

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я  
ім. О. М. МАРЗЄЄВА  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ»

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**МАЛЄЄВА ГАННА ЮРІЇВНА**

УДК: 616-022.854.2-036.2-035.7:614.44(477.64)

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ЗАВЧАСНОГО ПОПЕРЕДЖЕННЯ  
НАСЕЛЕННЯ ПРО НЕБЕЗПЕЧНУ АЕРОАЛЕРГЕННУ СИТУАЦІЮ,  
ЯКА ЗУМОВЛЕНА ПИЛКОМ АМБРОЗІЇ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ  
ЗАПОРІЖЖЯ**

14.02.01 – Гігієна та професійна патологія

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Г.Ю. Малєєва

Науковий керівник – Приходько Олександр Борисович, доктор біологічних наук,  
доцент

Запоріжжя – 2021

## АНОТАЦІЯ

*Малєєва Г.Ю.* Вдосконалення методів завчасного попередження населення про небезпечну аероалергенну ситуацію, яка зумовлена пилком амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 14.02.01 – «Гігієна та професійна патологія» (біологічні науки) – Запорізький державний медичний університет, Запоріжжя, ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», Київ, 2021.

Дисертаційна робота присвячена покращенню системи профілактики полінозів шляхом завчасного попередження населення Запоріжжя на основі розробленого алгоритму прогнозування аероалергенної ситуації.

За останні роки багато науковців присвячували свої дослідження саме питанню аеромоніторингу та прогнозуванню аероалергенної ситуації з використанням різноманітних методик, моделей а також з урахуванням тих чи інших факторів як ендогенної так і екзогенної природи. Так, Приходько О.Б. запропонував спосіб прогнозування аеропалінологічної ситуації, але без врахування змін погодних умов напередодні. Детальний аналіз впливу метеоумов на зміну кількості пилку в атмосферному повітрі було проведено групою українських аеробіологів у м. Києві та м. Вінниці. В роботах О.І. Турос, І.М. Ковтуненко, В. В. Родінкової, Л. В. Кременської та І. І. Мотрук виявлено кореляцію між кількістю пилку різних видів рослин та метеоумовами. В роботі Л. В. Кременської визначена слабка кореляція кількості пилку першої хвилі палінації з метеоумовами, яка не перевищувала 0,2. В роботі І. І. Мотрук було сформовано інтегральну характеристику метеофакторів, якій було присвоєно назву «фактор погоди»(F). На відміну від вище згаданих робіт, у дисертаційній роботі доведено, що найбільш суттєвий вплив мав не кожний фактор окремо, а

саме комплекс змін погодних умов впродовж декількох днів напередодні збільшення чи зменшення кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі.

Для досягнення мети здобувачем було проведено моніторинг кількості пилку амброзії атмосферного повітря м. Запоріжжя за допомогою волюметричного методу у період з 2012 по 2016 роки. Було проаналізовано отримані щодобові зразки з серпня по жовтень та визначено кількість пилкових зерен амброзії з використанням методу підрахунку вертикальних трансект та проведено ретроспективні дослідження залежності кількості пилку у атмосферному повітрі від зміни погодних умов з 2006 р.

Для подальшої обробки даних та встановлення взаємозв'язків між кількістю пилку амброзії та погодними факторами, було встановлено та порівняно щорічні особливості палінації цієї рослини. Так, у 2012 році було визначено 7774 пилкові зерна амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя. В даний період спостереження було зафіксовано два пікових періоди. Перший пік припав на 13 вересня, саме тоді кількість пилкових зерен зросла майже у 2,5 рази у порівнянні із минулим днем та склала 773 пилкових зерен у кубометрі атмосферного повітря. Другий пік було зафіксовано 14 вересня – кількість пилку амброзії склала 388 зерен у кубометрі повітря

У 2013 було визначено 11625 пилкових зерен, що перевищувало минулорічні показники майже у 1,5 рази. Наприкінці другої декади серпня кількість пилку амброзії в атмосферному повітрі різко зросла. Так, 18.08, вона складала 657 зерен у м<sup>3</sup>, 19.08. – 980, а 21.08 – 716.

У 2014 році загальна кількість пилку амброзії склала 4773, що становить 45% від даних, отриманих в ході проведення багаторічного моніторингу. Пікові дні припали на 29.08 (428 зерен), 30.08 (443 зерна), 4.09 (максимальна кількість – 472 зерна) та 5.09 (353 зерна), причому концентрація пилку амброзії різко зросла майже у 4 рази.

У 2015 році кількість пилку амброзії, яку визначили за рік, склала 9547 зерен. Перший пік припав на 2.09. Концентрація пилку амброзії збільшилась вдвічі і досягла максимального значення для цього року – 1052 зерна. Впродовж

наступних декількох днів було відмічено зниження кількості пилку амброзії, проте, 6.09, було зафіксовано ще один пік – 769 пилкових зерен у кубометрі повітря.

У 2016 році всього було визначено 10534 зерен амброзії. Високу концентрацію пилкових зерен в атмосферному повітрі було відмічено у третій декаді серпня. Так, 21.08, кількість пилку амброзії різко збільшилась до 691 зерна у кубометрі повітря, 25.08 було зафіксовано 728 зерен, 30.08 – 706, а максимальна кількість – 799 пилкових зерен була 31.08.

З використанням отриманих результатів, було проаналізовано та встановлено тенденції зміни аероалергенної ситуації у м. Запоріжжі на прикладі пилку амброзії. Доведено, що концентрація пилку в атмосферному повітрі поступово та повільно збільшується від початку цвітіння, а при масовому цвітінні амброзії досягає максимуму. Встановлено, що сприятлива для цвітіння анемофільних рослин комбінація метеорологічних особливостей року може значно збільшити показники концентрації пилку амброзії у повітрі м. Запоріжжя відносно середньорічних, а несприятлива комбінація в свою чергу здатна суттєво знизити рівень пилку цієї рослини у порівнянні із очікуваною у цей період кількістю.

Відмічено, що аналіз концентрації амброзії разом із врахуванням змін погодних умов напередодні певного дня, дозволяє більш точно прогнозувати аероалергенну ситуацію, що викликається пилком цієї рослини, що у подальшому покращить профілактичні заходи щодо попередження алергічних захворювань серед населення.

З'ясовано фактори та вивчено ступінь їх впливу на зміну кількості пилку в атмосферному повітрі. Встановлено середній день цвітіння, середню кількість пилку за рік та стандартне відхилення по днях палінації відповідно нормального розподілу Гауса. Встановлено щодобові коефіцієнти для вирахування особливостей палінації з використанням прогнозу метеорологічних умов для м. Запоріжжя.

Вирахувано коефіцієнт залежності кількості пилку амброзії у повітрі від атмосферного тиску. Відмічено та практично доведено, що кількість пилку збільшується при зміні погоди, коли також знижується атмосферний тиск. З'ясовано вплив вітру на зміну кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі. Встановлено, що зазвичай збільшення кількості пилку спостерігається під час посилення вітру у порівнянні з попередньою добою. Прораховано вплив опадів на зміну кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі. Доведено досить суттєву залежність зміни концентрації пилку амброзії у повітрі від кількості опадів – підвищення концентрації при незначних опадах і зниження тільки при сильних зливах. Визначено залежність кількості пилку амброзії від відносної вологості. Відмічено, що більше пилку визначалось при низькій вологості, а саме у випадку, коли вологість зменшувалась в останні дні. Обґрунтовано необхідність врахування поправки на асиметрію розподілу пилку амброзії по днях палінації у зв'язку з тим, що після масового викиду, пилок не одразу осідає на субстрат, а ще деякий час літає у повітрі. Відмічено, що у зв'язку з цією особливістю, навіть після проходження періоду з максимальною концентрацією пилових зерен у повітрі, при наявності сприятливих погодних умов, амброзія ще довго може становити небезпеку для людей із сенсibiliзацією.

Запропоновано оцінювати рівень загрози для людей із алергією на пилок амброзії за 5-ти бальною шкалою, у якій 1 бал буде свідчити про низький рівень загрози, 2 бали будуть відповідати підвищеному рівню небезпеки, 3 бали – середньому рівню загрози, 4 бали – високому, а 5 балів найвищому рівню небезпеки для хворих.

Розроблено алгоритм прогнозування аероалергенної ситуації з урахуванням зміни метеорологічних умов та середніх значень палінації. Розроблено та проведено тестування комп'ютерної програми «ANDROID-віджет» для прогнозування концентрації пилку у повітрі м. Запоріжжя».

Наукова новизна. Вперше було визначено роль дії окремих факторів, що змінюються, на кількість пилку у повітрі. Встановлено, що найбільш суттєвий вплив мав не кожний фактор окремо, а саме комплекс змін погодних умов

напередодні збільшення чи зменшення кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя. Вперше було прораховано коефіцієнти впливу змін атмосферного тиску, вітру, вологості, опадів та враховано асиметрію розподілу пилку амброзії по днях палінації.

Вперше було розроблено алгоритм прогнозування аероалергенної ситуації на основі зміни погодних умов. Було враховано визначені метеорологічні умови та асиметрію розподілу пилку по дням палінації. Вперше розроблено та проведено тестування комп'ютерної програми «ANDROID-віджет для прогнозування концентрації пилку у повітрі м. Запоріжжя».

Було удосконалено систему профілактичних заходів щодо попередження спалахів полінозів. Запропоновано оцінювати рівень загрози для людей із алергією на пилок амброзії за шкалою, де кожний із п'яти запропонованих балів відповідає певному рівню пилкових зерен цієї рослини в атмосферному повітрі.

Практичне значення. Проведені дослідження становлять практичний інтерес для гігієни, алергології та доводять, що завчасне попередження населення про небезпечну аеропалінологічну ситуацію можливе лише при врахуванні факторів метеорологічного характеру та інших чинників, які здатні впливати на зміну кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі. Експериментально досліджено та обґрунтовано взаємозв'язки між зміною кількості пилку у повітрі та змінами погодних умов. Для покращення профілактики полінозів, на базі створеного алгоритму, розроблено та виготовлено програмний продукт «ANDROID-віджет для прогнозування концентрації пилку у повітрі м. Запоріжжя», який впроваджено в діяльність лікарів алергологів.

*Ключові слова:* пилок, амброзія, аеропалінологічна ситуація, аероалергенний моніторинг, метеорологічні фактори, прогнозування аероалергенної ситуації.

## ANNOTATION

Maleeva G.Yu. Improvement of methods for early people's prediction about a dangerous aero-allergenic situation, which is caused by ragweed pollen in the atmospheric air of Zaporizhzhia. – The manuscript.

Dissertation for the Candidate Biological Science degree, specialty 14.02.01 – «Hygiene and Occupational Pathology» (biological science) – Zaporizhzhia State Medical University, Zaporizhzhia, State Institution «O.M. Marzieiev Institute for Public Health, National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, 2021.

The dissertation is devoted to the improvement of the system of pollinosis prevention by early warning of the population of Zaporizhzhia based on the developed algorithm of forecasting of aeroallergenic situation.

In recent years, many scientists have devoted their research to the issue of aeromonitoring and forecasting of the aeroallergenic situation using a variety of techniques, models, as well as considering certain factors of both endogenous and exogenous nature. So, O.B. Prikhodko proposed a way to predict the aeropalinological situation, but without considering changes in weather conditions the day before. A detailed analysis of the influence of meteorological conditions on the change in the amount of pollen in the air was conducted by a group of Ukrainian aerobiologists in Kyiv and Vinnytsia. In the works of O.I. Turos, I.M. Kovtunencko, V.V. Rodinkova, L.V. Kremenskaya and I.I. Motruk revealed a correlation between the amount of pollen of different plant species and meteorological conditions. In the work of L.V. Kremenskaya was determined the weak correlation between the amount of pollen of the first wave of pollination and meteorological conditions, which did not exceed 0.2. In the work of I.I. Motruk, an integral characteristic of meteorological factors was formed, which was given the name "weather factor" (F). In contrast to the above works, the dissertation proved that the most significant impact was not to each factor, but to set of changes in weather conditions for several days before the increase or decrease in the amount of ragweed pollen in the air.

In order to achieve this goal, were used the monitoring of ragweed pollen amount in Zaporizhzhia city using the volumetric method from 2012 to 2016. The obtained daily samples from August to October were analyzed and the number of ragweed pollen grains were determined using the vertical transect calculation method and retrospective studies of the dependence of pollen quantity in the air on changes in weather conditions since 2006 were performed.

The annual features of pollination of this plant were established and compared for further processing the data and establishing the relationship between the amount of ragweed pollen and weather factors. Thus, in 2012, 7774 ragweed pollen grains were identified in the air of Zaporizhzhia. In this observation period, two peak periods were recorded. The first peak was September 13, during this period the number of pollen grains increased by almost 2.5 times compared to the previous day and was 773 pollen grains in cubic meters of atmospheric air. The second peak was recorded on 14.09 – the amount of ragweed pollen was 388 grains per cubic meter of air.

In 2013, 11625 pollen grains were identified, it is in 1.5 times more than in last years. In the end of the second decade of August, the amount of ragweed pollen in the atmosphere increased sharply. Thus, on 18.08 it was 657 grains in  $m^3$ , 19.08. – 980, and 21.08 – 716 grains in  $m^3$ .

In 2014, the total amount of ragweed pollen was 4773, which is 45% of the data obtained during the long-term monitoring. Peak days were detected on 29.08 (428 grains), 30.08 (443 grains), 4.09 (maximum amount – 472 grains) and 5.09 (353 grains), with the increasing of ragweed pollen concentration almost in 4 times.

In 2015, the annual amount of ragweed pollen was 9547 grains. The first peak came on 2.09. The concentration of ragweed pollen has doubled and reached its maximum value for this year – 1052 grains. Over the next few days a decrease in the amount of ragweed pollen was observed, however, at 6.09, another peak was recorded 769 pollen grains per cubic meter of air.

In 2016, were identified 10534 ragweed grains. The high concentration of pollen grains in the atmospheric air was observed in the third decade of August. Thus, on 21.08, the amount of ragweed pollen increased sharply to 691 grains per cubic meter



of air, on 25.08 were recorded 728 grains, 30.08 – 706, and the maximum amount was on 31.08 – 799 pollen grains.

Using the obtained results, the tendencies of the allergenic situation change in Zaporizhzhia on the example of ragweed pollen were analyzed and established. It is proved that the concentration of pollen in the atmospheric air gradually and slowly increases from the beginning of flowering, and at mass flowering of ragweed reaches a maximum. It is established that the combination of meteorological features of the year that is favorable for the flowering of anemophilous plants can significantly increase the concentration of ragweed pollen in the air of Zaporizhzhia relative to the annual average, and the unfavorable combination, in turn, can significantly reduce the level of pollen of this plant compared to the amount expected during this period.

It is noted that the analysis of ragweed concentration, taking into account changes in weather conditions before the certain day, allows to make more accurately prediction of the aeroallergenic situation caused by pollen of this plant, which will further improve preventive measures to prevent allergic diseases in the population.

The factors were investigated and the degree of their influence on the change in the amount of pollen in the atmospheric air was studied. The average flowering day, the average pollen count per year, and the standard deviation by days of pollination were established according to the normal Gaussian distribution. The daily coefficients were established to calculate the features of flowering using the weather forecast for Zaporizhzhia.

The dependence coefficient of ragweed pollen amount in the air on the atmospheric pressure was calculated. It is noted and practically proved that the amount of pollen increases with the weather, when the atmospheric pressure also decreases. The effect of wind on the change in the amount of ragweed pollen in the ambient air has been investigated. We established that usually an increasing of pollen grains observed during the strengthening of the wind compared to the previous day. The effect of precipitation on the change for pollen in the ambient air were calculated. The significant dependence of the change in the concentration of ragweed pollen in the air on the amount of precipitation has been proved – increasing of the ragweed

concentration at low rainfall and reducing it only in heavy rainfall. The dependence of the amount of ragweed pollen on the relative humidity was determined. It was noted that more pollen was determined at low humidity, when the humidity decreased in recent days. The necessity to consider the correction of the asymmetry of ragweed pollen distribution on the days of pollination is because after the mass ejection, the pollen does not immediately settle on the substrate, and for some time flies in the air. It is noted that in connection with this feature, even after passing the period with the maximum concentration of pollen grains in the air, in the presence of favorable weather conditions, ambrosia can for a long time be a danger for people with sensitization.

It is proposed to evaluate the threat level for people with allergy to ragweed pollen on a 5 point scale, in which 1 point will indicate a low threat level, 2 points will correspond to a high level of danger, 3 points – a medium level of threat, 4 points – high, and 5 points for the highest level of danger for patients.

The algorithm for forecasting of the aeroallergenic situation with considering changes in meteorological conditions and average values of pollination has been developed. Testing of the computer program «ANDROID widget for predicting pollen concentration in the air of Zaporizhzhia» was developed and conducted.

Scientific novelty. For the first time, the role of the influence of individual variables on the amount of pollen in the air was determined. It was found that not every factor had the most significant impact, namely very important is the set of changes in weather conditions before the increase or decrease in the amount of ragweed pollen in the air of Zaporizhzhia. For the first time, the coefficients of influence of changes in atmospheric pressure, wind, humidity, precipitation were calculated and the asymmetry of ragweed pollen distribution by days of pollination was taken into account.

For the first time, an algorithm for predicting of the aeroallergenic situation based on the changes in weather conditions were developed. Meteorological conditions and other factors of influence were considered. For the first time, a computer program «ANDROID Widget for Predicting Pollen Concentration in the City of Zaporizhzhia» was developed and tested.

The system of preventive measures to prevent outbreaks of hay fever has been improved. It is suggested to evaluate the level of threat to people with allergy to ragweed pollen on a scale where each of the five points proposed corresponds to a certain level of pollen grains of this plant in the air.

Practical meaning. The conducted researches are of practical interest for hygiene, allergology and prove that early warning of the population about a dangerous aero-palynological situation is possible only considering meteorological factors and other factors that can influence the change of the amount of ambrosia pollen in the air. The relationship between changes in the amount of pollen in the air and changes in weather conditions has been experimentally investigated and substantiated. To improve the prevention of pollinosis, based on the created algorithm, the software product «ANDROID-widget for prediction of pollen concentration in the air of Zaporizhzhia» was developed and manufactured, which can be introduced into the activity of allergists doctors.

Keywords: pollen, ragweed, aero-palynological situation, aero-allergenic monitoring, meteorological factors, aeroallergic forecasting.

## **СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

**1) наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**

*– у наукових фахових виданнях України:*

1. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. Динаміка палінації амброзії у Запоріжжі в період з 2012 по 2016 рік. Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. 2016. №2. С. 121-129. *(Дисертантом самостійно проведено аеропалінологічний моніторинг та сформульовано висновки).*

2. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. Аналіз особливостей та асиметрії розподілу пилку амброзії по днях палінації у повітрі міста Запоріжжя. Scientific Journal «ScienceRise:Biological Science». 2017. №4(7). С. 4-8. *(Дисертантом самостійно отримано експериментальні дані та проведено їх статистичну*

обробку).

3. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Особливості прогнозування кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя. Довкілля та здоров'я. 2018. № 1 (85). С. 31-35. *(Дисертантом самостійно отримано результати моніторингових досліджень та сформульовано висновки).*

4. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Аналіз результатів прогнозування кількості пилку амброзії у повітрі міста Запоріжжя на основі даних 10-річного моніторингу. Екологічні науки. 2018. № 3(22). С. 41-46. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз результатів прогнозування кількості пилку та сформульовано висновки).*

5. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Вдосконалення методів прогнозування аероалергенної ситуації, яка викликається пилком амброзії у м. Запоріжжі. Вісник проблем біології та медицини. 2018. Вип.4, том 2 (147). С. 116-119. *(Дисертантом самостійно проведено підрахунок пилкових зерен та проведено статистичну обробку даних).*

**– у виданнях, які входять до наукометричних баз даних, та в міжнародних фахових виданнях:**

6. Matyasovszky I. et al. Biogeographical drivers of ragweed pollen concentrations in Europe. Theoretical and Applied Climatology. 2018. Vol. 133, № 1-2. P. 277-295. *(Дисертантом самостійно проведено підрахунок кількості пилку амброзії для м. Запоріжжя та проаналізовано результати).*

7. Makra L. et al. Biogeographical estimates of allergenic pollen transport over regional scales: Common ragweed and Szeged, Hungary as a test case. Agricultural and Forest Meteorology. 2016. Vol. 221. P. 94-110. *(Дисертантом самостійно проведено підрахунок кількості пилку амброзії для м. Запоріжжя та проаналізовано результати).*

**2) наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

**– тези доповідей:**

8. Малєєва Г.Ю. Про НДР кафедри біології паразитології та генетики «Динамічна аеробіологія та прогнозування аероалергенної ситуації». Сучасні

аспекти медицини і фармації – 2014: тези доп. 74 всеукр. наук.-практ. конф. Запоріжжя, 2014. С. 22. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*

9. Малєєва Г.Ю. Особливості палінації амброзії у місті Запоріжжя у 2014 році. Актуальні проблеми та перспективи розвитку медичних, фармацевтичних та природничих наук: тези доп. III регіон. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 29 листоп. 2014 р. Запоріжжя, 2014. С. 362-363. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*

10. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. Порівняння кількості пилку амброзії у повітрі м. Запоріжжя у 2014 та минулих роках. Здобутки теоретичної медицини – в практику охорони здоров'я: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 26-27 бер. 2015 р. Запоріжжя, 2015. С. 85-86. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*

11. Малєєва Г.Ю. Присутність пилку амброзії у повітрі м. Запоріжжя під час першої хвилі палінації. Сучасні аспекти медицини та фармації – 2015: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф. Запоріжжя, 2015. С. 28. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*

12. Малєєва Г.Ю. Аналіз кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя у 2015 році. Сучасні погляди на актуальні питання теоретичної, експериментальної та практичної медицини: тези доп. міжнар. конгресу студентів та молодих вчених, м. Тернопіль, 25-27 квіт. 2016 р. Тернопіль, 2016. С 359. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*

13. Малєєва Г.Ю. Результати моніторингових спостережень за кількістю пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя у період з 2006 по 2015 роки. Сучасні аспекти медицини та фармації-2016: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 12-13 трав. 2016 р. Запоріжжя, 2016. С.63-64. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*

14. Малєєва Г.Ю. Присутність пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя у 2015-2017 роках. Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук: тези доп. регіон. наук.-практ.

конф., м. Запоріжжя, 11 груд. 2017 р. Запоріжжя, 2017. С. 34. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез)*.

15. Малєєва Г.Ю. Асиметрія розподілу пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя в період з 2006 по 2015 роки. Довкілля і здоров'я: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Тернопіль, 27-28 квіт. 2017 р. Тернопіль, 2017. С. 108-110. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез)*.

16. Малєєва Г.Ю. Вплив опадів на зміну кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі. Сучасні аспекти медицини та фармації-2017: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 11-12 трав. 2017 р. Запоріжжя, 2017. С. 14-15. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез)*.

17. Малєєва Г.Ю. Вплив деяких метеорологічних чинників на кількість пилку амброзії в атмосферному повітрі міста Запоріжжя. Актуальні питання біології та медицини: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Суми, 16-17 лист. 2017 р. Суми, 2017. С. 76-77. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез)*.

18. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. Аналіз впливу метеорологічних чинників на зміну кількості пилку амброзії у повітрі Запоріжжя. Ідеї академіка В.І. Вернадського та проблеми сталого розвитку освіти і науки: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Кременчук, 11-13 трав. 2018 р. Кременчук, 2018. С. 84. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез)*.

19. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. Прогнозування аероалергенної ситуації, яка викликається пилком амброзії у Запоріжжі. Актуальні питання сучасної медицини та фармації (до 50-річчя заснування ЗДМУ): тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 18-25 квіт. 2018. Запоріжжя, ЗДМУ, 2018. С. 23. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез)*.

### **3) наукові праці, що додатково відображають наукові результати дисертації:**

20. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Спосіб щодобового прогнозування концентрації пилку амброзії в атмосферному повітрі: пат. 115954, Україна, МПК (2006) G01N 5/00, G01/22. № а 2017 01349; заявл. 13.02.2017;

опубл. 10.01.2018 Бюл. №1. *(Дисертант співавтор патенту України на винахід).*

21. Приходько О.Б., Ришов О.А, Попов А.М., Малєєва Г.Ю. “ANDROID-віджет для прогнозування концентрації пилку у повітрі м. Запоріжжя”: Авторське свідоцтво № 74919 Україна; заявл. 22.11.2017; опубл. 26.01.18 Бюл. №47. *(Дисертант співвиконавець розробки віджету для прогнозування концентрації пилку амброзії у повітрі).*

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	18
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ І ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	25
1.1.Аналіз аероалергенної ситуації, що викликається пилом амброзії у м. Запоріжжя.....	25
1.2.Аероалергенна ситуація у світі та сучасні методи попередження населення.....	28
1.3.Вплив метеорологічних умов на зміну концентрації анемофільного пилку у повітрі. ....	32
1.4.Роль дальнього транспорту пилку амброзії у зміні аероалергенної ситуації. ....	37
1.5.Сучасні методи аналізу, статистичної обробки даних та основні принципи побудови алергопрогнозів. ....	44
РОЗДІЛ 2 ОБ’ЄКТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	53
2.1.Пилок амброзії як об’єкт дослідження аеропаліноспектру .....	53
2.2.Обладнання для дослідження кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі та методи мікроскопічного підрахунку .....	54
РОЗДІЛ 3 МОНІТОРИНГ ПИЛКУ АМБРОЗІЇ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ ТА АНАЛІЗ АЕРОАЛЕРГЕННОЇ СИТУАЦІЇ В ПЕРІОД З 2006 ПО 2016 РОКИ .....	59
3.1.Ретроспективний аналіз аероалергенної ситуації в період з 2006 по 2011 роки.....	59
3.2 . Аналіз аероалергенної ситуації в період з 2012 по 2016 роки. ....	66
3.3 . Аналіз середніх показників палінації амброзії у м. Запоріжжі.....	72
РОЗДІЛ 4 СТУПІНЬ ВПЛИВУ ОКРЕМИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА КІЛЬКІСТЬ ПИЛКУ АМБРОЗІЇ У АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ.....	78
РОЗДІЛ 5 ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ПИЛКУ АМБРОЗІЇ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ М. ЗАПОРІЖЖЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАПРОПОНОВАНОГО АЛГОРИТМУ В 2017, 2018 РОКАХ.....	106



РОЗДІЛ 6 АНАЛІЗ Й УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	113
ВИСНОВКИ.....	119
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	119
ДОДАТКИ.....	137

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Останнім часом алергічні захворювання зайняли чи не перше місце за своєю розповсюдженістю, важкістю діагностування, профілактики та лікування [1]. Як відомо, кожний кліматичний регіон має характерні для нього види рослин, здатні продукувати алергенний пилок. Але, в останні десятиріччя, саме пилок амброзії, завдяки своїй високій алергенності та масовості, найчастіше провокує розвиток полінозів у населення [2]. До того ж, здатність амброзії пристосовуватись до різних умов оточуючого середовища дала змогу цьому виду розповсюдитись на досить значні території не лише в Україні, але й у світі.

За останні 20 років поширеність алергічних реакцій на пилок амброзії у всьому світі зросла у два рази. Для населення Європи рівень сенсibiliзації серед населення варіює від 2% у Фінляндії до 50% в Угорщині та й надалі стрімко зростає [3]. Не останню роль у стрімкому розповсюдженні амброзії відіграє також діяльність людини, зміни умов землекористування, вирубування лісів та розвиток економіки. У Європі найбільш ураженими на даний момент залишаються території Угорщини, Сербії, Хорватії, центральної частини Франції та північ Італії. Дуже часто амброзію можна зустріти на узбіччях доріг, промислових та урбанізованих територіях, узбережжі річок, занедбаних земельних ділянках та на полях, де росте в основному соняшник чи кукурудза [4].

У Запоріжжі спостерігається стійка тенденція до зростання захворювань на алергію, яка викликається пилом амброзії. Максимальне збільшення хворих на бронхіальну астму фіксувалося у 2005-2011 роках, а з 2012 р. захворюваність зберігається стабільно високою. Щорічний приріст хворих вже не такий відчутний, але постійний – 5-6% [5].

Обласна та міська рада, Державна інспекція з карантину рослин у Запорізькій області докладають максимум зусиль для боротьби з амброзією. З метою запобігання розповсюдження карантинних рослин та бур'янів, прийнято розпорядження від 22.06.2012 № 316 р «Про заходи щодо боротьби з

карантинними рослинами, бур'янами та несвоєчасним покосом трав», яким передбачено цілий ряд дій. Управлінням охорони здоров'я міської ради з 19.07.2013 розпочато моніторинг захворюваності на полінози у м. Запоріжжі. Завдяки цьому вдалося покращити ситуацію, але проблема залишилася. Та, не дивлячись на проведення заходів щодо зменшення ризиків розвитку алергії на амброзію, питання щодо коректного прогнозування аероалергенної ситуації досі залишається не достатньо вивченим [6, 7].

Найчастіше чинники зростання алергічної захворюваності пов'язують із погіршенням екологічної ситуації за рахунок підвищення рівня забруднення довкілля хімічними, фізичними та біологічними факторами антропогенного походження [8, 9]. Доведено, що поширеність амброзії значно вища у промислових містах внаслідок порушення екосистем. Важливим фактором, що може сильно впливати на зміну термінів цвітіння та кількості пилку алергенних рослин в атмосферному повітрі, є також вплив метеорологічних факторів [10], які у деякі дні здатні значно погіршити аероалергенну ситуацію. Так, наприклад, нами фіксувалися лише декілька днів зі значним перевищенням кількості пилку від очікуваних середніх показників. Лімітуючим фактором для розповсюдження амброзії може бути холодний клімат та висока відносна вологість повітря. Саме тому, на півночі Європи та на морських узбережжях ця рослина досі не змогла зайняти великі площі, але згідно з прогнозами, це може відбутись у зв'язку із глобальним потеплінням та зміною кліматичних умов у майбутньому [11].

Таким чином, проблема пошуку методики прогнозування аероалергенної ситуації зараз набуває великого значення. І, хоча світові тенденції спрямовані, також, на винахід та застосування новітніх досягнень з цього питання, в Україні ці уявлення розвинуті ще дуже слабо та не здатні повною мірою організувати своєчасну профілактику сезонного алергічного риніту та бронхіальної астми у населення промислового міста, яким є Запоріжжя.

**Мета:** Покращення системи профілактики полінозів шляхом завчасного попередження населення Запоріжжя на основі розробленого алгоритму прогнозування аероалергенної ситуації.

### **Задачі дослідження.**

1. Здійснити моніторинг вмісту пилку амброзії у атмосферному повітрі м. Запоріжжя в період з 2012 по 2016 рр.
2. Проаналізувати аероалергенну ситуацію у м. Запоріжжі на прикладі пилку амброзії.
3. Визначити фактори та їх ступінь впливу на формування кількості пилку в атмосферному повітрі.
4. Розробити алгоритм прогнозування аероалергенної ситуації з урахуванням визначених метеоумов та інших факторів.

*Об'єкт дослідження:* особливості аероалергенної ситуації, обумовленої кількісним вмістом пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя.

*Предмет дослідження:* динамічні аспекти аероалергенної ситуації на прикладі пилку амброзії та окремі фактори, які здатні впливати на кількість пилку у повітрі.

**Методи дослідження.** Аеробіологічні методи (для дослідження пилку та спор у повітрі волюметричним способом, експериментальне вивчення ендогенних особливостей палінації рослин), палінологічні методи (для визначення видового різноманіття анемофільних рослин за пилком), статистичні методи (при обробці результатів дослідження регресії та кореляції динаміки аероалергенної ситуації зі змінами погодних умов та іншими факторами), аналітичні методи (для проведення аналізу даних моніторингу та пошуку взаємозв'язку між кількістю пилку у повітрі та погодними умовами).

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

Вперше було визначено роль дії окремих факторів, що змінюються, на кількість пилку у повітрі. Встановлено, що найбільш суттєвий вплив мав не кожний фактор окремо, а саме комплекс змін погодних умов напередодні збільшення чи зменшення кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя. Вперше було прораховано коефіцієнти впливу змін атмосферного тиску, вітру, вологості, опадів та враховано асиметрії розподілу пилку амброзії по днях палінації.

Вперше було розроблено алгоритм прогнозування аероалергенної ситуації на основі зміни погодних умов. Було враховано визначені метеорологічні умови та інші фактори впливу. Вперше розроблено та проведено тестування комп'ютерної програми «ANDROID-віджет» для прогнозування концентрації пилку у повітрі м. Запоріжжя».

Було удосконалено систему профілактичних заходів щодо попередження спалахів полінозів. Запропоновано оцінювати рівень загрози для людей із алергією на пилок амброзії за шкалою, де кожний із п'яти запропонованих балів відповідає певному рівню пилкових зерен цієї рослини в атмосферному повітрі.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є особистою працею автора. Дисертантом самостійно опрацьовані дані літератури, проведено моніторингові дослідження, вивчення та аналіз отриманих зразків проб повітря, ідентифікація видової приналежності пилкових зерен. Автором власноруч занесено отримані результати у комп'ютерні бази цифрових даних, проведено їх статистичний аналіз. За результатами проведених досліджень надруковано наукові праці, створено доповіді та написано всі розділи дисертації. Разом із науковим керівником сформульовано висновки і практичні рекомендації. Дисертант забезпечила впровадження результатів у практику охорони здоров'я і навчальний процес на кафедрах медичних вузів України. У публікаціях не використані ідеї співавторів.

**Апробація матеріалів дисертації.** Основні положення дисертації були представлені та обговорені на науково-практичній конференції «Сучасні аспекти медицини і фармації» (м. Запоріжжя, 15-16.05. 2014); III регіональній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми та перспективи розвитку медичних, фармацевтичних та природничих наук» (м. Запоріжжя, 29.11. 2014); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Здобутки теоретичної медицини – в практику охорони здоров'я» (м. Запоріжжя, 26-27.03. 2015); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні аспекти медицини та фармації» (м. Запоріжжя, 14-15.05. 2015); Міжнародному конгресі студентів та молодих вчених «Сучасні погляди на актуальні питання теоретичної,

експериментальної та практичної медицини» (м. Тернопіль, 25-27.04. 2016); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні аспекти медицини та фармації-2016» (м. Запоріжжя, 12-13.05. 2016); Регіональній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук» (м. Запоріжжя, 11.12. 2017); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Довкілля і здоров'я» (м. Тернопіль, 27-28.04. 2017), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні аспекти медицини та фармації-2017» (м. Запоріжжя, 11-12.05. 2017); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні питання біології та медицини» (м. Суми, 16-17.11. 2017); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні питання сучасної медицини та фармації» (м. Запоріжжя, 18-25.04. 2018); Міжнародній науково-практичній конференції «Ідеї академіка В.І. Вернадського та проблеми сталого розвитку освіти і науки» (м. Кременчук, 11-13. 05. 2018).

### **Структура та обсяг дисертації.**

Дисертаційна робота викладена на 149 сторінках, основна частина на 120 сторінках, комп'ютерним друком українською мовою і складається із анотації, вступу, огляду літератури, розділу «Об'єкт і методи дослідження», трьох розділів власних досліджень, аналізу й обговорення результатів, висновків, списку літератури, додатків. Список використаних джерел літератури містить 134 найменування (38 – кирилицею, 96 – латиницею). Робота ілюстрована 18 таблицями, 40 рисунками.

### **Зв'язок дослідження з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертація виконана у відповідності з планом науково-дослідних робіт кафедри медичної біології, паразитології та генетики Запорізького державного медичного університету на тему: «Динамічна аеробіологія і прогнозування аероалергенної ситуації» 2010-2015 рр. (№ державної реєстрації 0110U000907), автор був відповідальним виконавцем а також є фрагментом науково-дослідної роботи кафедри медичної біології, паразитології та генетики Запорізького державного медичного університету «Вплив метеорологічних факторів на

формування небезпечної аеропалінологічної ситуації, яка зумовлена пилом рослин та спорами грибів» (№ державної реєстрації 0115U003878. УДК: 581.331.2: 582.998.1: 502.3]:57.087 – 022.2 – 047.72). Тему дисертаційної роботи було затверджено вченою радою ДУ «ІГМЕ НАМНУ» 11.11.2014р.

Дані, що були отримані під час проведення моніторингових досліджень, передаються на сайт Європейської Аероалергенної Мережі (EAN) і можуть вільно використовуватись іншими аеробіологами для порівняння та аналізу аероалергенної динаміки.

**Практичне значення.** Проведені дослідження становлять практичний інтерес для гігієни, алергології та доводять, що завчасне попередження населення про небезпечну аеропалінологічну ситуацію можливе лише при врахуванні факторів метеорологічного характеру та інших чинників, які здатні впливати на зміну кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі. Експериментально досліджено та обґрунтовано взаємозв'язки між зміною кількості пилку у повітрі та змінами погодних умов. Для покращення профілактики полінозів, на базі створеного алгоритму, розроблено та виготовлено програмний продукт «ANDROID-віджет для прогнозування концентрації пилку у повітрі м. Запоріжжя», який можливо впроваджувати в діяльність лікарів алергологів.

Кінцевим практичним виходом із проведених досліджень є покращення системи профілактики полінозів шляхом завчасного попередження населення Запоріжжя на основі розробленого алгоритму прогнозування аероалергенної ситуації.

Результати роботи і положення дисертації впроваджені в практичну роботу у: навчальний процес кафедри медичної біології та генетики Вищого державного навчального закладу України «Буковинський державний медичний університет» (додаток В1), навчальний процес кафедри садово-паркового господарства та генетики Запорізького національного університету (додаток В2), навчальний процес кафедри медичної біології, фармакогнозії та ботаніки ДЗ «Дніпропетровської медичної академії МОЗ України» (додаток В3), навчальний

процес кафедри факультетської педіатрії Запорізького державного медичного університету (додаток В4), відділенні алергології Комунальної установи «Запорізька міська багатопрофільна дитяча лікарня №5» (додаток В5), у роботу відділу управління з питань екологічної безпеки Запорізької міської ради (додаток В6).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 21 наукову працю, з яких 5 статей – у наукових фахових виданнях, рекомендованих ДАК при МОН України, 2 статті у закордонних виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз, 1 патент на винахід України, 1 авторське свідоцтво та 12 тез у матеріалах конгресів і конференцій.



## РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ І ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1. Аналіз аероалергенної ситуації, що викликається пилом амброзії у м. Запоріжжя

На сьогоднішній день, аероалергенна ситуація у місті Запоріжжі турбує як аеробіологів так і лікарів – алергологів. Чи не найголовнішу роль у розвитку алергічного риніту та бронхіальної астми відіграє пилок амброзії у повітрі міста в період кінця серпня – початку вересня. Взагалі, родина Айстрових, куди відноситься рід Амброзія, є однією із найбільших та включає приблизно 1100 родів та 20000 видів. Рід Амброзія нараховує близько 40 видів, з яких лише п'ять зустрічаються на території Європи: *Ambrosia artemisiifolia* (амброзія полинолиста), *Ambrosia trifida* (гігантська амброзія), *Ambrosia psilostachya* (багаторічна амброзія), *Ambrosia tenuifolia* (срібна амброзія) [12]. Найбільш розповсюдженою є *Ambrosia artemisiifolia* [13]. Ця рослина потрапила до України на початку дев'яностих років XIX століття через чорноморські порти разом із вантажем іншого насіння. І, хоча амброзія була поширена на територіях Північної Америки, вона змогла дуже швидко розповсюдитись на нових територіях [14]. Завдяки продукуванню насіння у величезних кількостях, яке може залишатись життєздатним до 39 років, амброзія заповнила майже всі регіони України, й надалі продовжує свій наступ на все нові та нові території. До того ж, ця рослина продукує у надмірній кількості алергенний пилок. Так, наприклад, одна рослина може виробити мільйони пилових зерен, а завдяки дуже малим розмірам вони можуть розповсюджуватись вітром на величезні відстані [15, 16]. Вкрай важкою є ситуація саме у промислових регіонах, де окрім присутності цієї карантинної рослини наявна проблема забруднення повітря ще й викидами поллютантів із заводів, фабрик і т.д.

Впродовж останнього десятиріччя аероалергенна ситуація у місті Запоріжжя залишається незмінно складною. Незважаючи на ряд заходів, спрямованих на зменшення кількості амброзії у місті, щорічно спостерігаються дуже високі концентрації пилку цієї рослини у повітрі. Так, за рішенням служби Екологічної безпеки Запорізької міської Ради, комунальні підприємства повинні

постійно контролювати ріст амброзії на закріплених за ними територіях, а також скошувати її не менше ніж 3-5 разів на місяць, тим самим не допускати її цвітіння. Також було прийнято рішення обробляти пустки гербіцидами, але у самому місті, санітарно – епідеміологічна служба обмежила використання хімічних препаратів, оскільки вони можуть бути небезпечними для здоров'я населення. З 2008 року Державна інспекція по карантинним рослинам Запорізької області ввела карантин на покинуті поля, зони відчуження і т.д. та постановила, що усі землевласники, керівники фірм та підприємств постійно повинні утримувати свої території у належному фітосанітарному стані. До того ж, за ігнорування на своїх територіях присутності карантинних рослин, було введено штраф у розмірі 340-850 гривень.

Але цих заходів та обмежень виявилось замало, оскільки все одно щорічний приріст по бронхіальній астмі у Запорізькій області складає 5-7%. Так, кількість дітей з цією проблемою у період з 2002 по 2005 рік збільшилась у 3,5 рази, а з алергічним ринітом – у 7 разів [17]. Самим прикорм є те, що гіперчутливість, яка виникла один раз залишиться на все життя.

Також своєрідним «каталізатором» процесу сенсibiliзації є вкрай погана екологічна ситуація у промислових регіонах України, куди також відноситься Запорізька область. Яскравим прикладом цього взаємозв'язку слугує випадок, який стався у місті Запоріжжя п'ять років тому. Тоді до лікарень та швидкої допомоги звернулась велика кількість людей із симптомами бронхіальної астми. Причиною було те, що під час цвітіння амброзії відбулись промислові викиди та утворився смог. Тим самим, порушилась аерація, знизився рівень кисню у повітрі, що й призвело до загострення проблем зі здоров'ям у людей, які мають алергію на амброзію.

Отже, на даний момент стає зрозумілим, що розповсюдження амброзії у місті Запоріжжя разом із цілою низкою екзогенних факторів (проблеми екології, неякісне харчування, урбанізація, шкідливі звички, глобальне потепління, підвищення рівня вуглекислого газу у повітрі і т.д.) й надалі буде призводити до появи алергічних реакцій у населення. У зв'язку з цим гостро постало питання

прогнозування та завчасного попередження населення про небезпечну аероалергенну ситуацію у місті та й в усій країні [18,19, 20].

Головним моментом вдалого прогнозування є безперервний багаторічний моніторинг пилку та встановлення закономірностей зміни його кількості у повітрі під впливом факторів як ендогенного так і екзогенного характеру [21, 22]. За даними науково-дослідної роботи, що проводилась на кафедрі медичної біології, паразитології та генетики ЗДМУ по 2015 рік та мала назву «Динамічна аеробіологія та прогнозування аероалергенної ситуації», досить добре простежується динаміка пилку амброзії у місті Запоріжжя впродовж дев'яти років. Так, найбільша кількість амброзії була виявлена у 2007, 2006 та у 2010 роках, і склала відповідно 24282, 19646 та 14159 пилкових зерен. Найменша кількість – 2868 за весь період вегетації цієї карантинної рослини було зафіксовано у 2009 році. У 2008 та 2013 році кількість пилку амброзії була більше десяти тисяч зерен за весь період спостережень, а у 2014 році склала «всього» 4773. Досить незвичним був період палінації амброзії у 2015 році. У зв'язку із погодними умовами початок палінації припав на 3 серпня. Максимальна кількість пилку була зафіксована 2 вересня і склала 1052 пилкових зерна у кубометрі повітря. У порівнянні з минулим роком спостерігається збільшення кількості пилку амброзії у повітрі. Всього було визначено 9547 пилкових зерен, що складає 85 % від даних, отриманих в ході проведення багаторічних спостережень. Палінація тривала 33 дні (5 перцентиль припав на 13 серпня, а 95 перцентиль на 14 вересня). Необхідно відмітити, що за результатами досліджень, концентрація амброзії у розмірі 5-20 пилкових зерен у кубічному метрі повітря, вже призводить до проявів алергічних симптомів. Необхідно відмітити, що за результатами досліджень, концентрація амброзії у розмірі 5-20 пилкових зерен у кубічному метрі повітря, вже призводить до проявів алергічних симптомів [23].

