджень виконано у рамках госпдоговірних науково-дослідних робіт НУВГП з ДП «УкрНТЦ «Енергосталь»: №3-92/4866 від 11.02.08 р. і №3-99/4931 від 01.02.09 р. (ДР № 0108U005367), у яких здобувач був відповідальним виконавцем.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є забезпечення зниження антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище шляхом розробки на базі теоретичних та експериментальних досліджень технологій і обладнання щодо запобігання екологічно небезпечного впливу на нього місць накопичення твердих побутових відходів та некондиційних хімічних засобів захисту рослин.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувалися такі задачі:

- вивчення хімічного складу стічних вод полігонів твердих побутових відходів;
- теоретичне дослідження процесу зниження концентрації важких металів (ВМ) у стічних водах полігонів твердих побутових відходів;
- оптимізація параметрів реагентної очистки стічних вод полігонів твердих побутових відходів від органічних забруднювачів (ОЗ);
- дослідження кінетики і виявлення закономірностей процесу електродеструкції органічних забруднювачів при очищенні стічних вод полігонів твердих побутових відходів;
- створення методології розробки раціональної технології очищення

стічних вод полігонів твердих побутових відходів;

- розробка на базі теоретичних та експериментальних досліджень технологій термічного знищення хімічних засобів захисту рослин і стічних вод полігонів твердих побутових відходів;

- оптимізація параметрів технології та обладнання термічного знищення досліджуваних видів відходів;

- розробка промислової технології та установки для очищення стічних вод полігонів твердих побутових відходів;

- розробка та дослідно-промислове випробування процесу та обладнання для термічного знищення хімічних засобів захисту рослин і стічних вод полігонів твердих побутових відходів;

- розрахунок і аналіз техніко-економічної ефективності розроблених процесів та обладнання;

- оцінка ступеня підвищення екологічної безпеки природокористування у результаті виконаних розробок.

Об'єкт дослідження. Стічні води полігонів твердих побутових відходів, що непридатні до використання, некондиційні хімічні засоби захисту рослин.

Предмет дослідження. Методи зниження екологічно небезпечного впливу стічних вод полігонів твердих побутових відходів і хімічних засобів захисту рослин на навколишнє природне середовище.

Методи дослідження. Для досягнення мети роботи та вирішення поставлених завдань прийнятий загальний методологічний підхід до досліджень, який передбачає формування гіпотез на основі аналізу стану і попереднього опрацювання досліджуваних питань з подальшою теоретичною та експериментальною перевіркою висунутих припущень та їх трансформацією в нові наукові положення.

Виконані теоретичні та експериментальні дослідження побудовані на основі сформованого комплексу розроблених у роботі і відомих методик.

Експериментальні дослідження проводились з використанням розроблених у роботі лабораторних і дослідно-промислових установок.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено, що ефективне очищення стічних вод полігонів твердих побутових відходів досягається у результаті багатоступінчастої обробки, яка містить процеси реагентного, електрохімічного та біохімічного очищення, що побудовані з урахуванням стадій попередньої обробки і доочищення таким чином, щоб забезпечити на кожній стадії максимально можливий ступінь видалення забруднень більш простим і економічним способом, знизивши тим самим навантаження на складні та витратні процеси очищення на подальших стадіях.

2. Набули подальшого розвитку уявлення про кінетику фізико-хімічних процесів, що відбуваються при електролізі розчинів, які містять органічні забруднювачі, зокрема:

- встановлено падіння інтенсивності зниження ХСК протягом часу електрообробки, що не пов'язане з супроводжуваним цим явищем зменшенням рН роз-

чину;

- виявлено перехід органічних забруднювачів під час електрообробки в стан, що не піддається подальшій електродеструкції;
- встановлено характер комплексного впливу технологічних факторів процесу на сукупність показників витрати електроенергії та ефективності очищення;
- виявлено відсутність домінуючої деструкуючої ролі активного хлору, що забезпечує можливість ефективного використання як електроліту натрій сульфату, який поліпшує екологічні аспекти обробки.

3. Вперше встановлено, що реагентна та подальша електрохімічна обробка стічних вод полігонів твердих побутових відходів забезпечують зниження залишкового вмісту забруднень до рівня, що дозволяє направити стічні води на біохімічне очищення.

4. Вперше визначено оптимальні параметри реагентної обробки стічних вод полігонів твердих побутових відходів, що забезпечують мінімізацію величин хімічного і біохімічного споживання кисню (ХСК і БСК) як узагальнених показників наявності у воді органічних забруднювачів.

5. Отримано нові наукові знання щодо процесів спалювання хлорорганічних сполук, які вдуваються в сопло газового пальника термічної печі, доведено термодинамічну неможливість вторинного утворення зазначених сполук при регламентованому здійсненні процесу їх високотемпературного знищення.

Практичне значення отриманих результатів. На базі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень розроблено методологічні підходи, математичні моделі, комплекс розрахункових методик, сформульовано нові наукові положення, що забезпечують побудову раціональних технологічних процесів та ефективного обладнання для очищення стічних вод полігонів твердих побутових відходів, а також термічного знищення хімічних засобів захисту рослин і стічних вод полігонів твердих побутових відходів.

Розроблено комплекс технологічних процесів і обладнання, що є взаємодоповнюючими у вирішенні важливого та актуального науково-технічного завдання мінімізації екологічно небезпечного впливу на навколишнє природне середовище місць накопичення твердих побутових відходів та непридатних агрохімікатів.

Розробки, які запатентовано в Україні та Російській Федерації, забезпечують підвищення екологічної безпеки природокористування в результаті запобігання шкоди, що завдається навколишньому природному середовищу проникненням стічних вод полігонів твердих побутових відходів у водні об'єкти, попаданням у них, а також в атмосферне повітря токсичних речовин від місць накопичення непридатних до використання хімічних засобів захисту рослин. Сумарний річний економічний ефект від застосування запропонованих розробок становить понад 57 млн грн. Державним підприємством «УкрНТЦ «Енерго-сталь» прийнято рішення щодо їх впровадження при проектуванні та будівництві об'єктів поводження з небезпечними відходами.

Особистий внесок здобувача. Автором дисертаційної роботи виконано аналіз науково-технічної та патентної літератури, передового виробничого досвіду, екологічного та технічного стану місць накопичення твердих побутових відходів та непридатних до використання хімічних засобів захисту рослин. Розроблено комплекс методик проведення досліджень, запропоновано методологічні підходи до їх виконання, висунуто науково-технічні гіпотези. Виконано комплекс теоретичних і експериментальних досліджень, сформульовано нові наукові положення, що склали наукову новизну роботи. Розроблено технологічні процеси і основні технічні рішення обладнання для їх реалізації, виконано лабораторне та дослідно-промислове випробування. Виконано техніко-економічний аналіз і оцінка ступеня підвищення екологічної безпеки природокористування в результаті впровадження зазначених розробок. Сформульовано висновки та рекомендації.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертаційної роботи доповідалися та отримали позитивну оцінку на: XV, XVI, XVII, XVIII, XIX Міжнародних науково-практичних конференціях «Экология, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей среды и здоровье человека, утилизация отходов» (м. Щолкіне, АР Крим, 2007–2011 рр.); III - VI Міжнародних науково-практичних конференціях «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення», м. Алушта, 2007-2010 рр.; III Міжнародній науково-практичній конференції «Рециклинг, переработка отходов и чистые технологии», г. Москва, 2007 г.; IV Міжнародній науково-технічній конференції «Хімія і сучасні технології», м. Дніпропетровськ, 2009 р.

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи викладено в 48 наукових працях, у т.ч. – 23 статті у фахових виданнях України, 2 статті – у зарубіжних виданнях, 12 статей – у збірниках статей науково-практичних конференцій, 1 тези - у збірнику тез науково-технічної конференції; отримано 7 патентів України, 3 патенти Російської Федерації.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, переліку умовних позначень, 6 розділів, висновків. Список використаних джерел із 184 найменувань на 24 стор. і 8 додатків на 69 стор. Загальний об'єм дисертації складає 271 стор., з них 152 стор. основного тексту, 86 рисунків, 42 таблиці за текстом.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі показана актуальність теми роботи, зв'язок дисертації з науковими програмами, планами, темами, викладені мета і завдання досліджень, наукова новизна отриманих результатів та практична цінність роботи, відомості про апробацію результатів та їх впровадження.

У розділі 1 приведено аналіз сучасних тенденцій у сфері захисту НПС від екологічно небезпечного впливу місць накопичення ТПВ та ХЗЗР, викладено сформульований методологічний принцип підходу до визначення поняття сталого споживання ресурсів.

Встановлено відсутність наукових положень, побудованих на їх основі технічних рішень, що забезпечують ефективне очищення СВП, екологічно небезпечне знищення ХЗЗР і СВП, чим обумовлена необхідність виконання досліджень і розробок даної роботи.

Сформульовано мету роботи, визначено коло завдань, рішення яких забезпечує досягнення поставленої мети.

У розділі 2 описано розроблений комплекс методик експериментальних і теоретичних досліджень, що базується на сформульованому в роботі концептуальному методологічному принципі підходу до формування поняття «сталого споживання ресурсів».

Приведено прийнятий загальний методологічний підхід до виконання досліджень, що передбачає формування гіпотез на основі аналізу стану і попереднього опрацювання досліджуваних питань, проведення подальших теоретичних і експериментальних досліджень з перевірки висунутих пропозицій та їх трансформації в нові наукові положення.

Розділ 3 присвячено теоретичним і експериментальним дослідженням процесів очищення СВП, розробці методології побудови технології очищення.

Запропоновано концептуальний підхід до розробки раціональної технології очищення СВП, що полягає в побудові багатоступінчастого комплексного технологічного процесу, який містить методи реагентної, електрохімічної та біохімічної обробки, побудовані у стадії попереднього очищення і доочищення, забезпечуючи на кожній стадії максимально можливий ступінь видалення забруднень достатньо простим і економічним способом, знижуючи тим самим навантаження на складніші і витратніші процеси очищення на подальших стадіях.

Як показали дослідження хімічного складу СВП, значна кількість органічних забруднень, ВМ в неочищених СВП виключає можливість їх викидів у водоймища і госппобутову каналізацію, перешкоджає направленню на біохімічне очищення. Цим підтверджується актуальність знаходження ефективних рішень щодо попереднього очищення СВП.

