

*Толкунов І.О., заст. нач. каф., НУЦЗУ,
Ігнат'єв О.М., ст. викл., НУЦЗУ,
Попов І.І., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ*

ЩОДО ПИТАННЯ НОРМАЛІЗАЦІЇ ІОННОГО СКЛАДУ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИМІЩЕНЬ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ МОБІЛЬНОГО ГОСПІТАЛЮ

(представлено д-ром техн. наук Комяк В.М.)

Визначені співвідношення, які дозволяють оцінити аероіонний режим приміщень функціональних підрозділів мобільного госпіталю в зонах надзвичайних ситуацій в залежності від впливу зовнішніх чинників оточуючого середовища, його об'ємно-планувальних параметрів, а також дають можливість визначити шляхи удосконалення аероіонного режиму вказаних приміщень

Ключові слова: надзвичайна ситуація, аероіон, аероіонізація, швидкобудуємі споруди, приміщення функціональних підрозділів мобільного госпіталю, природне джерело аероіонізації, випромінювання радіоактивних речовин

Постановка проблеми. Результати експериментальних досліджень аероіонного режиму в приміщеннях спеціального призначення (ПСП) Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДС НС України), взагалі, та в приміщеннях функціональних підрозділів мобільного госпіталю (ПФП МГ), зокрема, доводять, що понижена концентрація легких аероіонів (АІ), поряд з іншими нормуємими фізико-хімічними та мікрокліматичними параметрами, в приміщенні, де постійно або тимчасово знаходяться люди, згубно впливає на загальний стан здоров'я і працездатність людей, а саме: знижує швидкість зорових і слухових реакцій, розумову і фізичну працездатність, збільшує швидкість наростання стомлюваності, млявості, неуважності, хронічної втоми, посилює роздратованість, депресивні стани тощо [1]. Для ПФП МГ, в певних умовах використання мобільного госпіталю (МГ) за призначенням на протязі тривалого часу, питання підвищення рівня комфортності для персоналу та постраждалого населення, яке отримує визначені рівні медичної допомоги, набуває особливого значення.

Мобільний госпіталь – це комплекс, що складається з комплексу швидкобудуємих споруд (ШБС) – пневмокаркасних гумотканевих модулів (ПКМ) (рис. 1) та систем життєзабезпечення комплексу: підтримання необхідного тиску в каркасі ШБС, опалення та вентиляції, електропостачання, а також комплексу медико-санітарного та спеціального обладнання, що забезпечує функціонування окремих функціональних підрозділів МГ (рис. 2) та комплексу в цілому.



Рис. 1 – Зовнішній вигляд розгорнутого для роботи пневмокаркасного гумотканевого модуля



Рис. 2 – Розташування медико-санітарного обладнання в ПКМ хірургічного призначення

Для ефективного виконання означених завдань у ПФМ МГ, поряд з іншими умовами, організовується достатній рівень повіт-

рообміну, який здійснюється за допомогою опалювально-вентиляційного агрегату ОВА-15, що забезпечує оптимальні температурні показники та подачу необхідної кількості повітря. Рівні ж інших фізико-хімічних та мікрокліматичних показників, в тому числі й концентрація аероіонів, підтримуються природними умовами оточуючого середовища кліматичної зони та геологічних чинників місцевості, в якій використовується МГ.

Умови використання ПСП за їх функціональним призначенням потребують підтримання в них сталих фізико-хімічних та мікрокліматичних параметрів повітряного середовища мешкання (ПСМ) (в тому числі і ступінь іонізованості повітря робочої зони ПФП МГ), які для вказаних приміщень являються функціонально необхідними та визначаються чинними нормативними документами [2, 3, 4]. Це, в свою чергу, потребує необхідного рівня знань щодо особливостей процесів їх формування в штучному середовищі мешкання, зокрема іонного складу повітря.

Якщо закономірності формування аероіонного режиму в приземних шарах повітря вивчені достатньо добре [5], то дослідження аероіонного режиму в ПСП в умовах природної іонізації обмежується, як правило, натурними вимірюваннями спектра АІ без розгляду ролі факторів, які обумовлюють його формування. Це в повній мірі стосується і ПФП МГ.

