

DOI <https://doi.org/10.32782/2786-9067-2025-30-4>

УДК 614.71:612.014.46:[546.717:546.33]:616-092.9:001.89

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕДИКО-САНІТАРНОГО НОРМАТИВУ ДОПУСТИМОГО ВМІСТУ НАТРІЮ ПЕРМАНГАНАТУ В ПОВІТРІ РОБОЧОЇ ЗОНИ

Кузьмінов Б.П., Зазуляк Т.С., Кузьмінов О.Б, Грушка О.І., Призиглей Г.В., Лукасевич Н.Ф.
ДНП «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького», Львів, Україна

Анотація. Натрій перманганат – неорганічна сполука, сіль натрію та перманганатної кислоти. Застосовується в промислових процесах, водопідготовці й інших видах господарської діяльності як реагент (сильний окисник) і дезінфікуючий засіб.

В умовах використання натрію перманганату чи його водних розчинів ця сполука може надходити в повітря робочої зони у вигляді диспергаційних аерозолів і негативно впливати на здоров'я працівників, що зумовлює необхідність розробки медико-санітарного нормативу допустимого вмісту в повітрі робочої зони.

Мета роботи – експериментальне встановлення параметрів токсичності натрію перманганату з визначення характеру біологічної дії на організм теплокровних тварин і наукове обґрунтування медико-санітарного нормативу допустимого вмісту в повітрі робочої зони.

Натрій перманганат досліджували в гострих і підгострих експериментах. Робота проведена на лабораторних тваринах (білих щурах-самцях, білих мишах-самцях, мурчаках і кролях). Експериментальними дослідженнями й аналізом літературних даних встановлено, що натрій перманганат за параметрами гострої токсичності при одноразовому пероральному введенні належить до помірно небезпечних речовин (3 клас небезпечності), при однократному інгаляційному впливі – до надзвичайно небезпечних речовин (1 клас небезпечності).

У клінічній картині гострого отруєння переважають симптоми ураження дихальної та центральної нервової систем.

Натрій перманганат має сильну кумулятивну активність, проявляє помірну подразнювальну дію при потраплянні на шкіру й сильну подразнювальну дію при потраплянні на слизові оболонки, належить до речовин з вибірковою дратівливою дією.

При довготривалому впливі натрію перманганат викликає неврологічні розлади, може впливати на репродуктивну функцію, сенсibiliзуючим і мутагенним ефектом не володіє. Канцерогенний ефект не доведений.

Медико-санітарний норматив натрію перманганату в повітрі робочої зони – 0,1 мг/м³, 1 клас небезпечності, аерозоль, позначка П – подразнююча дія.

Висновок. Встановлено параметри токсичності, характер біологічної дії на організм лабораторних тварин та обґрунтовано медико-санітарний норматив допустимого вмісту натрію перманганату в повітрі робочої зони.

Ключові слова: натрій перманганат, параметри токсичності, медико-санітарний норматив допустимого вмісту, повітря робочої зони.

Вступ. Натрій перманганат – неорганічна сполука, сіль натрію та перманганатної кислоти. Застосовується в промислових процесах, водопідготовці й інших видах господарської діяльності як реагент (сильний окисник) і дезінфікуючий засіб, зокрема підприємством ТОВ «БІЛО-ЦЕРКІВВОДА» (Київська область, м. Біла Церква) впроваджено використання препарату CARUSOL, виробництва Carus Corporation (20% водний розчин натрію перманганату) у технологічний процес обробки питної води для усунення надмірної колірності, запаху, присмаку, вмісту заліза, марганцю, миш'яку, радію, органічних речовин та інших домішок, як альтернатива хлору й діоксиду хлору, що виключає можливість утворення в питній воді побічних продуктів хлорування – тригалогенметанів [1].

В умовах використання натрію перманганату чи його водних розчинів ця сполука може надходити в повітря робочої зони у вигляді диспергаційних аерозолів і негативно впливати на

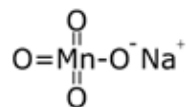
здоров'я працівників [6], що зумовлює необхідність розробки медико-санітарного нормативу допустимого вмісту в повітрі робочої зони

Мета дослідження – експериментальне встановлення параметрів токсичності натрію перманганату з визначення характеру біологічної дії на організм теплокровних тварин і наукове обґрунтування медико-санітарного нормативу допустимого вмісту в повітрі робочої зони.

Матеріали та методи. Хімічна назва за IUPAC – натрій перманганат. Хімічний клас – солі натрію та перманганатної кислоти. Реєстраційний номер за CAS – 10101-50-5.