У 2015 році на кафедрі медичної біології, паразитології та генетики ЗДМУ заплановано та розпочато виконання нової науково-дослідної роботи «Вплив метеорологічних факторів на формування небезпечної аеропалінологічної ситуації, яка зумовлена пилком рослин та спорами грибів», яка має за мету

встановити взаємозв'язки та вивчити динамічні аспекти аеропалінологічної ситуації на прикладі пилку рослин та спор грибів, та окремі фактори, які здатні впливати на зміну їх кількості у повітрі. Актуальність цієї роботи викликана тим, що аероалергенна ситуація у місті Запоріжжі залишається напруженою та становить загрозу все для більшої кількості населення.

## **1.2. Аероалергенна ситуація у світі та сучасні методи попередження населення**

Проблема сезонної алергії не оминула й інші країни. У сучасному індустріальному світі алергічні захворювання посідають чи не найперше місце серед масових хвороб у населення. Розповсюдження алергічного риніту та бронхіальної астми пов'язане не лише із промисловим забрудненням, але й із значним зростанням кількості пилку анемофільних рослин в атмосферному повітрі [24]. За даними науковців, у Європі найбільшу сенсibiliзаційну дію виявляють у таких рослин, як *Alnus*, *Corylys*, *Betula*, *Poacea*, *Artemisia* [25]. В індустріальних країнах центральної та північної Європи, 15% популяції мають сенсibiliзацію, причому більша частина – діти [26]. У Великобританії приблизно 20% популяції страждають алергічними реакціями. Серед них, 95% мають алергію на трав'янисті рослини та 25% на дерева [27].

Досить часто причиною алергічної сенсibiliзації стає саме пилок амброзії [28]. Як відомо, її пилок випадково потрапив до Європи лише наприкінці IXX ст., але впродовж XX століття амброзія швидко розповсюдилась на значні території: пилок цієї рослини зустрічається у повітрі не тільки Європи, а ще й країн Азії, Австралії та Південної Америки [29]. На сьогоднішній день, найбільшими джерелами пилку амброзії у Європі являється територія України та південна частина Росії. У Європейському союзі її масово можна зустріти на територіях Угорщини, Сербії, Хорватії, Словенії, Словачії та Румунії [30, 31]. У Західній Європі значна концентрація пилку амброзії спостерігається в деяких регіонах Італії та Франції [32, 33]. У багатьох країнах світу простежується чітка тенденція до збільшення кількості амброзії у повітрі. Так, у 1998 році в Угорщині зафіксували лише тільки 3859 пилкових зерен за сезон палінації, а у 2001 – 12277

[34]. У повітрі Хорватії саме пилок амброзії складає 60-70% від загальної кількості пилку різних видів рослин [35]. Не останню роль у подальшому розповсюдженні цієї карантинної рослини відіграють метеорологічні умови а також глобальне потепління [36].

Одночасно із зростанням кількості амброзії, щорічно збільшується і кількість пацієнтів із сенсibiliзацією до пилку цієї рослини. Так, наприклад, серед населення Угорщини 80% мають алергічні реакції на пилок амброзії [37], у Франції страждає 47%, у Фінляндії складає 2,5% населення [38], а у Північній Італії число хворих з 24% у 1989 році досягло аж 70% у 2008 [39]. Також, за даними Краснодарського крайового алергоцентру, кількість хворих на амброзійний поліноз зросла на 4965 чоловік за останні 5 років, причому 32% складають діти [40]. У Туреччині приблизно у 30-40% дітей є ті чи інші прояви алергії [41].

У зв'язку із загостренням проблем щодо профілактики та попередження населення про настання небезпечних днів палінації амброзії, у всьому світі набуває розвитку аероалергенне прогнозування.

У Північній Америці аероалергенне спостереження проводить Національне Алергічне Бюро (NAB), яке належить до Американської Академії Алергії, Астми і Імунології (AAAAI), що відповідає за повідомлення про поточний рівень пилку і спор. Мережа станцій аероалергенного спостереження включає приблизно 78 станцій у Сполучених Штатах, дві станції у Канаді, і дві станції в Аргентині [42, 43].

Практично всі країни Європи (за винятком України та Молдови) мають розвинену систему аеробіологічних станцій, які ведуть моніторингові дослідження за пилом повітря. Наприклад, у Бельгії їх 8, у Франції – 95, у Польщі – 22. Інформація про алергенний фон надається в ЗМІ [44]. В наш час видаються два основні журнали: «Aerobiologia» — Міжнародний журнал аеробіології та «Grana» — Міжнародний журнал палінології і аеробіології. Крім того, статті, в яких висвітлюються проблеми, пов'язані з пилкуванням і його впливом на здоров'я, публікують у журналах «Allergy», «Pediatric Allergy and

Immunology», «Journal of Allergy and Clinical Immunology», «Immunology Today», «Postępy Dermatologii i Alergologii», «Trends of Immunology», «International Archives of Allergy and Immunology» та ін. Лікарі активно використовують дані аеробіологічного моніторингу при наданні допомоги хворим [45].

У Росії моніторингові аеропалінологічні дослідження проводяться в Москві з 2002 року, в Санкт-Петербурзі – з 2003 р. Отримані дані раз на добу оновлюються на сайтах [www.allergology.ru](http://www.allergology.ru) та [www.kestine.ru](http://www.kestine.ru) (Nicomed) з коментарями та загальними рекомендаціями по групах алергенів, що дозволяє своєчасно реагувати алергологам та хворим [46].

В Україні на базі Інституту ботаніки ім. М.Г Холодного НАН України під керівництвом к.б.н., с.н.с. В.Д. Савицького, який проводив дослідження складу та динаміки накопичення в атмосферному повітрі найбільш небезпечних біополютантів. З 1999 року аеропалінологічний моніторинг ведеться у Вінниці, в Національному медичному університеті ім. В.В. Пирогова, де В.В. Родінковою була захищена перша на Україні дисертація з аеропалінології [47]. У Запорізькому державному медичному університеті в 2005 році почалися роботи з аероалергенного моніторингу. На даний момент, результати моніторингових досліджень, отримані у Києві, Запоріжжі та Вінниці надсилаються до EAN. Також на їх основі складається щотижневий алергопрогноз для населення України. З початку 2007 року в ДУ „Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзеєва Академії медичних наук України” ведуться дослідження пилкового забруднення атмосферного повітря України в рамках угоди із Всесвітнім алергологічним товариством (WAO) та Українським алергологічним товариством [**Ошибка! Закладка не определена.**].

Значну роль у прогнозуванні аероалергенної ситуації відіграють також міжнародні співтовариства та аеробіологічні мережі. Завдяки концентрації результатів моніторингу, які надходять із багатьох регіонів та країн, такі мережі дозволяють спостерігати у динаміці за погіршенням ситуації та проводити порівняльний аналіз кількості пилку амброзії у повітрі не тільки у межах однієї країни, але й майже у всій Європі в цілому.

Найпотужнішими мережами на даний момент являються EAN та RNSA.

EAN (European Aeroallergen Network) було організовано наприкінці 1980-х років. Ця спільнота являється частиною світової алергенної асоціації. У EAN зареєстровано більше ніж 38 країн, 686 міст. EAN дозволяє завантажувати на свій сайт інформацію про кількість пилку та спор пліснявих грибів у повітрі, яку отримують в процесі проведення аеромоніторингу. В залежності від мети досліджень, тут представлено таблиці обліку щоденної концентрації пилку та спор у повітрі, або ж таблиці, що допомагають простежувати зміну кількості пилкових зерен та часток впродовж доби [48].

Для покращення системи аероалергенного прогнозування існує «Європейський щоденник палінації», який можна знайти в інтернеті за адресою [www.pollendiary.com](http://www.pollendiary.com). На цьому сайті люди із алергічними реакціями записують свої симптоми, викликані пилком в режимі онлайн. За період 2009-2011 років було зареєстровано більше ніж 1600 користувачів, зроблено більше 60500 доповідей. Щоденник дозволяє фіксувати симптоми, які виникають під впливом алергенів (окремо для органів дихання, очей та носу). Існує так названий «рівень дискомфорту» - з градацією від 0 до 3 (симптоми відсутні, середнього ступеню, сильний дискомфорт). Симптоми документуються та порівнюються з концентрацією пилку анемофільних рослин у повітрі. Фармацевтичні організації використовують ці дані, розміщують їх на своїх веб-сторінках та можуть передбачити завчасно, які медикаменти треба замовити та в яких об'ємах.

Все більшого розвитку та поширення на даний момент також набуває інша система персонального інформування людей, які мають сенсibiliзацію до пилку як амброзії так і інших видів рослин та спор пліснявих грибів. Така система використовує найсучасніші моделі прогнозування, у яких використовують:

1. Дані про кількість пилку, які отримують та аналізують через кожні дві години;
2. Метеорологічні умови;
3. Традиційне прогнозування кількості пилку, яке базується на середніх показниках, отриманих в ході проведення багаторічних спостережень;
4. Попередні дані про характер симптомів, які отримують із щоденників

полінозів людей із сенсibilізацією.

Таку систему інформування можна завантажити на смартфон чи інший гаджет. Зрозумілий інтерфейс дозволить вносити свої симптоми, обираючи саме той алерген (або алергени), до якого користувач має сенсibilізацію. У мобільному додатку є інформація про алергени (пилки та спори пліснявих грибів), поради пацієнтам, прогноз аероалергенної ситуації на три дні (сьогодні, завтра та післязавтра). Також завдяки цій програмі є можливість зв'язатись із лікарем-алергологом, який в індивідуальному порядку проконсультує пацієнта [49].

Іншою відомою мережею, що спрямована на моніторинг, аналіз та прогнозування майбутньої аероалергенної ситуації є RNSA (Франція). Для того, щоб спрогнозувати можливе погіршення самопочуття людей із полінозами, лікарі відправляють до RNSA клінічну інформацію за тиждень, де описуються симптоми пацієнтів та їх тяжкість. Наступним кроком є порівняння цих даних із результатами аеробіологічного моніторингу. Це дозволяє виявити найбільш небезпечні види рослин саме у цей період сезону палінації. Потім будують графіки впливу кількості того чи іншого пилку на клінічні прояви та порівнюють із минулорічними показниками. Завдяки досить розгалуженій мережі, великій кількості станцій є змога спрогнозувати ситуацію як для окремого міста, так і для цілого регіону [50].

### **1.3. Вплив метеорологічних умов на зміну концентрації анемофільного пилку у повітрі.**

Метеорологічні фактори мають досить відчутний вплив на коливання кількості пилку у повітрі. За останні роки, багато науковців присвячували свої дослідження саме питанню аеромоніторингу та прогнозуванню аероалергенної ситуації з використанням різноманітних методик, моделей а також з урахуванням тих чи інших факторів як ендогенної так і екзогенної природи. До того ж, було встановлено тісний взаємозв'язок між питаннями та проблемами аеробіології та біометрології, адже аеробіологія вивчає різноманіття, поведінку та рух органічних часток, які пасивно транспортуються в атмосфері, а



біометрологія займається проблемами взаємовідносин між атмосферним середовищем та живими організмами [51].

Ще у 1991 році Емберлін досліджував щорічні відмінності у загальній кількості пилку кропиви. Він довів, що на палінацію цієї рослини сильно впливають погодні умови, які були саме у період формування пилку кропиви, а не під час її палінації [52]. Також було описано три різних типи сезону палінації для полину. Варіації середньої денної температури повітря, його вологості та швидкості вітру впливали на виліт пилку та його транспортування в атмосферному повітрі [53]. Для опису сезону палінації дубу було використано лінійний регресійний аналіз та встановлено, що початок пилкування не залежить від температури повітря, зафіксованої за декілька тижнів до початку цвітіння. А щорічне коливання концентрації пилку залежить від сумарної кількості дощів, які випали у період з початку другої декади березня до першої декади квітня за рік до початку палінації [54].

Залежність між концентрацією пилку у повітрі та погодними умовами досліджено багатьох трав'янистих рослин та дерев. Наприклад, завдяки проведенню регресійного аналізу, було встановлено найголовніші метеорологічні фактори, які впливають на концентрацію пилку берези у Любліні. Доведено, що початок палінації берези залежить від значень мінімальної температури у лютому та березні а також від сумарної кількості опадів у червні попереднього року [55]. До того ж, за допомогою лінійної кореляції, було доведено, що температура повітря, яка була зафіксована впродовж попередніх 40 днів також впливає на початок палінації берези.

Схоже дослідження для попередження початку сезону палінації з використанням даних, отриманих в ході проведення 26-річного моніторингу проводили у Турині (Північна Італія). Було визначено, що у порівнянні із вільхою, кленом, грабом, платаном, горіхом та каштаном, початок палінації амброзії та полину менше залежить від комбінації метеофакторів у цей момент. Також, для більшості вищезазначених рослин, було доведено залежність між початком сезону палінації та весняним потеплінням. Встановлено, що

похолодання може впливати лише на види, які продукують пилок на початку весни, а зростання сумарної температури призводить до початку розвитку амброзії та полину. Такі результати ще раз доводять необхідність врахування факторів навколишнього середовища та метеорологічних умов для побудови аеробіологічних прогнозів [56].

На початок палінації вільхи та ліщини однаково впливає як панування теплої та сухої погоди так і температура, яка спостерігалась впродовж десяти днів до старту цвітіння [57]. Автор відзначає, що зниження температури повітря, що простежується після підвищення температури – «локальний мінімум» являється індикатором початку сезону палінації для таких рослин, як береза, вільха та ліщина.

У Мельбурні вчені спрогнозували початок палінації злаків, використовуючи середньомісячну кількість опадів, які випали у червні. Також доведено, що концентрація пилку злаків в атмосферному повітрі залежить не тільки від вологості, а ще й від теплових умов. Якщо сумарна денна температура зростає на  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то початок сезону палінації злаків прискорюється на 1 день [58].

Також багато досліджень висвітлюють залежність концентрації пилку амброзії від минулих та теперішніх метеорологічних факторів.

Так, з використанням 43-річного аеробіологічного моніторингу, що проводився у Нідерландах, було встановлено взаємозв'язок між середньою кількістю пилку деяких видів анемофільних рослин, опадами, середньомісячною та середньорічною температурами повітря. За допомогою коефіцієнту кореляції Спірмана, було доведено, що для таких рослин, як вільха, береза, ліщина, дуб та подорожник, важливими факторами, що впливають на їх палінацію, є як минулорічна температура, так і температура повітря у період цвітіння, а кількість опадів впливає мінімально. В ході дослідження було встановлено, що літня температура (минулорічна) впливає на формування репродуктивної системи цих рослин, а температура під час палінації впливає тільки на інтенсивність викиду пилкових зерен [59].

Також N. Khwarahm було досліджено взаємозв'язок між метеорологічними

умовами та зміною кількості пилку берези і злакових в атмосферному повітрі. Як було встановлено, максимальна температура, кількість сонячних променів та опади являються найбільш важливими факторами впливу, що здатні змінювати кількість пилкових зерен злаків у повітрі. Було виявлено позитивну кореляцію між концентрацією пилку злаків, максимальною температурою повітря та кількістю сонячних променів, а негативну кореляцію – між пилком злакових та опадами. Для берези найважливішими факторами, які впливають на її палінацію є середня температура повітря (простежується позитивна кореляція), швидкість вітру та кількість опадів (відмічають негативну кореляцію) [60].

D. Stępańska встановила, що у Польщі високий рівень пилку амброзії фіксувався саме тоді, коли над дослідженою територією панували полярні континентальні повітряні маси. Саме вони приносили теплу, чи навіть жарку та суху погоду без опадів. До того ж, вона аналізувала частоту днів, коли кількість пилку амброзії перевищувала концентрацію 10-ти зерен у метрі кубічному атмосферного повітря. Завдяки цьому дослідженню було встановлено, що у Любліні дні з високою концентрацією пилку амброзії співпадали з моментом, коли південна частина Польщі знаходилась під впливом низького тиску та циклонічної активності з південного чи південно-західного напрямку. У Сосновці та Кракові, високий рівень пилку амброзії спостерігався під час руху повітряних мас з південного, східного, південно-західного, або ж південно-східного напрямку незалежно від того, чи був циклон, чи антициклон [**Ошибка! Закладка не определена.**].

Більшість дослідників вказують на значну концентрацію пилку амброзії у період відсутності дощів. Також доведено, що на продукування нового пилку впливає (та поступово посилює свій вплив) проміжок часу від першого дня без пилку амброзії у повітрі (у жовтні) до середини березня наступного року [61].

Окрім того, різні фактори здатні неоднаково впливати на зміну концентрації пилку амброзії у повітрі. Якщо розмістити метеофактори в порядку зменшення їх впливу на палінацію цієї рослини, то найбільший вплив завжди має середньодобова температура повітря, потім потік сонячних променів, відносна

вологість повітря, тиск та швидкість вітру. Саме температура та потік сонячних променів сприяють зростанню кількості пилкових зерен у повітрі (позитивна кореляція), а атмосферний тиск та відносна вологість навпаки – сприяють зменшенню кількості пилку (негативна кореляція) [20]. Схожі результати було отримано й іншими дослідниками [62, 63, 64].

Крім того, підвищення загальної кількості пилку може також бути пов'язане з глобальним потеплінням [65]. Загальнорічні особливості погоди та глобальні зміни клімату, які відбуваються, здатні змінювати період та інтенсивність цвітіння анемофільних рослин [66]. Деякі дослідники відзначають, що у зв'язку з глобальним потеплінням щорічно сезон цвітіння впродовж подальших 10 років буде приблизно починатися на 6 днів раніше [67]. Для підвищення ефективності профілактики сезонної лихоманки в Україні В.В. Родінкова та співавтори представили дані щодо сезонних змін концентрації пилку та факторів, які є можливими причинами цих варіацій на прикладі м. Вінниця. В ході проведення моніторингових спостережень з використанням гравіметричного методу та пастки Хірста ними було встановлено, що пікові концентрації пилку вільхи та берези почали реєструватися на 1 місяць раніше, ніж це було наприкінці ХХ століття. Науковці припускають, що таке явище пов'язане з тим, що ще до початку цвітіння вищезазначених рослин, змінився температурний режим у січні та лютому. Також вони відмічають, що середньодобова температура є провідним фактором, що сприяє більш ранньому початку палінації амброзії, появі пікових концентрацій пилку у повітрі раніше, ніж зазвичай та призводить до подовження термінів її цвітіння. З іншого боку, сильна посуха може суттєво зменшити концентрацію пилку амброзії [68].

Детальний аналіз впливу метеоумов на зміну кількості пилку в атмосферному повітрі було проведено групою українських аеробіологів у Києві та Вінниці. В роботах О.І. Турос, І.М. Ковтуненко, В.В. Родінкової, Л.В. Кременської та І.І. Мотрук виявлено кореляцію між кількістю пилку та метеоумовами [69, 70]. В роботі Кременської Л.В. визначена слабка кореляція кількості пилку першої хвилі палінації з метеоумовами, яка не перевищувала 0,2

[71]. В роботі Мотрук І.І. було сформовано інтегральну характеристику метеофакторів, якій було присвоєно назву “фактор погоди” ( $F$ ):  $F = (P \times T) / V$ , де:  $P$ ,  $T$ ,  $V$  – реальні значення тиску (гПа), температури (°C) і відносної вологості (%) повітря. Встановлено, що концентрація пилку в атмосферному повітрі суттєво збільшується при перевищенні середньодобової температури понад 18°C, атмосферного тиску більш ніж 980 гПа і при зменшенні відносної вологості нижче від рівня 67%. Критичним значенням  $F$ , при перевищенні якого зростають концентрація пилкових зерен в атмосферному повітрі та ризик алергії до пилку, є 310. При перевищенні критичного значення фактору погоди ризик збільшення концентрацій пилку становить 1,22 [72].

#### **1.4. Роль дальнього транспорту пилку амброзії у зміні аероалергенної ситуації.**

Роль дальнього транспорту не однакова для різних регіонів та залежить від місцезнаходження території-мішені та відстані до джерела пилку. Основним інструментом для аналізу переміщення пилку на регіональному або континентальному рівні є чисельне моделювання, яке поєднує фенологічні аспекти дозрівання та продукування пилку з його атмосферою дисперсією. Вже з 2005 року використовується багато різних моделей для прогнозування кількості пилку у повітрі. Наприклад, система для прогнозування кількості пилку MeteoSwiss й досі використовується на території Центральної та Південно-Західної Європи [73]. У Данії існує регіональна система ENVIRO-HIRLAM, що застосовується для побудови прогнозів у Північній Європі [74].

Прикладом дальнього транспорту може слугувати поява пилку буку з Німеччини у Іспанії, або пилку берези з Московського регіону у Фінляндії. Інший приклад дальнього транспорту пилку – пилкові зерна амброзії в аеропалінологічному спектрі Москви. Рід амброзія не характерний для флори Московської області, проте він поширений у південних районах Росії і на Україні. В даний час у Москві виявлені лише декілька невеликих популяцій *Ambrosia artemisifolia*, що цвітуть в кінці серпня і, можливо, не утворюють

зрілого насіння. Проте, починаючи з 2000 року, пилок амброзії та сенсibiliзація до нього в Москві реєструється все частіше [28].

L. Makra та співавтори провели дослідження особливостей дальнього транспорту пилку амброзії для угорського міста Сегед. Згідно із спостереженнями, у період з 1900 до 2011 року кількість амброзії на території Європи від Росії до Фінляндії постійно зростала. Але на території Європи амброзія не розповсюджена рівномірно. Насправді існує декілька найбільших ареалів цієї рослини, які являються основними джерелами пилку цієї рослини. Сюди відноситься Україна та південна частина Росії.

У Європейському союзі амброзія найчастіше зустрічається на території Угорщини, Сербії, Хорватії, Словенії, Словаччини та Румунії [75]. У Західній Європі значна концентрація пилку цієї рослини спостерігається у Західній Ломбардії (Італія) та на території центральної частини Франції [76, 77, 78]. Використання такої біогеографічної інформації про джерела та переміщення пилку може слугувати ефективним інструментом для контролю та пом'якшення впливу амброзії на здоров'я людей.

Також, ними відмічено, що далекий транспорт може суттєво змінювати кількість пилку у повітрі на певних територіях, але цей момент ніколи раніше не досліджувався та не враховувався. Так, для Галапагоських островів (віддаленого архіпелагу, що знаходиться за 1000 км від Південної Америки) пилок, занесений далеким транспортом складає приблизно 5% від загальної кількості пилку [79].

У Південній Гренландії 11% від загальної кількості пилку складає екзотичний пилок [80]. Згідно зі спостереженнями, у деякі роки, занесений пилок берези у північній частині Фінляндії сягав 20% від середньорічної концентрації пилку цієї рослини в кубічному метрі атмосферного повітря [81]. У Східній Німеччині було виявлено 20% пилку амброзії, що продукувався не на цій території, а потрапив сюди за допомогою далекого транспорту із Угорщини [82].

Надзвичайно важливо враховувати вірогідність далекого транспорту і у випадку палінації амброзії. В ході проведення багаторічних спостережень було встановлено, що з урахуванням швидкості осідання пилку цієї рослини та

середньої швидкості вітру, пилкові зерна амброзії можуть долати більше ніж 100 км від джерела їх продукування. Вже доведено, що пилки амброзії, який виявляли у Польщі, був занесеним з території Чехії, Словаччини, Угорщини та України [83].

Для кращого розуміння цього явища було проведено біогеографічну оцінку ролі далекого транспорту пилку амброзії на прикладі угорського міста Сегед. Дослідники намагались з використанням кластерного аналізу встановити біогеографічні регіони, які продукували пилки, що транспортувався потім до Сегеду. Також ними було встановлено ступінь впливу такого пилку на зміну очікуваної кількості пилкових зерен у повітрі.

Для прорахунку траєкторій пилку в атмосфері було використано статистичну технологію для групи елементів – кластерний аналіз. Для Сегеду було використано 9 кластерів. Після аналізу та статистичної обробки було встановлено, що найважливішу роль у далекому транспорті відігравало всього два напрямки: кластер з орієнтацією із області Ла-Маншу на півдні Великобританії та кластер із області Північного Середземномор'я. Як було встановлено, область першого кластеру характеризується низьким рівнем пилку, оскільки сумарна температура тут лише злегка перевищує пороговий рівень, необхідний для цвітіння амброзії. В області п'ятого кластеру, дисперсія пилку амброзії також обмежена, оскільки впродовж довготривалих, теплих літніх періодів з недостатньою кількістю вологості, спостерігається суттєве зниження продукування та дисперсії пилку амброзії взагалі. Але, незважаючи на досить невисоку вихідну кількість пилку амброзії на територіях цих двох регіонів, саме вони захоплюють та несуть значну кількість пилкових зерен цієї рослини до міста Сегеда під час проходження через Паннонську рівнину та Середньодунайську низину у Центральній Європі.

Окрім встановлення основних джерел заносного пилку для міста Сегеда, вчені вперше в аеробіологічних дослідженнях використовували поняття «потенційного джерела пилку» та «шлях обтяженої концентрації». Також вони окремо розглядали дальній транспорт та близький перенос пилку. Такий підхід

дозволив отримати більш всебічну картину стосовно джерел пилку амброзії, ніж аналіз потенційних джерел пилових зерен.

Автор відмічають, що ними не було інтерпретовано окремі осередки з високим рівнем потенційного джерела пилку та територій з високою концентрацією над Північним морем, Північною Європою, Британськими островами а також над Адріатичним та Середземним морем. До того ж, 5 кластер проходить через територію Центральної Італії, але ця територія практично не продукує пилок амброзії і тому не може слугувати її джерелом для дальнього транспорту у Сегед. Але в цей же час, важливість саме 5 кластеру полягає у тому, що він охоплює частину Північної Італії та південно-західну частину Паннонського басейну у межах Карпат. Саме тут росте велика кількість амброзії, тому з цих регіонів, завдяки дальньому транспорту, до Сегеду переноситься значна кількість пилку амброзії. Як було встановлено, для досліджуваного міста внесок дальнього транспорту по відношенню до середньорічних показників склав 7,5% [84].

Питання щодо ролі дальнього транспорту пилку амброзії було досліджено з використанням системи моделювання COSMO-ART у 2011 році. Причиною проведення такого дослідження став випадок у Східній Німеччині. Там, у вересні 2006 року, було зафіксовано незвично високу концентрацію пилку амброзії у повітрі. Вона сягала 41 пилкового зерна у кубічному метрі атмосферного повітря, при тому, що навіть концентрація 10 пилкових зерен у кубометрі вже викликає симптоми алергії. Щоб встановити, яка саме кількість пилку амброзії продукується на локальних територіях, а яка потрапляє з віддалених джерел, було використано так звану «Консорцію для моделювання малого масштабу» – операційну систему COSMO-ART, яка була розроблена для симуляції взаємодії між аерозолями та атмосферою. Щоб використати цю модель для аналізу пилку було враховано декілька моментів. Одним з них є розуміння життєвого циклу пилку: він починається з емісії пилкових зерен квітки, далі відбувається його транспорт через атмосферу, а потім пилок осідає на різноманітних поверхнях. Іншим моментом є урахування руху пилку у повітрі, його адвекцію під впливом



вітру, дифузію крізь атмосферну турбулентність, сухе та вологе осадження. Таким чином, для моделювання дисперсії пилку амброзії врахували як біологічні так і метеорологічні впливи, час доби, термінацію палінації, температуру, відносну вологість, швидкість вітру. Після проведення дослідження було встановлено, що більшість пилку все ж таки продукується на місцевих територіях, але більше 20 % від загальної кількості потрапляє з віддалених джерел Угорщини. Тому неможливо нехтувати дальнім транспортом під час прогнозування концентрації пилку амброзії у повітрі [**Ошибка! Закладка не определена.**]. За допомогою операційної системи COSMO-ART ще у 2006 році доведено вплив віддалених джерел продукування пилку для берези [17].

Також багатьма науковцями доведено, що атмосферний транспорт пилку на далекі дистанції може провокувати появу високої концентрації пилкових зерен у повітрі та змінювати такі характеристики сезону палінації, як початок та тривалість пилкування [85, 86]. Такі випадки атмосферного транспорту не можуть бути передбаченими з використанням локальних чи регіональних спостережень. Це наводить науковців на думку про те, що прогнозування повинно розроблятися на континентальному рівні і враховувати біологічні та метеорологічні механізми, що контролюють продукування та подальше розповсюдження пилку в атмосфері. З цією метою, для дослідження розповсюдження пилку берези, М. Sofiev та співавтори розробили та презентували систему інтегрованого моделювання атмосферного складу – SILAM [87, 88].

Пізніше, за допомогою цієї моделі, було проведено просторово-часове моделювання сезону палінації амброзії та аналіз термінів викиду пилкових зерен в атмосферне повітря. Для визначення часу початку цвітіння було використано поняття «біодень» – це комбінація впливу температури та фотоперіоду на швидкість розвитку амброзії. Таким чином було доведено, що період спокою насіння цієї рослини припиняється тоді, коли денна температура повітря стабільно тримається вище 7,5 °C, але вегетація настає не раніше весняного рівнодення, адже світло також є важливим фактором для росту амброзії. Також,

з використанням системи SILAM, було встановлено, що забруднена пилом амброзії місцевість корелює із найбільш зараженими цією карантинною рослиною територіями України, Паннонської рівнини, деякими регіонами Франції та Північної Італії. Але, завдяки дальньому транспорту та аеродинамічним характеристикам пилку амброзії, її концентрація, що буде достатньою для розвитку алергічних реакцій у населення, може визначатись будь-де у Європі. Науковці відмічають, що пилок амброзії досить важко долає природні перешкоди: Альпійські хребти, Карпатські гори, Піренеї. Також його розповсюдження чітко контролюється напрямком вітру і тому, як результат, територія Східної України вважається більш зараженою, ніж її північна частина [Ошибка! Закладка не определена.].

Ще одним прикладом моделювання, в основі якого лежить SILAM, є МАСС (моніторинг атмосферного складу та клімату). Вхідні дані для нього збираються за допомогою 7 окремих моделей у співпраці з EAN. Такий принцип прогнозування було застосовано для берези [89]. Автори застосовують ансамбль, що складається з 7 моделей:

1. CHIMERE. Це ейлерівська хімічно-транспортна модель регіонального масштабу, яка застосовується для аналізу газоподібних речовин та аерозолів. У такій моделі пилок приймається за спеціальний аерозоль із певним розміром та щільністю, що залежить від видової приналежності, а також із встановленою гравітаційною швидкістю осідання. Інші процеси, які здатні впливати на переміщення пилку, наприклад, переміщення повітря в горизонтальному напрямку, або вологість, враховуються так само, як і для інших аерозолів.

2. EMEP, або EMEP/MSX-W модель (Європейська програма моніторингу та оцінки/ Метеорологічний центр синтезу-Захід). Це хімічна транспортна модель, яка була розроблена у Норвезькому метеорологічному інституті [90]. В основі моделі знаходиться сухе осадження. Опис процесу сухого осадження газів відбувається за принципом стійкості, а для аерозолів швидкість сухого осадження залежить від типу поверхні.

3. EURAD-IM. Це модель хімічного транспортування з урахуванням

адвекції, дифузії, хімічної трансформації, вологого та сухого осадження, осідання тропосферного сліду газів та аерозолів.

4. LOTOS-EUROS. Це також хімічна модель транспорту, де для опису поверхні поглинання аерозолу використовують схему сухого осадження, запропонованого Zhang [91].

5. MATCH. Це хімічна модель транспорту, в якій, наприклад, для пилку берези шляхом седиментації вивчають сухе осадження. У цьому випадку, сумарна температура від початку березня, яка впливає на викид пилку берези, визначається поза моделлю, а потім додається до емісії.

6. MOCAGE. Це великомасштабна дисперсійна модель, де використовується схема адвекції, що було запропоновано Williamson та Rash [92]. У цій моделі враховують конвекційний транспорт, турбулентну дифузію, сухе осадження та опади.

7. SILAM.

8. ENSEMBLE. Модель враховує середнє значення та медіану із семи попередніх моделей.

У випадку із березою, для визначення термінів її палінації обов'язково враховують температуру повітря. Вважають, що цвітіння берези розпочинається тоді, коли накопичене навесні тепло досягне початкового порогу та буде тривати до моменту досягнення кінцевого порогу. Така модель встановлює пряму пропорційність між стадіями цвітіння та часткою теплової суми, що було накопичено на сьогоднішній день.

Крім температури, швидкість вивільнення пилку залежить від вологості, кількості опадів та швидкості вітру. Так, доведено, що висока відносна вологість та дощ зменшують викид пилку берези, а якщо відносна вологість сягає рівня 80% і більше, викид пилку цієї рослини зовсім зупиняється. Сильний вітер сприяє збільшенню кількості пилку берези у повітрі приблизно на 50%, а при стабільно тихій погоді, процес вивільнення пригнічується на 50% [93].

Після проведення дослідження з використанням такої мультимоделі було встановлено початок та перебіг сезону палінації берези у 2013 році, складено

схему розповсюдження та концентрацію пилку в Центральній, Східній та Південній Європі. Розбіжності у моделюванні та реальній картині були пов'язані із річними варіаціями продуктивності берези та різницею між наданими та реальними строками палінації берези для деяких регіонів.

Для дослідження сезону палінації оливи у 2014 році було використано CAMS (Служба моніторингу атмосфери «Коперник»). Отриманий прогноз було порівняно із спостереженнями 8 країн, які входять до складу EAN. Із вище наведених моделей було використано EMEP, EURAD-IM, LOTOS-EUROS, MATCH, MOCAGE, SILAM, ENSEMBLE. Аналіз проводили за допомогою кожної із 6 запропонованих моделей окремо, разом та шляхом злиття змодельованого прогнозу та даних спостережень. Так само, як і для берези, палінація оливи описується з використанням концепції залежності від температури. Так, накопичення тепла розпочинається у певний день навесні та триває всю весну. Для оливи добова температура, нижче якої не відбувається підсумовування, становить 0°C. Палінація розпочнеться, коли накопичене тепло досягне стартового порогу та триватиме до тих пір, поки не досягне кінцевого порогу. Крім температури, швидкість вивільнення пилку залежить від вологості, кількості опадів та швидкості вітру.

Результати моделювання мали значні відмінності. Так, деякі моделі повідомляли про початок сезону палінації оливи на 8 днів раніше, деякі моделі мали навіть розбіжність у 2 тижні. Кінець сезону деякі моделі вказали правильно, а деякі видали запізнення на 2 тижні. Такі розбіжності пов'язані із тим, що на старт а кінець палінації великий вплив має температура повітря [94].

### **1.5. Сучасні методи аналізу, статистичної обробки даних та основні принципи побудови алергопрогнозів.**

Статистична обробка даних багаторічних спостережень включає визначення показників, які характеризують палінацію. Але, визначитися з початком та кінцем цвітіння складно, тому що пилок може з'явитися випадково, незалежно від цвітіння. У EAN зараз визначають термін палінації, як строк від першого дня з 1% викиду пилку від загальної суми до дня з 95%. Раніше його

використовували в своїх дослідженнях Emberlin J. [95] і Galán C. [96]. Проте, період, який має вплив на здоров'я, коротший. Наприклад, S. Nilsson і S. Persson [97] запропонували вважати терміном палінації період з 5% до 95% середньодобової кількості пилку від загальної суми (95% метод). Цей метод більше відповідає дійсності, бо він дозволяє уникнути помилок при визначенні випадкових пилкових зерен, наприклад, тогорічних, які підняті вітром.

Для проведення статистичної обробки даних багаторічних спостережень використовують визначення показників, що характеризують палінацію: старт, пік, фініш, максимальну кількість пилку, загальну суму щодобових показників кількості пилку і термін палінації. Ці дані не будуть однаковими для кожного року спостережень, оскільки багато чинників різного характеру здатні впливати на палінацію. Щорічні результати спостережень порівнюють із середніми показниками, які було отримано в ході проведення багаторічних спостережень.

Для нумерації днів часто використовують не календарні дні у форматі день, місяць, а загальнорічний номер дня, наприклад, 5-те лютого – це 36-й день.

Характеристики сезону палінації, такі як: час, сила, рівень, залежать від біології самої рослини, а також від факторів оточуючого середовища. Взагалі, поява анемофільного пилку має сезонний характер, і крива розподілу концентрації пилку часто має форму близьку до куполу.

Так, у 2011 році Kasprzyk I. [98] запропоновано для аналізу сезону палінації використовувати модель, в основі якої знаходиться нормальну (Гаусову) закономірність. В цьому випадку кількість пилку повинна закономірно збільшитись до максимуму, а потім також закономірно знизитись, згідно з нормальним розподілом. Автор встановлював дані максимальної концентрації пилку та тривалість сезону палінації.

Але, як відмічає у своїй роботі Приходько О.Б., досить часто, за рахунок різких коливань концентрації пилку у повітрі, стає зрозумілим, що реальні дані далекі від нормального розподілу. Розходження реальних результатів з нормальним розподілом виникає внаслідок впливу багатьох чинників, які треба розглядати окремо. Як відомо, нормальний розподіл базується на рівній

вірогідності подій до і після середнього значення показника. У випадку обробки даних аеробіологічного моніторингу спостерігається значна асиметрія розподілу. Найголовнішою причиною цього явища є те, що пилок, який покинув пильовик, можливо впіймати пасткою лише тільки через деякий час після його продукування. Нормальний розподіл можливо було б побачити лише в "ідеальних умовах" – якщо є вірогідність отримати пилок безпосередньо після його виходу із пильовика. Тоді можна казати про гамма-розподіл з параметром  $k=1$ , тобто з максимальною вірогідністю в час масового викиду пилку з подальшим її зниженням. В реальних умовах при спостереженні ми маємо суму двох подій – гамма-розподіл з параметром  $k$ , який може знаходитися у інтервалі  $1 < k < \infty$ . При  $k=\infty$ , гамма-розподіл наближається до нормального [Ошибка! Закладка не определена.].

Для характеристики особливостей цвітіння використовують такі показники, як: загальна кількість, середнє арифметичне і стандартне відхилення. Середнє арифметичне – це відношення суми всіх членів сукупності до кількості членів сукупності. На перший погляд, для визначення середнього, потрібно загальну кількість пилку розділити на кількість днів, але нам необхідно визначити середній день, а не середню кількість пилку в день:  $X_{cp} = (1+2+3+\dots+XN)/N$ . Але  $X_{cp}$  повинно бути прив'язано до кількості пилку, оскільки  $X$  старт і  $X$  фініш залежать від випадкових причин. Зважаючи на те, що варіантою у нашому дослідженні є доба, а кількість пилку в цю добу є частотою варіанти, необхідно цей показник враховувати. (1.5.1).

$$X_{cp} = \frac{\sum (M \times X)}{M_{взагалі}} \quad (1.5.1)$$

Де:

$X_{cp}$  – середньоарифметична доба або, номер доби;

$X$  – доба, коли робились спостереження;

$M$  – середньодобова кількість пилку, яка спостерігалася на  $X$  добу.

$M$  взагалі – загальна сума пилкових зерен.

Така видозміна формули середнього показника викликана тим, що необхідно враховувати два показника одразу – кількість пилку і дату (номер відповідної доби). Тобто, одне уловлене пилкове зерно відповідає одному виміру, результатом якого є номер доби. Кількість пилку на добу – це частота показника, що вимірюється, яким є дата.

Також треба враховувати особливості аеробіологічних даних під час пошуку стандартного відхилення. У формулі 1.5.2 присутня частота варіанти і відсутня кількість ступенів свободи, якою можна знехтувати у зв'язку з великими значеннями  $M$  взагалі:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (M(X - X_{cp})^2)}{M_{взагалі}}} \quad (1.5.2)$$

Де  $\sigma$  – стандартне відхилення.

Кількість пилку на  $X$  добу за нормальним (Гаусовим) розподілом визначається за формулою 1.5.3.

$$M_{норм} = M_{взагалі} \times \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-x_{cp})^2}{2\sigma^2}} \quad (1.5.3)$$

Де  $M_{норм}$  – кількість пилку на  $X$  добу за нормальним (Гаусовим) розподілом.

Іншу універсальну модель запропоновано Н. Riberio у 2007 році [99]. Це логістична модель, а отже її ефективність не залежить від періодизації та щорічної варіації сезону палінації чи виду рослини. За своєю природою ця модель адаптована до кумулятивної кривої концентрації пилку, що було запропоновано ще у 1975 році L. Pathirane [100]. Крива функції може сягати одиниці (максимальне значення). Після аналізу одного і того самого часового проміжку за допомогою логістичної моделі та з використанням Гаусової закономірності нормального розподілу пилку, вчені отримали схожі результати [101]. В основі логістичної моделі знаходиться формула 1.5.4:

$$y = f(t) = \frac{a \times 4 \times \exp(-x)}{(1 + \exp((-x)))^2} \quad (1.5.4)$$

Де:

$x=(t-t_1)/s$   $t$ , кількість днів від 1 січня;

$t_1$  – день модельованої максимальної концентрації пилку, виражений як кількість днів з 1 січня;

$a$  – значення модельованих максимальних пилкових зерен концентрації м<sup>3</sup> на добу;

$s$  – міра половини тривалості максимального сезону палінації.

Ще одна кумулятивна модель поєднує логістичний розподіл із закономірністю Гауса. В основу її закладено той факт, що періодизацію сезону палінації можна інтерпретувати двома різними шляхами. Перший шлях пов'язаний із методом відбору зразків таким чином, коли кількість пилкових зерен підраховується кожний день. Такий шлях ще називають диференціальним, адже в цьому випадку отримують не просто загальну кількість пилку, а кількість, яку підраховано за одиницю часу (наприклад, за один день). Якщо прослідкувати поведінку пилку в залежності від часу та прийняти за день із нульовою концентрацією 1 січня, то добре помітно, що концентрація пилку в залежності від досліджуваного виду анемофільних рослин може сягати свого максимуму в якийсь день літа та повертатися до нульового значення у грудні. Така поведінка у часі зображується куполоподібною кривою, що відповідає Гаусовому розподілу ймовірностей. Також часто використовується кумулятивна функція розподілу для підрахунку (1.5.5):

$$y = f(x) = \frac{a}{(1 + \exp(b - c \times t))} \quad (1.5.5)$$

Де:

$a$  – загальна кількість анемофільного пилку;

$t$  – кількість днів з першого січня;

$b$  – параметр положення;

$c$  – масштабний параметр

Також, у статті I. Kasprzyk та співавтори наголошують на необхідність



врахування та відмови від очевидних відхилень під час проведення статистичної обробки отриманих результатів [Ошибка! Закладка не определена.]. Ними запропоновано прості правила, які у випадку виявлення відхилення від очікуваної кількості пилку в конкретний день ( $x_i$ ), дозволяють не враховувати або ж замінити його середнім значенням для цього дня, яке отримали в ході проведення багаторічних спостережень (1.5.6):

$$x_i > \text{Sum}/100 \text{ and}$$

$$X_i > 5 \times \left( \frac{x_{i-2} + x_{i+2}}{6} + \frac{x_{i-1} + x_{i+1}}{3} \right) \quad (1.5.6)$$

Де:

$x_i$  – відхилення від очікуваної кількості пилку в конкретний день;

Sum – загальна річна кількість пилкових зерен або спор пліснявих грибів;

5 – довільно підібраний коефіцієнт;

100 – довільно підібраний коефіцієнт

Такий розрахунок дозволяє виключати несуттєві значення із підозрілого або нетипового для конкретного виду пилку чи спор грибів діапазону. Наприклад, 1 пилкове зерно не може бути розглянутим як викид пилку, якщо попередні та наступні дні були «порожніми від пилку»:  $1 > 5 \times 0$ .

В основному, моделі прогнозування концентрації анемофільного пилку поділяють на ті, що базуються на спостереженнях, або ті, що побудовані з використанням інформації про джерела пилку, емісію та розрахунку швидкості його розповсюдження в атмосферному повітрі [102].

У традиційних моделях, які базуються на спостереженнях, використовують багаточисленні методи для знаходження залежності між анемофільним пилком, або фенологічними спостереженнями, та однією чи більше змінною, що можна виміряти або передбачити. В основному так знаходять залежність між концентрацією пилку у повітрі та метеорологічними умовами у певний день. Так, наприклад, за таким принципом M. Laaidi було побудовано регресійну модель, а S. Fernández-Rodríguez розроблено модель часових серій. Головним недоліком таких моделей є те, що вони розроблені для

конкретної місцевості та не можуть бути застосованими в інших регіонах [103, 104].

