

О.Л. Коренівська, к.т.н., доц.
Житомирський державний технологічний університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЛАДІВ ДЛЯ АЕРОІОНОТЕРАПІЇ В УМОВАХ ЛІКУВАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ ТА ПРИЛАДУ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЛЕГКИХ АЕРОІОНІВ

Розглянуто питання контролю за продуктивністю медичних апаратів для аероіонотерапії та франклінізації за допомогою розробленого автором методу та пристрою для вимірювання концентрації легких аероіонів. Визначено актуальність роботи, основні аспекти використання аероіонізації в медичній практиці. Проведено експериментальні дослідження за допомогою приладу для аероіонізації та франклінізації АФ-3-1. Визначено зміну концентрації аероіонів від часу генерації, відстані від джерела аероіонів та напруги генерації на приладі. Визначено отримані терапевтичні дози при певних тривалостях процедури аероіонотерапії та напруги генерації. Дано практичні рекомендації з методики проведення процедур аероіонотерапії в умовах лікувальних закладів. Доведено необхідність застосування вимірювальної апаратури для визначення оптимального часу проведення процедури аероіонізації, необхідної відстані від продукуючого електрода до пацієнта для отримання максимального терапевтичного ефекту, що дозволить, в свою чергу, створити таблиці доз та часу впливу для конкретних хвороб.

Ключові слова: аероіони; аероіонотерапія; франклінізація; штучна іонізація повітря; лічильник аероіонів; концентрація легких аероіонів.

Постановка проблеми та її актуальність. Вплив іонізованого повітря на життя біологічних організмів доведено в роботах низки авторів, проведені дослідження фізіологічного [1–3], лікувально-профілактичного [1–3] та гігієнічного аспектів впливу аероіонів [2, 4], результати яких опубліковані у працях А.Л. Чижевського, Л.Л. Васильєва, О.О. Мінха, Ф.Г. Портнова, Г.М. Скоробогатової, В.П. Скіпетрова, Ю.Д. Губернського та інших вчених. Завдяки цим роботам було обґрунтовано оптимальні рівні штучної іонізації повітря для виробничих та побутових приміщень, було вивчено лікувальні механізми дії аероіонів на людину при низці захворювань та визначено профілактичні заходи негативного впливу знижених рівнів концентрації аероіонів у виробничих та побутових приміщеннях [1–4].

Незважаючи на позитивний ефект, застосування аероіонотерапії в сучасній медичній практиці обмежене, це пов'язано з тим, що не оцінено співвідношення між дозою аероіонів та отриманим біологічним ефектом, що обумовлено відсутністю доступних і точних методів та засобів вимірювання кількості утворених аероіонів. Також досі немає апаратури для дозованого продукування необхідної кількості аероіонів, розроблені апарати штучної іонізації повітря не містять каналу контролю за рівнем продуктивності аероіонізатора і не мають у комплекті поставки портативних приладів для вимірювання концентрації аероіонів, які є необхідними для оптимізації методик проведення сеансів аероіонізації, фотоаероіонізації та франклінізації за дозою, часом впливу і відстанню між джерелом аероіонізації та пацієнтом, а також для контролю за продуктивністю даних приладів. Відомі методи вимірювання концентрації аероіонів також є недосконалими та мають значні похибки вимірювань. У зв'язку з цим, не розроблені методики лікування за допомогою аероіонного впливу при конкретних захворюваннях.

Також не встановлено, наскільки змінюється концентрація аероіонів з відстанню від продукуючого електрода, що необхідно для визначення оптимальної відстані від іонізатора до пацієнта. Тому розробка нових та вдосконалення існуючих технологій для профілактики та коригуючої дії на функціональний стан організму є актуальним питанням та прогресивним напрямком досліджень сучасної електроніки.

Аналіз досліджень та публікацій. Родоначальником науки про аероіонізацію є російський вчений А.Л. Чижевський, який першим дослідив процеси, що відбуваються у зоні дії аероіонізатора, розробив конструкцію класичного аероіонізатора, дав обґрунтування вибору параметрів такої конструкції і дослідив вплив штучної іонізації повітря на людей, тварин, рослини та мікроорганізми [1].

