

УДК 537.3

Яцинський Л.В., Захарчук Д.А., Коваль Ю.В., Панасюк Л.І.

Луцький національний технічний університет

КОНЦЕНТРАЦІЙНІ ЗАЛЕЖНОСТІ АЕРОІОНІВ ХЛОРИДУ НАТРІЮ У РІЗНИХ ЗОВНІШНІХ УМОВАХ

Концентраційні залежності аероіонів хлориду натрію у різних зовнішніх умовах. Л.В. Яцинський, Д.А. Захарчук, Ю.В. Коваль, Л.І. Панасюк. Розроблено та випробувано методику визначення концентрації аероіонів хлориду натрію за розрядом повітряного конденсатора. Перевагами даної методики є те, що усі вимірювання проводились без штучно введених аероіонів та з ними, а результати вимірювань потім віднімались. Такий підхід дозволює виключити регулярні похибки вимірювань.

В роботі представлено залежності концентрації негативних аероіонів хлориду натрію від відстані до їх джерела, від відстані до бокових стін приміщення, від часу після вимикання джерела, від відстані до стін «соляної кімнати». Отримані залежності пояснюються наступними механізмами: зменшенням з відстанню потужності механічного закидання аероіонів вентилятором джерела, зростанням з відстанню ймовірності рекомбінації штучно введених негативних аероіонів з позитивними природними іонами повітря, зростанням з відстанню ймовірності прилипання негативних аероіонів хлориду натрію на стінках, стелі та підлозі приміщення, впливом сили ваги на аероіони, посиленою «генерацією» аероіонів хлориду натрію з поверхні стін «соляної кімнати».

Ключові слова: електричне поле, електричний конденсатор, аероіони, соляна кімната.

Вступ. Поряд з температурою, вологістю, швидкістю руху повітря на життєдіяльність людини суттєво впливає його аероіонний склад. У приміщеннях з негативними іонами відбувається зменшення кількості шкідливих мікроорганізмів, знижується концентрація пилу в повітрі, нейтралізуються деякі гази, усуваються електростатичні заряди з поверхонь обладнання. Повітря, що містить негативні аероіони, є своєрідним екраном, що компенсує випромінювання від дисплеїв, телевізорів та іншої оргтехніки.

Природна іонізація відбувається в результаті впливу на повітряне середовище космічного випромінювання і частинок, що викидаються радіоактивними речовинами при їх розпаді. Штучна іонізація здійснюється спеціальними пристроями - аероіонізаторами.

Зрозуміло, що для контролю концентрації та полярності аероіонів необхідно мати точні та зручні у користуванні прилади. Зважаючи на вищесказане, метою роботи була розробка достатньо точної методики та лабораторної установки для визначення концентрації природних та штучно введених у повітря негативних аероіонів хлориду натрію, а також дослідження залежності їх концентрації від різних зовнішніх впливів.

Теоретична частина. За рухливостю весь спектр іонів у повітрі умовно ділять на кілька діапазонів [1]: легкі, для яких рухливість $\mu \geq 1 \cdot 10^{-5} \left(\frac{m^2}{B \cdot c} \right)$, середні $1 \cdot 10^{-5} > \mu > 1 \cdot 10^{-6} \left(\frac{m^2}{B \cdot c} \right)$, важкі $1 \cdot 10^{-6} > \mu \left(\frac{m^2}{B \cdot c} \right)$.

Час, за який негативний аероіон пройде відстань від однієї пластини електричного конденсатора до іншої визначимо з означення рухливості:

$$\mu = \frac{v}{E} = \frac{vd}{U}; \Rightarrow v = \frac{\mu U}{d}; \Rightarrow t = \frac{d}{v} = \frac{d^2}{\mu U}.$$

При різниці потенціалів між обкладками повітряного конденсатора $U=1000 \text{ В}$ і рухливості $\mu = 1,4 \cdot 10^{-5} \frac{m^2}{B \cdot c}$ відстань між пластинами $0,25 \text{ м}$ негативний аероіон пройде за час $4,46 \text{ с}$.