R. Albertini та співавтори провели аналіз розповсюдження пилку амброзії на території Парми у період з 1996 по 2015 рік. Вони підраховали кореляцію між сезоном палінації та обраними метеорологічними умовами. У своїх дослідженнях вони використовували дані початку, кінця, тривалості цвітіння, а також максимальної концентрації пилку в атмосферному повітрі. Початок палінації визначали як день, коли кількість пилку була більше, ніж 1% від загальної середньорічної кількості, а завершенням цвітіння вважався день, коли було підраховано 95% пилку. До уваги брали також середню добову температуру, відносну вологість, загальну кількість опадів у вигляді середньосезонних та середньорічних показників. Статистичний аналіз для оцінки типу розподілу пилку амброзії проводився з використанням тестів Колмогорова-Смірнова, Шапіро-Уїлка, а для визначення зв'язків між зміною концентрації пилку у повітрі та метеорологічними умовами у часі, було використано простий лінійний регресійний аналіз [105].

Схожі дослідження було проведено у Брюсселі. Для вивчення впливу середньорічної температури, сонячного випромінювання та сезонних опадів на процес палінації деяких анемофільних трав'янистих рослин та дерев використовували дані, отримані в ході проведення моніторингових спостережень за останні 40 років. Зв'язок між концентрацією пилових зерен та метеорологічними умовами оцінювали за допомогою коефіцієнту кореляції Спірмана та Шапіро-Уїлка. Було встановлено, що концентрація пилку у повітрі для досліджуваних видів залежить від загальної тенденції зростання температури та збільшення кількості сонячного випромінювання та зворотно пов'язана із відотною вологістю та кількістю опадів [106].

На думку деяких авторів, найскладнішим моментом у прогнозуванні є саме визначення місця розташування рослин, що продукують пилок. Тому, для покращення точності досліджень, необхідно спочатку проводити достовірне картування джерел пилку. Інформацію отримують в ході аналізу даних

землекористування, моніторингу щорічної кількості пилку з урахуванням локальних особливостей розповсюдження видів анемофільних рослин для певної території [107].

Багато науковців наголошують, що для покращення профілактики алергічних реакцій серед населення, необхідно мати чітку уяву про початок та тривалість сезону палінації кожного виду потенційно небезпечних анемофільних рослин. Альтернативою прогнозування у звичному розумінні є епідеміологічний моніторинг в режимі реального часу, що може бути забезпечений програмою Google trends. Цей веб-інструмент здатний підсумовувати та аналізувати пошукові тенденції запитів в мережі Інтернет. З його допомогою було проаналізовано дані запитів у пошуковій системі Гугл щодо ринітів, алергії та пилку амброзії у Європі та Північній Америці з 1 січня 2011 року по 4 січня 2017 року. Метою проведення такого аналізу було встановлення точності даних Google trends щодо появи симптомів у населення та періоду палінації амброзії, можливості використання перекладеного на різні мови терміну «амброзія» без урахування інших слів-синонімів та порівняння сезонності запитів у країнах Європи та Північної Америки. Завдяки проведеному аналізу, було встановлено причини зростання кількості пошукових запитів стосовно алергічних реакцій на пилок амброзії та порівняно з етапами її палінації. Також було виявлено низку особливостей для таких країн, як Австрія, Канада, Франція, Угорщина, Росія та США [108].

Для інформування пацієнтів, які страждають на алергічні реакції, що викликаються пилом анемофільних рослин досить часто застосовуються так звані пилкові календарі палінації. Вони будуються з використанням різноманітних методів та параметрів та мають успіх вже з самого початку проведення моніторингових спостережень у країнах Європи. На сьогоднішній день, завдяки більш довготривалим спостереженням та сучасним технологіям, є змога більш точно проводити облік пилку. Під час розробки нових пилкових календарів для Швейцарії користувались даними аероалергенного прогнозування та моніторингу. Нові календарі здатні генеруватися автоматично,

постійно оновлюватися та інформувати щодо концентрації конкретного виду пилку у повітрі як окремі регіони, так і цілу країну. Аналіз базується на середніх щоденних концентраціях пилку 15 видів рослин за останні 20 років, які було отримано з 14 ділянок аеробіологічного моніторингу на території Швейцарії. Довготривалий та безперервний аеромоніторинг дозволяє з високою вірогідністю передбачити кількісний показник щоденних концентрацій пилку у повітрі, але у побудові таких пилкових календарів не враховується зміна метеорологічних умов та інші екзогенні фактори впливу [109]. Ще однією спробою застосування автоматизованого та простого способу вимірювання кількості анемофільного пилку є розробка девайсу та алгоритму моніторингу з використанням лазерної оптики. Для аналізу переміщення та розсіювання пилку використовували пристрій, що може вимірювати інтенсивність розсіювання лазерного випромінювання перед частками, що знаходяться в атмосферному повітрі. Для підтвердження достовірності отриманих результатів, їх порівнювали із даними, отриманими за допомогою стандартного підрахунку з використанням пастки Хірста. Взагалі, автоматизований моніторинг відтворив загальні риси сезону палінації деяких анемофільних рослин, але не зміг показати, як саме впливають зміни метеорологічних умов на концентрацію тих чи інших пилкових зерен в атмосферному повітрі [110].

Таким чином, проведений аналіз даних наукової літератури вказує на значну актуальність та зацікавленість проблемою завчасного прогнозування аеропалінологічної ситуації. Встановлені закономірності допомагають науковцям краще зрозуміти особливості палінації різних видів анемофільних рослин. Багато уваги приділяється вивченню окремих факторів впливу, наприклад, температури, відносної вологості чи опадів. Доведено, що кількість пилку залежить від погоди в цілому, але не корелює з жодним із показників метеоумов. На нашу думку, це пов'язано з тим, що науковцями вивчалась залежність кількості пилку від показника (температури, вологості, атмосферного тиску і т.д.) і не було проведено аналіз зміни значень конкретного показника або комбінації метеорологічних умов.

## РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Пилок амброзії як об'єкт дослідження аеропаліноспектру

Пилок амброзії (*Ambrosia artemisiifolia* L.) та близького виду – чорнощигру (*Cyclachena xanthiifolia* Fresen.) займає майже половину аеропаліноспектру Запоріжжя. По зовнішньому вигляду амброзія полинолиста схожа на полин звичайний. Високе, пряме, розгалужене у верхній частині, міцне, опушене стебло може сягати 200-250 см. Верхні листки чергові, темно-зелені, одноперисті, нижні – подвійноперистороздільні з лінійно-ланцетними частками, супротивні, знизу опушені. Корінь стрижневий, розгалужений, заглиблюється у ґрунт до 4 м і більше. Амброзія – однодомна рослина. Суцвіття: квітки зібрані в роздільностатеві зелені кошики. Чоловічі суцвіття – колосо- або китицеподібні, розташовані на кінцях стебла та гілок. Жіночі суцвіття розміщені по одному в пазухах листка або під чоловічими суцвіттями. Плід – сім'янка. Сходить наприкінці березня, в травні. Цвіте – з другої половини липня по жовтень. Одна рослина утворює до 80-150 тисяч штук насінин, які зберігають в землі життєздатність до 10 – 40 років [Ошибка! Закладка не определена.].

Пилок трьохборозно-оровий, трохи сплюснутий, сфероїдальний, має поверхню, покриту короткими шипами. Розмір 15-25 мкм (рис. 2.1.1). Пилок амброзії присутній протягом року на рівні 1-10 зерен в кубометрі повітря. В період масового цвітіння (15.08 – 15.09) сягає 1,5-2 тисячі по різних районах міста.

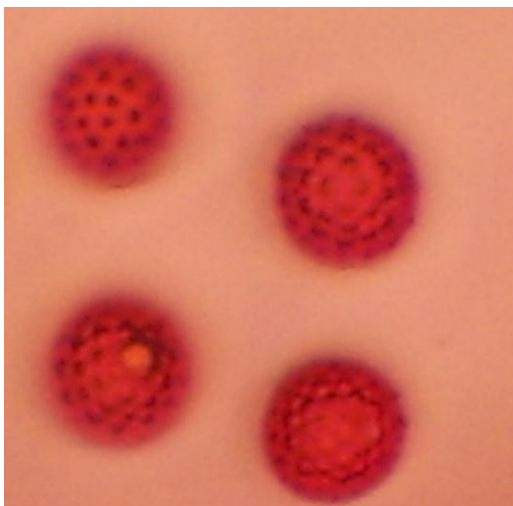


Рисунок 2.1.1 – Пилок амброзії.

## 2.2. Обладнання для дослідження кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі та методи мікроскопічного підрахунку

Для визначення концентрації пилку амброзії було використано волюметричний метод, який є найбільш розповсюдженим для проведення аеробіологічного моніторингу в країнах Європи та світу [111]. Такий метод дозволяє визначати концентрацію пилку як за цілу добу, так і по годинно. Для проведення моніторингових спостережень використовувався саморобний прилад, який у 2006 році пройшов державну метрологічну атестацію та отримав свідоцтво, яке засвідчує його придатність та дає допуск до застосування. З 2006 року прилад проходить щорічну метрологічну перевірку. У 2008 році на прилад було отримано Патент на корисну модель України [112].

Прилад знаходиться на даху третього корпусу Запорізького державного медичного університету на висоті 20 метрів. Технічні характеристики пилкоуловлювача відповідають пилковій пастці Хірста. Конструктивно прилад має: герметично закритий з двох боків корпус з кришкою; ствол, по якому повітря разом із пилком потрапляє до барабану з липкою стрічкою; помпу, що створює вимушений потік повітря; годинниковий механізм, який обертає барабан впродовж тижня; барабан з липкою стрічкою, який має діаметр 107 мм.

Погрішність приладу визначали спірографічним комплексом «Спіроком», що вимірює потік повітря у діапазоні  $\pm 15$  л/с з погрішністю виміру 3%. Визначена заявлена погрішність саморобного пилкоуловлювача для моніторингових досліджень складає 10%.

Саморобний пилкоуловлювач має пропускну спроможність 10 л/хв, а швидкість обертання барабану становить 2 мм/год. Робочий отвір, через який пилки потрапляє до поверхні закріпленої на барабані липкої стрічки має розмір  $2 \times 14$  мм. Такі самі технічні характеристики має пастка Хірста, що слугувала прототипом. На відміну від волюметричного пилкоуловлювача Хірста, прилад не обладнаний флюгером, а робочий отвір та ствол знаходяться вертикально под прямим кутом до вітру. Саме тому, об'єм повітря, що пройшов крізь прилад менше залежить від швидкості вітру, що дозволяє отримувати більш точний

результат [Ошибка! Закладка не определена.]. Іншою відмінністю є те, що робочий отвір розташовано зверху під кришкою, яка захищає прилад від дощу.

Раз на тиждень липку стрічку обережно знімають із барабану, та розрізають відповідно до днів тижня. Відрізки розміщують на предметному склі, фіксують та фарбують гліцерин-желатиновою сумішшю із додаванням фуксину. Зразки вивчаються під світловим мікроскопом при збільшенні  $\times 400$ . Для отримання статистично достовірних результатів потрібно продивитись не менше, ніж 10-12% від загальної площі препарату [113].

У більшості випадків користуються спеціальною якісною плівкою «Melinex». Після її прикріплення до предметного скла, вона виконує функцію покривного скла. Але, ця плівка досить гнучка та може навіть повторювати обрис часток та пилку, які було уловлено. При цьому поверхня стає достатньо нерівною, що в свою чергу може деформувати зображення, яке відображується під час мікроскопії зразків. Іншим варіантом може бути використання будь-якої прозорої липкої стрічки. Після зняття такої стрічки з барабану, її прикріплюють так, щоб липка сторона з пилком та іншими частками була обернена до покривного скла. При цьому, пилки знаходяться безпосередньо під покривним склом з рівною поверхнею, а якість липкої стрічки не може вплинути на будь-які характеристики досліджуваних об'єктів [114].

Для підрахунку пилку використовують декілька різних методів. Одним із них є метод так званих «дотичних полів зору» (рис. 2.2.1).

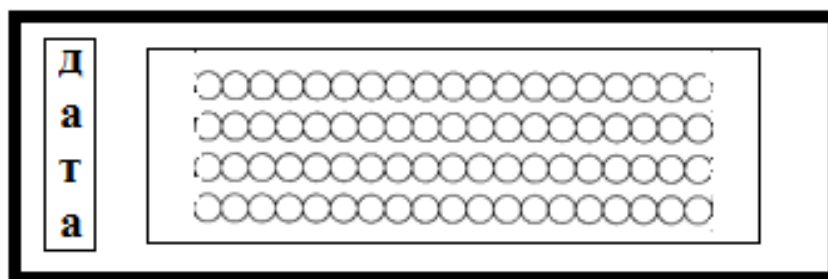


Рисунок 2.2.1. – Дотичні поля зору.

Вивчаються дотичні поля на 3-5 горизонтальних лініях, які відокремлені одна від одної приблизно на 2 мм. Після підрахунку пилку на одному полі зору, препарат переміщують так, щоб край наступного поля дотикався до краю

попереднього. Перевагою такого методу є те, що з його використанням можна фіксувати наявність пилку у конкретний момент доби.

Другим методом є метод «горизонтальних проходів». Тут також досліджують 3-5 горизонтальних ліній препарату, з відстанню між ними у 2 мм. Препарат переміщують згідно з напрямком руху липкої стрічки у барабані, що дозволяє оцінити зміну кількості пилку впродовж доби (рис. 2.2.2).

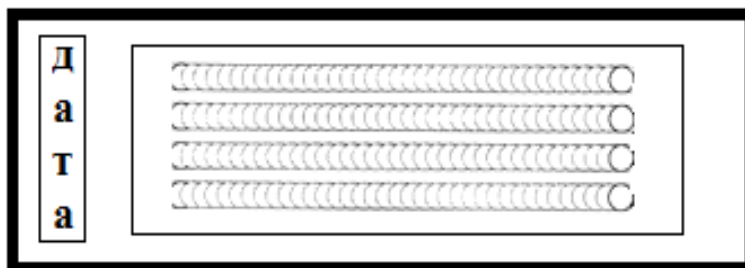


Рисунок 2.2.2 – Горизонтальні проходи.

Оскільки барабан обертається зі швидкістю 2мм/годину, пилок, який було ввіймано за одну годину, буде знаходитись на ділянці  $2 \times 14$  мм.

Дуже простим у застосуванні та швидким є метод випадкових полів зору. Для отримання статистично достовірних результатів, проводять підрахунок пилкових зерен на 300-500 полях, які знаходяться у різних частинах препарату. У випадку використання цього методу неможливо прослідкувати зміну концентрації пилку щогодини, оскільки розподіл пилку на стрічці не буває рівномірним та залежить від фенології рослини, оточуючого середовища, типу пилку (рис. 2.2.3).

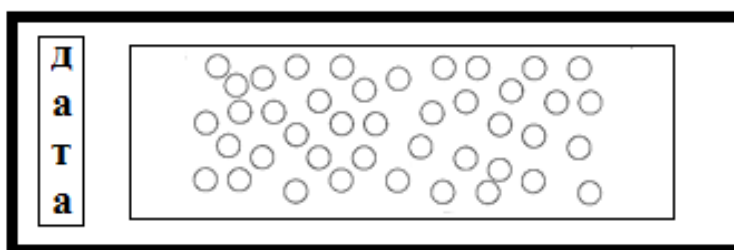


Рисунок 2.2.3 – Випадкові поля зору.

Для того, щоб отримувати дані не лише загалом за день, а бачити як змінюється кількість пилку у повітрі через кожні дві години, ми використовували метод вертикальних проходів. Препарат поділяють на 12 поперечних проходів, з



інтервалом між кожним у 4 мм. Таким чином визначають концентрацію пилку у повітрі через кожні дві години. Цей метод доцільно використовувати, якщо треба отримати дані у певний момент часу (рис. 2.2.4).

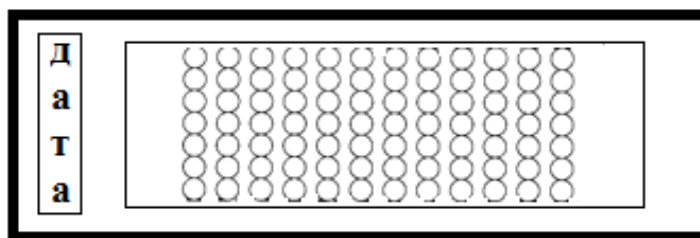


Рисунок 2.2.4 – Вертикальні проходи.

Згідно із технічними характеристиками пастки, щоби через неї проходить  $14,4 \text{ м}^3$  повітря. Весь пилок, що міститься у цьому об'ємі буде розподілятися на поверхні стрічки із площею  $672 \text{ мм}^2$  (стрічка розміром  $14 \times 48 \text{ мм}$ ). Якщо ми знаємо загальну площу липкої стрічки, то, з використанням пропорції, можемо підрахувати загальну добову кількість пилку, використовуючи дані, отримані під час мікроскопування 10-12% препарату. Також для підрахунку треба знати діаметр поля зору мікроскопа. Його можливо виміряти тільки з використанням спеціального предметного скла із нанесеною мікрометричною шкалою, або за допомогою мірної шкали на окулярі.

Для того, щоб правильно інтерпретувати та провести аналіз поведінки пилку амброзії у часі, необхідно постійно використовувати один і той самий метод підрахунку. Але навіть у цьому можуть виникати помилки у інтерпретації отриманих результатів, які пов'язані із багатьма чинниками. Найбільш розповсюдженими є:

1. Помилки, пов'язані із технікою підрахунку. Можуть бути викликані тим, що мікроскоп було неправильно сфокусовано (липка стрічка на препараті не завжди ідеально рівно лежить, тому потрібно правильно корегувати та налаштовувати чіткість поля зору). Проблеми можуть виникнути також якщо на одному полі зору знаходиться багато пилкових зерен, або зерна знаходяться на периферії поля зору. Точність отриманих результатів також залежить від проценту проаналізованої площі препарату.

2. Помилки, пов'язані із ідентифікацією пилкових зерен. Можуть

виникати, якщо пилок погано пофарбувався, втратив свою цілісність, або опинився за іншим об'єктом органічного або неорганічного походження. Ідентифікація може бути важкою ще й тому, що деякі види пилоквих зерен дуже подібні за своєю морфологією та формою.

3. Помилки, пов'язані із виготовленням препаратів. Неправильно підібрана та нанесена на стрічку клейка речовина (зазвичай використовують гліцерин-желатин), погана якість липкої стрічки, неохайне закріплення липкої стрічки на барабані та потрапляння бульбашок повітря під накривне скельце також може призвести до помилок у підрахунках.

## РОЗДІЛ 3 МОНІТОРИНГ ПИЛКУ АМБРОЗІЇ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ ТА АНАЛІЗ АЕРОАЛЕРГЕННОЇ СИТУАЦІЇ В ПЕРІОД З 2006 ПО 2016 РОКИ

### 3.1. Ретроспективний аналіз аероалергенної ситуації в період з 2006 по 2011 роки

Для аналізу аероалергенної ситуації, яка викликана пилком амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя були використані дані багаторічного моніторингу, що проводився на кафедрі медичної біології, паразитології та генетики Запорізького державного медичного університету з 2006 року. В період з 2012 по 2016 рік моніторинг пилку амброзії дисертантом проведений особисто. Кількість пилку амброзії представлено у вигляді гістограм, де по осі ординат відзначено середньодобову кількість зерен пилку в кубічному метрі атмосферного повітря, а по осі абсцис – дні палінації з 1-го серпня по 30-е вересня. Графіком представлений нормальний розподіл. Використовували Statistica 10 для побудови гістограм та аналізу на відповідність нормальному розподілу за критеріями узгодженості Колмогорова-Смірнова, Ліллієфорса та Шапіро-Уїлка.

У 2006 році значна концентрація пилку спостерігалася 25-27 та 30 серпня в період проходження циклону, а 28, 29 серпня пилок був практично відсутній, оскільки саме в цей час була потужна злива. При більш детальному аналізі погодних умов було виявлено, що за декілька днів, перед піковим концентраціям 25-27 серпня, спостерігалась зміна напрямку вітру з південно-східного на південно-західний, після чого по обіді 24 серпня пройшла короткочасна злива, а потім над досліджуваною територією панувала суха та безвітряна погода, що сприяло зростанню кількості пилових зерен в атмосферному повітрі. Напередодні 30 серпня дощило, а потім опади припинилися, підвищився атмосферний тиск на 8 мм рт.ст. та посилився вітер.

Вже 31 серпня концентрація пилку амброзії стрімко зросла і сягнула значення у 1192 пилові зерна. Також було відмічено різке зростання кількості пилку досліджуваної рослини 9 та 19 вересня (730 та 526 зерен відповідно). Цьому сприяла тепла та суха погода у цей період (рис. 3.1.1).

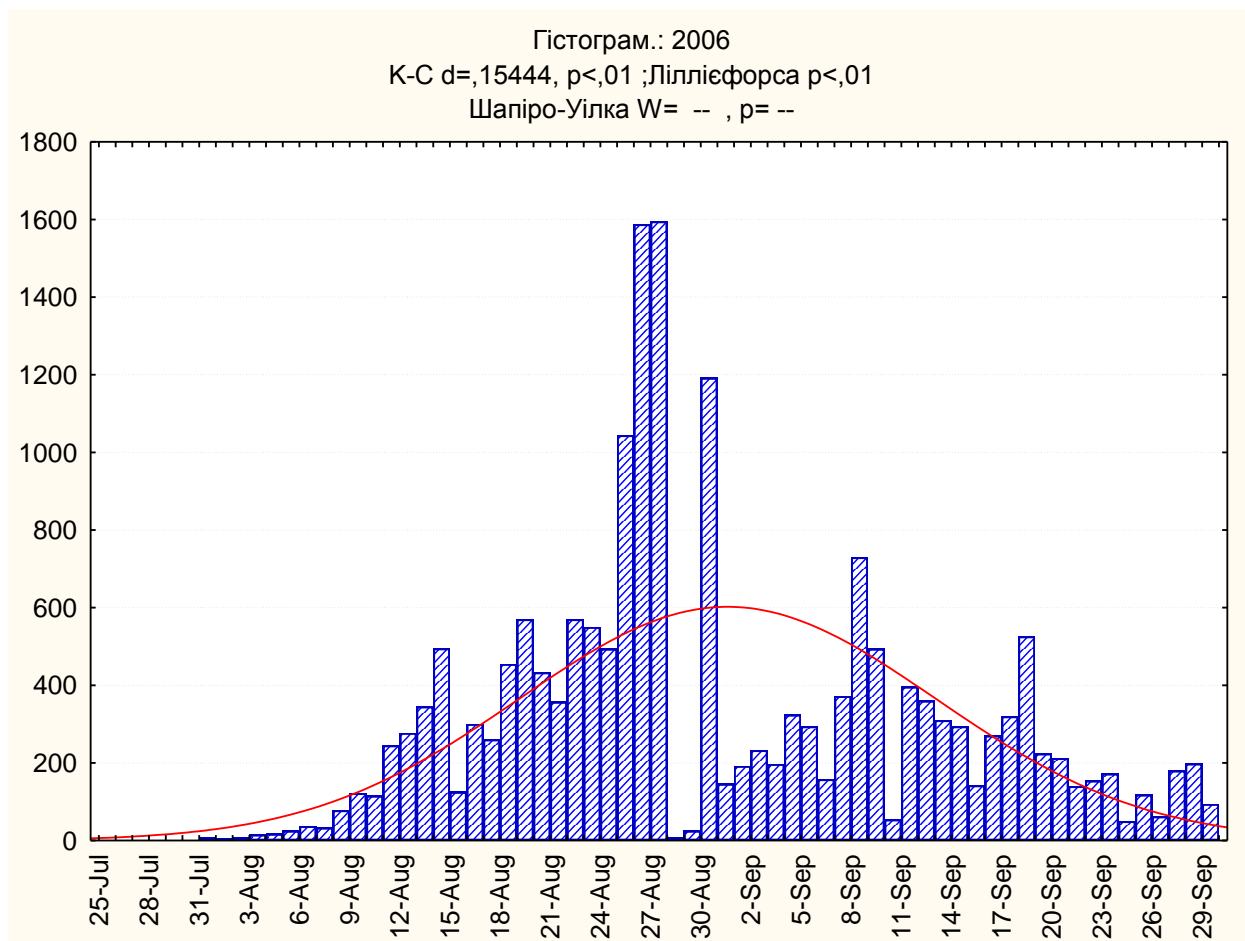


Рисунок 3.1.1 – Пилко амброзії у 2006 році.

У 2007 році найбільшу концентрацію пилку амброзії було визначено 6, 27 серпня а також 2 та 8 вересня. Після проведення аналізу погодних умов було встановлено, що з першого по п'яте серпня майже постійно дув вітер північно-східного напрямку. Короткочасні опади у вигляді дощу пройшли лише 2 серпня і до 6 серпня у Запоріжжі панувала досить висока середньодобова температура повітря. Зниження концентрації пилку у період 21-25 серпня пов'язується із проходженням дощів та майже безвітряною погодою, але вже з 25 числа відмічається посилення вітру північно-західного напрямку.

Впродовж 30 та 31 серпня пройшли зливи. На ранок 1 вересня встановилась суха, тиха та досить тепла погода, але вже надвечір відбулось посилення вітру. Збільшенню кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя, яке було відмічено 8 вересня, передували короткочасні зливи впродовж 6-7 вересня, зміна напрямку вітру а також зниження середньодобової

температури повітря та атмосферного тиску. Загалом палінація тривала 34 дні (рис. 3.1.2).

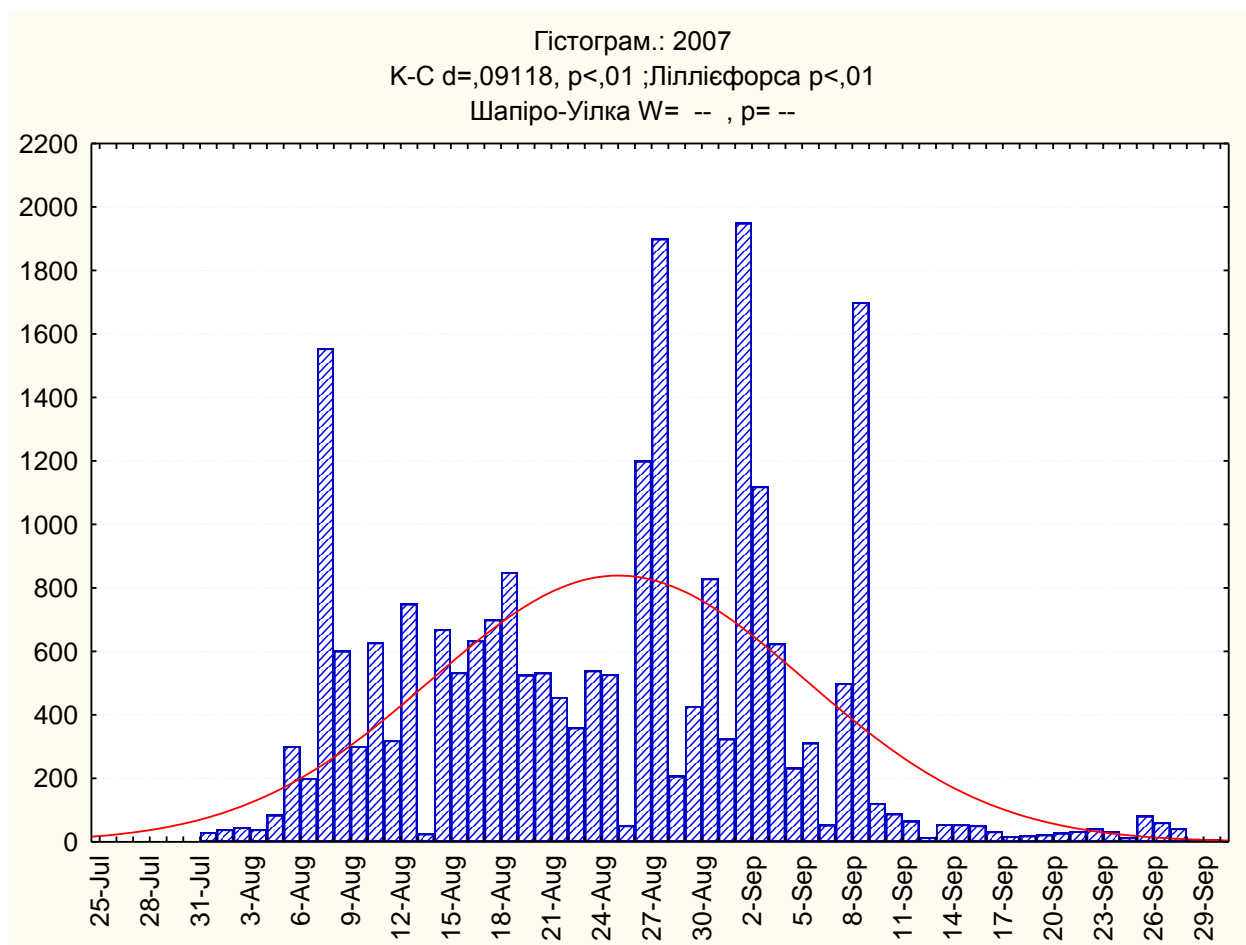


Рисунок 3.1.2 – Пилко амброзії у 2007 році.

У 2008 році третя декада серпня була жаркою та посушливою. П'ятий перцентиль пилку амброзії було зафіксовано 11 серпня. З 19 серпня опади були повністю відсутні, а інші метеорологічні фактори не зазнавали істотних змін. Така стабільна ситуація сприяла повільному та поступовому зростанню кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі, яка сягнула максимуму 27 серпня та склала 1162 зерна. В останній день літа кількість пилку трималась на рівні 424 зерен, далі її кількість почала зменшуватись, а 2 вересня було зафіксовано тільки 118 зерен амброзії. Значне зменшення концентрації пилкових зерен в атмосферному повітрі пов'язано із тим, що на початку вересня пройшли дощі. В наступні дні відмічається незначне поступове зростання кількості пилку амброзії. Цьому сприяла тепла, малохмарна суха погода з поривчастим вітром північно-західного напрямку, але вже після 9 вересня було відмічено поступове

зменшення кількості пилку амброзії, що свідчило про завершення палінації. Кінцевим терміном пилкування було 16 вересня. Саме на цей день припав 95 перцентиль (рис. 3.1.3).

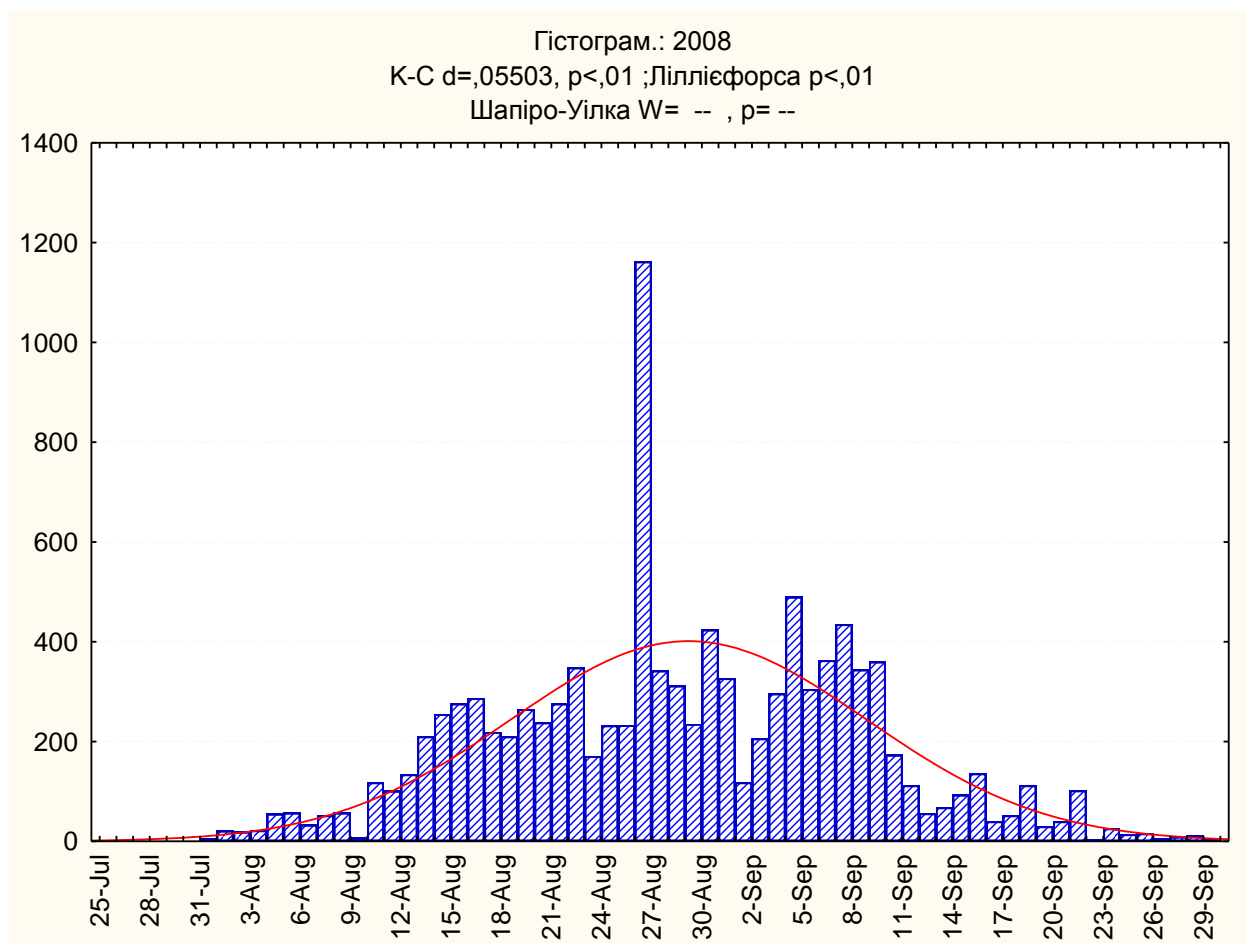


Рисунок 3.1.3 – Пилки амброзії у 2008 році.

У 2009 році початок серпня був посушливим та спекотним. Тільки 4 та 5 серпня пройшли короткочасні зливи, а надалі встановилась суха та майже безвітряна погода. Незначний дощ пройшов також 10 серпня. Початок пилкування амброзії припав на 13 серпня, а вже 18 серпня спостерігалось стрімке збільшення концентрації пилкових зерен амброзії в атмосферному повітрі. Цьому передувала майже безвітряна, суха, спекотна та сонячна погода. Наступним днем з високою концентрацією пилку стало 24 серпня, бо саме за 2 дні до цього було зафіксовано посилення вітру а також зміна його напрямку. Дощова погода призвела до зниження концентрації зерен у повітрі в період з 27 по 29 серпня. На початку вересня кількість пилкових зерен амброзії не перевищувала 100 штук, але 8 та 9 вересня посилювався північно-східний вітер до

9 м/с, і концентрація амброзії в атмосферному повітрі знову почала зростати та сягнула значення 151. Загалом, цей рік відзначився досить низькою кількістю пилку амброзії. Термін палінації склав 37 днів, але всього було визначено 2868 зерен, що склало 27% від усереднених даних багаторічного моніторингу (рис. 3.1.4).

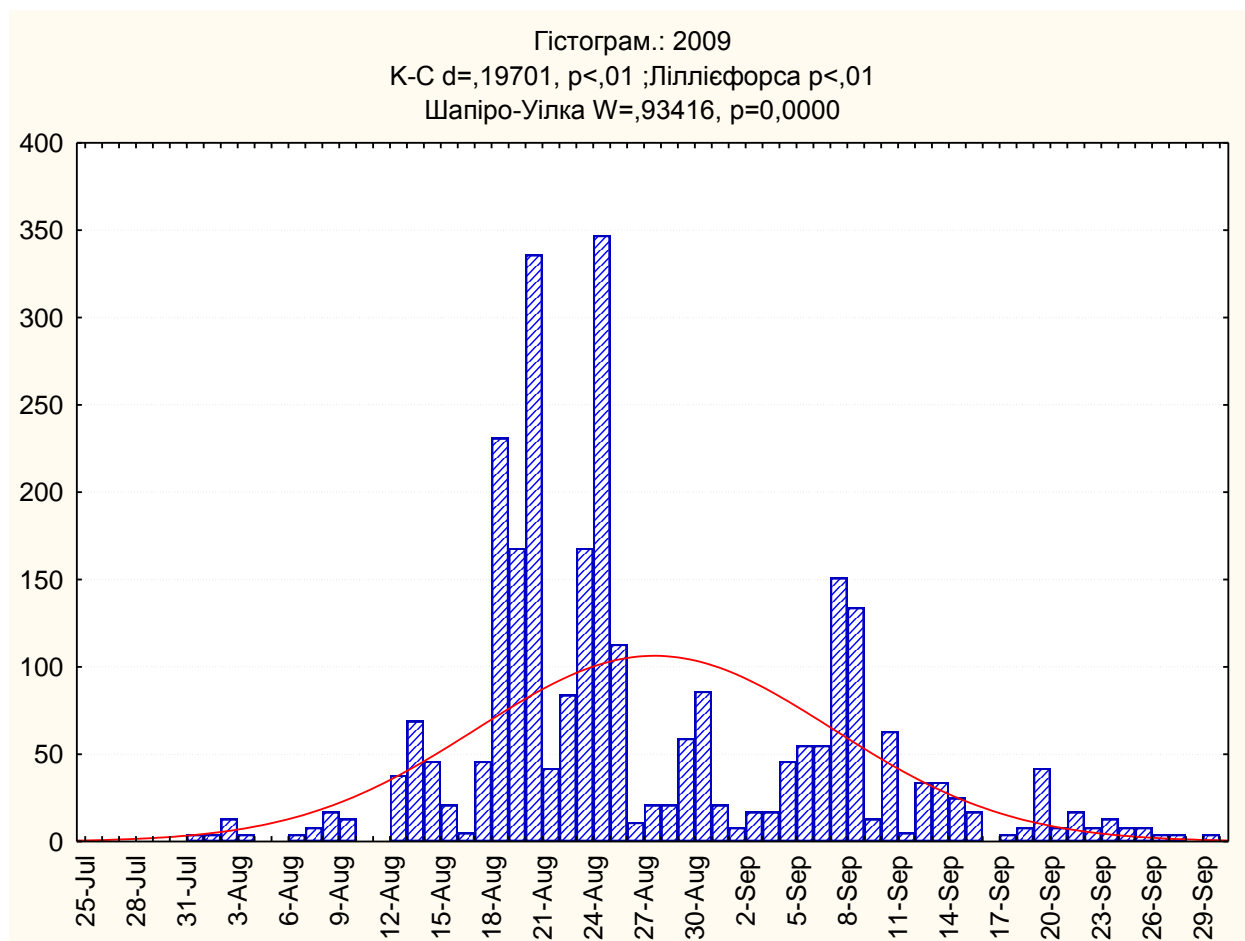


Рисунок 3.1.4 – Пилко амброзії у 2009 році.

У 2010 році палінація амброзії розпочалась 2 серпня. У цей час панувала досить спекотна, суха, з поривчастим вітром до 10 м/с погода. Перша пікова концентрація пилку амброзії була зафіксована 18 серпня. Напередодні цього було зафіксовано шквал та зливу на фоні значного посилення північно-західного вітру (до 10 м/с) та зниження атмосферного тиску. Надалі зливи, які пройшли 20-21 серпня призвели до зменшення кількості пилку амброзії у повітрі, але на зміну їм прийшла ясна та тиха погода, що й спровокувала значне зростання концентрації пилкових зерен у повітрі 25 серпня. Майже повна відсутність пилку у повітрі 29 серпня була пов'язана із проходженням сильної зливи у цей час.

Наступне зростання концентрації пилових зерен амброзії зафіксовано 1 вересня. За два дні до цього відбулось зниження температури атмосферного повітря, зміна напрямку та посилення швидкості вітру та зниження атмосферного тиску напередодні короткочасного дощу. Останнім днем з порівняно високою кількістю пилку амброзії у повітрі (512 зерен) було 5 вересня. Вже 7 та 8 вересня панували зливи та відчутно знизилась температура повітря, що в свою чергу призвело до зменшення кількості пилку амброзії. Палінація завершилась 18 вересня (рис. 3.1.5).

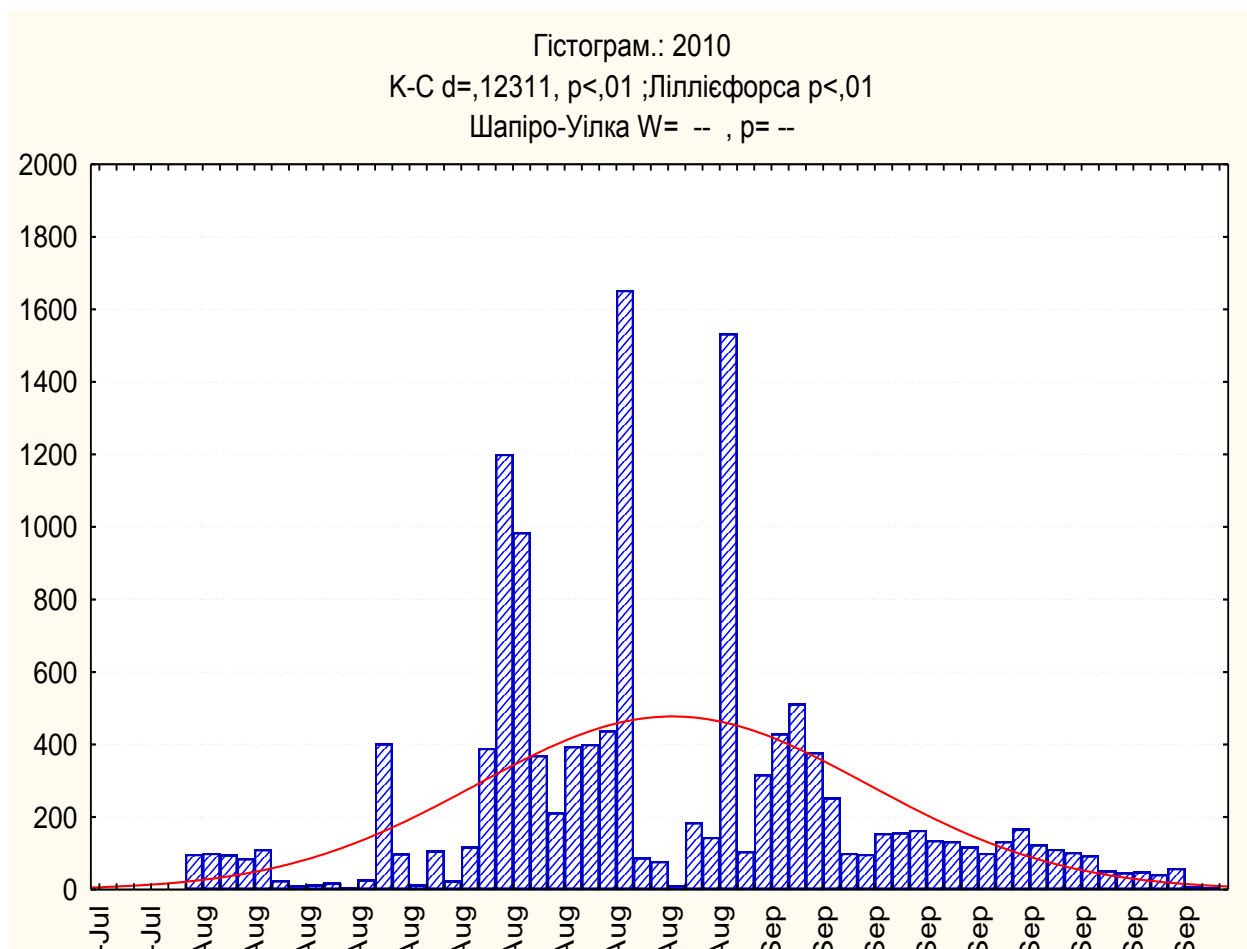


Рисунок 3.1.5 – Пилок амброзії у 2010 році.

