

## АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ПИЛКУ АМБРОЗІЇ В ПОВІТРІ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ НА ОСНОВІ ДАНИХ 10-РІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Малєєва Г.Ю., Приходько О.Б., Ємець Т.І.  
Запорізький державний медичний університет,  
кафедра медичної біології, паразитології та генетики  
пр. Маяковського, 26, м. Запоріжжя, Україна, 69035  
g.maleeva.1985@gmail.com

У статті проаналізовано результати прогнозування рівня пилку амброзії в повітрі м. Запоріжжя з використанням даних, отриманих у ході проведення 10-річного моніторингу. Установлено збіг у більшості випадків різкого загострення аероалергенної ситуації. Доведено доцільність використання Android віджету хворими на поліноз для покращення профілактики та уникнення загострень хвороби. *Ключові слова:* пилок, амброзія, моніторинг, прогнозування аероалергенної ситуації.

**Анализ результатов прогнозирования количества пыльцы амброзии в воздухе города Запорожье на основании данных 10-летнего мониторинга. Малеева А.Ю., Приходько А.Б., Емец Т.И.** В статье проанализированы результаты прогнозирования уровня пыльцы амброзии в воздухе г. Запорожья с использованием данных, которые получены в ходе проведения 10-летнего мониторинга. Установлено совпадение в большинстве случаев резкого обострения аэроаллергенной ситуации. Доказана целесообразность использования Android виджета больными поллинозом для улучшения профилактики и предотвращения обострений болезни. *Ключевые слова:* пыльца, амброзия, мониторинг, прогнозирование аэроаллергенной ситуации.

**Analysis of ambrosia pollen amount forecasting results in the air of Zaporozhye city based on 10-years data. Maleeva G., Prykhodko O., Yemets T.** The results of ambrosia pollen forecasting in the air of Zaporozhye using data obtained during the 10-year monitoring were analyzed. A coincidence has been established in most cases of an acute intensification of the aeroallergenic situation. The expediency of Android widget usage by patients with hay fever has been proven to improve the prevention of the disease. *Key words:* pollen, ambrosia, monitoring, forecasting of aeroallergenic situation.

**Постановка проблеми.** За останні 30 років поширеність різноманітних алергічних реакцій і бронхіальної астми, що викликаються пилом анемофільних рослин, особливо амброзією, зросла в 4 рази і становить 15–40% серед населення Європи. Згідно з результатами досліджень, які проведено ЕФА (Європейською федерацією алергії та асоціацією пацієнтів із захворюваннями дихальних шляхів), на алергію страждає приблизно 80 мільйонів дорослих європейців, що становить 24,4%, а серед дітей цей рівень сягає 30–40% і має подальшу тенденцію до зростання [1]. Проблема поширення хронічних респіраторних захворювань є досить складною саме тому, що для її розв'язання необхідно враховувати безліч факторів, які здатні впливати на цей процес. Не останню роль у прогресуванні розвитку алергічних реакцій на пилок анемофільних рослин відіграє забруднення атмосферного повітря різноманітними хімічними речовинами, промисловими викидами й аерозолями [2]. Метеорологічні фактори та зміна клімату також здатні призводити до зміни фенологічних особливостей анемофільних рослин: початок цвітіння може наставати раніше очікуваних термінів, а сама палінація буде тривати значно довше. Такі зміни, у свою чергу, можуть призводити до зростання продукції пилку та збільшення його концентрації в повітрі [3].

Актуальність дослідження полягає в тому, що останніми роками дедалі гостріше постає питання контролю факторів сезонної алергії та розробки низки профілактичних заходів, що дадуть змогу попередити населення через систему алергопрогнозів про ризик виникнення полінозу. Основним методом профілактики алергії є уникання контакту з алергеном, а кількість пилку в атмосферному повітрі в період цвітіння амброзії може значно змінюватись під впливом метеоумов. Для коректного та більш точного прогнозування аероалергенної ситуації, яка викликається пилом амброзії, необхідно враховувати не тільки дані аеропалінологічних спостережень, які систематично проводяться на певній території, а ще й закономірності впливу різних метеорологічних чинників на зміну кількості пилових зерен в атмосферному повітрі [4].