Після $4,46\text{ с}$ розряду у повітрі без штучно внесених негативних аероіонів хлориду натрію, на пластинах конденсатора залишився заряд (q'_1), який можна визначити за кількістю поділок (n_1), на які відхилилася стрілка гальванометра при розряді такого конденсатора через електричне коло [2]:

$$q'_1 = \frac{CU}{n_{\max}} n_1.$$

При цьому природні іони повітря за $4,46\text{ с}$, під дією електричного поля конденсатора, перенесли на його пластини заряд протилежного знаку (розрядили конденсатор) q_1 , який можна визначити:

$$q_1 = q_{\max} - q'_1 = \frac{CU}{n_{\max}} (n_{\max} - n_1).$$

За ті ж $4,46\text{ с}$ природні іони повітря разом з штучно внесеними негативними аероіонами хлориду натрію перенесуть на пластини конденсатора заряд q_2 , який за аналогією визначимо:

$$q_2 = \frac{CU}{n_{\max}} (n_{\max} - n_2) \frac{1}{2},$$

де n_2 – кількість поділок, на які відхилилася стрілка гальванометра при розряді конденсатора через електричне коло у даному випадку.

Величину заряду q власне негативних аероіонів хлориду натрію, що осіли на пластинах конденсатора за $4,46\text{ с}$ визначимо:

$$q = q_2 - q_1 = \frac{CU}{n_{\max}} [n_1 - n_2].$$

Кількість аероіонів у об'ємі між пластинами повітряного конденсатора (ті, що за $4,46\text{ с}$ долетіли до позитивної пластини) знайдемо з виразу:

$$N = \frac{q}{e} = \frac{q_2 - q_1}{e} = \frac{CU}{n_{\max} e} [n_1 - n_2],$$

де e – елементарний заряд (заряд однозарядового іона).

Концентрацію негативних аероіонів визначимо наступним чином:

$$n = \frac{N}{V} = \frac{CU}{n_{\max} e V} [n_1 - n_2].$$

Враховуючи, що:

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}, \quad V = Sd,$$

вираз для концентрації негативних аероіонів набуде вигляду:

$$n = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 U}{n_{\max} e d^2} [n_1 - n_2]. \quad (1)$$

Експериментальна частина.

1. Установка для визначення концентрації негативних аероіонів хлориду натрію у повітрі за відхиленням стрілки гальванометра при розряді повітряного конденсатора.

Джерелом негативних аероіонів хлориду натрію слугував генератор ЯГ 3.293.000 ТУ з максимальною продуктивністю $3,3 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-3} / \text{год}$.

В нашій вимірвальній установці як зовнішній повітряний електричний конденсатор C використано дві сіткові площини з провідного матеріалу розмірами $0,5\text{ м} \times 0,5\text{ м}^2$ з площею комірки 25 мм^2 [3]. Відстань між площинами $0,25\text{ м}$. Позитивно заряджена площина із зовнішньої сторони закрита діелектриком для відрізання звідти потоку негативних аероіонів. Повітряний конденсатор знаходився в ізольованому приміщенні на відстані 1 м від джерела аероіонів.

Джерелом високої напруги (1000 В) служить високовольтний генератор постійної напруги з паралельно включеним фільтром для згладжування можливих пульсацій струму.

Установка для визначення концентрації штучних негативних аероіонів хлориду натрію у повітрі представлена електричною схемою зображеною на рис. 1.

