

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України
Департамент екології та природних ресурсів Полтавської ОДА
University of Natural Resources and Life Sciences Vienna (BOKU), Austria
Bialystok University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Environmental
Sciences, Department of HVAC Engineering
Institute of Mathematical Sciences, Faculty of Science,
University of Malaya, Kuala-Lumpur, Malaysia
Jamia Millia Islamia, New Delhi, India
Laval University, Quebec, Canada
Sindh Madressatul Islam University, Karachi, Pakistan
Deutsche Gesellschaft Für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Gemeinde Filderstadt, Deutschland
University of Stuttgart, Stuttgart, Deutschland
Муниципалітет м. Фільдерштадт, Німеччина
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний технічний університет України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
«Київський політехнічний університет імені І. Сікорського»
Одеський державний екологічний університет
Сумський національний аграрний університет
Сумський державний університет
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Вінницький національний технічний університет
Запорізький національний університет
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Національний технічний університет «Харківський політехнічний університет»
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
ТОВ «НЬЮФОЛК НТЦ»
СП «Полтавська газонафтова компанія»

IV Міжнародна науково-практична конференція «Екологія. Довкілля. Енергозбереження»



Полтава, НУП, 7-8 грудня 2023 року

¹*Голік Ю. С., к. т. н., доцент, професор університету,*

²*Погорелов А. С., учень 10-М класу, член МАН*

¹*Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна,*

²*Ліцей №6 «Лідер» Полтавської міської ради, м. Полтава, Україна*

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДРІБНИХ ПИЛОВИХ ЧАСТИНОК У ПОВІТРІ ПРИМІЩЕННЯ ТА АТМОСФЕРІ

Цей матеріал є продовженням комплексного дослідження забруднення параметрів внутрішнього повітря в закладах освіти, де навчаються діти. Проведення даного дослідження націлено на вивчення питання утворення дрібних пилових частинок у атмосферному повітрі, приміщенні житлової кімнати, навчального класу. Цікавість дослідження обумовлена тим, що з'явилися прилади, які дозволяють експериментально вимірювати дуже дрібні пилові частинки розміром від 0,3 до 10 мкм й вивчення яких тільки починається науковцями, оскільки навіть у нормативній літературі фактично відсутні дані стосовно цих частинок.

До того ж, слід враховувати й те, що Україна крокує до Європейської Спільноти, де від неї вимагають врахування Європейських норм, тому вона повинна наближати своє санітарно-гігієнічне й будівельне законодавства до Європейського. А з прийняттям Україною Європейських стандартів (ДСТУ Б EN 15251:2011 та ДСТУ EN 13779:2013), виникає потреба враховувати й концентрації пилових частинок і не тільки.

У попередній публікації авторів [1], вже відзначалося, що дрібно дисперсні частинки PM_{2.5} та PM₁₀ – це повітряний забруднювач, до складу якого входять як тверді мікрочастинки, так й замалі крапельки рідини. Вони мають розмір приблизно від 10 нм до 2.5 мкм. І в різних джерелах ці частинки також мають інші назви: FSP (fine suspended particles), fine particles, дрібнодисперсний пил тощо. Слід відзначити, що дрібні частинки PM_{2.5} досить легко проникають крізь біологічні бар'єри (носову порожнину, верхні дихальні шляхи, бронхи) та при обміні можуть попадати у кров, а це приводить до захворювань серцево-судинної системи. За матеріалами ВООЗ, частинки PM_{2.5} скорочують очікувану тривалість життя, з цим пов'язано 3% смертей від захворювання серцево-судинної та дихальної систем та 5% смертей від рака легенів. Тому, зменшення концентрації частинок PM_{2.5} та PM₁₀ у повітрі є важливим завданням для забезпечення якості життя людей і збереження довкілля. Що вимагає впровадження ефективних заходів для зменшення забруднення повітря,

таких як контроль викидів, використання більш чистих енергетичних джерел і підтримка сталих способів життя.

