

В. САВИЦЬКИЙ

НЕБЕЗПЕЧНІ ІММІГРАНТИ**Вплив біополютантів Зони відчуження ЧАЕС
на екологічну ситуацію за її межами**

Упродовж останніх років актуалізуються дослідження з проблеми забруднення атмосферного повітря. Особлива увага приділяється вивченню впливу мікрочастинок біологічного походження (біополютантів), які поширюються з екологічно небезпечних територій на значні відстані (до 1000 км). Встановлено, що саме різноманітні забруднення атмосфери біологічного походження є основними факторами, які спричиняють масові захворювання людини, епізоотії, фітопатогенні процеси тощо. На жаль, за останні двадцять років кількість таких захворювань подвоїлася. Тенденції до підвищення темпів сезонного забруднення атмосферного повітря особливо небезпечні для населення, що мешкає на територіях, прилеглих до Зони відчуження Чорнобильської АЕС.

Біозабруднення атмосфери — додаткове навантаження на екосистеми — починає відігравати провідну роль у виникненні низки нових екологічних проблем. Для запобігання негативним наслідкам зміни навколишнього природного середовища та мінімізації впливу забруднень повітря необхідні спеціальні аеробіологічні дослідження, розробка нормативів вмісту забруднювальних речовин в атмосфері. Від розв'язання цієї проблеми залежить як рівень біобезпеки населення, так і прогнозування виникнення надзвичайних екологічних ситуацій. На жаль, в Україні цим питанням досі не приділялася належна увага.

У країнах Заходу існують різні підходи до стандартизації абсолютних величин вмісту компонентів біологічного забруднення атмосфери. Там нормативні показники періодично переглядаються за результатами останніх досліджень у галузі фундаментальної аеробіології, імунології, токсикології тощо.

Серед основних біополютантів найбільше впливають на навколишнє природне середовище пилок квіткових рослин та спори пліснявих грибів. Так, щороку наприкінці літа алергенний пилок амброзії стає ледь не стихійним лихом для мешканців Запорізької та сусідніх областей. Тому актуальним для України є створення системи контролю в

© САВИЦЬКИЙ Володимир Дмитрович. Кандидат біологічних наук. Старший науковий співробітник Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (Київ). 2005.

атмосферному повітрі пилку алергенних рослин з урахуванням виносу за межі Зони відчуження великої кількості забруднених біополютантів. У багатьох державах нині функціонують станції аеробіологічного моніторингу, їхня кількість стрімко зростає і в Європі.

За даними на 1 січня 2001 року системи аеробіологічного моніторингу окремих країн охоплюють понад 80 станцій (табл. 1). Загальна ж кількість таких станцій у світі сьогодні перевищує 500.

Більшість європейських аеробіологічних станцій об'єднана у загальноєвропейську інформаційну систему контролю пилку (European Pollen Information (EPI), яка охоплює більшість країн Європи — від Португалії до Естонії.

В Україні на базі Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України протягом кількох років велися пошукові дослідження складу і динаміки накопичення в атмосферному повітрі найнебезпечніших

біополютантів. Прикро, що тепер ці дослідження тимчасово призупинені через відсутність фінансування.

Попередні дані одержані нами з кількох тимчасових станцій та зі стаціонарного посту аеропалінологічного моніторингу, розміщеного в центрі Києва на стандартній висоті 18 м над поверхнею землі (дах Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська, 2). Крім того, використано матеріали, зібрані на території Київської, Черкаської та Чернігівської областей.

Відбір аеропалінологічних проб проводився за гравіметричним і волюметричним методами. Згідно з першим методом використовували чашки Петрі, які з внутрішнього боку покривали тонким шаром гліцерину та розміщували на посту моніторингу протягом доби. Проби обробляли за ацетолізним методом. Препарати досліджували під світловим мікроскопом (Biolar), що дає збільшення у 500 разів. Ідентифікували рослини за пилком із використанням еталонних препаратів, які зберігаються у фондах Паліотеки Інституту ботаніки НАН України. Кількість пилкових зерен підраховували на площі 1 см².

