

УДК 614.7:(614.1+613.6): 53.01.087.4

ОЦІНКА ТА ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ ЙМОВІРНІСНОГО ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ КОМПЛЕКСІВ «АЕРОІОНИ–ХІМІЧНІ РЕЧОВИНИ» ПОВІТРЯ ЗАМКНУТИХ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ**Т. Ф. Козловська, С. В. Сукач, О. М. Кравець**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: kozlovskaya5819@gmail.com; sergvs68@mail.ru

Розглянуто та охарактеризовано причини й чинники утворення аероіонів у повітрі виробничих приміщень. Оцінено хімічні речовини, що містяться в повітрі замкнутих приміщень і формують його аероіонний склад, у зв'язку із чим запропоновано розглядати вплив на працюючих комплексів «аероіон–хімічна речовина». Приведено підходи до визначення ризику шкідливого впливу комплексів «аероіон–хімічна речовина» обох знаків залежно від часу перебування працюючих у приміщеннях. За результатами розрахунків визначено види нозологічних груп захворювань, які можуть виявлятися із плином часу під час роботи в хімічно забруднених приміщеннях в умовах утворення аероіонів. Показано, що наявність легких негативних аероіонів не завжди сприяє позитивному впливу на стан здоров'я працюючих – величини індивідуальних ризиків у переважній більшості перевищують нормативне значення $1 \cdot 10^{-6}$. Запропоновано підхід до врахування індивідуальної чутливості організму людини залежно від віку працюючих у виробничих приміщеннях за показником патологічних впливів із визначенням відносного коефіцієнту вікової чутливості, величина якого визначається експертно-аналітичним методом. Для мінімізації негативного впливу забрудненого повітря виробничих приміщень пропонується автоматизована система регулювання швидкості повітрообміну за допомогою припливно-витяжної вентиляції з визначеною частотою обертів вентилятора.

Ключові слова: комплекс «аероіони–хімічна речовина», шкідливий вплив, індивідуальний ризик, показник патологічних впливів, відносний коефіцієнт вікової чутливості.

ОЦЕНКА И ПУТИ МИНИМИЗАЦИИ ВЕРОЯТНОСТНОГО ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСОВ «АЭРОИОНЫ–ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА» ВОЗДУХА ЗАМКНУТЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**Т. Ф. Козловская, С. В. Сукач, А. М. Кравец**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, г. Кременчук, 39600, Украина. E-mail: kozlovskaya5819@gmail.com; sergvs68@mail.ru

Рассмотрены и охарактеризованы причины и факторы образования аэроионов в воздухе производственных помещений. Оценены химические вещества, содержащиеся в воздухе замкнутых помещений и формирующие его аэроионный состав, в связи с чем предлагается рассматривать влияние на работающих комплексов «аэроион–химическое вещество». Приведены подходы к определению риска вредного воздействия комплексов «аэроион–химическое вещество» обоих знаков в зависимости от времени пребывания в помещении работающих. По результатам расчетов определены виды нозологических групп заболеваний, которые могут проявляться с течением времени при работе в химически загрязненных помещениях в условиях образования аэроионов. Показано, что наличие легких отрицательных аэроионов не всегда способствует положительному воздействию на состояние здоровья работающих – величины индивидуальных рисков в большинстве превышают нормативное значение $1 \cdot 10^{-6}$. Предложен подход для учета индивидуальной чувствительности организма человека в зависимости от возраста работающих в производственных помещениях по показателю патологических воздействий с определением относительного коэффициента возрастной чувствительности, величина которого устанавливается экспертно-аналитическим методом. С целью минимизации отрицательного воздействия воздуха производственных помещений на работающих предлагается автоматизированная система регулирования скорости воздухообмена с использованием приточно-вытяжной вентиляции с конкретной частотой оборотов вентилятора.

