

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА ЗАХВОРЮВАНІСТЬ ОКРЕМИМИ ІНФЕКЦІЙНИМИ ХВОРОБАМИ, ЩО ПОШИРЮЮТЬСЯ ПОВІТРЯНО- КРАПЕЛЬНИМ ШЛЯХОМ ЗА ПЕРІОД 2015–2024 РР. В УКРАЇНІ

ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л. В. Громашевського НАМН України», Київ, Україна

Актуальність. Забруднення довкілля (здебільшого оксидами сірки, азоту і карбону, сажею та суспендованими твердими частками (СТЧ)) внаслідок техногенних процесів є однією з найсерйозніших загроз для здоров'я населення у світі та Україні. Відомо, що брудне атмосферне повітря завдає шкоди багатьом органам і системам організму, особливо дихальній та серцево-судинній системам людини. Вплив факторів навколишнього середовища, включаючи забруднювачі повітря, може позначитися на імунній системі людини та її здатності обмежувати поширення інфекційних агентів, зокрема вірусів. Останніми роками низка досліджень показала, що існує зв'язок між забрудненням повітря дрібнодисперсним пилом, а саме: СТЧ з розміром від 2,5 мкм до 10 мкм (PM10), суспендованими твердими частками з діаметром менше 2,5 мкм (PM2,5) і респіраторними інфекціями. Відтак, важливо оцінити чи залежить захворюваність інфекціями, що мають повітряно-крапельний механізм передачі, насамперед кір, краснуха, епідемічний паротит (ЕП) та інші інфекції верхніх дихальних шляхів (ВДШ) в Україні від забруднення повітря викидами стаціонарних та пересувних джерел, серед іншого пилом, або СТЧ, зокрема PM2,5.

Матеріали і методи. Матеріали отримані з різних джерел медичної статистики (офіційної статистики МОЗ України, інших міністерств і відомств, зокрема матеріали річних звітів МОЗ України, Державної установи «Центр громадського здоров'я МОЗ України» (ЦГЗ), Центру медичної статистики МОЗ України, наукових, літературних джерел). Статистичну обробку результатів дослідження здійснено за допомогою програмного забезпечення Excel.

Результати та обговорення. Було проаналізовано матеріали щодо можливого зв'язку між захворюваністю на кір, краснуху, ЕП, гострі інфекції ВДШ (ГВДШ) та викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря країни за 2015–2021 рр. Зокрема, виявлено прямий сильний зв'язок ($r=0,83$) та прямий зв'язок середньої сили ($r=0,61$) між забруднювачами повітря (кг/людина) і рівнями захворюваності на ЕП і краснуху (відповідно) протягом 7 років. При аналізі вищезазначених взаємозв'язків за регіонами України виявлена пряма сильна кореляційна залежність між захворюваністю на ЕП та викидами забруднюючих речовин в Дніпропетровській ($r=0,99$), Запорізькій ($r=0,83$) і Чернігівській ($r=0,85$) областях. Натомість, не було зафіксовано подібної залежності між захворюваністю на кір та ГВДШ та обсягами викидів у повітря ($r=-0,19$; $0,18$ відповідно).

Надалі для встановлення лінійної залежності між обсягами викидів речовин у вигляді суспендованих твердих частинок (кг на особу) та відповідними рівнями захворюваності за той самий період були розраховані коефіцієнти кореляції. Встановлено прямі зв'язки сильної та помірної сили між показниками захворюваності на ЕП та краснуху (відповідно $r=0,89$ і $r=0,66$) та рівнем забруднення повітря СТЧ протягом періоду спостереження. Водночас між показниками захворюваності на кір і ГВДШ та обсягами викидів СТЧ у повітря виявлено слабкі зв'язки різноспрямованої дії (відповідно $r=-0,01$ і $r=0,19$). За нашими даними, в Закарпатській та Івано-Франківській областях обсяги викидів СТЧ мали прямий вплив помірної сили на показники захворюваності на кір (відповідно $r=0,75$ і $r=0,71$); в м. Київ за цей період виявлено тісний кореляційний зв'язок між захворюваністю на ГВДШ та релевантними обсягами забруднення СТЧ.

Було досліджено можливий взаємозв'язок між показниками захворюваності та концентрацією PM2,5 за визначений проміжок часу. Встановлено, що протягом 2015–2021 рр. кількість PM2,5 на 1 особу у повітрі мала прямий вплив середньої сили на показники захворюваності населення на ЕП ($r=0,37$) і на ГВДШ ($r=0,32$). Залежність між показниками захворюваності на кір і краснуху та обсягами PM2,5 оцінена як зворотній вплив слабкої сили ($r=-0,04$; $-0,004$ відповідно).

Для визначення рангової кореляції і можливого зв'язку між обсягами викидів PM2,5 в атмосферне повітря та рівнями захворюваності на кір, краснуху, ЕП, ГВДШ застосовано ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена (r_s). Встановлено зворотні зв'язки, котрі однак не сягнули статистичної значущості: сильного впливу – між показниками захворюваності на краснуху і ЕП (відповідно $r_s=-0,77$ і $r_s=-0,77$); помітної сили – між показниками захворюваності

на кір ($rs=-0,34$) та слабкої сили – між показниками захворюваності на ГВДШ ($rs=-0,09$). Відтак, відповідно до статистичних даних, якими ми оперували, можна припустити, що обсяги СТЧ мають значний вплив на захворюваність на краснуху й ЕП, тоді як для інших досліджуваних нозологій такої залежності не спостерігалось.

Для вивчення впливу факторів війни на стан атмосферного повітря і, відтак, на захворюваність інфекціями з повітряно-крапельним механізмом передачі збудника важливо враховувати такі чинники, як влучання ракет у нафтову інфраструктуру, пожежі на промислових та енергетичних об'єктах, пожежі в лісах, що призводять до викидів великих обсягів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Загалом можна констатувати, що хоча забруднення повітря фракцією $PM_{2,5}$ за період 2022 р. – 2024 р. (9 міс.) у м. Києві дещо знизилось, пряма кореляційна залежність середньої сили між індексом $AQI\ PM_{2,5}$ та рівнями захворюваності на ГВДШ свідчить про наявність впливу дрібнодисперсного пилу на вразливість людини до збудників деяких інфекційних хвороб.

Висновки. За результатами нашого дослідження встановлено прямі сильні зв'язки між: показником захворюваності на ЕП та обсягом викидів, а також показником захворюваності на ЕП та викидами СТЧ. Порівняльний аналіз відповідних коефіцієнтів детермінації дав змогу встановити небезпеку впливу сукупного забруднення повітря викидами від стаціонарних та пересувних джерел, СТЧ, $PM_{2,5}$ на захворюваність на ЕП, кір, краснуху. Відносний ризик захворіти на наведені вище нозології (2015–2021 рр.) був несуттєвим за областями порівняння.