Перші дослідження медичного аспекту впливу аероіонізації проводилися у Московській міській клінічній лікарні № 61 на базі кафедр хірургії, неврології та терапії 2-го лікувального факультету Московської медичної Академії імені І.М. Сеченова, на кафедрі внутрішніх хвороб медично-біологічного факультету Російського державного медичного Університету, клінічного науково-дослідного респіраторного центру м. Санкт-Петербургу і показали, що під впливом аероіонотерапії змінюється функціональний стан організму, підвищується його стійкість до несприятливого впливу, стимулюється робота імунної, серцево-судинної, нервової систем, покращується самопочуття, розумова та фізична

працездатність та інше [1]. Також аероіонізація підвищує стійкість організму до дії різних ендо- і екзогенних чинників.

З аналізу літератури можна виділити наступні терапевтичні ефекти практичного застосування аероіонізації в медицині:

1. Систематичне вдихання негативних аероіонів уповільнює старіння та продовжує тривалість життя [1, 2, 9]. А.Л. Чижевський, Л.Л. Васильєв та А.Л. Войнар запропонували електрохімічну теорію омолодження та профілактики старіння [5], яку надалі підтвердили дослідження, проведені у Московському науково-дослідному інституті швидкої допомоги ім. Н.В. Скліфасовського.

2. Аероіони нормалізують дихальний обмін, стан слизової оболонки та артеріальний тиск, попереджають виникнення виразок шлунку та дванадцятипалої кишки, активують імунну систему, мають антистресовий вплив, а також антимікробну та противірусну дію. Спостерігається нормалізація сну, апетиту, знеболююча дія, зниження роздратування, позитивний вплив на нервову систему. Отримані позитивні результати при лікуванні легеневих та інших хвороб: бронхіальна астма, туберкульоз, пневмонія, алергічні реакції, гіпертонія, носові кровотечі, хвороби очей та жіночі хвороби. Було доведено, що захворюваність легеневими хворобами має такий самий період зміни, як і зміна концентрації аероіонів в оточуючому середовищі: при підвищенні концентрації аероіонів в повітрі спостерігається зниження виникнення легеневих хвороб, при зниженні концентрації аероіонів – спостерігається підвищення захворюваності [7]. Аероіони впливають на частоту серцевих скорочень та дихання, рівень цукру в крові, амплітуду електричних потенціалів головного мозку, рівень ферментів крові, рівень фосфору та холестерину, інтенсивність окислювальних реакцій в організмі та інше [2, 4, 5, 20].

3. При постійному використанні аероіонізації спостерігається підвищення розумової та фізичної активності, підвищення м'язової збудливості, знижується накопичення молочної кислоти, стимулюється білковий, вуглеводний та водний обмін, синтез вітамінів, знижується рівень цукру в крові, покращується мікроциркуляція кровообігу [5, 9].

4. Дослідження вагітних показали, що застосування аеротерапії покращує їх стан при виношуванні дитини та стимулює вироблення грудного молока після пологів [1, 5, 9].

5. Пришвидшення виліковання гнійних ран, виразок, лікування шкірних хвороб [9].

Крім цього, було встановлено, що аероіони негативної полярності очищують повітря від пилу та мікроорганізмів [1, 3, 4, 6, 9]. Разом з цим, дослідники встановили, що повітря без вмісту аероіонів призводить до пригнічування усіх функцій організму, виникнення захворювань та швидкої смерті, при чому відбуваються деструктивні зміни в органах та тканинах [1, 5].

Крім медичної практики, можна виділити ще сфери застосування штучної іонізації повітря, де необхідно проводити контроль за рівнем генерованих аероіонів (рис. 1).