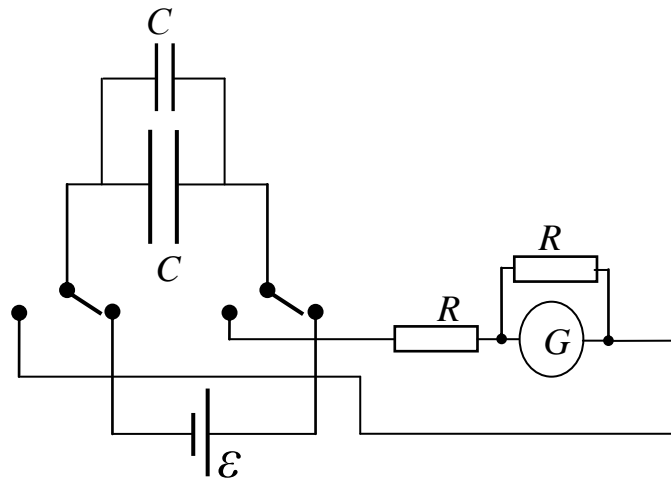


Рис. 1. Електрична схема установки для визначення концентрації негативних аероіонів хлориду натрію у повітрі за відхиленням стрілки гальванометра при розряді повітряного конденсатора

В експериментальній установці повітряний конденсатор C , який поміщений в ізольованому приміщенні, паралельно під'єднаний до конденсатора з ємністю $C_0 = 40 \text{ мкФ}$ для збільшення загального заряду на обкладках системи конденсаторів [4]. Так як електрична ємність повітряного конденсатора становить 8 нФ , тому відчутного вкладу у загальну ємність системи конденсаторів вона не вносить. Опори R та R_{III} експериментально підбиралися так, щоб виконувалась умова, за якою прилад М244 можна було використати як балістичний гальванометр. Крім того, опір шунта R_{III} підбирався так, щоб при розряді повністю зарядженої системи конденсаторів відхилення стрілки гальванометра було максимальне.

Час, за який аероіон пролітає відстань між пластинами повітряного конденсатора в середньому рівний $4,46 \text{ с}$, тому для збільшення точності експерименту час розряду повітряного конденсатора було збільшено до 60 с . При цьому одержане значення концентрації ділилось на $13,45 (60/4,46)$.

2. Дослідження залежності концентрації штучних негативних аероіонів хлориду натрію від часу роботи генератора ЯГ 3.293.000 ТУ.

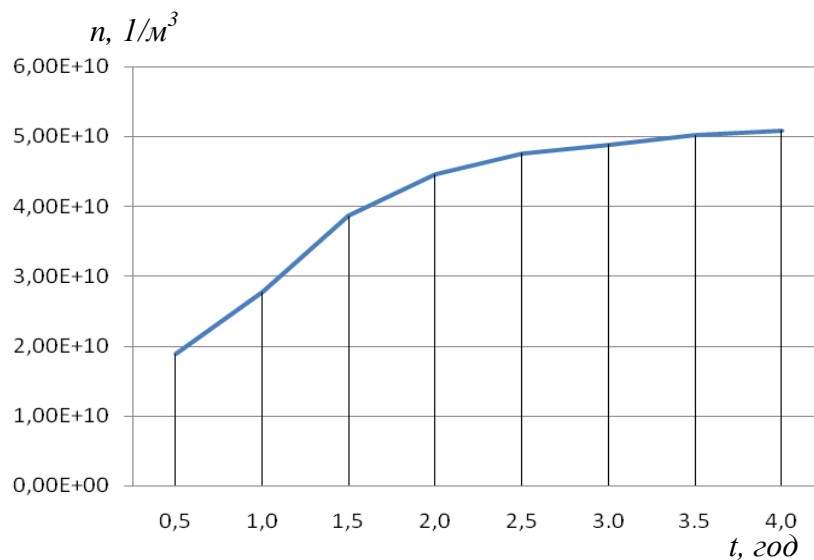


Рис. 2. Залежність концентрації негативних аероіонів хлориду натрію від часу роботи генератора аероіонів за методом відхилення стрілки гальванометра при розряді конденсатора

Відповідно до експериментальних даних побудовано графік залежності концентрації негативних аероіонів хлориду натрію від часу роботи генератора аероіонів ЯГ 3.293.000 ТУ за методом відхилення стрілки гальванометра при розряді конденсатора (рис. 2).