Проведений аналіз показав, що доцільно проводити подальші дослідження для відстеження сили зв'язку між вказаними змінними, котрі продовжать і надалі впливати на здоров'я населення.

Ключові слова: захворюваність, інфекційні хвороби, повітряно-крапельний шлях передачі, забруднення до-вкілля, суспендовані тверді частки.

O. M. Kyslykh, O. V. Maksymenok, T. A. Serheieva, M. Yu. Vatamanyuk, O. V. Murashko

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF AIR POLLUTION ON THE INCIDENCE OF CERTAIN INFECTIOUS DISEASES TRANSMITTED BY AIRBORNE DROPLETS DURING 2015–2024 IN UKRAINE

SI «The L. V. Hromashevskyi Institute of Epidemiology and Infectious Diseases of NAMS of Ukraine», Kyiv, Ukraine

Relevance. Environmental pollution (mainly with sulfur, nitrogen, and carbon oxides, soot, and suspended particulate matter (SPM)) as a result of anthropogenic processes is one of the most serious threats to public health in the world and in Ukraine.

It is known that polluted air harms many organs and systems of the body, especially the respiratory and cardiovascular systems. Environmental factors, including air pollutants, can affect the human immune system and its ability to contain the spread of infectious agents, especially viruses. In recent years, a number of studies have shown a connection between air pollution with fine particulate matter, namely SPM from 2.5 to 10 microns (PM_{10}), and suspended particles with a diameter of less than 2.5 microns ($PM_{2,5}$), and respiratory infections. Therefore, it is important to assess whether the incidence of infections with an airborne transmission mechanism, primarily measles, rubella, mumps (epidemic parotitis), and other upper respiratory tract infections (URTI) in Ukraine, depends on air pollution from stationary and mobile sources, including dust or SPM, especially $PM_{2,5}$.

Materials and methods. Materials were obtained from various sources of medical statistics (official statistics of the Ministry of Health of Ukraine, other ministries and departments, including annual reports of the Ministry of Health of Ukraine, the State Institution "Public Health Center of the Ministry of Health of Ukraine" (PHC), the Center for Medical Statistics of the Ministry of Health of Ukraine, scientific and literary sources). Statistical analysis of the research results was performed using Excel software.

Results and discussion. Materials on the possible relationship between the incidence of measles, rubella, mumps, and acute infections of the upper respiratory tract (AURTI) and emissions of pollutants into the country's atmospheric air for 2015–2021 were analyzed. A direct strong relationship ($r=0.83$) and a direct moderate relationship ($r=0.61$) were found between air pollutants (kg/person) and the incidence of mumps and rubella, respectively, over 7 years. When analyzing these relationships by regions of Ukraine, a strong direct correlation was found between the incidence of mumps and pollutant emissions in Dnipropetrovsk ($r=0.99$), Zaporizhzhia ($r=0.83$), and Chernihiv ($r=0.85$) regions. In contrast, no such relationship was recorded between the incidence of measles and AURTI and the volumes of air emissions ($r=-0.19$; 0.18 , respectively).

Further, to establish a linear relationship between emissions of substances in the form of suspended particulate

matter (kg per person) and the corresponding incidence levels over the same period, correlation coefficients were calculated. Strong and moderate direct relationships were established between the incidence rates of mumps and rubella ($r=0.89$ and $r=0.66$, respectively) and air pollution levels with SPM over the observation period. At the same time, weak and mixed-direction relationships were found between the incidence rates of measles and AURTI and SPM air emissions ($r=-0.01$ and $r=0.19$, respectively). According to our data, in Zakarpattia and Ivano-Frankivsk regions, SPM emissions had a moderate direct impact on the incidence of measles ($r=0.75$ and $r=0.71$, respectively); in Kyiv, during this period, a close correlation was found between AURTI incidence and relevant SPM pollution volumes.

The possible correlation between incidence rates and PM_{2,5} concentration over a given time period was studied. It was found that during 2015–2021, the amount of PM_{2,5} per person in the air had a moderate direct impact on the incidence rates of mumps ($r=0.37$) and AURTI ($r=0.32$). The relationship between measles and rubella incidence and PM_{2,5} volume was assessed as a weak inverse correlation ($r=-0.04$; -0.004 , respectively).

To determine the rank correlation and possible relationship between PM_{2,5} emissions and the incidence rates of measles, rubella, mumps, and AURTI, Spearman's rank correlation coefficient (r_s) was applied. Inverse relationships were found, although they did not reach statistical significance: strong influence between rubella and mumps incidence ($r_s=-0.77$ each); moderate influence between measles incidence ($r_s=-0.34$); and weak influence between AURTI incidence ($r_s=-0.09$). Thus, according to the statistical data used, it can be assumed that SPM volumes have a significant effect on the incidence of rubella and mumps, while no such relationship was observed for the other studied nosologies.

To study the impact of "war factors" on air quality and, consequently, on the incidence of infections with airborne transmission, it is important to consider such factors as missile strikes on oil infrastructure, fires at industrial and energy facilities, and forest fires, which lead to the release of large volumes of pollutants into the atmosphere. In general, it can be stated that although PM_{2,5} air pollution in Kyiv decreased slightly during 2022–2024 (9 months), a moderate direct correlation between the AQI PM_{2,5} index and AURTI incidence indicates the effect of fine dust on human susceptibility to certain infectious diseases.

Conclusions. Based on our research, strong direct relationships were found between the incidence rate of mumps and emission volumes, as well as between mumps incidence and SPM emissions. A comparative analysis of the respective determination coefficients made it possible to establish the danger of the combined effect of air pollution from stationary and mobile sources, SPM, and PM_{2,5} on the incidence of mumps, measles, and rubella. The relative risk of contracting these nosologies (2015–2021) was insignificant across the compared regions. The analysis showed that it is advisable to continue research to track the strength of the relationship between the mentioned variables, which will continue to affect public health.

Keywords: incidence, infectious diseases, airborne transmission, environmental pollution, suspended particulate matter.

Вступ. Забруднення довкілля (здебільшого оксиди сірки, азоту і карбону, сажею та суспендованими твердими частками (СТЧ)) внаслідок техногенних процесів є однією з найсерйозніших загроз для здоров'я населення у світі та Україні.