За агрегатним станом натрій перманганат – кристалічна речовина фіолетового кольору зі слабким характерним запахом. Молекулярна формула: NaMnO_4 .

Структурна формула:



Молекулярна маса – 141,9 г/моль; температура плавлення – 170°C; температура кипіння – 100°C; густина – 1,391 г/см³. Розчинність у воді – 900 г/дм³ за температури 20 °C [10].

Робота проведена на лабораторних тваринах (білих щурах-самцях і самкам, білих мишах-самцях, мурчаках і кроликах), які утримувалися в умовах віварію ДНП «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького». Тварини в експериментальних групах отримували стандартний гранульований корм з необмеженим доступом до питної води. Під час проведення досліджень на тваринах дотримувалися принципів біоетики, законодавчих норм і вимог згідно з положеннями Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та наукових цілей [7] і Порядком проведення науковими установами дослідів, експериментів на тваринах [4].

Результати дослідження. Для встановлення параметрів токсичності натрію перманганату при внутрішньошлунковому надходженні речовину у вигляді 20% водного розчину вводили однократно перорально білим щурам-самцям і білим мишам-самцям у дозах від 100 мг/кг до 500 мг/кг у перерахунку на чисту речовину. У клінічній картині гострої пероральної інтоксикації у тварин спостерігалася хитка хода, завалювання на бік, розпластане положення, тремтіння голови, судоми. Через 5–10 хвилин після введення речовини у щурів відбувалося порушення ритму й частоти дихання, надалі спостерігалася бокове положення, відсутність реакції на зовнішні подразники. Загибель тварин відбувалася впродовж доби.

Розраховане за методом Litchfielda & Wilcoxon значення середньої смертельної дози (DL_{50}) становить для білих щурів-самців 210 мг/кг, для білих мишей-самців – 190 мг/кг і дає змогу зарахувати натрій перманганат до помірно небезпечних речовин (3 клас небезпечності) відповідно класифікації, яка наведена в Наказі МОЗ України від 09.07.2024 № 1192 [2].

Коефіцієнт видової чутливості (КВЧ) дорівнює 1,1 і свідчить, що міжвидова чутливість до дії натрію перманганату не виражена.

Однократну інгаляційну дію натрію перманганату вивчали шляхом інтратрахеального введення препарату білим щурам-самцям в кількості, що відповідала концентраціям 10,0 мг/м³, 20,0 мг/м³, 40,0 мг/м³ і 80,0 мг/м³.

Клінічна картина гострої інгаляційної інтоксикації у тварин характеризувалася симптомами ураження дихальної й центральної нервової систем. Загибель тварин спостерігалась упродовж 2 годин. Середня смертельна концентрація (CL_{50}) натрію перманганату становить 21 мг/м³ – речовини високонебезпечні (1 клас небезпечності).

При однократному нанесенні натрію перманганату на попередньо депільовану ділянку шкіри бокової поверхні тіла мурчаків (площа – 5х5 см, експозиція – 4 години) спостерігали виражену еритему середнього ступеня та набряк шкірних покривів легкого й середнього ступеня. Нормалізація стану шкіри спостерігалася на 5 добу після закінчення експерименту. За

результатами проведених досліджень натрію перманганат володіє помірно вираженими подразнювальними властивостями.

При дослідженні іритативної дії натрію перманганату спостерігалася гіперемія слизової оболонки ока, виражений набряк кон'юнктиви й часткове вивернення повік, шерсть навколо повік зволожена, наявне помутніння рогівки, що вказує на виражену подразнювальну дію речовини на слизову оболонку ока.

Для встановлення порогової концентрації натрію перманганату за умов однократного інгалаційного надходження проведено дослід, який передбачав вивчення особливостей впливу препарату на гематологічні й біохімічні показники, а також дослідження функціонального стану дихальної системи. Речовину вводили інтратрахеально білим щурам-самцям у дозах, що відповідали в перерахунку на концентрації 1,0 мг/м³, 0,5 мг/м³ та 0,1 мг/м³. Визначення показників стану організму тварин проводили на першу та третю добу після введення.

У крові тварин дослідних груп, що піддавалися впливу сполуки в концентраціях 1,0 мг/м³ та 0,5 мг/м³, спостерігався вірогідний, порівняно з показниками тварин контрольної групи, зсув вліво вмісту базофілів. Більш високий рівень впливу викликав зниження рівня лімфоцитів і збільшення вмісту еозинофілів. При надходженні речовини в концентрації 0,1 мг/м³ змін гематологічних показників не спостерігалось.

