

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата медичних наук, доцента СЕВАЛЬНЄВА А.І.

на кандидатську дисертацію Маремухи Тетяни Петрівни

«Гігієнічна оцінка забруднення атмосферного повітря теплоенергетичними об'єктами», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата медичних наук за спеціальністю 14.02.01 – гігієна та професійна патологія

Актуальність теми. За даними ВООЗ близько 90 % світового населення проживає у районах, де рівень забруднення повітря перевищує допустимі рівні, встановлені в рекомендаціях ВООЗ. Наразі забруднення атмосферного повітря входить в п'ятірку основних факторів ризику смертності в країнах, що розвиваються. Енергетичний сектор є рушієм економічного та соціального прогресу, але він також є найбільшим джерелом забруднення атмосферного повітря внаслідок антропогенної діяльності людини. Відомо, що основою світового постачання електроенергії є вугілля, насамперед завдяки широкій доступності та конкурентній ціні виробництва електроенергії. Дотепер електростанції, що працюють на вугіллі, забезпечують майже 40% світової електроенергії. Забруднення атмосферного повітря, пов'язане зі спалюванням викопного палива, залишається одним з головних факторів захворюваності та передчасної смертності у всьому світі та становить близько 100 000 смертей на 1000 ТВт·год. Відповідно до оприлюднених оцінок в Європейському Союзі (ЄС) у 2013 році, вугільні електростанції призвели до 22900 передчасних смертей, 11800 випадків хронічного бронхіту у дорослих, 51700 випадків бронхіту та понад 538 000 нападів астми у дітей за рахунок впливу твердих часток пилу (PM₁₀, PM_{2.5}), приземного озону та азоту діоксиду. Витрати на охорону здоров'я, лише від передчасної смерті обумовленої забрудненням атмосферного повітря теплоенергетичними об'єктами (ТЕО), що працюють на викопному паливі, в ряді країн сягають десятків мільярдів доларів та у рази перевищують виплачені на галузь субсидії.

Саме тому більшість країн ЄС відмовляються від інвестицій у вугільні електростанції та підтримують перехід на відновлювальні джерела енергії. Однак, згідно з Енергетичною стратегією України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», Україна не готова відмовлятися від вугільних теплоелектростанцій, хоча планується поступове зменшення частки викопного палива в енергетичному балансі країни. Тому теплові електростанції, що працюють на вугіллі, залишатимуться основними стаціонарними забруднювачами атмосферного повітря в Україні, що в свою чергу призведе до збільшення неінфекційної захворюваності та передчасної смертності серед населення, що підпадає під експозицію. У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення методів гігієнічної оцінки забруднення атмосферного повітря ТЕО, в першу чергу твердими частками пилу та озоном, як основними речовинами, що впливають на здоров'я населення. Слід зазначити, що відсутність гігієнічних нормативів щодо оцінок вмісту в атмосферному повітрі PM_{10} , $PM_{2.5}$, характерних для вугільної галузі, є перешкодою для проведення кількісних оцінок впливу теплоенергетичних об'єктів на здоров'я експонованого населення в масштабах національної безпеки збереження громадського здоров'я. Отже, актуальність дослідження, його важлива соціальна та економічна значущість і обумовили вибір теми дослідження та визначили його мету і завдання.

Дисертаційна робота Т.П. Маремухи виконана в рамках науково-дослідних робіт Державної установи «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва Національної академії медичних наук України»: «Вдосконалення наукових підходів до гігієнічної оцінки діяльності теплоенергетичних об'єктів», 2015-2017 рр. (№ держреєстрації 0115U000648); «Наукове обґрунтування критеріїв оцінки небезпеки, обумовленої забрудненням атмосферного повітря речовинами у вигляді твердих суспендованих частинок, відповідно до вимог ЄС», 2018-2020 рр. (№ держреєстрації 0118U003709).

Метою дисертаційної роботи здобувачка визначила удосконалення методів гігієнічної оцінки забруднення атмосферного повітря теплоенергетичними об'єктами. **Завдання дослідження** включають заходи, що дозволяють досягти визначеної мети. **Об'єкт і предмет дослідження** відповідають завданням дисертаційної роботи.