Виконано теоретичне дослідження з визначення концентрації йонів ВМ щодо усього діапазону рН осадження гідроксидів, мінімальних концентрацій, які досягаються підлужуванням. Деякі результати наведено в табл. 1. Встановлено, що підвищення рН СВП до величини $8,5 \div 10,5$ забезпечує багатократне зниження вмісту в них розчинених ВМ, що, однак, не забезпечує відповідності концентрацій вказаних забруднень нормам ГДК на скиди СВП у водоймища, але дозволяє направити оброблені стоки на біохімічне очищення.

Розроблений на основі виконаних досліджень раціональний метод попереднього очищення СВП передбачає їх обробку залізним купоросом (FeSO_4) і лужним реагентом (NaOH , Na_2CO_3) з доведенням рН до осадження ферум гідроксидів ($\text{Fe}(\text{OH})_2$ і $\text{Fe}(\text{OH})_3$). Ізолінії відносних значень $\text{ХСК} = \text{ХСК}/\text{ХСК}_0$ та $\text{БСК} = \text{БСК}/\text{БСК}_0$ показано на рис. 1, а поверхні відклику функції, що побудовані на основі кореляційного аналізу експериментальних даних, – на рис. 2.

Таблиця 1- Мінімальні концентрації ВМ в розчинах гідроксидів і відповідні значення рН середовища

Найменування металу	Мінімальний вміст важких металів, мг/дм ³ , та відповідні рН середовища				ГДК (мг/дм ³) для вододарських	
	$\mu = 0,01$		$\mu = 0,1$		рибогосподарських	питних
	С	рН	С	рН		
Fe ²⁺	0,019	11,5	0,021	11,5	0,005	0,3
Fe ³⁺	0,0037	8	0,0037	8	нема даних	0,3
Ni ²⁺	0,1656	10	0,1720	10,5	0,01	0,1
Cu ²⁺	0,00042	10	0,00044	10	0,001	1,0
Zn ²⁺	0,1303	10	0,1321	10	0,01	1,0
Mn ²⁺	0,0116	12	0,0123	12	0,01	0,1
Cr ³⁺	0,0544	9	0,0568	9	0,005	0,5

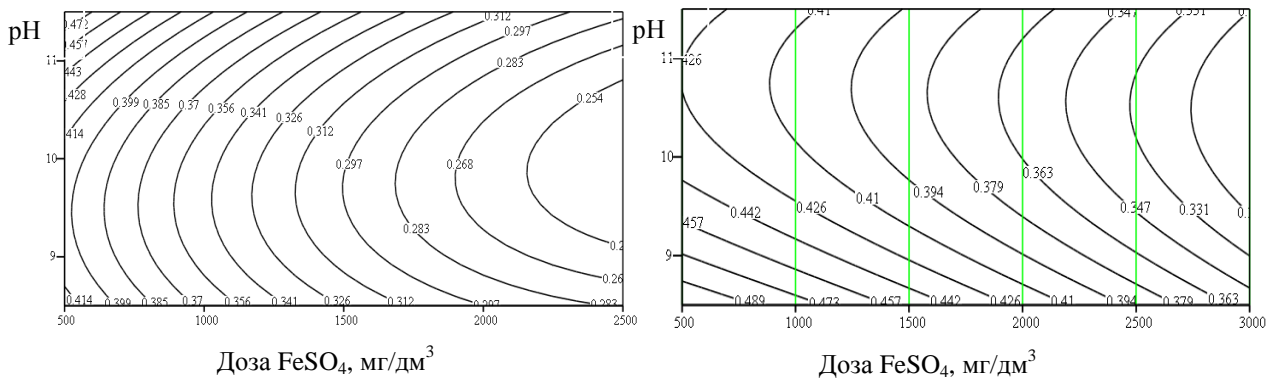


Рисунок 1 - Ізолінії відносних значень $XSK = XSK/XSK_0$ та $BSK = BSK/BSK_0$

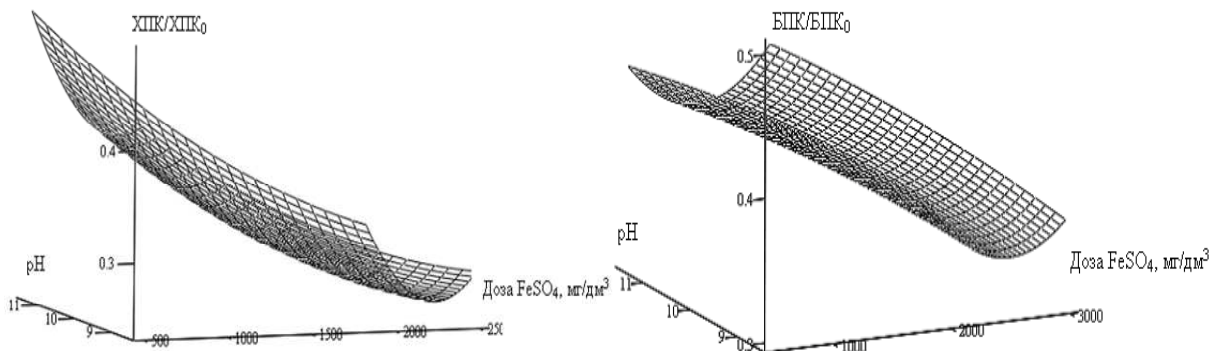


Рисунок 2 - Поверхні відклику функції $XSK = XSK/XSK_0$ та $BSK = BSK/BSK_0$

Виявлено сорбційні по відношенню до органічних забруднювачів властивості осаду, що утворюється. Оптимальними параметрами обробки є: доза реагенту ($FeSO_4$), що вводиться, – 3000 мг/дм³, величина рН – 10,3.

Встановлено доцільність реалізації в якості другого ступеня попереднього очищення СВП електродеструкції забруднювачів шляхом обробки СВП постійним електричним струмом у присутності електроліту NaCl або Na_2SO_4 .

Розроблено математичну модель кінетики електродеструкції органічних забруднювачів СВП. Згідно моделі, показник, що характеризує забрудненість СВП в поточний момент часу, визначиться із виразу:

$$\text{ХСК}_{\text{заг}} = \text{ХСК}_A + \alpha \cdot (\text{ХСК}_0 - \text{ХСК}_A). \quad (1)$$

Для прийнятої в дослідженнях конструкції установки:

$$\text{ХСК}_{\text{заг}} = \alpha \cdot \text{ХСК}_0 + \text{ХСК}_{\text{Агр}} \cdot e^{-\frac{kt_1}{l}} (1 - \alpha). \quad (2)$$

Рівняння, що описує зміну ХСК за часом, має вигляд:

$$\text{ХСК}_{\text{заг}} = \text{ХСК}_0 - \frac{8i \cdot t}{96,5 \cdot l}, \quad (3)$$

де $\text{ХСК}_{\text{заг}}$, ХСК_A , ХСК_0 і $\text{ХСК}_{\text{Агр}}$ – показники в поточний момент часу, для забруднювача А, в початковий момент часу і в граничному для реалізації процесу значенні, відповідно; α , k , i – коефіцієнти пропорційності; t – час обробки, хв.; l – відстань між електродами, дм; 96,5 – число Фарадея, Кл/мг-екв.

В результаті досліджень на математичній моделі, а також виконаних експериментальних досліджень отримано уявлення про фізико-хімічну суть процесу електродеструкції СВП, встановлено вплив технологічних факторів на залишкову концентрацію забруднень. Деякі результати електролітичної обробки СВП наведено в табл. 2. На рис. 3 показаний вплив тривалості електрообробки на показники процесу.

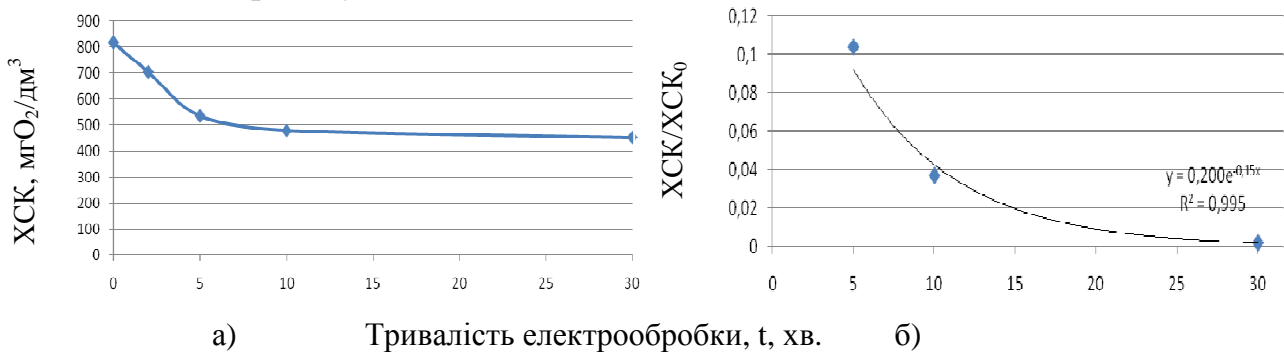


Рисунок 3 - Зміна ХСК (а) і відносних значень ХСК ($\text{ХСК}/\text{ХСК}_0$) (б) в залежності від тривалості електрообробки

Виконані теоретичні та експериментальні дослідження показали, що запропонована технологія очищення, яка передбачає попередню реагентну і подальшу електролітичну обробку, забезпечує зниження залишкового вмісту забруднень до рівня, що дозволяє направити СВП на біохімічне очищення.

У розділі 4 описано теоретичні та експериментальні дослідження з формування технологічних основ процесу термічного знищення некондиційних ХЗЗР і СВП.

Знищення розглядається як альтернативний метод в комплексі заходів щодо подолання їх екологічно небезпечного впливу на НПС, що потребує в регіонах, які мають відповідні виробничі можливості, менших витрат на реалізацію. Разом з цим, термічне знищення технологічно доповнює розглянутий в розділі 3 процес очищення СВП, оскільки дозволяє, зокрема, знищувати не лише СВП, але і ХЗЗР.