Відомо, що брудне атмосферне повітря завдає шкоди багатьом органам і системам організму людини, особливо дихальній та серцево-судинній [1, 2]. Вплив факторів навколишнього середовища, включаючи забруднювачі повітря, може також вплинути на імунну систему людини та її здатність обмежувати поширення інфекційних агентів, зокрема вірусів [3, 4]. Особливий інтерес становлять ризики для здоров'я, пов'язані з дрібнодисперсними частинками діаметром менше 10 і 2,5 мкм (PM₁₀ і PM_{2,5} відповідно). Джерела частинок PM_{2,5} різноманітні, включаючи як антропогенні (наприклад, використання твердого та рідкого палива в промисловості, електростанціях, транспорті й опаленні), так і природні (наприклад, лісові пожежі, виверження вулканів) [5]. Завдяки мікроскопічним розмірам частинки PM_{2,5} залишаються в повітрі протягом тривалого часу, здатні проникати глибоко в легені та можуть потрапляти навіть у кровотік. Останніми роками низка досліджень показала, що існує зв'язок між забрудненням повітря дрібнодисперсним пилом (СТЧ) з частинками різного розміру – PM₁₀, PM_{2,5} і респіраторними інфекціями [6]. Зокрема, за результатами дослідження, проведеного в 21 місті КНР протягом 2013–2014 рр. встановлено, що збільшення концентрації PM_{2,5} на 10 мкг/м³ має значний вплив на зростання числа випадків

захворювання на кір. Показано, що існує прямий зв'язок між концентрацією PM_{2,5} та випадками ГРВІ у Пекіні [7]; опубліковано дані щодо підвищення частоти пневмонії та грипу, пов'язаного зі збільшенням концентрації PM_{2,5} протягом тижня до проявів цих захворювань у 500 000 дорослих із штату Нью-Йорк [8].

Відтак, важливо оцінити чи залежить захворюваність інфекціями, що мають повітряно-крапельний механізм передачі, насамперед кір, краснуха, ЕП та інші інфекції верхніх дихальних шляхів (ВДШ) в Україні від забруднення повітря викидами стаціонарних та пересувних джерел, серед іншого пилом, або СТЧ, зокрема РМ [9].

Мета дослідження – оцінити рівень залежності між захворюваністю інфекціями, що мають повітряно-крапельний механізм передачі (кір, краснуха, ЕП тощо) в Україні від забруднення повітря.

Матеріали і методи. Матеріали отримані з різних джерел медичної статистики (офіційної статистики МОЗ України, інших міністерств і відомств, зокрема матеріали річних звітів МОЗ України, Державної установи «Центр громадського здоров'я МОЗ України» (ЦГЗ), Центру медичної статистики МОЗ України, наукових, літературних джерел). Статистичну обробку результатів дослідження здійснено за допомогою програмного забезпечення Excel.

Результати досліджень та їх обговорення.

Нами було проаналізовано матеріали щодо можливого зв'язку між захворюваністю на кір, краснуху, ЕП,

Оригінальні дослідження

гострі інфекції ВДШ (ГІВДШ) та викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря країни за 2015–2021 рр. Виявлено прямий сильний зв'язок ($r=0,83$) та прямий зв'язок середньої сили ($r=0,61$) між забруднювачами повітря (кг/людина) і рівнями захворюваності на ЕП й краснуху (відповідно) протягом 7 років. При аналізі вищезазначених взаємозв'язків за регіонами України ви-

явлено пряму сильну кореляційну залежність між захворюваністю на ЕП та викидами забруднюючих речовин у Дніпропетровській ($r=0,99$), Запорізькій ($r=0,83$) і Чернігівській ($r=0,85$) областях. Натомість, не було зафіксовано подібної залежності між захворюваністю на кір та ГІВДШ та обсягами викидів в повітря – $r=-0,19$; $0,18$ відповідно (табл. 1).

Таблиця 1. Лінійна кореляція між показниками захворюваності на кір, краснуху, епідемічний паротит, ГІВДШ населення України та обсягами викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел викидів в розрахунку на одну особу (2015–2021 рр.)

Області/регіони	Коефіцієнт кореляції(r)			
	між показником захворюваності на кір та обсягом викидів	між показником захворюваності на краснуху та обсягом викидів	між показником захворюваності на ЕП та обсягом викидів	між показником захворюваності на ГІВДШ та обсягом викидів
Вінницька	-0,23	0,35	0,55	0,56
Волинська	0,21	0,13	-0,28	0,61
Дніпропетровська	-0,31	-0,10	0,99*	0,55
Донецька	-0,38	-0,19	-0,04	-0,38
Житомирська	0,59	-0,69	-0,80	0,52
Закарпатська	0,07	-0,17	-0,38	-0,06
Запорізька	0,30	0,16	0,83	-0,44
Івано-Франківська	0,51	0,15	0,28	-0,33
Київська	0,32	-0,35	0,30	0,20
Кіровоградська	0,30	0,70	0,36	-0,50
Луганська	-0,36	-0,23	0,00	0,05
Львівська	0,27	0,39	-0,35	-0,07
Миколаївська	-0,26	0,39	0,69	0,43
Одеська	0,18	0,19	-0,67	-0,07
Полтавська	0,31	0,45	0,32	0,56
Рівненська	-0,08	0,10	0,19	-0,51
Сумська	0,56	-0,46	0,04	-0,30
Тернопільська	0,42	-0,39	-0,38	-0,74
Харківська	0,48	-0,31	0,04	-0,01
Херсонська	0,41	-0,78	-0,31	-0,03
Хмельницька	0,16	-0,53	0,66	0,60
Черкаська	0,30	0,36	0,23	-0,36
Чернівецька	0,00	0,57	0,68	-0,51
Чернігівська	-0,05	0,39	0,85	0,43
м. Київ	-0,55	-0,48	-0,17	0,60
Україна	-0,19	0,61	0,83	0,18

Примітка: * $p<0,05$

Надалі, для встановлення лінійної залежності між обсягами викидів речовин у вигляді суспендованих твердих частинок (кг на особу) та відповідними рівня-

ми захворюваності, за той самий період були розраховані коефіцієнти кореляції (табл. 2).

Таблиця 2. Лінійна кореляція між показниками захворюваності на кір, краснуху, епідемічний паротит, ГВДШ населення України та обсягами викидів суспендованих твердих часток в атмосферне повітря в розрахунку на одну особу (2015–2021 рр.)