Методи дослідження адекватні завданням, сформовані за напрямками дослідження та включають: бібліографічний метод аналізу наукової та нормативно-методичної інформації; фізико-хімічні методи; методи математичного моделювання (Aermod View, ліцензія ISCA Y0002896; AirQ+, версія 2.0); методи міжнародної інтегральної оцінки якості атмосферного повітря (AQI); оцінка ризику для здоров'я населення; статистичні методи з використанням стандартних пакетів програм для опрацювання даних (StatSoft STATISTICA 10.0 portable, Microsoft® Excel 2019).

Ступінь обґрунтованості положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність і наукова новизна підтверджується достатньою кількістю проведених досліджень та їх всебічним аналізом на засадах доказової медицини. Відповідно до мети дисертаційної роботи авторкою були визначені основні напрямки і методичні прийоми, що дозволили об'єктивно реалізувати усі поставлені завдання. Отже, одержані результати з методологічної точки зору є цілком обґрунтованими, такими, що надають можливість зробити адекватні узагальнення, визначити основні положення наукової роботи як об'єктивно значущі.

Наукова новизна результатів дослідження полягає в тому, що вперше на підставі комплексних досліджень поглиблено розуміння особливостей формування рівнів хімічного забруднення (зокрема PM_{10} , $PM_{2.5}$ та озон) приземного шару атмосфери (ПША) в зонах впливу ТЕО, які працюють на вугіллі; визначено провідну роль PM_{10} та $PM_{2.5}$ як факторів ризику для здоров'я населення; науково обґрунтовано застосування коригувальних коефіцієнтів під час розрахунків середньодобових концентрацій $PM_{2.5}$ окремо для опалювального сезону та міжопалювального періоду на територіях, де наявні дані щодо забруднення атмосферного повітря лише для PM_{10} ; оцінено ймовірність виникнення додаткових випадків смертей від захворювань серцево-судинної, дихальної систем та захворюваності на хронічний бронхіт серед дорослого населення, які пов'язані з експозицією твердих часток пилу.

Практичне значення одержаних результатів. На основі аналітичних досліджень та натурних вимірювань (фіксованих та індикативних, проведених з використанням стандартних методів, які відповідають вимогам Постанови КМУ

від 14.08.2019 р. за № 827 та Директиви 2008/50/ЄС) удосконалено методичні підходи до гігієнічної оцінки забруднення атмосферного повітря викидами ТЕО; проведено кількісну оцінку впливу ТЕО, що працюють на вугіллі, на здоров'я населення з використанням європейського програмного комплексу AirQ+.

За участю авторки підготовлено інформаційний лист «Використання оцінки ризику для здоров'я населення при розробці технологічних нормативів допустимих викидів» (№334-2015) та патент на корисну модель «Спосіб визначення розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі» (№131880-2018), які впроваджено в навчальний процес кафедри загальної гігієни Дніпропетровської державної медичної академії, кафедри гігієни та екології № 4 Національного медичного університету імені О.О. Богомольця та у практичну діяльність ДУ «Запорізький обласний лабораторний центр МОЗ України», ТОВ «Центр екології та розвитку нових технологій», ПНВП «Екологія» та ТОВ «Екологічний центр поводження з небезпечними відходами та промислової технології», що підтверджено відповідними актами впровадження, наданими у 2018-2020 роках. Матеріали, отримані в дисертації, використані при розробці патенту на корисну модель «Спосіб визначення рівня забруднення атмосферного повітря зваженими твердими частинками недиференційованими за складом (TSP)» (№ u 201911494 від 28.11.2019 р.).