У 2011 році палінація розпочалась 16 серпня. В основному, у першій декаді серпня панувала суха та безвітряна погода, лише 15 серпня було зафіксовано короткочасну зливу. Пікові концентрації було відмічено 21, 24 та 29-31 серпня. Вночі 21 серпня пройшов короткочасний дощ, після чого посилився вітер до 6 м/с. Схожа ситуація передувала підвищенню кількості пилку амброзії і 24 серпня: напередодні пройшов слабкий дощ, вночі посилився вітер та знизився



атмосферний тиск. Після 24 серпня над досліджуваною територією панувала суха, тепла та безвітряна погода, а 28-29 серпня відбулось підвищення денної температури повітря до 31°C. До того ж, 30 серпня дещо посилювався південно-східний вітер, а погода залишилась спекотною та сухою. У першій декаді вересня концентрація пилоквих зерен поступово зменшувалась. Досить незначну кількість пилку було визначено 9 та 10 вересня, саме в цей час пройшли зливи та було зафіксовано підвищення атмосферного тиску на 9 мм.рт.ст. Палінація тривала до 15 вересня. (рис. 3.1.6).

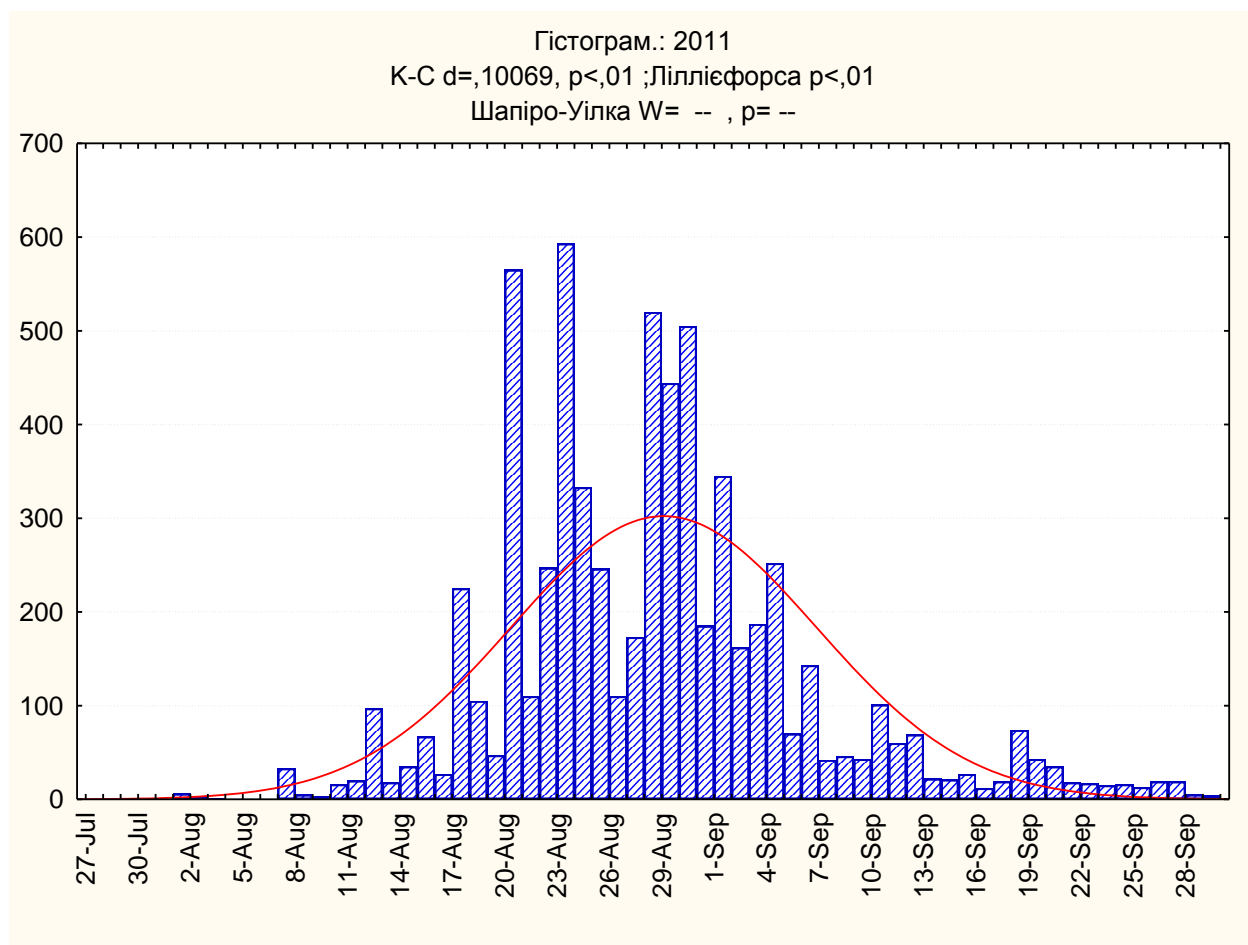


Рисунок 3.1.6 – Пилок амброзії у 2011 році.

#### Висновки:

1. На палінацію амброзії значно впливають зміни погодних умов.
2. Комбінація сприятливих, або навпаки несприятливих метеорологічних факторів здатна змінювати термін пилкування амброзії.
3. Кількість пилку амброзії в атмосферному повітрі може різко зростати або зменшуватись в залежності від погодних умов.

### 3.2. Аналіз аероалергенної ситуації в період з 2012 по 2016 роки.

У 2012 році концентрація пилку амброзії почала поступово зростати наприкінці першої та початку другої декади серпня. Цьому сприяла тепла, суха погода зі слабким вітром переважно північно-західного напрямку. Впродовж 8, 12 та 14 серпня відмічено зменшення кількості пилкових зерен амброзії у повітрі м. Запоріжжя у зв'язку із проходженням короткочасних злив та незначним зниженням середньодобової температури повітря. Нехарактерно мала кількість пилку амброзії спостерігалась 24-30 серпня. Причиною цього стали зливи, які розпочались 24 серпня та припинились тільки 30 серпня а також зниження середньодобової температури повітря у цей період (рис. 3.2.1).

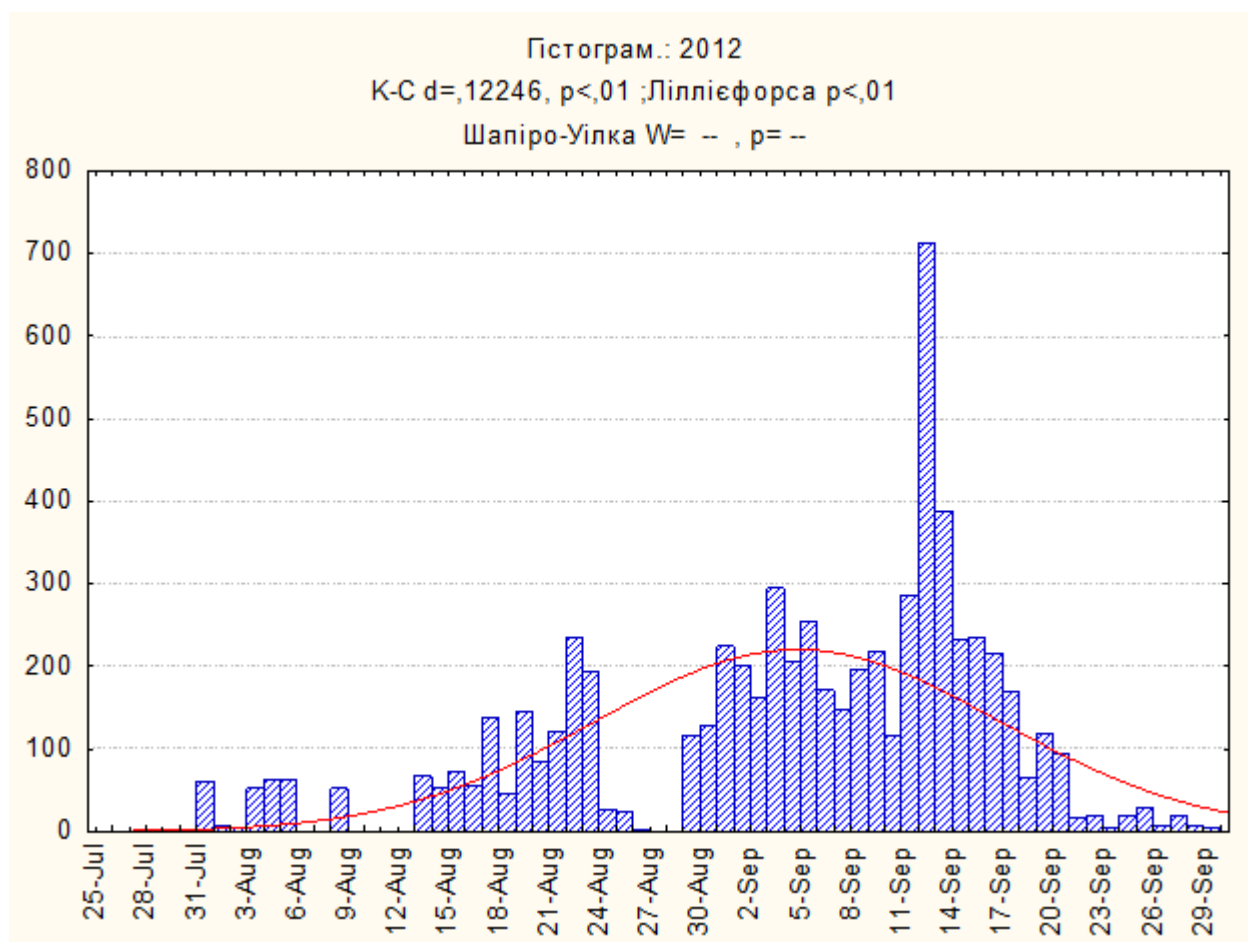


Рисунок 3.2.1 – Пилок амброзії у 2012 році.

Лише тільки 1 вересня відбулось незначне підвищення температури повітря вдень до 21°C, а 4 вересня вдень температура сягала 27°C. Після 4 вересня знову пішли дощі, і тільки з 12 вересня відмічено підвищення температури повітря та посилення південно-східного вітру. У зв'язку із

несприятливими комбінаціями погодних умов в очікуваний період масового цвітіння амброзії, її пилок був майже повністю відсутній в атмосферному повітрі, а досяг своїх пікових значень тільки в період 13-14 вересня. Всього за період спостереження було підраховано 7774 пилкові зерна, що становить 73% від середніх значень, отриманих в ході проведення багаторічних спостережень, а максимальна кількість була зафіксована достатньо пізно, 13 вересня (склала 713 зерен). Усередненим днем палінації було 24 серпня. Також встановлено, що 59 днів концентрація пилку амброзії була більше ніж 20 зерен у м<sup>3</sup> атмосферного повітря, а 26 днів – більше 100 зерен/м<sup>3</sup>.

У 2013 році пилок амброзії почав з'являтися у повітрі в останні дні липня. Перша декада серпня пройшла зі зливами. У цей період панував вітер північно-східного напрямку. Після 7 серпня встановилася суха, малохмарна та спекотна погода. Вітер змінив свій напрямок на східний, дещо знизився атмосферний тиск. Кількість пилку амброзії у повітрі почала збільшуватись, тому 5-перцентиль припав на 9 серпня. Пікові концентрації пилку амброзії припали на 18, 19 та 21 серпня. З 15 серпня спостерігалось посилення вітру північно-східного напрямку до 7 м/с та підвищення атмосферного тиску. При цьому погода залишалась безхмарною та сухою. На ранок 17 серпня вітер став слабшим, але вже 18 числа він посилювався та змінив свій напрям на східний. Досить стабільні погодні умови, суха та спекотна погода сприяли появі максимальної кількості пилку амброзії у повітрі саме в цей проміжок часу. У період 4-9 вересня пройшли сильні зливи та знизилась температура повітря. Кількість пилку амброзії почала помітно зменшуватися. Палінація тривала 34 дні та завершилась 12 вересня (95-й перцентиль). Всього за період спостереження було виявлено 11625 зерен пилку амброзії, що становить 109% від середніх значень, отриманих в ході проведення багаторічних спостережень, а максимальна кількість була зафіксована 19 серпня і склала 980 пилових зерен. Також значну концентрацію пилку в атмосферному повітрі було відмічено 18 серпня – а 657 зерен та 21 серпня – 716 зерен. Усередненим днем палінації було 22 серпня. Було також встановлено, що 49 днів концентрація пилку амброзії була більше ніж 20 зерен у м<sup>3</sup> атмосферного

повітря, а 30 днів – більше 100 зерен/м<sup>3</sup> (рис.3.2.2).

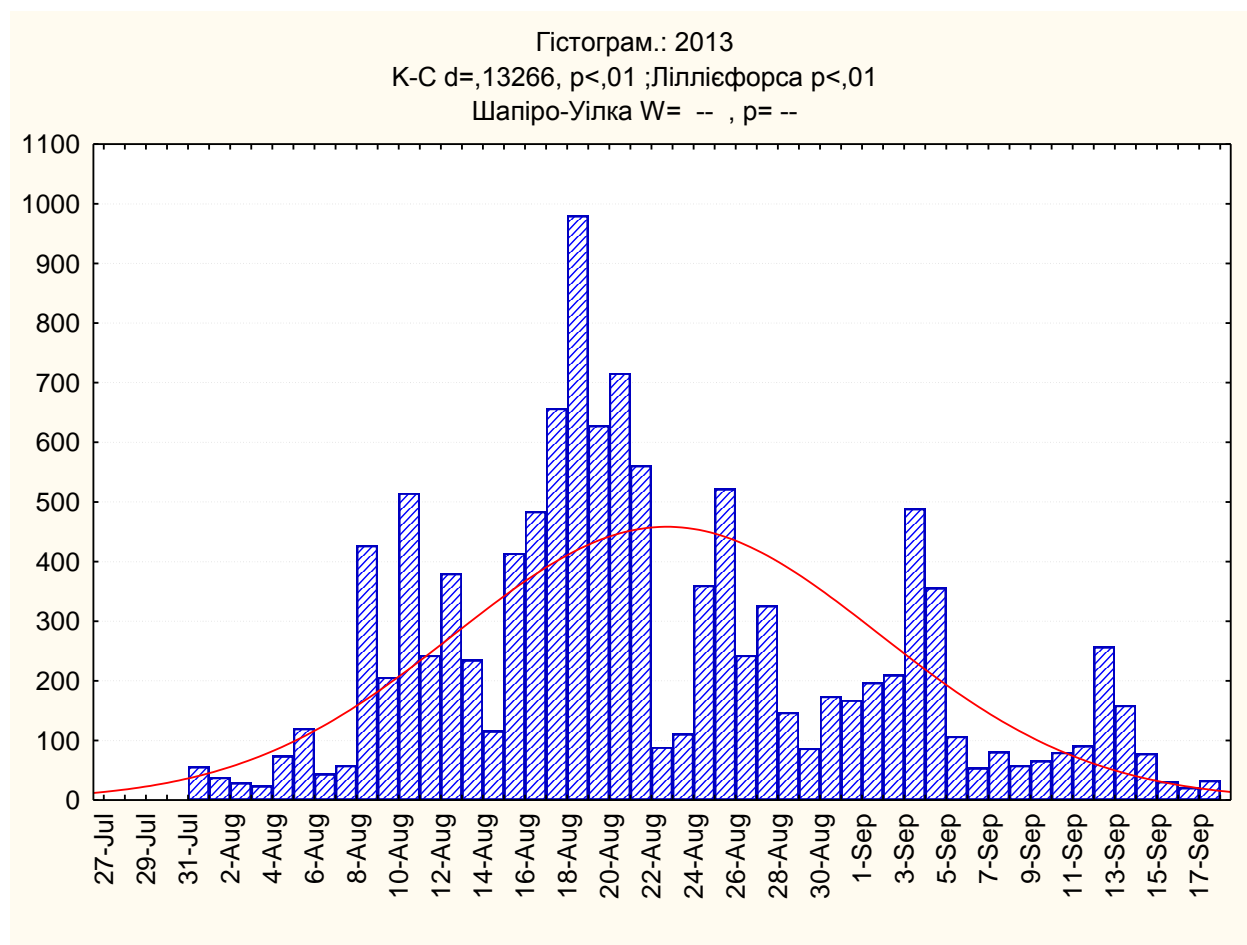


Рисунок 3.2.2 – Пилко амброзії у 2013 році.

У 2014 році за декілька днів до 20 серпня відчутно знизилась денна температура повітря: її максимальне значення сягнуло 17°C. З 20 серпня температура почала підвищуватись, а погода залишалась сухою та безвітряною. Пікова кількість пилку амброзії у повітрі 29 серпня відмічалась після зниження атмосферного тиску на 6 мм.рт.ст., посилення вітру перед початком короткочасної зливи. Надалі спостерігалось підвищення атмосферного тиску, а вітер швидкістю 6 м/с надвечір майже повністю припинився. На початку вересня, 4-6 числа, було знову відмічено досить значну кількість пилкових зерен амброзії у повітрі. Це може бути пов'язано із нетипово високою денною температурою повітря (до 28°C), сильним поривчастим вітром, який панував 3-6 вересня та сягав 8 м/с. У зв'язку із такою комбінацією погодних умов, 30 серпня та 4-5 вересня було також відмічено збільшення кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі. Термін палінації склав 29 днів.

Всього за період спостереження було проаналізовано 4773 пилкові зерна, що становить 45% від середніх значень, отриманих в ході проведення багаторічних спостережень, а максимальна кількість склала 479 зерен. Усередненим днем палінації було 1 вересня (рис.3.2.3).

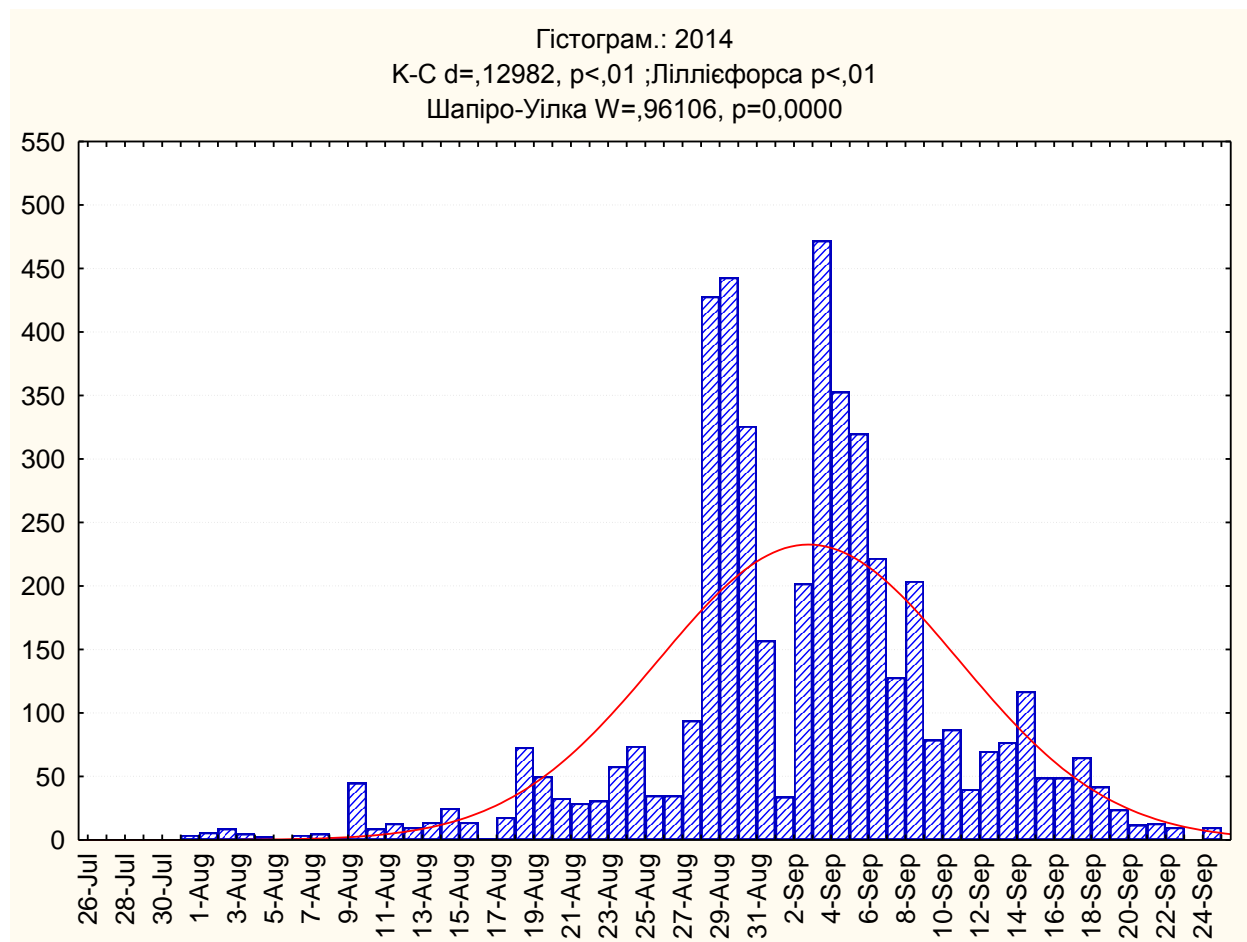


Рисунок 3.2.3 – Пилок амброзії у 2014 році.

У 2015 році максимальну кількість пилку амброзії – 1052 зерен у повітрі було зафіксовано 2 вересня. Саме в цей час відмічалось підвищення температури повітря, посилення вітру після його майже повної відсутності та зниження атмосферного тиску. Ще одна пікова концентрація припала на 6 вересня. Така підвищена кількість пилкових зерен співпала із аномально високою для цього періоду року температурою (вдень 34-35°C), тихою, безхмарною погодою. Термін палінації склав 33 дні. Всього за період палінації було визначено 9547 пилкових зерен, що становить 90% від середніх результатів багаторічних спостережень. Усередненим днем палінації було 30 серпня. Було також встановлено, що 47 днів концентрація пилку амброзії була більше ніж 20 зерен у

м<sup>3</sup> атмосферного повітря (рис. 3.2.4).

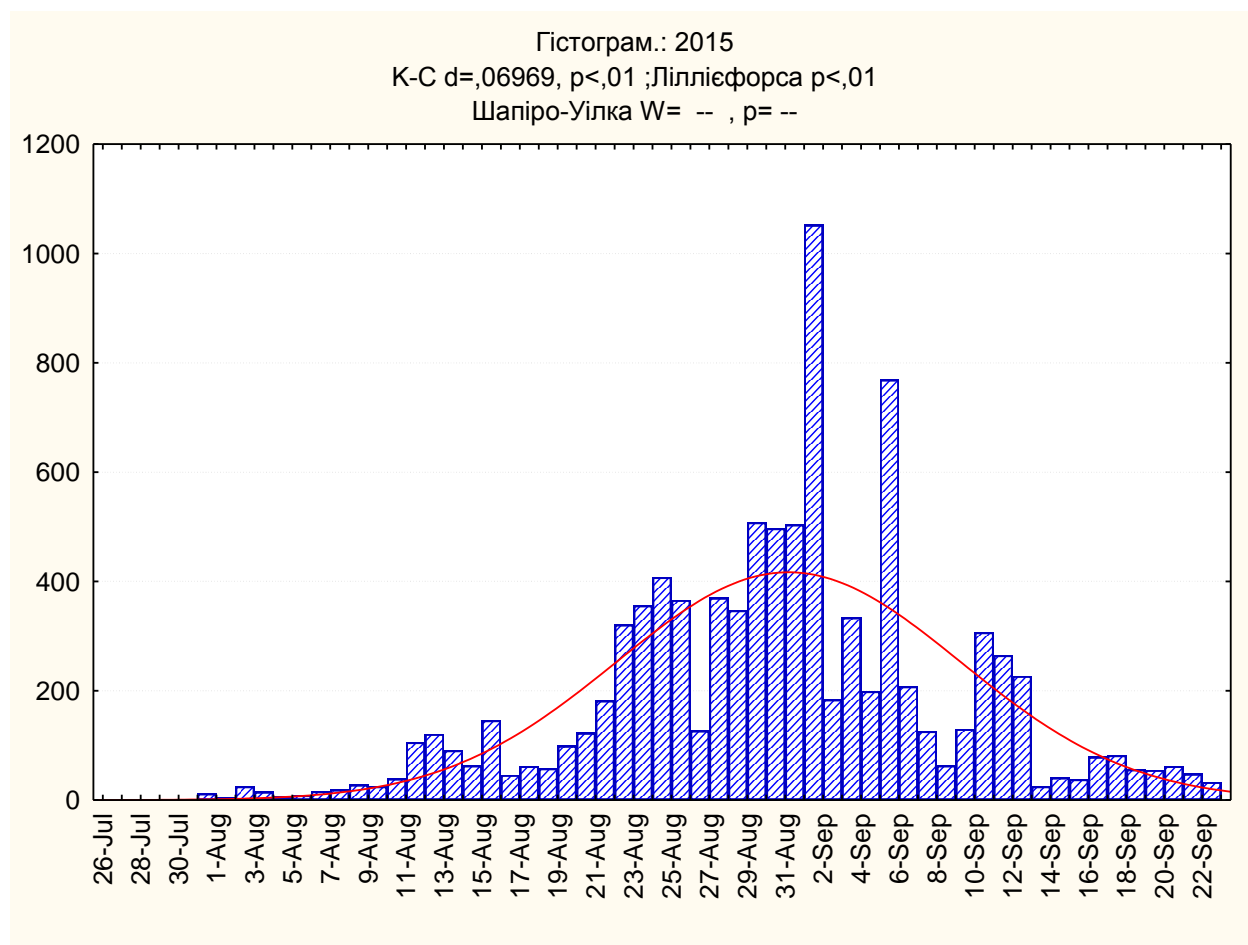


Рисунок 3.2.4 – Пилок амброзії у 2015 році.

На початку серпня 2016 року панувала спекотна, суха погода. Вже 10 серпня було зафіксовано початок пилкування амброзії (5-й перцентиль). Перед цим днем, 9 серпня, над містом пройшла злива та знизився на 2 мм.рт.ст атмосферний тиск. У цей період спостережень значна концентрація пилоквих зерен амброзії в атмосферному повітрі припала на 21, 25 та 30-31 серпня. У ці дні було визначено 691, 728, 706 та 799 зерен амброзії відповідно. В цей період часу панувала суха та спекотна погода, лише 25 серпня пройшов короткочасний дощ та трохи знизився атмосферний тиск. Всього за період палінації, яка тривала 39 днів, було визначено 10534 пилкові зерна, що склало 99% від даних, отриманих в ході проведення багаторічних спостережень. Максимальна концентрація становила припала на 31 серпня та склала 799 пилоквих зерен, а усередненим днем палінації було 28 серпня. Кінцевим терміном палінації було 18 серпня. У пеіод 14-16 вересня відмічено зниження температури повітря та

зливи. Було також встановлено, що 52 дні концентрація пилку амброзії перевищувала 20 зерен у м<sup>3</sup> атмосферного повітря, а 34 дні – 100 зерен/м<sup>3</sup> (рис.3.2.5).

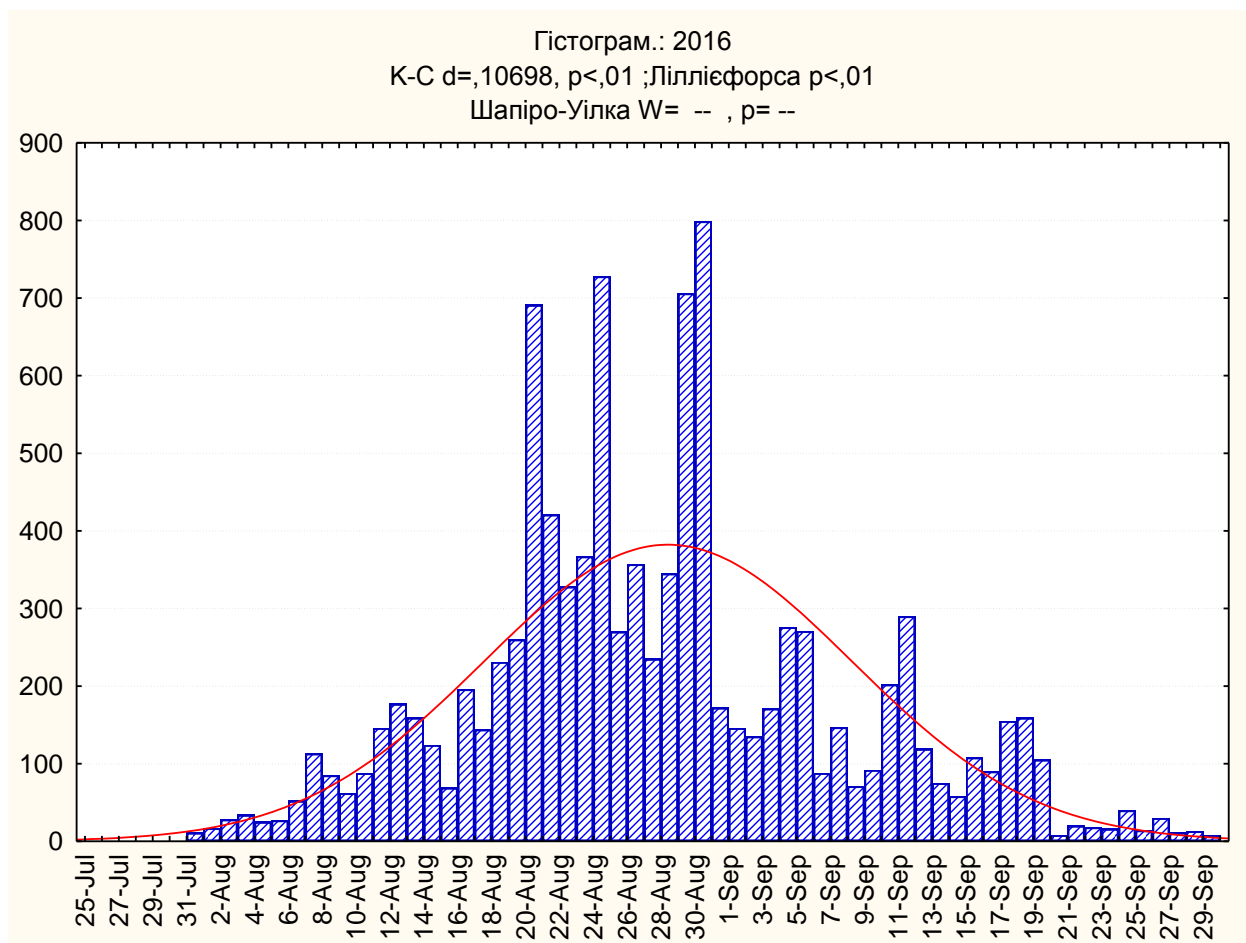


Рисунок 3.2.5 – Пилек амброзії у 2016 році.

Висновки:

1. Комбінація стабільно сприятливих погодних умов призводить до поступового збільшення кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі; несприятливі умови, наприклад посилення вітру та зміна його напрямку майже завжди призводить до зростання кількості пилку амброзії у повітрі, а зниження середньодобової температури повітря – до його зменшення;

2. Комбінація показників вітру, температури, відносної вологості та зміни атмосферного тиску, що передує дощовій погоді також призводять до зростання кількості пилку амброзії в повітрі, а сильні опади призводять до різкого зменшення рівня пилку амброзії у повітрі, або до повного його зникнення у цей період.

### 3.3. Аналіз середніх показників палінації амброзії у м. Запоріжжі

В ході проведення 11-річного моніторингу та після статистичної обробки отриманих результатів, проаналізовано такі показники пилкування амброзії, як: поява пилкових зерен в атмосферному повітрі; п'ятий перцентиль (вважається початком палінації); усереднений день; 95-й перцентиль (вважається кінцем палінації); тривалість цвітіння; присутність пилку в атмосферному повітрі після завершення палінації. З'ясовано, що ці показники можуть варіювати в залежності не лише від особливостей пилкування амброзії, але й від інших факторів, якими є погодні умови. Так, якщо умови будуть сприятливими, а погода переважно буде сухою та спекотною, то палінація амброзії може розпочатись навіть наприкінці липня. Амброзія має значний потенціал у продукуванні нових квітів після початку цвітіння і, зазвичай, припинення палінації пов'язане з несприятливими умовами, які спостерігаються восени. Коли починаються затяжні дощі, повітря швидко очищується від пилку.

Як видно з діаграми розмаху, пилок амброзії починає з'являтися в атмосферному повітрі у перші дні серпня. П'ятий перцентиль в основному припадає на першу декаду серпня, але інколи початок цвітіння затримується і розпочинається лише у другій декаді цього місяця. Яскравим прикладом запізнення слугують результати, які було отримано у 2011, 2012, 2014 та 2015 роках. В основному причиною такого явища були несприятливі для початку цвітіння погодні умови: низька температура повітря, висока відносна вологість, зливи або ж сильний вітер. Також помітно, що в основному усереднений день палінації амброзії припадає на третю декаду серпня, але під впливом несприятливих метеорологічних чинників у 2012 та 2014 роках цей день змістився на початок вересня. Закінчується палінація цієї анемофільної рослини наприкінці першої, початку другої декади вересня. Досить добре помітно, що тепла, суха та в основному без сильного вітру погода восени може призвести до подовження термінів присутності пилку амброзії в атмосферному повітрі. І навпаки, дощова погода, сильний вітер та низька температура повітря прискорюють завершення палінації. Навіть після закінчення пилкування, пилок



амброзії ще може залишатися присутнім в повітрі досить довготривалий час. Причиною такої позитивної асиметрії розподілу пилку вважають не тільки сприятливі погодні умови, а також так званий «ефект затримки», який залежить від якості середовища та фізіологічних особливостей амброзії. Такий ефект здатний «розтягнути» в часі палінацію і, як наслідок, клінічні симптоми поленових алергій [115] (рис. 3.3.1).

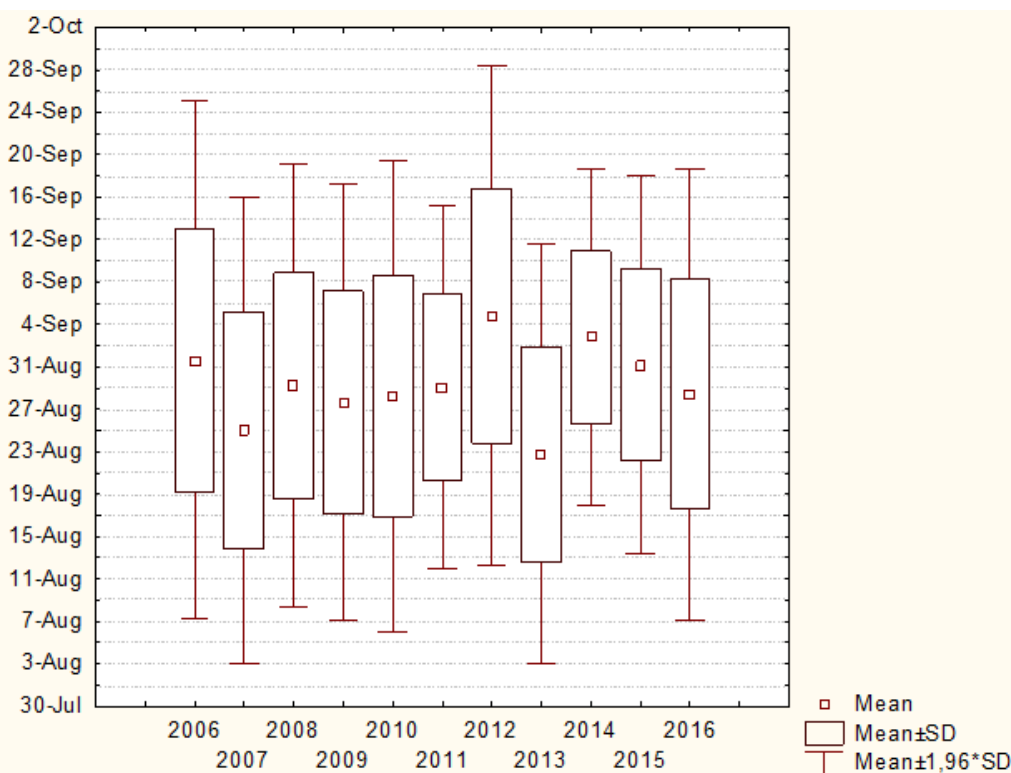


Рисунок 3.3.1 – Палінація амброзії у 2006-2016 роках.

Якщо знехтувати усіма чинниками, які здатні впливати на палінацію амброзії, та уявити, що цвітіння відбувається в «ідеальних» умовах, то кількість пилку повинна закономірно збільшитись до максимуму і потім також закономірно знизитись, згідно нормального розподілу, в основі котрого є біном Ньютона. Але, як відомо, на палінацію діють безліч причин, які здатні змінювати термін цвітіння. Одним із показників, що здатний описати цвітіння є середнє арифметичне. Взагалі, для визначення середнього арифметичного, потрібно загальну кількість пилку розділити на кількість днів цвітіння. Але у нашому випадку нас цікавить не середня кількість пилку в день, а середній день:

$$X_{cp} = (\sum(M * X)) / M \text{ взагалі} \quad (3.3.1)$$

Де:

X – доба, або скоріше номер доби, коли було проведено спостереження;

M – середньодобова кількість пилку, яка спостерігалася на X добу;

M взагалі – загальна сума пилоквих зерен.

Як видно на гістограмі, середнє значення кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі на початку серпня поступово зростає, сягає своїх максимальних значень у третій декаді серпня, інколи першій декаді вересня та починає зменшуватись. Пилок залишається присутнім у повітрі до кінця вересня, але вже не в значній кількості. З початку другої декади серпня та до середини вересня кількість пилку амброзії зазвичай перевищує значення у 100 зерен, що може викликати у людей із сенсibiliзацією прояви алергічних реакцій на пилок цієї рослини (рис. 3.3.2).

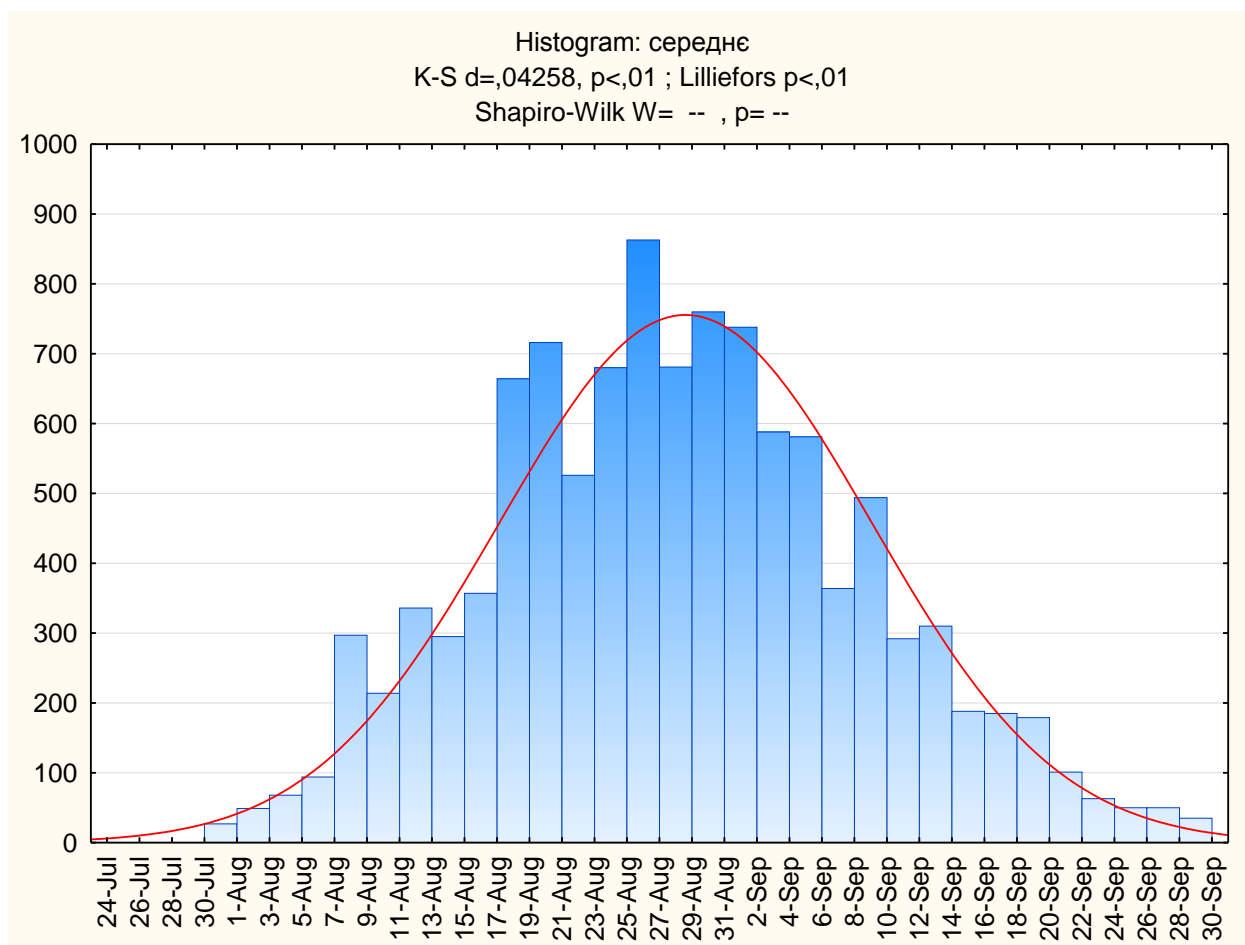


Рисунок 3.3.2 – Середня кількість пилку амброзії в атмосфері м. Запоріжжя в період з 2006 по 2016 рік.

Більш детальну описову статистику отриманих результатів моніторингових спостережень у місті Запоріжжя за кількістю пилку амброзії (середньодобова кількість пилкових зерен в кубічному метрі атмосферного повітря) в період з 2006 по 2016 рр. наведено нижче (табл. 3.3.1).

Згідно з отриманими результатами, найбільшу кількість пилку було визначено за 2007 рік – 23601 зерно, а найменша кількість була у 2009 році – 2802 пилкові зерна. Зазвичай спостерігається позитивна асиметрія розподілу пилку амброзії по днях цвітіння. Це свідчить, що середовище може утримувати пилки ще певний час після його продукування. Лише у 2012, 2014 та 2015 роках спостерігається незначна негативна асиметрія, що може бути пов'язане із несприятливими погодними умовами для амброзії під час палінації. Найбільша асиметрія розподілу спостерігалася у 2011 році – 0,75. Асиметрія розподілу в середньому склала  $0,13 \pm 0,5$ .

Таблиця 3.3.1

### Описова статистика отриманих результатів дослідження

Рік	Сума	Середнє	Мода	Пік	5 пер.	95 пер.	Ст. відх.	Похибка	Асиметрія	Похибка асиметрії
2006	18808	31.8	28.8	1595	13.8	23.9	12,4	0,09	0,39	0,02
2007	23601	25.8	2.9	1950	8.8	9.9	11,2	0,07	0,11	0,02
2008	10725	29.8	27.8	1162	12.8	16.9	10,6	0,10	0,04	0,02
2009	2802	27.8	25.8	347	14.8	16.9	10,5	0,19	0,68	0,05
2010	13595	28.8	26.8	1653	12.8	19.9	11,3	0,09	0,26	0,02
2011	6637	29.8	24.8	593	18.8	16.9	8,7	0,10	0,75	0,03
2012	7774	4.9	13.9	713	14.8	20.9	12,0	0,14	-0,87	0,03
2013	11625	22.8	19.8	980	9.8	12.9	10,1	0,09	0,49	0,02
2014	4773	2.9	4.9	479	19.8	16.9	8,1	0,11	-0,54	0,04
2015	9547	31.8	2.9	1052	14.8	15.9	9,1	0,09	-0,22	0,03
2016	10534	28.8	31.8	799	11.8	18.9	10,8	0,10	0,33	0,02

Після обробки отриманих результатів встановлено, що середньодобові показники кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя за весь

термін спостереження ще більше наближаються до нормального розподілу середньорічної кількості пилку.

Аналіз на нормальність розподілу пилку за допомогою тестів Колмогорова-Смірнова, Ліллієфорса та Шапіро-Уїлка показав значимість статистики на рівні  $p < 0,01$ . Такі дані говорять про відповідність до нормального розподілу термінів дозрівання пилку, викиду в повітря і як наслідок, його концентрації в атмосфері.