Ключевые слова: комплекс «аэроионы–химическое вещество», вредное влияние, индивидуальный риск, показатель патологических воздействий, относительный коэффициент возрастной чувствительности.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. З усіх чинників навколишнього середовища атмосферне повітря є найбільш значущим для здоров'я людини. Слід зазначити, що в повітрі замкнутих приміщень – житлових або виробничих – присутні ті ж хімічні речовини, що й у зовнішньому природному середовищі, різні за своєю природою, структурою та походженням, але з концентраціями, на порядок нижчими порівняно із зовнішнім атмосферним середовищем. При цьому навіть незначна кількість забруднюючих речовин повітря приміщень може викликати несприя-

тливі наслідки при тривалому впливі, тобто кінцевий ефект впливу залежить від часу перебування в приміщенні. Це проявляється пролонговано, що не дає можливості чітко виявити причини, які викликають негативний вплив.

Наслідком забрудненості повітря замкнутих приміщень є скарги людей на частий головний біль, слабкість і погане самопочуття (так званий «синдром закритих приміщень») [1–5]. Не менш важливу роль у формуванні внутрішнього середовища приміщень відіграють і продукти життєдіяльності лю-

дини, що виділяються в атмосферне повітря приміщень, – це близько 400 хімічних сполук [1–5].

Якість повітряного середовища неventильованих приміщень погіршується пропорційно числу осіб і часу їх перебування в приміщенні й містить диметиламін, сірководень, двооксид азоту, оксид етилену, бензол, оцтову кислоту, фенол, метилстирол, толуол, метанол, вінілацетат, ацетон, метилетилкетон, бутилацетат, бутан, метилацетат. Перебування в таких умовах навіть протягом двох-чотирьох годин негативно позначається на показниках розумової працездатності працюючих [1–5], а це, у свою чергу, пов'язано з аероіонним складом повітря.

У літературі [6–9] пропонується знижувати концентрації аероіонів шляхом додаткової іонізації повітря, але не розглядаються питання впливу на працюючих речовин, що можуть утворитися під дією іонізаторів. Не приділено достатньої уваги впливу електромагнітних полів технологічного устаткування на утворення або рекомбінацію наявних у повітрі аероіонів – вважається, що електромагнітні поля знижують їх концентрацію, але такий висновок можна піддавати сумніву.

На теперішній час слід вести мову про автоматизовані системи вентиляції, що дозволяють покращити умови праці й забезпечити зниження витрат на енергоносії. Встановлення приладів та устаткування з відповідним програмним забезпеченням спрощує й здешевлює процес їх інтеграції до складних систем, а самі системи вентиляції стають функціонально більш гнучкими та надійними.

У зв'язку з вищевикладеним, необхідно розробити підходи для визначення рівнів шкідливого впливу позитивних і негативних аероіонів для можливості розрахунку ймовірності виникнення різних захворювань, які впливають на самопочуття, працездатність і здоров'я працюючих, а також запропонувати шляхи зменшення вищезазначеного впливу.

Мета роботи – провести розрахунок імовірнісного шкідливого впливу комплексів «аероіон–хімічна речовина» на працюючих у замкнутих приміщеннях із застосуванням методології оцінки ризиків.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Для реалізації поставленої мети були класифіковані причини та чинники утворення аероіонів за їх природою й походженням (рис. 1).



Рисунок 1 – Класифікація чинників і причин утворення аероіонів

Найбільш численну групу причин і чинників виникнення аероіонів становлять природні чинники й причини їх появи – постійної та періодичної дії. Лінії тектонічних розламів є джерелом внутрішньоземного електромагнітного випромінювання (поля), меншого за потужністю порівняно з потужністю електромагнітного випромінювання Сонця, але, проте, можуть виступати як ініціатори іонізації ато-

мів і молекул, що містяться в атмосферному повітрі, з наступним утворенням аероіонів. Джерелом жорсткого ультрафіолетового (УФ) випромінювання є також Сонце. Випромінювання не затримується приземними шарами страто- й атмосфери, виступаючи причиною фотохімічних перетворень атмосферних атомів і молекул, приводячи в результаті до утворення аероіонів. Поклади урановмістких руд висту-

пають як джерело іонізації через наявність радіоактивного α -, β -, γ -випромінювання.

Радон (Rn) міститься в ґрунтах і природних водах, особливо підземних. Будучи джерелом α -випромінювання, радон накопичується в підвальних житлових і виробничих приміщеннях, створює природний фон і, маючи енергію іонізації 10,75 еВ, також додає свого внеску в процес утворення аеріонів.