Вихід залежності на насичення практично після трьох годин роботи генератора пояснюється:

- зростанням ймовірності рекомбінації негативних аероіонів із збільшенням їх концентрації з природними позитивними іонами повітря;
- зростанням ймовірності прилипання (осідання) негативних аероіонів хлориду натрію на стінках приміщення із зростанням їх концентрації.

Необхідно зауважити, що при продовженні роботи генератора понад 6 год (дані не приведені на графіку) відбувається подальше зростання концентрації негативних аероіонів через вичерпання в приміщенні природних позитивних іонів повітря.

3. Залежність концентрації штучно введених негативних аероіонів від відстані до джерела. Використавши представлену методику було досліджено залежність концентрації штучно введених негативних аероіонів від відстані до джерела після 1,5 год його роботи. Дані дослідження проводились у приміщенні розмірами 12г 4г 3 м³, вздовж якого через кожен метр на висоті 0,8 м були розташовані повітряні електричні конденсатори, які по чергово підключались до вимірювальної установки. Це дозволяло проводити визначення концентрації аероіонів в режимі реального часу. Усереднені експериментальні результати представлені графіком зображеним на рис 3.

Зменшення концентрації штучно введених негативних аероіонів із зростанням відстані від джерела можна пояснити наявністю, як мінімум, трьох механізмів:

- зменшення з відстанню потужності механічного закидання аероіонів вентилятором джерела;
- зростання з відстанню ймовірності рекомбінації штучно введених негативних аероіонів з позитивними природними іонами повітря;
- зростання з відстанню ймовірності прилипання (осідання) негативних аероіонів хлориду натрію на стінках, стелі та підлозі приміщення.

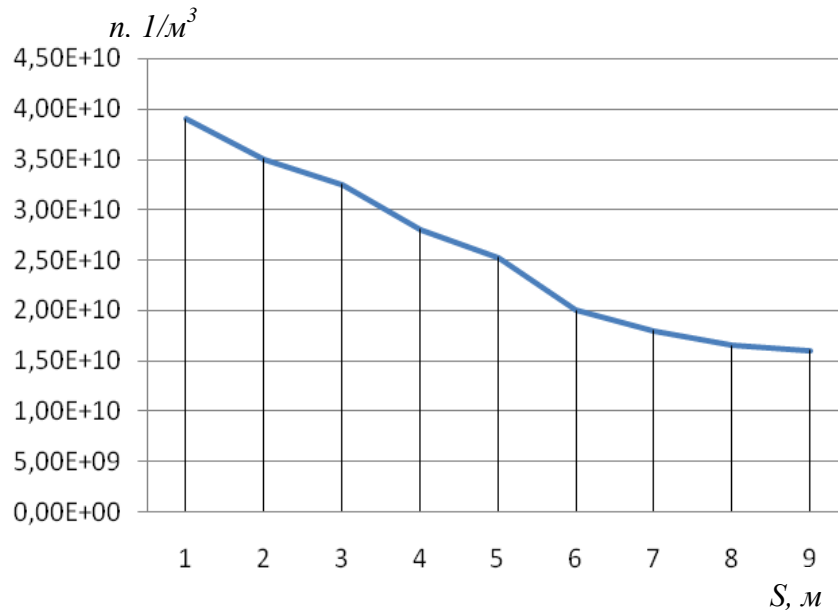


Рис. 3. Усереднена залежність концентрації негативних аероіонів хлориду натрію від відстані до джерела через 1,5 год його роботи

Аналогічні дослідження були проведені також для визначення розподілу концентрації по ширині кімнати для різних відстаней від джерела. Для цього систему повітряних конденсаторів на тій же висоті почергово, після 1,5 год роботи джерела, розміщували на різних відстанях від бічної стіни. Результати досліджень і розрахунків представлені на рис. 4.