Тому теоретичний розгляд закономірностей формування певного іонного складу повітря в ПФП МГ в залежності від різних джерел іонізації (зокрема, природних) є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз досліджень, проведених в цьому напрямку дозволив визначити, що сумарна інтенсивність іоноутворення в приземних шарах атмосфери складає в середньому 10 пар іонів/(см³·с). Вклад окремих компонентів в іонізацію приземного шару атмосфери за рахунок різних видів радіоактивного випромінювання приведений на рис. 3 [5,6].

В ПСП (в тому числі і в ПФП МГ) основними факторами, які в тій чи іншій мірі впливають на процес формування аероіонного режиму, являються різні види іонізуючого випромінювання. Природними іонізаторами являються:

1. Космічне випромінювання, яке проникає в приміщення через огорожуючі конструкції та стелю.
2. Випромінювання радіоактивних елементів (радіонуклідів), які містяться в повітрі приміщення.

3. Випромінювання від поверхні землі, які проникають в приміщення через підлогу.

4. Випромінювання радіоактивних елементів (радіонуклідів), які містяться в матеріалах будівельних конструкцій та оздоблювальних матеріалах.

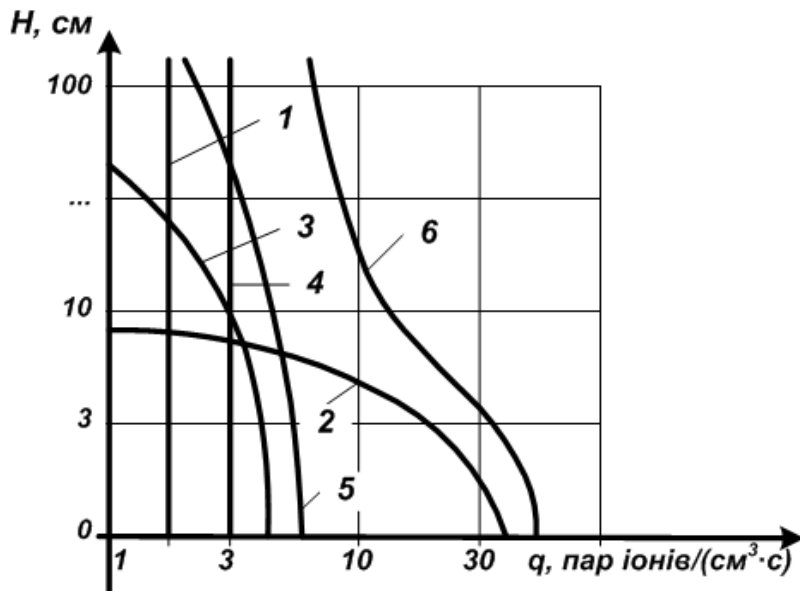


Рис. 3 – Залежність інтенсивності іоноутворення від висоти: 1 – космічні промені; 2 – β -випромінювання Землі; 3 – α -випромінювання Землі; 4 – γ -випромінювання Землі; 5 – α -випромінювання радіоактивних газів; 6 – загальне випромінювання

На рис. 4 показані процеси формування рівня інтенсивності іоноутворення в ПСП за рахунок природних факторів.

Значення, приведені на діаграмі, дуже усереднені та залежать від багатьох внутрішніх та зовнішніх чинників, однак в цілому вони відображають сутність процесів формування рівня інтенсивності іоноутворення в приміщенні. Особливості показників повітряного середовища в ШБС ПФП МГ визначають відсутність деяких із приведених чинників за рахунок екрануючої дії матеріалу, з якого виготовлено ПКМ та визначаються умовами кліматичної зони та геологічними умовами, в якій використовується МГ.