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Сьогодні цікавість до прогнозування аероалергенної ситуації значно посилюється, оскільки багато людей мають ті чи інші прояви сенсibiliзації та бажають отримати достовірну інформацію щодо палінації амброзії на найближчі дні. Значну роль у цьому відіграють світові аеробіологічні мережі. Так, наприклад, EAN (European Aeroallergen Network) є частиною світової алергенної асоціації, де зареєстровано більше

ніж 38 країн і 686 міст. На сайт EAN завантажують інформацію про кількість пилку анемофільних рослин і спор пліснявих грибів у повітрі, яку отримують в процесі проведення аеромоніторингу. На основі завантажених результатів проводиться прогнозування зміни кількості цих аероалергенів в атмосферному повітрі. Іншою відомою мережею, що спрямована на моніторинг, аналіз і прогнозування майбутньої аероалергенної ситуації, є RNSA (Франція). Завдяки досить розгалуженій мережі, великій кількості станцій є змога спрогнозувати ситуацію як для окремого міста, так і для цілого регіону.

Усе більшого розвитку й поширення натеper також набуває інша система персонального інформування людей, які мають сенсibilізацію до пилку як амброзії, так й інших видів рослин і спор пліснявих грибів. Таку систему інформування можна завантажити на смартфон чи інший гаджет. Зрозумілий інтерфейс дасть змогу вносити свої симптоми, обираючи саме той алерген (або алергени), до якого користувач має сенсibilізацію. У мобільному додатку є інформація про алергени (пилки і 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.

Для покращення системи аероалергенного прогнозування існує «Європейський щоденник палінації», який можна знайти за адресою [www.pollendiary.com](http://www.pollendiary.com). На цьому сайті люди з алергічними реакціями записують свої симптоми, викликані пилком у режимі он-лайн. Щоденник дає можливість фіксувати симптоми, що виникають під впливом алергенів (окремо для органів дихання, очей і носу). Існує так званий «рівень дискомфорту» з градацією від 0 до 3 (симптоми відсутні, середнього ступеня, сильний дискомфорт). Симптоми документуються та порівнюються з концентрацією пилку анемофільних рослин у повітрі. Фармацевтичні організації використовують ці дані, розміщують їх на своїх веб-сторінках і можуть передбачити завчасно, які медикаменти треба замовити та в яких обсягах [5].

Незважаючи на значний розвиток систем прогнозування та аеробіологічного моніторингу, потребують вирішення проблеми таких досліджень на окремих територіях або в певних регіонах з урахуванням особливостей палінації та клімато-географічних характеристик цих місцевостей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останніми роками багато науковців присвячувало 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 й екзогенної природи. До того ж встановлено тісний взаємозв'язок між питаннями та пробле-

мами аеробіології й біометрології, адже аеробіологія вивчає різноманіття, поведінку та рух органічних часток, які пасивно транспортуються в атмосфері, а біометрологія займається проблемами взаємодій між атмосферним середовищем і живими організмами [6].

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 [7].

У традиційних моделях, які базуються на спостереженнях, використовують численні методи для знаходження залежності між анемофільним пилком або фенологічними спостереженнями й однією чи більше змінною, що можна виміряти або передбачити. В основному так знаходять залежність між концентрацією пилку в повітрі та метеорологічними умовами в певний день. Так, наприклад, за таким принципом *M. Laaidi* побудовано регресійну модель, а *S. Fernández-Rodríguez* розроблено модель часових серій. Головним недоліком таких моделей є те, що вони розроблені для конкретної місцевості й не можуть бути застосованими в інших регіонах [8; 9].

Схоже дослідження для попередження початку сезону палінації з використанням даних, отриманих у ході проведення 26-річного моніторингу, проводили в Турині (Північна Італія). Визначено, що порівняно з вільхою, кленом, грабом, платаном, горіхом і каштаном початок палінації амброзії та полину менше залежить від комбінації метеофакторів у цей момент. Також для більшості вищезазначених рослин доведено залежність між початком сезону палінації й весняним потеплінням. Установлено, 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 урахування факторів навколишнього середовища й метеорологічних умов для побудови аеробіологічних прогнозів [10].