#### Висновки

1. У період з 2006 по 2016 рік спостерігається зменшення концентрації пилку амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя в порівнянні із даними, які було отримано в ході проведення багаторічних спостережень. Такі результати можуть бути викликані тим, що в останні роки у місті проводять більш потужні та ефективні заходи по боротьбі з карантинними рослинами;

2. Метеорологічні особливості року можуть значно змінити показники концентрації пилку амброзії відносно середньорічних. Так, у 2012 році спостерігалась найнижча концентрація пилку амброзії в атмосферному повітрі за проаналізований період. Це було пов'язано з тим, що у період з 27 по 30 серпня, коли зазвичай кількість амброзії у повітрі сягає своїх пікових концентрацій, склались досить несприятливі для цієї рослини погодні умови. Саме тоді відмічались сильні грози та зливи – за п'ять днів випало 130мм опадів у вигляді дощу, до того ж, відбулось різке зниження середньодобової температури, що й сприяло майже повному зникненню пилку із повітря;

3. Розподіл пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя по днях цвітіння відповідає нормальному. Асиметрія розподілу незначна та складає в середньому  $0,13 \pm 0,5$ ;

4. Отримані середні дані та нормальний розподіл можна використовувати для прогнозування аероалергенної ситуації як базові. Значні відхилення треба вважати результатом дії інших факторів, наприклад метеоумов, тому для побудови більш точного прогнозу аероалергенної ситуації, яка викликається пилком амброзії доцільно враховувати їх вплив на палінацію;

5. Сприятлива комбінація погодних умов здатна у декілька разів підвищувати рівень пилку в атмосферному повітрі, а несприятлива – знижувати його кількість;

6. Аналіз концентрації амброзії разом із погодними умовами у певний день, дозволяє більш точно прогнозувати аероалергенну ситуацію, що викликається пилком цієї рослини, що забезпечує кращу профілактику алергічних захворювань серед населення.

Результати власних досліджень розділу 3 викладені в статтях [116, 117], апробовані на наукових конференціях [118, 119, 120, 121, 122, 123].

## **РОЗДІЛ 4 СТУПІНЬ ВПЛИВУ ОКРЕМИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА КІЛЬКІСТЬ ПИЛКУ АМБРОЗІЇ У АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ**

Багато аеробіологів в усьому світі наголошують на тому, що зміна концентрації анемофільного пилку в атмосферному повітрі залежить не тільки від фенологічних та біологічних особливостей конкретного виду рослини, але ще й від впливу зовнішніх факторів, найголовнішими з яких є метеорологічні умови.

За період проведення спостережень було накопичено матеріал, який дозволив нам виявити деякі закономірності розподілу пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя по днях палінації в залежності від метеоумов. Для визначення щодобової кількості пилку в період цвітіння необхідно спочатку провести аеробіологічний моніторинг з використанням волюметричної імпакт-пастки, виготовити щодобові препарати та провести мікроскопування отриманих зразків. Це дозволяє встановити середньодобову кількість пилку в атмосферному повітрі для певної рослини. Наступним кроком є визначення закономірностей зміни щодобової кількості пилку у повітрі. На цьому етапі встановлюється середній день цвітіння, розраховується середня кількість пилку за рік та стандартне відхилення по днях палінації відповідно нормального розподілу Гауса. Також враховується асиметрія розподілу пилку, оскільки він після вильоту ще деякий час знаходиться у повітрі. Далі використовується прогноз метеоумов для встановлення щодобових коефіцієнтів, які використовуються під час розрахунку особливостей палінації.

Було встановлено, які саме метеорологічні фактори можуть найбільше впливати на кількість пилку цієї рослини у повітрі, а також визначено рівень впливу окремих факторів та значимість їх при зміні погоди. Нами було проаналізовано залежність зміни концентрації пилку амброзії в атмосферному повітрі з метеофакторами, що дозволило виявити зв'язки між метеоумовами та кількістю пилку щодня (яка отримана на підставі багаторічних спостережень). Отримані результати ми пропонуємо враховувати під час прогнозування майбутньої аеропалінологічної ситуації у вигляді коефіцієнтів впливу різних

метеорологічних факторів та використовувати їх у формулі розрахунку очікуваної щодобової кількості пилку в атмосферному повітрі по днях палінації.

Ці результати стали базою для розробки основних методів прогнозування кількості пилку у повітрі.

Взагалі, кількість пилку по днях палінації закономірно збільшується до максимуму, а потім також закономірно знижується, згідно з нормальним розподілом, але комбінація метеорологічних чинників може призвести до деяких відхиленнях у сезоні палінації. Аналіз розподілу пилку амброзії на нормальність з використанням пакету «STATISTICA 10» StatSoft Inc» показав, що за всі 10 років спостережень значимість критеріїв Колмогорова-Смірнова, Ліллієфорса та Шапіро-Уїлка менше 0,01. Згідно з нашими спостереженнями, найбільший кореляційний зв'язок між нормальним розподілом та середньорічними показниками було отримано при:  $\mu=29$  (період спостереження з серпня по вересень, 29 день – це 29 серпня);  $n=650$  зерен пилку амброзії;  $\sigma=9,1$ .

Раніше Приходько О.Б. запропонував спосіб прогнозування аеропалінологічної ситуації, який не враховував зміну погодних умов [124]. На відміну від нього, запропонований нами спосіб дозволяє прогнозувати кількість пилку у кубічному метрі атмосферного повітря щодобово [125].

Ми запропонували в якості основи розрахунків використовувати формулу очікуваної добової кількості пилку в атмосферному повітрі по днях палінації, як добуток між визначеною середньорічною кількістю пилку у конкретний день та коефіцієнтами впливу найбільш значимих метеоумов (вітер, опади, атмосферний тиск та вологість).

$$N_{\text{день}} = N_{\text{середньорічна}} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \quad (4.1)$$

Де:

$N_{\text{день}}$  – очікувана кількість пилку в атмосферному повітрі в конкретний день;

$N_{\text{середньорічна}}$  – середньорічна кількість пилку в цей день з 2006 по 2016 рік;

$K_1$  – коефіцієнт впливу вітру на зміну кількості пилку в атмосферному повітрі;

$K_2$  – коефіцієнт впливу опадів на зміну кількості пилку в атмосферному

повітрі;

$K_3$  – коефіцієнт залежності кількості пилку від відносної вологості;

$K_4$  – коефіцієнт залежності кількості пилку в повітрі від атмосферного тиску;

$K_5$  – коефіцієнт поправки на асиметрію розподілу пилку по днях палінації.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю ознак, що заявляються, та технічним результатом полягає у такому. Використання прогнозу погоди, що виражається у вигляді коефіцієнтів впливу на кількість пилку кожного метеорологічного фактору (зміни атмосферного тиску, впливу вітру, опадів, відносної вологості), та даних аеробіологічного моніторингу дозволить передбачити очікувану кількість пилку в метрі кубічному атмосферного повітря у конкретний день. Такий прогноз буде більш достовірним у порівнянні із прогнозами, що складаються лише на основі проведених багаторічних спостережень, або у поєднанні із встановленими несприятливими в аспекті аеропалінологічної ситуації метеоумовами (наближення циклону). Завдяки своєчасному та більш точному прогнозуванню, зростуть шанси лікарів-алергологів мінімізувати ризик загострення поленових алергій у населення шляхом корегування інтенсивності проведення терапії, а пацієнти, що мають сенсibilізацію отримають змогу планувати дії стосовно знаходження на відкритому повітрі, що дозволить уникнути ускладнень.

Розглянемо, як змінюється щодобова концентрація пилку амброзії в атмосферному повітрі з урахуванням коефіцієнтів впливу метеорологічних умов. Кількість пилку по днях палінації закономірно збільшується до максимуму, а потім також закономірно знижується, згідно з нормальним розподілом. Отже, згідно із формулою нормального розподілу (формулою Гауса), в день «*i*» концентрація пилку  $N_{norm}$  повинна бути (4.2):

$$N_{norm} = \frac{n}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (4.2)$$



Де:

$\mu$  – середньоарифметична доба (номер доби, дата), на яку припадає половина визначеного пилку та її можна вважати математичним сподіванням, якщо припустити, що розподіл пилку дискретний та рівномірний;

$X_i$  – номер доби, коли було зловлено пилкове зерно  $i$ ;

$n$  – загальна кількість зловленого пилку за сезон.

Кожний фактор метеоумов ми розглядали окремо.

Для цього ми проаналізували показники щодобової кількості пилку амброзії, які було отримано завдяки моніторингу та розрахували кореляцію між ними та прогнозованою кількістю. Передбачувана кількість розраховувалась як добуток кількості пилку згідно з нормальним розподілом та коефіцієнтів метеоумов. Для отримання коефіцієнтів впливу, у Excel було введено показники погоди (дані архіву метеостанції Індекс ВМО 34601) в період серпень-вересень з 2006 по 2016 рік включно, а саме: атмосферного тиску, швидкості вітру, кількості опадів та відносної вологості.

Загалом було аналізовано:

- 610 діб палінації;

- 610 діб метеоумов, які вимірювались кожні 3 години, 8 разів на добу, загалом 4880 вимірів.

Треба наголосити, що жодні метеорологічні чинники окремо не корелюють з кількістю пилку, але нами було з'ясовано, що їх комплексний вплив призводить до зміни.

Рівень впливу кожного фактору ми інтерпретували у вигляді окремого коефіцієнту. Якщо метеорологічний фактор не впливає, то тоді його величина дорівнює одиниці. Якщо під його впливом кількість пилку амброзії знижується, то величина фактору буде менше одиниці, а якщо збільшується – більше одиниці. Добуток коефіцієнтів впливу метеорологічних чинників множили на очікувану кількість пилку згідно нормального розподілу та порівнювали з результатом моніторингових спостережень. В запропонований метод нам вдалося досягнути коефіцієнту кореляції між рівнем пилку та прогнозом  $0,8 \pm 0,06$

В ході проведення аналізу та встановлення закономірностей впливу метеорологічних умов, нами було отримано такі коефіцієнти:

$K_1$  – коефіцієнт впливу вітру на зміну кількості пилку в атмосферному повітрі. Після аналізу результатів багаторічних спостережень, ми дійшли до висновку, що кількість пилку амброзії у певний день не залежить від швидкості вітру, але зростання кількості пилку спостерігається під час посилення вітру (поривчастий вітер). Якщо середньодобова швидкість вітру у порівнянні із попередньою добою спостережень не змінилась, або послабилась, то зазвичай різкого збільшення кількості пилку в атмосфері не спостерігається.

Розглянемо приклад. У 2010 році за однакової швидкості вітру, що складала 10 м/с 26 серпня та 28 серпня в атмосферному повітрі спостерігалась різна кількість пилкових зерен амброзії: 1653 та 78 відповідно. Якщо звернути увагу на швидкість вітру з 24 серпня 2010 року та проаналізувати її до 28 серпня 2010 року, то можна відмітити поступове посилення вітру та збільшення кількості пилку у повітрі. Так, 24 серпня, швидкість вітру складала 2 м/с, а кількість пилку амброзії становила 401 пилкове зерно у кубометрі повітря; 25 серпня при швидкості 3 м/с було зафіксовано 438 зерен; 26 серпня вітер посилювався до 10 м/с, а кількість амброзії складала 1653 пилкові зерна у кубометрі повітря; 27 серпня вітер зменшився до 6 м/с і кількість пилку складала 88 зерен у м<sup>3</sup>; 28 серпня швидкість вітру знову зросла до 10 м/с, а кількість пилкових зерен знизилась до 78 (табл. 4.1).

*Таблиця 4.1*

**Залежність кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі від зміни швидкості вітру.**

	24.08.2010	25.08.2010	26.08.2010	27.08.2010	28.08.2010
Пилок	401	438	1653	88	78
Швидкість вітру м/с	2	3	10	6	10

Після проведеного аналізу результатів багаторічних спостережень було встановлено коефіцієнти впливу вітру, які найбільше корелювали зі зміною

кількості пилкових зерен амброзії в атмосферному повітрі. Якщо спостерігається посилення вітру, коефіцієнт впливу буде складати 1,3. Якщо ж швидкість вітру не змінюється, або знижується – коефіцієнт буде становити 0,8:

$$K_1 = \text{якщо}(V_i - V_{i-1}) > 0; 1,3; 0,8 \quad (4.3)$$

Де:

$V_i$  – середньодобова швидкість вітру на добу  $i$ ;

$V_{i-1}$  – середньодобова швидкість вітру у попередню добу  $i-1$ .

На рисунку 4.1 по осі абсцис позначено кількість пилку у період з серпня по вересень з 2006 по 2007 рік. По осі ординат зліва наведено різницю між очікуваною кількістю пилку амброзії, згідно з нормальним розподілом, та отриманою в ході проведених спостережень реальною кількістю пилкових зерен цієї рослини. По осі ординат справа представлено коефіцієнт впливу зміни швидкості вітру.

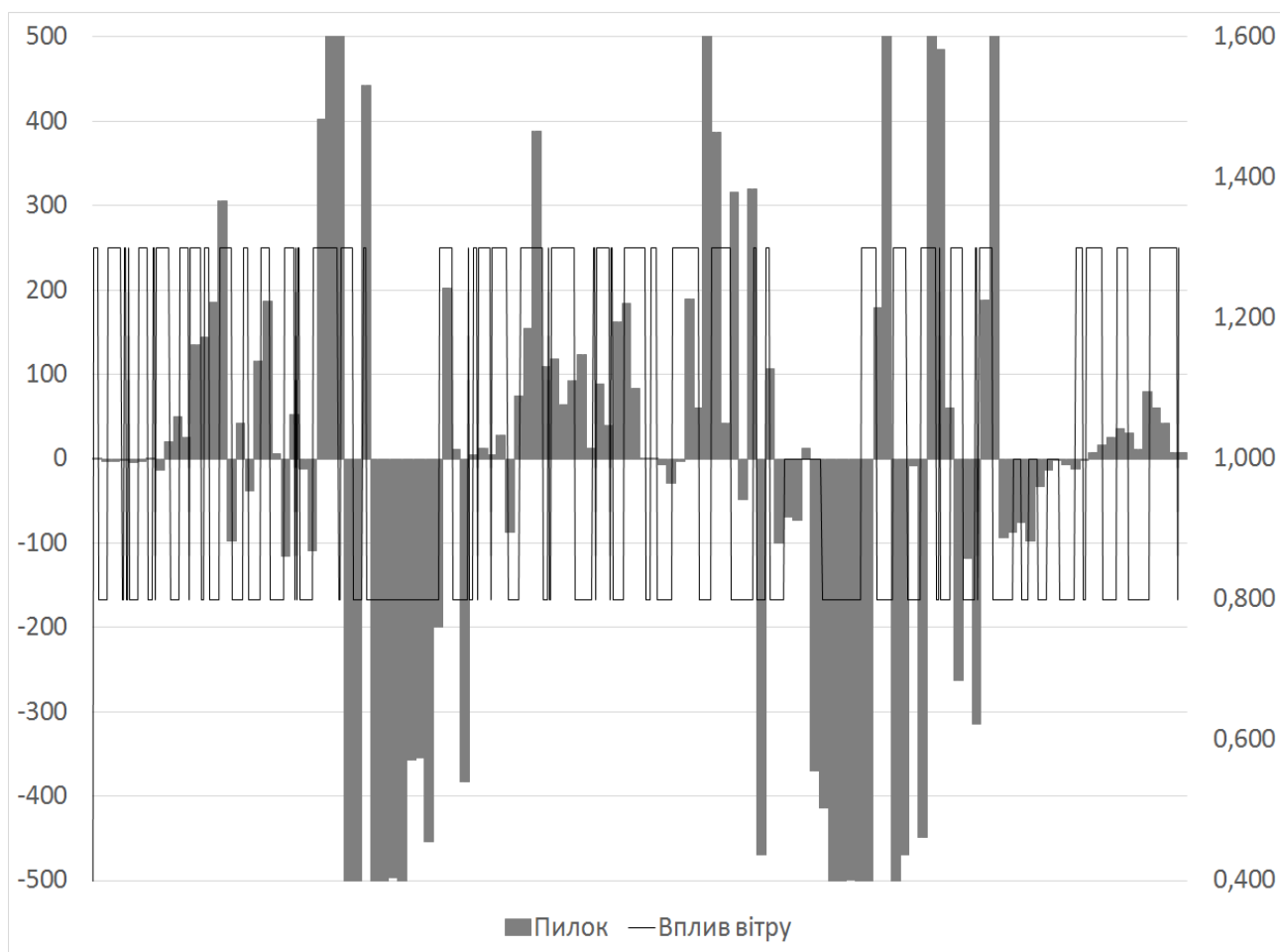


Рисунок 4.1 – Реальна кількість пилку амброзії та очікувана з урахуванням впливу змін швидкості вітру у період з серпня по вересень 2006-2007 років.

Де:

Пилок – це різниця між нормальним розподілом та реальною кількістю пилку амброзії в атмосферному повітрі в певний день;

Вплив вітру – передбачена кількість пилку амброзії, яку було прораховано як добуток кількості пилку згідно з нормальним розподілом та коефіцієнту впливу вітру.

Під час прорахунку коефіцієнту впливу вітру було встановлено та запропоновано дві постійні величини, які були отримані шляхом кроскореляційного аналізу: 1,3, якщо спостерігається посилення вітру; 0,8, якщо сила вітру не змінюється або зменшується. При їх почерговій зміні у більшу або меншу сторону кінцевий результат змінювався наступним чином (табл. 4.2).

*Таблиця 4.2*

**Рівень кореляції між варіантами коефіцієнтів впливу при посиленні швидкості вітру та кількістю пилку амброзії**

Коефіцієнт посилення вітру	1,1	1,2	<b>1,3</b>	1,4	1,5
Кореляція	0,7938	0,7962	<b>0,8002</b>	0,7933	0,7874

Таким чином, найбільша кореляція при зміні першої постійної величини коефіцієнту впливу при посиленні швидкості вітру та незмінних значеннях іншої постійної величини спостерігається, коли коефіцієнт становить 1,3.

*Таблиця 4.3*

**Рівень кореляції між варіантами коефіцієнтів впливу при послабленні швидкості вітру та кількістю пилку амброзії**

Коефіцієнт послаблення вітру	0,6	0,7	<b>0,8</b>	0,9	1
Кореляція	0,7813	0,792	<b>0,8002</b>	0,8000	0,7981

Таким чином, найбільша кореляція при зміні другої постійної величини коефіцієнту впливу при послабленні швидкості вітру та незмінних значеннях іншої постійної величини спостерігається, коли коефіцієнт становить 0,8.

$K_2$  – коефіцієнт впливу опадів на зміну кількості пилку в атмосферному повітрі. Спостерігається досить суттєва залежність зміни концентрації пилку амброзії у повітрі від наявності чи відсутності опадів, а також від їх

середньодобової кількості. Після проведення багаторічних моніторингових спостережень досить чітко простежується описана вище залежність кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі від сили опадів (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

**Різниця між очікуваною та реальною кількістю пилку в залежності від кількості опадів**

Дата	Кількість опадів мм за добу	Кількість пилку	Очікувана кількість пилку за нормальним розподілом	Різниця
31.08.2006	0,1	1192	749	443
1.09.2010	0,2	1533	553	980
24.08.2011	1	593	250	343
16.08.2007	12	534	634	-100
2.09.2009	20	8	104	-96
28.08.2014	12	94	182	-88

Із таблиці видно, що, наприклад, 31 серпня 2006 року за добу випало лише 0,1 мм дощу. При цьому значно зросла кількість пилкових зерен амброзії у повітрі: замість очікуваних 749 зерен було 1192. Схожа ситуація зі зростанням кількості пилку амброзії у повітрі простежувалась і в інші роки, коли інтенсивність опадів була незначною. Зворотна тенденція спостерігається тоді, коли панує злива і середньодобова кількість опадів становить більше 10 мм: пилкові зерна залишаються присутніми в атмосферному повітрі, але в значно меншій кількості.

В ході проведення багаторічних спостережень виявлено, що під час зливи кількість пилку амброзії в атмосферному повітрі значно зменшується. Якщо сума опадів за добу перевищує 10 мм, то коефіцієнт становитиме лише 0,5. Якщо були опади, але їх кількість не перевищувала 10 мм на добу, то коефіцієнт буде 1,5. Це свідчить про ймовірне зростання кількості пилку у повітрі, адже зазвичай перед дощем спостерігається поривчастий вітер та наявні висхідні потоки повітря, що також призводить до збільшення пилку. Якщо опади відсутні, тоді коефіцієнт становить 1:

$$K_2 = (\text{якщо } R_i > 10; 0,5; (\text{якщо } R_i > 0; 1,5; 1)) \quad (4.4)$$

Де:

$R_i$  – середньодобова кількість опадів в мм на добу  $i$ .

Вплив опадів на зміну кількості пилку амброзії у 2008 році представлено на рисунку 4.2.

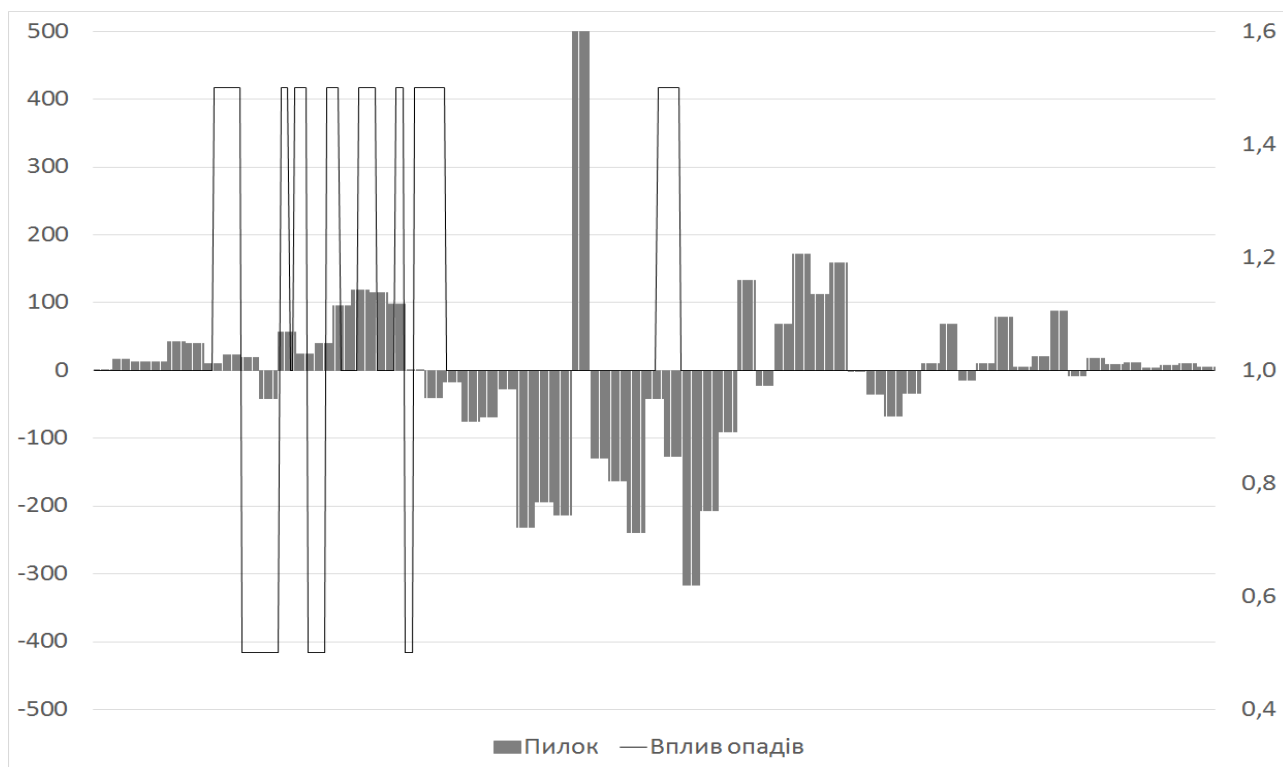


Рисунок 4.2 – Реальна кількість пилку амброзії та очікувана з урахуванням впливу кількості опадів у період з серпня по вересень на прикладі 2008 року.

Де:

Пилок – це різниця між нормальним розподілом та реальною кількістю пилку амброзії в атмосферному повітрі в певний день;

Вплив опадів – передбачена кількість пилку амброзії, яку було прораховано як добуток кількості пилку згідно з нормальним розподілом та коефіцієнту впливу опадів.

По осі абсцис позначено кількість пилку у період з серпня по вересень у 2008 році. По осі ординат зліва наведено різницю між очікуваною кількістю пилку амброзії, згідно з нормальним розподілом, та отриманою в ході проведених спостережень реальною кількістю пилкових зерен цієї рослини. По осі ординат справа представлено коефіцієнт впливу опадів.

Під час прорахунку коефіцієнту впливу опадів було встановлено та запропоновано такі постійні величини, які були отримані шляхом кроскореляційного аналізу: 0,5, якщо середньодобова кількість опадів перевищує 10 мм; 1,5, якщо середньодобова кількість опадів менше 10 мм; 1, якщо опади відсутні. При їх почерговій зміні у більшу або меншу сторону кінцевий результат змінювався наступним чином.

Таблиця 4.5

**Рівень кореляції між варіантами коефіцієнтів впливу опадів, що не перевищують 10 мм на добу та кількістю пилку амброзії**

Коефіцієнт послаблення опадів	1,3	1,4	<b>1,5</b>	1,6	1,7
Кореляція	0,7986	0,8013	<b>0,8002</b>	0,7976	0,7942

Таким чином, найбільша кореляція при зміні постійної величини коефіцієнту впливу у випадку, коли кількість опадів не перевищує 10 мм на добу та незмінних значеннях інших постійних величин спостерігається, коли коефіцієнт становить 1,5.

Таблиця 4.6

**Рівень кореляції між варіантами коефіцієнтів впливу опадів, що перевищують 10 мм на добу та кількістю пилку амброзії**

Коефіцієнт посилення опадів	0	0,3	<b>0,5</b>	0,8	0,11
Кореляція	0,7951	0,7998	<b>0,8002</b>	0,7982	0,7970

Таким чином, найбільша кореляція при зміні постійної величини коефіцієнту впливу у випадку, коли кількість опадів перевищує 10 мм на добу та незмінних значеннях інших постійних величин спостерігається, коли коефіцієнт становить 0,5.

$K_3$  – коефіцієнт залежності кількості пилку від відносної вологості. В ході проведення багаторічних спостережень було встановлено, що кількість пилку амброзії у певний день може змінюватись в залежності від рівня відносної вологості. Якщо вологість висока, то кількість пилку амброзії може зменшитись. Якщо відносна вологість низька, або зменшується впродовж останніх днів, то пилку може бути в атмосферному повітрі більше, ніж очікували.

На рисунку 4.3 по осі абсцис позначено кількість пилку у період з серпня по вересень з 2006 по 2015 рік. По осі ординат зліва наведено різницю між очікуваною кількістю пилку амброзії, згідно з нормальним розподілом, та отриманою в ході проведення моніторингових досліджень реальною кількістю пилкових зерен цієї рослини. По осі ординат справа представлено коефіцієнт впливу відносної вологості.

На рисунку відмічено «Пилок», що являє собою різницю між нормальним розподілом та отриманою кількістю пилку амброзії в атмосферному повітрі у певний день та «Вплив вологості», що рахується як добуток кількості пилку згідно з нормальним розподілом та коефіцієнту впливу відносної вологості та його значення відповідають передбаченій кількості пилку амброзії, яку було прораховано (рис 4.3).

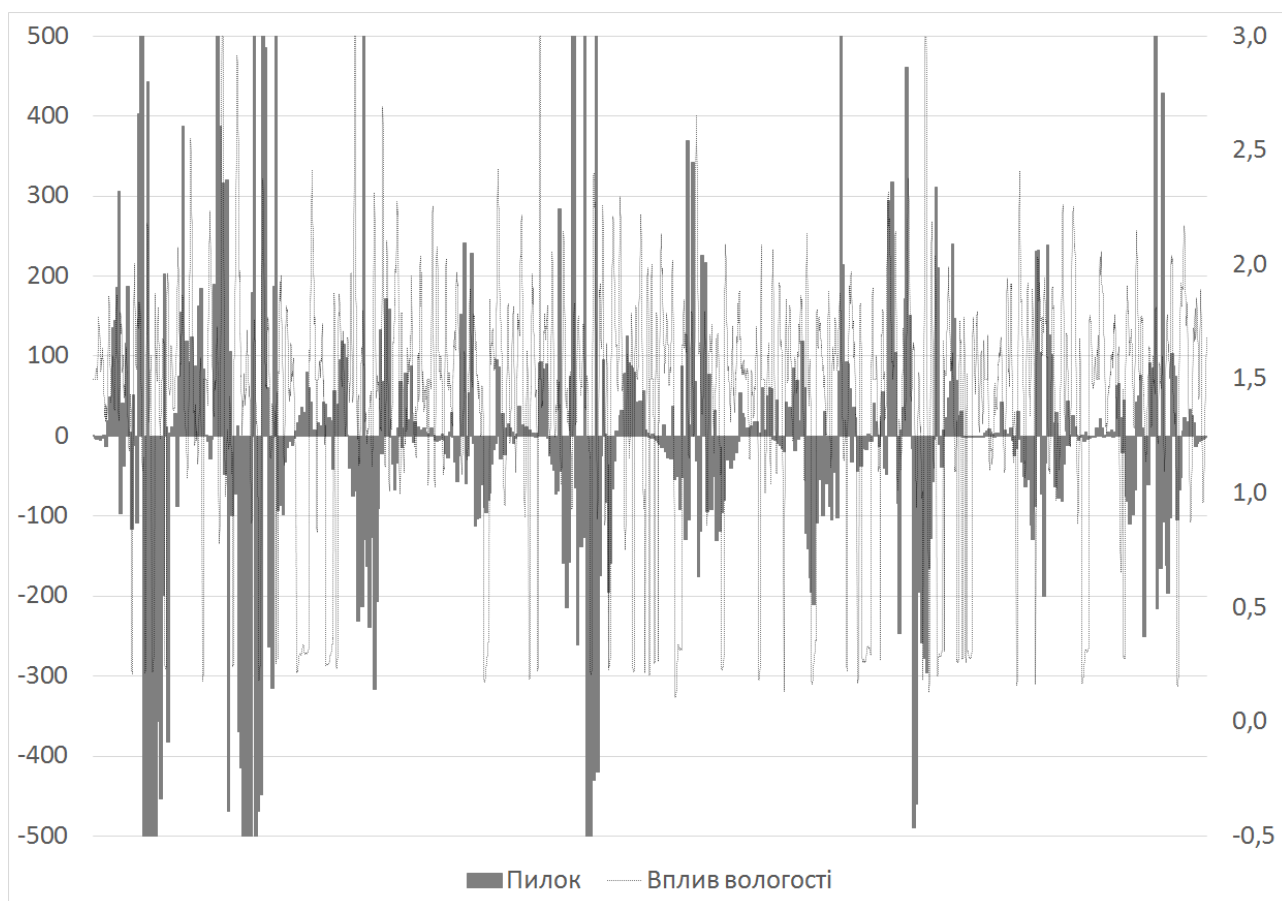


Рисунок 4.3 – Реальна кількість пилку амброзії та очікувана з урахуванням відносної вологості у період з 2006 по 2015 рік.

Ми розраховували коефіцієнт таким чином: якщо відносна вологість більше 80%, то коефіцієнт складатиме 0,3, якщо 80% і менше – 1,5. Отриманий



коефіцієнт множили на відношення значення вологості напередодні до теперішньої вологості.

$$K_3 = \text{якщо}(H_i > 80; 0,3; 1,5) * \left(\frac{H_{i-1}}{H_i}\right) \quad (4.5)$$

Де:

$H_i$  – відносна вологість у теперішню добу  $i$ ;

$H_{i-1}$  – відносна вологість у попередню добу  $i-1$ .

Температура корелює з відносною вологістю, тому цей показник ми не враховували.

В ході аналізу результатів багаторічних спостережень та порівнянні їх зі зміною рівня відносної вологості було відмічено, що при вологості більше ніж 80% кількість пилку амброзії починає зменшуватись.

Таблиця 4.7

**Рівень вологості, при якому кількість пилку амброзії починає зменшуватись**

Вологість	60	70	<b>80</b>	90	100
Ступінь кореляції з пилком амброзії	0,7581	0,7824	<b>0,8002</b>	0,7955	0,793

Під час прорахунку коефіцієнту впливу відносної вологості було встановлено та запропоновано такі постійні величини, які були отримані шляхом кроскореляційного аналізу: 0,3, якщо відносна вологість буде вище 80%; 1,5, якщо відносна вологість буде нижче 80%. При їх почерговій зміні у більшу або меншу сторону кінцевий результат змінювався наступним чином.

Таблиця 4.8

**Рівень кореляції між варіантами коефіцієнтів впливу відносної вологості, що сягає більше ніж 80% та кількістю пилку амброзії**

Коефіцієнт впливу відносної вологості	0,1	0,2	<b>0,3</b>	0,4	0,5
Кореляція	0,7942	0,7971	<b>0,8002</b>	0,7995	0,7959

Таким чином, найбільша ступінь кореляції між зміною кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі при відносній вологості, що сягає більше ніж 80% виявлено при постійній величині, що становить 0,3.

Якщо спостерігається низька відносна вологість, то можна очікувати, що кількість пилку амброзії в атмосферному повітрі може збільшитись у порівнянні із очікуваною.

Таблиця 4.9

**Рівень кореляції між варіантами коефіцієнтів впливу відносної вологості, що сягає 80% і менше та кількістю пилку амброзії**

Коефіцієнт впливу відносної вологості	1,3	1,4	<b>1,5</b>	1,6	1,7
Кореляція	0,7904	0,7959	<b>0,8002</b>	0,7928	0,7885

Таким чином, найбільша ступінь кореляції між зміною кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі при відносній вологості, що сягає 80% та менше, виявлено при постійній величині, що становить 1,5.

Частина формули, де  $H_{i-1} / H_i$  необхідна для врахування зміни вологості відносно попередньої доби.

$K_4$  – коефіцієнт залежності кількості пилку в повітрі від атмосферного тиску. Відомо, що кількість пилку збільшується при зміні погоди, коли також змінюється тиск.

Нам було потрібно знайти коефіцієнт, який би при множенні на очікувану кількість пилку в певний день, згідно Гаусового розподілу, міг би наблизити спрогнозовану кількість пилку до тієї кількості, яка спостерігалась насправді. Поточна концентрація пилку амброзії не залежить від атмосферного тиску у цей день, а залежить від зміни погодних умов, у тому числі і коливання атмосферного тиску напередодні. Збільшення концентрації пилку амброзії в атмосферному повітрі наступного дня фіксувалось після зниження або підвищення атмосферного тиску. Якщо тиск залишався незмінним, то він не впливав на зміну кількості пилкових зерен.

Після проведеного аналізу результатів багаторічних спостережень було встановлено коефіцієнт впливу атмосферного тиску, який мав найбільшу кореляцію зі зміною кількості пилкових зерен амброзії в атмосферному повітрі. Підрахунок коефіцієнту ми проводили таким чином: якщо тиск зростає, то різницю ми множили на 15, якщо тиск падав, різницю множили на 20. Для

корекції результату і вирівнювання значимості коефіцієнта до отриманого результату додавали 10 і отриману суму множили на 0,12 (4.6):

$$K_4 = ((\text{якщо}(P_{i-1} - P_i) > 0; ((P_{i-1} - P_i) * 15); (P_i - P_{i-1}) * 20) + 10) * 0,12 \quad (4.6)$$

Де:

$P_i$  – середньодобовий атмосферний тиск на добу  $i$ ;

$P_{i-1}$  – середньодобовий атмосферний тиск у попередню добу  $i-1$ .

Наприклад: якщо попереднє значення тиску було 750 мм. рт. ст., а потім тиск знизився до 745 мм. рт. ст., то коефіцієнт буде становити  $((750-745)*20)+10)*0,12=13,2$ . Таким чином, чим сильніше змінюється атмосферний тиск, тим більше зростає вірогідність підвищення кількості пилку амброзії у кубометрі повітря.

На рисунку 4.4 по осі абсцис позначено кількість пилку у період з серпня по вересень з 2006 по 2015 рік включно.

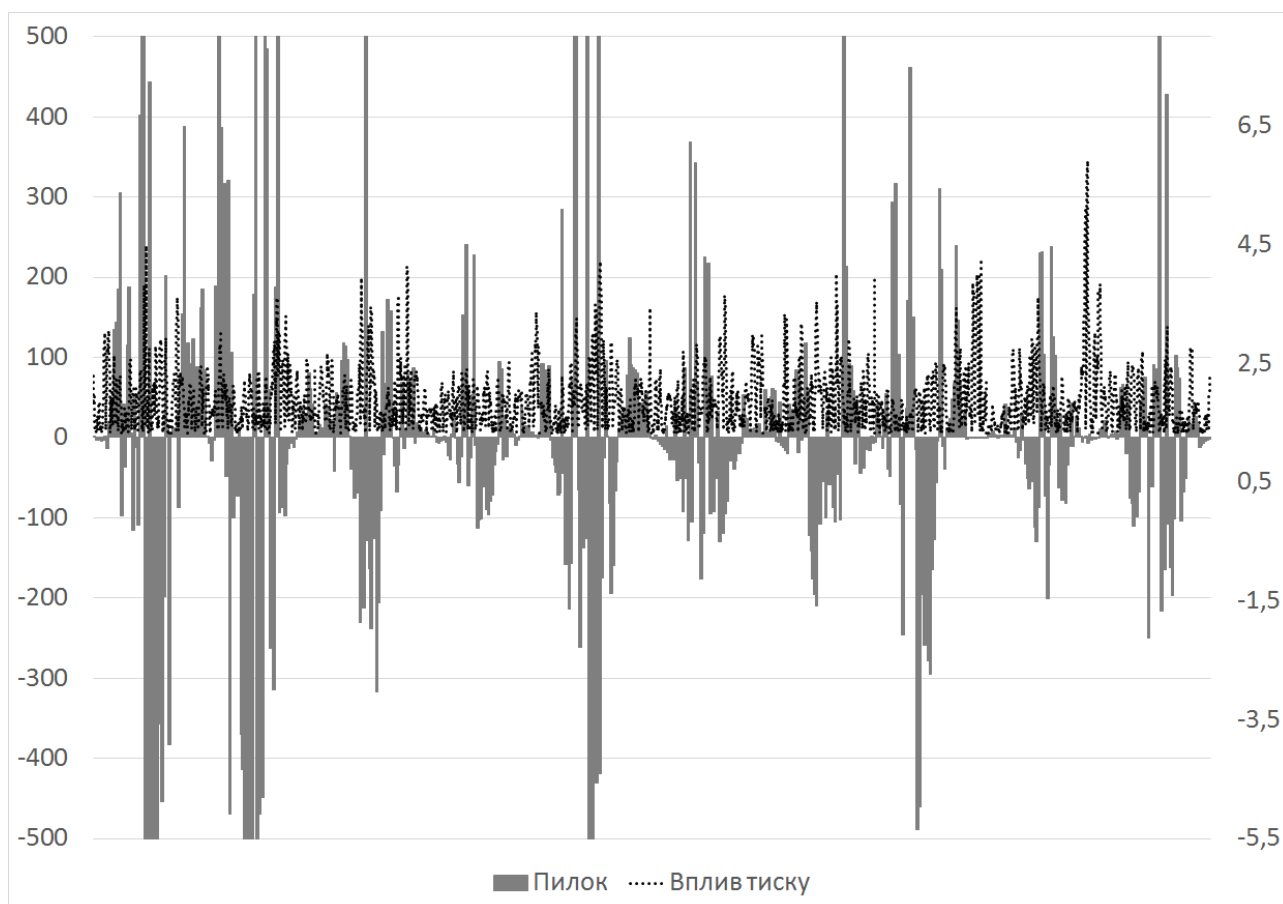


Рисунок 4.4 – Реальна кількість пилку амброзії та очікувана з урахуванням впливу змін атмосферного тиску у період з 2006 по 2015 роки.

Де:

Пилок – це різниця між нормальним розподілом та реальною кількістю пилку амброзії в атмосферному повітрі в певний день;

Вплив тиску – передбачена кількість пилку амброзії, яку було прораховано як добуток кількості пилку згідно з нормальним розподілом та коефіцієнту впливу атмосферного тиску.

По осі ординат зліва наведено різницю між очікуваною кількістю пилку амброзії, згідно з нормальним розподілом, та отриманою в ході проведення моніторингових досліджень реальною кількістю пилкових зерен цієї рослини. По осі ординат справа представлено коефіцієнт впливу зміни атмосферного тиску.

Під час прорахунку коефіцієнту впливу атмосферного тиску було встановлено та запропоновано чотири постійні величини: 15; 20; 10 та 0,12, які були отримані шляхом кроскореляційного аналізу. При їх почерговій зміні у більшу або меншу сторону кінцевий результат змінювався наступним чином.

*Таблиця 4.10*

**Ступінь кореляції між варіантами першої постійної величини коефіцієнту впливу атмосферного тиску та кількістю пилку амброзії**

Перша постійна величина, лаг 2	11	13	<b>15</b>	17	19
Кореляція	0,7981	0,7985	<b>0,8002</b>	0,7992	0,7964

Таким чином, найбільша кореляція при зміні першої постійної величини коефіцієнту впливу атмосферного тиску та незмінних значеннях інших постійних величин спостерігається, коли перша постійна величина становитиме 15.

*Таблиця 4.11*

**Ступінь кореляції між варіантами другої постійної величини коефіцієнту впливу атмосферного тиску та кількістю пилку амброзії**

Друга постійна величина, лаг 2	16	18	<b>20</b>	22	24
Кореляція	0,7984	0,7999	<b>0,8002</b>	0,7989	0,7856

Таким чином, найбільша кореляція при зміні другої постійної величини коефіцієнту впливу атмосферного тиску та незмінних значеннях інших

постійних величин спостерігається, коли друга постійна величина становитиме 20.

Таблиця 4.12

**Ступінь кореляції між варіантами третьої постійної величини коефіцієнту впливу атмосферного тиску та кількістю пилку амброзії**

Третя постійна величина, лаг 1	8	9	<b>10</b>	11	12
Кореляція	0,7846	0,7934	<b>0,8002</b>	0,7910	0,7864

Таким чином, найбільша кореляція при зміні третьої постійної величини коефіцієнту впливу атмосферного тиску та незмінних значеннях інших постійних величин спостерігається, коли третя постійна величина становитиме 10.

Таблиця 4.13

**Ступінь кореляції між варіантами четвертої постійної величини коефіцієнту впливу атмосферного тиску та кількістю пилку амброзії**

Третя постійна величина, лаг 1	0,10	0,11	<b>0,12</b>	0,13	0,14
Кореляція	0,7815	0,7937	<b>0,8002</b>	0,7890	0,7887

Таким чином, найбільша кореляція при зміні четвертої постійної величини коефіцієнту впливу атмосферного тиску та незмінних значеннях інших постійних величин спостерігається, коли четверта постійна величина становитиме 0,12.

$K_5$  – Коефіцієнт поправки на асиметрію розподілу пилку амброзії по днях палінації пов'язаний з тим, що після розкриття пильнику, пилок не одразу осідає на субстрат, а ще деякий час літає у повітрі. Показник асиметрії розподілу залежить як від виду рослини, термінів цвітіння так і від «буферності» екосистеми, тобто на скільки довго пилок може залишатися у повітрі, поки він не буде адсорбований на поверхні листя чи ґрунту. Тому, навіть після проходження періоду з підвищеною концентрацією пилових зерен у повітрі, при наявності сприятливих погодних умов, амброзія ще довго може становити небезпеку для людей із сенсibiliзацією.

При аналізі днів занадто високою концентрацією пилку було встановлено,

що при перевищенні кількості хоча б на 25 зерен, наступного дня вірогідність підвищеної кількості пилку зростає майже в 10 разів.

Таблиця 4.14

#### Зміна кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі

Зміна кількості пилку амброзії	15	20	<b>25</b>	30	35
Кореляція	0,7990	0,7997	<b>0,8002</b>	0,7966	0,7938

Таким чином, найбільша ступінь кореляції між зміною кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі сьогодні та на наступний день, виявлено при перевищенні кількості на 25 зерен.

Таблиця 4.15

#### Вірогідність зростання кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі

Зростання кількості пилку в n разів наступного дня	6	8	<b>10</b>	12	14
Кореляція	0,7927	0,7995	<b>0,8002</b>	0,7903	0,7879

Таким чином, при перевищенні кількості на 25 зерен, наступного дня вірогідність підвищеної кількості пилку зростає в 10 разів.