Фундаментальними дослідженнями багатьох авторів встановлено, що повне знищення спалюваних галогенвмісних органічних сполук і високотоксичних вторинних сполук, що утворюються при цьому, відбувається тільки за умови перебування їх в зоні з $T > 850 \text{ }^\circ\text{C}$ впродовж ≥ 2 с при вмісті кисню $> 6 \%$.

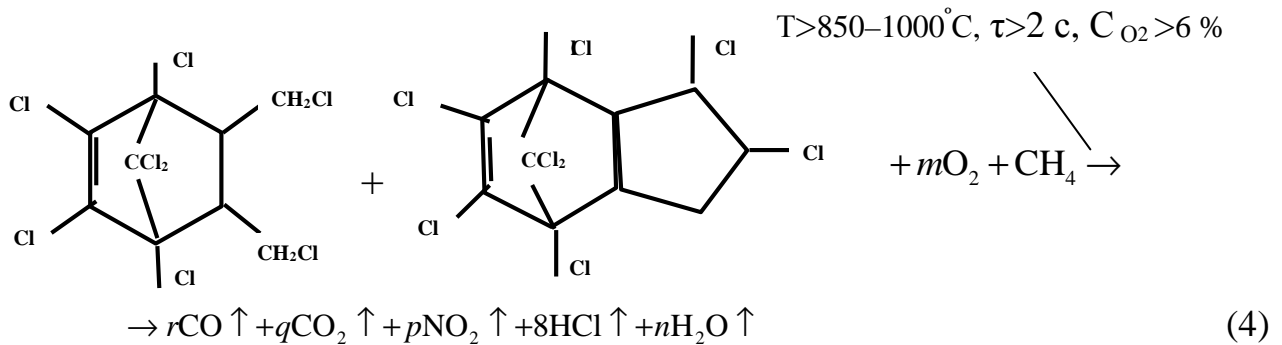
Таблиця 2 – Результати електролітичної обробки стічних вод полігона ТПВ

Початкове значення ХСК (ХСК ₀), мг О ₂ /дм ³	Щільність струму і, А/дм ²	Найменування показників	Значення показників при різних режимах і часі електрообробки									
			Електродеструкція без попередньої реагентної обробки					Електродеструкція з попередньою реагентною обробкою				
			Час електрообробки, хв.					Час електрообробки, хв.				
			2	5	20	50	100	2	5	20	50	100
924	100	ХСК	875	798	651	590	562	201	184	145	143	132
		ХСК/ХСК ₀	0,947	0,864	0,704	0,638	0,608	0,217	0,199	0,157	0,155	0,143
	300	ХСК	800	645	484	409	351	196	175	128	199	87
		ХСК/ХСК ₀	0,866	0,698	0,524	0,443	0,380	0,212	0,189	0,138	0,107	0,094
1512	100	ХСК	1462	1389	1092	978	925	322	292	247	223	203
		ХСК/ХСК ₀	0,970	0,919	0,722	0,647	0,611	0,213	0,193	0,163	0,147	0,134
	300	ХСК	1350	1171	895	704	580	316	280	203	167	139
		ХСК/ХСК ₀	0,893	0,774	0,592	0,466	0,384	0,209	0,185	0,134	0,110	0,092
757	100	ХСК	709	679	520	476	447	165	147	121	120	105
		ХСК/ХСК ₀	0,937	0,897	0,687	0,629	0,590	0,218	0,194	0,160	0,159	0,139
	300	ХСК	653	551	349	263	282	158	139	97	77	66
		ХСК/ХСК ₀	0,863	0,728	0,461	0,348	0,268	0,209	0,184	0,128	0,102	0,087
2020	100	ХСК	1971	1898	1612	1412	1295	399	396	329	312	284
		ХСК/ХСК ₀	0,976	0,937	0,798	0,699	0,641	0,197	0,196	0,162	0,154	0,141
	300	ХСК	1850	1756	1277	976	798	385	367	251	209	177
		ХСК/ХСК ₀	0,915	0,870	0,633	0,483	0,395	0,190	0,182	0,124	0,103	0,088
1047	100	ХСК	999	925	731	667	639	227	207	172	157	145
		ХСК/ХСК ₀	0,954	0,883	0,698	0,637	0,607	0,217	0,198	0,164	0,150	0,138
	300	ХСК	930	811	577	460	399	217	205	132	118	96
		ХСК/ХСК ₀	0,888	0,775	0,551	0,439	0,381	0,207	0,196	0,126	0,113	0,092
2850	100	ХСК	2802	2726	2351	1952	1852	605	533	456	413	387
		ХСК/ХСК ₀	0,983	0,956	0,825	0,685	0,650	0,212	0,187	0,160	0,145	0,136
	300	ХСК	2710	2478	2001	1510	1138	564	478	353	279	246
		ХСК/ХСК ₀	0,951	0,869	0,702	0,530	0,396	0,198	0,168	0,124	0,098	0,086
3970	100	ХСК	3920	3850	3484	2703	2298	831	758	601	559	493
		ХСК/ХСК ₀	0,987	0,970	0,878	0,681	0,579	0,209	0,191	0,151	0,141	0,124
	300	ХСК	3820	3633	2958	2240	1956	762	614	446	389	332
		ХСК/ХСК ₀	0,962	0,915	0,745	0,564	0,490	0,192	0,155	0,112	0,098	0,084

Виконання комплексу вказаних умов на практиці складно. У даній роботі сформульовано концепцію процесу термічного знищення непридатних ХЗЗР і СВП, що охоплює технологічно доступний варіант практичної реалізації цього положення, – при вдуванні знищеного токсиканта у факел пальника печі випалення цементного клінкеру.

Було висунуто гіпотезу про наявність комплексу технологічних прийомів, що забезпечують при термічному знищенні некондиційних ХЗЗР і СВП повне, безповоротне розкладання усіх токсичних сполук до нетоксичних неорганічних компонентів.

Теоретичні та експериментальні дослідження, що базуються на висуненій гіпотезі, проводили на прикладі термічного знищення поширеного ХЗЗР - ліндану - моноциклічного галогенпохідного - 1,2,3,4,5,6 - гексахлорциклогексана ($C_6H_6Cl_6$), - препарату γ -ізомеру, з утворенням неорганічних продуктів - CO , CO_2 , NO_x , HCl , H_2O (паливо - природний газ).



Розроблено математичну модель процесу. Диференціальне рівняння, що описує динаміку термічного знищення ХЗЗР з часом, має вигляд:

$$\frac{dx(t)}{dt} = -\alpha(N)x(t), x(0) = N, x(T) = n, \quad (5)$$

де α - безрозмірна константа; $x(t)$ - кількість знищеного ХЗЗР у момент t , кг/годину; N - початкова кількість знищеного ХЗЗР, кг; T - час закінчення процесу, година; n - концентрація ХЗЗР.

Після перетворень рівняння(5) має вигляд: $\frac{dx(t)}{x(t)} = \alpha(N)dt$. (6)

Рішення рівняння (6): $\int_0^t \frac{dx(t)}{x(t)} = -\alpha(N) \int_0^t dt = -\alpha(N)t$; $l_{ox}(t) - l_{nx}(0) = -\alpha(N)t$;

$$l_{nx}(t) = l_{nx}(0) - \alpha(N)t = l_{nx}(0) + l_{ne}^{-\alpha(N)t} = l_n \left(Ne^{-\alpha(N)t} \right), x(t) = Ne^{-\alpha(N)t}. \quad (7)$$

Враховуючи (7) при $x(t) = n$, отримуємо: $e^{-\alpha(N)T} = \frac{n}{N}$; $-\alpha(N)T = l_n \frac{n}{N}$;

$$\alpha(N) = -\frac{1}{T} l_n \frac{n}{N}.$$

За умови $\alpha(N) = \alpha_0 + \alpha_1 N + \alpha_2 N^2$, $x(t) = Ne^{-(\alpha_0 + \alpha_1 N + \alpha_2 N^2)t}$.

У момент T закінчення процесу отримаємо: $x(T) = Ne^{-(\alpha_0 + \alpha_1 N + \alpha_2 N^2)T} = n$

$$l_n(n) = l_n(N) - (\alpha_0 + \alpha_1 N + \alpha_2 N^2)T \text{ або } \alpha_0 + \alpha_1 N + \alpha_2 N^2 = \frac{1}{T} l_n \left(\frac{N}{n} \right). \quad (8)$$

Припустивши, що проведено безліч дослідів з різними початковими значеннями:

$x_1(0) = N_1; x_2(0) = N_2; \dots; x_k(0) = N_k$ і результатами, що відповідають їм: $x_1(T) = n_1; x_2(T) = n_2; x_k(T) = n_k$, використовуючи для усередненого опису процесу метод найменших квадратів і ввівши позначення у вираження (8): $S = \overline{1, k}$, отримаємо функціонал виду:

$$J = \sum_{s=1}^k \left[(\alpha_0 + \alpha_1 N_s + \alpha_2 N_s^2) - \frac{1}{T} l_n \left(\frac{N_s}{n_s} \right) \right] \longrightarrow \min_{\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2} \quad (9)$$

Вираз (9) в матричній формі з введенням позначень векторів:

$$H = \begin{bmatrix} 1 & N_1 & N_1^2 \\ 1 & N_2 & N_2^2 \\ - & - & - \\ 1 & N_k & N_k^2 \end{bmatrix}; \quad A = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{bmatrix}; \quad Z = \begin{bmatrix} \frac{1}{T} & l_n \left(\frac{N_1}{n_1} \right) \\ \frac{1}{T} & l_n \left(\frac{N_2}{n_2} \right) \\ - & - \\ \frac{1}{T} & l_n \left(\frac{N_k}{n_k} \right) \end{bmatrix} \quad (10)$$

За умови $J = (HA - Z)^T (HA - Z)$, вираз моделі процесу:

$$n_s = N_s e^{-(\bar{\alpha}_0 + \bar{\alpha}_1 N_s + \bar{\alpha}_2 N_s^2)^T}, \quad S = \overline{1, k}, \quad (11)$$

де $\bar{\alpha}_0, \bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2$ – поточні значення констант як компонентів вектору А (11), отримані на основі дослідних даних.

Збіг результатів розрахунків і експериментальних даних (див. табл. 3), отриманих з використанням розробленої лабораторної установки, хроматографічного і дериватографічного методів аналізу, показав адекватність розробленої математичної моделі, підтвердив висунуту гіпотезу. Встановлено термодинамічну неможливість вторинного утворення хлорорганічних сполук.

