

ГЕОЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

УДК 628.472.37; 628.3/.4; 62-1/-9

Є. В. Колунаєв, здобувач, НТУУ «КПІ»**АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОЧИЩЕННЯ
ФІЛЬТРАТУ****E. V. Kolunaiev, applicant, NTUU «KPI»****ANALYSIS OF TECHNICAL EFFICIENCY FILTRATE CLEANING**

У статті розглянуто питання доцільності застосування технологій очищення стічних вод для очищення фільтрату полігону твердих побутових відходів (ТПВ) ярово-балкового типу. Наведені результати аналізу ефективності традиційних технологій очищення стоків, що пропонуються для очищення фільтрату, та технології очищення власне фільтрату; висвітлені їх переваги і недоліки. Дослідження ефективності очищення фільтрату проводилось в умовах працюючого полігону ТПВ №5 шляхом застосування технологій і обладнання фірми «ROCHEM», що ґрунтується на принципі зворотного осмосу, та обладнання фірми «VOMM Impianti e Processi S.p.A», що використовує термічну технологію. Обладнання для проведення процесу очищення фільтрату розміщено в межах санітарної зони полігону ТПВ.

Ключові слова: *тверді побутові відходи, очищення, стоки, фільтрат, полігон, технології, зворотний осмос, термічні технології.*

В статье рассмотрены вопросы целесообразности применения технологий очистки сточных вод для очистки фильтрата полигона твердых бытовых отходов (ТБО) овражно-балочного типа. Приведенные результаты анализа эффективности традиционных технологий очистки стоков, предлагаемых для очистки фильтрата, и технологии очистки собственно фильтрата; освещены их преимущества и недостатки. Исследование эффективности очистки фильтрата проводилось в условиях работающего полигона ТБО № 5 путем применения технологий и оборудования фирмы «ROCHEM», основанный на принципе обратного осмоса, оборудование фирмы «VOMM Impianti e Processi SpA», использующий термическую технологию. Оборудование для проведения процесса очистки фильтрата размещено в пределах санитарной зоны полигона ТБО.

Ключевые слова: *твердые бытовые отходы, очистки, стоки, фильтрат, полигон, технологии, обратный осмос, термические технологии.*

The article reviews the rationale for the use of wastewater treatment technologies for treating leachate solid waste (MSW) gullies and ravines type. The results of the analysis of the effectiveness of traditional wastewater treatment technologies proposed for treating leachate and leachate treatment technology in fact, highlight their advantages and disadvantages. The efficacy of leachate purification was carried out under the conditions employed landfills number 5 by the use of technology and equipment of «ROCHEM», based on the principle of reverse osmosis equipment company «VOMM Impianti e Processi SpA», which uses thermal technology. Equipment for the cleaning process of the filtrate is within the zone of sanitary landfills.

Keywords: *solid waste, cleaning, waste water, filtrate, range, technology, reverse osmosis, thermal technology.*

Вступ. Проблема, що розглядається, полягає в усуненні, або мінімізації негативного впливу фільтратів ярово-балкових полігонів твердих побутових відходів (ТПВ) на стан підземних вод. Забруднення фільтратом місцевих водних ресурсів призводить до скорочення запасів питних вод на площах прилеглих до полігонів ТПВ, що створює проблему водоспоживання в населених пунктах, які межують з полігонами ТПВ.

У зв'язку з прогресуючим зростанням і відповідним збільшенням обсягів розміщення ТПВ на полігонах [1] збільшуються обсяги утворення фільтрату, внаслідок чого проблема очищення фільтрату набуває особливої актуальності.

До фізико-хімічних методів очищення стоків відносять: флотацію, іонообмін, абсорбцію, екстракцію, ректифікацію, зворотний осмос, ультрафільтрацію, випаровування, дистиляцію, виморожування, концентрування тощо [2, 3].