Області/регіони	Коефіцієнт кореляції(r)			
	між показником захворюваності на кір та обсягом викидів СТЧ	між показником захворюваності на краснуху та обсягом викидів СТЧ	між показником захворюваності на ЕП та обсягом викидів СТЧ	між показником захворюваності на ГВДШ та обсягом викидів СТЧ
Вінницька	0,48	0,24	0,03	-0,14
Волинська	0,29	0,45	-0,58	0,49
Дніпропетровська	-0,29	-0,02	0,93*	0,50
Донецька	-0,15	-0,02	0,08	-0,32
Житомирська	0,57	-0,77	-0,78	0,54
Закарпатська	0,75	0,72	0,07	-0,67
Запорізька	0,05	0,42	0,90*	0,00
Івано-Франківська	0,71	0,18	-0,10	-0,47
Київська	0,19	-0,45	0,23	0,35
Кіровоградська	0,43	-0,96*	-0,38	0,06
Луганська	-0,17	-0,12	0,00	0,04
Львівська	0,37	-0,05	-0,43	-0,22
Миколаївська	-0,44	0,22	0,12	0,61
Одеська	0,57	0,11	-0,34	-0,33
Полтавська	0,30	-0,75	-0,63	-0,55
Рівненська	-0,20	-0,08	-0,12	-0,31
Сумська	-0,16	0,07	0,39	0,19
Тернопільська	0,20	-0,63	-0,34	0,05
Харківська	0,25	-0,26	-0,04	0,25
Херсонська	0,10	0,43	0,37	0,08
Хмельницька	0,15	-0,19	0,67	0,11
Черкаська	0,02	-0,26	0,11	0,72
Чернівецька	0,03	0,50	0,72	-0,54
Чернігівська	-0,15	0,05	0,84	0,82
м. Київ	-0,35	0,26	0,46	0,95*
Україна	-0,01	0,66	0,89*	0,19
Примітка: * p<0,05				

Встановлено прямі зв'язки сильної та помірної сили між показниками захворюваності на ЕП та краснуху (відповідно, $r=0,89$ і $r=0,66$) та рівнем забруднення повітря СТЧ протягом періоду спостереження. Саме тоді між показниками захворюваності на кір і ГВДШ та обсягами викидів СТЧ у повітря виявлені слабкі зв'язки різноспрямованої дії ($r=-0,01$ і $r=0,19$ відповідно). Вод-

ночас у Закарпатській та Івано-Франківській областях обсяги викидів СТЧ мали прямий вплив помірної сили на показники захворюваності на кір (відповідно, $r=0,75$ і $r=0,71$); в м. Київ за цей період – тісний кореляційний зв'язок між захворюваністю на ГВДШ та релевантними обсягами забруднення СТЧ.

Як було вказано вище, серед забруднювачів довкіл-

Оригінальні дослідження

ля на особливу увагу заслуговують ультрадисперсні частинки, зокрема PM10 та PM2,5, внаслідок їх здатності глибоко проникати у дихальні шляхи та переносити патогени завдяки «прилипанню» збудників до поверхні часток. Було досліджено можливий взаємозв'язок між показниками захворюваності та концентрацією PM2,5 за визначений проміжок часу. Встановлено, що протягом 2015–2021 рр. кількість PM2,5 на 1 особу у повітрі мала прямий вплив середньої сили на показники захворюваності населення на ЕП ($r=0,37$) і на ГІВДШ ($r=0,32$). Залежність між показниками захворюваності на кір і краснуху та обсягами PM2,5 оцінена як зворотній вплив слабкої сили ($r=-0,04$; $-0,004$ відповідно).

Для визначення можливого зв'язку між обсягами викидів PM2,5 в атмосферне повітря та рівнями захворюваності на кір, краснуху, ЕП, ГІВДШ застосовано ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена (r_s). Встановлено зворотні зв'язки, котрі однак не сягнули статистичної значущості: сильного впливу – між показниками

захворюваності на краснуху і ЕП (відповідно $r_s=-0,77$ і $r_s=-0,77$); помітної сили – між показниками захворюваності на кір ($r_s=-0,34$) та слабкої сили – між показниками захворюваності на ГІВДШ ($r_s=-0,09$). Відтак, відповідно до статистичних даних, якими ми оперували, можна припустити, що обсяги СТЧ мають значний вплив на захворюваність на краснуху й ЕП, тоді як для інших досліджуваних нозологій такої залежності не спостерігалось.

Для оцінки можливої одночасної взаємодії декількох факторних ознак, або предикторів (обсяги викидів, СТЧ, PM2,5) та їх впливу на показники захворюваності (результативна ознака) проведено кореляційно-регресійний аналіз взаємозв'язку між факторами (X1, X2, X3) і результатом (Y1, Y2, Y3, Y4) [10]. Серед параметрів, від яких може залежати захворюваність на кір, ЕП, краснуху, ГІВДШ розглядалися такі: обсяги викидів в атмосферне повітря, обсяги СТЧ та PM2,5, значення яких наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Математично-статистичне вивчення впливу викидів стаціонарних та пересувних джерел на захворюваність на кір, ЕП, краснуху, ГІВДШ

Рік	Обсяги викидів, кг/особа			Захворюваність, на 100 тис.			
	Всього X1	СТЧ X2	PM _{2,5} X3	Кір Y1	ЕП Y2	Краснуха Y3	ГІВДШ Y4
2015	66,70	8,2	0,5	0,24	1,07	0,58	15 233,87
2016	72,13	9,3	0,8	0,24	1,03	0,35	18 029,05
2017	60,84	7,5	0,3	11,23	0,77	0,37	15 253,59
2018	59,30	7,5	0,5	125,47	0,92	0,55	15 426,44
2019	58,50	7,4	0,6	135,69	0,9	0,33	14 281,4
2020	53,60	6,0	0,5	0,629	0,39	0,09	13 685,2
2021	54,20	6,4	0,5	0,04	0,42	0,05	19 687,61

При проведенні розрахунку визначався коефіцієнт детермінації (R^2), що вказує на скільки відсотків варіація результативного показника Y1, Y2, Y3, Y4 зумовлюється варіацією факторних ознак X1, X2, X3 (табл. 4).

Порівняльний аналіз відповідних коефіцієнтів де-

термінації дав змогу встановити небезпеку впливу обсягів викидів у повітря та обсягів викидів СТЧ на захворюваність деякими хворобами з повітряно-крапельним механізмом передачі збудника.

Таблиця 4. Коефіцієнти детермінації з урахуванням факторних ознак

Сукупність факторних ознак / факторні ознаки	Коефіцієнт детермінації (R^2) за результативним показниками			
	Y1	Y2	Y3	Y4
X1+X2+X3	0,76	0,85	0,70	0,10
X1+X2	0,75	0,82	0,46	0,04
X2+X3	0,008	0,82	0,67	0,10
X1+X3	0,08	0,70	0,56	0,10
X1	0,04	0,69	0,37	0,03
X2	0,0002	0,79	0,43	0,06
X3	0,04	0,12	1,8658E-05	0,10

Отже, коефіцієнт детермінації $R^2=0,85$ свідчить про те, що динаміка захворюваності на ЕП населення країни на 85% зумовлена варіацією всіх 3 факторних

ознак (у розрахунку на одну особу), на 82% – впливом параметрів (X1+X2) або (X2+X3); змінні (X1+X3) зумовлюють 70% в динаміці захворюваності на ЕП. Вплив фак-

торної ознаки X_2 (обсяг СТЧ) на зміни в Y_2 становить 79%, вплив X_1 – 69%, варіація X_3 – складає 12%. За таких умов регресійна модель динаміки захворюваності на ЕП, що найбільш адекватна за критерієм Фішера (F-тест)=18,7 при значимості $p < 0,05$ (з рівнем надійності 0,95) має такий вигляд:

$$Y_2 = 0,2 \times X_2 - 0,9 \text{ (при } R^2 = 0,79),$$

де Y_2 – це залежна змінна (захворюваність на ЕП), яку ми намагаємося передбачити; 0,2 та 0,9 – коефіцієнти регресії (ваги), X_2 – значення незалежної змінної (обсяг СТЧ). Коефіцієнт регресії показує, на скільки одиниць змінюється (Y) при збільшенні (X) на одиницю.