*R. Albertini* і співавтори провели аналіз розповсюдження пилку амброзії на території Парми в період з 1996 по 2015 роки. Вони підраховали кореляцію між сезоном палінації та обраними метеорологічними умовами. У 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 більша, 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 і середньорічних показників. Статистичний аналіз для оцінювання типу роз-

поділу пилку амброзії проводився з використанням тестів Колмогорова-Смирнова, Шапіро-Уїлка, а для визначення зв'язків між зміною концентрації пилку в повітрі та метеорологічними умовами в часі використано простий лінійний регресійний аналіз [11].

Схожі дослідження проведено у Брюсселі. Для дослідження впливу середньорічної температури, сонячного випромінювання та сезонних опадів на процес палінації деяких анемофільних трав'янистих рослин і дерев використовували дані, отримані в ході проведення моніторингових спостережень за останні 40 років. Зв'язок між концентрацією пилок зерен і метеорологічними умовами оцінювали за допомогою коефіцієнта кореляції Спірмана та Шапіро-Уїлка. Установлено, що концентрація пилку в повітрі для досліджуваних видів залежить від загальної тенденції зростання температури та збільшення кількості сонячного випромінювання і зворотно пов'язана з відносною вологістю й кількістю опадів [3].

Для території України таких досліджень проведено дуже мало, тому питання контролю за сезонними особливостями палінації рослин залишається відкритим. Для підвищення ефективності профілактики сезонної лихоманки в Україні В. Родінкова та співавтори представили дані щодо сезонних змін концентрації пилку й факторів, які є можливими причинами цих варіацій на прикладі м. Вінниці. У ході проведення моніторингових спостережень з використанням гравіметричного методу та пастки Хірста ними встановлено, що пікові концентрації пилку вільхи й 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 в повітрі раніше, ніж зазвичай, і призводить до подовження термінів її цвітіння. З іншого боку, сильна посуха може суттєво зменшити концентрацію пилку амброзії [12].

Також багатьма науковцями доведено, що атмосферний транспорт пилку на далекі дистанції може провокувати появу високої концентрації пилок зерен у повітрі та змінювати такі характеристики сезону палінації, як початок і тривалість пилкування [13; 14; 15]. Такі випадки атмосферного транспорту не можуть бути передбаченими з використанням локальних чи регіональних спостережень. Це наводить науковців на думку, що прогнозування має розроблятися на континентальному рівні з урахуванням біологічних і метеорологічних механізмів, що контролюють продукування та подальше розповсюдження пилку в атмосфері. Із цією метою для дослідження розповсюдження пилку берези М. Sofiev і співавтори розробили та презентували систему

інтегрованого моделювання атмосферного складу – SILAM [16].

Пізніше за допомогою цієї моделі проведено просторово-часове моделювання сезону палінації амброзії та аналіз термінів викиду пилок зерен в атмосферне повітря. Для визначення часу початку цвітіння використано поняття «бідень» – це комбінація впливу температури й фотоперіоду на швидкість розвитку амброзії. Отже, доведено, що період спокою насіння цієї рослини припиняється тоді, коли денна температура повітря стабільно тримається вище за 7,5 °С, але вегетація настає не раніше весняного рівнодення, адже світло також є важливим фактором для росту амброзії. Крім того, з використанням системи SILAM встановлено, що забруднена пилом амброзії місцевість корелює з найбільш зараженими цією карантинною рослиною територіями України, Паннонської рівнини, деякими регіонами Франції та Північної Італії. Але через дальній транспорт та аеродинамічні характеристики 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, Піреней. Також його розповсюдження чітко контролюється напрямком вітру, тому, як результат, територія Східної України вважається більш зараженою, ніж її північна частина [17].

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 у ході аналізу даних землекористування, моніторингу щорічної кількості пилку з урахуванням локальних особливостей розповсюдження видів анемофільних рослин для певної території [18].

Багато науковців наголошує, що для покращення профілактики алергічних реакцій серед населення необхідно мати чітке уявлення про початок і тривалість сезону палінації кожного виду потенційно небезпечних анемофільних рослин. Альтернативою прогнозування у звичному розумінні є епідеміологічний моніторинг у режимі реального часу, що може бути забезпечений програмою Google trends. Цей веб-інструмент здатний підсумовувати й аналізувати пошукові тенденції запитів у мережі Інтернет. З його допомогою проаналізовано дані запитів у пошуковій системі Гугл щодо ринітів, алергії та пилку амброзії в Європі й 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 різними мовами терміна «амброзія» без урахування інших слів-синонімів і порівняння сезонності запитів у країнах Європи та Північної Америки.