Таблиця 3 - Початкові і кінцеві концентрації ХЗЗР

Тривалість досліду, с	Концентрація ХЗЗР			Тривалість досліду, с	Концентрація ХЗЗР		
	Початкове N, мг	Кінцева, мг/м ³ ·10 ⁻³			Початкове N, мг	Кінцева, мг/м ³ ·10 ⁻³	
		Експериментальна n _е	Розрахункова n _р			Експериментальна n _е	Розрахункова n _р
1	15	0,01	0,012	6	75	0,12	0,129
2	20	0,02	0,017	7	75	0,13	0,129
3	37,5	0,04	0,044	8	100	0,16	0,185
4	50	0,07	0,069	9	140	0,2	0,21
5	56,2	0,09	0,083	10	150	0,22	0,201

На основі аналізу результатів теоретичних і експериментальних досліджень виявлено і систематизовано закономірності, що кількісно та якісно характеризують вплив технологічних чинників термічного знищення некондиційних ХЗЗР і СВП, параметрів застосованого обладнання на показники процесу. Розроблено алгоритми (див. на рис. 4) та основні параметри технології.

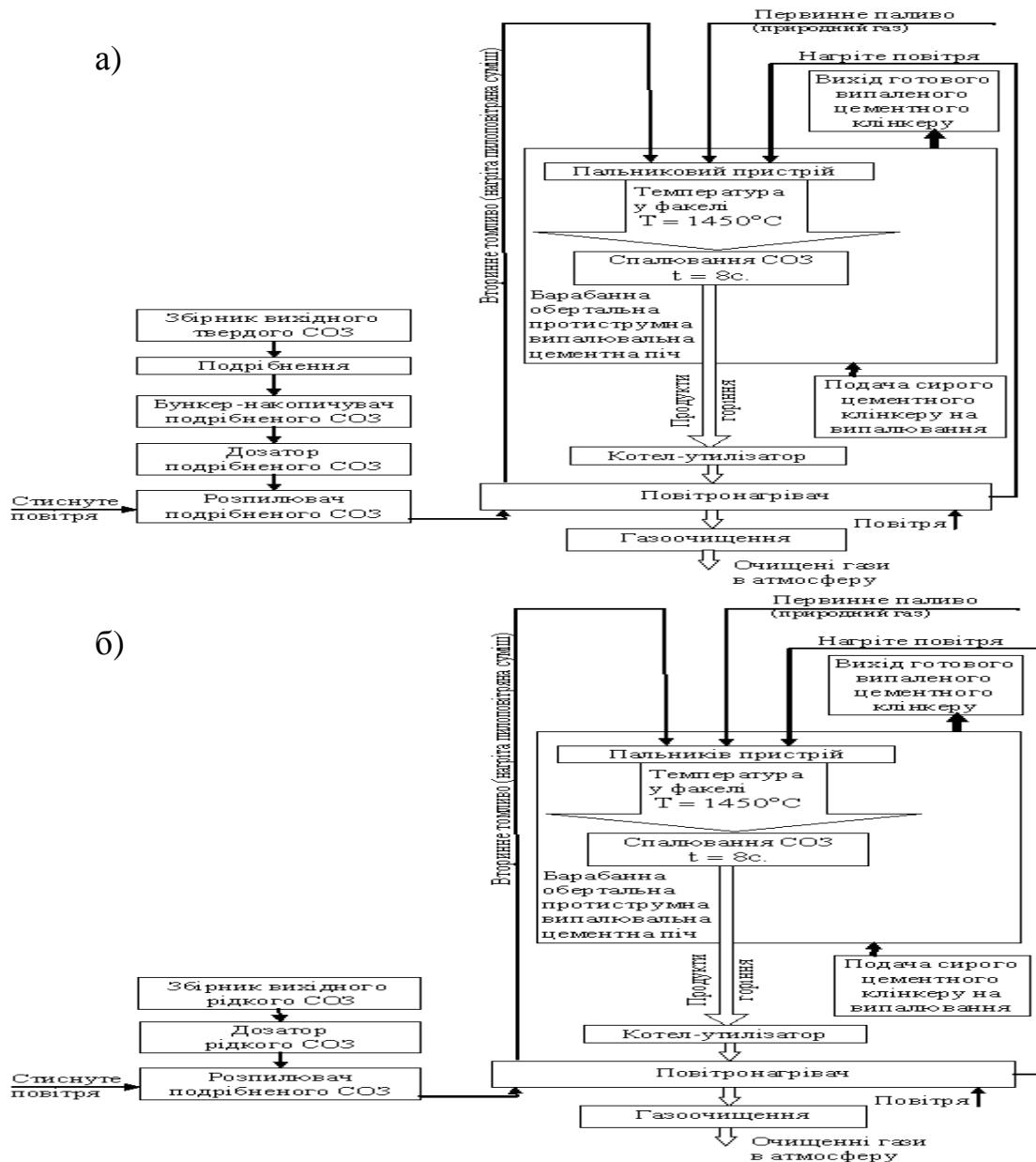


Рисунок 4 - Алгоритми технологічних процесів термічного знищення СВП і некондиційних ХЗЗР в твердому(а) і рідкому(б) станах

У розділі 5 описано розробку технологічних процесів і обладнання очищення і термічного знищення СВП і ХЗЗР.

На основі результатів виконаних в роботі теоретичних і експериментальних досліджень розроблено технологічні процеси і обладнання для очищення СВП, термічного знищення некондиційних ХЗЗР і СВП.

Базуючись на сформульованому концептуальному підході, розроблена технологія очищення СВП є багатоступінчастим комплексним процесом, що об'єднує методи реагентної, електрохімічної і біохімічної обробки. Розроблена установка очищення СВП (див. рис. 5) реалізує запропоновану в роботі технологію і забезпечує видалення ВМ на стадії попереднього очищення, максимальне зниження концентрації органічних забруднень і їх переведення у біодоступні сполуки, що видаляються біохімічним очищенням, а також доочищенням, що передбачає знесолення СВП.

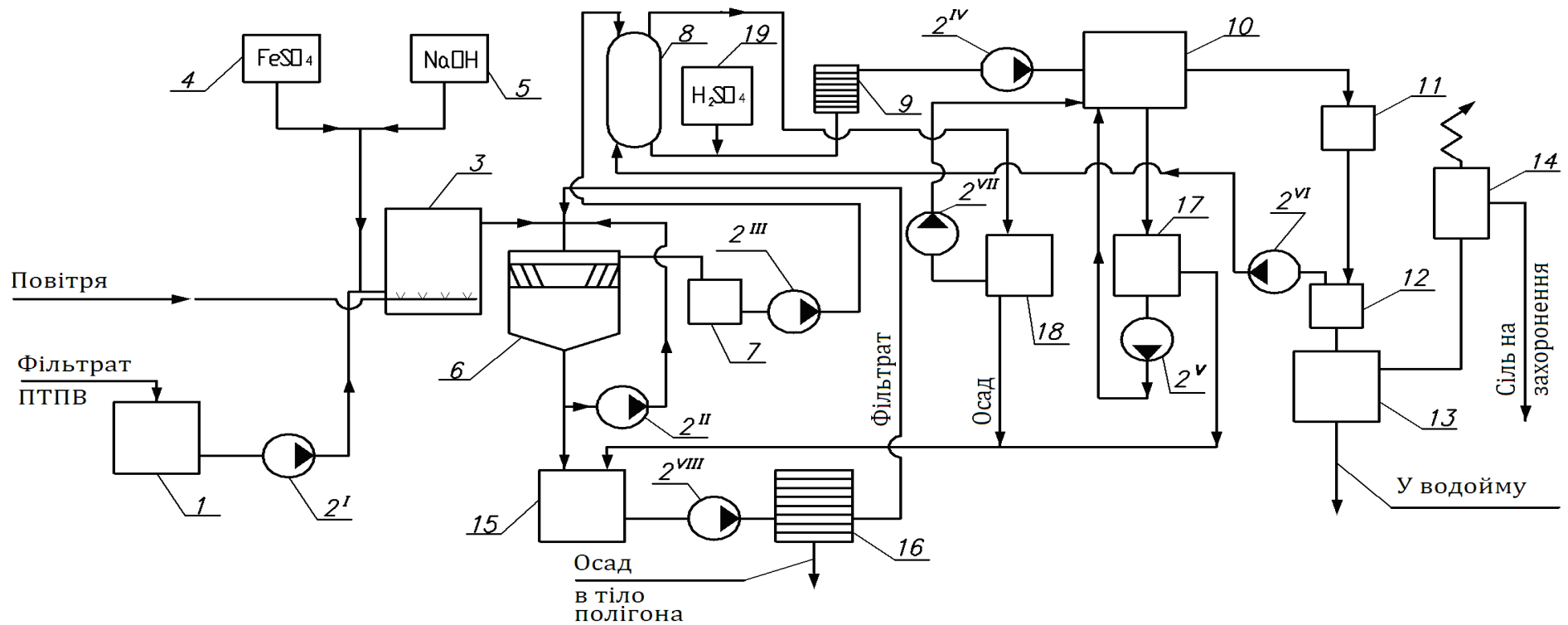


Рисунок 5 - Принципова схема установки для очищення СВП :

1 - приймальна камера фільтрату; 2 - насоси; 3 - змішувач; 4 - бак для розчину FeSO_4 ; 5 - бак для розчину NaOH ; 6 - тонкошаровий відстійник; 7 - приймальна камера; 8 - фільтр; 9 - електролізер; 10 - блок біологічного очищення з біомембранним реактором; 11 - установка УФ знезараження; 12 - приймальний резервуар; 13 - установка зворотного осмосу; 14 - випарна установка; 15 - бак для осаду; 16 – фільтр - прес; 17 - резервуар для промивної води; 18 - резервуар для зворотної промивної води; 19 - вузол коригування рН

Розроблений технологічний процес термічного знищення розглянутих видів відходів, що включає їх спалювання в пальнику печі обпалювання цементного клінкеру (спільно з поданням попередньо нагрітого повітря), допалювання газоподібних продуктів спалювання в реакційній зоні печі, використання вторинного тепла, а також очищення газів, забезпечує повне розкладання токсичних хлорорганічних сполук, що містяться у відходах, їх відсутність, внаслідок доведеної в роботі термодинамічної неможливості вторинного утворення, як у обпалюваному клінкері, так і в відхідних газах. Основні технологічні параметри процесу наведені в табл. 4.