В нашому випадку збільшення обсягу викидів СТЧ на 1 кг/особу призводить до збільшення захворюваності на ЕП на 0,2 на 100 тис. населення (за інших постійних чинників) з достовірністю 0,79. При проведенні регресійного аналізу для виявлення зв'язку між однією або кількома незалежними змінними (за даними табл. 4) та захворюваністю на кір визначені відповідні коефіцієнти детермінації R^2 . Зокрема, сукупний вплив незалежних ознак ($X_1 + X_2 + X_3$) зумовлює 76% змін захворюваності на кір в країні, варіаціями параметрів ($X_1 + X_2$) – 75%.

Таким чином, в цьому випадку результативна ознака (захворюваність на кір, Y_1) пов'язується за допомогою рівняння множинної регресії з двома факторними ознаками – обсягами викидів від стаціонарних та пересувних джерел (X_1) та обсягами СТЧ (X_2): $Y_1 = 688,9 - 39,5 \times X_1 + 234,0 \times X_2$ (статистично значимо за критерієм Фішера $F = 6,7$; $p < 0,05$). Крім того, p – значення коефіцієнтів регресії при X_1 та X_2 дорівнюють 0,02 та 0,03 відповідно, тобто $p < 0,05$ і, відтак, обсяги викидів від стаціонарних та пересувних джерел та обсяги СТЧ достовірно впливають на захворюваність на кір. Кількісна оцінка ймовірного впливу інших факторних ознак на захворюваність на кір свідчить про практичну відсутність зв'язку між ними ($R^2 = 0,0002 - 0,08$).

При визначенні залежності показників захворюваності населення на краснуху (Y_3) від факторних ознак або предикторів (X_1, X_2, X_3) та їх сукупності (див. табл. 4) показано, що динаміка захворюваності на 70% зумовлена варіацією всіх трьох предикторів, свідченням чого є коефіцієнт детермінації R^2 (0,70). Інші незалежні змінні та їх поєднання мають вплив на показник захворюваності від 67% до $1,8658E-05\%$, а отримані регресійні моделі не є статистично значимими за критерієм Фішера ($p > 0,05$).

При регресійному аналізі ймовірної залежності захворюваності на ГВДШ (Y_4) в країні від відповідних факторних ознак не виявлено їх впливу на показник Y_4 ($R^2 = 0,10 - 0,03$), а побудовані рівняння регресії за критерієм Фішера не є статистично значимими. Але у м. Києві, якщо визначати вірогідність залежності захворюваності на ГВДШ від дії предикторів за період спостереження, то відповідний показник захворюваності на 91% ($R^2 = 0,91$) зумовлюється впливом викидів СТЧ (F-тест=51,2; $p < 0,005$).

Порівняльний аналіз відповідних коефіцієнтів детер-

мінації дав змогу встановити небезпеку впливу сукупного забруднення повітря викидами від стаціонарних та пересувних джерел, СТЧ, $PM_{2,5}$ на захворюваність на ЕП, кір, краснуху ($R^2 = 0,85; 0,76; 0,70$). Зі свого боку результати проведеного моделювання впливу твердих часток розміром до 2,5 мкм на захворюваність населення на відповідні хвороби вказують на те, що вплив таких домішок є незначним ($R^2 = 1,8658E-05 - 0,12$).

Для кількісної оцінки тісноти зв'язку між ймовірністю захворіти на кір, ЕП, краснуху, ГВДШ (подія) та обсягами викидів в повітря СТЧ (фактор ризику) розраховували відносний ризик (BP, RR) та співвідношення шансів (BШ, OR). При $OR > 1$ підтверджувався прямий зв'язок між фактором ризику та ймовірністю захворіти; при $OR < 1$ – обернений зв'язок між фактором ризику та ймовірністю захворіти. Для оцінки статистичної значимості (p) показника OR розраховувались межі 95% ДІ: чим менше значення 95% ДІ, тим більш істотною була залежність. Нами також був розрахований та статистично оцінений відносний ризик події (RR) – відношення ризику події у населення, які підпали під дію фактору, до контрольної групи. При $RR = 1$ залежність події від фактору відхилялась. Пороговим значенням для оцінки рівня статистичної значущості досліджуваних параметрів було прийнято $p \leq 0,05$ [11]. Як вже було зазначено, фактором ризику слугували обсяги викидів СТЧ (кг/на особу), тому нами за період спостереження були визначені регіони з максимальними та мінімальними обсягами дрібнодисперсного пилу на 1 особу та обчислені показники RR та OR ймовірності мати відповідні захворювання. Встановлено, що за рівнями навантаження СТЧ найбільші обсяги були зафіксовані в Дніпропетровській (2016, 2017, 2020 рр.) та Івано-Франківській (2018, 2019 рр.) областях, найменші в Закарпатській (2015–2021) області.

В обраних регіонах в 2015 р. та 2021 р. випадків кору не було (у 2015 р. – у Дніпропетровській обл. і у 2021 р. – на обох територіях); в 2016–2020 рр. зазначені показники наведені у табл. 5.

Зокрема, у 2016 р. населення Дніпропетровської обл. мало на 60% ($1 - 0,4 = 0,6 \rightarrow 60\%$) менший шанс захворіти на кір під дією викидів СТЧ, порівняно з мешканцями Закарпатського регіону. Отже, чим слабший зв'язок між фактором, що впливає, і захворюванням, тим нижче ВШ і навпаки. Відтак, у Закарпатській обл. відносний ризик захворіти був майже втричі ($BP = 2,6$) більшим, ніж у тих осіб, хто проживав на Дніпропетровщині. У 2017 р. в цих областях зберігся обернений зв'язок між фактором ризику та ймовірністю захворіти на кір, причому на Закарпатті BP занедужати був у 32 рази вищим за аналогічну подію у Дніпропетровській області. У наступні роки (2018–2019 рр.) найбільші обсяги СТЧ зареєстровано у Івано-Франківській обл., населення якої в 2018 р. мало на 12% більший шанс захворіти на кір, ніж мешканці Закарпаття. $BP = 1,13$ свідчить про прямий зв'язок між фактором ризику та ймовірністю захворіти на кір для населення Івано-Франківщини. У 2019 р. показники ВШ та BP вказують про наявність прямого зв'язку між обсягами СТЧ та ймовірністю захворіти на кір для жителів Закарпатської області ($OR = 1,17$; $RR = 1,17$).