ОСОБИСТИЙ ВНЕСОК ЗДОБУВАЧА. Дисертанткою самостійно проведено аналіз наукової літератури; виконано натурні дослідження забруднення атмосферного повітря в зоні впливу теплоенергетичних об'єктів, зібрано та проаналізовано отримані результати вимірювань; проведено гігієнічну оцінку забруднення території дослідження, оцінено ризик для здоров'я населення, обумовлений забрудненням атмосферного повітря викидами теплоенергетичних об'єктів; обчислено випадки відворотних смертей та захворюваності на хронічний бронхіт серед дорослих, що обумовлені забрудненням атмосферного повітря твердими частками пилу (PM₁₀, PM_{2.5}), при обговоренні з науковим керівником узагальнено результати досліджень, сформульовано висновки. Особистий внесок здобувача становить понад 85 % від загального обсягу роботи.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні положення дисертаційної роботи оприлюднено на 7 науково-практичних конференціях

різного рівня, що підтверджено тезами у наукових збірниках указаних наукових заходів.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 15 наукових праць, з них: 3 статті у фахових наукових періодичних виданнях України, 1 стаття – у періодичному науковому виданні іншої держави, 2 статті – в інших виданнях, 7 тез, 1 інформаційний лист та 1 деклараційний патент на корисну модель.

Структура дисертації. Матеріали дисертації викладено на 204 сторінках (обсяг основного тексту становить 157 сторінок), робота проілюстрована 30 таблицями, 42 рисунками, 4 додатками. Автором використано 301 наукове джерело. Дисертація оформлена за вимогами наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації». Дисертація складається з анотації українською та англійською мовами, списку публікацій здобувача, змісту, переліку умовних позначень, вступу, шести розділів (результати власних досліджень, їх аналіз та узагальнення), висновків, списку використаних джерел, додатків.

Оцінка змісту дисертації. Дисертаційна робота Маремухи Т.П. має стандартну структуру для кандидатських дисертацій, викладена логічно і аргументовано, грамотною літературною українською мовою, з коректним використанням наукової термінології і лексики.

У вступі представлені дані щодо актуальності дослідження, зв'язок роботи з науковими програмами, темами. Визначені об'єкт та предмет дослідження. Чітко сформульовані завдання, які відповідають поставленій меті та реалізовані у відповідних розділах дисертаційної роботи. Визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено відомості щодо їх впровадження, апробації матеріалів проведених досліджень та відображення у публікаціях в науковій періодиці.

Розділ 1 «Сучасний стан проблеми забруднення атмосферного повітря теплоенергетичними об'єктами (аналітичний огляд літератури)» складається з трьох підрозділів. На основі аналізу вітчизняних, закордонних літературних даних показано, що теплоенергетичні об'єкти, які працюють на вугіллі, є одним з головних факторів ризику виникнення неінфекційних захворювань та причиною смертності населення, насамперед від $PM_{2.5}$. Зважаючи на зношеність основних

фондів енергогенеруючих підприємств України та неможливості їх модернізації у необхідному обсязі, актуальним залишається питання пошуку методичних підходів та інструментів для оцінки негативного впливу забруднення атмосферного повітря теплоенергетичними об'єктами на здоров'я людини. Критичний аналіз даних літератури з досліджуваного питання дозволив здобувачці не тільки вивчити стан проблеми, але і визначити актуальність та перспективні напрямки дослідження.

Розділ 2 «Методи та обсяги досліджень» присвячений обґрунтуванню програми дослідження та опису використаних методів. Перший етап програми присвячено аналізу наукової літератури та законодавчих документів щодо гігієнічних проблем забруднення атмосферного повітря ТЕО; другий – гігієнічній оцінці забруднення приземного шару атмосфери в зоні впливу ТЕО; третій – аналізу взаємозв'язків між концентраціями $PM_{2.5}$ та PM_{10} ; четвертий – розрахункам усереднених концентрацій забруднюючих речовин за допомогою моделі ISC-AERMOD View; п'ятий – оцінці ризику для здоров'я населення, що проживає в зоні впливу ТЕО, з використанням загальної (класичної) процедури методології оцінки ризику (МОРЗН); шостий – кількісній оцінці ризику для здоров'я від тривалого впливу $PM_{2.5}$ та PM_{10} за допомогою програмного комплексу AirQ+; сьомий – оцінці якості повітря за допомогою індексу якості повітря (AQI). Методи дослідження підібрані таким чином, що їх застосування було достатнім для вирішення поставлених у роботі мети і завдань.