Завдяки проведеному аналізу встановлено причини зростання кількості пошукових запитів стосовно алергічних реакцій на пилок амброзії та порівняно з етапами її палінації. Також виявлено низку особливостей для таких країн, як Австрія, Канада, Франція, Угорщина, Росія та США [19].

Для інформування пацієнтів, які страждають на алергічні реакції, що викликаються пилом анемофільних рослин, досить часто застосовуються так звані пилові календарі палінації. Вони будувались із використанням різноманітних методів і параметрів і мали успіх уже із самого початку проведення моніторингових спостережень у країнах Європи. Натепер завдяки більш довготривалим спостереженням і сучасним технологіям є змога більш точно проводити облік пилку. Під час розробки нових пилових календарів для Швейцарії користувались даними аероалергенного прогнозування й моніторингу. Нові календарі здатні генеруватися автоматично, постійно оновлюватися та інформувати щодо концентрації конкретного виду пилку в повітрі як окремі регіони, так і цілу країну. Аналіз базується на середніх щоденних концентраціях пилку 15 видів рослин за останні 20 років, які отримано з 14 ділянок аеробіологічного моніторингу на території Швейцарії. Довготривалий і безперервний аеромоніторинг дає змогу з високою вірогідністю передбачити кількісний показник щоденних концентрацій пилку в повітрі, але в побудові таких пилових календарів не враховується зміна метеорологічних умов та інші екзогенні фактори впливу [20].

Ще однією спробою застосування автоматизованого і простого способу вимірювання кількості анемофільного пилку є розробка девайсу й алгоритму моніторингу з використанням лазерної оптики. Для аналізу переміщення та розсіювання пилку використовували пристрій, що може вимірювати інтенсивність розсіювання лазерного випромінювання перед частками, які знаходяться в атмосферному повітрі. Для підтвердження достовірності отриманих результатів їх порівнювали з даними,

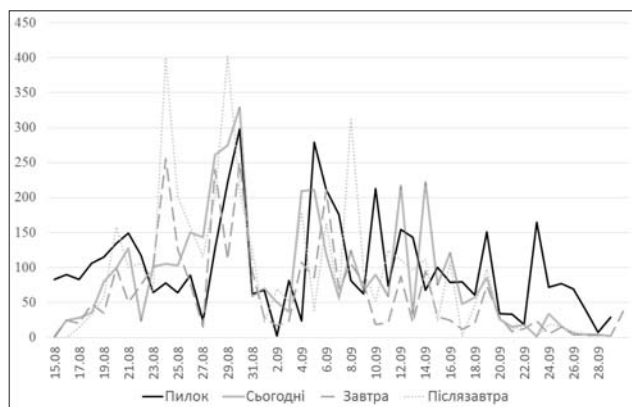


Рис. 1. Кількість пилку амброзії в атмосфері та прогноз на три дні по м. Запоріжжю в період цвітіння амброзії (15.08.–30.09.2017)

отриманими за допомогою стандартного підрахунку з використанням пастки Хірста. Загалом 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 пилових зерен в атмосферному повітрі [21].

Аналіз попередніх публікацій виявив, що у прогнозуванні загалом, а в дослідженні кількості пилку амброзії в повітрі зокрема залишаються недостатньо вивченими саме зміни кількості пилку з урахуванням збільшення або зменшення впливу метеорологічних умов. До того ж такого роду дослідження не проводились для м. Запоріжжя ніколи раніше.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття.** Незважаючи на досить різноманітні методи прогнозування аероалергенної ситуації, яка викликається пилом амброзії, результати можуть значно відрізнятися для певної території або країни. До того ж залишається недостатньо дослідженим той факт, що кількість пилку амброзії в конкретні дні може значно відрізнятися від середніх показників під дією різних факторів погоди, при цьому достовірної кореляції між рівнем пилку та інтенсивністю окремих факторів не виявлено жодним із авторів.