Чинники періодичної дії (рис. 1) є причиною сплеску концентрацій аеріонів під впливом фізико-хімічних природних чинників, яке спрогнозувати практично неможливо. Слід зазначити, що наявність забруднюючих хімічних речовин у повітрі навколишнього зовнішнього й внутрішнього середовища приміщень накладає істотний відбиток на можливий аеріонний склад (табл. 1) різної природи – як неорганічної, так і органічної.

Таблиця 1 – Хімічні речовини зовнішнього атмосферного повітря як джерела утворення аеріонів

Назва	Хімічна формула	Вміст, мг/м ³
Неон	Ne	14,9
Гелій	He ₂	0,85
Криптон	Kr	3,43
Ксенон	Xe	0,429
Озон	O ₃	0,0004 (періодично)
Метан	CH ₄	0,656
Вуглеводні	C _x H _y	0,008–0,123
Оксид вуглецю	CO	0,05–15,0
Закис азоту	N ₂ O	0,90
Оксиди азоту	NO _x (NO + NO ₂)	0,003–0,30
Аміак	NH ₃	0,0003–0,0010
Двооксид сірки	SO ₂	0,005–0,008
Сірководень	H ₂ S	0,0007–0,0010
Органічні речовини (газоподібні)	R-[CH] _n -[CO] _m	0,0025–0,040

При цьому, залежно від наявності промислового навантаження в населених пунктах, у повітрі приміщень можуть міститися наступні речовини з відповідними концентраціями: оксид вуглецю – 10–15 мг/м³; формальдегід – 0,025–0,037 мг/м³; оксид азоту – 0,12–0,62 мг/м³; двооксид азоту – 0,35–0,44 мг/м³; бензол – 0,005–0,07 мг/м³; меркаптани – 0,006–0,01 мг/м³; оксиди сірки – 0,027–0,15 мг/м³.

Порівнюючи дані табл. 1 і значення концентрацій забруднюючих речовин у замкнутих приміщеннях, можна зробити однозначний висновок, що хімічна небезпека для людини від токсичних сполук і пилу в цих приміщеннях може перевищувати небезпеку від впливу зовнішніх забруднюючих речовин.

Таким чином, із використанням критеріїв токсичності, концентрацій і часу впливу можна визначити пріоритетність шкідливого впливу аеріонів, присутніх у повітряному середовищі замкнених виробничих приміщень, на здоров'я працюючих.

Відомо, що під впливом негативних аеріонів зменшується швидкість осідання еритроцитів, а позитивні аеріони її збільшують; під впливом негативних аеріонів знижується згортання крові й збільшується її в'язкість, а під впливом позитивних аеріонів спостерігаються зворотні явища; негативні аеріони збільшують число еритроцитів і зменшують число лейкоцитів; позитивні аеріони – навпаки [6–9]. Вихід за межі санітарно-гігієнічних норм негативних аеріонів викликає збільшення вмісту в крові продуктів білкового розпаду і, відповідно, стимулює сечовиділення, також відзначається підвищення кількості цукру в крові; у хворих на діабет, навпаки, – його виразне зниження. У непривітряваних приміщеннях присутній надлишок позитивних і брак негативних аеріонів, що є в більшості випадків причиною підвищеної стомлюваності, втрати апетиту, головного болю, безсоння, слабкості, запаморочення, ослаблення пам'яті [10–12].

Відтак, актуальним стає питання визначення ступеня шкідливого впливу аеріонів, утворених хімічними забруднюючими речовинами, що надійшли до приміщень ззовні та самостійно утворились за рахунок виникнення коронного, іскрового розрядів від технологічного обладнання й устаткування та внаслідок взаємодії аеріонів різних полярностей або приєднання чи відриву електронів від атомів і молекул.

