

УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ КОНТРОЛЮ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**В. М. Ісасенко, С. М. Маджд, В. Ф. Фролов, Т. І. Дмитруха**

Національний авіаційний університет

просп. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, 03680, Україна. E-mail: madzhd@i.ua

Удосконалено спосіб контролю забруднення атмосфери поблизу підприємств цивільної авіації за рахунок оцінки стану проб дощу та снігу. Показано, що запропонований спосіб контролю відноситься до галузі екологічної оцінки довкілля через біотестування атмосферних опадів, як індикаторів забруднення атмосфери, на підставі реакції тест-організмів і може широко використовуватись при проведенні моніторингових досліджень. Знайдені шляхи, що дозволяють забезпечити спрощення проведення контролю атмосфери за допомогою загальноновизнаних в Україні і в міжнародній практиці методів біотестування. Вивчено можливість застосування тест-об'єктів для оцінки стану атмосферних опадів. Представлена методика та наведені результати експериментальних досліджень проб дощу та снігу, відібраних поблизу підприємств з експлуатації та ремонту авіаційної техніки. Встановлено чітку залежність зменшення токсичності проб опадів з віддаленням від джерела забруднення. Визначено, що смертність дафній та пригнічення росту корінців фітотестів також залежить і від терміну часу, впродовж якого опади перебували під дією забруднення.

Ключові слова: біотестування, атмосферне повітря, атмосферні опади.**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА****В. Н. Исаенко, С. М. Маджд, В. Ф. Фролов, Т. И. Дмитруха**

Национальный авиационный университет

просп. Космонавта Комарова, 1, г. Киев, 03680, Украина. E-mail: madzhd@i.ua

Усовершенствован способ контроля загрязнения атмосферы вблизи предприятий гражданской авиации за счет оценки состояния проб дождя и снега. Показано, что предложенный способ контроля относится к отрасли экологической оценки окружающей среды через биотестирование атмосферных осадков, как индикаторов загрязнения атмосферы, на основании реакции тест-организмов и может широко использоваться при проведении мониторинговых исследований. Найдены пути, которые позволяют обеспечить упрощение проведения контроля атмосферы с помощью общепризнанных в Украине и в международной практике методов биотестирования. Изучена возможность применения тестовых объектов для оценки состояния атмосферных осадков. Представлена методика и приведены результаты экспериментальных исследований проб дождя и снега, отобранных вблизи предприятий по эксплуатации и ремонта авиационной техники. Установлена четкая зависимость уменьшения токсичности проб осадков с отдалением от источника загрязнения. Определено, что смертность дафний и угнетение роста корешков фитотестов также зависит и от срока времени, на протяжении которого осадки находились под действием загрязнения.

Ключевые слова: биотестирование, атмосферный воздух, атмосферные осадки.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Сніговий покрив є досить інформативним накопичувачем забруднювачів. Пошаровий аналіз снігового покриву дозволяє отримати динаміку забруднення за зимовий період, а одна проба по товщині покриву дає дані про забруднення за увесь період існування снігового покриву.

Забруднення снігу відбувається в 2 етапи. Перший – це забруднення сніжинок під час їх формування в хмарі і випадання на місцевість – вологе випадання забруднюючих речовин з снігом. Другий – це забруднення снігу, що вже випав у результаті сухого осідання забруднюючих речовин з атмосфери.

При вивченні снігу, як індикатора забруднення атмосферного повітря, важливо враховувати той факт, що з атмосферними опадами випадає тільки 15-20% хімічних елементів, основна ж їх частина осідає у формі сухих аерозолів [1].

Мета роботи – удосконалити спосіб контролю рівня забруднення атмосфери через біотестування атмосферних опадів.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Відомо, що атмосферні опади виступають, як найбільш інформативний індикатор забруднення атмосферного басейну [2–3], однак методи біотестування

для оцінки проб атмосферних опадів раніше не застосовувались.

При проведенні експериментальних досліджень нами розроблено спосіб контролю і дана оцінка стану атмосферних опадів за допомогою методу біотестування. Оскільки, біотестування дає змогу отримати інтегровану інформацію за всією сукупністю факторних (токсичних) агентів, які чинять вплив на тест-об'єкт. Завдяки простоті, оперативності та доступності, біотестування отримало широке визнання у всьому світі.