Отже, коефіцієнт на конкретний день після підвищеної концентрації становить 10 у тому випадку, якщо попереднього дня різниця між реальною кількістю пилових зерен у повітрі та кількістю пилку згідно із нормальним розподілом склала більше ніж 25 зерен у кубометрі повітря.

Для оцінювання рівня небезпеки аероалергенної ситуації було використано 5-ти бальну шкалу. При кількості пилку до 20 зерен у кубічному метрі атмосферного повітря – 1 бал, що свідчить про низький рівень загрози, від 20 до 99 зерен – 2 бали, що відповідають підвищеному рівню небезпеки, від 100 до 399 зерен – 3 бали, відповідає середньому рівню загрози, від 400 до 999 – 4 бали, відповідає високому, а при кількості більше 1000 – 5 балів, що свідчить про найвищий рівень небезпеки для хворих.

При аналізі відповідності розподілу балів прогнозу, найбільша залежність була при наступних рівнях (рис.4.5).

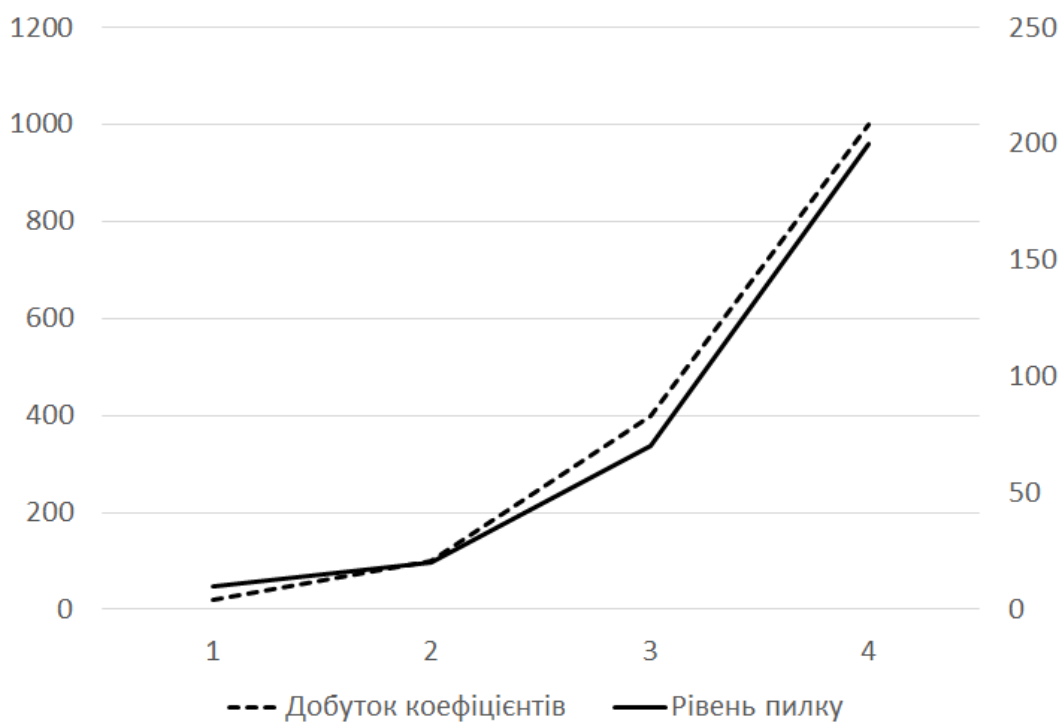


Рисунок 4.5 – Розподіл кількості пилку та добутку коефіцієнтів за 5-ти бальною шкалою.

На рисунку по осі абсцис позначено рівень загрози за п'ятибальною шкалою, по осі ординат зліва – кількість пилових зерен амброзії в кубічному метрі атмосферного повітря у певний день, справа – добуток між визначеною середньорічною кількістю пилку у конкретний день та коефіцієнтами впливу метеоумов.

Таким чином, розподіл оцінки небезпеки за п'ятибальною шкалою для прогнозу був за наступними значеннями (табл. 4.16).

Таблиця 4.16

#### Оцінка небезпеки для хворих

Бал	Рівень пилку	Прогноз (добуток коефіцієнтів)
1	0-19	0-10
2	20-99	11-20
3	100-399	21-70
4	400-999	71-199
5	>999	>200

Після проведення підрахунків ми отримуємо щодобовий прогноз аероалергенної ситуації, що дозволить встановити рівень загрози для людей, які

страждають алергічними реакціями, викликаними пилом анемофільних рослин.

Для перевірки достовірності запропонованого способу прогнозування було проведено порівняльний аналіз визначеного та передбаченого рівня пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя на прикладі 2006-2015 років.

Так, у 2006 році коефіцієнт кореляції між рівнем пилку, який було підраховано під час проведення аеробіологічного моніторингу та прогнозованою кількістю пилових зерен склав 0,70. Найбільш суттєві відмінності були викликані тим, що реальний стан погоди у певний день був аномальний та не був передбачений при прорахуванні відповідного коефіцієнту (29 серпня кількість опадів за добу склала 52 мм). Очікували згідно з прогнозом 4 рівень пилку, але він знаходився на рівні одиниці (рис. 4.6)

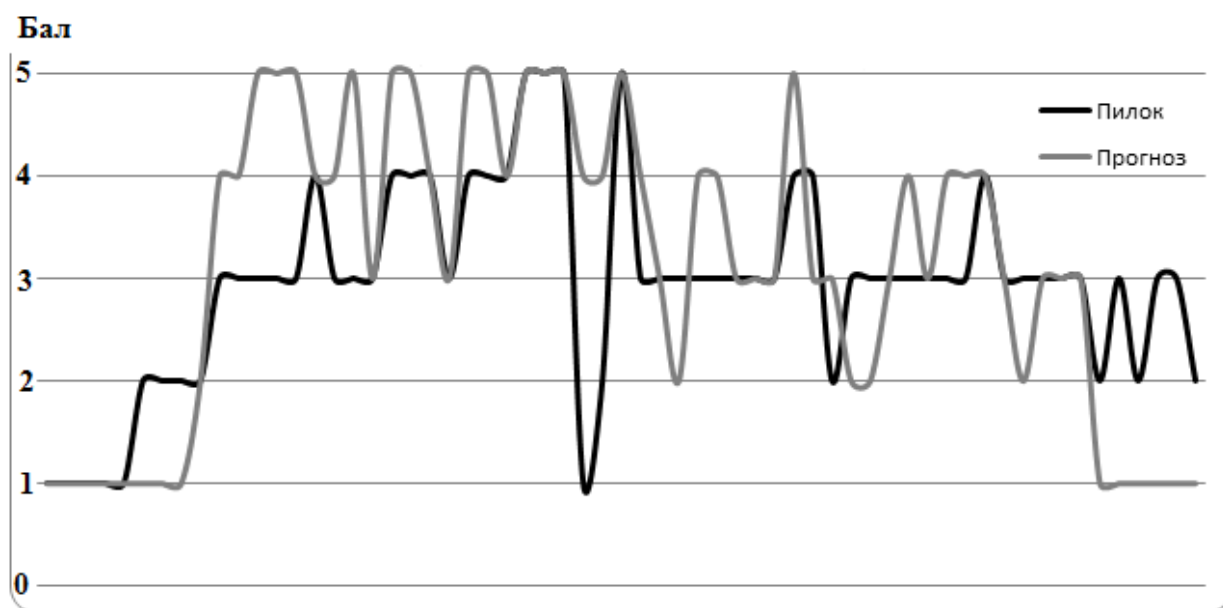


Рисунок 4.6 – Порівняння рівнів визначеного та прогнозованого пилку у 2006 році.

У 2007 році коефіцієнт кореляції між спрогнозованою кількістю пилку амброзії в атмосферному повітрі та визначеною склав 0,765. На початку цвітіння відмічається розбіжність між реальною ситуацією та передбаченим рівнем пилових зерен. Незважаючи на те, що перше різке збільшення кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі не було вчасно прораховано, та у деякі дні, коли згідно з алгоритмом прогнозування очікували кількість пилових зерен на рівні



4-х балів, насправді пилку було значно менше, всі інші пікові концентрації було передбачено вірно (рис. 4.6).

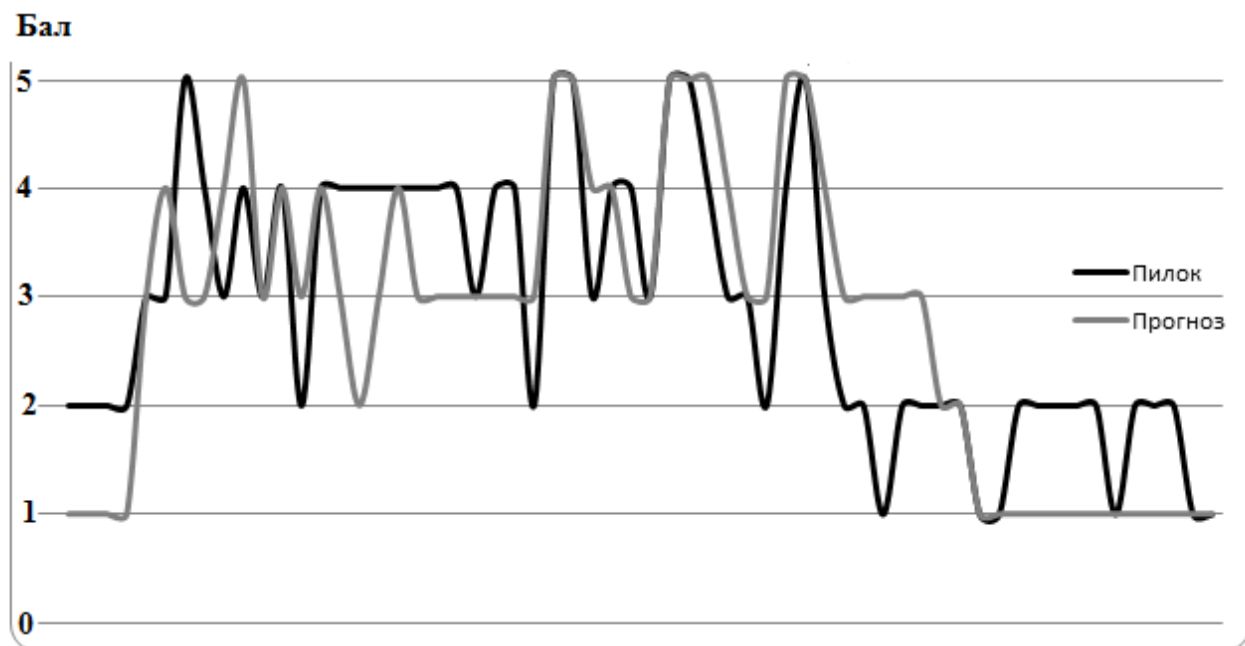


Рисунок 4.7 – Порівняння рівнів визначеного та прогнозованого пилку у 2007 році.

У 2008 році коефіцієнт кореляції рівнів визначеного та спрогнозованого пилку склав 0,843(рис. 4.8)..

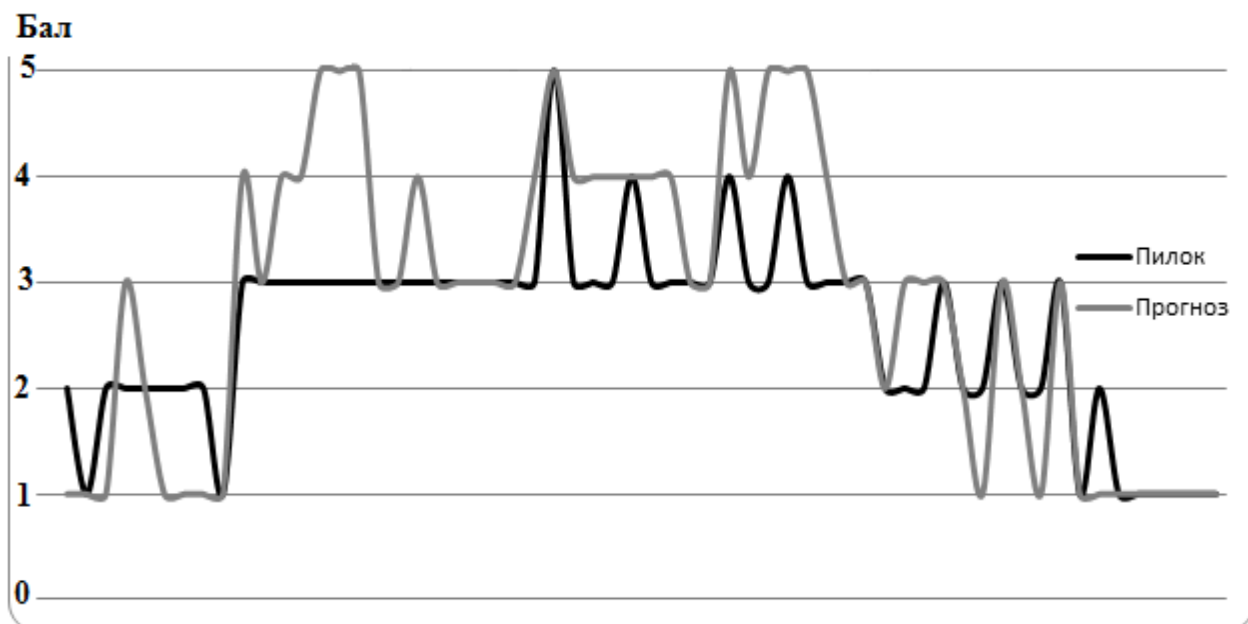


Рисунок 4.8 – Порівняння рівнів визначеного та прогнозованого пилку у 2008 році.

Майже усі коливання кількості пилку амброзії було передбачено. Треба відмітити, що згідно з прогнозом, який базується на усереднених даних

багаторічних спостережень, зазвичай фіксувалась значно більша кількість пилкових зерен амброзії в атмосферному повітрі у певні дні. У 2008 році у ці ж самі дні насправді було значно менше пилку. Саме тому, незважаючи на завчасне передбачення зміни кількості пилкових зерен, спостерігається розбіжність між очікуваним балом та тим, який було отримано в ході проведення моніторингових досліджень.

У 2009 році кореляція між реальною та спрогнозованою кількістю пилку амброзії в атмосферному повітрі склала 0,885. Усі коливання та зміни палінації було передбачено (рис. 4.9).

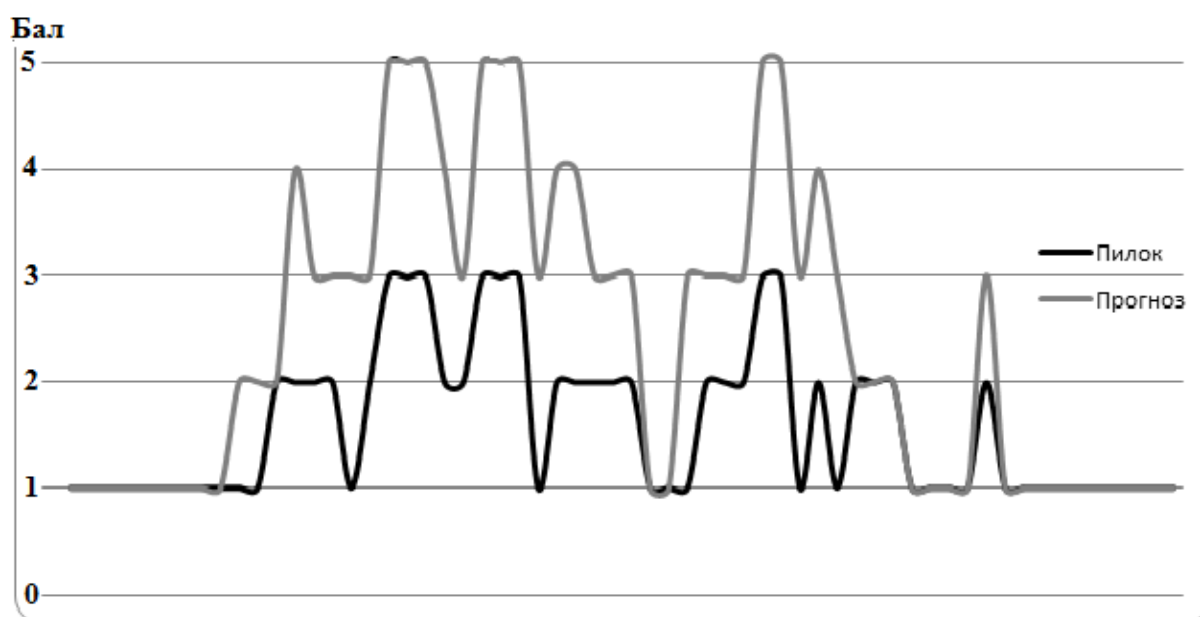


Рисунок 4.9 – Порівняння рівнів визначеного та прогнозованого пилку у 2009 році.

Різниця в інтенсивності між реальною кількістю пилку та прогнозом пояснюється тим, що 2009 рік відзначився досить низькою кількістю пилку амброзії порівняно із середніми результатами багаторічних спостережень. Саме тому, в ті дні, коли очікували пилку на рівні 5-4 балів, його по факту було значно менше. Причиною цього можуть бути несприятливі погодні умови (наприклад, дуже спекотна погода) в період цвітіння амброзії.

У 2010 році кореляція склала 0,769. Майже всі різкі зміни у кількості пилку амброзії було передбачено вірно. Відмічається незначне запізнення прогнозу, що може бути пов'язане із занадто раннім цвітінням амброзії у цей рік. Різке

зниження реальної кількості пилку відносно спрогнозованої відбувалось тоді, коли проходили сильні зливи, що в свою чергу призводило до майже повного зникнення пилкових зерен досліджуваної рослини із аеропаліноспектру м. Запоріжжя (рис.4.10).

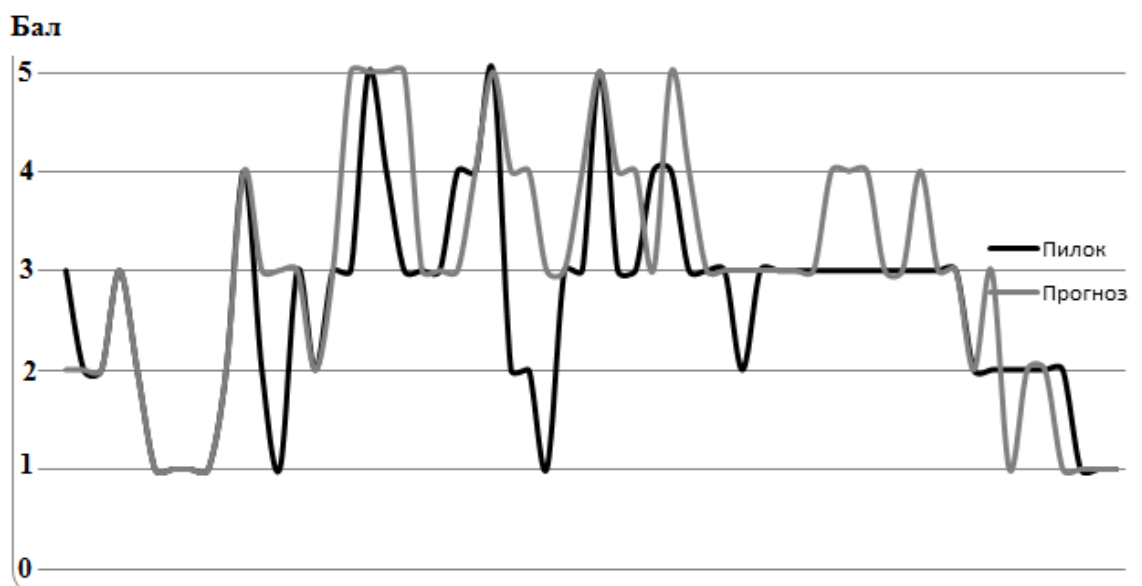


Рисунок 4.10 – Порівняння рівнів визначеного та прогнозованого пилку у 2010 році.

У 2011 році кореляція рівнів визначеного та прогнозованого пилку амброзії склала 0,849. Майже всі зміни передбачено вчасно. Перше підвищення рівня пилкових зерен було передбачено із запізненням (рис. 4.11).

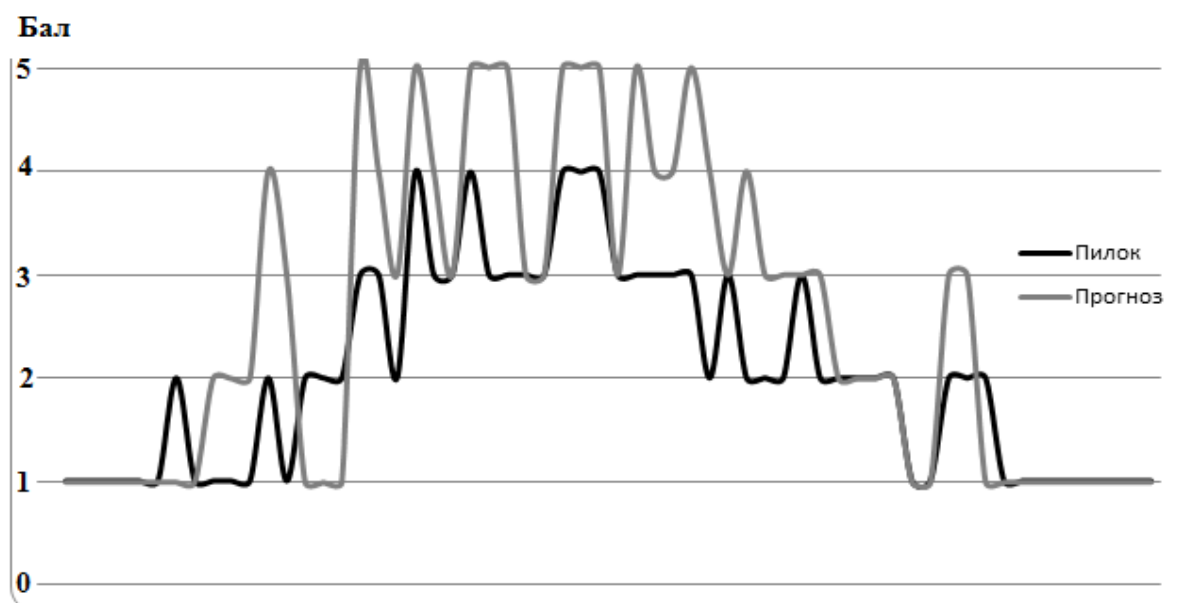


Рисунок 4.11 – Порівняння рівнів визначеного та прогнозованого пилку у 2011 році.

Причиною цього могли бути зміни у реальних та спрогнозованих термінах палінації. Відмічається також, що згідно з прогнозом, очікували підвищення рівня пилку амброзії в атмосферному повітрі до 5 балів, але згідно із отриманими даними моніторингових досліджень, рівень амброзії у 2011 році сягав тільки 4-х бального рівня. Причина такої розбіжності полягає у тому, що в 2011 році було визначено значно менше пилку, ніж в інші роки спостережень, а максимальна кількість становила тільки 593 зерна, що також менше, ніж зазвичай.

У 2012 році кореляція між реальною та спрогнозованою кількістю пилку амброзії в атмосферному повітрі склала 0,740. Згідно з результатами моніторингових спостережень, пилок амброзії тримався на 3-4 рівні небезпеки (рис. 4.12).

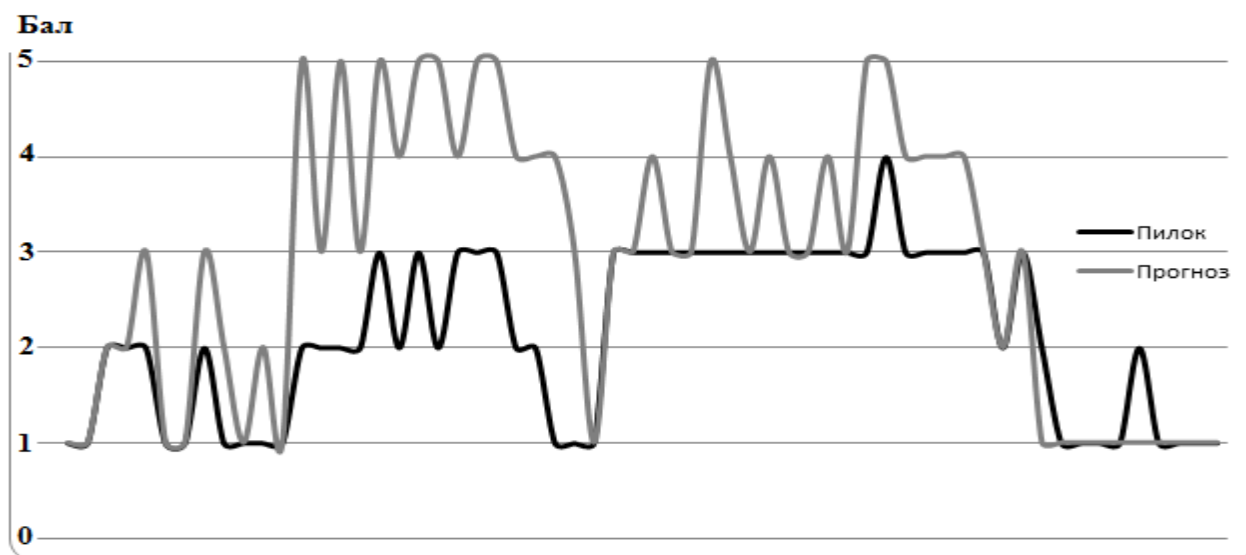


Рисунок 4.12 – Порівняння рівнів визначеного та прогнозованого пилку у 2012 році.

Невідповідність прогнозу перш за все пов'язана із тим, що насправді продукування пилку у цьому році було менш інтенсивним, ніж згідно із результатами багаторічного моніторингу. В ті дні, коли очікували значну та максимальну кількість пилку, його було менше. Причиною цього стали зливи, які розпочались 24 серпня та припинились тільки 30 серпня а також зниження середньодобової температури повітря у цей період

У 2013 році під час аналізу рівнів визначеного та прогнозованого пилку, було отримано кореляцію 0,763. Згідно з прогнозом, палінація у цьому році

починається, коли кількість пилкових зерен амброзії знаходиться на рівні 1, але згідно з даними моніторингових спостережень, пилку цієї рослини в атмосферному повітрі одразу було більше. Його кількість сягала другого рівня. Хоча рівень прогнозу та реальна кількість пилкових зерен дещо відрізнялась за своїм ступенем прояву, у більшості випадків зміни було передбачено вчасно. Різка розбіжність, коли згідно з прогнозом очікували 4-й рівень небезпеки, а насправді пилок знаходився лише на другому рівні, пов'язана із змінами погодних умов, які не відображались в отриманому прогнозі погоди та не могли бути прорахованими завчасно (рис. 4.13).

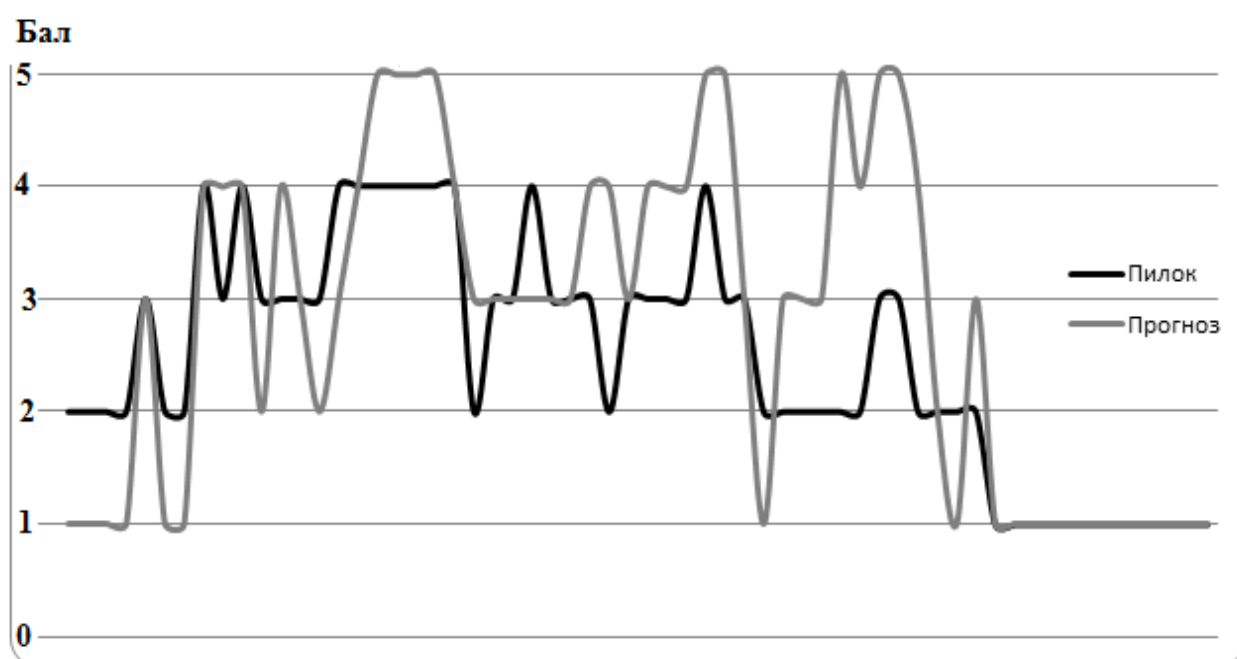


Рисунок 4.13 – Порівняння рівнів визначеного та прогнозованого пилку у 2013 році.

У 2014 році кореляція між реальною та прогнозованою кількістю пилку амброзії була 0,824. Майже всі значні зростання рівня небезпеки було передбачено.

Розбіжність в інтенсивності між прогнозом та реальною картиною палінації у першу чергу викликана тим, що всього у 2014 році було визначено 4773 пилкових зерна амброзії, що складає тільки 44% від усереднених даних багаторічних спостережень, що значно менше, ніж у попередні роки (рис. 4.14).

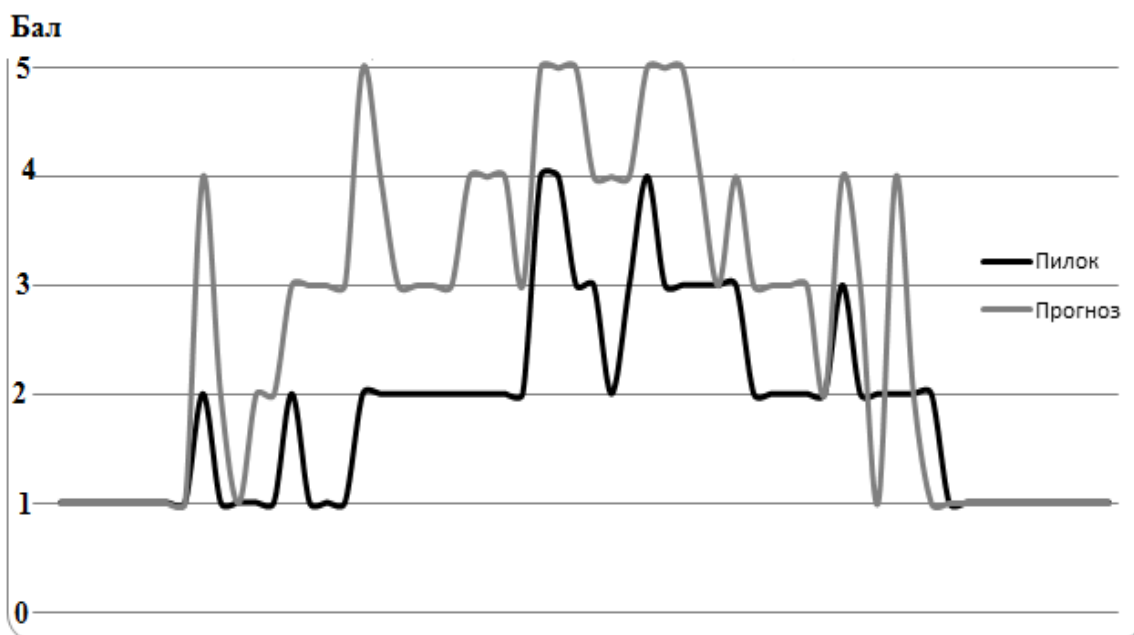


Рисунок 4.14 – Порівняння рівнів визначеного та прогнозованого пилку у 2014 році.

У 2015 році коефіцієнт кореляції між рівнем пилку, який було підраховано під час проведення аеробіологічного моніторингу та прогнозованою кількістю пилкових зерен склав 0,865. Майже всі дні, де кількість пилку амброзії різко зростає було передбачено (рис. 4.15).

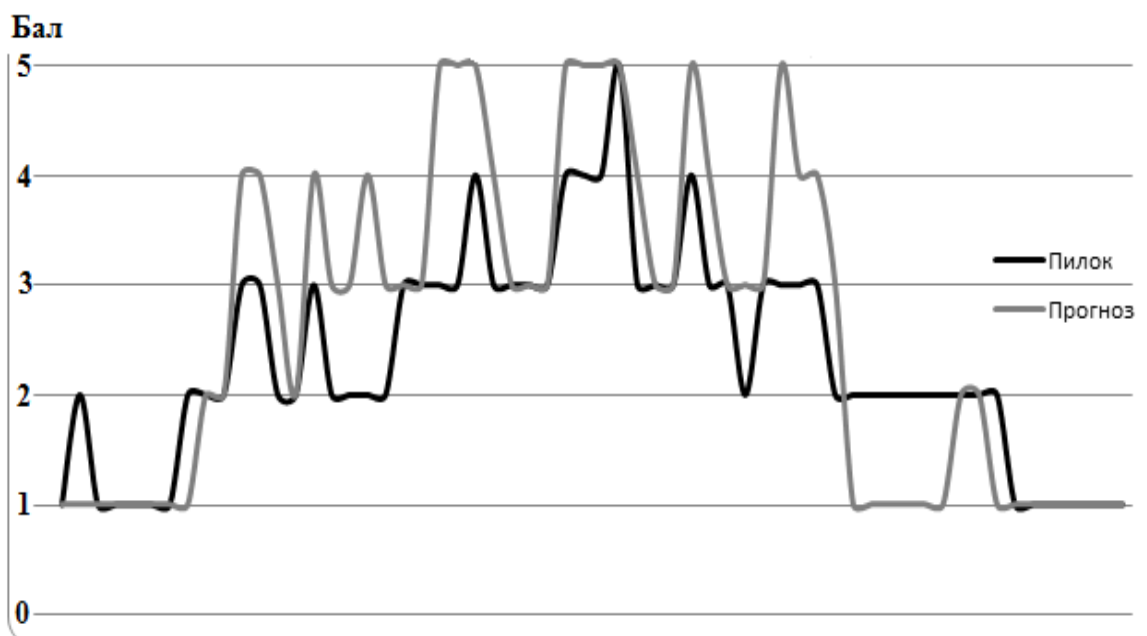


Рисунок 4.15 – Порівняння рівнів визначеного та прогнозованого пилку у 2015 році.

Відмічено розбіжність між реальною кількістю пилку амброзії, яку було

отримано в ході проведення щорічних моніторингових спостережень та спрогнозованою.

Нижче наведено коефіцієнти кореляції між рівнем пилку, який було підраховано під час проведення аеробіологічного моніторингу та прогнозованою кількістю пилкових зерен за період 2006-2015 років включно

*Таблиця 4.16*

**Кореляція рівнів визначеного та прогнозованого пилку амброзії за період 2006-2015 років**

Рік	Коефіцієнт кореляції
2006	0,700
2007	0,765
2008	0,843
2009	0,885
2010	0,769
2011	0,849
2012	0,740
2013	0,763
2014	0,824
2015	0,865
	0,8002±0,0611

Таким чином, зв'язок між прогнозованим та справжнім рівнем пилку існує та може застосуватися для прогнозування аероалергенної ситуації. В середньому коефіцієнт кореляції між рівнем пилку та прогнозом, що здійснюється у запропонований спосіб склав  $0,8 \pm 0,06$ . Розбіжності між інтенсивністю пилкування та рівнем небезпеки можуть бути викликані особливостями року та різкими змінами погодних умов, які не висвітлено у прогнозі погоди.

Для візуалізації та практичного застосування отриманого нами способу щодобового прогнозування аеропалінологічної ситуації, було розроблено віджет для Android, який у період з серпня по жовтень показує сформований алергопрогноз з оцінкою рівня загрози на три дні: сьогодні, завтра, післязавтра.

Прогноз погоди для м. Запоріжжя використовувався з відкритого джерела

<https://openweathermap.org>, який є основою більшості програмних продуктів стосовно погоди для Android (рис. 4.16).

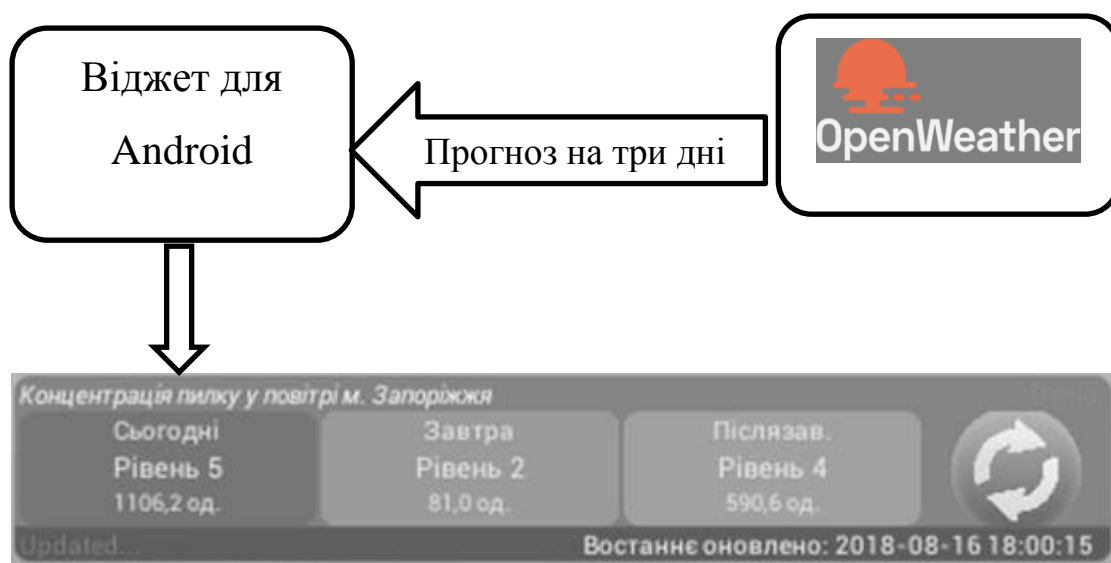


Рисунок 4.16 – Формування алергопрогнозу з оцінкою рівня загрози на три дні для м. Запоріжжя та інтерфейс віджету.

Відповідно прогнозу погоди розраховуються добуток коефіцієнтів та кількості пилку амброзії відповідно нормального розподілу та отриманий результат оцінюється за п'ятибальною шкалою.

На розроблений віджет було отримано авторське свідоцтво на комп'ютерну програму "ANDROID-віджет для прогнозування концентрації пилку у повітрі м. Запоріжжя" (Авторське свідоцтво № 74919 Україна; заявл. 22.11.2017; опубл. 26.01.18 Бюл. №47).

#### Висновки.

1. Кількість пилку амброзії в конкретні дні може значно відрізнятись від середніх показників під дією різних факторів погоди, при цьому достовірної кореляції між рівнем пилку та інтенсивністю окремих факторів не виявлено;
2. Форма дії окремих погодних факторів в залежності від інтенсивності і напрямку змін погоди може змінюватися і навіть бути протилежною;
3. Перша спроба розрахувати очікувану кількість пилку як добуток середніх значень та коефіцієнтів впливу метеоумов мала позитивний результат. В середньому за 10 років коефіцієнт кореляції між рівнем пилку та прогнозом,



що здійснюється у запропонований спосіб склав  $0,8 \pm 0,06$ .

Результати власних досліджень розділу 4 викладені в статті [126], отримано патент України на винахід [**Ошибка! Закладка не определена.**] та авторське свідоцтво [127], апробовані на наукових конференціях [128, 129, 130, 131].

## **РОЗДІЛ 5 ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ПИЛКУ АМБРОЗІЇ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ М. ЗАПОРІЖЖЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАПРОПОНОВАНОГО АЛГОРИТМУ В 2017, 2018 РОКАХ**

### **5.1. Результати прогнозування аероалергенної ситуації, викликані пилком амброзії, у 2017 році для міста Запоріжжя**

Під час прогнозування кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі ми пропонуємо враховувати не просто показник метеорологічних факторів у конкретний день, а саме зміну погодних умов. Такий алгоритм дозволяє відійти від суб'єктивного аналізу аероалергенної ситуації та розраховувати більш точний та достовірний алергопрогноз на основі прогнозу погоди.

З використанням запропонованого нами алгоритму прогнозування аероалергенної ситуації було проведено аналіз змін кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі по днях палінації у період з початку серпня до кінця вересня у 2017 році. Сформований прогноз на три дні постійно оновлювався згідно зі змінами погодних умов та візуалізувався на смартфоні або планшеті у вигляді таблиці, яка демонструвала рівень загрози та очікувану кількість пилку амброзії у повітрі міста Запоріжжя на сьогодні, завтра та післязавтра. Результати прогнозу на три дні та кількість пилку представлені на рисунку 5.1.1. Після проведення статистичної обробки інформації, було встановлено кореляцію між прогнозом та реальною кількістю пилку, яка спостерігалася в цей день в атмосферному повітрі. Так, на післязавтра, кореляція між прогнозованою та реальною кількістю пилку склала 0,27; на завтра – 0,45; на сьогодні – 0,53. Враховуючи те, що вірогідність нашого прогнозу помножена на вірогідність прогнозу погоди, одержаний результат можна вважати задовільним. Розглянемо детальніше. Практично всі різкі підвищення концентрації пилку були передбачені. Різниця прогнозу за три, два та один день є наслідком зміни показників прогнозу погоди. Так, згідно з отриманим за три дні прогнозом погоди на 24.08, очікувались несприятливі погодні умови. Саме тому наша прогнозована кількість пилку склала 400 пилкових зерен амброзії в кубометрі повітря, але за два дні прогноз погоди змінився на більш точний, який не

вказував на такі сильні несприятливі метеорологічні умови, які прогнозувалися раніше. У зв'язку з цим відбулися зміни у прогнозуванні і вірогідна кількість пилоквих зерен зменшилась до 250.

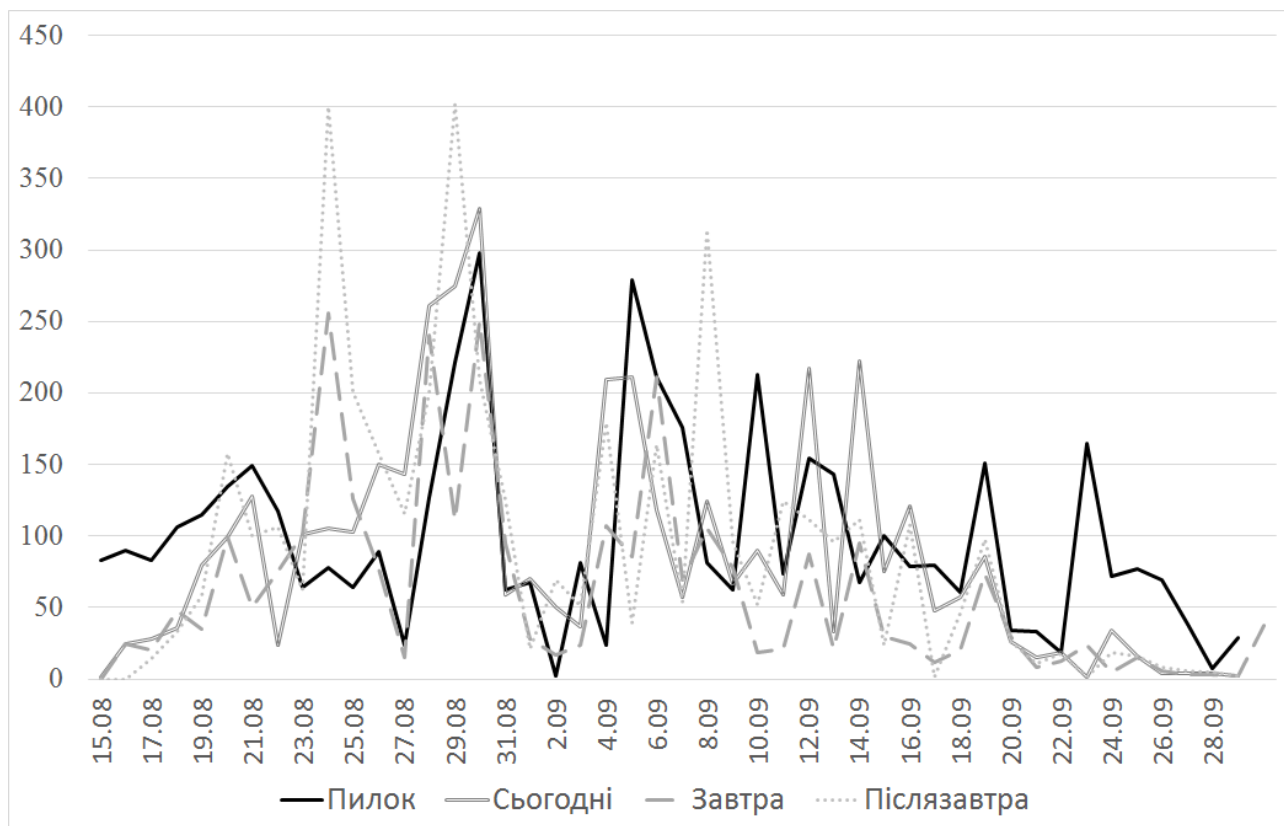


Рисунок 5.1.1 – Кількість пилок амброзії в атмосфері та прогноз на три дні для м. Запоріжжя в період цвітіння амброзії (15.08.- 30.09.2017 рр.).