Фактично всі частинки та крапельки розміром менше 2.5 мкм знаходяться у зваженому стані. Вони знаходяться навкруги – в лісі, на морі, але у містах складають найбільшу небезпеку. Це обумовлено тим, що у містах їх значно більше, а в додаток їх хімічний склад значно небезпечніший ніж на природі. В різних містах склад аерозолі з частинами PM2.5 значно відрізняється один від другого. Діаметр частинок PM2.5 фактично у 30 разів менший від діаметру людського волосся. На рис 1 зображено порівняння розміру цих частинок.

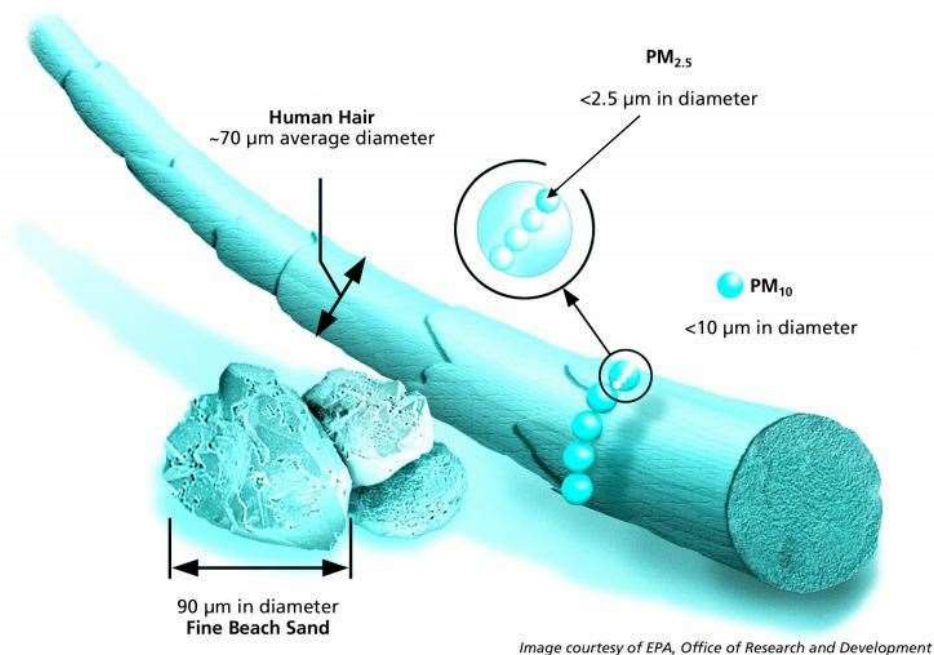


Рисунок 1 – Порівняння розміру дрібних частинок (людське волосся, дрібна частинка, частинка PM2.5 та PM10) [2].

Із нашої точки зору важливість цих досліджень обумовлена й тим, що ці пилові аерозольні частинки мають розмір, який відповідає розміру різних вірусних інфекцій. А головне, чи є можливість боротися з цими пиловими (вірусними) частинками у період виникнення вірусних інфекційних захворювань у школі, навіть, при виникненні самої небезпечної вірусної інфекції останніх двох років коронавірусу, чи можливо було знайти заходи щодо зменшення цього захворювання.

У вересні – грудні 2023 року нами були проведені експериментальні дослідження концентрацій пилових частинок у атмосферному повітрі, повітрі квартири та приміщенні шкільного класу. Одночасно здійснювалися виміри температур та відносної вологості проводилися виміри концентрацій діоксиду вуглецю. Для проведення експериментальних досліджень використовувався детектор якості повітря,

який включає в себе функцію вимірювання частинок розміром PM_{2,5} та PM₁₀ – лічильник пилових частинок NT-9600.