Оригінальні дослідження

Таблиця 5. Відносний ризик ймовірності захворювання на кір в обраних регіонах (2016–2020 рр.)

Роки	Регіони	ВШ, OR	BP, RR	95% ДІ	Рівень значущості p
2016	Дніпропетровська/ Закарпатська	0,4	0,4	0,06–2,8	=0,3459
		2,6	2,6	0,37–18,2	=0,3459
2017	Дніпропетровська/ Закарпатська	0,03	0,03	0,02–0,04	<0,0001
		32,09	32,08	24,1–42,7	<0,0001
2018	Івано-Франківська/ Закарпатська	1,14	1,13	1,09–1,18	<0,0001
		0,88	0,88	0,85–0,96	<0,0001
2019	Івано-Франківська/ Закарпатська	0,85	0,85	0,80–0,90	<0,0001
		1,17	1,17	1,11–1,24	<0,0001
2020	Дніпропетровська/ Закарпатська	0,04	0,04	0,06–0,31	=0,0021
		25,13	25,13	3,22–196,35	=0,0021

Загальноприйнятим критерієм суттєвості відносного ризику доцільно брати рівень 3 і вище, тому, ґрунтуючись на вищенаведеному, ми можемо зробити висновок про практично однаковий ризик захворіти на кір для жителів обох областей. При аналізі даних 2020 р. показано, що населення Дніпропетровської області

мало на 96% ($1-0,04=0,96 \rightarrow 96\%$) менший шанс захворіти на кір під дією викидів СТЧ, порівняно з мешканцями Закарпатського регіону.

У такий же спосіб розраховані показники BP та ВШ ймовірності захворювання на ЕП на тих самих територіях за досліджуваний період (табл. 6).

Таблиця 6. Відносний ризик ймовірності захворювання на епідемічний паротит в обраних регіонах (2015–2021 рр.)

Роки	Регіони	ВШ, OR	BP, RR	95% ДІ	Рівень значущості p
2015	Дніпропетровська/ Закарпатська	1,29	1,29	0,52–3,20	=0,5896
		0,78	0,78	0,31–1,94	
2016	Дніпропетровська/ Закарпатська	1,07	1,07	0,55–2,07	=0,8375
		0,93	0,93	0,48–1,81	
2017	Дніпропетровська/ Закарпатська	1,17	1,17	0,38–3,62	=0,7878
		0,86	0,86	0,28–2,65	
2018	Ів.-Франківська/ Закарпатська	0,06	0,06	0,01–0,43	=0,0055
		17,48	17,48	2,32–131,83	
2019	Ів.-Франківська/ Закарпатська	0,07	0,07	0,02–0,22	<0,0001
		14,55	14,55	4,50–47,03	
2020	Дніпропетровська/ Закарпатська	0,99	0,99	0,54–1,85	=0,9865
		1,01	1,01	0,54–1,87	
2021	Дніпропетровська/ Закарпатська	0,04	0,04	0,12–2,39	<0,0001
		23,64	23,64	0,06–0,12	

Визначено, що впродовж 2015–2017 рр. можливість захворіти на ЕП у населення Дніпропетровської області була в 1,07–1,29 рази вища, ніж у мешканців Закарпаття; в проміжку 2018–2019 рр. виявлено зворотний зв'язок між фактором ризику (обсяги СТЧ) та ймовірністю захворіти на ЕП для населення Івано-Франківщини, тобто жителі цієї області мали на 94% ($1-0,06=0,94 \rightarrow 94\%$) та 93% ($1-0,07=0,93 \rightarrow 93\%$) менший шанс захворіти на ЕП під дією викидів СТЧ, порівняно з мешканцями Закарпатського регіону. В 2020 р. показники BP та

ВШ практично дорівнювали 1 і, таким чином, того року ймовірність захворювання на ЕП була однаковою на аналізованих територіях.

При оцінюванні даних 2021 р. показано, що населення Дніпропетровської області мало на 96% ($1-0,04=0,96 \rightarrow 96\%$) менший шанс захворіти на ЕП під дією викидів СТЧ, порівняно з мешканцями Закарпатського регіону (див. табл. 7).

Подібний розрахунок для кількісної оцінки тісноти зв'язку між можливістю виникнення захворювання на

ГВДШ та обсягами СТЧ (в зазначених областях) довів, що в регіонах з найбільшими обсягами суспендованих твердих часток (кг/особа) – Дніпропетровська і Іва-

но-Франківська обл. – ризик захворіти на ГВДШ вищий, ніж у області порівняння за весь період, що аналізується (табл. 7).

Таблиця 7. Відносний ризик ймовірності захворювання на ГВДШ в обраних регіонах (2015–2021 рр.)

Роки	Регіони	ВШ, OR	BP, RR	95% ДІ	Рівень значущості p
2015	Дніпропетровська/ Закарпатська	1,71	1,58	1,57–1,59	<0,0001
		0,58	0,63	0,63–0,64	
2016	Дніпропетровська/ Закарпатська	2,4	2,05	2,04–2,06	<0,0001
		0,42	0,49	0,48–1,49	
2017	Дніпропетровська/ Закарпатська	2,37	2,1	2,09–2,11	<0,0001
		0,42	0,48	0,47–0,48	
2018	Івано-Франківська/ Закарпатська	1,49	1,42	1,41–1,43	<0,0001
		0,11	0,7	0,70–0,71	
2019	Івано-Франківська/ Закарпатська	1,34	1,29	1,28–1,29	<0,0001
		0,75	0,78	0,77–0,78	
2020	Дніпропетровська/ Закарпатська	1,75	1,62	1,61–1,63	<0,0001
		0,57	0,62	0,61–0,62	
2021	Дніпропетровська/ Закарпатська	1,84	1,63	1,63–1,64	<0,0001
		0,54	0,61	0,61–0,62	

Кількісне оцінювання ймовірності захворювання на краснуху пов'язати з обсягами викидів СТЧ неможливо через відсутність зареєстрованих випадків інфекції в обраних областях у 2015–2021 рр.

Варто підкреслити, що забруднення повітря в Україні – проблема, яка зберігає свою актуальність багато років, а з початком повномасштабної війни стала ще більш критичною. Активні воєнні дії, бомбардування та пожежі на об'єктах промисловості, енергетики, нафтобаз та лісів призводять до утворення великих обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря (72 937 129 тон на 12.11.2024 р.) і натеper спричинили шкоду доквіллю від горіння нафтопродуктів на 138,68 млрд грн, від лісових пожеж – 637,77 млрд грн, від загоряння інших об'єктів – 5,97 млрд грн [12].