Питанням розробки апаратури вимірювання концентрації аероіонів займаються вчені усього світу, на жаль в цьому списку не представлені вчені з України. У вітчизняних публікаціях зустрічаються статті, присвячені гігієнічному значенню аероіонізації [3] або визначенню оптимального розташування аероіонізаторів [1]. Питанням розробки вимірювальних приладів для контролю параметрів штучної аероіонізації або приладів з контролем та керуванням утворенням аероіонів на Україні приділяється дуже мало уваги, відомо лише, що в Донецькому технічному університеті ведеться розробка аспіраційного лічильника аероіонів. Інших публікацій з даної тематики в Україні не виявлено, тому питання є й сьогодні актуальним.



Рис. 1. Основні сфери використання штучної іонізації повітря

Щодо розробки методик проведення процедур аероіотерапії, то в літературі зустрічаються роботи з визначення терапевтичного ефекту впливу легких аероіонів, але в жодній з них не проведено зіставлення часу впливу, дози впливу та отриманого терапевтичного ефекту від цього впливу. **Тому метою даної роботи** є спроба провести розрахунок необхідних часу та доз лікування за допомогою розробленого автором методу та приладу для вимірювання концентрації легких аероіонів [11–14] для отримання вираженого терапевтичного ефекту та надання рекомендації щодо процедури проведення сеансів аероіотерапії в медичній практиці лікувальних закладів.

Викладення основного матеріалу. Для дослідження роботи розроблених методу та приладу, що працюють за методом відкритого колектора, були проведені експериментальні вимірювання на базі фізіотерапевтичного відділення Житомирської обласної клінічної лікарні ім. О.Ф. Гербачевського Житомирської обласної ради. Метою проведення вимірювань стало визначення рівня концентрації аероіонів, які утворюються в зоні роботи апарату для франклінізації та аероіонізації АФ-3-1 при різних дозах випромінювання та доведення необхідності застосування розробленого засобу вимірювання в медичній практиці для контролю за зміною концентрації іонів у зоні іонізації при проведенні процедур аероіотерапії та франклінізації.

Апаратура, що використана для проведення дослідження: апарат франклінізації АФ-3-1, вимірювальний прилад – лічильник аероіонів [11, 13], виконаний у двох варіантах: діапазон вимірювання 1-го приладу 2 – 250 нКл, 2-го приладу – 1000; 2000 нКл. Первинні вимірювальні перетворювачі відрізнялися параметрами об'єму та вхідної ємності: 1-го – куб об'ємом $V = 125 \text{ см}^3$ з вхідною ємністю $C_{вх} = 0,25 \text{ мкФ}$; 2-го – конус об'ємом $V = 2500 \text{ см}^3$ і ємністю $C_{вх} = 0,5 \text{ мкФ}$.

Порядок проведення експерименту: апарат франклінізації та аероіонізації АФ-3-1 встановлюється в робоче положення і ручкою перемикавання режиму роботи послідовно збільшується напруга живлення генеруючого електроду з 5 до 50 кВ. На відстані від генеруючого електроду встановлюється первинний вимірювальний перетворювач лічильника аероіонів і при подачі певної напруги на апарат АФ-3-1 реєструється зміна концентрації аероіонів з часом. Вимірювання були проведені за відсутності та за наявності заземлюючого електроду апарату АФ-3-1. Схему проведення вимірювання наведено на рисунку 2.

У таблицях 1, 2 наведено дані вимірювань для відстаней 30 см та 60 см (відстань у 50–60 см є найбільш оптимальною при використанні потужних аероіонізаторів при дистанційній методиці аероіотерапії) від продукуючого електроду. Дослідження проводилися і для інших відстаней, але на всіх значеннях спостерігалася подібна картина зростання кількості аероіонів з часом генерування та зменшення їх концентрації зі збільшенням відстані від продукуючого електроду.