**Новизна** наукового дослідження – пропозиція враховувати під час прогнозування кількості пилку амброзії в атмосферному повітрі не показник метеорологічних факторів у конкретний день, а саме зміну погодних умов, а розробка алгоритму дасть змогу відійти від суб'єктивного аналізу аероалергенної ситуації та розраховувати більш точний і достовірний алергопрогноз на основі прогнозу погоди.

Методи дослідження: аеробіологічний, палінологічний, статистичний та аналітичний методи.

**Виклад основного матеріалу.** З 2006 року на кафедрі медичної біології, паразитології та генетики Запорізького державного медичного університету проводиться моніторинг аероалергенної ситуації, завдяки якому накопичено матеріал, що дав змогу виявити деякі закономірності розподілу пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Запоріжжя по днях палінації та запропонувати метод прогнозування кількості пилку в атмосферному повітрі, що засновується на прогнозі погоди. Аналіз метеорологічних умов дав можливість розробити алгоритм прогнозування [22] і створити віджет для Android, який можна встановити на смартфон [23]. Моніторинг здійснювали за допомогою волнометричної пастки, прототипом якої була пастка Хірста. Отримані щоденні зразки фарбували й аналізували під світловим мікроскопом зі збільшенням  $\times 400$ . Результати спостережень обробляли за допомогою пакету «STATISTICA 10 StatSoft Inc.» та «Excel». Для аналізу використовували дані архіву погоди метеостанції WMO 34601. Прогнозування кількості пилку здійснювали на основі даних прогнозу погоди

з відкритого джерела <https://openweathermap.org/>. Результати прогнозу на три дні та кількість пилку представлена на рисунку 1. Кореляція між прогнозом і кількістю пилку, яка спостерігалася, становить таке: прогноз на післязавтра – 0,27; на завтра – 0,45; сьогодні – 0,53. Ураховуючи те, що вірогідність нашого прогнозу помножена на вірогідність прогнозу погоди, одержаний результат можна вважати задовільним. Розглянемо детальніше. Практично всі різкі підвищення концентрації пилку передбачені. Різниця прогнозу за три, два й один день є наслідком зміни показників прогнозу погоди. Так, на 24.08 за три дні прогнозувалися несприятливі погодні умови (відповідно, наш прогноз 400), але за два дні прогноз покращено (наш прогноз упав до 250), але 24.08 не спостерігалися несприятливі метеоумови, що відобразилося в прогнозі на день і відповідало кількості пилку. Потужний циклон з дощами прогнозовано зменшив кількість пилку в період з 31.08

по 04.09. Рух циклону був відомий за тиждень, тому вдалося передбачити підвищення концентрації пилку 28–29.08 і 05–06.09.

Але є суттєві розбіжності: модель прогнозу заснована на нормальному розподілі, константи якого розраховані на підставі 10-річного спостереження, але зараз ми спостерігаємо зміни: цвітіння починається раніше і триває довше, що потрібно врахувати.

**Головні висновки.** У ході проведення спостережень за кількістю пилку амброзії в атмосферному повітрі та аналізування показників алергопрогнозу на основі запропонованого алгоритму виявлено збіг у більшості випадків різкого загострення аероалергенної ситуації, тому використання віджету хворими на поліноз дасть змогу своєчасно реагувати, що покращить профілактику й допоможе уникнути загострень хвороби. Водночас необхідно корегувати константи у формулах розрахунків прогнозу у зв'язку зі змінами кліматичних умов.