Запропонований спосіб контролю базується на застосуванні комплексу біотестів для оцінки стану атмосфери через біотестування атмосферних опадів.

В основі поставлена задача удосконалити спосіб контролю забруднення атмосфери через біотестування атмосферних опадів, що дозволяє забезпечити спрощення проведення контролю атмосфери із залученням загальноновизнаних в Україні і в міжнародній практиці методів біотестування.

На сучасному етапі відома велика кількість методів біотестування, але стандартизованих не так вже й багато. В Україні - це тести з прісноводними рибами, гіллястовусими та жаброногими ракоподібними, водоростями, інфузоріями, бактеріями, що світяться [4–5].

Реалізація розробленого способу контролю дає змогу оцінити забруднення атмосфери на підставі даних про токсичність атмосферних опадів, як індикатора забруднення атмосферного повітря.

Перевага розробленого способу оцінки забруднення атмосфери над хімічними дослідженнями полягає у простоті, надійності, економічній ефективності, мінімальних затратах часу (експресності), зручності та високій чутливості.

Оцінювання стану атмосфери на основі характеристики атмосферних опадів досягається за допомогою фізико-хімічних методів: атомно-абсорбційно-спектрального аналізу, хроматографії, іонометрії. Недоліком цих способів є довготривалість, складність проведення, висока собівартість. Результати цих вимірювань дають можливість зробити висновки тільки про вміст хімічних елементів без оцінки їх токсичної дії [1].

Контрольованими параметрами для атмосферних опадів є [2, 3]: рН, азот нітриту, азот нітрату, азот аміаку, фосфор фосфату, сульфат-іони, кальцій, кадмій, свинець, цинк, нікель, хром.

Показник рН визначається стандартним атестованим рН – метром рН–121 згідно ISO 4077–2001 [6]. Визначення загальної мінералізації проводиться згідно з КНД 211.1.4.042–95 [7]. Загальна твердість визначається згідно з ISO 6059 [8]. При визначенні хімічного споживання кисню (ХСК) керуються КНД 211.1.4.021–95 [9]. Біохімічне споживання кисню (БСК₅) визначається за КНД 211.1.4.024–95 [10]. Вимірювання концентрації розчинених ортофосфатів здійснюється згідно МВВ 081/12–0005–01 [11]. Сульфат-іони вимірюються згідно КНД 211.1.4.026–95 [12]. Азот амонійний, нітрит-іони, нітрат-іони визначаються згідно з стандартними методиками [13–15].

Біотестування проб здійснювалось за допомогою стандартизованих піддослідних тест-об'єктів *Daphnia magna*, *Lactuca sativa*, *Allium cepa*.

Розроблений спосіб контролю стану атмосфери через біотестування атмосферних опадів, як індикатора забруднення атмосфери, полягає в наступному. Проби атмосферних опадів у вигляді дощу та снігу (нещодавно випавшого та снігу, що перебував у зоні забруднення 10 днів) піддавались біотестуванню. Основними тест-об'єктами були *Daphnia magna*, *Lactuca sativa* та *Allium cepa*.

Для перевірки токсичності проб на дафніях використовувалась молодь у віці до 24 годин.

У день тестування відокремлювались дорослі самки від молоді. Молодь відбиралась за допомогою піпетки з широким носиком та під час переносу не контактувала з повітрям. Максимальний об'єм при відборі молоді складав 2 мл. Цей об'єм був врахований при розрахунку розведення.

Для кожної проби, що тестувалась, для забезпечення розрахунків LC₅₀ при довірчому інтервалі 95% кількість концентрацій дорівнювала 5.

Методика ґрунтувалась на встановленні різниці між кількістю загиблих дафній у пробах, що тестувались, та у контролі.

Проби дослідних зразків наливались в скляний посуд об'ємом 100 см³. Таким же об'ємом дистильованої води заповнювались контрольні зразки. У кожному з дослідних і контрольних посудин вміщались 10 дафній віком до 24 годин.