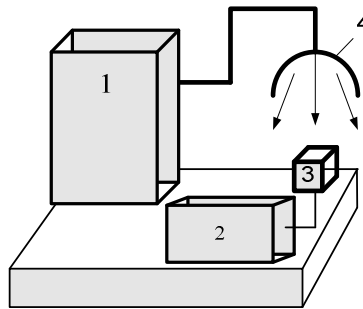


Рис. 2. Схема проведення досліджень на базі апарату АФ-3-1:
1 – апарат франклінізації та аероіонізації АФ-3-1; 2 – лічильник аероіонів;
3 – первинний вимірювальний перетворювач лічильника аероіонів; 4 – продукуючий електрод

Було проведено серію з 10 вимірювань кожного значення концентрації аероіонів та обробку результатів прямих вимірювань за методикою, представленою у [10]. Оскільки похибка вимірювання визначається великою кількістю частинних складових, що мають випадковий характер [10], то закон розподілу похибок вимірювання буде близький до нормального.

Результати обробки показали, що похибка вимірювань не перевищує 0,12–2 % з довірчою імовірністю 0,95 на нижньому та 0,997 на верхньому діапазонах вимірювань.

Таблиця 1

Експериментальні дослідження концентрації легких аероіонів апарату
для франклінізації АФ-3-1 при встановленні генеруючого електроду
на відстані 30 см від об'єкта впливу

Напруга, кВ	Концентрація аероіонів, 10 ⁶ іон/см ³ , відстань 30 см					
	без заземленого ножного електрода			з заземленим ножним електродом		
	15 с	30 с	60 с	15 с	30 с	60 с
5	2,5	7	10	2	4,5	4,5
15	4,25	8	10,5	3,75	7	7
25	6,25	8,75	11,25	6	7,5	10,5
35	7,5	8,75	12,5	7,75	15	15
45	8,75	9,5	12	12	25	25
50	9	11	15	15	30	30

Таблиця 2

Експериментальні дослідження концентрації легких аероіонів апарату для франклізації АФ-3-1 при встановленні генеруючого електрода на відстані 60 см від об'єкта впливу

Напруга, кВ	Концентрація аероіонів, 10 ⁶ іон/см ³							
	без заземленого ножного електрода				з заземленим ножним електродом			
	15 с	30 с	45 с	60 с	15 с	30 с	45 с	60 с
5	2,5	5,25	9	11	1,5	4,75	8	10
10	2,5	5,25	9	12	2	5	8,7	10,5
15	2,5	5	8	10	2	5,25	8,85	11,25
20	2,5	5	9	12	2,5	5,5	9	12,5
25	3	6	8	12,25	2,5	5,5	9	13

При проведених вимірюваннях спостерігалися інші ефекти, а саме при незаземленому ножному електроді: при розташуванні ПВП не на осі продукуючого електрода, починаючи з напруги 10 кВ, спостерігалася зростання концентрації аероіонів до $3 \cdot 10^6$ іон/см³ і деякий час відбувалося коливання концентрації аероіонів на даному встановленому рівні, що можна пояснити зрівноваженням заряду (наявністю однакової кількості рекомбінованих та згенерованих апаратом аероіонів). З подальшим збільшенням часу генерації збільшувалася кількість відбитих іонів і спостерігалася зміна знаку заряду. Цей ефект реєструвався двома вимірювальними приладами, один з яких був розташований на рівні ножного електрода апарату АФ-3-1, інший – на відстані 60 см від продукуючого. Спостерігалася синхронність зміни показів на обох приладах. Зі збільшенням напруги збільшувалася швидкість руху аероіонів та рівень встановлення заряду реєструвався нижчим до $1,5 \cdot 10^6$ іон/см³. Коливання просторового заряду чітко фіксувалися приладами, тобто змінювалися їх покази в той чи інший бік. Це можна пояснити процесом відбиття аероіонів від підлоги та інших поверхонь, що призводить до виникнення потоку аероіонів, спрямованого назустріч основному потоку. Певний час спостерігається рівність процесів рекомбінації та генерації, що і створює незмінність просторового заряду. Подальша генерація аероіонів призводить до збільшення відбитого потоку, що переважає над основним, та до зміни знаку просторового заряду. Зі збільшенням напруги зростає швидкість руху аероіонів та зменшується час пробігу до відбиваючої поверхні, тобто швидше реєструється зміна знаку заряду. Для заземленого ножного електрода такого ефекту не спостерігалася навіть для максимальної напруги. Також на результати вимірювання впливали коливання руху повітря в зоні вимірювань, що створювалися протягами. На відстані 1,3 м другим лічильником аероіонів спостерігалися максимальні покази, які при напрузі 50 кВ склали $4000 \cdot 10^{-15}$ Кл.