У зв'язку із викладеним вище необхідно зазначити, що на теперішній час не існує підходів до визначення ступенів ризику впливу аеріонів на працюючих у замкнених приміщеннях. Аналіз літературних джерел і виконані власно багаточисельні розрахунки показали, що для оцінки ймовірності (ризiku) шкідливого впливу аеріонів можна застосовувати методичні рекомендації «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» (наказ МОЗ України № 184 від 13.04.2007 р.). При цьому встановлюється ступінь ризику при дії того або іншого аеріону незалежно від його природи чи структури на момент проведення оцінки стану приміщення – все базується лише на величинах концентрацій аеріонів/речовин у приміщенні:

$$R_{kj} = A e^{B e^{D_{kj}}}, \quad (1)$$

де R_{kj} – ризик k -го етапу за j -им компонентом виробничого середовища; A , B – константи, $4,99 \cdot 10^{-6}$ і $-7,577$ відповідно; D_{kj} – величина, що визначається відповідно до k -го етапу розрахунку ризику за j -им компонентом за виразом

$$D_{kj} = -e^{I_{kj}^{-1}}, \quad (2)$$

де I_{kj} – індекс забруднення за j -им компонентом виробничого середовища для k -го етапу розрахунку ризику (табл. 2).

Таблиця 2 – Визначення індексу забруднення повітря виробничих приміщень

Компонент середовища	Перший етап ($k=1$)		Другий етап ($k=2$)	
	Вихідні дані	Розрахункова залежність I_{kj}	Вихідні дані	Розрахункова залежність I_{kj}
Повітря приміщення ($j=1$)	$KП$ – кратність перевищення нормативів	$0,25 \cdot KП$	$ПЗ_i$ – показник забруднення i -ю речовиною повітря приміщення, %	$0,0025 \cdot ПЗ_i$

Для визначення ступеня впливу позитивних і негативних аероіонів на ймовірність виникнення захворювань авторами даної роботи запропоновано вираз для оцінки ризику щодо впливу деяких поширених повітряних токсикантів для умов замкнених виробничих/навчальних приміщень:

$$Risk = (1 - e^{-\beta C_i \lambda}) N \tau 10^{-6}, \quad (3)$$

де $Risk$ – ризик (ймовірність) виникнення захворювань (або додаткової кількості захворювань) певної нозологічної групи; β – коефіцієнт впливу аероіонів конкретної хімічної структури; C_i – концентрація аероіонів на момент оцінки, іонів/м³; N – кількість працюючих, що піддаються впливу аероіонів; τ – час впливу аероіонів, години; 10^{-6} – величина індивідуального ризику; λ – частка концентрації конкретної забруднюючої речовини в загальній кількості забруднюючих речовин для даного приміщення.

Слід відзначити, що ніяким чином не вдається до останнього часу врахувати індивідуальні особливості організму, тому час прояви ознак захворювання може бути нетривалим, а може розтягнутись на роки (так званий «період пролонгації»).

Вплив шкідливих речовин на здоров'я людини є процесом контакту одного чи декількох прикордонних бар'єрів організму з чинником (чинниками) забруднення оточуючого середовища у певній концентрації (концентраціях) протягом певного періоду [6].

Безперечно, найважливішим параметром, який відображає вплив хімічної речовини на організм, є доза, оскільки вона безпосередньо вказує на кількість забруднювача, якому властивий ефект потенціювання стосовно органу-мішені [2].

Деякі дослідники [1–4] описували транспортування хімічних речовин до організму як двоетапний окремий процес: надходження та поглинання. Але ці два процеси розглядаються частіш за все як послідовні процеси – так легше визначити дозу речовини,

що надійшла до організму.

У випадку з оцінкою впливу аероіонів надходження та поглинання слід розглядати як послідовно-паралельний процес. При цьому слід урахувати наступні показники:

- концентрація забруднювача в повітряному середовищі приміщення;
- кількість утворених аероіонів;
- частка такого ж самого забруднювача, що надійшла до приміщення ззовні через припливну вентиляцію;
- маса тіла працюючого;
- час перебування людини в приміщенні;
- швидкість дихання або добовий обсяг споживання повітря в приміщенні; частота й тривалість впливу (250 днів/рік, виходячи з п'ятиденного робочого тижня та 50 робочих тижнів на рік).

Період опосередкування експозиції можна не враховувати, оскільки час життя аероіонів складає 10^{-18} – 10^{-17} с. У загальному випадку мову слід вести все ж про вплив хімічних речовин, що знаходяться у виробничому/навчальному приміщенні [6].