Треба відзначити, що на сьогоднішній день вже з'явилося спеціальне обладнання для очищення такого повітря від дрібних частинок у вигляді повітряних фільтрів. У відповідності до нормативних документів, це обладнання розподіляється на 4 групи (класи) : фільтри грубого очищення, фільтри тонкого очищення, фільтри високого очищення HEPA та фільтри над високого очищення ULPA. Сучасні повітряні фільтри вже з'явилися на полицях промислових магазинів як таке обладнання до якого ми вже давно звикли: кімнатних вентиляторів, пілососів, кондиціонерів, зволожувачів повітря – обладнання кліматичної техніки. На ринку вже налічується достатньо типів цього обладнання різних фірм, які виробляють пилогазоочисне обладнання або кліматичне обладнання. На сайті Інтернету можливо знайти інформацію стосовно ефективності даного обладнання різних виробників. При очищенні повітря передбачається, що воно послідовно проходить через систему фільтрів від грубого очищення до надвисокого очищення від пилових частинок. А ефективність очищення після фільтрів ULPA складає навіть до 99,999995%. Але навіть у паспорті звичайного пілососу вказано, що для очищення повітря використовуються фільтри HEPA або ULPA. Вартість цього обладнання складає від декількох тисяч до десятків тисяч гривень.

Для проведення експериментальних досліджень нами було придбано повітряний фільтр пиловловлювач відомої фірми TOSHIBA CAF-X33XPL середньої вартості, в якому для очищення передбачена триступенева система очищення, три різні шари фільтрації; пре-фільтр, HEPA фільтр та активований вугільний фільтр для забезпечення високої ефективності очищення до останнього мікрона. Конструкцією фільтра передбачена іонізація повітря з утворенням негативних іонів, прибирання запахів, пилу, частинок диму з генерацією чистого повітря. За паспортними даними фільтру, це робить повітря придатним для людей з дихальними захворюваннями або алергією, зменшуючи кількість алергенів у повітрі приміщення. За годину фільтр очищає до 500 м³/год., що забезпечує 1 кратний повітрообмін у приміщенні класу й є фактично в межах мінімально необхідного повітрообміну для класу на 25 учнів. До речі Очищувач повітря забезпечує максимальну ефективність із мінімальними затратами енергії до 45Вт й забезпечує низький рівень шуму обладнання.

При проведенні експериментальних досліджень проводилося вимірювання концентрацій пилових частинок розміром PM_{0.3}, PM_{2.5} та PM₁₀ в атмосферному повітрі, повітрі приміщення та повітря після проходження через 3-х ступеневу систему очищення повітряного фільтру. Дослідження проводилися зранку о 7 годині, вдень – о 13 годині та ввечері – о 19 години. При проведенні результатів експерименту враховувалося відкриття кватирок чи їх закриття, погодні умови, наявність проведення у

приміщенні вологого прибирання. На рис.2 наведена частка результатів експериментальних досліджень, наприклад, для частинок пилу розміром 2.5PM, що проведені зранку. Із рисунка видно, що концентрація пилових частинок на вулиці змінюється в досить широкому діапазоні від 380 ррм до 4500 ррм. Вона суттєво залежить від якості погодних умов й перевищує, у своїй більшості, концентрацію у внутрішньому повітрі, значення якої змінюється теж в широкому діапазоні й залежить від погодних умов (повітря сухе чи зволожене, чи був у ночі дощ, чи вітряна погода, чи працювала у приміщенні вентиляція, чи проводилася у приміщенні прибирання сухе або вологе)? Діапазон концентрацій теж знаходиться в межах 660-4500 ррм за виключенням 2-х пікових випадків, коли в квартирі було сухе прибирання.