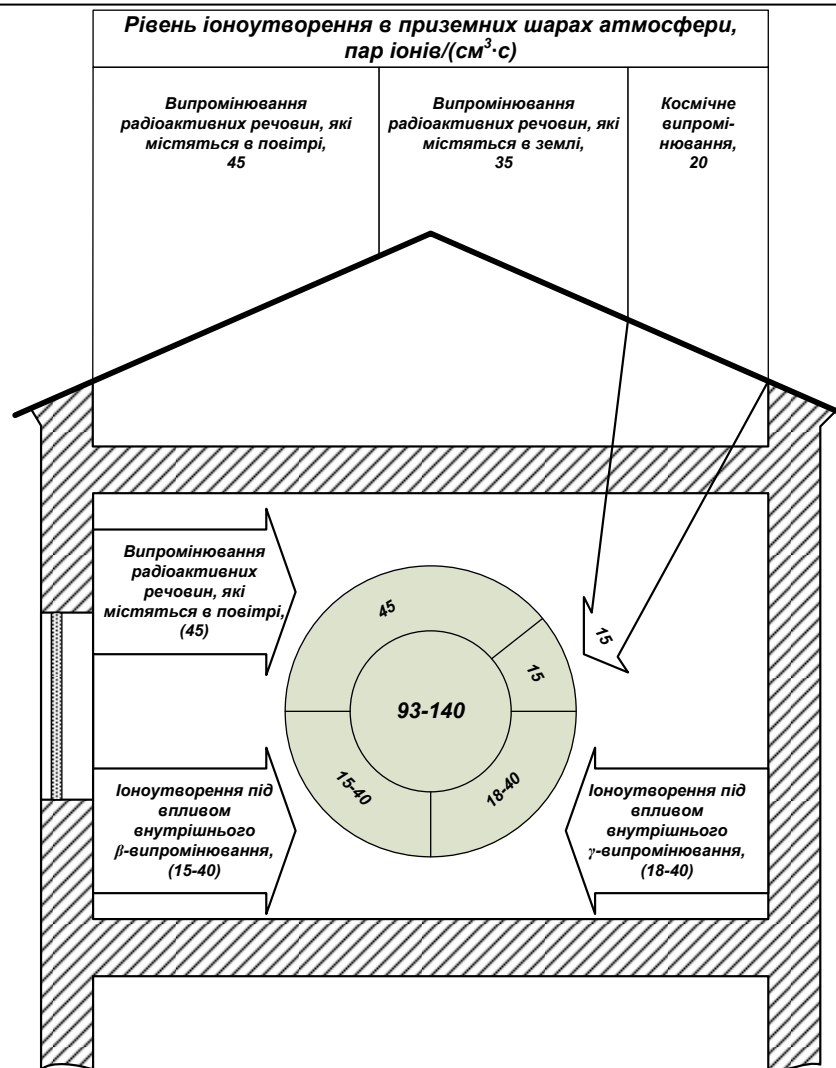


Рис. 4 – Формування рівня інтенсивності іоноутворення в приміщеннях за рахунок природних факторів

Постановка завдання та його вирішення. Означені особливості формування фізико-хімічних та мікрокліматичних показників ПСМ, зокрема необхідної концентрації легких негативних та позитивних АІ, визначили мету та завдання даної роботи – дослідження впливу природних джерел аероіонізації на процеси іоноутворення та шляхів підвищення якості повітряного середовища у ПСП, до складу яких відносяться і ПФП МГ.

У атмосферному повітрі процеси іоноутворення протікають безперервно, проте збільшення числа аероіонів не безмежно, оскільки одночасно з іоноутворенням протікають процеси знищення аероіонів, які пов'язані з рекомбінацією аероіонів, а також перехо-

дом АІ з однієї групи рухливостей в іншу внаслідок осідання легких АІ на важчих частках, присутніх в повітрі.

Якщо концентрації легких позитивних n^+ і негативних аероіонів n^- , то число легких аероіонів, що рекомбінують між собою протягом часу $t = 1$ с дорівнює $\alpha n^+ \cdot n^-$, де α – коефіцієнт рекомбінації. Якщо в 1 см^3 повітря в 1 с утворюється q пар іонів, то зміна концентрації легких аероіонів кожного знаку в часі можна представити у вигляді [7]

$$\frac{dn^+}{dt} = \frac{dn^-}{dt} = q - \alpha n^+ \cdot n^- . \quad (1)$$

В звичайних умовах тиску і температури в сухому і чистому повітрі для легких аероіонів $\alpha = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{с}$. У випадку, якщо $n^+ = n^- = n$, рівняння (1) буде мати наступний вигляд

$$\frac{dn}{dt} = q - \beta n^2 . \quad (2)$$

Вирішення рівняння (2) має вигляд [1]

$$n(t) = \sqrt{\frac{q}{\alpha}} \left(\frac{1 - e^{-2\sqrt{q\alpha}t}}{1 + e^{-2\sqrt{q\alpha}t}} \right) . \quad (3)$$

В умовах динамічної рівноваги, коли $\frac{dn}{dt} = 0$, рівняння (2) має вигляд

$$q = \alpha n^2 , \quad (4)$$

звідки

$$n = \sqrt{\frac{q}{\alpha}} . \quad (5)$$

Вираз (5) можна отримати із співвідношення (3), передбачаючи, що динамічна рівновага настане після закінчення значного проміжку часу, тобто при $t \rightarrow \infty$.

