

ГІГІЄНА АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

AMBIENT AIR HYGIENE

<https://doi.org/10.32402/hygiene2025.75.011>
УДК 614.71:[661.493:546.33]:615.099-047.44

ОЦІНКА ПОДРАЗНЮЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ОБГРУНТУВАННЯ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ НАТРІЮ ПЕРКАРБОНАТУ У ПОВІТРІ РОБОЧОЇ ЗОНИ

Кузьмінов Б.П., Зазуляк Т.С., Кузьмінов О.Б., Лукасевич Н.Ф.

*Державне некомерційне підприємство «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького», м. Львів, Україна
kuzminovborys@gmail.com*

*Кузьмінов Б.П.: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8693-1046>
Зазуляк Т.С.: ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5896-0475>
Кузьмінов О.Б.: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0786-8676>
Лукасевич Н.Ф.: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0610-1254>*

Мета. Оцінка подразнюючих властивостей і обґрунтування гранично допустимої концентрації натрію перкарбонату у повітрі робочої зони.

Об'єкт і методи дослідження. Натрію перкарбонат. Методи досліджень – токсиколого-гігієнічні, гематологічні, біохімічні, статистичні.

Результати дослідження та їх обговорення. Представлені результати оцінки подразнюючих властивостей натрію перкарбонату, який широко застосовується як екологічний кисневий відбілювач, плямовивідник, дезінфектор та очисник в побуті, промисловості (текстильній, хімічній, косметичній) медицині та сільському господарстві. Робота була проведена на білих щурах-самках, яким інтраназально вводили натрію перкарбонат в дозах, що відповідали в перерахунку на концентрації 90 мг/м³, 30 мг/м³ та 10 мг/м³. Визначення гематологічних і біохімічних показників, поведінкових реакцій і клітинного складу бронхоальвеолярного лаважу проводили на першу та третю добу після введення. Встановлено, що поріг однократної інгаляційної дії за загальнотоксичним ефектом складає 90 мг/м³, про що свідчать зміни гематологічних показників та поведінкових реакцій тварин при інтраназальному введенні натрію перкарбонату. Концентрацію 30 мг/м³ можна вважати порогом подразнюючої дії, оскільки вплив натрію перкарбонату на цьому рівні викликав значимі зміни у співвідношенні клітинних елементів бронхоальвеолярного лаважу та вагового коефіцієнту легень. Натрію перкарбонат викликає порушення функціонального стану дихальної системи у концентрації, які знаходяться нижче порогу інгаляційної дії за загальнотоксичним ефектом і відноситься до речовин зі специфічною подразнюючою дією. З врахуванням порогу та зони подразнюючої дії натрію перкарбонату розраховано гранично допустиму концентрацію у повітрі робочої зони.

Висновки. Натрію перкарбонат відноситься до речовин зі специфічною подразнюючою дією.

Гранично допустима концентрація натрію перкарбонату у повітрі робочої зони рекомендується на рівні 2 mg/m^3 , аерозоль, 3 клас небезпечності, позначка П – подразнююча дія.

Ключові слова. Натрію перкарбонат, подразнюючі властивості, гранично допустима концентрація, повітря робочої зони.

EVALUATION OF IRRITANT PROPERTIES AND JUSTIFICATION FOR THE MAXIMUM PERMISSIBLE CONCENTRATION OF SODIUM PERCARBONATE IN THE AIR OF THE WORKING AREA

B.P. Kuzminov, T.S. Zazulyak, O.B. Kuzminov, N.F. Lukashevich

State non-profit enterprise "Danylo Halytsky Lviv National Medical University", Lviv, Ukraine

Objective. *To evaluate the irritating properties and justify the maximum permissible concentration of sodium percarbonate in the air of the working area.*

Object and methods of research. *Sodium percarbonate. Research methods – toxicological hygienic, hematological, biochemical, statistical.*

Research results and discussion. *The results of the assessment of the irritating properties of sodium percarbonate, which is widely used as an environmentally friendly oxygen bleach, stain remover, disinfectant, and cleaner in everyday life, industry (textile, chemical, cosmetic), medicine, and agriculture, are presented. The study was conducted on female white rats, which were intranasally administered sodium percarbonate in doses corresponding to concentrations of 90 mg/m^3 , 30 mg/m^3 , and 10 mg/m^3 .*

Determination of hematological and biochemical parameters, behavioral responses and cellular composition of bronchoalveolar lavage were performed on the first and third days after administration. It was determined that the threshold for a single inhalation of sodium in terms of general toxic effect is 90 mg/m^3 , as evidenced by changes in hematological parameters and behavioral responses of animals following intranasal administration of sodium percarbonate. A concentration of 30 mg/m^3 can be considered the threshold for irritation, since the effect of sodium percarbonate at this level caused significant changes in the ratio of cellular elements in bronchoalveolar lavage and the weight coefficient of the lungs. Sodium percarbonate causes disturbances in the functional state of the respiratory system at concentrations below the threshold of inhalation action in terms of general toxic effect and is classified as a substance with a specific irritant effect. Taking into account the threshold and zone of irritant action of sodium percarbonate, the maximum permissible concentration in the air of the working area has been calculated.