Для оцінки ймовірності шкідливого впливу аероіонів, присутніх у виробничих приміщеннях, на стан здоров'я працюючих прийнято припущення, що наявність концентрації шкідливої речовини у повітрі приміщення ідентична вмісту аероіонів – скільки утворилось аероіонів, стільки ж рекомбінувало (стан квазірівноваги, якщо розглядати дане приміщення як ізольовану динамічну систему).

Отримані результати з розрахунку на одного працюючого при восьмигодинному перебуванні у приміщенні з урахуванням оцінки процентного внеску кожної речовини в загальну концентрацію, приведені в табл. 3–7 (концентрація негативних аероіонів – 1009 іон/м³; позитивних – 600 іон/м³, вентиляція не працює).

Таблиця 3 – Ризик шкідливого впливу аероіонів, утворених оксидом вуглецю, протягом восьмигодинного перебування у виробничому приміщенні

Захворювання	Шкідливий ефект (негативні аероіони)	Коефіцієнт впливу CO ₂ , β
Астма	$7,12 \cdot 10^{-6}$	0,0032
Пневмонія	$1,24 \cdot 10^{-2}$	0,0528
Обструктивна хвороба легень	$1,55 \cdot 10^{-2}$	0,025
Порушення ритму серцевої діяльності	$1,14 \cdot 10^{-2}$	0,0573
Хвороби кровообігу	$1,5 \cdot 10^{-2}$	0,034
Хвороби кровотворення	$2,64 \cdot 10^{-7}$	0,017
Ішемічна хвороба серця	$1,71 \cdot 10^{-6}$	0,000467
Серцево-судинні захворювання	$1,37 \cdot 10^{-7}$	0,0127
Анемії	$3,52 \cdot 10^{-5}$	0,0139

Таблиця 4 – Ризик шкідливого впливу аероіонів, утворених двооксидом азоту, протягом восьмигодинного перебування у виробничому приміщенні

Захворювання	Шкідливий ефект (негативні аероіони)	Коефіцієнт впливу NO ₂ , β
Респіраторні захворювання	$3,2 \cdot 10^{-6}$	0,00378
Інфекційні респіраторні захворювання	$7,68 \cdot 10^{-6}$	0,000172
Пневмонія	$6,48 \cdot 10^{-4}$	0,00169
Хвороби кровообігу	$3,36 \cdot 10^{-4}$	0,00264
Ішемічна хвороба серця	$8 \cdot 10^{-6}$	0,00318

Таблиця 5 – Ризик шкідливого впливу аероіонів, утворених киснем, протягом восьмигодинного перебування у виробничому приміщенні

Захворювання	Шкідливий ефект (негативні аероіони)	Коефіцієнт впливу O ₃ , β
Усі респіраторні захворювання	$4,4 \cdot 10^{-6}$	0,00498
Астма	$5,92 \cdot 10^{-6}$	0,0025
Обструктивна хвороба легень	$7,44 \cdot 10^{-6}$	0,003
Інфекції респіраторних шляхів	$7,6 \cdot 10^{-6}$	0,00198
Пневмонія	$7,28 \cdot 10^{-6}$	0,0037
Хвороби серця	$1 \cdot 10^{-6}$	0,00531
Порушення серцевого ритму	$5,36 \cdot 10^{-6}$	0,00168
Бронхіт	$4,48 \cdot 10^{-7}$	0,0231
Анемії	$1,16 \cdot 10^{-6}$	0,0019

Таблиця 6 – Ризик шкідливого впливу аероіонів, утворених двооксидом сірки, протягом восьмигодинного перебування у виробничому приміщенні

Захворювання	Шкідливий ефект (негативні аероіони)	Коефіцієнт впливу SO ₂ , β
Астма	$4,17 \cdot 10^{-6}$	0,00446
Пневмонія	$4,45 \cdot 10^{-6}$	0,00143
Обструктивна хвороба легень	$8,64 \cdot 10^{-10}$	0,0536
Порушення ритму серцевої діяльності	$6,32 \cdot 10^{-6}$	0,00136
Втрата працездатності	$3,66 \cdot 10^{-6}$	0,0046
Хвороби кровотворення	$7,18 \cdot 10^{-6}$	0,000737
Ішемічна хвороба серця	$5,92 \cdot 10^{-6}$	0,00177
Серцево-судинні хвороби	$6,72 \cdot 10^{-6}$	0,00102
Бронхіт	$1,04 \cdot 10^{-12}$	0,0931