Гравіметричний метод є найбільш доступним та простим у використанні і дає змогу виявити істотний таксономічний склад об'єктів, що містяться у пробах. Однак він має і чималий недолік — неможливо точно визначити кількість алергенного пилку на одиницю об'єму повітря. Тому перевагу ми віддавали волюметричному методу, який є уніфікованим та використовується у більшості країн світу. Дослідження проводилися за допомогою стандартного приладу типу «Буркард». Принцип його роботи полягає у створенні повітряною помпою вимушеного потоку повітря (10 л/хв) і сепарації мікрооб'єктів на поверхні прозорої плівки. Барабан із плівкою рухається зі швидкістю 2 мм за годину.

Таблиця 1. Станції аеробіологічного моніторингу у країнах світу

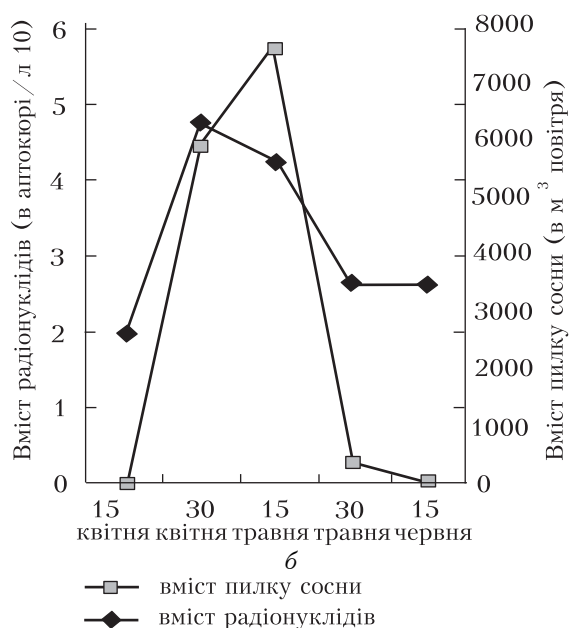
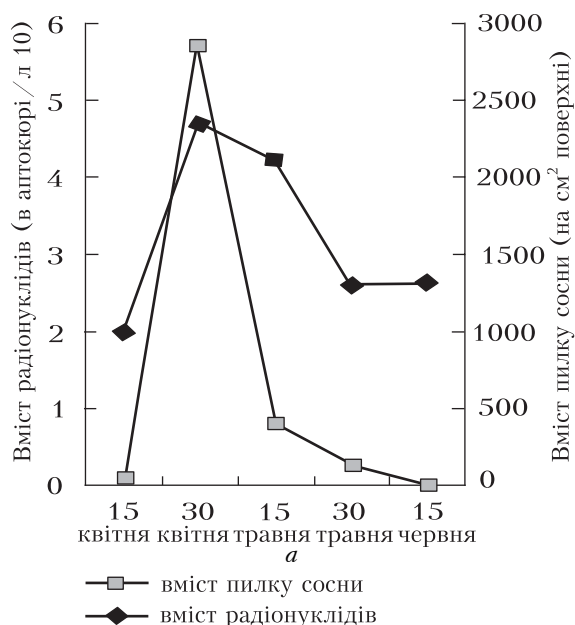
Країна	Кількість станцій	Країна	Кількість станцій
Австрія	34	Ісландія	32
Бельгія	6	Італія	81
Болгарія	1	Канада	3
Швейцарія	18	Нідерланди	2
Чеська Республіка	12	Норвегія	5
Німеччина	80	Польща	5
Данія	3	Португалія	2
Естонія	1	Румунія	1
Ірландія	1	Російська Федерація	2
Іспанія	50	Швеція	13
Фінляндія	8	Словенія	1
Франція	49	Словацька Республіка	5
Велика Британія	31	США	90
Греція	3	Україна	1
Угорщина	17	Югославія	1