Conclusions. *Sodium percarbonate is classified as a substance with specific irritant effects. The maximum permissible concentration of sodium percarbonate in the air of the working area is recommended at 2 mg/m^3 , aerosol, hazard class 3, mark I – irritant effect.*

Keywords. *Sodium percarbonate, irritant properties, maximum permissible concentration, air in the working area.*

Натрію перкарбонат є аддуктом карбонату натрію та перекису водню і широко застосовується як екологічний кисневий відбілювач, плямовивідник, дезінфектор та очисник в побуті, промисловості (текстильний, хімічний, косметичний) медицині та сільському господарстві завдяки його здатності виділяти кисень при контакті з водою. Він ефективний проти органічних плям, цвілі, бактерій і використовується для прання, прибирання, дезінфекції поверхонь, а також у виробництві засобів для догляду за шкірою та порошків для миття посуду [1].

Існуючі дані щодо гострої токсичності на тваринах показують, що при пероральному та дермальному впливі натрію перкарбонат відноситься до речовин помірно небезпечних

(3 клас небезпечності). Значення середньої смертельної дози (DL_{50}) при пероральному введенні коливається від 1034 мг/кг до 2200 мг/кг, DL_{50} при дермальному впливі перевищує 2000 мг/кг. Натрію перкарбонат не проявляв сенсibiliзаційних властивостей у випробуваннях на мурчаках. Системних ефектів при субхронічному і хронічному впливі натрію перкарбонату не очікується

Повідомлялося про подразнюючий ефект речовини на шкіру і сильну подразнюючу дію на слизові оболонки очей кроликів [2].

При гострому інгаляційному впливі натрію перкарбонату в діапазоні концентрацій від 309 мг/м³ до 805 мг/м³ загибелі білих мишей-самців не спостерігалось, але у тварин всіх дослідних груп зменшувалась частота дихання [3].

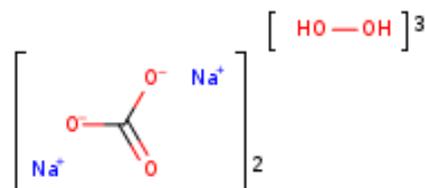
Симптоми ураження дихальної системи, шкіри та слизових оболонок очей можуть свідчити про наявність у натрію перкарбонату специфічних подразнюючих властивостей, що необхідно враховувати при обґрунтуванні гранично допустимої концентрації (ГДК) промислових речовин у повітрі робочої зони

Мета роботи. Оцінка подразнюючих властивостей і обґрунтування ГДК натрію перкарбонату у повітрі робочої зони.

Об'єкт і методи досліджень. Об'єктом дослідження був натрію перкарбонат. Реєстраційний номер CAS 15630-89-4.

Молекулярна формула: $2 \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}_2$

Структурна формула:



За агрегатним станом натрію перкарбонат – безбарвний кристалічний порошок без запаху. Щільність 2,14 г/см³ (при 20°C); відносна молекулярна маса 314,02; точка кипіння 296°C; точка плавлення 140°C. Розчинність у воді 140 г/л при 20°C.

Робота була проведена відповідно до вимог методичних вказівок МВ № 2196-80 [4] на білих щурах-самках, які утримувались в умовах віварію Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького. Тварини отримували стандартний гранульований корм з необмеженим доступом до питної води. Під час проведення досліджень на тваринах дотримувались принципів біоетики, законодавчих норм та вимог згідно з положеннями «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та наукових цілей» [5] та «Порядком проведення науковими установами дослідів, експериментів на тваринах» [6].

Результати дослідження та їх обговорення. Показником вираженості подразнюючих властивостей промислових речовин слугує величина порога подразнюючої дії (Lim_{ir}), яка є одним із параметрів токсикометрії, який необхідно враховувати при гігієнічній регламентації, особливо при встановленні ГДК вибірково діючих подразників.