Таблиця 7 – Ризик шкідливого впливу аероіонів, утворених кремніймістким пилом (вміст SiO₂ у завислих речовинах 30–70 %), протягом восьмигодинного перебування у виробничому приміщенні

Захворювання	Шкідливий ефект (негативні аероіони)	Коефіцієнт впливу завислих речовин, β
Астма	$1,17 \cdot 10^{-6}$	0,00321
Пневмонія	$7,34 \cdot 10^{-6}$	0,000498
Обструктивна хвороба легень	$1,52 \cdot 10^{-6}$	0,0033
Порушення ритму серцевої діяльності	$3,54 \cdot 10^{-6}$	0,00136
Хвороби кровообігу	$5,00 \cdot 10^{-6}$	0,000741
Загальні респіраторні захворювання	$8,72 \cdot 10^{-6}$	0,000147
Ішемічна хвороба серця	$4,06 \cdot 10^{-7}$	0,000496
Серцево-судинні хвороби	$4,34 \cdot 10^{-6}$	0,00102
Хронічний бронхіт	$2,95 \cdot 10^{-8}$	0,00932

Аналіз даних розрахунків свідчить, що відсутність вентилявання приміщення сприяє формуванню чинників, що сприяють виникненню захворювань або відхилень у стані здоров'я: основна маса забруднюючих речовин, що утворюють аеріони,

$$W = a_1 \sum_{j=1}^m \frac{C_{1j}}{D_{1j} k_{1j}} N_1 + a_2 \sum_{j=1}^m \frac{C_{2j}}{D_{2j} k_{2j}} N_2 + \dots + a_n \sum_{j=1}^m \frac{C_{nj}}{D_{nj} k_{nj}} N_m, \quad (4)$$

де a_n – ваговий коефіцієнт, який ураховує внесок i -ї речовини в сумарний ризик; k_{ij} – відносний коефіцієнт вікової чутливості, величина якого визначається експертно-аналітичним методом самим дослідником у частках одиниці для кожної з виділених вікових категорій, на які населення розбивається в рамках дослідження; C_{ij} – концентрація аеріонів обох полярностей, що утворюють комплекси з хімічними речовинами; D_{ij} – відповідні нормативні значення для аеріонів обох полярностей; N_j – частки j -ї вікової категорії у загальній кількості працюючих.

Отже, в кінцевому результаті оцінку ризику шкідливого впливу аеріонів у повітрі виробничих приміщень можна описати наступним чином:

$$Risk = (1 - e^{-\beta \cdot C_i \lambda}) N \tau W 10^{-6}. \quad (5)$$

Таким чином, для вирішення проблеми зниження шкідливого впливу комплексів «аеріон–хімічна речовина», що знаходяться в атмосферному повітрі виробничих приміщень, необхідно створення математичних моделей, в яких враховуватимуться всі чинники формування комфортності, а також величини ризиків залежно від хімічного складу повітря. Їх розв'язання потребує проектування та випробування автоматизованих вентиляційних систем, які дозволять оперативно враховувати зміну всіх мікрокліматичних параметрів, своєчасно отримувати інформацію про стан технічних засобів і систем життєзабезпечення, створювати умови для ефективного контролю та управління основними фізичними чинниками повітряного середовища в нестандартних приміщеннях. При цьому обов'язковою є оцінка енергоспоживання електродвигунів, що забезпечують працездатність зазначених систем, а також можливість зниження енерговитрат завдяки наявності датчиків, які реагують на зміну в часі будь-якого мікрокліматичного параметру. Це передбачає розробку працездатної ефективної системи виробничого моніторингу для будь-яких технологічних процесів і виробництв.

ВИСНОВКИ. Таким чином, встановлено, що основна маса аеріонів, що утворюються в замкнутих виробничих приміщеннях, формують комплекси з хімічними речовинами та чинять негативний вплив на комфортність і стан здоров'я працюючих, перевищуючи нормативне значення індивідуального ризику $1 \cdot 10^{-6}$.