Під час біотестування проб дафній не годували, наприкінці досліду візуально підраховували кількість живих тест-об'єктів. Результати спостерігали через 1, 2, 24 і 48 годин. Живими вважались дафнії, які вільно рухались у товщі води або спливали із дна посудини після її легкого струшування. Решта дафній вважались загиблими.

Критерієм токсичності у гострих дослідах була смертність піддослідних організмів, по відношенню до контролю, де ракоподібні знаходилися у звичному для них середовищі існування.

На підставі підрахунку кількості живих дафній у контролі та досліді визначались середні арифметичні, які використовували для розрахунку кількості загиблих дафній у досліді відносно контролю:

$$A = [(X_k - X_d) / X_k] \cdot 100. \quad (1)$$

де А – кількість загиблих дафній у досліді відносно контролю, %; X_к – середнє арифметичне кількості живих дафній у контролі, екземпляри; X_д – середнє арифметичне кількості живих дафній у досліді, екземпляри.

Фітотоксичність проб визначалась за зміною довжини корінців салату посівного (*Lactuca sativa*). Біотест на салаті дає змогу проаналізувати ріст корінців та оцінити ранні стадії розвитку, росту та виживання рослин. Як правило, ріст корінців інгібується при більш низьких концентраціях токсиканту, ніж проростання насінин. Тому цей тест є більш чутливим індикатором забруднення.

Готувались водні розчини зразків (розчинення – 1:1, 1:5, 1:10 і 1:20 в 20 мл об'єму). З метою економії часу проводилось попереднє тестування зразків (10 насінин на один тест), а випробування в повному обсязі – тільки на тих зразках, які пригнічують довжину корінців більше, ніж на 20 % порівняно з контролем.

У кожному чашку Петрі наливалось приблизно 5-7 мл, розведеного зразку або контрольної води, зверху клася фільтрувальний папір в два шари, який був достатньо зволожений, але без надлишку вологи (без води, яка б залишилась не усмоктаною). На ньому розкладались рядами 25 насінин салату (приблизно однакові за розміром, формою та кольором). Потім чашки закривались і встановлювались в темний, вологий термостат при температурі 22±2°C на 120 годин (5 днів).

Після періоду інкубації визначали частку пророслих насінин серед тест-об'єктів і вимірювалась довжина пророслих корінчиків від потовщення до їх кінчиків, мм.

Біотест на токсичність за зміною довжини корінців цибулі звичайної (*Allium cepa*) – легкий і чутливий спосіб для визначення загальної токсичності, виражений в інгібуванні росту корінців.

Критерієм токсичності у фітотесті було інгібування корінців епікальної меристеми по відношенню до контролю та відсоток проростання насіння [16].

За допомогою маленького ножа (або скальпелю), видаляли жовто-коричнюваті зовнішні лусочки і частину коричнюватої плити основи, при цьому залишали кільце кореня неушкодженим. Цибулю, необхідну для досліду, збирали у посуд з водою.

Для кожної концентрації, що досліджувалась та для контролю готували 5 дослідних пробірок у штативі. Пробірки заповнювали досліджуваними зразками – 5 пробірок для кожної концентрації та контролю.

Усі цибулини з посуду розміщували на м'який папір і злегка підсушували. По одній цибулині розміщували на верхівку кожної дослідної пробірки таким чином, щоб коренева пластина торкалася рідини в пробірці. Через 24 години робили заміну досліджуваних зразків в контролі і у всіх концентраціях, що тестувались.

Здійснювали заміну рідин в дослідних зразках і контролі після 48 годин (24 год. + 24 год). При невеликих кількостях досліджуваних зразків, заміняли тільки кількість рідини, що випарувалась (0,5-1 мол). Через 72 години за допомогою лінійки вимірювали довжину всіх 5 пучків корінців у кожному зразку. Потім обчислювали середню довжину корінців для кожного зразку проб.

Проби дощу досліджували за допомогою методів біотестування із застосуванням піддослідних тест-об'єктів *Daphnia magna*, *Allium sepa*.

Результати реакції тест-об'єктів у пробах дощової води наведені на рис. 1.