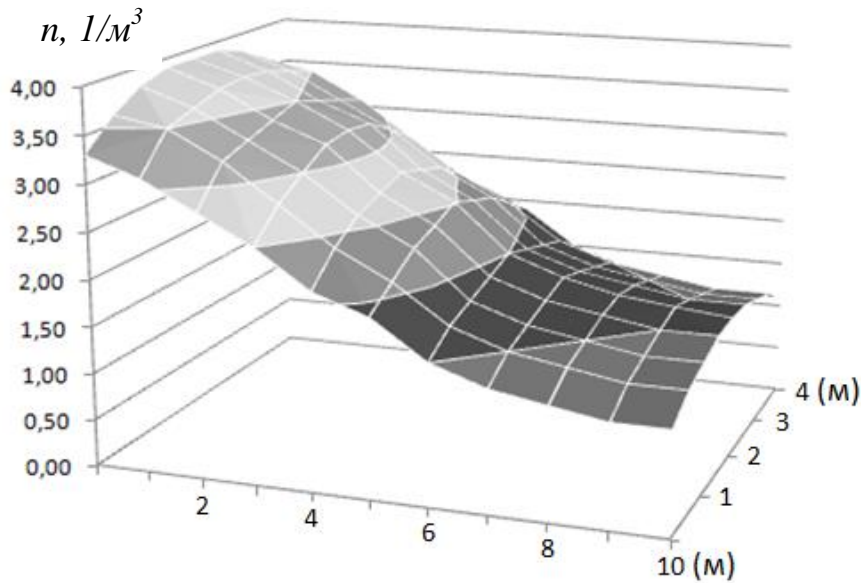


Рис. 4. Розподіл концентрації аероіонів хлориду натрію по ширині кімнати для різних відстаней від джерела

Представлена залежність концентрації штучно введених негативних аероіонів від відстані до бокових стін приміщення може бути пояснена додатковим зростанням (з наближенням до стін) ймовірності прилипання (осідання) негативних аероіонів хлориду натрію на їх поверхні.

4. Залежність концентрації негативних аероіонів хлориду натрію від часу з моменту вимкнення джерела. Експерименти проводились у вище описаному ізолюваному приміщенні, де повітряний конденсатор знаходився на відстані 1 м від джерела аероіонів. Час роботи генератора до моменту його вимкнення становив 3,5 год. Усереднені дані залежності концентрації штучно введених негативних аероіонів хлориду натрію від часу після вимкнення джерела представлені на рис. 5.

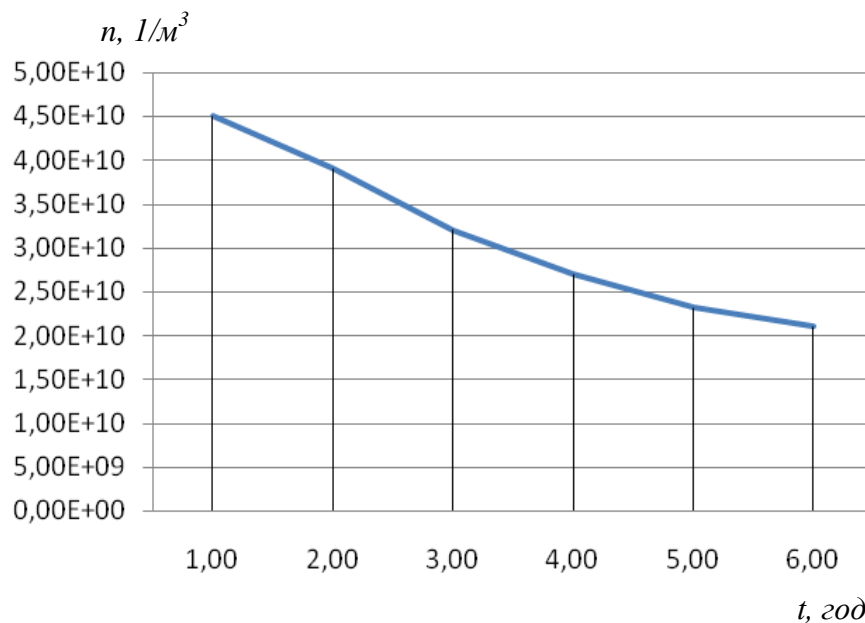


Рис. 5. Усереднена залежність концентрації негативних аероіонів хлориду натрію від часу після вимкнення джерела