Розділ 3 «Гігієнічна оцінка та аналіз забруднення атмосферного повітря викидами Трипільської теплоелектростанції» подано у двох підрозділах. В першому підрозділі на підставі проведення натурних досліджень (індикативних вимірювань) визначені особливості формування забруднення атмосферного повітря азотом діоксидом, сірки діоксидом, оксидом вуглецю, озonom, пилом недиференційованим за складом (НДЗС), PM_{10} та $PM_{2.5}$ у 25 контрольних точках дев'яти населених пунктів Київської області, що знаходяться в зоні впливу вугільної ТЕС. Встановлено максимальне перевищення вітчизняних гігієнічних нормативів для пилу НДЗС – у 5,4 раза ($0,10 \div 2,68$ мг/м³), озону – 1,8 рази ($0,05 \div 0,29$ мг/м³). Перевищення міжнародних критеріїв оцінки якості повітря (24-годинна концентрація) знаходилось на рівні для: PM_{10} – 1,1 раза

($10,0 \div 53,4$ мкг/м³), РМ_{2.5} – 1,5 раз (5,8 ÷ 36,6 мкг/м³); водночас спостерігалось збільшення рівня забруднення атмосферного повітря РМ₁₀ в 1,8 раз та РМ_{2.5} у 2,3 раз в опалювальний сезон порівняно з міжопалювальним періодом. Автором показано, що осереднені концентрації пилу НДЗС перевищували ГДК_{м.р.} на відстані до 6 км від джерела забруднення; перевищення граничних значень РМ₁₀ та РМ_{2.5} спостерігалось на відстанях до 1 та 2 км відповідно.

У другому підрозділі поведено моделювання розсіювання забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери. Аналіз та оцінка результатів показали, що усереднені концентрації пилу НДЗС (1-годинні) та РМ₁₀ і РМ_{2.5} (24-годинні) перевищували граничні значення у радіусі до 10 км у північно-західному напрямку від ТЕС, що було обумовлено метеорологічними умовами та топографічними особливостями території зони впливу підприємства. Максимальне перевищення нормативних рівнів забруднення атмосферного повітря (обумовлене впливом золовідвалу) на відстанях 2-4 км від джерела викиду ТЕС для пилу НДЗС – до 15 разів (ГДК_{м.р.}); РМ₁₀ – до 18 разів (24-годинна концентрація, Директива 2008/50/ЄС) та РМ_{2.5} – до 23 разів (24-годинна концентрація, ВООЗ).

Розділ 4 «Особливості забруднення атмосферного повітря твердими частками пилу (РМ₁₀ та РМ_{2.5}) та озоном у м. Київ» складається з трьох підрозділів. На підставі проведених фіксованих вимірювань з використанням стандартних методів, які відповідають вимогам Постанови КМУ від 14 серпня 2019 р. № 827 та Директиви 2008/50/ЄС, встановлено, що середньорічні концентрації твердих часток пилу, в зоні впливу Дарницької теплоелектроцентралі (ТЕЦ-4) ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ», знаходились на рівні для: РМ₁₀ – 33,0 мкг/м³, РМ_{2.5} – 21,0 мкг/м³ та не перевищували граничні значення вказані в Директиві 2008/50/ЄС, але обумовлювали небезпечний рівень, згідно з рекомендаціями ВООЗ. Визначено, що кількість днів з перевищенням середньодобової концентрації протягом року становило РМ₁₀ – 54 днів; РМ_{2.5} – 95 днів, зокрема 79 днів протягом опалювального сезону (жовтень-березень), що перевищує рівні рекомендовані Директивою 2008/50/ЄС (РМ₁₀ – не більше 35 днів на рік) та ВООЗ (РМ_{2.5} – не більше трьох днів на рік), що свідчить про суттєвий вклад ТЕО в забруднення атмосферного повітря РМ_{2.5}, а також підвищення

небезпеки для здоров'я населення в опалювальний сезон. Розраховано середньорічне співвідношення $PM_{2.5}/PM_{10}$, яке знаходилось на рівні 0,65 та не суперечить даним міжнародних досліджень ($PM_{2.5}$ 50-80% від PM_{10}), а також співвідношення $PM_{2.5}/PM_{10}$ для опалювального сезону – 0,75 та міжопалювального періоду – 0,56. Дисертанткою науково обґрунтовано можливість застосування коригувального коефіцієнта при розрахунках середньодобових концентрацій $PM_{2.5}$ на основі методу лінійної регресії, окремо для опалювального сезону та міжопалювального періоду.