Саме 24.08 не спостерігалися очікувані раніше несприятливі метеоумови, що відобразилося в прогнозі на день та відповідало кількості пилок. Досить точно вдалось передбачити різке збільшення кількості пилок амброзії в атмосферному повітрі 28-29 серпня. Згідно з отриманим нами прогнозом погоди, очікувався потужний циклон з дощами, перед яким відбувались зміни метеорологічних умов (посилення вітру, наприклад), а напрям руху циклону був відомий за тиждень, що дозволило передбачити підвищення концентрації пилок саме напередодні його приходу 28-29.08. Дощі прогнозовано зменшили кількість пилок в період з 31.08 по 4.09.

Основні розбіжності між прогнозованою та реальною кількістю пилок пов'язані не тільки зі змінами у прогнозах погодних умов за декілька днів, але й тим, що модель прогнозу засновано на нормальному розподілі, константи якого

розраховано на підставі даних, отриманих в ході проведення 10-річного спостереження. Проте, зараз ми спостерігаємо суттєві зміни у термінах палінації, порівняно із попередніми роками досліджень. На даний момент, чітко простежується більш ранній початок цвітіння амброзії та більш довготривалий сезон палінації у порівнянні з минулорічними даними.

Висновки:

1. Проведений аналіз показників алергопрогнозу на основі запропонованого алгоритму та даних моніторингових спостережень довів достовірність наведеного способу прогнозування;

2. Виявлено збіг із результатами прогнозу у віджеті майже у всіх випадках різкого загострення аероалергенної ситуації;

3. Отримані результати свідчать про доцільність використання даного алгоритму з метою прогнозування аероалергенної ситуації, яка викликається пилом амброзії;

4. Неточності, які було отримано в ході порівняння прогнозованої ситуації та даних моніторингу можуть бути пов'язані зі змінами кліматичних умов та потребують проведення корегування констант у формулах розрахунку коефіцієнтів впливу;

5. Розроблений ANDROID-віджет дозволяє людям із сенсibiliзацією реагувати на зміну аероалергенної ситуації завчасно, що покращить профілактику та дасть змогу уникнути загострень хвороби.

## **5.2. Результати прогнозування аероалергенної ситуації, викликаной пилом амброзії, у 2018 році для міста Запоріжжя**

У 2018 р. палінація амброзії розпочалась дещо пізніше, ніж у 2017 році – 13 серпня. На початку серпня панувала суха та тепла погода. Максимальну концентрацію (1069 пилокві зерна) у поточному році було зафіксовано на тиждень пізніше – цей день припав на 6 вересня (саме напередодні посилився вітер до 8 м/с). Також значну кількість пилових зерен було зафіксовано 30 серпня, 3 та 5 вересня. Кількість амброзії в ці дні була 659, 598 та 822 зерна

відповідно. Усередненим днем цвітіння в цьому році було 30 серпня. У порівнянні з минулими роками спостерігається збільшення кількості пилку амброзії у повітрі. Всього було нараховано 12463 зерна, що складає 117% від усереднених результатів багаторічного моніторингу. Палінація тривала 33 дні та завершилась 15 вересня (рис. 5.2.1).

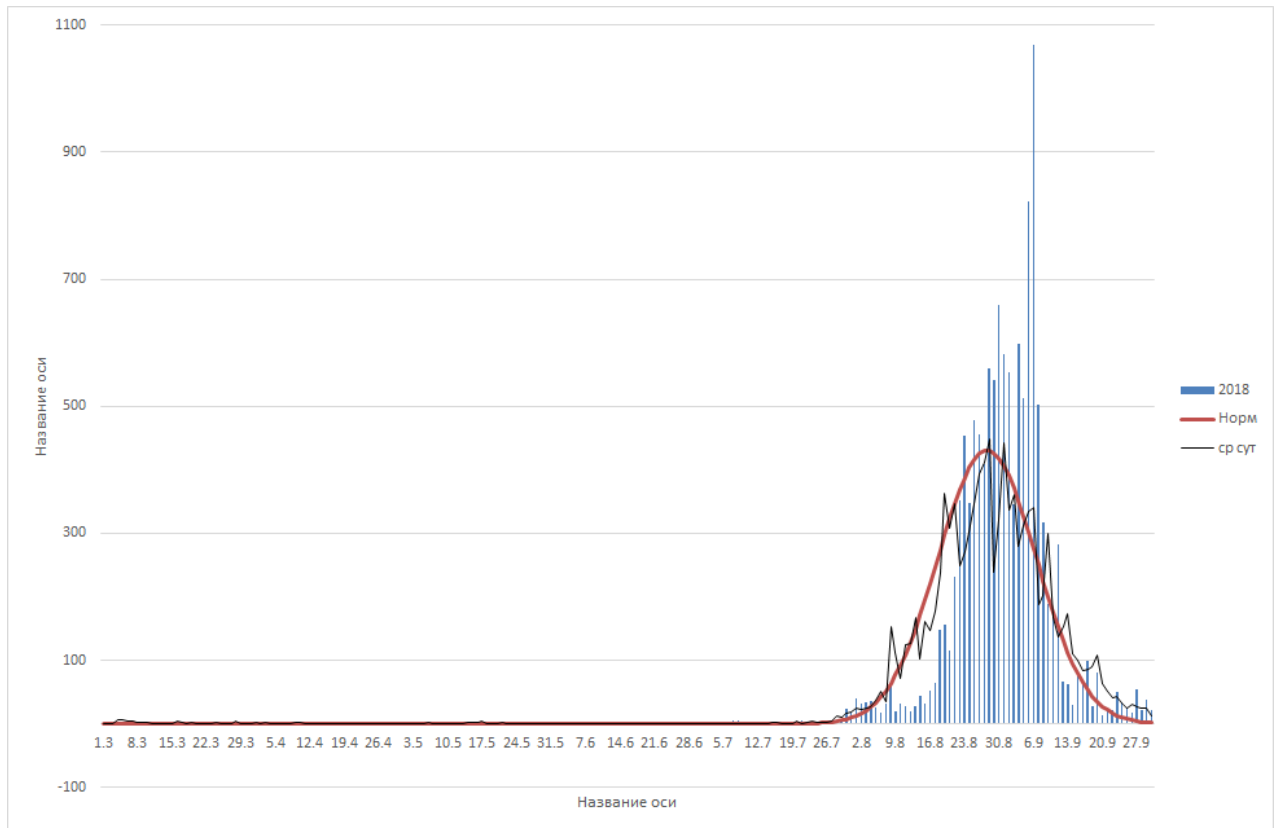


Рисунок 5.2.1 – Палінація амброзії у 2018 році.

Під час порівняння результатів прогнозування та даних аеробіологічного моніторингу, який було проведено встановили, що коефіцієнт кореляції між кількістю пилку амброзії у повітрі та кількістю пилку за прогнозом у 2018 році складає 0,66.

У 2018 році більшість пікових концентрацій було спрогнозовано вірно. Розбіжності на початку серпня між очікуваною кількістю пилку та реальною пов'язані з тим, що у порівнянні з даними багаторічних спостережень, на початку серпня 2018 року концентрація пилку в атмосферному повітрі була дуже низькою. Поступове зростання спостерігалось лише після 20-х чисел серпня, що також не досить для амброзії. Найвища концентрація пилку цієї рослини була зафіксована 6-7 вересня, коли зазвичай кількість пилку вже починає спадати.

Порівнюючи ці данні з метеоумовами, можна відмітити, що 2018 рік був аномальним. Спекотна та тиха погода у серпні, разом із потужними вітрами східного напрямку на початку вересня, не співпадали з налаштуваннями алгоритму прогнозування. Отримана нами значно нижча за очікувану концентрація пилку амброзії на початку палінації дає надію, що в подальшому кількість хворих на поліноз у нашому місті може зменшитися (рис 5.2.2).

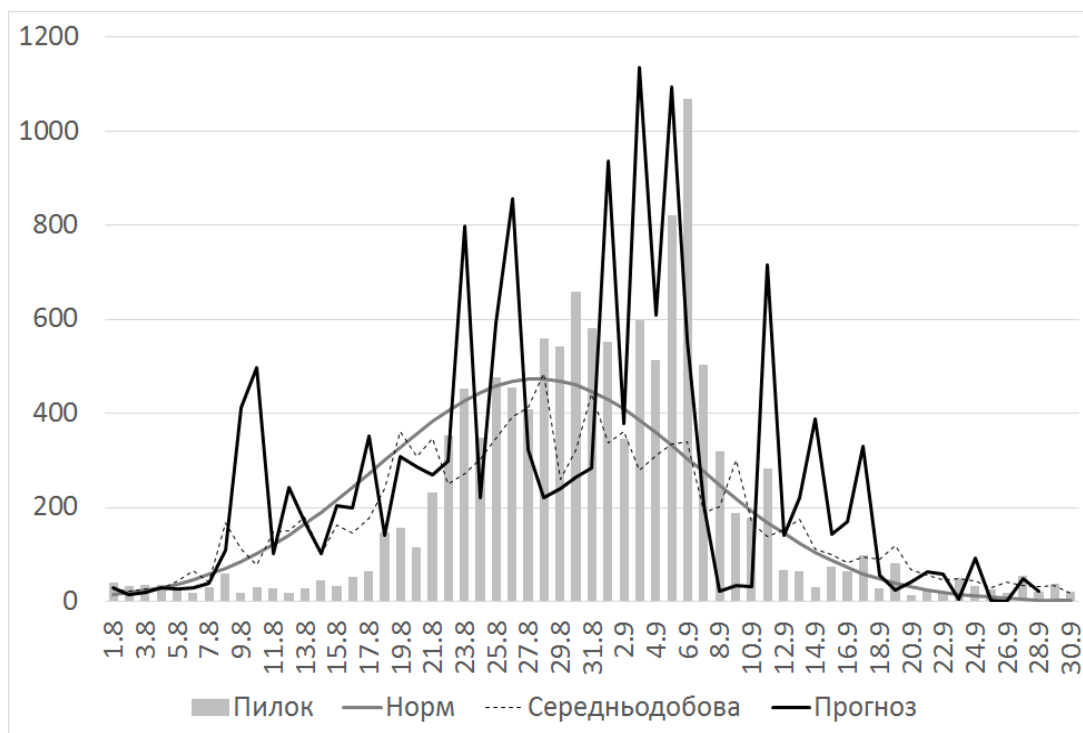


Рисунок 5.2.2 – Очікувана та отримана в ході проведення моніторингових спостережень кількість пилку амброзії в атмосферному повітрі у 2018 році.

Для оцінки ефективності методів боротьби із амброзією у Запоріжжі, нами було проаналізовано загальну визначену кількість пилку у повітрі в період з 1 серпня по 30 вересня у 2014-2018 роках. Для порівняння ми обрали найбільш типові для нашого регіону рослини третьої хвилі палінації: амброзію, полин, представники родини лободових та м'ятликових. У 2014-2016 роках пилок амброзії складав приблизно 93-94% від загального паліноспектру серед досліджуваних рослин. Його кількість у 2014-2016 рр. склала 4732, 9973 та 10692 пилкових зерен відповідно. Частка полину, лободових та м'ятликових не перевищувала лише приблизно 6-7%. У 2017 році було зафіксовано 5360 зерен пилку амброзії. У загальному паліноспектрі стало помітним, що процент пилку

цієї рослини у порівнянні з іншими дещо знизився, і склав приблизно 84%. Незважаючи на те, що у 2018 році було визначено 12932 пилкові зерна амброзії, у загальному паліноспектрі простежується подальше, хоча і незначне зменшення її відсотку у порівнянні з іншими рослинами, пилок яких теж присутній в атмосферному повітрі в той самий час. Попри те, що кількість пилку амброзії досі знаходиться на значному та загрозливому рівні, необхідно відмітити загальну тенденцію до її поступового зменшення у паліноспектрі (рис. 5.2.3).

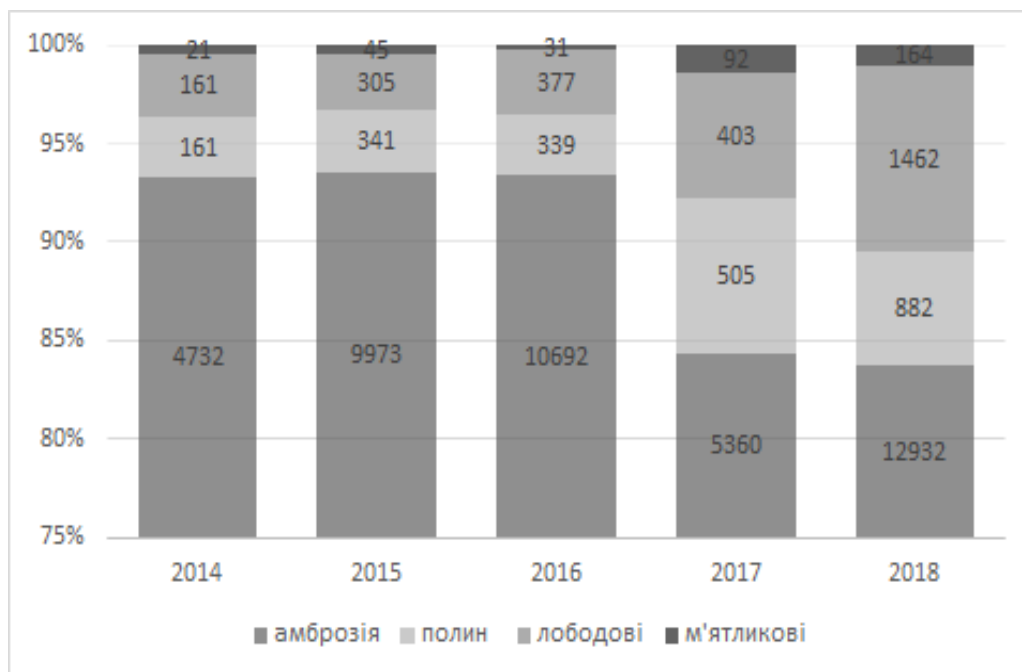


Рисунок 5.2.3 – Загальна визначена кількість пилку у повітрі м. Запоріжжя в період з 1 серпня по 30 вересня.

З цього приводу необхідно відмітити, що Запорізькою міською радою в останні роки проводиться багато заходів щодо боротьби з амброзією. Створено робочу групу, активно застосовуються різні методи боротьби з цією карантинною рослиною: фізичні (косіння, виривання з коренем), хімічні (застосування препарату «Стоп амброзія»), фітоценотичні (гідропосів газонів). Це призвело до різкого зменшення як кількості рослин у місті, так і кількості звернень населення з алергічним ринітом.

Але, нажаль, у 2018 році спостерігалось зростання кількості хворих, що було пов'язано із присутністю більшої кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі, ніж у минулі роки. Таке явище пояснюється сприятливою для цієї

рослини комбінацією ендогенних та екзогенних факторів у цьому році.

Висновки:

1. Встановлена кореляція на рівні 0,66 між спрогнозованим рівнем пилку амброзії в повітрі м. Запоріжжя та наявною кількістю, що свідчить про достовірність запропонованого способу щодобового прогнозування аероалергенної ситуації;

2. Відмічено залежність непередбаченого зростання кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі від аномальних погодних умов, які було зафіксовано у серпні-вересні 2018 року;

3. Отримані результати свідчать про зменшення відносної частки пилку амброзії у паліноспектрі м. Запоріжжя, що доводить ефективність проведених заходів боротьби, які спрямовано на знищення цієї карантинної рослини.

Результати власних досліджень розділу 5 викладені в статтях [132, 133] апробовані на науковій конференції [134].



## РОЗДІЛ 6 АНАЛІЗ Й УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

На сьогоднішній день, пилок амброзії, завдяки своїй високій алергенності та масовості, найчастіше провокує розвиток полінозів у населення [2]. До того ж, здатність амброзії пристосовуватись до різних умов оточуючого середовища дала змогу цьому виду розповсюдитись на досить значні території не лише в Україні, але й у світі. За останні 20 років поширеність алергічних реакцій на пилок амброзії у всьому світі зросла у два рази. Для населення Європи рівень сенсibiliзації серед населення варіює від 2% у Фінляндії до 50% в Угорщині та й надалі продовжує стрімко зростати [3].

Чи не найперше місце у покращенні профілактики алергічних реакцій на пилок анемофільних рослин посідає побудова достовірних алергопрогнозів та завчасне передбачення найбільш небезпечних днів цвітіння, коли рівень пилкових зерен досягає своїх максимальних значень. Для отримання більш точних результатів необхідно не тільки враховувати строки палінації та фенологічні особливості анемофільних рослин, а ще й сукупність екзогенних факторів, які здатні змінювати етапи пилкування.

Залежність між концентрацією пилку у повітрі та погодними умовами досліджено багатьох трав'янистих рослин та дерев. Ще у 1991 році Емберліном доведено залежність палінації кропиви від конкретних метеорологічних факторів а також їх комбінацій. Було встановлено, що погодні умови, які були у період формування пилку, впливають на цвітіння цієї рослини [52]. Доведено, що такі фактори, як зміна середньої денної температури повітря, швидкість вітру та відносна вологість можуть впливати на виліт пилку полину, а на концентрацію пилку злаків у повітрі впливає вологість та теплові умов [53, 58]. До того ж, встановлено, що максимальна температура, кількість сонячних променів та опади являються найбільш важливими факторами впливу, що здатні змінювати кількість пилкових зерен злаків у повітрі [60]. Виявлено залежність старту палінації берези від показників температури та сумарної кількості опадів [33, 55]. Також доведено, що початок цвітіння таких рослин третьої хвилі палінації, як амброзія та полин, значно менше залежить від комбінації метеорологічних

чинників у цей момент, ніж більшість рослин першої хвилі палінації [56, 57].

Велику увагу у дослідженнях багатьох науковців приділено палінації амброзії, адже пилок цієї анемофільної рослини здатний викликати сенсibilізацію навіть у незначній кількості та має високу ступінь алергенності. Було доведено залежність рівня пилку амброзії в атмосферному повітрі від руху повітряних мас та циклонічної активності [11]. Встановлено ступінь кореляції між рівнем пилових зерен амброзії в атмосферному повітрі та різними метеорологічними факторами а також впливом глобального потепління [20, 65, 66, 67, 68]. В Україні детальний аналіз впливу метеоумов на зміну кількості пилку в атмосферному повітрі було висвітлено в роботах О.І. Турос, І.М. Ковтуненко, В.В. Родінкової, Л.В. Кременської та І.І. Мотрук. В роботі Л.В. Кременської визначена слабка кореляція кількості пилку першої хвилі палінації з метеоумовами, яка не перевищувала 0,2 [71]. В роботі І.І. Мотрук було сформовано інтегральну характеристику метеофакторів, якій було присвоєно назву “фактор погоди” [69].

У ході проведення дослідження було показано, що на рівень пилку в амброзії в атмосферному повітрі у певний день цвітіння впливає саме зміна метеорологічних умов напередодні. Для того, щоб отримати дані, у 2012-2016 році було проведено моніторинг аероалергенної ситуації та підрахунок пилових зерен амброзії у щодобових зразках в період з серпня по жовтень. Також, для проведення ретроспективного аналізу та встановлення залежності пилкування амброзії від зміни метеорологічних умов, було використано результати моніторингових спостережень за період 2006-2011 років. Аналіз результатів спостережень, які було отримано за 10 років, дав змогу у повній мірі встановити основні закономірності та тенденції палінації амброзії під впливом змін комплексу метеорологічних факторів.

В ході пошуків взаємозв'язку між кількістю пилку амброзії в атмосферному повітрі у певний день та змінами метеорологічних факторів було доведено, що комбінація стабільно сприятливих погодних умов призводить до поступового збільшення кількості пилових зерен цієї рослини в атмосферному

повітрі. В основному відмічено, що на цей процес позитивно впливає посушлива, відносно безвітряна та спекотна погода. Під час посилення вітру, або поривів, на фоні зміни його напрямку майже завжди відбувається різке зростання кількості пилкових зерен амброзії у повітрі. Якщо відбувається зниження середньодобової температури повітря, то присутність пилку цієї рослини у повітрі може значно зменшитись. Встановлено, що перед початком дощів показники пилку амброзії зазвичай різко зростають, що в свою чергу призводить до ускладнення аероалергенної ситуації. У цьому випадку значну роль відіграє зміна комбінації показників вітру, температури, відносної вологості та атмосферного тиску. У свою чергу, незначні опади у вигляді дощу не призводять до дуже помітного зниження кількості пилку амброзії, але на фоні сильних дощів та злив відбувається різке зменшення рівня пилкових зерен цієї рослини, або навіть повне їх зникнення з атмосферного повітря у цей період.

На прикладі 2012 року, коли було зафіксовано найнижчу концентрацію пилку амброзії в атмосферному повітрі за проаналізований період, було продемонстровано, що метеорологічні особливості можуть значно змінити показники концентрації пилку амброзії відносно середньорічних. Про таку залежність свідчать і проведені дослідження Ковтуненко І.М. [62], Турос О.І. [63, 64], Мотрук І.І [72].

Багаторічний моніторинг та проведений аналіз на нормальність розподілу пилку за допомогою тестів Колмогорова-Смірнова, Ліллієфорса та Шапіро-Уїлка показав значимість статистики на рівні  $p < 0,01$ . Такі дані говорять про відповідність до нормального розподілу термінів дозрівання пилку, викиду в повітря і як наслідок, його концентрації в атмосфері (рис. 3.3.2). Також встановлено, що асиметрія розподілу пилку амброзії по днях палінації незначна та складає в середньому  $0,13 \pm 0,5$ . Було доведено, що зазвичай спостерігається позитивна асиметрія розподілу пилку амброзії по днях цвітіння, що свідчить про утримання пилку ще певний час після його продукування в середовищі. (табл. 3.3.1). У зв'язку з цим, отримані середні дані та нормальний розподіл можна використовувати для прогнозування аероалергенної ситуації як базові, а значні

відхилення вважати результатом дії інших факторів, якими можуть бути метеоумови. Таким чином, аналіз концентрації амброзії разом із погодними умовами у певний день, дозволяє більш точно прогнозувати аероалергенну ситуацію, що викликається пилом цієї рослини, що забезпечує кращу профілактику алергічних захворювань серед населення

На основі проведеного якісного та кількісного аналізу паліноспектра м. Запоріжжя у період з 2006 по 2016 рік, відмічається тенденція до зменшення концентрації пилку амброзії. Такі результати можуть бути викликані тим, що в останні роки у місті проводять більш потужні та ефективні заходи по боротьбі з карантинними рослинами.

Для побудови більш достовірного прогнозу аеропалінологічної ситуації було запропоновано щодобовий спосіб прогнозування кількості пилку у кубічному метрі атмосферного повітря з урахуванням змін погодних умов. Для цього було прораховано коефіцієнти впливу найбільш значимих метеорологічних факторів: вітру, опадів, атмосферного тиску та вологості (формули 4.2-4.6). Також враховано коефіцієнт поправки на асиметрію розподілу пилку амброзії по днях палінації, оскільки після розкриття пильнику, пилок не одразу осідає на субстрат, а ще деякий час літає у повітрі. Тому, навіть після проходження періоду з максимальною концентрацією пилкових зерен у повітрі, при наявності сприятливих погодних умов, амброзія ще довго може становити небезпеку для людей із сенсibilізацією.

В якості основи розрахунків використовувати формулу очікуваної добової кількості пилку в атмосферному повітрі по днях палінації, як добуток між визначеною середньорічною кількістю пилку у конкретний день та коефіцієнтами впливу найбільш значимих метеоумов (вітер, опади, атмосферний тиск та вологість).

$$N_{\text{день}} = N_{\text{середньорічна}} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \quad (6.1)$$

Де:

$N_{\text{день}}$  – очікувана кількість пилку в атмосферному повітрі в конкретний день;

$N_{\text{середньорічна}}$  – середньорічна кількість пилку в цей день з 2006 по 2016 рік;

$K_1$  – коефіцієнт впливу вітру на зміну кількості пилку в атмосферному повітрі

$K_2$  – коефіцієнт впливу опадів на зміну кількості пилку в атмосферному повітрі;

$K_3$  – коефіцієнт залежності кількості пилку від відносної вологості;

$K_4$  – коефіцієнт залежності кількості пилку в повітрі від атмосферного тиску;

$K_5$  – коефіцієнт поправки на асиметрію розподілу пилку по днях палінації.

Після проведення розрахунків було встановлено, що в середньому за 10 років коефіцієнт кореляції між рівнем пилку та прогнозом, що здійснюється у запропонований спосіб склав  $0,8 \pm 0,06$ , а найбільш суттєві відмінності були викликані тим, що спрогнозовані метеорологічні умови та реальний стан погоди у певний день відрізнялись (рис. 4.1, 4.2).

Для оцінювання рівня небезпеки аероалергенної ситуації було використано 5-ти бальну шкалу, у якій 1 бал свідчить про низький рівень загрози, 2 бали відповідають підвищеному рівню небезпеки, 3 бали – середньому рівню загрози, 4 бали – високому, а 5 балів найвищому рівню небезпеки для хворих (табл. 4.3)

Для візуалізації та практичного застосування отриманого нами способу щодобового прогнозування аеропалінологічної ситуації, було розроблено віджет для Android, на який було отримано авторське свідоцтво. При цьому, сформований алергопрогноз демонструвався на смартфоні або планшеті у вигляді таблиці, у якій було показано рівень загрози та очікувану кількість пилку амброзії у повітрі міста Запоріжжя на сьогодні, завтра та післязавтра. Розроблений ANDROID-віджет дозволяє людям із сенсibiliзацією реагувати на зміну аероалергенної ситуації завчасно, що покращує профілактику алергічних реакцій та дасть змогу уникнути загострень хвороби.

Для перевірки запропонованого нами алгоритму прогнозування аероалергенної ситуації було проведено аналіз змін кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі по днях палінації у період з початку серпня до кінця

вересня у 2017 та 2018 році, який довів достовірність наведеного способу прогнозування. У 2017 році майже всі випадки різкого збільшення кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі було передбачено вірно та завчасно. Під час порівняння результатів прогнозування та даних аеробіологічного моніторингу, який було проведено, встановили, що коефіцієнт кореляції між кількістю пилку амброзії у повітрі та кількістю пилку за прогнозом у 2018 році складає 0,66 та більшість пікових концентрацій також було спрогнозовано вірно. Аномальні погодні умови досліджуваного року сприяли зсуву строків палінації порівняно із усередненими даними, які було отримано в ході проведення багаторічних спостережень.

Таким чином, було доведено доцільність використання даного алгоритму з метою прогнозування аероалергенної ситуації, яка викликається пилком амброзії. Встановлено, що зміни кліматичних умов можуть призводити до появи недостатньої точності прогнозу, що у подальшому потребує проведення корегування констант у формулах розрахунку коефіцієнтів впливу. Про вплив навколишнього середовища, глобального потепління та метеорологічних чинників свідчать також роботи інших науковців [2, 8, 11, 12, 36, 52]

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі проведених моніторингових досліджень, оцінки впливу метеорологічних факторів на палінацію амброзії, розробки алгоритму передбачення та створення способу щодобового прогнозування кількості пилку цієї рослини вирішено актуальне наукове питання щодо вдосконалення методів завчасного попередження населення про небезпечну аероалергенну ситуацію, яка зумовлена пилком амброзії в атмосферному повітрі міста Запоріжжя.

1. Проведено ретроспективний аналіз вмісту пилку амброзії у атмосферному повітрі м. Запоріжжя у період з 2006 по 2011 роки та моніторингові дослідження кількості пилку цієї рослини з серпня по жовтень 2012-2016 рр.

2. Проаналізовано закономірності коливання концентрації пилку амброзії у період 2006-2016 рр. у кожний день в залежності від впливу різких змін метеорологічних факторів напередодні.

3. Визначено фактори погодних умов та вивчено ступінь їх впливу на зміну кількості пилку в атмосферному повітрі. Встановлено щодобові коефіцієнти впливу вітру, опадів, відносної вологості, атмосферного тиску та враховано асиметрію розподілу пилку для вирахування особливостей палінації за допомогою крос-кореляції.

4. Розроблено алгоритм прогнозування аероалергенної ситуації з урахуванням визначених метеорологічних умов у вигляді мультиплікативної формули очікуваної кількості пилку у конкретний день:  $N_{\text{день}} = N_{\text{середньорічна}} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$ , де  $K_1$ - $K_5$  коефіцієнти впливу з кореляцією 0,8 між очікуваною та реальною кількістю пилку. Розроблено комп'ютерну програму «ANDROID-віджет для прогнозування концентрації пилку у повітрі м. Запоріжжя». Запропоновано визначати за допомогою п'ятибальної шкали ступінь ризику виникнення алергічних реакцій на пилок амброзії на основі врахування змін комплексу метеоумов за декілька днів.

5. Проведено тестування запропонованого алгоритму на прикладі палінації амброзії у 2017 та 2018 роках, за результатами яких було доведено високу прогностичність розробленого способу прогнозування аероалергенної ситуації.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kuznietsova O., Nedelska S. Clinical peculiarities of seasonal respiratory allergy in children. *European Respiratory Journal*. 2018., Vol. 52 № 62. P. 44-67.
2. Mang T., Essl F., Moser D., Dullinger S. Climate warming drives invasion history of *Ambrosia artemisiifolia* in central Europe. *Preslia*. 2018. Vol. 90. P. 59-81.
3. Müller-Germann, I., Pickersgill, D.A., Paulsen, H. et al. Allergenic Asteraceae in air particulate matter: quantitative DNA analysis of mugwort and ragweed. *Aerobiologia*. 2017. Vol. 33.P. 493–506. <https://doi.org/10.1007/s10453-017-9485-3>
4. Cai T., Zhang Y., Ren X., Bielory L., Mi Z., Nolte C. G., Georgopoulos P. G. Development of a semi-mechanistic allergenic pollen emission model. *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 653. P. 947-957.
5. Бездетко Т. В., Юрьев С. Д., Хохуда О. Н., Касьян Н. В., Еременко Г. В. Из истории сорных трав. Опасность пыльцевой аллергии. *Клінічна імунологія. Алергологія. Інфектологія*. 2017. № 1. С. 26-29.
6. Izquierdo R., Alarcón M., Mazón J., Pino D., De Linares C., Aguinagalde X., Belmonte J. Are the Pyrenees a barrier for the transport of birch (*Betula*) pollen from Central Europe to the Iberian Peninsula? *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 575. P. 1183-1196.
7. Rodinkova V.V., Girka O.V., Gelman E. G. Ragweed pollen sensitivity among children of Central Ukraine. *European Journal of Aerobiology and Environmental Medicine*. 2014. Vol X, № 2. P 78.
8. Kinney P. L. Interactions of climate change, air pollution, and human health. *Current environmental health reports*. 2018. Vol. 5, № 1. P. 179-186.
9. Piotrowska-Weryszko K., Weryszko-Chmielewska E. Spatial differentiation of airborne arboreal pollen in Lublin (Poland). *Acta Agrobotanica*. 2015. Vol. 68, № 4. P. 333-341.
10. Малеева Г.Ю. Особливості палінації амброзії у 2012 році на півдні України. II Регіональна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Актуальні проблеми та перспективи розвитку медичних, фармацевтичних та природничих наук - 2013». Запоріжжя, 2013. С 119.

11. Bousquet J., Anto J. M., Annesi-Maesano I., Dedeu T., Dupas E., Pépin J. L., Benveniste S. POLLAR: impact of air pollution on asthma and rhinitis; a European Institute of Innovation and Technology Health (EIT Health) project. *Clinical and translational allergy*. 2018. Vol. 8, № 1. P. 36.

12. Stępańska D., Myszkowska D., Katarzyna L., Katarzyna P., Katarzyna B., Kazimiera C., Małgorzata N. Co-occurrence of *Artemisia* and *Ambrosia* pollen seasons against the background of the synoptic situations in Poland. *International journal of biometeorology*. 2017. Vol. 61, № 4. P. 747-760.

13. Hrabovsky M., Scevkova J., Micieta K., Lafféřsov J., Dusicka J. Expansion and aerobiology of *Ambrosia artemisiifolia* L. in Slovakia. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2016. Vol. 23, № 1. P. 64-70.

14. Moutteta R., Augustinus B., Boninic M., Chauveld B., Desneuxe N., Gachetf E., Bourgeois T. L., Muller-Scharerh H., Thibaudoni M., Schaffner U. Estimating economic benefits of biological control of *Ambrosia artemisiifolia* by *Ophraella communa* in southeastern France. *Basic and Applied Ecology*. 2018. Vol. 33. P 14-24.

15. Agnew M., Banic I., Lake I., Goodess C., Grossi C., Jones N., Turkalj M. Modifiable Risk Factors for Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) Allergy and Disease in Children: A Case-Control Study. *International journal of environmental research and public health*. 2018. Vol. 15, № 7. P. 1339.

16. Lommen S., Hallmann C. A., Jongejans E., Chauvel B., Leitsch-Vitalos M., et al. Explaining variability in the production of seed and allergenic pollen by invasive *Ambrosia artemisiifolia* across Europe. *Biol Invasions*. 2018. Vol 20. P 1475-1491. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1640-9>.

17. Беш Л. В., Новикевич С. З., Задворная О. І., Олиярник Л. Ю. Динамика структуры сенсibilизации к пыльце среди детского населения Львовской области на протяжении 20-летнего наблюдения. *Здоровье ребенка*, 2014. Вип. 7, № 58. С. 37-42.

18. Приходько А.Б., Емец Т.И. Аэроаллергенный мониторинг и его значение для предотвращения поленовых аллергий. *Екологічна безпека:*

проблеми і шляхи вирішення.: зб. наук. статей III міжнар. наук.-практ. конф., Харків, 2007. Т-2. С. 269-270

19. Приходько О.Б., Ємець Т.І., Стеблюк М.В. Метеорологічні та фенологічні аспекти формування масових загострень сезонних алергій. Одеський медичний журнал. 2011. № 4. С.19-25.

20. Беляева С. Н., Пирогова М. Е., Дудченко Л. Ш., Пьянков А. Ф., Нерсесьянц З. В. Южный берег Крыма – элиминационный пульмонологический климатический курорт: история, современность, перспективы. Вестник физиотерапии и курортологии. 2018. Вып. 24, Т. 3. С. 42-45.

21. Мельниченко Г. М. Закономерности пыления видов рода *Alnus* в 2013—2015 годах (г. Ивано-Франковск, Западная Украина). *Universum: химия и биология*. 2015. Вып. 8, № 16. С. 1-7.

22. Приходько О.Б. Особливості першої хвилі палінації навесні 2009 року. Вісник ЛНУ. Медичні науки. 2010. № 21. С.96-100.

23. Febriawan H. K., da Silva Sodre C. M. Exploratory Analysis in Mapping of Asthma Risk in Western Australia. *The Indonesian Journal of Geography*. 2018. Vol. 50, №1. P. 97-108.

24. Oduber F., Calvo A. I., Blanco-Alegre C., Castro A., Vega-Maray A. M., Valencia-Barrera R. M., Fraile R. Links between recent trends in airborne pollen concentration, meteorological parameters and air pollutants. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019. Vol. 264. P. 16-26.

25. Беш Л. В., Воробець Н. М., Новікевич С. З., Волощук К. В., Калинович Н. О. Актуальні аспекти вивчення сезонної алергії у дітей Львівщини. Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. 2013. Вип. 3. С. 8-11.

26. Adams-Groom B., Skjøth A., Baker M., Welch T. E. Modelled and observed surface soil pollen deposition distance curves for isolated trees of *Carpinus betulus*, *Cedrus atlantica*, *Juglans nigra* and *Platanus acerifolia*. *Aerobiologia*. 2017. Vol. 33, № 3. P. 407-416. <https://doi.org/10.1007/s10453-017-9479-1>

27. Lee J. W., Jang J., Ko K. K., Cho Y. Economic Valuation of a New Meteorological Information Service: Conjoint Analysis for a Pollen Forecast System.

Weather, Climate, and Society 2014. Vol. 6, № 4. P. 495-505.

28. Fukutomi Y., Taniguchi M. Sensitization to fungal allergens: Resolved and unresolved issues. *Allergology International*. 2015. Vol 64. P. 321-331. <http://dx.doi.org/10.1016/j.alit.2015.05.007>.

29. Essl F., Biro K., Brandes D. Biological flora of the British Isles: *Ambrosia artemisiifolia*. *Journal of Ecology*. 2015. Vol.103. P. 1069-1098.

30. Olszowski T., Ziembik Z. An alternative conception of PM10 concentration changes after short-term precipitation in urban environment. *Journal of Aerosol Science*. 2018. Vol. 121. P. 21-30.

31. McInnes R.N., Hemming D., Burgess P., Lyndsay D., Osborne N., et al. Mapping allergenic pollen vegetation in UK to study environmental exposure and human health. *Science of the Total Environment*. 2017. Vol 599-600. P. 483-499. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.136>

32. Müller-Germann I., Pickersgill D. A., Paulsen H., Alberternst B., Pöschl U., Fröhlich-Nowoisky J., Després V. R. Allergenic Asteraceae in air particulate matter: quantitative DNA analysis of mugwort and ragweed. *Aerobiologia*. 2017. Vol. 33, № 4. P. 493-506.

33. Kubik-Komar A., Piotrowska-Weryszko K., Weryszko-Chmielewska E., Kuna-Broniowska I., Chlopek K., et al. A study of the spatial and temporal variability in airborne *Betula* pollen concentration in five cities in Poland using multivariate analyses. *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 660. P. 1070-1078.

34. Stjepanovic B., Svec̃njak Z., Hrga I. Seasonal variation of airborne ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen in Zagreb, Croatia. *Aerobiologia*. 2012. Vol. 28. P. 337-346.

35. Matyasovszky I., Makra L. Estimating extreme daily pollen loads for Szeged, Hungary using previous-day meteorological variables. *Aerobiologia*. 2015. DOI 10.1007/s10453-015-9384-4.

36. Boheemen L. A., Atwater D. Z., Hodgins K. A. Rapid and repeated local adaptation to climate in an invasive plant. *New Phytologist*. 2019. Vol. 222, № 1. P. 614-627.

37. Rojoab J., Orlandib F., Pérez-Badiaa R., Aguilera F., Ben Dhiabd A., et al. Modeling olive pollen intensity in the Mediterranean region through analysis of emission sources. *Science of The Total Environment*. 2016. Vol. 551–552. P. 73-82. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.193>
38. Ariano R., Berra D., Chiodini E., Ortolani V., Giovanni L. et al. Ragweed allergy: Pollen count and sensitization and allergy prevalence in two Italian allergy centers. *Allergy Rhinol*. 2015. Vol. 6. P.177–183. doi: 10.2500/ar.2015.6.0141.
39. Chen K., Marusciac L., Tamas P.T., Valenta R., Panaitescu C. Ragweed pollen allergy: burden, characteristics, and management of an imported source in Europe. *Allergy and Immunology*. 2018. Vol. 176. P. 163-180. <https://doi.org/10.1159/000487997>.
40. Медовник Е. В., Жалдак С. Н. Популяционно-биологическая характеристика *Ambrosia artemisiifolia* в условиях юго-восточного Крыма. Современные концепции экологии биосистем и их роль в решении проблем сохранения природы и природопользования. 2016. С. 134-136.
41. Palomares O., Sanchez-Ramon S., Davila I., Prieto L., de Liano L.P. et al. DivergEnt: How IgE Axis contributes to the continuum of allergenic asthma and anti-IgE therapies. *Int J. Mol. Sci*. 2017. Vol.18, №. 6. P. 1328.
42. Leru P. M., Eftimie A. M., Thibaudon M. First allergenic pollen monitoring in Bucharest and results of three years collaboration with European aerobiology specialists. *Romanian Journal of Internal Medicine*. 2018. Vol. 56, №. 1. P. 27-33.
43. Camacho I. C., Caeiro E., Ferro R., Camacho R., Câmara R., Grinn-Gofroñ A. et al. Spatial and temporal variations in the Annual Pollen Index recorded by sites belonging to the Portuguese Aerobiology Network. *Aerobiologia*. 2017. Vol. 33, № 2. P. 265-279.
44. Pla M. A. M., Lemus-Zúñiga L. G., Montañana J. M., Pons J., Garza A. A. 2016 A review of mobile apps for improving quality of life of asthmatic and people with allergies. In *Innovation in Medicine and Healthcare 2015*. Springer, Cham. 2016. P. 51-64.
45. Galan C., Smith M., Thibaudon M. Pollen monitoring: minimum

requirements and reproducibility of analysis. *Aerobiologia*. 2014. № 30. P. 385-395.

46. Приходько О. Б. Наукове обґрунтування системи профілактики масових загострень полінозів та бронхіальної астми на підставі проведення аеропалінологічного моніторингу повітря: дис. доктора біологічних наук: 14. 02. 01 / Приходько Олександр Борисович. – З., 2011. – 273 с.

47. Rodinkova V., Palamarchuk O., Toziuk O., Yermishev O. Modeling hay fever risk factors caused by pollen from *Ambrosia* spp. Using pollen load mapping in Ukraine. *Acta Agrobotanica*. 2018. Vol.71, № 3. doi: 10.5586/aa.1742.

48. Kmenta M., Bastl K., Jager S. Development of personal pollen information – the next generation of pollen information and a step forward for hay fever sufferers. *Int J Biometeorol*. 2014. Vol. 58. P. 1721-1726.

49. Bastl K., Kmenta M., Geller-Bernstein C., Berger U., Jager S. et all. Can we improve pollen season definitions by using the symptom load index in addition to pollen counts? *Environmental pollution*. 2015. Vol. 204. P. 109-116.

50. Plaza M. P., Alcázar, P., Velasco-Jiménez M. J., Galán C. Aeroallergens: a comparative study of two monitoring methods. *Aerobiologia*. 2017. Vol. 33, № 3. P. 363-373.

51. Beggs P. J., Šikoparija B., Smith M. Aerobiology in the International Journal of Biometeorology, 1957–2017. *Int J Biometeorol*. 2017. № 61. P. 51–58.

52. Matyasovszky I., Makra L., Csépe Z., Deák Á. J., Pál-Molnár E., Fülöp A., Tusnády, G. A new approach used to explore associations of current *Ambrosia* pollen levels with current and past meteorological elements. *International journal of biometeorology*. 2015. Vol. 59, № 9. P. 1179-1188.

53. Malkiewicz M., Klaczak K., Drzeniecka-Osiadacz A. Types of *Artemisia* pollen season depending on the weather conditions in Wrocław (Poland), 2002–2011. *Aerobiologia*. 2014. № 30. P. 13–23.

54. Grewling Ł., Jackowiak B., Smith M. Variations in *Quercus* sp. pollen seasons (1996–2011) in Poznan, Poland, in relation to meteorological parameters. *Aerobiologia*. 2014. № 30. P. 149–159.

55. Nowosad J. Spatiotemporal models for predicting high pollen concentration

level of Corylus, Alnus, and Betula. *International journal of biometeorology*. 2016. Vol. 60, №. 6. P. 843-855.

56. Siniscalco C., Caramiello R., Migliavacca M. et al. Models to predict the start of the airborne pollen season. *International journal of biometeorology*. 2015. Vol. 59, Issue 7. P.837–848.