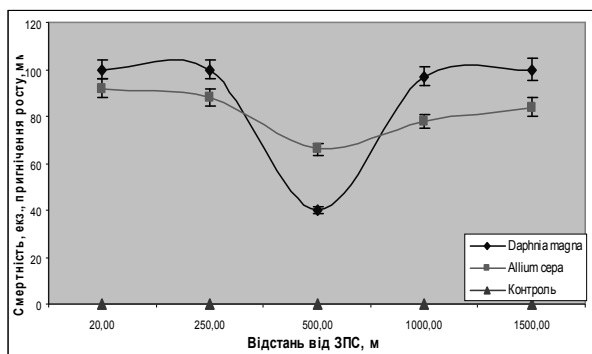


Рисунок 1 – Біотестування проб дощу

На рис. 1 критерієм токсичності було встановлення ефекту пригнічення росту корінців та смертності дафній в дослідних зразках. Тест-об'єкти виявили високу чутливість по відношенню до атмосферних опадів і вказували на їх гостру токсичність.

Чіткої залежності виживання дафній та відсотку проростання корінців з відстанню не виявлено.

Найбільшу небезпеку для функціонування водних екосистем р. Нивка представляють іони важких металів, які є постійними складовими природних водних систем, гідрохімічний стан яких залежить від їх фізико-хімічних та біохімічних властивостей. Результати аналізу реакції тест-об'єктів у пробах снігового покриву (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати біотестування проб снігового покриву $M \pm m$; $n=6$

Відстань, м	Вид проби	Вплив на тест-об'єкти			Висновок про токсичність проби
		<i>Daphnia magna</i> , смертність, 48 год, %	<i>Allium sepa</i> , пригнічення росту корінців, %	<i>Lactuca sativa</i> , пригнічення росту корінців, %	
20	1	60,0±2,3	44,0±1,4	59,0±2,1	Токсична
	2	73,0±2,7	47,5±1,6	71,0±2,7	Токсична
250	1	38,0±1,1	23,0±0,5	42,0±1,3	Токсична
	2	77,0±2,9	19,6±0,4	45,0±1,4	Токсична
500	1	38,0±1,2	19,0±0,3	38,0±1,2	Токсична
	2	62,0±2,0	20,0±0,4	26,0±0,7	Токсична
1000	1	32,0±1,0	13,0±0,1	21,5±0,05	Токсична
	2	27,0±0,9	19,6±0,4	25,0±0,6	Токсична
1500	1	21,0±0,4	10,0±0,1	15,0±0,2	Не токсична
	2	20,0±0,3	14,0±0,1	22,0±0,5	Не токсична
Контроль	1	0,0	0,0	0,0	Не токсична
	2	0,0	0,0	0,0	Не токсична

Примітка: 1 – сніг, що нещодавно випав (1 доба); 2 – старий сніг (10діб). М – середнє значення результатів вимірювань; $\pm m$ – середня похибка; n – кількість відібраних проб

В пробах нещодавно випавшого та старого снігу на відстані 20, 250, 500, 1000, 1500 м від джерела забруднення відсоток смертності дафній вказує на токсичність проб.

Пригнічення росту корінців цибулі звичайної на 44% відмічено у пробах нещодавно випавшого снігу, відібраного на відстані 20 м, а в старого снігу – 47%. В інших пробах пригнічення росту корінців становить менше 25%. Отже, інші проби снігу, на основі реакції *Allium sepa* можна вважати не токсичними.

У салату посівного встановлене пригнічення росту корінців у пробах снігу, взятого на відстані 20, 250 і 500 м від джерела. Інші проби можна вважати не токсичними.

Проаналізувавши реакцію всіх піддослідних організмів, можна стверджувати, що проби нещодавно випавшого та старого снігу, які взяті на відстані 20 м, 250 м, 500 м, 1000 м – є токсичними.

Встановлено чітку залежність зменшення токсичності снігу з віддаленням від джерела забруднення. Визначено, що смертність дафній та пригнічення росту корінців фітотестів залежить також і від терміну часу, впродовж якого сніг перебував під дією забруднення. Так, проби старого снігу були більш токсичні, ніж проби снігу, що відібрані відразу після його випадання.

Паралельно з біотестуванням атмосферних опадів, для підтвердження наявності забруднення експериментальними методами, проводились їх гідрохімічні дослідження.