Таблиця 4 - Технологічні параметри процесу термічного знищення СВП і рідких ХЗЗР

Параметр	Одиниця виміру	Значення
Розмір крапель при розпилі рідких ХЗЗР і СВП	мкм	0-300 (90 %)
Співвідношення "повітря-ХЗЗР" в пальнику печі	У долях 1	1:0,01-1:0,1
Температура газів в реакційній зоні печі	°С	1200-1700
Залишкова концентрація органічних токсикантів у відхідних газах і основному випалюваному матеріалі	Межа детектування хроматографа «КристалЛюкс-4000» - 5×10^{-14} г/с	не виявлено

Екологічна ефективність розробленої технології, що підтверджена дослідно-промисловими випробуваннями в умовах Харківського дослідного цементного заводу (див. рис. 6), дозволила використати її як основу при розробці компонувального технологічного рішення промислової установки термічного знищення СВП і некондиційних ХЗЗР(див. рис. 7).



Рисунок 6 - Загальний вигляд дослідно-промислової обпалювальної печі.

1 - відведення димових газів; 2 - обертова обпалювальна піч; 3 - розвантажувальна голівка і пальниковий пристрій печі; 4,5 - вузол подання природного газу в пальник печі; 6 - вузол вдування ХЗЗР і повітря в пальник печі; 7 - щит КВП і А установки.

Розроблені на комплексній базі результатів виконаних досліджень технічні рішення процесів і обладнання, що забезпечують реалізацію єдиної, актуальної науково-технічної задачі мінімізації екологічно небезпечного впливу на НПС місць накопичення ТПВ і некондиційних ХЗЗР, запатентовані в Україні і Російській Федерації.

У розділі 6 приведено техніко-економічний аналіз і екологічну оцінку результатів виконаних досліджень і розробок. Визначено розмір техніко-економічного ефекту від впровадження розробленої технології і установки

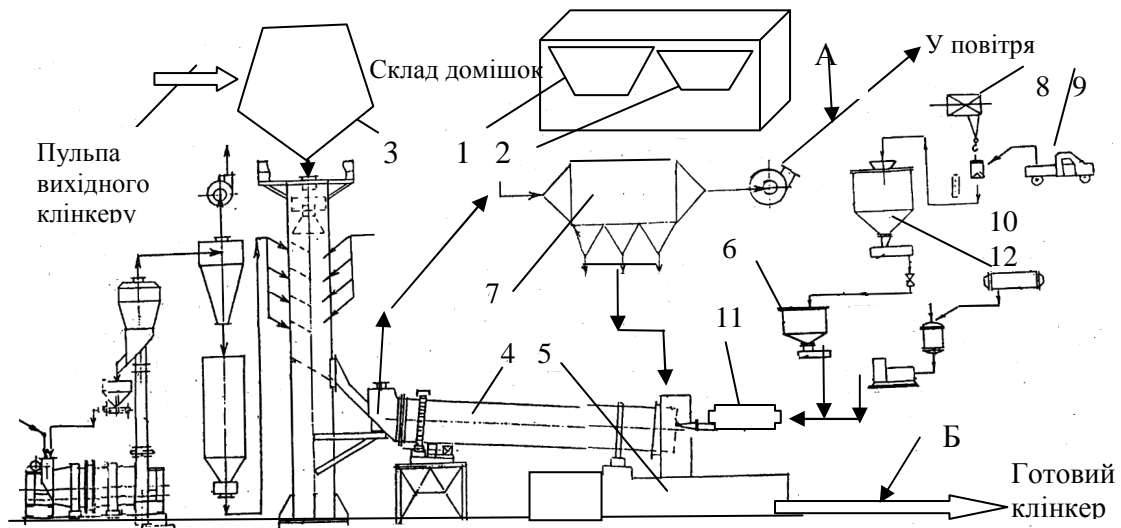


Рисунок 7 - Схема промислової установки для реалізації технології знищення СВП і некондиційних ХЗЗР в пальнику цементної печі.

Існуюче обладнання: 1, 2 - бункери шлаку і золи; 3 - шламовий басейн; 4 - барабанна випалювальна піч; 5 - холодильник; 6 - система пневмотранспорту; 7 - електрофільтр. Обладнання, що встановлюється: 8-тельфер; 9 - автотранспорт доставки саморозвантажувальних контейнерів з ХЗЗР; 10 - приймальний бункер ХЗЗР з дозатором; 11 - диспергатор ХЗЗР; 12 - збірка рідких ХЗЗР з дозатором. А, Б - точки відбору проб відхідних газів і обпаленого клінкеру.

очищення СВП, який в результаті зниження збитку, що наноситься НПС, склав для одного полігону 894,7 тис. грн/рік. Техніко-економічний ефект від впровадження розробленої технології і обладнання термічного знищення некондиційних ХЗЗР і СВП складає для однієї установки (при знищенні 55 т відходів) 56,5 млн грн/рік. У разі знищення усього об'єму накопичених в Україні некондиційних ХЗЗР (10-ма установками) попереджений економічний збиток перевищить 10 млрд грн. Охарактеризовано ступінь підвищення екологічної безпеки природокористування від впровадження результатів досліджень і розробок.

Розроблені процеси і обладнання прийняті ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» (м. Харків) до впровадження при виконанні проектних робіт і інжинірингу.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі поставлено і вирішено актуальну науково-технічну задачу екологічної безпеки, що полягає у зниженні антропогенного навантаження на НПС, шляхом розробки на базі теоретичних і експериментальних досліджень технологій та обладнання щодо запобігання екологічно небезпечного впливу на неї місць накопичення ТПВ та некондиційних ХЗЗР. Основні висновки та рекомендації дисертаційної роботи:

1. Аналіз сучасних тенденцій в області екологічно безпечного природокористування, науково-технічної та патентної літератури, стану питання на реальних об'єктах показав актуальність знаходження ефективних шляхів зниження зростаючого антропогенного навантаження на НПС місць накопичення ТПВ і ХЗЗР на основі сформованого в роботі методологічного принципу, згідно з яким сталим споживання ресурсів є в умовах, коли об'єм генерації відходів, що

утворюються, не перевищує можливостей з їх переробки, утилізації, знешкодження і знищення.

2. Вивчення хімічного складу СВП, аналіз величин БСК, ХСК, окиснюваності дозволили встановити значний вміст ОЗ, ВМ, що унеможливило скидання неочищених СВП у водойми, госппобутову каналізацію і подання на біохімічне очищення. Теоретичні дослідження показали багатократне зниження концентрації йонів ВМ в стоках при підвищенні рН до 8,5-10,5. Отриманий з використанням розробленої методики масив розрахункових даних про залишкову концентрацію ВМ в широкому діапазоні параметрів хімічного складу СВП є важливим для практичного використання при розробці промислової технології.

3. Розроблений на основі виконаних досліджень раціональний метод попереднього очищення СВП передбачає їх обробку залізним купоросом (FeSO_4) і лужним реагентом (NaOH або Na_2CO_3) з доведенням рН до значень, що забезпечують осадження $\text{Fe}(\text{OH})_2$ і $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Утворений при цьому осад, як встановлено, є адсорбентом ОЗ. Оптимальні параметри обробки, що забезпечують мінімізацію величин ХСК і БСК як узагальнених показників наявності в обробленій воді органічних забруднень: доза реагенту (FeSO_4) – 3000 мг /дм³, величина рН води – 10,3.

4. Встановлено доцільність використання в якості другого ступеня попереднього очищення СВП електродеструкції у присутності електроліту NaCl або Na_2SO_4 . Виявлено зменшення концентрації біорезистентних ОЗ і зниження величини ХСК, що не пов'язано, як показали дослідження, з величиною рН СВП і визначає важливе для практики положення про недоцільність збереження високого значення рН при їх електрообробці.

5. Дослідженнями процесу електродеструкції СВП встановлено зниження концентрації хлоридів в оброблюваних СВП, що вказує на витрату значної частини активного хлору, який утворюється, на деструкцію ОЗ і певною мірою пояснює механізм очищення.

6. Дослідження кінетики процесу електродеструкції ОЗ, виконані з використанням розробленої математичної моделі, дозволили виявити на основі отриманого уявлення про фізико-хімічну суть процесу важливі для практичного використання закономірності, що кількісно характеризують вплив параметрів технології на залишковий вміст забруднень.

7. Отримано відомості, що розширюють уявлення про процес електродеструкції органічних забруднень. Зокрема, встановлена рівність ефективності процесу за наявності в розчині як хлоридів, так і сульфатів, що дозволяє уникнути присутності в очищених стоках токсичних хлорорганічних сполук; виявлено зростання ефективності електродеструкції зі збільшенням тривалості обробки і щільності струму, що знижує витрати на реалізацію процесу.

8. Виконані теоретичні та експериментальні дослідження показали, що запропонована в роботі технологія, яка передбачає попередню реагентну і подальшу електролітичну обробку, забезпечує зниження залишкового вмісту забруднень у СВП до рівня, що дозволяє направляти очищені СВП на біохімічне

очищення. На основі результатів досліджень сформульовано методологічний підхід до розробки промислової технології і обладнання.

9. У результаті виконаних теоретичних та експериментальних досліджень запропонованого в роботі методу термічного знищення – в пальнику печі обпалення цементного клінкеру – ХЗЗР і СВП підтверджено висунуте теоретичне припущення про повне і безповоротне розкладання усіх токсичних сполук, що містяться в знищуваних відходах, до нетоксичних неорганічних компонентів.

10. Виконані дослідження дозволили теоретично описати процес термічного знищення розглянутих видів відходів за запропонованою технологією, визначити його технологічні особливості і параметри, необхідні для практичної реалізації процесу. Зокрема, встановлено характер домінуючого впливу коефіцієнтів інжекції щодо повітря і твердого тіла на характеристику струминного апарату, який використовувався для введення знищуваних речовин у факел пальника обпалювальної печі, а також достатня для практичної реалізації в промисловому процесі ефективність розпилення знищуваних матеріалів у факелі пальника; виявлено оптимальний діапазон розміру крапель розпилювальної рідини (0,3 – 0,6 мм) і кількісну характеристику залежності інтенсивності випаровування знищеної рідини від основних технологічних чинників, головною серед яких виявилася швидкість газового потоку.