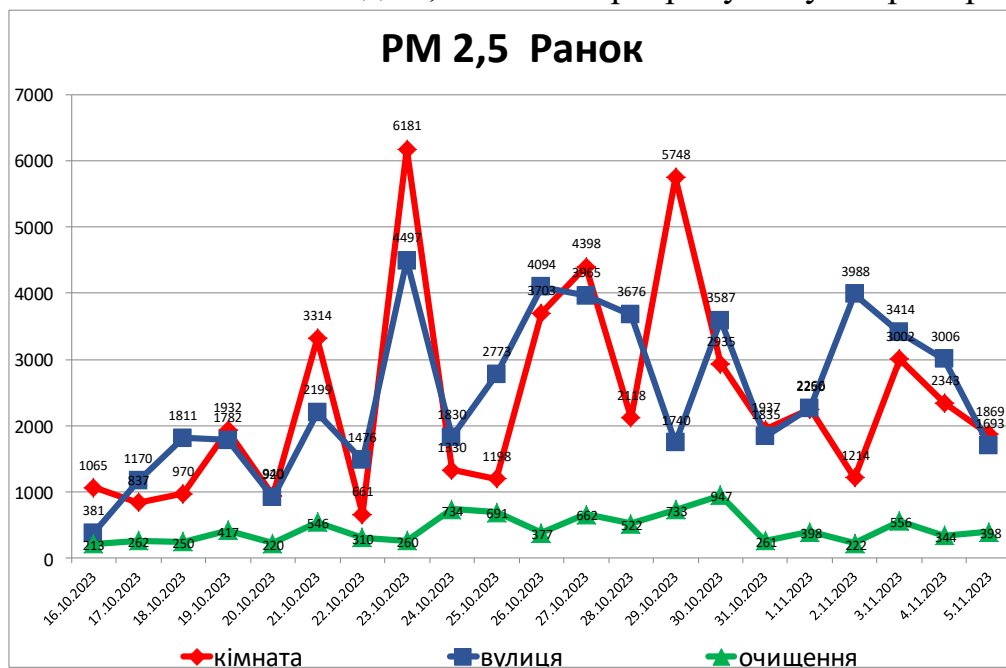


Рисунок 2 – Графік зміни концентрацій пилових частинок розміром 2,5PM впродовж 16.10.2023 -5.11.2023р зранку

Пікові значення підвищених концентрацій внутрішнього повітря відзначалися, коли в приміщенні квартири здійснювалось сухе прибирання при закритій кватирці. А у більшості випадків концентрація пилових частинок у зовнішньому повітрі перевищує концентрація у повітрі кімнати. Пропускання внутрішнього повітря через 3-х ступеневе очищення зменшує концентрацію пилових частинок у приміщенні в 3-8 разів. А діапазон концентрацій пилових частинок розміром PM2.5 складає 213-940 ррм. Важко навіть уявити, щоб дало б застосування такого очищення повітря у палатах хворих та на скільки зменшується концентрація та кількість інфікованих бактерій у приміщенні лікарні.

Узагальнені графіки ефективності очищення пилу для усіх частинок пилу вранці в межах кожної фракції наведено на рис.3. Із рисунку видно, що застосування системи очищення повітря для усіх фракцій пилу

забезпечує не однороду ефективність очищення. Піж ефективністю очищення слід розуміти значення, яке розраховується за формулою:

$$E = (q_{\text{вх.}} - q_{\text{вих.}}) / q_{\text{вх.}} \cdot 100\% ,$$

де; E – ефективність очищення пилових частинок окремої фракції у %;

$q_{\text{вх.}}$ – концентрація пилових частинок окремої фракції у ррм на вході в фільтр;

$q_{\text{вих.}}$ – концентрація пилових частинок окремої фракції у ррм на виході з фільтру.