Хімічний склад опадів є похідним від складу повітря, з яким вони контактують.

Для оцінки ступеню забруднення атмосферних опадів керувались рекомендаціями щодо визначення параметрів атмосферних опадів [16].

Через відсутність нормативів щодо складу атмосферних опадів, фактичні дані про склад атмосферних опадів порівнювались з даними вітчизняних та зарубіжних робіт. Це дало уявлення про приблизну якість атмосферних опадів в різних районах, а особливо в районах з техногенним навантаженням.

Результати гідрохімічних досліджень проб дощової води, відібраних поблизу підприємств цивільної авіації свідчать, що їх значення, близьке до нейтрального (6-8,25). Згідно з даними літературних джерел [1-3] кислі атмосферні опади мають значення $pH < 5,5$.

Змінити іонний склад атмосферних опадів і знизити pH здатні кислі агенти продуктів горіння.

Вміст кальцію і магнію в дощовій воді зумовлено підмарним вимиванням завислих часток антропогенного походження сажі, пилу.

Порівнюючи отримані результати гідрохімічних досліджень проб дощу з результатами робіт [2, 16], встановлено, що дощову воду в зоні впливу авіаприемств можна вважати дуже м'якою, оскільки показник її твердості змінюється в межах 0,5-1,4 мг-екв/дм³.

Відносно високий рівень ХСК (10-35 мгО/дм³) свідчить про наявність у пробах дощу забруднень органічного характеру, що підтверджується біотестуванням. Інформація про дослідження якості атмосферних опадів за даним показником в сучасній літературі відсутня.

Проби дощу піддавались дослідженням на наявність хлоридів, оскільки вони в певних концентраціях є причиною корозійної активності (агресивності) води.

Завдяки високій розчинності хлористих солей хлорид-іони містяться майже у всіх водах, в тому числі і в пробах атмосферних опадів.

У досліджених пробах дощу вміст хлоридів становить 11,6 та 12,7 мг/дм³. В техногенно забруднених районах концентрація хлоридів коливається у діапазоні 0,69-4,4 мг/дм³. Наявність хлоридів в атмосферних опадах автори [16, 17] пов'язують зі спалюванням кам'яного вугілля.

Серед токсичних речовин, що забруднюють атмосферу, одне з перших місць належить сполукам сірки. Щорічно техногенними джерелами в атмосферу викидається біля 100 млн. т газоподібних сполук сірки. При такій оцінці антропогенне надходження сірки в оточуюче середовище в 7 раз перевищує природне. Більшість сульфатів в дощову воду надходять в результаті окиснення газів [2, 17, 18].

Встановлений відносно високий вміст сульфатів сірки (27,3 мг/дм³) в пробах дощу на відстані 500 м. Проте, порівнюючи отримані дані з даними літературних джерел [2, 15, 17], можна стверджувати, що такі концентрації є типовими для дощу. В літературі виявлена концентрація сульфатів на техногенно забруднених територіях в діапазоні 2,4-31,3 мг/дм³.

Проби дощу також досліджувались на визначення азотвмісних речовин (азот амонійний, нітритні і нітратні іони). Дослідження показали, що проби

дощу містять сполуки амонію, нітриту та нітрату. Вміст азоту амонійного коливається в межах 0,42-0,73 мг/дм³, нітратів в межах 0,4-0,8 мг/дм³, а нітриту в діапазоні 0,01-0,05 мг/дм³.

Згідно з даними літературних джерел вміст нітратів в атмосферних опадах складає 2,0-5,0 мг/дм³ [2, 4, 16]. Максимальні значення азоту амонійного (2,0-3,0 мг/дм³) зареєстровано в опадах Дніпропетровської, Миколаївської, Харківської, Херсонської та Черкаської областей. Вміст нітриту в опадах змінювався в межах 0,4-2,5 мг/дм³, з найбільшим вмістом у Волинській, Донецькій, Львівській та Хмельницькій областях [16].

За даними авторів [1, 2, 4] снігові опади містять в 1,5-4,0 рази більше важких металів, ніж дощові при однаковій кількості самих опадів. В результаті випадання снігу концентрація забруднюючих речовин в ньому, зазвичай, на 2-3 порядки вища, ніж в атмосферному повітрі.