Створення комфортних умов можливо лише за наявності у приміщеннях систем вентиляції, що забезпечує також відповідний температурний і вологісний режими.

Потребує подальших досліджень питання враху-

вання індивідуального ризику, який перевищує нормативне значення $1 \cdot 10^{-6}$. Для врахування вікової чутливості працюючих у виробничих приміщеннях пропонується ввести показник патологічних впливів:

вання індивідуальної чутливості працюючих залежно від віку та часу перебування у виробничих приміщеннях залежно від наявності технологічного обладнання, оскільки можливі іскрові розряди, електричні та електромагнітні поля устаткування є як джерелом додаткового утворення аеріонів різних полярностей, так і умовою рекомбінації аеріонів, що сприяє зниженню негативного впливу комплексів «аеріон–хімічна речовина» на організм людини.

Окремому дослідженню підлягає питання встановлення механізмів виникнення аеріонів і їх впливу на окремі тканини, органи та системи людини.

Необхідним є створення ефективної системи виробничого моніторингу, яка дозволить поєднати в собі регулювання мікрокліматичних параметрів виробничого середовища та прогностичне оцінювання ризиків дисбалансу в комплексі «комфортність виробничого середовища–ймовірність виникнення професійних захворювань».

ЛІТЕРАТУРА

1. Черный К.А. Моделирование системы «аэрозольные частицы–аэроионы» воздуха рабочей зоны машиностроительного производства // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2016. – Т. 18, № 2. – С. 170–186.
2. Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А. и др. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.
3. Общая токсикология / Под ред. Б.А. Курляндского, В.А. Филова. – М.: Медицина, 2002. – 608 с.
4. Большаков А.М., Крутько В.Н., Пуцилло Е.В. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 254 с.
5. Губернский Ю.Д., Лицкевич В.К. Жилище для человека. – М.: Стройиздат, 1991. – 227 с.
6. Файнбург Г.З. Введение в аэроэкологию: Воздушная среда и здоровье человека. Серия: Условия труда. – Вып. 1. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Пермь: Пермский государственный технический университет, 2005. – 104 с.
7. Теоретическое исследование процессов переноса аэроионов в потоках воздуха в помещениях специального назначения МЧС Украины / А.И. Толкунов, И.И. Попов, В.В. Барбашин // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2010. – Вип. 11. – С. 137–145.
8. Air ion behavior in ventilated rooms / L.A. Fletcher, C.J. Noakes, P.A. Sleight et al. // Indoor and Built

Environment. – 2008. – Iss. 17 (2). – PP. 173–183.

9. Метод і засоби контролю та управління якістю повітряного середовища у приміщеннях: монографія / С.В. Сукач, Ю.І. Шульга. – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2013. – 192 с.

10. Критерии оценки риска для здоровья населения приоритетных химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Методические рекомендации. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина, ММА

им. И.М. Сеченова, ЦГСЭН в г. Москве, 2000 г. – 53 с.

11. Biosensors for Direct Monitoring of Environmental Pollutants in Field / Ed. D.P. Nikolelis, U. Krull. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1998, Vol. 68, PP. 1–15. (NATO ASI Ser.).

12. Шилкин А.А., Губернский Ю.Д., Миرون А.М. Аэроионный режим в гражданских зданиях. – М.: Стройиздат, 1988. – 168 с.

ASSESSMENT AND MINIMIZATION WAYS OF PROBABILITY EXPOSURE COMPLEX "AIR ION-CHEMICALS" IN THE AIR OF CLOSED INDUSTRIAL PREMISES

T. Kozlovskaya, S. Sukach, O. Kravets

Kremenchuk Mykhailo Ostohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: kozlovskaya5819@gmail.com; sergvs68@mail.ru