Проте слід зазначити, що співвідношення (1)-(5) справедливі лише для абсолютно чистого повітря. У реальних умовах в нижніх шарах атмосфери постійно присутнє велике число середніх і важких АІ, а також різного роду ядер конденсації, концентрація яких набагато перевершує концентрацію легких аероіонів. Внаслідок цього, при розгляді процесу зникнення легких АІ, необхідно враховувати рекомбінацію їх з аероіонами інших груп рухливостей і ядрами конденсації.

Зміна числа легких АІ протягом часу під впливом майже всіх вище перерахованих чинників, але без врахування впливу напруженості електричного поля, можна представити у вигляді наступних рівнянь

$$\begin{cases} \frac{dn^+}{dt} = q - \alpha n^+ n^- - \beta_+ n^+ N^- - \eta_+ n^+ N^0, \\ \frac{dn^-}{dt} = q - \alpha n^- n^+ - \beta_- n^- N^+ - \eta_- n^- N^0, \end{cases} \quad (6)$$

де N^\pm – число аероіонів з меншою рухливістю, ніж у легких, які в подальшому будемо визначати як важкі аероіони, іонів/см³; β_\pm – коефіцієнт рекомбінації легких аероіонів з важкими; η_\pm – теж саме, з незарядженими частками та ядрами конденсації; N_0 – число незаряджених часток та ядер конденсації, см⁻³.

Для спрощення рівнянь (6) введено ряд припущень. Приймаючи обмеження, що $n^+ = n^- = n$; $N^+ = N^- = N$; $\beta_+ = \beta_- = \beta$; $\eta_+ = \eta_- = \eta$. Тоді замість системи рівнянь (6) можна записати

$$\frac{dn}{dt} = q - \alpha n^2 - \beta n N - \eta n N^0 = q - n [\alpha n - \beta N - \eta N^0]. \quad (7)$$

Якщо позначити $\mu = \alpha n - \beta N - \eta N^0$, то отримаємо

$$\frac{dn}{dt} = q - \mu n. \quad (8)$$

Величина μ носить назву постійної зникнення легких аероіонів (постійна Швейдлера) і характеризує убуття легких АІ в

процесі їх взаємодії з важкими аероіонами і ядрами конденсації, присутніми в повітрі.

Якщо прийняти до уваги, що в ПФП МГ, як правило, число важких аероіонів значно переверщує число легких $N^{\pm} \gg n^{\pm}$, то в розрахунках μ визначається, в основному, сумарним числом важких АІ і ядер конденсації. Передбачаючи, що в якийсь момент часу припиняється дія джерела іоноутворення ($q = 0$), то інтегруючи (8), визначимо число легких аероіонів через час t

$$n_t = n_{\infty} e^{\mu t}. \quad (9)$$

В залежності від місця спостережень величина μ варіює в межах $(5 \dots 100) \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{с}$ [7].

В співвідношенні (9) μ – постійна величина, яка характеризує даний процес. Вона аналогічна, за своєю суттю, постійній розпаду для ядерних реакцій, тому можна ввести поняття «час життя» легкого аероіону і визначити його як середній проміжок часу між його утворенням і зникненням.

Якщо середній «час життя» легкого аероіону складає τ , інтенсивність іоноутворення рівна q , то в одиниці об'єму спостерігатиметься $n = q\tau$ легких АІ. Звідси для випадку, коли є лише легкі аероіони, можна визначити їх «час життя»

$$\tau^{\pm} = \frac{n^{\pm}}{q} = \frac{1}{n^{\pm}}. \quad (10)$$

Залежно від ступеню чистоти повітря середня тривалість життя легких негативних аероіонів складає 30 (для сильно запиленого повітря) ...1000 с. За даними [8], середній «час життя» легких АІ в передмісті складає 25...39 с, в місті – 12...14 с. «Час життя» позитивних аероіонів дещо більше ніж у негативних, що викликано їх меншою рухливістю, а отже, і меншою швидкістю рекомбінації.