Зменшення концентрації штучно введених негативних аероіонів із часом після вимикання джерела можна пояснити наявністю, як мінімум, трьох механізмів:

- зростання з часом ймовірності рекомбінації штучно введених негативних аероіонів з позитивними природними іонами повітря;
- зростання з часом ймовірності прилипання (осідання) негативних аероіонів хлориду натрію на стінках, стелі та підлозі камери;
- вплив сили ваги на негативні аероіони хлориду натрію.

5. Залежність концентрації природних негативних аероіонів хлориду натрію в «соляній кімнаті» від відстані до її стін. Для досліджень використано «соляну кімнату» gkјot. 5г 4 м² і висотою 3,5 м. Стіни, стеля і підлога кімнати викладені брусками солі хлориду натрію і являють собою природне джерело негативних аероіонів. Для збільшення концентрації аероіонів хлориду натрію «соляна кімната» була закрита для відвідувачів впродовж трьох діб, що дозволило проводити вимірювання більших величин. Повітряні конденсатори розміщували на висоті 1,7 м через кожні 0,5 м по всій площі кімнати і по чергово підключались до вимірювальної установки, яка знаходилась за межами кімнати. Результати досліджень і розрахунків представлені на рис. 6.

Представлена залежність концентрації природних негативних аероіонів хлориду натрію від відстані до стін «соляної кімнати» може бути пояснена:

- «поширеною генерацією» аероіонів хлориду натрію з поверхні стін з наближенням до них;
- зростанням з відстанню ймовірності рекомбінації штучно введених негативних аероіонів з позитивними природними іонами повітря.