Окрім того, вимірювання проведені в реальних умовах лікувального закладу, показали, що потік аероіонів є нестабільним, спостерігається зміна знаку заряду потоку аероіонів, що можна пояснити наявністю пластику, підлоги та інших апаратів і меблів в кімнаті та їх електризацією, надлишком потужності установки, рухом повітря в приміщенні. Особливо слід виділити коливання зміни концентрації аероіонів, які спостерігалися зі збільшеним рухом повітря, який був викликаний протягами, відкриттям та закриттям дверей, рухом пацієнтів та медперсоналу в зоні вимірювань. Виходячи з цього, для отримання максимального терапевтичного ефекту та максимуму впливу на пацієнта можна рекомендувати проведення процедур франклізації та аероіонотерапії в окремих кабінках, де не повинно

бути ніяких сторонніх приладів, сильних конвекційних потоків та оздоблення пластикowymi матеріалами.

Виходячи з отриманих даних, можна розрахувати рекомендовані тривалості проведення процедур аероіонотерапії для апарату АФ-3-1. За необхідну дозу візьмемо біологічну дозу, запропоновану А.Л. Чижевським, яка складає 8 млрд. іон [1]. Для лікування рекомендують використовувати дози в 2–3 рази більші, а в [1] пропонується доза у 20 разів більша. Тривалість проведення процедури можна розрахувати за формулою:

$$T = \frac{D}{N \cdot V \cdot f_{\text{дох}} \cdot 0,75}, \quad (1)$$

де D – терапевтична доза аероіонів; N – концентрація аероіонів; V – дихальний об'єм легень (у нормі 350 мл); $f_{\text{дох}}$ – частота дихання (у нормі 17 вдихів/хв.); 0,75 – коефіцієнт втрати заряду аероіонами в трахеях, бронхах.

Рекомендовані тривалості для апарату АФ-3-1 наведені у таблиці 3.

Розроблений прилад вимірювання концентрації легких аероіонів можна використовувати як самостійний прилад, так і у складі аероіонізатора як окремий вимірювальний канал. Застосування такого приладу або каналу дозволить реалізувати систему керованої аероіонотерапії, що розширить функціональні можливості приладів для аероіонізації, дозволить розробити ефективні методики аероіонотерапії, визначити ефективні біологічні дози при лікуванні конкретних видів захворювань, враховуючи ступінь їх небезпечності. Наразі на базі Житомирської обласної клінічної лікарні ім. О.Ф. Гербачевського Житомирської обласної ради проводяться дослідження зі впливу аероіонізації на швидкість вилікування ран та опіків поранених бійців Житомирської області. Одночасно проводиться розробка системи аероіонотерапії з каналами контролю основних показників функціонального стану організму людини для можливості спостереження за зміною функціонального стану людини під час та після проведення сеансів аероіонізації.

Таблиця 3

Рекомендовані тривалості проведення процедур аероіонотерапії для апарату АФ-3-1 (відстань до об'єкта 60 см)

Доза аероіонів	Напруга генерації, кВ					
	5	15	25	35	45	50
	Концентрація аероіонів за 1 с, 10^6 іон/см ³					
	0,2	0,25	0,4	0,55	0,85	1
Тривалість процедури, хв.						
8	9	7	5	4	2	2
16	18	15	9	7	5	4
24	27	22	14	10	7	6
80	90	72	45	33	21	18
160	180	144	90	66	42	36

Висновки. Апробація розробленого методу та засобу вимірювання концентрації аероіонів на базі лікарні показали необхідність використання вимірювального обладнання при процедурах франклінізації та аероіонізації для визначення оптимальних методик впливу аероіонами для отримання максимального терапевтичного ефекту. Застосування даної апаратури дозволить визначити оптимальний час проведення процедури франклінізації, необхідну відстань від продукуючого електрода до пацієнта для отримання максимального терапевтичного ефекту, дозволить створити таблиці доз та часу впливу для конкретних хвороб.