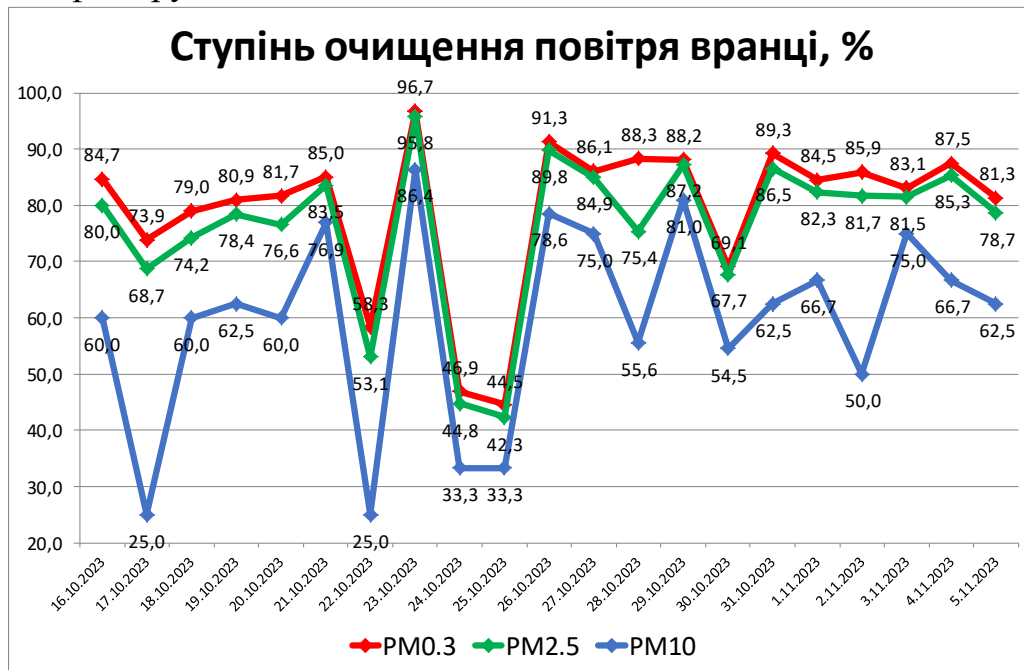


Рисунок 3 – Графік ефективності очищення пилових частинок розміром 0.3PM, 2.5PM, 10PM впродовж 16.10.2023 - 5.11.2023р зранку

Результати експериментальних досліджень показали, що найбільш висока ефективність очищення при 3-ри ступеневому очищенні спостерігається для частинок розміром PM0.3. При виключенні пікових результатів середня ефективність очищення складає від 75% до 85%, для пилу розміром PM2.5 – 53%-85%, осереднена ефективність очищення частинок розміром PM10 сама найнижча – 50-75%.

Сучасний стан обладнання для виміру пилових частинок дозволив вимірювати й більш дрібні частинки розміром PM0.1 мкм, концентрація яких знаходилась у межах сотень тисяч ррм і змінювалася в досить широкому діапазоні, що потребує подальшого більш плідного дослідження. Зауважимо, що сучасні стандарти та будівельні норми не містять рекомендованих нормованих значень цих концентрацій.

Нами визначена необхідність проведення далі дослідження, орієнтованого на вивчення характеру зменшення вірусних аерозольних

патогенних частинок у повітрі шкільного класу шляхом використання сучасних технологій та повітряних фільтрів HEPA-ULPA й дослідження зміни концентрацій пилових частинок у залежності від різних погодних умов та періодів року. Це дозволить, можливо, вийти на новий рівень боротьби із вірусними інфекціями також у дитячих закладах дошкільної освіти.

Використані інформаційні джерела:

1. *Голік Ю. С., Погорелов А. С. Дослідження утворення діоксидів вуглецю та пилових частинок у шкільному класі «Сучасні проблеми теплоелектро-енергетики та захист довкілля. 2023» : Збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми теплоелектроенергетики та захист довкілля» (21-22 вересня 2023 року, Полтава). Полтава : НУПП, 2023. С.50–52 с.*

2. *Морозов В. В., Попов Ю. Л. Порівняння методологій обґрунтування ГДК в атмосферному повітрі в Україні та країнах ЄС і США – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://masters.donntu.org/2001/feht/polupaenko/diss/lib/col01.htm>*