Найбільш застосовною і рентабельною технологією опріснення вважається технологія зворотного осмосу. Провідною фірмою, що використовує технології зворотного осмосу є «ROCHEM» (Гамбург) [4]. Починаючи з 1982 року «ROCHEM» розробляє і виготовляє устаткування, що працює за принципом мембранної фільтрації. Поряд з виробництвом зворотно-осмотичної техніки, фірма розробляє і виготовляє плоско-паралельні фільтраційні системи (FM) для зворотного осмосу низького тиску, нанофільтрації і ультрафільтрації. Основою для використання зворотно-осмотичної техніки в області очищення стоків, послужив багаторічний досвід роботи стандартних установок для опріснення морської води. Системи очищення стічних вод міських смітників, промислових підприємств, накопичувачів рідких особливо небезпечних стоків можуть працювати як комплексне, або як стадійне очищення; обробку можна проводити тільки фізичними методами (мембранна техніка), або за допомогою швидкісного біореактора «BioFiltr», що складається із власне біореактора і системи ультрафільтрації, або за допомогою комбінації біореактора з установками зворотного осмосу. Вибір способу залежить від постановки завдання та від фізико-хімічного й мікробіологічного аналізу вихідної води. Устаткування зворотного осмосу фірми «Rochem» має модульну структуру і стандартизоване. Конструктивною відмінністю обладнання фірми «Rochem» є модульна диск – трубчаста система. Мембрани на відміну від «накопичувальних» систем (активоване вугілля, іонообмінні смоли тощо) не затримує вилучені домішки, що виключає ймовірність вторинного забруднення; процес очищення відбувається в умовах відсутності фазових переходів при відокремленні домішок, що дозволяє вести процес очищення в умовах нормальних температур без застосування, або з невеликою кількістю додавання хімічних реагентів. До недоліків методу можна віднести виникнення явища концентраційної поляризації, необхідність дотримання вимог до складу стоків та утилізацію концентрату, що утворюється в процесі очищення.

Останнім часом побільшала кількість публікацій присвячених очищенню фільтратів полігонів ТПВ методами адсорбції та іонообміну на основі синтетичних матеріалів, таких як: аквален – активоване вуглецеве волокно на основі віскози; ПГС – продукт полімеризації або поліконденсації мономерів типу стирену, піридину, вінілу, фенолів, амінів, меламінів, епоксидів, – що являє собою полімер з просторовою глобулярною структурою, відмінність якої полягає в лабіринтній будові порового простору; а також природних матеріалів: бентонітових глин, які мають природну високу іонообмінну здатність; композиційних сорбентів на основі суміші попередньо зневожених карбонатів кальцію, магнію, натрію з додаванням хлориду натрію і оксиду магнію. Недоліками цієї групи методів є використання синтетичних матеріалів, які в умовах ярово-балкових полігонів руйнуються, що призводить до вторинного забруднення; стосовно глин, які є неперевершеними сорбентами, ефект поглинання виявляється лише в певних строго визначених умовах.

Ціль та завдання даної публікації полягає у викладенні результатів аналізу доцільності очищення фільтрату працюючого полігону шляхом застосування технологій та обладнання очищення стоків.

Результати досліджень. Технологія очищення фільтрату, що ґрунтується на зміні агрегатного стану застосовується фірмою «VOMM Impianti e Processi S.p.A», яка працює в цьому напрямі з 1969 р. В основі технології лежить власна розробка фірми – «ТЕХНОЛОГІЯ ТУРБО», – яка ґрунтується на швидкому перетворенні сирого матеріалу в потоці гарячого повітря [5]. Фірма «VOMM Impianti e Processi S.p.A» заснована в 1969 р. з метою впровадження прикладних досліджень для промислової переробки продуктів харчування, хімікатів, фармацевтичної продукції, продуктів зоотехнічної галузі. Завдяки своїй активній діяльності, VOMM увійшов у технічний ринок, утворивши власний сектор, що базується на пропозиції нового власного рішення – «ТЕХНОЛОГІЇ ТУРБО». Технологія «ТУРБО» ґрунтується на швидкому перетворенні сирого матеріалу в потоці гарячого повітря. Продукт, що підлягає висушуванню, або сира паста, разом із розігрітим повітрям подається всередину горизонтального циліндричного модуля, де двигун турбо за рахунок відцентрових сил розподіляє і підтримує цей матеріал на стінках модуля. Нагрівання виконується в коаксіальному кожусі навколо циліндричного модуля паром, перегрітою нафтою або будь-якою іншою термічною рідиною. Відмінність такого способу висушування полягає у введенні і конвекції примусово нагрітого повітря із додатковим залученням термічної енергії від попередньо нагрітих стінок циліндричного модуля. Сушарка турбо дає можливість збереження хімічних і фізичних особливостей речовин безвідносно їхньої термочутливості. Особливістю цього обладнання є його вузька спеціалізація, Модельний ряд турбо- версій розроблений фірмою «VOMM Impianti e Processi S.p.A» наведений у таблиці 1.