Проведені індикативні вимірювання озону влітку в атмосферному повітрі м. Київ виявили перевищення діючого гігієнічного нормативу України (ГДК_{м.р.}) в 1,2-1,4 рази, що свідчить про додатковий ризик для здоров'я населення в теплий період року.

Розділ 5 «Використання сучасних методичних підходів для оцінки впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення» подано за трьома підрозділами. На підставі отриманих у 3 розділі даних щодо моделювання усереднених концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери від стаціонарних джерел викидів Трипільської ТЕС, використовуючи класичні підходи МОПЗН, здобувачкою були проведені розрахунки рівнів ризику у визначених контрольних точках на межі найближчої житлової забудови. Виявлено перевищення неканцерогенного ризику ($HQ \geq 1$) лише за умови гострого інгаляційного впливу (на рівні добової концентрації) для пилу НДЗС у м. Українка ($HQ_{acute}=1,5$) та с. Таценки ($HQ_{acute}=1,2$); PM_{10} – у м. Українка ($HQ_{acute}=2,5$) та с. Таценки ($HQ_{acute}=2,0$); для інших хімічних сполук – перевищень не встановлено.

Розраховано рівні індивідуального ризику смерті (IRM) для PM_{10} , які коливались в межах від $3,6 \times 10^{-5}$ до $2,2 \times 10^{-4}$. Отримані значення характеризувалися як допустимі для професійних контингентів та недопустимі для населення, що проживає у м. Українка ($IRM=1,1 \times 10^{-4} \div 7,7 \times 10^{-4}$); с. Таценки ($IRM=5,1 \times 10^{-4}$); с. Красне Перше ($IRM=1,3 \times 10^{-4}$); с. Щербанівка ($IRM=1,8 \times 10^{-4}$); с. Трипілля ($IRM=6,0 \times 10^{-5} \div 1,4 \times 10^{-4}$); с. Плюти ($IRM=2,3 \times 10^{-4}$); с. Жуківці ($IRM=2,2 \times 10^{-4}$), що потребує розроблення та проведення планових профілактичних заходів.

При проведенні кількісної оцінки ризику для здоров'я населення від тривалого забруднення атмосферного повітря твердими частками пилу, з

використанням програмного комплексу AirQ+ (версія 2.2), встановлено, що в середньому в 2017 р. у м. Київ та Київській області відповідно: 9,2 та 6,4 % смертей від раку легень; 8,8 та 6,6 % – від хронічного обструктивного захворювання легень; 4,9 та 3,7 % – від ішемічної хвороби серця; 4,4 та 3,4 % – від інсульту пов'язані з тривалим впливом концентрацій $PM_{2.5}$ на рівні, що перевищує 10 мкг/м^3 , а 13,85 та 8,27 % випадків захворюваності на хронічний бронхіт у дорослих; 5,2 та 3,0 % випадків смерті в постнеонатальному періоді викликані тривалим впливом концентрацій PM_{10} , що перевищують 20 мкг/м^3 .

Здобувачкою було доведено необхідність розробки офіційного інтегрального показника якості атмосферного повітря як інструменту оперативного інформування населення, а більш прийнятною методологією розрахунку індексу якості повітря (AQI) в Україні зазначена методологія запропонована Європейським агентством з навколишнього середовища. Показано, що протягом року індекс якості повітря (AQI) для сельбищних територій поблизу ТЕО складав 39,2 % (136 днів) та був оцінений як «поганий» – шкідливий для всього населення; у 17,2 % (60 днів) як «помірний» – шкідливий для чутливих груп; у 3,8 % (13 днів) як «дуже поганий». При цьому визначено, що в холодний період року (опалювальний сезон) шкідливий вплив атмосферного повітря був обумовлений високими рівнями $PM_{2.5}$, а влітку – озону.