### Література

1. Laatikainen T., von Hertzen L., Koskinen J.-P. Makela M.J., Jousilahti P., Kosunen T.U., Vlasoff T., Ahlstrom M., Vartiainen E., Haahtela T. Allergy gap between Finnish and Russian Karelia on increase. 2011. *Allergy*. Vol. 66. P. 886–892.
2. Sofiev M., Berger U., Prank M., Vira J., Arteta J. et. al. MACC regional multi-model ensemble simulations of birch pollen dispersion in Europe. 2015. *Atmos. Chem. Phys.* Vol. 15. P. 8115–8130. doi:10.5194/acp-15-8115-2015.
3. Bruffaerts N., De Smedt T., Delcloo A., Simons K., Hoesbeke L. et. al. Comparative long-term trend analysis of daily weather conditions with daily pollen concentrations in Brussels, Belgium. 2018. *Int J Biometeorol.* Vol. 62. P. 483–491. doi: 10.1007/s00484-017-1457-3.
4. Малеєва 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 (17). С. 4–8. doi:10.15587/2519-8025.2017.108987.
5. Спосіб щодобового прогнозування аеропалінологічної ситуації: пат. Україна: МПК G01N 1/22 (2006.01), G01N 5/00 № 115954; заявл. 13.02.2017; опубл. 25.07.2017, Бюл. № 1. 6 с.
6. Beggs P.J., Šikoparija B., Smith M. Aerobiology in the International Journal of Biometeorology, 1957–2017. *Int J Biometeorol.* 2017. № 61. P. 51–58.
7. Scheifinger H., Belmonte J., Buters J., Celenk S., Damialis A., Dechamp C., García-Mozo H., Gehrig R., Grewling L., Halley J.M., Hogda K-A., Jäger S., Karatzas K., Karlsen S-R., Koch E., Pauling A., Peel R., Sikoparija B., Smith M., Galán-Soldevilla C., Thibaudon M., Vokou D., de Weger L.A. Monitoring, modelling and forecasting of the pollen season. In: Sofiev M, Bergmann K-C (eds) *Allergenic pollen: a review of the production, release, distribution and health impacts*. 2013. Springer, Dordrecht. P. 71–126.
8. Laaidi M., Thibaudon M., Besancenot J-P. Two statistical approaches to forecasting the start and duration of the pollen season of Ambrosia in the area of Lyon (France). 2003. *Int J Biometeorol.* Vol. 48 (2). P. 65–73.
9. 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). 2016. *Int J Biometeorol.* Vol. 60(10). P. 1509–1517.
10. Siniscalco C., Caramiello R., Migliavacca M. et al. Models to predict the start of the airborne pollen season. 2015. *Int J Biometeorol.* Vol. 59, Issue 7. P.837–848.
11. 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. 2017. *Ann Ig.* Vol. 29. P. 515–528. doi:10.7416/ai.2017.2182
12. 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.
13. Matyasovszky I., Makra L., Tusnady G., Csepe Z., Nyul L. G., Chapman D. S. et. al. Biogeographical drivers of ragweed pollen concentrations in Europe. 2017. *Theoretical and Applied Climatology*, 1–19. doi: 10.1007/s00704-017-2184-8.
14. 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. 2016. *Agricultural and Forest Meteorology.* Vol. 221. P. 94–110.
15. Sofiev M., Siljamo P., Matyasovszky I., Makra L., Tusnady G., Csepe Z., Nyul L.G., Chapman D.S. et. al. Biogeographical drivers of ragweed pollen concentrations in Europe. 2017. *Theoretical and Applied Climatology*, 1–19. doi: 10.1007/s00704-017-2184-8.
16. Ranta H., Linkosalo T., Jaeger S., Rasmussen A., Rantio-Lehtimäki A., Severova E., Kukkonen J. A numerical model of birch pollen emission and dispersion in the atmosphere. Description of the emission module. 2013. *Int J Biometeorol.* Vol. 57 (1). P. 45–58.

17. Prank M., Chapman D.S., Bullock J.M., Belmonte J., Berger U., Dahl A., Jäger S., Kovtunen I., Magyar D., Niemelä S., Rantio-Lehtimäki A., Rodinkova V., Sauliene I., Severova E., Sikoparija B., Sofiev M. An operational model for forecasting ragweed pollen release and dispersion in Europe. 2013. *Agricultural and Forest Meteorology*. Vol. 182–183. P. 43–53.
18. Karrer G., Skjøth C.A., Šikoparija B., Smith M., Berger U., Essl F. Ragweed (*Ambrosia*) pollen source inventory for Austria. 2015. *Sci Total Environ*. Vol. 523. P. 120–128.
19. 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. 2018. *Int Arch Allergy Immunol* Bousquet et al. P. 1–8. doi: 10.1159/000488391.
20. Gehrig R., Maurer F., Schwierz C. Designing new automatically generated pollen calendars for the public in Switzerland. 2018. *Aerobiologia*. Vol. 34, Issue 3. P. 349–362. <https://doi.org/10.1007/s10453-018-9518-6>.
21. 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>.
22. 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.
23. 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. 26.01.2018. Бюл. № 47.