Можливе застосування розроблених методу та засобу вимірювання в кабінетах озонотерапії та спелеотерапії, для контролю природного фону іонізації в приміщеннях та відкритому просторі, а також для перевірки приміщень на відповідність їх санітарним нормам за аероіонним складом.

Список використаної літератури:

1. *Чижевський А.Л.* Аэроионификация в народном хозяйстве / *А.Л. Чижевский.* – М. : Стройиздат, 1989. – 488 с.
2. *Скипетров В.П.* Аэроионопрофилактика и аэроионотерапия : монография / *В.П. Скипетров.* – Саранск : Средне-Волжск. мат. о-во, 2003. – 48 с.
3. *Аксенова С.В.* Влияние аэроионов кислорода на некоторые показатели гемостаза в норме и при патологии / *С.В. Аксенова* // автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Саранск, 1995. – 16 с.

4. *Лившиц М.Н.* Аэроионификация : Практическое применение / *М.Н. Лившиц.* – М. : Стройиздат, 1990. – 168 с.
5. *Васильев Л.Л.* Теория и практика лечения ионизированным воздухом / *Л.Л. Васильев.* – Л., 1953. – 192 с.
6. *Акіменко В.Я.* Гігієнічні проблеми оптимізації іонізованості повітряного середовища житлових комплексів і громадських будинків / *В.Я. Акіменко, О.В. Коваленко, О.М. Кулішов* // Гігієна населених місць : зб. наук. праць. – К., 2011. – Вип. 57. – С. 244–253.
7. *Мадаев В.В.* Применение аэроионотерапии в комплексном лечении больных хроническим обструктивным бронхитом / *В.В. Мадаев* // автореф. дис. ... канд. медиц. наук. – М., 1992. – 23 с.
8. *Скипетров В.П.* Влияние отрицательных аэроионов кислорода на свертывание крови / *В.П. Скипетров, В.В. Мартынова* // Кардиология. – 1995. – № 4 (35). – С. 64–65.
9. *Мещераков А.Ю.* Медико-биологические аспекты управления физическими характеристиками воздуха на объектах с искусственной средой обитания / *А.Ю. Мещераков, С.Н. Осипов, С.В. Колерский* // Труды Института системного анализа Российской академии наук (ИСА РАН). – 2006. – Т. 19. – С. 182–191.
10. *Кухарчук В.В.* Метрологія та вимірювальна техніка : навч. посібник / *В.Ю. Кучерук, В.П. Долгополов, Л.В. Грумінська.* – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 252 с.
11. *Коренівська О.Л.* Метод та прилад для вимірювання концентрації легких аероіонів в біомедичних дослідженнях / *О.Л. Коренівська* // дис. ... канд. техн. наук. – Вінниця, 2013. – 165 с.
12. Конструктивно-технічні аспекти вимірювання концентрації легких аероіонів методом відкритого колектора // Вісник НТУУ «КПІ» ; Серія : Радіотехніка. Радіоапарато-будування. – 2012. – № 49. – С. 142–150.
13. Патент України на винахід № 94169. Аероіонний мікрокулонометр / *В.П. Манойлов, П.П. Мартинчук, О.Л. Коренівська.* – Опубл. 11.04.2011, Бюл. № 7.
14. *Коренівська О.Л.* Прилад вимірювання концентрації легких аероіонів / *О.Л. Коренівська* // Вісник ЖДТУ. – № 1 (68). – 2014. – С. 51–58.

КОРЕНІВСЬКА Оксана Леонідівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри радіотехніки, радіоелектронних апаратів та телекомунікації Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- медична апаратура;
- апаратура для аероіонізації;
- вимірювання концентрації легких аероіонів.

E-mail: niki80@rambler.ru

Стаття надійшла до редакції 13.07.2015