Для встановлення порогової концентрації натрію перкарбонату за умов однократного інгаляційного надходження проведено дослід, який передбачав вивчення особливостей впливу препарату на гематологічні і біохімічні показники, а також дослідження функціонального стану дихальної системи. Речовину вводили інтраназально білим щурам-

самкам в дозах, що відповідало в перерахунку на концентрації 90 мг/м³, 30 мг/м³ та 10 мг/м³. Визначення показників проводили на першу та третю добу після введення.

Ознак гострого отруєння та загибелі тварин після інтраназального введення не спостерігалось. Розрахункова середня смертельна концентрація (CL₅₀) натрію перкарбонату становить 5168 мг/м³. У крові тварин дослідних груп, що піддавались впливу сполуки в концентраціях 30 мг/м³ та 90 мг/м³ спостерігався вірогідний, порівняно з показниками тварин контрольної групи, зсув вліво вмісту базофілів. Більш високий рівень впливу викликав зниження рівня лімфоцитів та збільшення вмісту еозинофілів. При надходженні речовини в концентрації 10 мг/м³ гематологічні показники тварин були на рівні показників контролю (табл. 1).

Таблиця 1. Гематологічні показники білих щурів-самок при однократному інтраназальному введенні натрію перкарбонату.

Показник	Концентрація			
	контроль	10 мг/м ³	30 мг/м ³	90 мг/м ³
Еритроцити, Т/л	5,42±0,24	5,41±0,4	5,22±0,15	4,14±0,29
Лейкоцити, Г/л	6,86±0,42	6,62±0,4	6,38±0,34	6,8±0,46
Базофіли, %	0 (0-0,5)	0,5 (0-0,5)	1,1 (0,8-1)*	1,5 (1-1,7)*
Еозинофіли, %	0,4±0,17	0,2±0,22	0,4±0,27	0,6±0,12*
Палочкоядерні, %	6,6±0,57	6,2±1,19	6,4±0,57	6,8±0,42
Сегментоядерні, %	23,8±3,07	26,2±2,27	23,8±3,19	25,8±1,52
Моноцити, %	2,4±0,45	1,8±0,42	2,2±0,65	2,4±0,57
Лімфоцити, %	53,4±1,58	52,8±2,41	54,6±4,13	48,1±1,10*

Примітка: * – достовірні відмінності від показників інших груп (p≤0,05).

Змін біохімічних показників у крові експериментальних тварин порівняно із групою контролю не зафіксовано. Також не відзначено вірогідно виражених міжгрупових відмінностей для більшості показників маси внутрішніх органів та коефіцієнтів їх мас. Однак, встановлено вірогідно вищі показники коефіцієнта маси легень у щурів дослідних груп (концентрації 90 мг/м³ та 30 мг/м³).

Горизонтальна рухова і вертикальна активність після однократного інтраназального впливу натрію перкарбонату в групі експериментальних тварин порівняно із групою контрольних тварин не мала достовірних відмінностей.

Зміни емоціогенної напруги у експериментальних тварин після експозиції натрію перкарбонату в концентрації 90 мг/м³ знайшли відображення в зміні тривалості і частоти грумінгу. У щурів даної групи посилення дослідницької активності було значимо вище у порівнянні з тваринами контрольної групи (p<0,05). Зміни дефекації і уринації у всіх тварин експериментальних груп були незначні.

Препарат в концентраціях 30 мг/м³ та 10 мг/м³ не викликав достовірних змін досліджених показників порівняно з контрольною групою.

Для оцінки пневмотоксичного ефекту натрію перкарбонату були проведені дослідження показників бронхоальвеолярного лаважу (БАЛ).

Аналіз отриманих результатів показав, що в БАЛ тварин, що отримували натрій перкарбонат в концентраціях 30 мг/м³ та 90 мг/м³, загальна кількість клітин була достовірно збільшена. При найвищому рівні впливу (90 мг/м³) спостерігалось зниження відсоткового вмісту макрофагів та підвищення лімфоцитів, а при рівні впливу 30 мг/м³ - лише зниження частки макрофагів. При дії препарату в концентрації 10 мг/м³ реакції з боку клітин бронхолегеневого відділу не виявлено (табл. 2).

Таблиця 2. Клітинний склад бронхо-альвеолярного лаважу білих щурів-самок після однократного інтраназального введення натрію перкарбонату.

Показник	Концентрація			
	контроль	10 мг/м ³	30 мг/м ³	90 мг/м ³
Загальна кількість клітин в БАЛ (10 ⁶)	1,07±0,17	0,95±0,11	17,4 ± 0,05*	14,04±0,24*
Макрофаги, %	97,8±2,8	93,50±5,01	73,2±5,9*	57,3±8,3*
Лімфоцити, %	0,0±0,0	0,08±0,5	0,6±0,07	1,8±4,00
Нейтрофіли, %	6,0 ±0,9	5,8 ±1,8	19,3±1,38	13,1±0,9

Примітка: * – достовірні відмінності від показників інших груп ($p \leq 0,05$).