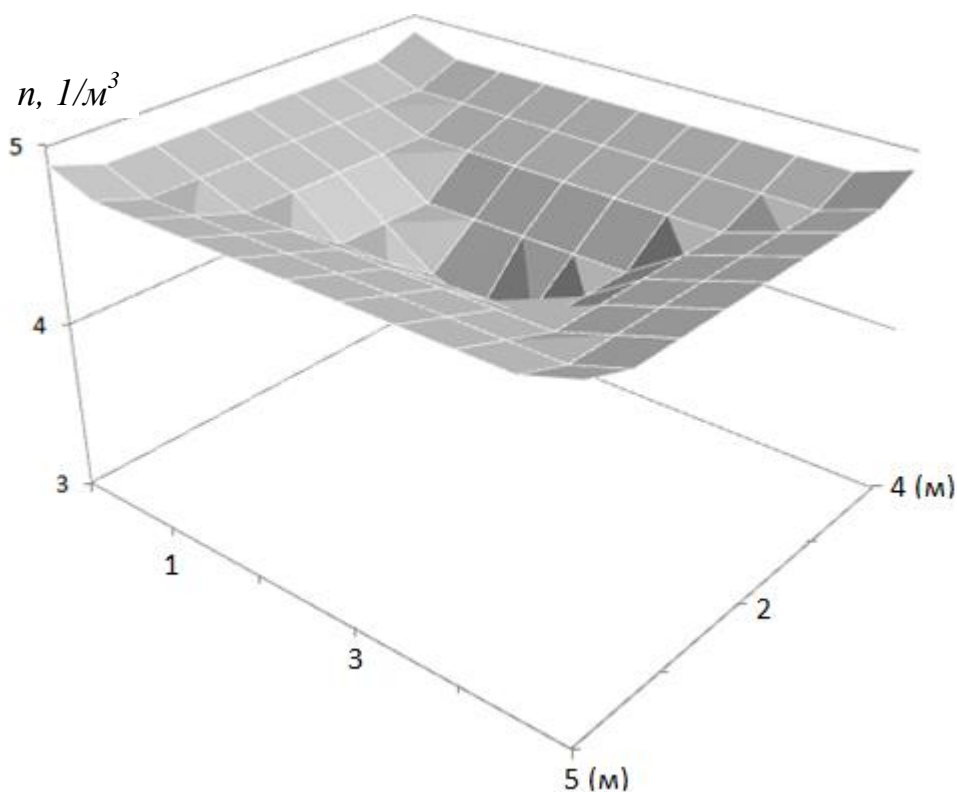


Рис. 6. Розподіл концентрації аероіонів хлориду натрію по площі «соляної кімнати» на висоті 1,7 м

Висновки.

1. Розроблено та випробувано методику визначення концентрації аероіонів хлориду натрію за відхиленням стрілки гальванометра при розряді повітряного конденсатора.

2. Переваги даної методики:

- усі вимірювання проводились без штучно введених аероіонів та з ними, а результати вимірювань потім віднімались (такий підхід дозволив виключити регулярні похибки вимірювань);

- представлена експериментальна установка при її модернізації може забезпечити більшу точність визначення концентрації негативних аероіонів хлориду натрію за заводські лічильники.

3. Недоліками експериментальної установки є певна суб'єктивність в оцінці кількості поділок на які відхилилась стрілка гальванометра, а також те, що дана установка позбавлена мобільності на відміну від заводських аналогів.

4. Спадна залежність концентрації негативних аероіонів хлориду натрію від відстані до їх джерела пояснюється:

- зменшенням з відстанню потужності механічного закидання аероіонів вентилятором джерела;

- зростанням з відстанню ймовірності рекомбінації штучно введених негативних аероіонів з позитивними природними іонами повітря;

- зростанням з відстанню ймовірності прилипання (осідання) негативних аероіонів хлориду натрію на стінках, стелі та підлозі приміщення.

5. Представлена спадна залежність концентрації штучно введених негативних аероіонів від відстані до бокових стін приміщення пояснюється додатковим зростанням, з наближенням до стін, ймовірності прилипання (осідання) негативних аероіонів хлориду натрію на їх поверхні.

6. Зменшення концентрації штучно введених негативних аероіонів із часом після вимикання джерела можна пояснити наявністю, як мінімум, трьох механізмів:

- зростання з часом ймовірності рекомбінації штучно введених негативних аероіонів з позитивними природними іонами повітря;

- зростання з часом ймовірності прилипання (осідання) негативних аероіонів хлориду натрію на стінках, стелі та підлозі камери;

- вплив сили ваги на негативні аероіони хлориду натрію.

7. Отримана залежність концентрації природних негативних аероіонів хлориду натрію від відстані до стін «соляної кімнати» пояснюється:

- посиленою «генерацією» аероіонів хлориду натрію з поверхні стін з наближенням до них;

- зростанням з відстанню ймовірності рекомбінації штучно введених негативних аероіонів з позитивними природними іонами повітря.

8. Представлені в роботі результати будуть корисними при застосуванні іонів хлориду натрію в лікувальних чи профілактичних цілях.

Список використаної літератури

1. Eichmeier J. Beitrag zum Problem der Struktur der atmosphärischen Kleinionen. – "Zeitschrift für Geophysik". – 1968. – V.34. – P. 297-322.

2. Коренівська О.Л. Вимірювання концентрації від'ємнозаряджених аероіонів. / О.Л. Коренівська, В.Ф. Манойлов, П.П. Мартинчук // Збірник тез доповідей 8 Міжнародної науково-технічної конференції Приладобудування: стан і перспективи, 28-29 квітня 2009 р. м. Київ ПБФ, НТУУ «КПІ» – 2009. – С. 169 – 170.