Відповідно, вивчення вмісту поллютантів в сніговому покриву дає достовірну інформацію про забруднення повітряного середовища і дозволяє встановити рівень надходжень забруднюючих речовин.

Результати гідрохімічного аналізу проб снігового покриву свідчать, що за показником pH всі проби снігу мають значення, близьке до нейтрального (отримані дані щодо значень pH порівнювались з літературними даними та значеннями умовного контролю).

За ступенем загальної мінералізації (50-180 мг/дм³) проби снігу порівняно зі значеннями умовного контролю та з літературними даними перевищують концентрації, адже загальна мінералізація атмосферних опадів на території України змінюється у межах 7,16-49,76 мг/дм³ [17].

Вміст азоту амонійного коливається в пробах нещодавно випавшого снігу в межах 0,1-0,5 мг/дм³, в пробах старого снігу в межах 0,8-1,6 мг/дм³; нітриту в нещодавно випавшому снігу виявлено 0,01 мг/дм³, а в старому – 0,01-0,03 мг/дм³; нітратів в діапазоні 1,1-1,4 мг/дм³ у пробах нещодавно випавшого снігу і 1,2-1,8 мг/дм³ у пробах старого снігу.

Згідно з даними літературних джерел [3, 17, 19] вміст азотвмісних речовин в пробах снігу є типовим для забруднених атмосферних опадів України.

Сніг по відношенню до умовного контролю можна вважати забрудненим азотом нітратів та амонію в усіх точках відбору і азотом нітриту в пробах старого снігу.

Незважаючи на порівняно невеликі концентрації забруднюючих речовин, виявлених в атмосферних опадах, екологічна небезпека їх впливу існує, якщо враховувати їх сумарну кількість і той факт, що з опадами випадає тільки 15-20% хімічних елементів [1].

ВИСНОВКИ. Запропонований спосіб контролю відноситься до галузі екологічної оцінки довкілля через біотестування атмосферних опадів, як індикаторів забруднення атмосфери, на підставі реакції тест-організмів і може широко використовуватись при проведенні моніторингових досліджень, як в Україні так і в світі Даний спосіб дозволяє забезпе-

чити спрощене проведення контролю атмосфери із залученням загальнонавчаних в Україні і в міжнародній практиці методів біотестування.