За результатами досліджень було встановлено, що поріг однократної інгаляційної дії за загальнотоксичним ефектом складає 90 мг/м³, про що свідчать зміни у гематологічних показниках та поведінкових реакцій тварин при інтраназальному введенні натрію перкарбонату. Концентрацію 30 мг/м³ можна вважати порогом подразнюючої дії, оскільки вплив натрію перкарбонату на цьому рівні викликав значимі зміни у співвідношенні клітинних елементів БАЛ та ваговому коефіцієнту легень.

Оскільки натрію перкарбонат викликав порушення функціонального стану дихальної системи у концентрації, які знаходяться нижче порогу інгаляційної дії за загальнотоксичним ефектом ($Lim_{ac} > Lim_{ir}$) його можна віднести до речовин зі специфічною подразнюючою дією.

Параметри токсичності натрію перкарбонату наведено у таблиці 3.

Таблиця 3. Параметри токсичності натрію перкарбонату.

Назва показника або ефекту	Величина показника або прояв ефекту
CL ₅₀ розрах. білі щурі	5167 мг/м ³
DL ₅₀ per os білі щурі	1034 мг/кг - 2200 мг/кг
DL _{50cuts} кролики	>2000 мг/кг
Lim _{ac}	90 мг/м ³
Lim _{ir}	30
Z _{ir}	3
Сенсибілізуючий ефект мурчаки	Не виявлено
Шкірно-резорбтивний ефект	Не виявлено
Місцево-подразнювальний ефект: на шкіру на слизові оболонки	слабкий сильний

З врахуванням показників подразнюючої дії (Lim_{ir} та Z_{ir}) натрію перкарбонату відповідно до вимог методичних вказівок МВ №2196-80 [4] розраховано ГДК у повітрі робочої зони – 2 мг/м³, 3 клас небезпечності, аерозоль, позначка П – подразнююча дія.

Висновки

Натрію перкарбонат відноситься до речовин зі специфічною подразнюючою дією. Гранично допустима концентрація натрію перкарбонату у повітрі робочої зони рекомендується на рівні 2 мг/м³, аерозоль, 3 клас небезпечності, позначка П – подразнююча дія.

Внески авторів:

Кузьмінов Б.П. – розробка дизайну дослідження, визначення аспектів, що становлять найбільший науковий та практичний інтерес, затвердження остаточного варіанта статті;

Зазуляк Т.С. – оформлення тексту рукопису;

Кузьмінов О.Б. – аналіз літературних джерел;

Лукаsevич Н.Ф. – проведення дослідження.

Фінансування. Дослідження проведено за фінансування приватного підприємства «Кронос Агро».

Конфлікт інтересів. Відсутній.

Автори висловлюють подяку старшому досліднику, кандидату біологічних наук Туркіній В.А. за консультативну допомогу при плануванні і проведенні досліджень.

REFERENCES

1. Sodium percarbonate and its applications. Available from: <https://www.distribark.eu/en/blog/sodium-percarbonate-and-its-applications>
2. Sodium percarbonate CAS N°: 15630-89-4. Available from: <https://hpvchemicals.oecd.org/UI/handler.axd?id=5681c280-6686-4260-b629-2f23a6db2319>
3. Momma J, Takada K, Suzuki Y, Tobe M. Acute Oral Toxicity and Ocular Irritation of Chemicals in Bleaching Agents. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi*. 1986;27(5):553-60. doi: <https://doi.org/10.3358/shokueishi.27.553>
4. [Methodological guidelines for conducting research on the study of irritating properties and substantiation of maximum permissible concentrations of selectively acting irritating substances in the air of the working area (approved by the Deputy Chief State Sanitary Doctor of the USSR on August 11, 1980, No. 2196-80)]. Ukrainian.
5. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes: European Communities (EC). European Treaty Series No. 123. Strasbourg; 1986. Available from: <http://www.conventions.coe.int/treaty/en/treaties/html/123.htm>
6. [On approval of the Procedure for conducting experiments on animals by scientific institutions. Order of the Ministry of Education, Science, Youth and Sports of Ukraine dated 01.03.2012 No. 249]. *Official Gazette of Ukraine*. 2012;24. 82 p. Ukrainian. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0416-12#Text>

Надійшла до редакції / Received: 29.09.2025