Таблиця 1. Призначення та використання сушарок «ТУРБО»

Назва версії	Призначення	Застосування (галузі промисловості)
Турбо-агломерація	Гранулювання сухих продуктів.	Харчова, хімічна і фармацевтична
Турбо-низькотемпературна	Термічна обробка органічних продуктів, що потребують висушування при низьких температурах.	Фармацевтична, органічної хімії, харчова.
Турбо-розпилююча	Утворення мікрогранул, одержання ефекту пульверизації	Широкий спектр застосування.
Турбо-високо температурна	Операції окислювання, прожарювання, водного напилювання від кристалів.	Широкий спектр застосування.
Турбо-концентрації	Зневоднення продукту до консистенції пасти без повного висихання до порошку.	Харчова, хімічна і фармацевтична
Турбо-інертна.	Висушування в інертній атмосфері (азот або інші гази).	Виробництво продуктів, що вимагають комплексної обробки і тривалого зберігання.
Турбо-еколог	Ультра швидке висушування матеріалів типу рідин, сконцентрованих рідин, сирих твердих часток і відстоїв.	Висушування органічних побічних продуктів індустріального виробництва.
Концентратор – турбо	Концентрація і висушування зливних вод. Обробка в концентраторі турбо-виконується за методикою напилювання внаслідок чого рідина зневожується, утворюючи концентрат з будь-яким бажаним вмістом сухої речовини (30 %, 50 %, і т.і.). У комбінації із процесом концентрації можливо доводити зневоження до стану сухого залишку (вологоміст менше ніж 1 %) у формі порошку або гранул.	Міське господарство

Продуктами переробки фільтрату на обладнанні «VOMM Impiant e Processi S.p.A» є конденсат і тверда фаза. За своїм призначенням установка «VOMM Impiant e Processi S.p.A» вирішує задачі зневоднення. З огляду модельного ряду установок «VOMM Impiant e Processi S.p.A.» до недоліків цієї технології відносять високу вартість обладнання, енергоємність, здатність до вторинного забруднення водних ресурсів, забруднення атмосферного повітря та земної поверхні через відсутність способу знешкодження продуктів переробки фільтрату.

Ефективність очищення фільтрату шляхом застосування технологій і обладнання фірми «ROCHEM», яка працює за методом зворотного осмосу, та обладнання фірми «VOMM Impianti e Processi S.p.A», що використовує

термічну технологію, досліджувалась в умовах працюючого ярово-балкового полігону ТПВ №5 ВАТ «Київспецтранс».

Продуктивність установки зворотного осмосу фірми «Rochem» для очищення фільтрату на полігоні ТПВ №5 по чистій воді становить 73 тис. м³/рік. Цей об'єм зворотних вод приймається для розрахунку ГДС. В лютому 1999 р. на полігоні ТПВ №5 почала працювати очищувальна установка «Rochem» продуктивністю 200 м³ фільтрату на добу, з яких 15 % складає концентрат, що підлягає знешкодженню. Очищений фільтрат (перміат) відповідає нормам для скиду у відкрите водоймище. За даними експертизи ВАТ «Київспецтранс», експлуатація очисної установки показала, що її проектна продуктивність за період від впровадження до 2005 р. використовувалась у середньому на 39,4 % (Рис.1).