У розділі 6 «Наукове обґрунтування алгоритму кількісної оцінки впливу на здоров'я населення атмосферного повітря забрудненого теплоенергетичними об'єктами (аналіз та узагальнення результатів)» на підставі проведених досліджень, враховуючи вимоги чинного санітарного і природоохоронного законодавства України та сучасні (доступні) методичні підходи, автором було запропоновано до впровадження алгоритм кількісної оцінки впливу на здоров'я населення атмосферного повітря забрудненого ТЕО, який передбачає використання комплексу натурних вимірювань, змодельованих сценаріїв забруднення, ймовірнісну оцінку впливу та його наслідків для здоров'я населення. Результати отримані при виконанні роботи можуть стати науковим підґрунтям для впровадження профілактичних програм щодо зниження рівня передчасної

смертності та захворюваності населення пов'язаних з патологією серцево-судинної та дихальної систем та оцінки соціальних збитків.

У **Висновках** дисертаційної роботи, автор наводить найбільш важливі наукові та практичні результати дисертації. Вони органічно впливають з матеріалів наукового дослідження та адекватно відбивають його результати, є логічними, науково обґрунтованими, такими, що мають об'єктивне підґрунтя і носять виражений інформативний характер, привертають увагу вагомою науковою новизною та теоретичною і практичною значущістю для сучасної гігієнічної науки та практики.

Повнота викладу основних результатів дисертації у наукових фахових виданнях. Матеріали дисертаційної роботи подано в повному обсязі в опублікованих наукових фахових виданнях. Конфлікт інтересів відсутній. Зауважень щодо оформлення та змісту дисертаційної роботи немає. Структура та зміст автореферату ідентичні тим, що наведені в дисертації.

За своєю структурою, об'ємом виконаних досліджень, сформульованих наукових положень, висновків і практичного впровадження результатів дисертація Маремухи Тетяни Петрівни є завершеною науково-дослідною роботою. Достатній обсяг та різноманітність досліджень дозволили здобувачці успішно вирішити поставлені у роботі завдання та досягти її мети.

Мета, завдання, методи досліджень, основні результати та висновки дисертації відповідають спеціальності 14.02.01 – гігієна та професійна патологія та профілю спеціалізованої вченої ради Д.26.604.01 ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О. М. Марзєєва Національної академії медичних наук України».

Принципових зауважень до дисертаційної роботи немає.

Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу, хотілося б у порядку уточнення та конкретизації окремих положень одержати відповіді на наступні запитання:

1. Як, на Вашу думку, відрізняються хімічні характеристики твердих часток пилу з діаметром до 10 мкм, які входять до складу викидів інших видів промислових підприємств?

2. Ви пропонуєте використання індексу якості повітря для оприлюднення та інформування населення щодо ризику для здоров'я. Скажіть будь ласка, чим відрізняються між собою «європейський» та «американський» підходи?
3. Які підходи використовуються до оцінки небезпеки від забруднення атмосферного повітря у системах громадського моніторингу, який набрав великої популярності в Україні?

ВИСНОВОК Дисертаційна робота Маремухи Тетяни Петрівни «Гігієнічна оцінка забруднення атмосферного повітря теплоенергетичними об'єктами» представлена на здобуття наукового ступеня кандидата медичних наук за спеціальністю 14.02.01 – «Гігієна та професійна патологія» (медичні науки) є самостійною завершеною науковою працею, яка за своєю актуальністю, методичним рівнем, науковою новизною, практичним значенням одержаних результатів, ґрунтовністю основних положень та висновків, повнотою їх відображення в опублікованих працях, рівнем впровадження відповідає вимогам пунктів 9 та 11 «Порядку присудження наукових праць», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.13 року зі змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України №656 від 19.08.15 року, а її авторка заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата медичних наук за спеціальністю 14.02.01 гігієна та професійна патологія (медичні науки).

Власноручний
ПІДТВЕРДЖУЮ
Нач. відділу кадрів
державного медичного
«25» 03 2021



В. І. Сиваченко

В. Б.