11. На підставі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень розроблено алгоритми та основні параметри технологічних процесів термічного знищення ХЗЗР і СВП.

12. Особливістю розробленої промислової технології очищення СВП є її базування на запропонованому в роботі концептуальному підході, який полягає у формуванні багатоступінчастого комплексного технологічного процесу, що об'єднує методи реагентної, електрохімічної і біохімічної обробки, побудовані з урахуванням стадій попереднього очищення і доочищення таким чином, щоб забезпечити на кожній стадії максимально можливий ступінь видалення забруднень достатньо простим і економічним способом, знизивши тим самим навантаження на більш складні та витратні процеси очищення на подальших стадіях.

13. Розроблена установка очищення СВП, що реалізує запропоновану в роботі технологію і містить тому блок попереднього очищення, який включає тонкошаровий відстійник, фільтр і електролізер, блок біохімічного очищення, блок доочищення з фільтром, установками знезараження води і зворотного осмосу, вузлом зневоднення осаду, забезпечує видалення (на стадії попереднього очищення) ВМ, максимально можливе зниження концентрації органічних забруднень і їх переведення у біодоступні сполуки, що видаляються біохімічним очищенням, а також доочищення, що передбачає знесолювання СВП.

14. Розроблений технологічний процес термічного знищення розглянутих в роботі видів відходів, що включає їх спалювання в пальнику печі обпалення цементного клінкеру спільно з поданням заздалегідь нагрітого повітря, допалювання газоподібних продуктів спалювання в реакційній зоні печі, використання вторинного тепла і газоочищення, забезпечують повне розкладання токсичних хлорорганічних сполук, що містяться у відходах, їх відсутність (вна-

слідок доведеної в роботі термодинамічної неможливості вторинного утворення) як в обпалюваному клінкері, так і в відхідних газах. Екологічна ефективність технології, підтверджена дослідно-промисловими випробуваннями у виробничих умовах, забезпечила можливість її використання як основи при розробці компонувального технологічного рішення промислової установки термічного знищення СВП і ХЗЗР.

15. Розроблені на комплексній базі результатів виконаних досліджень технічні рішення процесів і обладнання, що забезпечують реалізацію єдиного актуального науково-технічного завдання мінімізації екологічно небезпечного впливу на НПС місць накопичення ТПВ і ХЗЗР, запатентовані в Україні і Російській Федерації.

16. Розмір техніко-економічного ефекту від впровадження розробленої технології і установки очищення СВП, забезпечуваного зниженням збитку, що наноситься НПС, склав для одного полігону 894,7 тис. грн/рік. Техніко-економічний ефект від впровадження розробленої технології і обладнання термічного знищення некондиційних ХЗЗР і СВП складає для однієї установки (при знищенні 55 т відходів) 56,5 млн грн/рік.

Розроблені процеси і обладнання прийняті ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» (м. Харків) до впровадження при виконанні проектних робіт і інжинірингу.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Варнавская И. В. К вопросу обращения с непригодными и запрещенными средствами защиты растений / А. М. Касимов, И. В. Варнавская, В. В. Плющев // Экология и промышленность – 2007. – № 3. – С. 10 – 15.

Здобувачем розглянуто проблеми накопичення, утилізації та знешкодження заборонених, непридатних для використання хімічних засобів захисту рослин, наведено характеристики основних груп ХЗЗР.

2. Варнавская И. В. Участие Украины в международном сотрудничестве по СОЗ / Касимов А. М., Варнавская И. В. // Экология и промышленность. – 2007. – № 4. – С. 7 – 14.

Здобувачем розглянуто проблеми поводження з стійкими СОЗ, що накопичені на території України, визначено небезпеку при можливому потраплянні їх у довкілля, проаналізовано статистичні дані щодо умов зберігання і стану СОЗ у промисловості України, розглянуто шляхи поводження з СОЗ в Україні та за кордоном.

3. Варнавская И. В. Анализ методов очистки стоков мест захоронения ТБО / Яцков Н. В., Варнавская И. В. // Экология довкілля та безпека життєдіяльності. – 2008. – № 4. – С. 69 – 73.

Здобувачем виконано аналіз існуючих методів очищення СВП, виявлено їх переваги та недоліки.

4. Варнавская И. В. Анализ условий образования и состава сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / И. В. Варнавская // Экология и промышленность. – 2008. – № 1. – С. 39 – 43.

5. Варнавская И. В. Новая технология обезвреживания некондиционных и запрещенных средств защиты растений / А. М. Касимов, И. В. Варнавская // Экология и промышленность. – 2008. – № 2. – С. 9 – 13.

Здобувачем розглянуто сучасні рішення щодо знищення СОЗ та запропоновано нову екологічно безпечну технологію знищення рідких та твердих ХЗЗР.

6. Варнавская И. В. Разработка и эколого-гигиеническая оценка технологии обезвреживания химических средств защиты растений в горелочном устройстве цементной печи / Д. В. Сталинский, А. М. Касимов, Н. Г. Щербань, И. В. Варнавская // Экология и промышленность. – 2008. – № 4. – С. 33 – 39.

За безпосередньої участі здобувача проведені лабораторні експерименти щодо дослідження ступеня знешкодження ХЗЗР за запропонованою технологією.

7. Комплексный подход к очистке сточных вод полигонов твердых бытовых отходов: технология и оборудование / Д. В. Сталинский, С. И. Эпштейн, З. С. Музыкина, Н. В. Яцков, Н. В. Варнавская // Экология и промышленность. – 2008. – № 3. – С. 32 – 36.

Здобувачем запропоновано технологію та принципову схему установки очищення СВП.

8. Варнавская И. В. Новые технологии очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / И. В. Варнавская // Экология и промышленность. – 2009. – № 3. – С. 29 – 37.

9. Варнавська І. В. Аналіз методів очищення фільтрату полігонів твердих побутових відходів / Яцков М. В., Варнавська І. В. // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. Рівне, 2009. – Вип. 34. – С. 279 – 287.

Здобувачем виявлено, що комбінації відомих методів та схем очищення СВП нераціональні, не мають техніко-економічної оцінки пропонувананих схем і вимагають подальшого удосконалення.

10. Варнавская И. В. Технология уничтожения особо опасных отходов / Д. В. Сталинский, А. М. Касимов, И. В. Варнавская // Экология и промышленность. – 2010. – № 2. – С. 60 – 64.

Здобувачем запропоновано математичну модель для визначення граничної продуктивності струминних диспергаторів, що застосовуються для вдування призначених для знешкодження ХЗЗР у пальник печі.

11. Варнавская И. В. Высокотемпературное термическое уничтожение чрезвычайно опасных отходов / Сталинский Д. В., Касимов А. М., Яцков Н. В., Варнавская И. В. // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. Рівне, 2010. – Вип. 3 (51). – С. 243 – 249.

Здобувачем запропоновано принципово новий метод знешкодження особливо небезпечних відходів шляхом їх безпосереднього вводу в високотемпературний пальник барабанної обпалювальної промислової печі.

12. Варнавская И. В. Новая технология уничтожения особо опасных отходов / Д. В. Сталинский, А. М. Касимов, И. В. Варнавская // Экология и промышленность. – 2011. – № 2. – С. 80 – 85.

Здобувачем виконано розрахунок показників процесу високотемпературного знешкодження некондиційних ХЗЗР в програмі Mathcad Professional; тео-

ретично обґрунтовано неможливість повторного утворення особливо небезпечних газоподібних токсикантів.

13. Варнавская И. В. Анализ методов снижения экологически опасного воздействия на окружающую природную среду некондиционных химических средств защиты растений / Сталинский Д. В., Касимов А. М., Яцков Н. В., Варнавская И. В. // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. Рівне, 2011. – Вип. 2 (54). – С. 254 – 261.

Здобувачем виконано аналіз відомих методів подолання негативного впливу на НПС некондиційних ХЗЗР, визначено їх негативні та позитивні аспекти.

14. Исследования по оптимизации параметров реагентной очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов от органических загрязнителей / Д. В. Сталинский, А. М. Касимов, Н. В. Яцков, И. В. Варнавская // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. Рівне, 2012. – Вип. 2 (58). – С. 25 – 34.

Здобувачем запропоновано математичну модель для визначення дози реагенту ($FeSO_4$) та значення рН, які забезпечують мінімізацію показників ХСК та БСК.

15. Варнавская И. В. Проблемы Украины при обращении с непригодными пестицидами и агрохимикатами / И. В. Варнавская // Вісн. НУВГП: зб. наук. пр. – 2007. – Вип. 4(40). – Ч. 1. – С. 32 – 37.

16. Варнавська І. В. Заборонені та непридатні до використання пестициди і агрохімікати: стан та проблеми / І. В. Варнавська // Вісн. НУВГП: зб. наук. пр. – 2007. – Вип. 3 (39). – С. 34 – 40.

17. Варнавская И. В. К вопросу о системах обращения с непригодными и запрещенными к применению средствами защиты растений / И. В. Варнавская // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. праць. – Х.: УкрНДІЕП, 2008. – С. 260 – 265.

18. Варнавська І. В. Нова технологія очищення стічних вод полігонів твердих побутових відходів / І. В. Варнавська // Вісн. НУВГП: зб. наук. пр. – Рівне, 2008. – Вип. 2 (42). – С. 11 – 16.

19. Варнавская И. В. К вопросу об очистке сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / Д. В. Сталинский, С. И. Эпштейн, И. В. Варнавская [та ін.] // Наук. вісн. будівництва: зб. наук, пр. – Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – Вип. 52. – С. 120 – 129.

Здобувачем виконано розрахунки щодо вмісту у стоках йонів важких металів в залежності від рН; проведено експериментальні дослідження електродеструкції ОЗ в залежності від часу обробки, початкової концентрації та визначено вплив реагентів $NaCl$ та Na_2SO_4 на ефективність процесу.

20. Варнавська І. В. Електролітична деструкція органічних речовин стічних вод полігонів твердих побутових відходів / І. В. Варнавська // Вісн. НУВГП: зб. наук. пр. – Рівне, 2009. – Вип. 3 (47). – Ч. 2. – С. 157 – 162.