Попередні дослідження показали, що в атмосферному повітрі м. Києва періодично підвищується концентрація біологічно небезпечних забруднень. Найвищий вміст біополютантів ми зареєстрували у квітні – травні, липні – серпні та серпні – вересні. Певну частину біополютантів у пробах можуть становити мікрочастинки, що продукуються рослинним покривом Зони відчуження. У разі сильних північних вітрів їхня кількість може досягати дуже великих значень. Однак достатніх даних про поширення біополютантів за межі забруднених територій, їхній склад та вплив на екологічну ситуацію сьогодні немає. За нашими попередніми відомостями можна припустити, що вплив таких біополютантів на екологічну ситуацію м. Києва існує і він має тенденцію до зростання. Тому питання транскордонного перенесення біозабруднень досить актуальні, вони потребують комплексних аеробіологічних і радіоекологічних досліджень.

За рівнями концентрації в атмосферному повітрі та ступенем впливу на екологічну ситуацію ми виокремили групу біополютантів, яка заслуговує на увагу в першу чергу: до них належать пилок сосни (*Pinus sp.*), берези (*Betula sp.*), злакових (*Poaceae*), полину (*Artemisia sp.*) та амброзії (*Ambrosia sp.*). До переліку можна додати інші мікрочастинки, зокрема спори грибів та їхні фрагменти.

Високі показники продуктивності пилку в Зоні відчуження характерні для сосни звичайної. Загальна маса пилку сосни на забрудненій території може досягати сотень тисяч тонн за сезон.

Представники інших таксономічних груп (*Betula sp.*, *Poaceae*, *Artemisia sp.*, *Ambrosia sp.*) також спричиняють значні екологічні навантаження. Відстань, на яку здатний поширюватися пилок рослин за певних метеорологічних умов, може становити 200 – 1000 км. Найбільші відстані



Рівень радіонуклідів у Зоні відчуження та вміст пилку сосни в атмосферному повітрі м. Києва: а – гравіметричний метод, б – волюметричний метод

долає пилок сосни, який має унікальні пристосування до вітрозайлення – повітряні міхури (рисунок) та аеродинамічні характеристики.

Як свідчать результати багаторічного моніторингу повітряного середовища Зони відчуження, діапазон коливань вмісту радіонуклідів досягає чотирьох порядків [1]. На графіках показано, що найбільші значення концентрації деяких радіонуклідів протягом останніх років реєструються на початку травня. Наші аеропалінологічні дані, одержані різними методами (графіки 1, 2), збігаються саме у цей період, коли у повітряному середовищі фіксуються максимальні значення концентрацій пилку сосни [2–6]. Не виключено, що забруднений пилок робить суттєвий внесок у загальне погіршення радіоекологічної ситуації.

Амброзія і полин, пилок яких стає найчастішою причиною полінозів у серпні, у вересні також перебуває у високих (іноді екстремально високих) концентраціях. Така тенденція фіксувалася нами протягом багатьох років аеробіологічних досліджень. Аеробіологічні дані по Києву свідчать, що високі концентрації пилку полину та амброзії реєструвалися із середини серпня до кінця першої декади вересня.

Даних про хімічний склад пилку та спор із забруднених територій ми не маємо. Відомо лише, що оболонка пилку складається із природного біополімеру спорополеніну, який близький до хітину, що міститься у грибах. Здатність більшості грибів накопичувати радіонукліди давно відома. Можна припустити, що пилок рослин із забруднених територій може містити значно вищі концентрації радіонуклідів, аніж інші органи рослин. Алергени містяться у пилку у вигляді складних комплексів білків з вуглеводами або каротиноїдами. Алергенні компоненти пилку складаються з набору великих і малих (за молекулярною вагою) детермінант. Великі алергени у біологічному плані — високоактивні речовини, здатні впливати на імунну систему людей. Вони мають значну ферментативну активність естераз, фосфатаз, дегідрогеназ, карбокси-

пептидаз. Малі алергени характеризуються слабкою здатністю спричинювати імунну відповідь, однак у деяких осіб саме вони зумовлюють більш активну реакцію, ніж великі алергени. Вплив несприятливих екологічних умов, особливо тих, які виникли на території Зони відчуження, на структуру, хімічний склад та патогенні властивості алергенів, вивчений ще недостатньо. Недавно одержані перші дані про істотні порушення у розвитку пилку під впливом факторів, аналогічних тим, які існують у Зоні відчуження [7].