Переваги розробленого способу оцінки забруднення атмосфери над хімічними дослідженнями полягають у простоті, надійності, економічній ефективності, мінімальних затратах часу (експресності), зручності та високій чутливості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Волошин І. М. Ландшафтно-екологічні основи моніторингу. Львів: «Простір М», 1999. 356 с.
2. Маджд С. М., Костюк Я. В., Франчук Г. М. Дослідження стану атмосферного повітря в зоні експлуатації авіаційної техніки методом ліхеноіндикації. *Екологічна безпека та природокористування*. 2010. Вип. 6. С. 34–38.
3. Маджд С. М., Франчук Г. М., Гроза В. А. Статистичний аналіз токсичності снігового покриву на територіях поблизу підприємств з експлуатації та ремонту авіаційної техніки. *Наукоємні технології*. 2012. № 3. С. 36–39.
4. Авраменко А. Є. Визначення стану екологічної безпеки поверхневих і підземних вод центральної частини Полтавської області. *Екологічна безпека*. 2014. Вип. 1(17). С. 46–49.
5. Нікіфоров В. В. Біотестування в системі гідро-екологічного моніторингу. *Екологічна безпека*. 2011. Вип. 1(11). С. 31–35.
6. ISO 4077–2001. Якість води. Визначення рН. К.: Системи сертифікації УкрСЕПРО, 2001. 84 с.
7. КНД 211.1.4.042–95. «Гравіметричне визначення сухого залишку (розчинених речовин) в природних та стічних водах». К.: Системи сертифікації УкрСЕПРО, 1995. 64 с.
8. ISO 6059–2003. Якість води. Визначення сумарного вмісту кальцію та магнію. Титриметричний метод. К.: Системи сертифікації УкрСЕПРО, 2003. 75 с.
9. КНД 211.1.4.021–95. «Методика визначення хімічного споживання кисню (ХСК) в природних і стічних водах». К.: Системи сертифікації УкрСЕПРО, 1995. 88 с.
10. КНД 211.1.4.024–95. Методика визначення біохімічного споживання кисню після n днів (БСК) в природних і стічних водах. К.: Системи сертифікації УкрСЕПРО, 1995. 83 с.
11. МВВ 081/12–0005–01. «Методика виконання вимірювань масової концентрації розчинених ортофосфатів фотометричним методом». К.: СИМВОЛ, 2002. 10 с.
12. КНД 211.1.4.026–95. «Методика визначення сульфат-іонів в очищених стічних водах». К.: Системи сертифікації УкрСЕПРО, 1995. 11 с.
13. КНД 211.1.4.030–95. «Методика визначення азоту амонійного в природних та стічних водах». К.: Системи сертифікації УкрСЕПРО, 1995. 78 с.
14. КНД 211.1.4.027–95. «Методика фотометричного визначення нітратів з саліциловою кислотою у поверхневих та біологічно очищених водах». К.: Системи сертифікації УкрСЕПРО, 1995. 76 с.
15. КНД 211.1.4.023–95. «Методика фотометричного визначення нітрит-іонів з реактивом Гріса в поверхневих та очищених стічних водах». К.: Системи сертифікації УкрСЕПРО, 1995. 84 с.
16. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. К.: СИМВОЛ, 2001. 48 с.
17. Руденко С. В. Екологічна безпека техногенно навантажених урбанізованих екосистем. Миколаїв: Стезя, 2007. 135с.
18. Франчук Г. М., Антонов А. М., Маджд С. М., Рахімбердіна Н. В. Моніторинг стану атмосферного повітря зони аеропорту на підставі результатів досліджень атмосферних опадів. *Вісник НАУ*. 2005. № 3. С. 164–167.
19. Франчук Г. М., Кіпніс Л. С., Маджд С. М., Загоруй Я. В. Екологічна оцінка стану довкілля в зоні аеропорту методами біотестування. *Вісник НАУ*. 2006. № 2. С. 114–117.

IMPROVEMENT OF METHOD OF CONTROL OF THE STATE OF ATMOSPHERIC AIR

Isaienko V., Madzhd S., Frolov V., Dmitrykha T.

National Aviation University

prosp. Kosmonavta Komarova, 1, 03680, Kyiv, Ukraine. E-mail: madzhd@i.ua

Purpose. Improvement of the method of controlling the level of atmospheric pollution with biotesting of atmospheric precipitation. **Methods.** The estimation of the state of the atmosphere on the basis of the characteristic of precipitation was carried out by means of physic-chemical methods, namely, atomic absorption-spectral analysis, chromatography, ionometry. The controlled parameters for precipitation were: pH, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, ammonia nitrogen, phosphorus phosphate, sulfate ions, calcium, cadmium, lead, zinc, nickel, chromium. The bioassay method was performed using standardized test subjects *Daphnia magna*, *Lactuca sativa*, *Allium sulfur*. The statistical and mathematical methods were used for analyzing of the experimental studies results. **Results.** The method of atmospheric pollution controlling near civil aviation enterprises with assessment of the state of rain and snow was improved. The possibility of test objects usage for assessment of the state of precipitation was studied. The methodology and results of experimental investigations of rain and snow samples, sampled near the enterprises of the operation and maintenance of aviation technique, are presented. A clear dependence of the decreasing of toxicity of precipitation samples with distance from the source of pollution was established. **Originality.** It is shown that the proposed control method relates to the field of environmental assessment with bio-testing of atmospheric precipitation, as indicators of atmospheric pollution, based on the reaction of test organisms, and can be widely used for monitoring studies, both in Ukraine and in the world. It was determined that the mortality of *Daphnia* and the suppression of the growth of the roots of phytotests also depend on the duration of time during which the precipitation was affected by pollution. **Practical value.** The ways are

found that will allow to simplify the control of the atmosphere with the help of generally accepted biotesting methods in Ukraine and in international practice. The advantages of the developed method for the assessment of atmospheric pollution over chemical research are simplicity, reliability, cost-effectiveness, minimal time (express), convenience and high sensitivity. **Conclusions.** It is established that the proposed method of control relates to the field of environmental assessment with biotestation of atmospheric precipitation, as indicators of atmospheric pollution, based on the reaction of test organisms and can be widely used in monitoring studies, both in Ukraine and in the world. **Key words:** biotesting, atmospheric air, atmospheric precipitation.