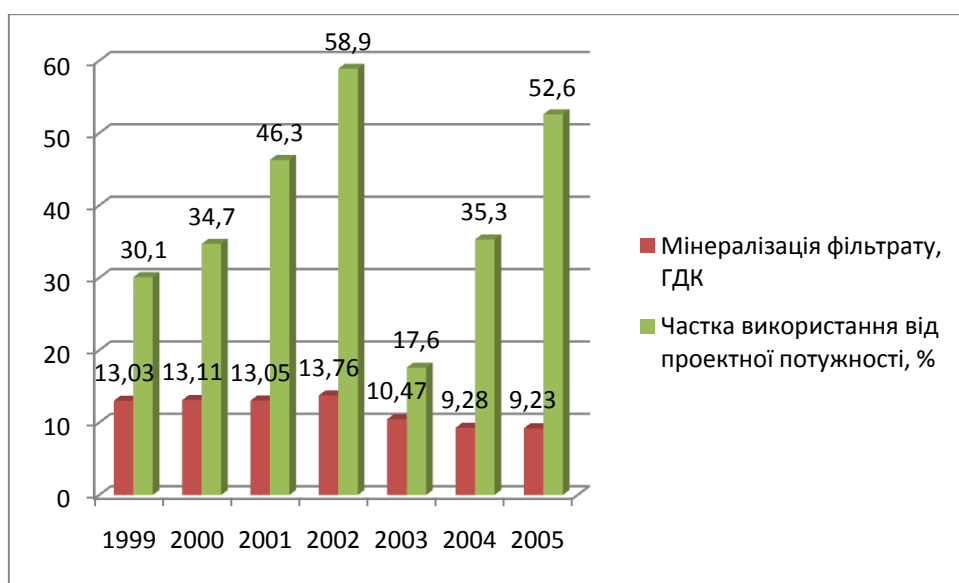


Рис. 1. Показники роботи установки «Rochem»

Неефективність роботи установки пояснюється непристосованістю фільтрів грубого очищення для рідини з великим вмістом органічних речовин, що призводить до необхідності частішої заміни фільтрів і підвищених витрат промивних розчинів мембран, що відбивається як на вартості очищення, так і на продуктивності установки. Керування установкою відбувається в автоматичному режимі. При підвищенні вмісту залишкових солей, фільтрат автоматично скидається у внутрішній контур вихідної води. Якість роботи установки залежить від мінералізації фільтрату. Тривале перевищення вмісту солей у фільтраті призводить до автоматичного відключення установки.

Невирішеним залишається питання поводження з концентратом, який утворюється в процесі очищення фільтрату при його розподілі на два потоки за методом тангенціального фільтрування, а також з відпрацьованими технічними розчинами для промивки мембран, які містять сильні кислоти. Обладнання вакуумного випару для подальшої утилізації утворених рідких відходів шляхом концентрування до твердого стану на полігоні ТПВ №5 відсутнє. Ставки, в які

зливають концентрат і відпрацьовані технічні розчини, не придатні в умовах України виконувати функції випарників. Починаючи з 2006 р. установка не працювала. Поновлення роботи установки в модифікації «PALL ROCHEM» відбулось у березні 2009 р. При поновленні роботи установки питання утилізації концентрату також не було вирішене.

Установка термічної обробки фільтрату фірми «VOMM Impianti e Processi S.p.A», що знаходиться на полігоні ТПВ №5, належить до версії «Концентратор - турбо» і складається з двох ліній концентрування та одної лінії висушування. Робота установки з обробки фільтрату складається з концентрування фільтрату; розподілу газоподібної і твердої фаз; інертизації концентрованого фільтрату; аерації; конденсації рідини, що випаровується; виробництва теплової енергії; охолодження води. Продуктами переробки фільтрату на обладнанні «VOMM Impiant e Processi S.p.A» є конденсат і тверда фаза. Планована продуктивність установки складає 400 м³ фільтрату на добу. Загальна кількість фільтрату, що обробляється, становить 16,67 м³/год. Кількість рідини, що утворюється в процесі обробки фільтрату (конденсат) складає 392 м³/добу. Питання утилізації рідини, що залишається після переробки фільтрату, проектом впровадження установки фірми «VOMM Impianti e Processi S.p.A» не вирішується. Сухий залишок, що утворюється після переробки фільтрату складає 27,2 т/добу, або 16,032 м³/добу, що становить 5290,56 м³/рік. Сухий продукт пакується в мішки об'ємом 1 м³ і зберігається на території полігону в ангарі із легких конструкцій. В умовах контакту з водою, в тому числі з атмосферною вологою, відбувається зворотній процес, гідратація, що може мати неконтрольований характер і призвести до утворення пасти або розчину будь-якої концентрації і, відповідно, агресивності, що створює потенційну загрозу вторинного забруднення. Результати проведених досліджень зразків сухого залишку і рідкої фази, що були отримані в процесі пробних пусків установки фірми «VOMM Impiant e Processi S.p.A», свідчать про наявність в цих продуктах органічних речовин (від 20% до 45%) і важких металів, вміст яких перевищує нормативні вимоги. Отриманий конденсат має лужну реакцію і наднормативний вміст сполук нітрогену. Під час обстежень роботи установки «VOMM Impiant e Processi S.p.A» в умовах полігону спостерігались викиди у вигляді густого газу жовтого кольору, що мав подразнюючу дію. Продукти, що утворюються внаслідок утилізації фільтрату термічним способом, непридатні до використання за планованим призначенням (сільське господарство на добрива) через високу токсичність та нестабільний склад.