З травня по вересень значних концентрацій у повітрі досягають у м. Києві алергенні спори пліснявих грибів — альтернарії, кладоспоріуму, епікоккуму, які найчастіше спричинюють астматичні реакції. В атмосфері часто реєструється велика кількість спор цих грибів, вони можуть зумовлювати ранні та пізні астматичні симптоми, спори деяких таксонів мають онкогенні властивості. Потрапляння спор грибів у дихальні шляхи, їх накопичення у хворих на алергію часто ініціює алергічний бронхолегеневий мікоз.

Спори грибів поширені практично на всій території Зони відчуження. Здебільшого вони є сапрофітами, їх основне середовище існування — гнилі органічні маси, вологі приміщення, болотисті місцевості, верхня частина перегною, де і розвиваються гриби. Подібні умови дуже поширені у Зоні відчуження, що сприяє високій продуктивності мікобіоти. Цей факт необхідно враховувати, оцінюючи масштаби розповсюдження спор пліснявих та інших грибів за межі Зони відчуження.

Спори грибів активно продукуються протягом усього вегетаційного періоду, найвищі рівні їх концентрацій реєструються періодично і часто непрогнозовано. На стадії спорування вміст спор підвищується у десятки разів, вони постійно викидаються у навколишнє середовище.

З метою аеробіологічного моніторингу та прогнозних оцінок рівня концентрації пилку і спор в атмосферному повітрі Зони відчуження та прилеглих територій необхідно використовувати нормативні показники для кожного типу поллютантів.

Ми провели попереднє визначення нормативних значень для пилку в атмосферному повітрі м. Києва на основі аеропалінологічних даних. Середні показники його концентрації в атмосфері становлять 60 одиниць пилку в 1 кубічному метрі повітря. Ранжування рівнів вмісту біополлютантів проводяться з урахуванням чутливості імунної системи людини до алергенів, що містяться у пилку трав'янистих рослин. Відомо, що перші ознаки алергічних реакцій фіксуються за концентрації біополлютантів у межах 0–30 пилкових зерен на 1 м³ повітря. Кількість людей, у яких спостерігається початкова алергічна реакція за такого рівня біополлютантів в атмосфері, незначна, що відповідає першому, найнижчому, вмісту біополлютантів. Гранична межа першого рівня (30 п.з. на кубічний метр повітря) відповідає 50% вмісту від розрахованого нами середнього значення концентрації біополлютантів для України. Другий рівень — це у межах 30–60 п.з. на кубічний метр повітря, граничне значення якого збігається із середньостатистичною кількістю біополлютантів. Подвійна кількість від середньостатистичного вмісту біополлютантів — 120 пилкових зерен на кубічний метр повітря — визначає межу між третім і четвертим рівнями забруднення ними атмосферного повітря (для пилку трав'янистих рослин).

Таким чином, розрізняють чотири рівні концентрації біополлютантів (кількість пилкових зерен на 1 м³ повітря) у Києві:

- I рівень — 0–30 пилкових зерен;
- II рівень — 30–60;
- III рівень — 60–120;
- IV рівень — 120 і більше пилкових зерен.

Таблиця 2. Стандарти вмісту біополлютантів в атмосферному повітрі, чинні у деяких зарубіжних країнах (кількість пилкових зерен в 1 м³ повітря)

Країна	Рівень концентрації біополлютантів			
	Низький	Середній	Високий	Дуже високий
Велика Британія	<30	30–49	50–149	>150
Канада	0–30	30–100	>100	–
Словаччина	7–70	71–200	201–700	>700
США	>0–5	5–20	20–200	>200

Таблиця 3. Нормативні показники концентрації пилку в атмосферному повітрі України