57. Navares R., Aznarte J. L. Predicting the Poaceae pollen season: six month-ahead forecasting and identification of relevant features. *International journal of biometeorology*. 2017. Vol. 61, №. 4. P. 647-656.

58. Janati A., Bouziane H., del Mar Trigo M., Kadiri M., Kazzaz M. Poaceae pollen in the atmosphere of Tetouan (NW Morocco): effect of meteorological parameters and forecast of daily pollen concentration. *Aerobiologia*. 2017. Vol. 33, Issue 4. P. 517-528.

59. Cecchi L., D'amato G., Annesi-Maesano I. External exposome and allergic respiratory and skin diseases. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2018. Vol. 141, Issue 3. P. 846-857.

60. Khwarahm N. R., Dash J., Skjøth C. A., Newnham, R. M., Adams-Groom B., Head K., Atkinson P. M. Mapping the birch and grass pollen seasons in the UK using satellite sensor time-series. *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 578. P. 586-600.

61. Navares R., Aznarte J. L. What are the most important variables for Poaceae airborne pollen forecasting? *Science of The Total Environment*. 2017. Vol. 579. P. 1161-1169.

62. Ковтуненко І.М. Наукове обґрунтування критеріїв безпеки для здоров'я населення впливу пилоквих алергенів атмосферного повітря : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 14.02.01 Київ, 2013. 19 с.

63. Турос О.І., Ковтуненко І.М. До питання повітряного моніторингу пилку алергенних рослин. *Гігієна населених місць*. 2007. № 50. С. 30–34.

64. Турос О.І. Черненко Л.М. Новий підхід до створення програмного забезпечення збирання, обробки, збереження та аналізу інформації про рівень забруднення атмосферного повітря. II-й Всеукр. з'їзд екологів з міжнар. участю

“Екологія/Ecology-2009”, (Вінниця, 23–26 верес. 2009 р.): зб. наук. статей / голов. ред. Б. І. Мокін ; відп. за вип. В. Г. Петрук. Вінниця, 2009. С. 179–180.

65. Fernández-Rodríguez S., Durán-Barroso P., Silva-Palacios I., Tormo-Molina R., Maya-Manzano J. M., Gonzalo-Garijo Á., Monroy-Colin A. Environmental assessment of allergenic risk provoked by airborne grass pollen through forecast model in a Mediterranean region. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 176. P. 1304-1315.

66. Oteros J., Valencia R. M., Del Río S., Vega A. M., García-Mozo H., Galán C., Fernández-González D. Concentric Ring Method for generating pollen maps. *Quercus* as case study. *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 576. P. 637-645.

67. Anenberg S. C., Belova A., Brandt J., Fann N., Greco S., Guttikunda S., Miller B. Survey of ambient air pollution health risk assessment tools. *Risk Analysis*. 2016. Vol. 36, Issue 9. P. 1718-1736.

68. Rodinkova V., Kremenska L., Palamarchuk O., Motruk I., Alexandrova E., Dudarenko O., Vakolyuk Larysa., Yermishev O. Seasonal changes in plant pollen concentrations over recent years in Vinnytsya, Central Ukraine. 2018. *Acta Agrobotanica*. Vol. 71 Issue 1. P.1-13.

69. Rodinkova V., Kremenska L., Slobodianiuk L., Motruk I., Mazur O. Pre-seasonal weather differently impacts tree pollination in Vinnitsa, Ukraine. *Allergo Journal*. 2013. Vol. 22, Issue 7. P. 490-490.

70. Motruk I., Rodinkova V., Prikhodko A., Maleeva A., Palamarchuk O. Ambrosia pollen counts in Ukraine. *Comptes de pollen d'Ambrosia en Ukraine. Ambroisie, the first international ragweed review*. 2014. Vol.29. P. 26-31.

71. Зв'язок пилкування деревних рослин м. Вінниці з факторами довкілля [Текст] : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.16 / Кременська Лілія Вікторівна ; Чернівець. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича. - Чернівці, 2017. - 20 с. : рис., табл.

72. Еколого-гігієнічна оцінка пилкування трав'янистих рослин на основі погодинних спостережень у літньо-осінній період [Текст] : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 14.02.01 / Мотрук Ірина Іллівна ; Нац. акад. мед. наук України, Держ. установа "Ін-т громад. здоров'я ім. О. М. Марзєєва". - Київ, 2017. - 20 с.:рис., табл.



73. Zink K., Pauling A., Rotach M. W., Vogel H., Kaufmann P., Clot, B. EMPOL 1.0: a new parameterization of pollen emission in numerical weather prediction models. *Geoscientific Model Development*. 2013. Vol. 6, № 6. P. 1961-1975.

74. Mahura A., Baklanov A., Korsholm U. Parameterization of the birch pollen diurnal cycle. *Aerobiologia*. 2009. Vol. 25, № 4. P. 203.

75. Montagnani C., Gentili R., Smith M., Guarino M. F., Citterio S. The worldwide spread, success, and impact of ragweed (*Ambrosia* spp.). *Critical reviews in plant sciences*. 2017. Vol. 36, № 3. P. 139-178.

76. Kralemann L. E., Scalone R., Andersson L., Hennig L. North European invasion by common ragweed is associated with early flowering and dominant changes in FT/TFL1 expression. *Journal of experimental botany*. 2018. Vol. 69, № 10. P. 2647-2658.

77. Gentili R., Gilardelli F., Bona E., Prosser F., Selvaggi A., Alessandrini A., Ardenghi N. M. G. Distribution map of *Ambrosia artemisiifolia* L. (Asteraceae) in Italy. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. 2017. Vol. 151, № 3. P. 381-386.

78. Rodinkova V., Palamarchuk O., Toziuk O., Yermishev O. Modeling hay fever risk factors caused by pollen from *Ambrosia* spp. using pollen load mapping in Ukraine. *Acta Agrobotanica*. 2018. Vol. 71, №3.

79. Astudillo F. J. Environmental and historical archaeology of the Galápagos islands: archaeobotany of Hacienda El Progreso, 1870–1920. *Vegetation history and archaeobotany*. 2018. Vol. 27, № 5. P. 737-751.

80. García-Mozo H., Hernández-Ceballos M. A., Trigo M. M., Galán C. Wind dynamics' influence on south Spain airborne olive-pollen during African intrusions. *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 609. P. 1340-1348.

81. Rousi M., Possen B. J., Pulkkinen P., Mikola J. Using long-term data to reveal the geographical variation in timing and quantity of pollen and seed production in silver and pubescent birch in Finland: Implications for gene flow, hybridization and responses to climate warming. *Forest Ecology and Management*. 2019. Vol. 438. P. 25-33.

82. Hirose Y., Osada K. Terminal settling velocity and physical properties of pollen grains in still air. *Aerobiologia*. 2016. Vol. 32, № 3. P. 385-394.

83. Maya-Manzano J. M., Sadyś M., Tormo-Molina R., Fernández-Rodríguez S., Oteros, J., Silva-Palacios I., Gonzalo-Garijo A. Relationships between airborne pollen grains, wind direction and land cover using GIS and circular statistics. *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 584. P. 603-613.

84. Makra L., I. Matyasovszky G., Tusnady Y., Wang Z., Csepe Z. et. al. Biogeographical estimates of allergenic pollen transport over regional scales: Common ragweed and Szeged, Hungary as a test case. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2016. Vol. 221. P. 94 – 110.

85. Matyasovszky I., Makra, L., Tusnady G., Csépe, Z., Nyúl, L. G., Chapman, D. S., Mányoki, G. Biogeographical drivers of ragweed pollen concentrations in Europe. *Theoretical and applied climatology*. 2018. Vol. 133, № 1-2. P. 277-295.

86. Datcu A. D. Biomonitoring in urban and urban green environments—morphometric and biomass allocation parameters. *Annales of West University of Timisoara. Series of Biology*. 2017. Vol. 20, № 2. P. 185-192.

87. Sofiev, M., Siljamo, P., Ranta, H., & Rantio-Lehtimäki, A. Towards numerical forecasting of long-range air transport of birch pollen: theoretical considerations and a feasibility study. *International journal of biometeorology*. 2006. Vol. 50, № 6. P. 392.

88. Flonard M., Lo E., Levetin E. Increasing *Juniperus virginiana* L. pollen in the Tulsa atmosphere: long-term trends, variability, and influence of meteorological conditions. *International journal of biometeorology*. 2018. Vol. 62, № 2. P. 229-241.

89. Sofiev M., Berger U., Prank M., Vira J., Arteta J., Belmonte J. et al. MACC regional multi-model ensemble simulations of birch pollen dispersion in Europe. *Atmospheric chemistry and physics*. 2015. Vol. 15, № 14. P. 8115-8130.

90. Simpson D., Benedictow A., Berge H., Bergström R., Emberson L. D., Fagerli H. et al. The EMEP MSC-W chemical transport model—technical description. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2012. Vol. 12, № 16. P. 7825-7865.

91. Zhang L., Gong S., Padro J., Barrie L. A size-segregated particle dry

deposition scheme for an atmospheric aerosol module. *Atmos. Environ.* 2001. Vol. 35. P. 549–560.

92. Williamson D. L., Rasch P. Two-Dimensional Semi-Lagrangian Transport with Shape-Preserving Interpolation. *Am. Meteorol. Soc.* 1989. Vol.117. P. 102–129.

93. Sofiev M., Siljamo P., Ranta H. Linkosalo T. A numerical model of birch pollen emission and dispersion in the atmosphere. Description of the emission module. *Int. J. Biometeorol.* 2012. Vol. 57. P. 45–58. doi:10.1007/s00484-012-0532-z, a.

94. Sofiev M., Ritenberga O., Albertini R., Arteta J., Belmonte J., Bernstein C. G., et al. Multi-model ensemble simulations of olive pollen distribution in Europe in 2014: current status and outlook. *Atmospheric Chemistry and Physics.* 2017. Vol. 17, № 20. P. 12341-12360.

95. Panchen Z. A., Johnston M. O. Shifts in pollen release envelope differ between genera with non-uniform climate change. *American journal of botany.* 2018. Vol. 105, № 9. P. 1568-1576.

96. Rathnayake C. M., Metwali,N., Jayarathne T., Kettler J., Huang Y., Thorne P. S., Stone E. A. Influence of rain on the abundance of bioaerosols in fine and coarse particles. *Atmospheric Chemistry and Physics.* 2017. Vol. 17, № 3. P. 2459-2475.

97. Ghitarrini S., Pierboni E., Rondini C., Tedeschini E., Tovo, G. R., Frenguelli G., Albertini E. New biomolecular tools for aerobiological monitoring: Identification of major allergenic Poaceae species through fast real-time PCR. *Ecology and evolution.* 2018. Vol. 8, № 8. P. 3996-4010.

98. Sofia G., Emma T., Veronica T., Giuseppe F. Climate change: consequences on the pollination of grasses in Perugia (Central Italy). A 33-year-long study. *International journal of biometeorology.* 2017. Vol. 61, № 1. P. 149-158.

99. Navares R., Aznarte J. L. What are the most important variables for Poaceae airborne pollen forecasting? *Science of The Total Environment.* 2017. Vol. 579. P. 1161-1169.

100. Dhiab A. B., Mimoun M. B., Oteros J., Garcia-Mozo H., Domínguez-Vilches E., Galán C., Msallem M. Modeling olive-crop forecasting in Tunisia. *Theoretical and applied climatology.* 2017. Vol. 128, № 3-4. P. 541-549.

101. Rojo J., Rivero R., Romero-Morte J., Fernández-González F., Pérez-Badía R. Modeling pollen time series using seasonal-trend decomposition procedure based on LOESS smoothing. *International journal of biometeorology*. 2017. Vol. 61, № 2. P. 335-348.

102. Bell K. L., Burgess K. S., Botsch J. C., Dobbs E. K., Read T. D., Brosi B. J. Quantitative and qualitative assessment of pollen DNA metabarcoding using constructed species mixtures. *Molecular ecology*. 2019. Vol. 28, № 2. P. 431-455.

103. Leiblein-Wild M. C., Steinkamp J., Hickler T., Tackenberg O. Modelling the potential distribution, net primary production and phenology of common ragweed with a physiological model. *Journal of biogeography*. 2016. Vol. 43, № 3. P. 544-554.

104. Fernández-Rodríguez S., Durán-Barroso P., Silva-Palacios I., Tormo Molina R., Maya-Manzano J.M., Gonzalo-Garijo Á. Regional forecast model for the *Olea* pollen season in Extremadura (SW Spain). *Int J Biometeorol*. 2016. Vol. 60, №10. P. 1509–1517.

105. Albertini R., Ugolotti M., Ghillani L., Adorni M., Vitali P., Signorelli C., Pasquarella C. Aerobiological monitoring and mapping of *Ambrosia* plants in the province of Parma (northern Italy, southern Po valley), a useful tool for targeted preventive measures. *Ann Ig*. 2017. Vol. 29. P. 515-528. doi:10.7416/ai.2017.2182

106. Bruffaerts N., De Smedt T., Delcloo A., Simons K., Hoebeke L. et. al. Comparative long-term trend analysis of daily weather conditions with daily pollen concentrations in Brussels, Belgium. *Int J Biometeorol*. 2018. Vol. 62. P. 483–491. doi: 10.1007/s00484-017-1457-3.

107. Karrer G., Skjøth C.A., Šikoparija B., Smith M., Berger U., Essl F. Ragweed (*Ambrosia*) pollen source inventory for Austria. *Sci Total Environ*. 2015. Vol. 523. P. 120–128.

108. Bousquet J., Agache I., Bergere U., Bergmann K.C., Besancenot J.-P., Bousquet P. J., Casale T., d'Amato G., Kaidashev I., Khaitov M., Mösges R., Nekam K., Onorato G. L., Plavec D., Sheikh A., Thibaudon M., Vautard R., Zidarn M. Differences in Reporting the Ragweed Pollen Season Using Google Trends across 15 Countries. *Int Arch Allergy Immunol*. 2018. P. 1-8. doi: 10.1159/000488391.

109. Gehrig R., Maurer F., Schwierz C. Designing new automatically generated pollen calendars for the public in Switzerland. *Aerobiologia*. 2018. Vol. 34, Issue 3. P. 349-362. <https://doi.org/10.1007/s10453-018-9518-6>.

110. Kawashima S., Thibaudon M., Matsuda S. et al. Automated pollen monitoring system using laser optics for observing seasonal changes in the concentration of total airborne pollen *Aerobiologia*. 2017. Vol. 33. P. 351-362. <https://doi.org/10.1007/s10453-017-9474-6>.

111. Uguz U., Guvensen A., Tort N. S. Annual and intradiurnal variation of dominant airborne pollen and the effects of meteorological factors in Çeşme (Izmir, Turkey). *Environmental monitoring and assessment*. 2017. Vol. 189, № 10. P. 530.

112. Приходько О.Б., Кузнєцова О.Д., Колінько Г.Ю. Пристрій для визначення пилку та спор у повітрі: пат. 31216 Україна: МПК(2006), А01К55/00 № u200714642; заявл. 24.12.2007; опубл. 25.03.2008, Бюл. №6.

113. Papadakis C. E., Kiagiadaki D. E., Bonatos S. I., Katotomichelakis M., Danielides V., Proimos E. K. Aeroallergens in West Crete, Greece: A five year (2010–2014) aerobiological study. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2016. Vol. 273, № 7. P. 1943-1949.

114. Приходько О. Б., Ємець Т. І., Кузнєцова О. Д., Однокоз О. В. Спосіб приготування препаратів для аеробіологічного моніторингу: пат. 49811, Україна, МПК (2009) G01N 7/00 № u200912310; заявл. 30.11.2009; опубл. 11.05.2010, Бюл. № 9.

115. Приходько О. Б., Ємець Т. І. Асиметрія розподілу пилку анемофільних рослин. *Проблеми екології та медицини*. 2011. Т. 15, № 1-2. С. 29- 31.

116. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. Динаміка палінації амброзії у Запоріжжі в період з 2012 по 2016 рік. *Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки*. 2016. №2. С. 121-129.

117. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. Аналіз особливостей та асиметрії розподілу пилку амброзії по днях палінації у повітрі міста Запоріжжя. *Scientific Journal «ScienceRise:Biological Science»*. 2017. №4(7). С. 4-8.

118. Малєєва Г.Ю. Аналіз кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі

м. Запоріжжя у 2015 році. Сучасні погляди на актуальні питання теоретичної, експериментальної та практичної медицини: тези доп. міжнар. конгресу студентів та молодих вчених, м. Тернопіль, 25-27 квіт. 2016 р. Тернопіль, 2016. С 359.

119. Малєєва Г.Ю. Особливості палінації амброзії у місті Запоріжжя у 2014 році. Актуальні проблеми та перспективи розвитку медичних, фармацевтичних та природничих наук: тези доп. III регіон. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 29 листоп. 2014 р. Запоріжжя, 2014. С. 362-363.

120. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. Порівняння кількості пилку амброзії у повітрі м. Запоріжжя у 2014 та минулих роках. Здобутки теоретичної медицини – в практику охорони здоров'я: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 26-27 бер. 2015 р. Запоріжжя, 2015. С. 85-86.

121. Малєєва Г.Ю. Присутність пилку амброзії у повітрі м. Запоріжжя під час першої хвилі палінації. Сучасні аспекти медицини та фармації – 2015: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф. Запоріжжя, 2015. С. 28.

122. Малєєва Г.Ю. Про НДР кафедри біології паразитології та генетики «Динамічна аеробіологія та прогнозування аероалергенної ситуації». Сучасні аспекти медицини і фармації – 2014: тези доп. 74 всеукр. наук.-практ. конф. Запоріжжя, 2014. С. 22.

123. Малєєва Г.Ю. Результати моніторингових спостережень за кількістю пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя у період з 2006 по 2015 роки. Сучасні аспекти медицини та фармації-2016: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 12-13 трав. 2016 р. Запоріжжя, 2016. С.63-64.

124. Приходько О.Б., Ємець Т.І. Спосіб прогнозування аеропалінологічної ситуації: пат. 53449 України, МПК G01N 5/00 /; № и 201003287; заявл. 22.03.2010; опубл. 11.10.2010, Бюл. № 19. – 6 с

125. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Спосіб щодобового прогнозування концентрації пилку амброзії в атмосферному повітрі: пат. 115954, Україна, МПК (2006) G01N 5/00, G01/22. № а 2017 01349; заявл. 13.02.2017; опубл. 10.01.2018 Бюл. №1.

126. Малеева Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Особливості прогнозування кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя. Довкілля та здоров'я. 2018. № 1 (85). С. 31-35.

127. Приходько О.Б., Ришов О.А, Попов А.М., Малеева Г.Ю. “ANDROID-віджет для прогнозування концентрації пилку у повітрі м. Запоріжжя”: Авторське свідоцтво № 74919 Україна; заявл. 22.11.2017; опубл. 26.01.18 Бюл. №47.

128. Малеева Г.Ю. Асиметрія розподілу пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя в період з 2006 по 2015 роки. Довкілля і здоров'я: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Тернопіль, 27-28 квіт. 2017 р. Тернопіль, 2017. С. 108-110.

129. Малеева Г.Ю. Вплив опадів на зміну кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі. Сучасні аспекти медицини та фармації-2017: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 11-12 трав. 2017 р. Запоріжжя, 2017. С. 14-15.

130. Малеева Г.Ю. Вплив деяких метеорологічних чинників на кількість пилку амброзії в атмосферному повітрі міста Запоріжжя. Актуальні питання біології та медицини: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Суми, 16-17 лист. 2017 р. Суми, 2017. С. 76-77.

131. Малеева Г.Ю. Присутність пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя у 2015-2017 роках. Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук: тези доп. регіон. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 11 груд. 2017 р. Запоріжжя, 2017. С. 34.

132. Малеева Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Вдосконалення методів прогнозування аероалергенної ситуації, яка викликається пилком амброзії у м. Запоріжжі. Вісник проблем біології та медицини. 2018. Вип.4, том 2 (147). С. 116-119.

133. Малеева Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Аналіз результатів прогнозування кількості пилку амброзії у повітрі міста Запоріжжя на основі даних 10-річного моніторингу. Екологічні науки. 2018. № 3(22). С. 41-46.

134. Малеева Г.Ю., Приходько О.Б. Прогнозування аероалергенної ситуації, яка викликається пилом амброзії у Запоріжжі. Актуальні питання сучасної медицини та фармації (до 50-річчя заснування ЗДМУ): тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 18-25 квіт. 2018. Запоріжжя, ЗДМУ, 2018. С. 23.



## ДОДАТКИ

## Додаток А

## Список наукових праць, опублікованих за темою дисертації

1) наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

– у наукових фахових виданнях України:

1. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. Динаміка палінації амброзії у Запоріжжі в період з 2012 по 2016 рік. Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. 2016. №2. С. 121-129. *(Дисертантом самостійно проведено аеропалінологічний моніторинг та сформульовано висновки).*

2. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. Аналіз особливостей та асиметрії розподілу пилку амброзії по днях палінації у повітрі міста Запоріжжя. Scientific Journal «ScienceRise:Biological Science». 2017. №4(7). С. 4-8. *(Дисертантом самостійно отримано експериментальні дані та проведено їх статистичну обробку).*

3. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Особливості прогнозування кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя. Довкілля та здоров'я. 2018. № 1 (85). С. 31-35. *(Дисертантом самостійно отримано результати моніторингових досліджень та сформульовано висновки).*

4. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Аналіз результатів прогнозування кількості пилку амброзії у повітрі міста Запоріжжя на основі даних 10-річного моніторингу. Екологічні науки. 2018. № 3(22). С. 41-46. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз результатів прогнозування кількості пилку та сформульовано висновки).*

5. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Вдосконалення методів прогнозування аероалергенної ситуації, яка викликається пилком амброзії у м. Запоріжжі. Вісник проблем біології та медицини. 2018. Вип.4, том 2 (147). С. 116-119. *(Дисертантом самостійно проведено підрахунок пилкових зерен та проведено статистичну обробку даних).*

– у виданнях, які входять до наукометричних баз даних, та в міжнародних фахових виданнях:

6. Matyasovszky I. et al. Biogeographical drivers of ragweed pollen concentrations in Europe. Theoretical and Applied Climatology. 2018. Vol. 133, № 1-2. P. 277-295. *(Дисертантом самостійно проведено підрахунок кількості пилку амброзії для м. Запоріжжя та проаналізовано результати).*
7. Makra L. et al. Biogeographical estimates of allergenic pollen transport over regional scales: Common ragweed and Szeged, Hungary as a test case. Agricultural and Forest Meteorology. 2016. Vol. 221. P. 94-110. *(Дисертантом самостійно проведено підрахунок кількості пилку амброзії для м. Запоріжжя та проаналізовано результати).*

## **2) наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

– *тези доповідей:*

8. Малеева Г.Ю. Про НДР кафедри біології паразитології та генетики «Динамічна аеробіологія та прогнозування аероалергенної ситуації». Сучасні аспекти медицини і фармації – 2014: тези доп. 74 всеукр. наук.-практ. конф. Запоріжжя, 2014. С. 22. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*
9. Малеева Г.Ю. Особливості палінації амброзії у місті Запоріжжя у 2014 році. Актуальні проблеми та перспективи розвитку медичних, фармацевтичних та природничих наук: тези доп. III регіон. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 29 листоп. 2014 р. Запоріжжя, 2014. С. 362-363. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*
10. Малеева Г.Ю., Приходько О.Б. Порівняння кількості пилку амброзії у повітрі м. Запоріжжя у 2014 та минулих роках. Здобутки теоретичної медицини – в практику охорони здоров'я: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 26-27 бер. 2015 р. Запоріжжя, 2015. С. 85-86. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*

11. Малеева Г.Ю. Присутність пилку амброзії у повітрі м. Запоріжжя під час першої хвилі палінації. Сучасні аспекти медицини та фармації – 2015: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф. Запоріжжя, 2015. С. 28. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*
12. Малеева Г.Ю. Аналіз кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя у 2015 році. Сучасні погляди на актуальні питання теоретичної, експериментальної та практичної медицини: тези доп. міжнар. конгресу студентів та молодих вчених, м. Тернопіль, 25-27 квіт. 2016 р. Тернопіль, 2016. С 359. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*
13. Малеева Г.Ю. Результати моніторингових спостережень за кількістю пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя у період з 2006 по 2015 роки. Сучасні аспекти медицини та фармації-2016: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 12-13 трав. 2016 р. Запоріжжя, 2016. С.63-64. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*
14. Малеева Г.Ю. Присутність пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя у 2015-2017 роках. Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук: тези доп. регіон. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 11 груд. 2017 р. Запоріжжя, 2017. С. 34. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*
15. Малеева Г.Ю. Асиметрія розподілу пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя в період з 2006 по 2015 роки. Довкілля і здоров'я: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Тернопіль, 27-28 квіт. 2017 р. Тернопіль, 2017. С. 108-110. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*
16. Малеева Г.Ю. Вплив опадів на зміну кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі. Сучасні аспекти медицини та фармації-2017: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 11-12 трав. 2017 р. Запоріжжя, 2017. С. 14-15. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*

17. Малєєва Г.Ю. Вплив деяких метеорологічних чинників на кількість пилку амброзії в атмосферному повітрі міста Запоріжжя. Актуальні питання біології та медицини: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Суми, 16-17 лист. 2017 р. Суми, 2017. С. 76-77. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*
18. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. Аналіз впливу метеорологічних чинників на зміну кількості пилку амброзії у повітрі Запоріжжя. Ідеї академіка В.І. Вернадського та проблеми сталого розвитку освіти і науки: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Кременчук, 11-13 трав. 2018 р. Кременчук, 2018. С. 84. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*
19. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. Прогнозування аероалергенної ситуації, яка викликається пилком амброзії у Запоріжжі. Актуальні питання сучасної медицини та фармації (до 50-річчя заснування ЗДМУ): тези доп. всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 18-25 квіт. 2018. Запоріжжя, ЗДМУ, 2018. С. 23. *(Дисертантом самостійно проведено аналіз даних та написання тез).*

**3) наукові праці, що додатково відображають наукові результати дисертації:**

20. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Спосіб щодобового прогнозування концентрації пилку амброзії в атмосферному повітрі: пат. 115954, Україна, МПК (2006) G01N 5/00, G01/22. № а 2017 01349; заявл. 13.02.2017; опубл. 10.01.2018 Бюл. №1. *(Дисертант співавтор патенту України на винахід).*
21. Приходько О.Б., Рижов О.А, Попов А.М., Малєєва Г.Ю. “ANDROID-віджет для прогнозування концентрації пилку у повітрі м. Запоріжжя”: Авторське свідоцтво № 74919 Україна; заявл. 22.11.2017; опубл. 26.01.18 Бюл. №47. *(Дисертант співвиконавець розробки віджету для прогнозування концентрації пилку амброзії у повітрі).*

## Додаток Б

### Відомості про апробацію результатів дисертації

1. 74 Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні аспекти медицини і фармації», м. Запоріжжя, 15-16 травня 2014 р. (усна доповідь, тези).
2. III регіональна науково-практична конференція «Актуальні проблеми та перспективи розвитку медичних, фармацевтичних та природничих наук», м. Запоріжжя, 29 листопада 2014 р. Запоріжжя, 2014 р. (усна доповідь, тези).
3. Всеукраїнська науково-практична конференція «Здобутки теоретичної медицини – в практику охорони здоров'я», м. Запоріжжя 26-27 березня 2015 р. (усна доповідь, тези).
4. Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні аспекти медицини та фармації», м. Запоріжжя 14-15 травня 2015 р. (усна доповідь, тези).
5. Міжнародний конгрес студентів та молодих вчених «Сучасні погляди на актуальні питання теоретичної, експериментальної та практичної медицини», м. Тернопіль, 25-27 квіт. 2016 р. (тези).
6. Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні аспекти медицини та фармації», м. Запоріжжя, 12-13 травня 2016 р. (усна доповідь, тези).
7. Регіональна науково-практична конференція «Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук», м. Запоріжжя, 11 грудня 2017 р (усна доповідь, тези).
8. Всеукраїнська науково-практична конференція «Довкілля і здоров'я», м. Тернопіль, 27-28 квітня 2017 р. (усна доповідь, тези).
9. Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні аспекти медицини та фармації», м. Запоріжжя, 11-12 травня 2017 р. (усна доповідь, тези).
10. Всеукраїнська науково-практична конференція «Актуальні питання біології та медицини», м. Суми, 16-17 листопада 2017 р. (тези).
11. Міжнародна науково-практична конференція «Ідеї академіка В.І. Вернадського та проблеми сталого розвитку освіти і науки», м. Кременчук, 11-13 травня 2018 р. (тези).

12. Всеукраїнська науково-практична конференція «Актуальні питання сучасної медицини та фармації (до 50-річчя заснування ЗДМУ)», м. Запоріжжя, 18-25 квітня 2018 р. (усна доповідь, тези).





## Додаток В2

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з наукової  
роботи  
Запорізького національного  
університету  
професор Г.М. Васильчук

2018 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

*результатів дисертаційної роботи Малєєвої Г.Ю. «Вдосконалення методів завчасного попередження населення про небезпечну аероалергенну ситуацію, яка зумовлена пилом амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя» у навчальний процес кафедри садово-паркового господарства та генетики Запорізького національного університету*

1. Назва роботи: Вдосконалення методів завчасного попередження населення про небезпечну аероалергенну ситуацію, яка зумовлена пилом амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя.
2. Автор: Малєєва Г.Ю., старший викладач кафедри медичної біології, паразитології та генетики Запорізького державного медичного університету.
3. Пропозиція для впровадження: покращення заходів профілактики алергічних реакцій, які викликаються пилом амброзії у м. Запоріжжі.
4. Актуальність дослідження: Найперше місце серед анемофільних рослин, пилок яких здатен викликати сезонну алергію, посідає амброзія. Алергічні реакції на пилок цієї рослини можуть проявлятися у вигляді алергічного риніту, сінної лихоманки, атопічного дерматиту та можуть провокувати розвиток бронхіальної астми. На сьогоднішній день, покращити стан сенсibilізованих людей може тільки прийом препаратів, що дозволяють полегшити симптоматику тих чи інших алергічних реакцій, а також завчасне прогнозування аероалергенної ситуації та оповіщення населення про небезпечний рівень пилку амброзії у повітрі.
5. Установа-розробник: Запорізький державний медичний університет МОЗ України, 69035, м. Запоріжжя, проспект Маяковського 26, кафедра медичної біології, паразитології та генетики, ст. викл. Малєєва Г.Ю.
6. Джерела інформації:
  1. Пат. 115954 України МПК (2006) G01N 5/00, G01/22 Спосіб щодобового прогнозування аеропалінологічної ситуації / Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І.; власник Запорізький державний медичний університет, заяв. 13.02.2017, опубл. 10.01.2018, бюл. №1/2018.
  2. Малєєва Г.Ю., Аналіз особливостей та асиметрії розподілу пилку амброзії по днях палінації у повітрі міста Запоріжжя / Г.Ю. Малєєва, О.Б. Приходько //ScienceRise: Biological Science. – 2017. – №. 4 (7). – С. 4-8.
  3. Малєєва Г.Ю., Динаміка палінації амброзії у Запоріжжі в період з 2012 по 2016 рік / Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. // Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. – 2017. – С. 121-129.
  4. Малєєва Г.Ю. Особливості прогнозування кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя / Г.Ю. Малєєва, О.Б. Приходько, Т.І. Ємець. // Довкілля та здоров'я. – 2018. - № 1 (85). – 31-35.
7. Базова установа, що проводить впровадження: кафедра садово-паркового господарства та генетики Запорізького національного університету.
8. Термін впровадження: 1.09.2018 р. – 31.06.2019 р.
9. Форма впровадження: результати досліджень впроваджено у навчальний процес під час викладання курсу “Загальна екологія”.
10. Кількість студентів, що прослухали курс: 80.
11. Соціально-економічний ефект: покращення підготовки молодих фахівців з актуальних питань екології людини.

Відповідальний за впровадження  
зав. каф. садово-паркового господарства та генетики,  
професор, доктор біологічних наук

Лях В.О.



## Додаток ВЗ

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Проректор з наукової роботи  
ДЗ "Дніпропетровської медичної  
академії МОЗ України"  
професор В.Й. Мамчур



2018 р.

**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**

*результатів дисертаційної роботи Малєєвої Г.Ю. «Вдосконалення методів завчасного попередження населення про небезпечну аероалергенну ситуацію, яка зумовлена пилом амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя» у навчальний процес кафедри медичної біології, фармакогнозії та ботаніки*  
**ДЗ "Дніпропетровської медичної академії МОЗ України"**

1. Назва роботи: Вдосконалення методів завчасного попередження населення про небезпечну аероалергенну ситуацію, яка зумовлена пилом амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя.
2. Автор: Малєєва Г.Ю., старший викладач кафедри медичної біології, паразитології та генетики Запорізького державного медичного університету.
3. Пропозиція для впровадження: покращення заходів профілактики алергічних реакцій, які викликаються пилом амброзії у м. Запоріжжі.
4. Актуальність дослідження: Найперше місце серед анемофільних рослин, пилок яких здатен викликати сезонну алергію, посідає амброзія. Алергічні реакції на пилок цієї рослини можуть проявлятися у вигляді алергічного риніту, сінної лихоманки, atopічного дерматиту та можуть провокувати розвиток бронхіальної астми. На сьогоднішній день, покращити стан сенсibiliзованих людей може тільки прийом препаратів, що дозволяють полегшити симптоматику тих чи інших алергічних реакцій, а також завчасне прогнозування аероалергенної ситуації та оповіщення населення про небезпечний рівень пилку амброзії у повітрі.
5. Установа-розробник: Запорізький державний медичний університет МОЗ України, 69035, м. Запоріжжя, проспект Маяковського 26, кафедра медичної біології, паразитології та генетики, ст. викл. Малєєва Г.Ю.
6. Джерела інформації:
  1. Пат. 115954 України МПК (2006) G01N 5/00, G01/22 Спосіб щодобового прогнозування аеропалінологічної ситуації / Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І.; власник Запорізький державний медичний університет, заяв. 13.02.2017, опубл. 10.01.2018, бюл. №1/2018.
  2. Малєєва Г.Ю., Аналіз особливостей та асиметрії розподілу пилку амброзії по днях палінації у повітрі міста Запоріжжя / Г.Ю. Малєєва, О.Б. Приходько //ScienceRise: Biological Science. – 2017. – №. 4 (7). – С. 4-8.
  3. Малєєва Г.Ю., Динаміка палінації амброзії у Запоріжжі в період з 2012 по 2016 рік / Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. // Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. – 2017. – С. 121-129.
  4. Малєєва Г.Ю. Особливості прогнозування кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя / Г.Ю. Малєєва, О.Б. Приходько, Т.І. Ємець. // Довкілля та здоров'я. – 2018. - № 1 (85). – 31-35.
7. Базова установа, що проводить впровадження: кафедра медичної біології, фармакогнозії та ботаніки Дніпропетровської медичної академії.
8. Термін впровадження: 1.09.2018 р. – 31.06.2019 р.
9. Форма впровадження: результати досліджень впроваджено у навчальний процес під час викладання курсу "Медична біологія".
10. Кількість студентів, що прослухали курс: 200.
11. Соціально-економічний ефект: покращання підготовки молодих фахівців з актуальних питань екології людини.

Відповідальний за впровадження  
зав. каф. медичної біології, фармакогнозії та ботаніки  
професор, доктор біологічних наук

Шаторна В.Ф.

## Додаток В4



"ЗАТВЕРДЖУЮ"

професор з науково-методичної роботи  
Запорізького державного медичного університету  
професор Візир В.А.

"\_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2018 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

*результатів дисертаційної роботи Малєєвої Г.Ю. «Вдосконалення методів завчасного попередження населення про небезпечну аероалергенну ситуацію, яка зумовлена пилом амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя» до навчального процесу кафедри факультетської педіатрії ЗДМУ*

1. Назва роботи: Вдосконалення методів завчасного попередження населення про небезпечну аероалергенну ситуацію, яка зумовлена пилом амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя.

2. Автор: Малєєва Г.Ю., старший викладач кафедри медичної біології, паразитології та генетики Запорізького державного медичного університету.

3. Пропозиція для впровадження: покращення заходів профілактики алергічних реакцій, які викликаються пилом амброзії у м. Запоріжжі.

4. Актуальність дослідження: Найперше місце серед анемофільних рослин, пилок яких здатен викликати сезонну алергію, посідає амброзія. Алергічні реакції на пилок цієї рослини можуть проявлятися у вигляді алергічного риніту, сінної лихоманки, atopічного дерматиту та можуть провокувати розвиток бронхіальної астми. На сьогоднішній день, покращити стан сенсibilізованих людей може тільки прийом препаратів, що дозволяють полегшити симптоматику тих чи інших алергічних реакцій, а також завчасне прогнозування аероалергенної ситуації та оповіщення населення про небезпечний рівень пилку амброзії у повітрі.

5. Установа-розробник: Запорізький державний медичний університет МОЗ України, 69035, м. Запоріжжя, проспект Маяковського 26, кафедра медичної біології, паразитології та генетики, ст. викл. Малєєва Г.Ю.

6. Джерела інформації:

1. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Спосіб щодобового прогнозування концентрації пилку амброзії в атмосферному повітрі: пат. 115954, Україна, МПК (2006) G01N 5/00, G01/22. № а 2017 01349; заявл. 13.02.2017; опубл. 10.01.2018 Бюл. №1.
2. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. Аналіз особливостей та асиметрії розподілу пилку амброзії по днях палінації у повітрі міста Запоріжжя. Scientific Journal «ScienceRise:Biological Science». 2017. №4(7). С. 4-8.
3. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Особливості прогнозування кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя. Довкілля та здоров'я. 2018. № 1 (85). С. 31-35.
4. Приходько О.Б., Рижов О.А., Попов А.М., Малєєва Г.Ю. "ANDROID-віджет для прогнозування концентрації пилку у повітрі м. Запоріжжя": Авторське свідоцтво № 74919 Україна; заявл. 22.11.2017; опубл. 26.01.18 Бюл. №47.

7. Базова установа, що проводить впровадження: відділення алергології КУ «ЗГДМБ №5»

8. Термін впровадження: 1.09.2018 р. – 16.06.2019 р.

9. Форма впровадження: використання результатів наукових досліджень Малєєвої Г.Ю. у навчальному процесі дозволяє розширити знання щодо покращення профілактики поленових алергій, які викликаються пилом амброзії.

10. Соціально-економічний ефект: покращення профілактики сезонної алергії серед населення м. Запоріжжя.

Відповідальний за впровадження  
Завідувач кафедри  
факультетської педіатрії, д.мед.н, професор

Недельська С.М.



## Додаток В5



## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

*результатів дисертаційної роботи Малєєвої Г.Ю. «Вдосконалення методів завчасного попередження населення про небезпечну аероалергенну ситуацію, яка зумовлена пилком амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя» у роботу алергологічного відділення КУ «ЗМБДЛ №5»*

1. Назва роботи: Вдосконалення методів завчасного попередження населення про небезпечну аероалергенну ситуацію, яка зумовлена пилком амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя.
2. Автор: Малєєва Г.Ю., старший викладач кафедри медичної біології, паразитології та генетики Запорізького державного медичного університету.
3. Пропозиція для впровадження: покращення заходів профілактики алергічних реакцій, які викликаються пилком амброзії у м. Запоріжжі.
4. Актуальність дослідження: Найперше місце серед анемофільних рослин, пилок яких здатен викликати сезонну алергію, посідає амброзія. Алергічні реакції на пилок цієї рослини можуть проявлятися у вигляді алергічного риніту, сінної лихоманки, atopічного дерматиту та можуть провокувати розвиток бронхіальної астми. На сьогоднішній день, покращити стан сенсibiliзованих людей може тільки прийом препаратів, що дозволяють полегшити симптоматику тих чи інших алергічних реакцій, а також завчасне прогнозування аероалергенної ситуації та оповіщення населення про небезпечний рівень пилку амброзії у повітрі.
5. Установа-розробник: Запорізький державний медичний університет МОЗ України, 69035, м. Запоріжжя, проспект Маяковського 26, кафедра медичної біології, паразитології та генетики, ст. викл. Малєєва Г.Ю.
6. Джерела інформації:
  1. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Спосіб щодобового прогнозування концентрації пилку амброзії в атмосферному повітрі: пат. 115954, Україна, МПК (2006) G01N 5/00, G01/22. № а 2017 01349; заявл. 13.02.2017; опубл. 10.01.2018 Бюл. №1.
  2. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б. Аналіз особливостей та асиметрії розподілу пилку амброзії по днях палінації у повітрі міста Запоріжжя. Scientific Journal «ScienceRise:Biological Science». 2017. №4(7). С. 4-8.
  3. Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Особливості прогнозування кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі Запоріжжя. Довкілля та здоров'я. 2018. №1 (85). С. 31-35.
  4. Приходько О.Б., Ришов О.А., Попов А.М., Малєєва Г.Ю. “ANDROID-віджет для прогнозування концентрації пилку у повітрі м. Запоріжжя”: Авторське свідоцтво № 74919 Україна; заявл. 22.11.2017; опубл. 26.01.18 Бюл. №47.
  7. Базова установа, що проводить впровадження: відділення алергології КУ «ЗМБДЛ №5»
  8. Термін впровадження: 1.09.2018 р. – 1.09.2019 р.
  9. Форма впровадження: результати досліджень впроваджено на покращення профілактики полевих алергій, які викликаються пилком амброзії.
  10. Соціально-економічний ефект: покращення профілактики сезонної алергії серед населення м. Запоріжжя.

Відповідальний за впровадження

## ДОДАТОК В6

### ДОВІДКА

*про впровадження результатів дисертаційної роботи Малєєвої Г.Ю.  
«Вдосконалення методів завчасного попередження населення про  
небезпечну аероалергенну ситуацію, яка зумовлена пилом амброзії в  
атмосферному повітрі Запоріжжя»*

1. Стисла характеристика результатів дослідження: Дисертаційна робота присвячена покращенню системи інформування населення про стан довкілля, можливий вплив на здоров'я людей забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя пилом амброзії, профілактиці полінозів шляхом завчасного попередження населення на основі розробленого алгоритму прогнозування аероалергенної ситуації. Для досягнення мети здобувачем було проведено моніторинг та проаналізовано кількість пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя з серпня по жовтень у період з 2006 по 2016 роки. Встановлено комплекс метеоумов, які здатні впливати на кількість пилку. Розроблено алгоритм прогнозування аероалергенної ситуації, що дозволяє завчасно інформувати населення про підвищення кількості пилку в атмосферному повітрі для прийняття превентивних дій.

2. Відомості про розроблені об'єкти інтелектуальної власності по розглянутій роботі:

- Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І. Спосіб щодобового прогнозування концентрації пилку амброзії в атмосферному повітрі: пат. 115954, Україна, МПК (2006) G01N 5/00, G01/22. № а 2017 01349; заявл. 13.02.2017; опубл. 10.01.2018 Бюл. №1.
- Приходько О.Б., Рижов О.А, Попов А.М., Малєєва Г.Ю. “ANDROID-віджет для прогнозування концентрації пилку у повітрі м. Запоріжжя”: Авторське свідоцтво № 74919 Україна; заявл. 22.11.2017; опубл. 26.01.18 Бюл. №47.



3. Предмет впровадження: Алгоритм прогнозування кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя в період масового цвітіння на основі моніторингових досліджень та аналізу прогнозу метеоумов для завчасного інформування населення про стан довкілля. Реалізація розробки відбувається шляхом:

- встановлення на смартфони безкоштовної програми “ANDROID-віджет для прогнозування концентрації пилку у повітрі м. Запоріжжя” для активного інформування населення;
- через сторінку «Лабораторії аеробіології» на офіційному сайті ЗДМУ;
- розповсюдження інформації в соціальних мережах (група «Запоріжжя без амброзії»).

4. Установа-розробник: Запорізький державний медичний університет МОЗ України, 69035, м. Запоріжжя, проспект Маяковського 26, кафедра медичної біології, паразитології та генетики, ст. викл. Малєєва Г.Ю.

5. Термін впровадження: 1.08.2019-30.09.2020 рр. в період цвітіння амброзії.

6. Соціально-економічний ефект: покращення профілактики сезонної алергії, яка викликана пилком амброзії серед населення м. Запоріжжя шляхом інформування про очікуване підвищення кількості пилку в атмосферному повітрі.

Начальник управління

з питань екологічної безпеки

Запорізької міської ради



Золотарьов Г.А.