Після чисельних спроб проведення пуско-налагоджувальних робіт, що виконувалися представниками фірми «VOMM Impiant e Processi S.p.A» і тривали більше року, установка термічної обробки фільтрату фірми «VOMM Impiant e Processi S.p.A», що знаходиться на полігоні ТПВ №5, не вийшла на режим експлуатації.

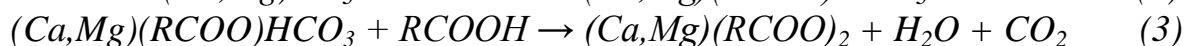
За даними періодичних обстежень обладнання з очищення фільтрату на полігоні ТПВ №5 ВАТ «Київспецтранс» не працює, що свідчить про недоцільність застосування технічних способів для очищення фільтрату on the site.

Причина неефективної роботи обладнання фірми «ROCHEM» та неспроможність доведення обладнання фірми «VOMM Impianti e Processi S.p.A» до роботи в режимі експлуатації в умовах ярово-балкового полігону ТПВ №5 ВАТ «Київспецтранс» полягає в неузгодженні між вимогами технологічного процесу до очищеної речовини й фактичного складу фільтрату.

Фільтрат ярово-балкового полігону характеризується мінливістю складу в залежності від ряду факторів: морфології ТПВ, часу існування полігону, природних умов, навантаження на полігон. Внаслідок відсутності протифільтраційних екранів і систем збирання та відведення фільтрату, склад фільтрату формується в процесах взаємодії органічних кислот, що утворюються в тілі полігону при перевтіленні ТПВ, з мінеральними компонентами порід, які складають природне середовище розміщення полігону, за схемою:



Будучи сильними комплексонами, органічні кислоти вилуговують з мінералів зовнішньосферні катіони (Na^+ , K^+ , Li^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} тощо) й аніони (F^- , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} тощо) за наступною схемою з використанням $RCOOH$ для позначення будь-яких карбонових кислот, наприклад:



Ефективність органічних кислот-комплексонів значно вища порівняно з неорганічними кислотами стосовно вилугування зовнішньосферних катіонів і аніонів з мінеральних компонентів гірських порід, що призводить до збільшення солевмісту фільтрату [6]. Постійне зміння вмісту макро- і мікрокомпонентів у фільтраті зумовлює неможливість визначення технологічного режиму обробки і складу кінцевого продукту. В умовах працюючого полігону через його постійне поповнення водночас відбуваються декілька процесів, що суттєво впливає на склад і властивості фільтрату.

Висновки

Доведено, що фільтрат ярово-балкового полігону є продуктом взаємодії сполук, що утворюються в процесах перевтілення ТПВ, і мінеральних компонентів гірських порід, якими складена ділянка розміщення полігону.

Аналіз технологій, що пропонуються для очищення фільтрату в умовах полігону, показав, що ці технології можна умовно поділити на дві групи: технології, що ґрунтуються на фізико-хімічних методах, і технології комплексного очищення, що практично відтворюють схему очищення комунальних стоків. Технології комплексного очищення характеризуються високою витратністю через: необхідність вилучення значних за площею земельних ділянок для розміщення очисних споруд; капітальні вкладення та експлуатаційні витрати – вартість реагентів, енергоносіїв, утримання персоналу тощо; впровадження технологій комплексного очищення через застосування реагентів і утворення та накопичення відходів очищення може призвести до вторинного забруднення, що створює негативний вплив на НПС більший в порівнянні з впливом неочищеного фільтрату.