3. Ящинський Л., Захарчук Д., Панасюк Л., Коваль Ю., Шипелик Ю. Електричне поле, як інструмент для визначення концентрації аероіонів хлориду натрію при атмосферному тиску / Л. Ящинський, Д. Захарчук, Л. Панасюк, Ю. Коваль, Ю. Шипелик // Технічні вісті. – 2017. – №45(1)/46(2). – С. 66 – 70.

4. Ящинський Л.В., Захарчук Д.А., Панасюк Л.І., Коваль Ю.В., Шипелик Ю.П. Експериментальне визначення концентрації аероіонів у повітрі за величиною спаду напруги на зовнішньому опорі / Л.В. Ящинський, Д.А. Захарчук, Л.І. Панасюк, Ю.В. Коваль, Ю.П. Шипелик // Тези IV Всеукраїнської науково-технічної конференції «Актуальні проблеми конструювання, експлуатації та ремонту обладнання лісового комплексу» – Луцьк: Луцький НТУ, 16-17 листопада 2017 р. – С. 199-200.

Ящинський Л.В., Захарчук Д.А., Коваль Ю.В., Панасюк Л.І.

Луцкий национальный технический университет

КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ АЭРОИОНОВ ХЛОРИДА НАТРИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ВНЕШНИХ УСЛОВИЯХ

Концентрационные зависимости аэроионов хлорида натрия в различных внешних условиях. Л.В. Ящинський, Д.А. Захарчук, Ю.В. Коваль, Л.І. Панасюк. Разработан и испытан методика определения концентрации аэроионов хлорида натрия по разряду воздушного конденсатора. Преимуществами данной методики является то, что все измерения проводились без искусственно введенных аэроионов и с ними, а результаты измерений затем отнимались. Такой подход позволил исключить регулярные погрешности измерений.

В работе представлены зависимости концентрации отрицательных аэроионов хлорида натрия от расстояния до их источника, от расстояния до боковых стен помещения, от времени после выключения источника, от расстояния до стен «соляной комнаты». Полученные зависимости объясняются следующими механизмами: уменьшением с расстоянием мощности механического заброса аэроионов вентилятором источника, ростом с расстоянием вероятности рекомбинации искусственно введенных отрицательных аэроионов с положительными природными ионами воздуха, ростом с расстоянием вероятности прилипания отрицательных аэроионов хлорида натрия на стенках, потолке и полу помещения, влиянием силы веса на аэроионы, усиленной «генерацией» аэроионов хлорида натрия с поверхности стен «соляной комнаты».

Ключевые слова: электрическое поле, электрический конденсатор, аэроионы, соляная комната.

L.V. Yashchynskiy, D.A. Zakharchuk, Y.V. Koval, L.I. Panasyuk

Lutsk National Technical University

CONCENTRATION DEPENDENCES OF AEROIONS OF SODIUM CHLORIDE UNDER DIFFERENT EXTERNAL CONDITIONS.

Concentration dependence of aero ions of sodium chloride under different external conditions. L.V. Yashchynskiy, D.A. Zakharchuk, Y.V. Koval, L.I. Panasyuk A method for determining the concentration of aeroion ions of sodium chloride by discharging an air condenser has been developed and tested. The advantages of this technique are that all measurements were carried out without artificially introduced aeroions and with them, and the measurement results were then subtracted. This approach eliminates the regular errors of measurements.

The paper presents the dependence of the concentration of negative aeroions of sodium chloride from the distance to their source, from the distance to the side walls of the room, from the time after the source is shut down, from the distance to the walls of the salt room. The resulting dependencies are explained by the following mechanisms: the decrease in the power distance of the mechanical airflow of the aeroion by the source fan, the increase in the probability of recombination of artificially introduced negative air ions with positive natural air ions, with the increase in the probability of adherence of negative aeroiones of sodium chloride on the walls, the ceiling and the floor of the room, by the influence of force Weights on aeroions, enhanced "generation" of aeroions of sodium chloride from the surface of the walls of the salt room.

Keywords: electric field, electric capacitor, aeroion, salt room.

Стаття надійшла до редакції 20.11.2018