Біополлютант	Нормативи (кількість пилкових зерен на 1 м ³ повітря)	Оцінка рівня
Пилок рослин	>0–5	Низький
	5–30	Середній
	30–120	Високий
	>120	Дуже високий
Спори пліснявих грибів	>0–900	Низький
	900–2 500	Середній
	2 500–25 000	Високий
	>25 000	Дуже високий

Таблиця 4. Рівні концентрації біополлютантів та оцінка їх впливу на здоров'я людини

Рівень концентрації біополлютантів	Вплив біополлютантів на осіб із різною специфічною чутливістю до пилку і спор
Відсутній	Без симптомів
Низький	Тільки для осіб з екстремально високою чутливістю до пилку та спор
Середній	У багатьох людей, схильних до алергії, з'являються симптоми захворювання
Високий	Більшість осіб із будь-якою чутливістю до цих спор та пилку відчують симптоми алергії
Дуже високий	Майже всі особи з будь-якою чутливістю до пилку та спор відчують симптоми алергії. У гіперчутливих людей можуть виникнути тяжкі наслідки

За нашими та літературними даними, концентрації біополютантів у повітрі, які відповідають показникам першого рівня, характеризують екологічний стан атмосферного повітря як добрий. Другий рівень визначає середню якість атмосферного повітря. Концентрації пилку, що відповідають третьому рівню, оцінюють як небезпечні для певних груп населення. Четвертий рівень вважається загрозливим для більшості мешканців території, особливо поблизу екологічно небезпечних об'єктів.

Порівняймо показники нормативів для біополютантів, що використовуються у різних країнах світу (табл. 2).

На основі даних моніторингу біополютантів у зарубіжних країнах (див. табл. 2) та одержаних нами пропонуємо використовувати такі нормативні показники (стандарти) для моніторингу і запобігання екологічно небезпечним ситуаціям в Україні (табл. 3). Рівні концентрації біополютантів рослинного походження (нормативи) у повітрі визначені як низькі, середні, високі та дуже високі.

За визначеними критеріями необхідно оцінювати і прогнозувати розвиток ситуації, спричиненої забрудненням атмосферного повітря біополютантами у Зоні відчуження ЧАЕС та за її межами. Дані моніторингу мають базуватися на сертифікованих аеропалінологічних дослідженнях. Порівнявши результати зарубіжних аеробіологічних досліджень, які поширюються мережею Internet, з нашими, ми дійшли висновку, що загальний рівень біологічних забруднень атмосферного повітря в Україні має тенденцію до зростання. Вплив комплексу полютантів біологічного і техногенного походження на екологічну ситуацію та здоров'я населення залежить передусім від кількісних показників у межах чотирьох основних рівнів (табл. 4).

Отож, підсумовуємо.

Рослинний покрив на забруднених територіях продукує гігантську кількість біополютантів (пилку та спор), що за певних умов

неконтрольовано поширюються на значні відстані. Разом з тим відбувається транскордонне перенесення екологічно небезпечних речовин.

Попередні аеробіологічні дані засвідчили, що серед значної кількості таксонів найбільше впливають на формування аеробіологічної ситуації у Зоні відчуження та за її межами представники дендрофлори (сосна, береза) і трав'янистих рослин (полин, амброзія, злакові).

Для контролю за ситуацією необхідне вивчення процесів перенесення і формування пилкових дощів. Особливу увагу слід звернути на зміну хімічного складу та морфологічної структури біополютантів.

Деякі характерно змінені морфологічні структури пилку можна використовувати для індикації негативних екологічних процесів, які відбуваються за межами Зони відчуження ЧАЕС.