Виявлено, що концентратор – турбо, який знаходиться на полігоні ТПВ №5, так само як інші сушарки модельного ряду турбо, має вузьку спеціалізацію, що передбачає обробку речовин подібних за термічними властивостями. Фільтрат ярово-балкового полігону містить надзвичайно широкий спектр речовин з різними термічними характеристиками, що призводить до переривання процесу.

Встановлено, що низька продуктивність очищення фільтрату в умовах полігону із застосуванням установки зворотного осмосу пояснюється її основним призначенням, що полягає в опрісненні рідини. На перших етапах роботи полігону очищення фільтрату із застосуванням принципу зворотного осмосу є недоцільним через високий вміст органіки в фільтраті; з часом продуктивність очищення фільтрату цим способом буде зростати.

Список використаних джерел

1. Pietuhov I. S. Perspektivi rozvitky sanitarnogo ochishhennja mist Ukraini // Vseukrains'kij masovij informacijnij virobnichij i naukovo-populjarnij zhurnal «Mis'ke gospodarstvo Ukraini». – 2008. - № 2 – s. 26-30.
2. Zapol's'kij A. K., Mishkova-Klymenko N. A., Astrelin I. M., Brik M.T., Gvozdjak P. I., Knjaz'kova T. V. Fiziko-himichni osnovy tehnologii ochishhennja stichnih vod: Pidruchnyk. / A. K. Zapol's'kij, N. A. Mishkova-Klymenko, I. M. Astrelin, M. T. Brik, P. I. Gvozdjak, T. V. Knjaz'kova. – K.: Libra, 2000. – 552 s.
3. Torocheshnikov N. S., Rodionov A. I., Kel'cev N. V., Klushin V. N. Tehnika zashhity okruzhajushhej sredy: Uchebnoe posobie dlja vuzov./ N. S. Torocheshnikov, A. I. Rodionov, N. V. Kel'cev, V. N. Klushin. – M.: Himija, 1981. – 368 s.
4. Firma «Rochem»: [Elektron. resurs]. – Rezhim dostupu: <https://rochemintl.com/>
5. Tehnologija ochishhennja fil'tratu firmi «VOMM Impiant e Processi S.p.A»: [Elektron. resurs]. – Rezhim dostupu: http://www.vomm.it/index_rus.html.

6. Leaching of Fluoride from Biotite Mica in Soil: Implications for Fluoride in Shallow Groundwater K. U. K. S. Kularatne and H. M. T. G. A. Pitawala Department of Geology, Faculty of Science, University of Peradeniya, 20400 Peradeniya, Sri Lanka.

Стаття надійшла до редакції 11.12.2013 р.

УДК 628.5.05

Т. Б. Кудрявська, асп. (НТУУ «КПІ»)

**ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКА
АБОРТИВНОСТІ БІОІНДИКАТОРА ДЛЯ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННОГО
НАВАНТАЖЕННЯ**

T. B. Kudriavska, postgraduate student (NTUU «KPI»)

**SUBSTANTIATION OF USE OF THE INDEX OF AN ABORTIVE OF
BIOINDICATORS FOR THE EVALUATION OF TECHNOGENIC
PRESSURE**

Наведені результати експериментальних досліджень рівня абортивності біоіндикатора на ділянках з різним техногенним навантаженням. Встановлено залежність між рівнем стерильності пилку рослини-індикатора та значеннями концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

Ключові слова: біоіндикація, абортивність пилку, поллютант, модельна ділянка

Приведены результаты экспериментальных исследований уровня абортивности биоиндикаторов на участках с различной техногенной нагрузкой. Установлена зависимость между уровнем стерильности пыльцы растения-индикатора и значениями концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Ключевые слова: биоиндикация, абортивность пыльцы, поллютант, модельный участок.

The experimental results of the level of abortive bioindicators in areas with different technogenic load are presented. The dependence between the level of pollen sterility plant indicator values and concentrations of pollutants in ambient air is established.

Keywords: bioindication, abortive pollen, pollutant, model site.

Вступ. Відповідно до Закону України «Про охорону праці» робітник у процесі своєї трудової діяльності має право на належні, безпечні і здорові умови [1]. Це стосується і якості повітряного середовища, тому згідно ст. 29 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» передбачається виробничий контроль, який здійснюється підприємствами, установами, організаціями, іншими органами в процесі їх господарської та іншої діяльності,