REFERENCES

1. Volochin, I. (1998), Landscape-ecological bases of monitoring, Lviv, "Prostir M", 356 p. [in Ukrainian].
2. Madzhd, S., Kostuk, Y., Franchuk, G. (2010), "Research of the state of atmospheric air in the zone of exploitation of aerotechics by the method of lehenindication", *Ecological safety and nature management*, vol. 6, pp. 34–38. [in Ukrainian].
3. Madzhd, S., Franchuk, G., Groza, V. (2012), "Statistical analysis of toxiness of snow-cover on territories near-by enterprises from exploitation and repair of aerotechics", *High Technologies*, vol. 3, pp. 36-39. [in Ukrainian].
4. Avramenko, A. (2014), "Determination of environmental safety of surface and ground water central Poltava region", *Ecological safety*, vol. 1, no. 17, pp. 46-49. [in Ukrainian].
5. Nykyforov, V., Shtrbova, E. (2001), "Biotesting in hydroecological monitoring system", *Ecological safety*, vol. 1, no. 11, pp. 31-35. [in Ukrainian].
6. ISO 4077-2001. Quality of water. Determination of pH, Kyiv, UkrSEPRO, 84 p. [in Ukrainian].
7. KND 211.1.4.042-95. Gravimetrical determination of dry remain (permeates) is in natural and sewer waters, Kyiv, 1995, 64 p. [in Ukrainian].
8. ISO 6059-2003. Quality of water. Determination of total content of calcium and magnesium, Kyiv, UkrSEPRO, 2003, 75 p. [in Ukrainian].
9. KND 211.1.4.021-95. Methodology of determination of chemical consumption of oxygen is in natural and sewer waters, Kyiv, 1995, 88 p. [in Ukrainian].
10. KND 211.1.4.024-95. Methodology of determination of biochemical consumption of oxygen then n days in natural and sewer waters, Kyiv, 1995, 83 p. [in Ukrainian].
11. MVV 081/12–0005–01. Methodology of implementation of measuring of mass concentration of cut-in orthophosphates by a photometric method, Kyiv, Simvol, 2002. 10 p. [in Ukrainian].
12. KND 211.1.4.026-95. Methodology of determination of ions of sulfates is in purified-sewages, Kyiv, 1995. 11 p. [in Ukrainian].
13. KND 211.1.4.030-95. Methodology of determination of nitrogen ammoniacal is in natural and sewer waters, Kyiv, 1995, 78 p. [in Ukrainian].
14. KND 211.1.4.027-95. Methodology of photometric determination of nitrates is with salicylic acid in superficial and biologically cleared waters, Kyiv, 1995, 76 p. [in Ukrainian].
15. KND 211.1.4.023-95. Methodology of photometric determination of ions of nitrites is with the reagent of Grissa in superficial and cleared effluents, Kyiv, 1995. 84 p. [in Ukrainian].
16. Romanenko, B. (2001), Methodology of establishment and use of ecological norms of quality of surface-water of dry land and еcуpaїв of Ukraine, Kyiv, SYMBOL, 48 p. [in Ukrainian].
17. Rudenko, S. (2007), Ecological safety of the technogenic loaded urbanized ecosystems, Mykolaiv, Stezya, 135 p. [in Ukrainian].
18. Franchuk, G., Antonov, A., Madzhd, S., Rachimberdina, N. (2005), "Monitoring of the state of atmospheric air of zone of airport is on the basis of results of researches of atmospheric precipitations", *Proceeding of the National Aviation Univesity*, vol. 3, pp. 164–167. [in Ukrainian].
19. Franchuk, G. Kipnis, L., Madzhd, S., Zagoryi, Y. (2005), "Environmental assessment of the environment in the airport area by biotesting methods ", *Proceeding of the National Aviation University*, vol. 2, pp. 114–117. [in Ukrainian].

Стаття надійшла 16.12.2019.