21. Варнавська І. В. Можливості застосування лужних реагентів для обробки фільтрату діючого полігону твердих побутових відходів / Яцков М. В., Варнавська І. В. // Вісн. НУВГП: зб. наук. пр. – Рівне, 2009. – Вип. 3 (47). – Ч. 2. – С. 334 – 342.

Здобувачем проведено експериментальні дослідження фільтрату рівненського полігону ТПВ з використанням реагентної обробки.

22. Варнавская И. В. Расчет содержания тяжелых металлов при очистке сточных вод / Сталинский Д. В., Эпштейн С. И., Музыкаина З. С., Диденко Н. М., Варнавская И. В. // Науковий вісник будівництва: зб. наук. пр. – Харків, 2011. – Вип. 61. – С. 235 – 241.

Здобувачем запропоновано спрощений спосіб розрахунку повних концентрацій важких металів з урахуванням констант стійкості комплексів або недисоційованих молекул при різних значеннях рН та йонних сил розчину.

23. Варнавская И. В. Разработка теоретических основ и технологического решения процесса термического уничтожения непригодных к использованию химических средств защиты растений и фильтрата полигонов твердых бытовых отходов/ И. В. Варнавская // Вісн. НУВГП: зб. наук. пр. – 2013. – Вип. 4(64). – Технічні науки – С. 487 – 494.

24. Минимально допустимое содержание тяжелых металлов при очистке сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / Д. В. Сталинский, И. В. Варнавская, С. И. Эпштейн, З. С. Музыкаина, В. С. Христенко // Водоочистка. – 2010. – № 11. – С. 25 – 33.

Здобувачем виведено зручні розрахункові формули для визначення залишкового вмісту важких металів, які містяться в стічних водах, складено довідкові таблиці.

25. Варнавская И. В. Комплексный подход к решению проблемы очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / Сталинский Д. В., Эпштейн С. И., Музыкаина З. С., Варнавская И. В., // Водоочистка. – 2012. – № 4. – С. 7 – 14.

Здобувачем запропоновано на стадії попередньої очистки стічних вод полігонів ТБО послідовне застосування реагентної та електролітичної обробки з використанням натрій сульфату.

26. Пат. 30485 Україна, МПК⁸ F23G7/00, A62D3/00. Спосіб спалювання стійких органічних забруднювачів / Д. В. Сталінський, О. М. Касімов, М. В. Яцков, І. В. Варнавська; заявники та володільці патенту ДП «УкрНТЦ «Енергосталь», НУВГП. № у 2007 12847 ; заявл. 20.11.07 ; опубл. 25.02.08, Бюл. № 4. – 5 с.

Здобувачем запропоновано включити в технологічний модуль систему підігріву транспортуючого агента з температурою до 400 °С.

27. Пат. 30484 Україна, МПК⁸ C02F9/00. Спосіб очищення стічних вод полігонів твердих побутових відходів / Д.В. Сталінський, М.В. Яцков, І.В. Варнавська, С.Й. Епштейн, З.С. Музикіна; заявники та володільці патенту ДП «УкрНТЦ «Енергосталь», НУВГП. – № у 2007 12845; заявл. 20.11.07; опубл. 25.02.08, Бюл. №4. – 6 с.

Здобувачем запропоновано з метою скорочення витрат сорбенту додавання в стічну воду, що подається на біологічне очищення, необхідної кількості біогенних добавок.

28. Пат. 87537 Україна, МПК⁸ C02F1/20. Установка для очищення стічних вод полігонів твердих побутових відходів / Д.В.Сталінський, С.Й. Епштейн,

3.С. Музикіна, І.В. Варнавіська; заявники та володільці патенту ДП «УкрДНТЦ «Енергосталь», НУВГП. – № а 2007 05959; заявл. 29.05.07; опубл. 27.07.09, Бюл. № 14. – 5 с.

Здобувачем запропоновано комплексне використання електролітичного та біологічного очищення фільтрату.

29. Пат. 45105 Україна, МПК⁸ C02F1/46. Спосіб електролітичного очищення стічних вод від органічних речовин / Д.В. Сталінський, І.В. Варнавіська, С.Й. Епштейн, 3.С. Музикіна, М.В. Яцков; заявник та володілець патенту ДП «УкрДНТЦ «Енергосталь». – № и 2009 05275; заявл. 27.05.09; опубл. 26.10.09, Бюл. № 20. – 6 с.

Здобувачем запропоновано застосування в якості електроліту натрій сульфату на заміну натрій хлориду.

30. Пат. 87586 Україна, МПК⁸ P23G7/00, A62D3/00. Спосіб спалювання стійких органічних забруднювачів / Д. В. Сталінський, О. М. Касімов, М. В. Яцков, І. В. Варнавіська; заявники та володільці патенту ДП «УкрДНТЦ «Енергосталь», НУВГП. № а 2007 12846; заявл. 20.11.07; опубл. 27.07.09, Бюл. № 14. – 5 с.

Здобувачем запропоновано основні науково-технічні рішення, які забезпечують гарантоване руйнування токсичних органічних сполук при температурі вище 1100 °С.

31. Пат. 86894 Україна, МПК⁸ C02F9/00. Спосіб очищення стічних вод полігонів твердих побутових відходів / Сталінський Д. В., Яцков М. В., Варнавіська І. В., Епштейн С. Й., Музикіна З. С., заявники та володільці патенту ДП «УкрДНТЦ «Енергосталь», НУВГП. № а 2007 12844; заявл. 20.11.07; опубл. 25.05.09, Бюл. № 10. – 6 с.

Здобувачем запропоновано циклічну подачу СВП в акумулювальні резервуари.

32. Пат. 94629 Україна, МПК⁸ C02F1/46. Спосіб електролітичного очищення стічних вод від органічних речовин / Д. В. Сталінський, І. В. Варнавіська, С. Й. Епштейн, З. С. Музикіна, М. В. Яцков; заявник та володілець патенту ДП «УкрДНТЦ «Енергосталь». – № и 2009 05274; заявл. 27.05.09; опубл. 25.05.11, Бюл. № 10. – 6 с.

Здобувачем проведено експерименти з ефективності електролітичного очищення стічних вод від ОЗ, доведено, що утворення у воді Na₂SO₄ дозволяє значно підвищити ефективність при запобіганні утворення токсичних хлорорганічних сполук.

33. Пат. 2361823 Російська Федерація, МПК⁸ C02F9/14. Установа для очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / Сталинский Д.В., Эпштейн С.И., Музыкина З.С., Варнавиская И.В. (Україна); заявники та володільці патенту ДП «УкрДНТЦ «Енергосталь», НУВГП. – № 2008121134; заявл. 26.05.08; опубл. 20.07.09, Бюл. № 20. – 8 с. : іл.

Здобувачем запропоновано комплексне використання електролітичного та біологічного очищення фільтрату.

34. Пат. 2399837 Російська Федерація, МПК⁸ F23G7/00. Спосіб сжигання стойких органических загрязнителей / Сталинский Д.В., Касимов А.М., Яц-

ков Н.В., Варнавская И.В. (Україна) ; заявники та володільці патенту ДП «УкрНТЦ «Енергосталь», НУВГП. – № 2008142222 ; заявл. 23.10.08 ; опубл. 20.09.10, Бюл. № 26. – 10 с. : іл.

Здобувачем запропоновано основні науково-технічні рішення, які забезпечують гарантоване руйнування токсичних органічних сполук при температурі вище 1100 °С.

35. Пат. 2381184 Російська Федерація, МПК⁸ C02F9/14. Способ очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / Сталинский Д.В., Яцков Н.В., Варнавская И.В., Эпштейн С.И., Музыкаина З.С. (Україна) ; заявники та володільці патенту ДП «УкрНТЦ «Енергосталь», НУВГП. – № 2008121134 ; заявл. 23.10.08 ; опубл. 10.02.10, Бюл. № 4. – 12 с. : іл.

Здобувачем запропоновано циклічну подачу СВП в акумулювальні резервуари.

36. Варнавська І. В. Сучасні проблеми поводження з непридатними пестицидами і агрохімікатами / Д. В. Сталинський, О. М. Касимов, І. В. Варнавська // Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов : сб. науч. ст. XV Междунар. науч.-практ. конф. – Х.: ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», 2007. – С. 259 – 262.

Здобувачем запропоновано ефективний високотемпературний метод знищення ХЗЗР.

37. Варнавская И. В. Современные проблемы Украины при обращении с непригодными и запрещенными к применению средствами защиты растений / А. М. Касимов, И. В. Варнавская // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. ст. III Міжнар. наук.-практ. конф. - Х.: УкрНДІЕП, 2007. – Т. II. – С. 40 – 44.

Здобувачем проаналізовано проблеми України в сфері поводження з непридатними до використання ХЗЗР; виявлено необхідність розробки нових технологій для їх ефективного знищення.

38. Варнавская И. В. Участие Украины в международном сотрудничестве по СОЗ / А. М. Касимов, Д. В. Сталинский, И. В. Варнавская // Рециклинг, переработка отходов и чистые технологии: сб. матер. III Междунар. науч.-практ. конф. – М.: ГНЦР ФГУП «Институт Гинцветмет», 2007. – С. 55 – 57.

Здобувачем висвітлено проблеми України щодо поводження з непридатними агрохімікатами та запропоновано шляхи їх вирішення.

39. Варнавская И. В. Проблема стойких органических загрязнителей (СОЗ) в условиях Украины / А. М. Касимов, И. В. Варнавская // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук, ст. IV Міжнар. наук.-практ. конф. –Х.: УкрНДІЕП, 2008. – Т. II. – С. 22 – 26.

Здобувачем узагальнено внесок СОЗ від різних галузей України у навколишнє природне середовище; запропоновано технологію знищення непридатних до використання ХЗЗР.

40. Комплексный подход к очистке сточных вод полигонов твердых бытовых отходов: технология и оборудование / Д. В. Сталинский, С. И. Эпштейн, З. С. Музыкаина, Н. В. Яцков, И. В. Варнавская // Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов: сб. науч. ст. XVI

Международ. науч.-практ. конф., 2 – 6 июня 2008 г., г. Щелкино, АР Крым / ДП «УкрНТЦ «Энергосталь». – Х.: Сага, 2008. – Т. 2. – С. 35 – 40.