Purpose. The paper analyzes the harmful factors of external and internal environment of the production facilities. The necessity to create the comfortable conditions for the human life activity in the various premises is based on the complex dynamic system of relationships, interaction and interconversion of various factors of physical, chemical and biological nature, one of which is air-ion formula. It was shown that the air-ion formula of premise has the harmful effect on the physiological characteristics of the human organism – exuded metabolism products: the emergence of additional quantities of carbon dioxide, ammonia, hydrogen sulfide, in some cases – organic materials such as aldehydes, acids, alcohols, etc., especially if the person staying in the premise, has a chronic diseases. **Results.** With the use of the risk assessment methodology we have defined the "dose-effect" and the risks value dependences for the most common air pollutant of the industrial premises. **Originality.** It is proposed to determine the diseases formation probability with the use of a residence time in the premises, aero-ion content in a given volume and the coefficients of harmful effect. **Practical value.** The proposed approach for the risk assessment allows to predict the change in air state of the closed production facilities taking into account the number of employees and the lifetime of air ions. References 12, figures 1, tabl. 7.

Key words: chemicals, air ions, atmospheric air, risk, adverse effects, harmful effect.

REFERENCES

1. Chernyi, K.A. (2016), "Simulation system "aerosol particle-air ions", air zone servant eyes engineering production", *Transaction of Perm National Research Polytechnic University*, Vol. 18, no. 2, pp. 170–186. (in Russian)

2. Onischenko, G.G., Novikov, S.M., Rahmannin, Yu.A. et al. (2002), *Osnovy otsenki riska dlya zdorovya naseleniya pri vozdeystvii himicheskikh veschestv, zagryaznyayuschih okruzhayuschuyu sredu* [Based on risk assessment to human health when exposed to chemicals that pollute the environment], NII ECh i GOS, Moscow. (in Russian)

3. Kurlyandskiy, B.A. and Filov, V.A. (2002), *Obshchaya toksikologiya* [General Toxicology], Meditsina, Moscow. (in Russian)

4. Bolshakov, A.M., Krutko, V.N. and Putsillo, E.V. (1999), *Otsenka i upravlenie riskami vliyaniya okruzhayuschey sredy na zdorovye naseleniya* [Assessment and management of the impact of environmental risks to health the population], Editorial URSS, Moscow. (in Russian)

5. Gubernskiy, Yu.D. and Litskevich, V.K. (1991), *Zhilische dlya cheloveka* [Residence for human], Stroyizdat, Moscow. (in Russian)

6. Faynburg, G.Z. (2005), *Vvedenie v aerovaleologiyu: Vozdushnaya sreda i zdorovye cheloveka. Seriya "Usloviya truda"* [Introduction to valeology: Air environment and human health. Series: Working conditions], Vol. 1, Perm State Technical University, Perm. (in Russian)

7. Tolkunov, A.I., Popov, I.I. and Barbashin, V.V. (2010), "Theoretical study of the transport processes of

ions in the air flows in rooms Special Ministry of Emergencies", *Problems Emergencies*, Vol. 11, pp. 137–145. (in Russian)

8. Fletcher, L.A., Noakes, C.J., Sleight, P.A. et al. (2008), "Air ion behavior in ventilated rooms", *Indoor and Built Environment*, Vol. 17, no. 2, pp. 173–183.

9. Sukach, S.V. and Shulga, Yu.I. (2013), *Metod i zasobi kontrolyu ta upravlinnya yakisty povitryanogo seredovischa u primischennyah: monografiya* [The method and means of control and quality of ambient air in rooms: monograph], PP Scherbatih O.V., Kremenchuk. (in Ukrainian)

10. *Kriterii otsenki riska dlya zdorovya naseleniya prioritetnykh himicheskikh veschestv, zagryaznyayuschih okruzhayuschuyu sredu / Metodicheskie rekomendatsii* (2000), [Criteria for assessment of risk to public health priority chemicals that pollute the environment, methodical recommendations], NII ECh i GOS im. A.N. Syisina, MMA im. I.M. Sechenova, TsGSEN, Moscow. (in Russian)

11. Biosensors for Direct Monitoring of Environmental Pollutants in Field (1998), ed. D.P. Nikolelis and U. Krull. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., (NATO ASI Ser.), Vol. 68, pp. 1–15.

12. Shilkin, A.A., Gubernskiy, Yu.D. and Mironov, A.M. (1988), *Aeroionnyy rezhim v grazhdanskih zdaniyah* [Aeroions regime in civilian buildings], Stroyizdat, Moscow. (in Russian)

Стаття надійшла 31.08.2016.