Оскільки якість атмосферного повітря безпосередньо впливає на здоров'я та якість життя мільйонів українців, нами було проведено вивчення зв'язку між забрудненістю повітря і захворюваністю на інфекції верхніх дихальних шляхів впродовж 2022 р.–2024 р. (9 міс.) на прикладі м. Києва. Як було зазначено вище, протягом довоєнного періоду (2015–2021 рр.) у столиці

був зафіксований дуже сильний прямий зв'язок ($r=0,95$) між показником захворюваності на ГВДШ та обсягом викидів СТЧ ($p<0,05$). При аналізі стану якості повітря після 24.02.2024 р. показано, що у першому півріччі 2024 р. загальний рівень забруднення атмосферного повітря в Україні за індексом забруднення атмосфери (ІЗА) становив 6,4 і оцінювався як підвищений і він майже не змінився відносно 2022 р. та 2023 р. – 6,5 і 6,6 відповідно; для порівняння: у 2021 р. ІЗА дорівнював 7,1 (ІЗА менше 5,0 – рівень низький, від 5,0 до 7,0 – підвищений, від 7,0 до 14,0 – високий, ≥ 14 – дуже високий).

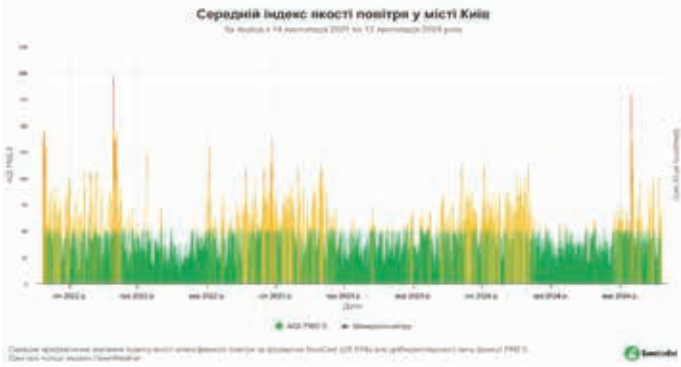
Для м. Києва ІЗА були такі: 7,1 у 2024 р. (6 міс.); 7,7 у 2023 р.; 7,6 у 2022 р. та 8,6 у 2021 р., тобто індекс зменшувався протягом аналізованого періоду. І попри те, що бойові дії впливають на якість повітря, провокуючи можливе збільшення дрібнодисперсного пилу (PM_{2.5}) – одного з найбільш небезпечних видів забруднення, після початку війни якість повітря в Україні загалом і зокрема в Києві дещо покращилася, порівнюючи з довоєнним часом (табл. 8), що, як вважають, є наслідком скорочення викидів від промислового виробництва і транспорту.

Таблиця 8. Середньорічна концентрація PM_{2.5} (мкг/м³) в 2018–2023 рр.

Роки Регіони	2023	2022	2021	2020	2019	2018
Україна	8,6	9,7	18,5	19,2	16,6	14
Київ	8,9	9,5	18,8	19,2	16,6	13,8

Оригінальні дослідження

Рисунок 1. Індекс якості атмосферного повітря (AQI PM_{2,5}) в м. Києві за 2022 р. – 2024 р. (9 міс.), за даними SaveEcoBot [14]



Показники цього поллютанта відображені в Air Quality Index (AQI PM_{2,5}) – індексу якості повітря, розробленого Агенцією з охорони довкілля США [13]. Шляхом використання цього показника можна оцінити забруднення повітря з огляду на його рівень та час, впродовж якого воно тривало (рис. 1). Упродовж січня 2022 р.–вересня 2024 р. середньомісячний індекс AQI PM_{2,5} в столиці знаходився в межах 0–100 умовних одиниць. Ці значення відповідали доброму або помірному рівню забруднення повітря з мінімальним впливом на здоров'я або таким, що викликав незначний дискомфорт при ди-

ханні у чутливих людей (AQI оцінюється на шкалі від 0 до 500 або більше, причому нижні значення вказують на кращу якість повітря, а вищі – на гіршу [13]). При визначенні кореляційної залежності між показником захворюваності на ГІВДШ та індексом AQI PM_{2,5} в м. Києві протягом 2022 р. – 9 міс. 2024 р. виявлені прямі зв'язки середньої сили ($r=0,6; 0,7; 0,5$) між AQI PM_{2,5} і рівнями захворюваності на ГІВДШ протягом (табл. 9). Слід зазначити, що впродовж 2022 р. переважно більшість часу (понад 90%) у Києві спостерігалось чисте повітря. Загалом сплески забруднення фіксувалися у цих часових проміжках: 12–31 березня 2022 р. (пожежі, спричинені активними бойовими діями довкола м. Києва); 22–23 серпня 2022 р. (пилова буря транскордонного походження – з Каспійської низовини та інших азіатських регіонів); 22–25 грудня 2022 р. (метеорологічні умови, які сприяли накопиченню та утриманню шкідливих домішок у приземному шарі повітря). У 2024 р. у вересні зафіксовано пожежі на торф'яниках довкола столиці, зокрема і внаслідок обстрілів російською армією (20 вересня займання на північному кордоні України створили димову завісу, яка простягалася до Києва). Водночас рівні забруднення повітря (за AQI PM_{2,5}) відповідали сезонним тенденціям: високі показники забруднення повітря в осінньо-зимовий період і їх зниження навесні та влітку.

Таблиця 9. Показник захворюваності на ГІВДШ мешканців м. Києва, індекс якості атмосферного повітря AQI PM_{2,5} та лінійна кореляція між ними (2022 р. – 9 міс. 2024 р.)

Роки Місяці	2022 р.		2023 р.		2024 р. (9 міс.)	
	Показник захворюваності	AQI PM _{2,5}	Показник захворюваності	AQI PM _{2,5}	Показник захворюваності	AQI PM _{2,5}
Січень	2 427,37	58	1 251,81	62	1 985,37	52
Лютий	2 639,02	52	1 471,94	47	2 309,31	53
Березень	693,63	58	2 088,84	55	1 643,32	62
Квітень	348,9	39	1 228,76	35	1 354,14	25
Травень	198,67	23	1 072,62	33	1 245,66	26
Червень	234,07	26	720,75	28	549,23	25
Липень	241,85	16	451,5	25	519,1	34
Серпень	401,8	34	491,24	32	763,14	33
Вересень	1 270,75	34	1 029,13	40	918,23	64
Жовтень	1 028,05	44	1 596,29	46	н/д	
Листопад	846,49	59	2 143,98	44	н/д	
Грудень	1 336,38	73	1 944,49	59	н/д	
Коефіцієнт кореляції (r)	0,6		0,7		0,5	
Примітка : н/д – немає даних						

Для вивчення впливу факторів війни на стан атмосферного повітря і, відтак, на захворюваність інфекціями з повітряно-крапельним механізмом передачі збудника важливо враховувати такі чинники, як влучання ракет в нафтову інфраструктуру, пожежі на промислових та енергетичних

об'єктах, пожежі в лісах, що призводять до викидів великих обсягів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. З іншого боку, знищення/припинення роботи низки об'єктів промислового та енергетичного комплексу, падіння ділової активності та зменшення використання автотран-

спорту сприяє зменшенню забруднення повітря.