Здобувачем запропоновано технологічну схему очищення СВП, яка включає попереднє очищення, біологічне очищення та доочищення.

41. Варнавская И. В. Установка для очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / И. В. Варнавская // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. ст. IV Міжнар. науч.-практ. конф., м. Алушта, АР Крим / УкрНДІЕП. – Х.: Райдер, 2008. – Т. 1. – С. 289 – 292.

42. Варнавская И. В. Установка для очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / И. В. Варнавская // Хімія та сучасні технології: зб. тез. IV Міжнар. науч.-техн. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених. – м. Дніпропетровськ: УДХТУ, 2009. – С. 60.

43. Варнавская И.В. Новые технологии очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / И.В. Варнавская // КАЗАНТИП-ЭКО-2009. Экология, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей среды и здоровье человека, утилизация отходов: сб. науч. ст. XVII Международ. науч.-практ. конф., 1 – 5 июня 2009 г., г. Щелкино, АР Крым/ ГП «УкрНТЦ «Энергосталь». – Х.: Сага, 2009. – Т. 2. – С. 186 – 198.

44. Новая технология обезвреживания некондиционных химических средств защиты растений (ХСЗР) и токсичного фильтрата полигонов ТБО в цементных печах / А. М. Касимов, И. В. Варнавская, В. А. Ботштейн, Н. Г. Щербань // КАЗАНТИП-ЭКО-2009. Экология, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей среды и здоровье человека, утилизация отходов: сб. науч. ст. XVII Международ. науч.-практ. конф., 1–5 июня 2009 г., г. Щелкино, АР Крым / ГП «УкрНТЦ «Энергосталь». – Х.: Сага, 2009. – Т. 2. – С. 430 – 435.

Здобувачем запропоновано технологію та схеми знищення ХСЗР.

45. Метод обезвреживания некондиционных химических средств защиты растений и токсичного фильтрата полигонов твердых бытовых отходов в барабанных вращающихся печах / А. М. Касимов, И. В. Варнавская, Н. В. Яцков, Н. Г. Щербань // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. ст. V Міжнар. на-ук.-практ. конф., 7–11 вересня 2009 р., м. Алушта / УкрНДІЕП. – Х.: Райдер, 2009. – Т. 2. – С. 17 – 25.

Здобувачем проведено дослідження процесу знищення ХСЗР та токсичного фільтрату полігонів ТПВ.

46. Варнавская И. В. Технология уничтожения особо опасных отходов / Д. В. Сталинский, А. М. Касимов, И. В. Варнавская // Казантип-ЭКО-2010. Экология, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей среды и здоровье человека, утилизация отходов: сб. тр. XVIII Международной научно-практической конференции, 7– 1 июня 2010 г., г. Щелкино, АР Крым / ГП «УкрНТЦ «Энергосталь». – Х.: НТМТ, 2010. – Т. 2. – С. 371 – 376.

Здобувачем виконано лабораторні дослідження та дослідно-промислові випробування.

47. Варнавская И. В. Экологическая эффективность обезвреживания некондиционных химических средств защиты растений в горелочном устройстве цементной печи / И. В. Варнавская // Екологічна безпека: проблеми і шля-

хи вирішення: зб. наук. ст. VI Міжнар. наук.-практ. конф., 6 – 11 вересня 2010 р., м. Алушта, АР Крим / УкрНДІЕП. – Х.: Райдер, 2010. – Т. 2. – С. 3 – 10.

48. Варнавская И. В. Новая технология уничтожения особо опасных отходов / Д. В. Сталинский, А. М. Касимов, И. В. Варнавская // Казантип-ЭКО-2011. Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения: сб. тр. XIX Междунар. науч.-практ. конф., 6–10 июня 2011 г., г. Щелкино, АР Крым / ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» – Х.: НТМТ, 2011. – Т. 2. – С. 112 – 119.

Здобувачем розроблено математичні моделі процесу високотемпературного знищення некондиційних ХЗЗР.

АНОТАЦІЯ

Варнавська І.В. Нові технології захисту навколишнього природного середовища від впливу фільтрату полігонів твердих побутових відходів та непридатних агрохімікатів. – На правах рукопису

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 26.06.01 – екологічна безпека. – Сумський державний університет Міністерства освіти і науки України, м. Суми, 2014.

У роботі вирішено важливу і актуальну народногосподарську задачу, що полягає у зниженні антропогенного навантаження на НПС шляхом розробки на базі теоретичних і експериментальних досліджень нових технологій і обладнання щодо запобігання екологічно небезпечного впливу на нього місць накопичення ТПВ та некондиційних ХЗЗР.

У результаті виконаного комплексу теоретичних та експериментальних досліджень, з використанням сформованого методологічного принципу, висунутих гіпотез, обґрунтовано і підтверджено, що ефективно очищення стічних вод полігонів ТПВ досягається в результаті багатоступінчастої обробки, що містить побудовані відповідно до запропонованого підходу процеси реагентного, електрохімічного та біохімічного очищення. Набули подальшого розвитку уявлення про кінетику фізико-хімічних процесів, що відбуваються при електролізі розчинів, які містять органічні забруднювачі. Встановлено характер комплексного впливу технологічних факторів на показники процесів очищення. Визначено оптимальні параметри технології. Отримані нові наукові знання про процеси спалювання хлорорганічних сполук, що вдуваються в сопло газового пальника випалювальної печі.

Розроблений і пройшов лабораторне та дослідно-промислове випробування комплекс взаємодоповнюючих технологічних процесів і обладнання, які забезпечують очищення стічних вод полігонів ТПВ, а також термічне знищення стічних вод та некондиційних ХЗЗР.

Сумарний річний економічний ефект від впровадження виконаних розробок, які запатентовані в Україні та Російській Федерації, становить понад 57 млн грн. Розроблені процеси та обладнання прийняті ДП «УкрНТЦ «Енергос-

таль» до впровадження при проектуванні та будівництві об'єктів поводження з небезпечними відходами.

Ключові слова: екологічна безпека, реагентне, електрохімічне, біохімічне очищення стічних вод полігонів ТПВ, непридатні хімічні засоби захисту рослин, термічне знищення.

Варнавская И.В. Новые технологии защиты окружающей природной среды от воздействия фильтрата полигонов твердых бытовых отходов и непригодных агрохимикатов. – На правах рукописи

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 26.06.01 – экологическая безопасность. – Сумский государственный университет Министерства образования и науки Украины, г. Сумы, 2014.

В работе решена важная и актуальная народнохозяйственная задача, заключающаяся в снижении антропогенной нагрузки на ОПС путем разработки на базе теоретических и экспериментальных исследований новых технологий и оборудования по предотвращению экологически опасного воздействия на нее мест накопления ТБО и некондиционных ХСЗР.

В результате выполненного комплекса теоретических и экспериментальных исследований, с использованием сформированного методологического принципа, выдвинутых гипотез, обосновано и подтверждено, что эффективная очистка сточных вод полигонов ТБО достигается в результате многоступенчатой обработки, содержащей выстроенные в соответствии с предложенным подходом процессы реагентной, электрохимической и биохимической очистки. Разработанный рациональный метод предварительной очистки СВП предусматривает их обработку железным купоросом и щелочным реагентом. Установлена целесообразность использования в качестве второй степени предварительной очистки электродеструкции СВП. Исследования кинетики процесса электродеструкции, выполненные с использованием разработанной математической модели, позволили получить представление о физико-химической сущности процесса, выявить важные для практического использования закономерности. Определены оптимальные параметры технологии.

Теоретические и экспериментальные исследования предложенного метода термического уничтожения ХСЗР и СВП в горелке печи обжига цементного клинкера подтвердили выдвинутое теоретическое предположение о полном и необратимом разложении всех токсичных соединений, содержащихся в отходах, позволили определить параметры, необходимые для практической реализации процесса.

Разработан и прошел лабораторное и опытно-промышленное опробование комплекс взаимодополняющих технологических процессов и оборудования, обеспечивающих очистку сточных вод полигонов ТБО, а также термическое уничтожение сточных вод и некондиционных ХСЗР.

Суммарный годовой экономический эффект от внедрения выполненных разработок, которые запатентованы в Украине и Российской Федерации, составляет более 57 млн грн. Разработанные процессы и оборудование приняты

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» к внедрению при проектировании и строительстве объектов обращения с опасными отходами.

Ключевые слова: экологическая безопасность, реагентная, электрохимическая, биохимическая очистка сточных вод полигонов ТБО, непригодные химические средства защиты растений, термическое уничтожение.

Varnavskaya I.V. New technologies for environmental protection from filtrate of solid domestic waste grounds and unfit agrochemicals. – Manuscript

Thesis for academic degree of Ph.D. for specialty 21.06.01 – ecological safety. – Sumy State University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2014.

In work one be solved important and actual national problem to decrease anthropogenic load at environment by creation based on theoretical and experimental investigations the new technologies and equipment for prevention of ecological dangerous impact of disposal places of solid domestic waste (SDW) and subquality plant protection chemicals (PPC).

As a result of theoretical and experimental investigations, using formed method principle, introduced hypothesis, it is proven and confirmed that effective sewage treatment of SDW grounds is reached in result of many-stage treatment that consists of reagent, electrochemical and biochemical processes sequenced according to proposed method. Conceptions about kinetics of physic-chemical processes occurring during electrolysis of solutions comprising organic contaminants obtained further development. Nature of complex impact of process factors to cleaning process rates was indicated. New scientific knowledge about burning process of chlor-organic compounds injected in gas burner nozzle of kiln was obtained.

Complex of complementary technological processes and equipment providing cleaning of sewage of SDW grounds as well as thermal destruction of sewage and subquality PPC was developed and passed laboratory and pilot-industrial test.

Total annual economic effect from implementation of executed developments, patented in Ukraine and Russian Federation, is more than 57 mln UAH. Developed process and equipment were taken by SE “UkrRTC “Energestal” to implement in design and construction of units for hazardous waste processes.

Keywords: ecological safety, reagent, biochemical, electrochemical cleaning of sewage of SDW grounds, plant protection unfit chemicals, thermal destruction