Висновки. Визначені співвідношення, які отримані з рівняння атмосферної електрики, дозволяють оцінити аероіонний режим ПФП МГ в залежності від впливу зовнішніх чинників оточуючого середовища. Вони дають можливість визначити шляхи удосконалення аероіонного режиму приміщень при природному іоноутворенні.

Підвищення рівня іоноутворення в ПСП, що може бути досягнуто як використанням в огорожуючих конструкціях та інтер'єрі будівельних матеріалів з дещо більшим вмістом природних мікродомішок радіоактивних елементів, так і відмовою від застосування в інтер'єрі різноманітних стінових і облицювальних матеріалів з органічної (полімерної) сировини. Для ПФП МГ ці рекомендації неприйнятні, оскільки екрануюча дія матеріалу, з якого виготовлено ПКМ, визначає відсутність або неможливість впливу в них деяких із розглянутих вище чинників. Формування ж показників природного іоноутворення в повітряному середовищі ПФП МГ відбувається, в основному, за рахунок умов кліматичної зони та геологічних чинників, в якій використовується МГ.

Інший шлях підвищення концентрації легких АІ в повітрі ПФП МГ, який, на наш погляд, є найбільш прийнятним варіантом створення нормативного аероіонного режиму у вказаних приміщеннях, полягає у застосуванні приточних систем вентиляції і кондиціонування повітря із вмонтованими в них штучними іонізаторами повітря.

ЛІТЕРАТУРА

1. Толкунов І.О., Маринюк В.В., Попов І.І., Пономар В.В. Деякі аспекти забезпечення нормативного аероіонного режиму робочого середовища приміщень спеціального призначення МНС України / І.О. Толкунов, В.В. Маринюк, І.І. Попов, В.В. Пономар // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2008. – №8. – С.198-206.
2. СанПиН 5179-90. Устройство, оборудование и эксплуатации больниц, родильных домов и других лечебных стационаров. – М.: 1990. – 25 с.
3. ССТБ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. ГОСТ 12.1.005-88. – М.: Стандарт, 1988. – 25 с.
4. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України. – введені в дію наказом МНС України від 07.05.2007 р. № 312.
5. Красногорская Н.В. Электричество нижних слоев атмосферы и методы его измерения / Н.В. Красногорская. – Л.: Гидрометеоздат, 1972. – 323 с.
6. Перцов Л.А. Ионизирующее излучение биосферы / Л.А. Перцов. – М.: Атомиздат, 1973. – 286 с.

7. Тверской П.Н. Курс метеорологии / П.Н. Тверской. – М.: Гидрометеиздат, 1962. – 700 с.
8. Никульча И.П., Монтик П.Н. Динамика помещения как объекта управления концентрацией ионов / И.П. Никульча, П.Н. Монтик // Уч. зап. ТГУ – г. Тарту, 1975. – Вып. 348. – С. 132-143.

Толкунов И.А., Игнатъев А.М., Попов И.И.

К вопросу нормализации ионного состава воздушной среды помещений функциональных подразделений мобильного госпиталя

Предложенные соотношения, позволяющие оценить аэроионный режим помещений функциональных подразделений мобильного госпиталя в чрезвычайных ситуациях в зависимости от влияния внешних факторов окружающей среды, его объемно-планировочных параметров, а также дают возможность определить пути совершенствования аэроионного режима указанных помещений

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, аэроионизация, быстровозводимые сооружения, помещение функциональных подразделений мобильного госпиталя, естественный источник аэроионизации, излучение радиоактивных веществ

Tolkunov I.A., Ignatiew A.M., Popov I.I.

On the normalization of the ionic composition of indoor air functional mobile hospital units

The proposed ratio to assess the functional areas aeroionic mode mobile hospital units in emergency situations, based on the influence of external environmental factors, its space-planning options, and enable us to determine ways to improve the air ion mode of the said premises

Key words: emergency, air ionization, prefabricated structures, facilities functional mobile hospital units, natural source of air ionization, the emission of radioactive substances