Загалом можна констатувати, що хоча забруднення повітря фракцією $PM_{2.5}$ за період 2022 р.–2024 р. (9 міс.) у м. Києві дещо знизилось, пряма кореляційна залежність середньої сили між індексом AQI $PM_{2.5}$ та рівнями захворюваності на ГВДШ свідчить про наявність впливу дрібнодисперсного пилу на вразливість людини до збудників деяких інфекційних хвороб.

Висновки.

За результатами нашого дослідження встановлено прямі сильні зв'язки між показником захворюваності на ЕП та обсягом викидів, а також показником захворюваності на ЕП та викидами СТЧ.

Порівняльний аналіз відповідних коефіцієнтів детермінації дав змогу встановити небезпеку впливу сукупного забруднення повітря викидами від стаціонарних та пересувних джерел, СТЧ, $PM_{2.5}$ на захворюваність на ЕП, кір, краснуху. Відносний ризик захворіти на наведені вище нозології (2015–2021 рр.) був несуттєвим за областями порівняння.

Проведений аналіз показав, що доцільно проводити подальші дослідження для відстеження сили зв'язку між вказаними змінними, котрі продовжать і надалі впливати на здоров'я населення.

Література

1. Air quality and health [Electronic resource] // WHO. Electronic data. 2018. Mode of access: Internet [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health/](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health/). Title from the screen (viewed 2.10.2024).
2. Всесвітня організація охорони здоров'я. Забруднення повітря [Електронний ресурс]. Mode of access: Internet https://www.who.int/health-topics/airpollution#tab=tab_1. Title from the screen (viewed 2.10.2024).
3. Viral respiratory infections and air pollutants / M. C. Loaiza-Ceballos, D. Marin-Palma, W. Zapata [et al.] // *Air Qual Atmos Health*. 2022; 15: 105–114. URL: <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01088-6>.
4. COVID-19 and air pollution: A dangerous association? / M. Urrutia-Pereira, C.A. Mello-da-Silva, D. Solé // *Allergol Immunopathol*. 2020; 48(5): 496–499. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aller.2020.05.004>.
5. Source sector and fuel contributions to ambient $PM_{2.5}$ and attributable mortality across multiple spatial scales / E. E. McDuffie, R. V. Martin, J. V. Spadaro [et al.] // *Nat Commun*. 2021; 12: article 3594. URL: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23853-y>.
6. Domingo J. L. Effects of air pollutants on the transmission and severity of respiratory viral infections / J. L. Domingo, J. Rovira // *Environmental research*. 2020; 187: article 109650. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109650>.
7. Acute effects of air pollution on influenza-like illness in Nanjing, China: a population-based study / L. Huang, L. Zhou, J. Chen [et al.] // *Chemosphere*. 2016; 147: 180–187. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.12.082>.
8. The association between respiratory infection and air pollution in the setting of air quality policy and economic change / D. P. Croft, W. Zhang, S. Lin [et al.] // *Ann. Am. Thorac. Soc*. 2019; 16: 321–330. URL: <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201810-691OC>.
9. Показники захворюваності і поширеності та сучасні погляди на профілактику хвороб / В. В. Чорна, С. С. Хлестова, Н. І. Гуменюк [та ін.] // *Вісник Вінницького національного медичного університету*. 2020; 24(1): 158–164. URL: [https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2020-24\(1\)-3](https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2020-24(1)-3).
10. Герасименко С. С. Головач А. В., Єріна А. М. Статистика: підручник / С. С. Герасименко, А. В. Головач, А. М. Єріна : К.: КНЕУ. 2007. – 467 с.
11. Чинники ризику: методика визначення й оцінювання, прогнозування в медицині (огляд літератури; приклади використання у власній клінічній практиці) – повідомлення перше / О. П. Фаюра, А. О. Максимук, О. О. Абрагамович [та ін.] // *Lviv Clinical Bulletin*. 2021; 1 (33), 2 (34): 51–64. URL: <https://doi.org/10.25040/lkv2021.01-02.051>.
12. ЕкоЗагроза. Офіційний ресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ecozagroza.gov.ua> (дата звернення: 12.11.2024). Назва з екрану.
13. U. S. Environmental Protection Agency: website. URL: <https://www3.epa.gov/airnow/aqicalctest/nowcast.html> (date of access: 12.11.2024).
14. Якість повітря у місті Київ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.saveecobot.com/maps/kyiv> (дата звернення: 04.11.2024). Назва з екрану.

Відомості про авторів:

Сергеева Т. А. — д. мед. н., старший науковий співробітник, завідувачка лабораторії епідеміології інфекційних хвороб ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л. В. Громашевського НАМН України». ORCID: 0000-0001-6488-4042

Максименко О. В. — к. б. н., старший науковий співробітник лабораторії епідеміології інфекційних хвороб ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л. В. Громашевського НАМН України». ORCID: 0009-0004-3566-2124

Кислих О. М. — науковий співробітник лабораторії епідеміології інфекційних хвороб ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л. В. Громашевського НАМН України». ORCID: 0009-0003-7387-2109

Ватаманюк М. Ю. — молодший науковий співробітник лабораторії епідеміології інфекційних хвороб ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л. В. Громашевського НАМН України».

Мурашко О. В. — науковий співробітник відділу науково-організаційної діяльності та міжнародних зв'язків ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л. В. Громашевського НАМН України». ORCID: 0009-0005-6980-1249

Information about the authors:

Serheieva T. A. — Doctor of Medicine, senior researcher, head of the laboratory of epidemiology of infectious diseases, SI «The L. V. Hromashevskiy Institute of epidemiology and infectious diseases of NAMS of Ukraine». ORCID: 0000-0001-6488-4042

Maksymenko O. V. — Candidate of Biological Sciences, senior researcher at the laboratory of epidemiology of infectious diseases, SI «The L. V. Hromashevskiy Institute of epidemiology and infectious diseases of NAMS of Ukraine». ORCID: 0009-0004-3566-2124

Kyslykh O. M. — researcher at the laboratory of epidemiology of infectious diseases, SI «The L. V. Hromashevskiy Institute of epidemiology and infectious diseases of NAMS of Ukraine». ORCID: 0009-0003-7387-2109

Vatamanyuk M. Yu. — junior researcher at the laboratory of epidemiology of infectious diseases, SI «The L. V. Hromashevskiy Institute of epidemiology and infectious diseases of NAMS of Ukraine».

Murashko O. V. — researcher at the department of scientific and organizational work and international relations, SI «The L. V. Hromashevskiy Institute of epidemiology and infectious diseases of NAMS of Ukraine».