1. *Деревець В.В., Кіреєв С.І., Ткаченко Ю.В. та ін.* Радіаційний стан зони відчуження в 2003 році // Бюл. еколог. стану Зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. — 2004. — № 1 (23). — С. 6–32.
2. *Savitsky V.D., Bezus'ko L.G., Butich N.G., Tsybaliuk Z.M., Savitska O. V., Bezus'ko T.V.* Airborne pollen in Kiev (Ukraine): gravimetric sampling // *Aerobiologia*. — 1996. — № 12. — P. 209–211.
3. *Савицький В.Д.* Травневі сюрпризи квітучої природи // Швидка допомога. — К., 1999. — С. 16–17.
4. *Савицький В.Д.* Опасные «дозы» цветущей березы // *Зеркало недели*. — 1999. — № 14. — С. 14.
5. *Савицький В.Д., Савицькая Е.В., Воронкова Е.Н.* Аэропаллинологические особенности техногенного загрязнения локалитетов Украины // *Тр. первого междунар. семинара «Пыльца как индикатор состояния окружающей среды и палеоэкологические реконструкции»*. — СПб., 2001. — С. 172–176.
6. *Савицький В.Д., Савицькая Е.В.* Экология и распространение пыльцы аллергенных растений в Украине // *Астма та алергія*. — 2002. — № 2. — С. 17–20.
7. *Дзюба О.Ф., Борейша И.К., Яковлева Т.Л. и др.* Качество пыльцы высших растений и некоторых структур животных организмов в условиях промышленной площадки ЛАЭС и городе Сосновый Бор // *Там само*. — С. 69–79.

В. Савицький

НЕБЕЗПЕЧНІ ІМІГРАНТИ

Вплив біополутантів Зони відчуження ЧАЕС на екологічну ситуацію за її межами

Резюме

Аналізується участь пилку квіткових рослин і спор пліснявих грибів у біологічному забрудненні атмосферного повітря в регіонах України. Обґрунтовується необхідність налагодження в країні досліджень та ефективної служби аеробіологічного моніторингу, особливо на територіях, прилеглих до Зони відчуження ЧАЕС.

V. Savytsky

DANGEROUS IMMIGRANTS

Impact of Chernobyl NPP alienation zone biopollutant on outside ecological situation

Summary

The role of flower plant pollen and fungus spores in biological pollution of atmospheric air in regions of Ukraine is analyzed. Necessity of investigations and efficient service of aerobiological monitoring establishment particularly in the areas bordering to Chernobyl NPP alienation zone is substantiated.

В. ШЕСТОПАЛОВ, Н. МОІСЕЄВА, М. ДРУЖИНА, Г. ЯСЕВИЧ

ЛІКУВАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД ТИПУ «НАФТУСЯ» І МЕТОДИ ЇХ КОНСЕРВАЦІЇ

Понад 250 років Трускавецьке родовище мінеральних вод вважалося єдиним родовищем такого бальнеологічного напрямку. Умови його формування, що були пов'язані з породами, збагаченими органічними речовинами нафтового походження, називали неповторними, а лікувальне начало цих вод тривалий час залишалося нерозгаданою таємницею. Однак більш як тридцятирічні комплексні дослідження мінеральних вод типу «Нафтуса» увінчалися новою концепцією їх формування, що дало змогу відкрити Карпатську та Подільську гідрогеологічні області, багаті на ресурси цих родовищ.

Автори статті доводять, що лікувальні властивості нафтусеподібних вод (віднесених за класифікацією до вод із підвищеним вмістом бальнеологічно активних органічних речовин) зумовлені наявністю органічних сполук, значна частина яких ідентифікована авторами, також визначена їх фізіологічна активність. Ноу-хау дослідників — це, по-перше, простий і нетоксичний спосіб консервування таких мінеральних вод, що дає змогу зберігати їх нативні властивості понад шість місяців. По-друге, відкриття нових бальнеологічних ефектів, зокрема, виведення радіонуклідів. Це робить їх застосування особливо цінним для населення, яке постраждало від наслідків аварії на ЧАЕС та інших екологічних катастроф.

© ШЕСТОПАЛОВ В'ячеслав Михайлович. Академік-секретар Відділення наук про Землю НАН України. Заступник директора Інституту геологічних наук НАН України.

МОІСЕЄВА Надія Петрівна. Кандидат хімічних наук. Старший науковий співробітник цього самого інституту (Київ).

ДРУЖИНА Микола Олександрович. Доктор біологічних наук. Завідувач відділу Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України (Київ).

ЯСЕВИЧ Ганна Петрівна. Кандидат хімічних наук. (Трускавець). 2005.