Інтратрахеальне введення натрію перманганату не викликало змін біохімічних показників у крові експериментальних тварин порівняно і групою контролю. Не відзначено вірогідно виражених міжгрупових відмінностей для більшості показників маси внутрішніх органів і коефіцієнтів їх мас. Однак встановлено вірогідно вищі показники коефіцієнта маси легень у щурів дослідних груп (концентрації 1,0 мг/м³ та 0,5 мг/м³).

Горизонтальна й вертикальна рухова активність після гострого інтратрахеального впливу натрію перманганату в групі експериментальних тварин порівняно з групою контрольних тварин не мала достовірних відмінностей. Зміни емоціогенної напруги в експериментальних тварин після експозиції натрію перманганату в концентрації 1,0 мг/м³ відображено в зміні тривалості й частоти грумінгу. У щурів цієї групи посилення дослідницької активності було значимо вище порівняно з тваринами контрольної групи ($p < 0,05$). Зміни дефекації й уринації в усіх тварин експериментальних груп незначні.

Препарат у концентраціях 0,5 мг/м³ та 0,1 мг/м³ не викликав достовірних змін досліджених показників порівняно з контрольною групою.

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

Аналіз отриманих результатів показав, що в БАЛ тварин, що отримували натрію перманганат у концентраціях 1,0 мг/м³ та 0,5 мг/м³, загальна кількість клітин була достовірно збільшена. Найвищий рівень впливу натрію перманганату (1,0 мг/м³) викликав зниження відсоткового вмісту макрофагів і підвищення лімфоцитів, а вплив препарату в концентрації 0,5 мг/м³ – лише зниження частки макрофагів. При впливі препарату в концентрації 0,1 мг/м³ змін у співвідношенні клітинних елементів БАЛ не виявлено.

Поріг однократної інгалаційної дії за загальнотоксичним ефектом (Lim_{ac}) натрію перманганату становить 1,0 мг/м³, про що свідчать зміни в гематологічних показниках і поведінкових реакцій тварин при інтратрахеальній інстиляції препарату. Концентрацію 0,5 мг/м³ можна вважати порогом дратівливої дії (Lim_{dr}), оскільки цей рівень впливу натрію перманганату викликав значимі зміни у співвідношенні клітинних елементів БАЛ і вагового коефіцієнта легень. Зона дратівливої дії (Z_{dr}) дорівнює 2 і свідчить про наявність у натрію перманганату вибіркової дратівливої дії.

Оцінку кумулятивних властивостей натрію перманганату проводили в тесті «субхронічної» токсичності Lim R.K et al. [8]. Із цією метою сформована група з 10 щурів-самок масою тіла

160–180 г. Препарат вводили у вигляді водного розчину, починаючи з дози 50 мг/кг, шляхом збільшення дози в 1,5 раза кожні 4 доби.

Під час досліду у тварин розвивалася клінічна картина інтоксикації: важке дихання та млявість, сповільнена реакція на зовнішні подразники. Загибель тварин реєструвалася з 3 доби. Коефіцієнт кумуляції становить 1,2, що вказує на сильну кумулятивну дію речовини.

За даними літературних джерел, натрію перманганат може впливати на репродуктивну функцію, не викликає сенсibilізації організму, мутагенним ефектом не володіє, канцерогенний ефект не доведений [9]. При хронічній інтоксикації натрію перманганат викликає неврологічні розлади [5].

З урахуванням показників дратівливої дії (Lim_{ir} та Z_{ir}) натрію перманганату відповідно до вимог методичних указівок МВ № 2196-80 [3], розраховано медико-санітарний норматив допустимого вмісту в повітрі робочої зони – 0,1 мг/м³, 1 клас небезпечності, аерозоль, позначка П – подразнювальна дія. Медико-санітарний норматив допустимого вмісту натрію перманганату повітрі робочої зони затверджено МОЗ України [2].

Висновки. Установлено параметри токсичності, характер біологічної дії на організм лабораторних тварин та обґрунтовано медико-санітарний норматив допустимого вмісту натрію перманганату в повітрі робочої зони.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Башинська І. Виробничі впровадження перманганату натрію (Carusol) для покращення якості питної води на очисних спорудах комунального підприємства «Житомирводоканал». *Trajectoriâ Nauki = Path of Science*. 2020. Т. 6. № 11. С. 4001–4012.
2. Державні медико-санітарні нормативи допустимого вмісту хімічних речовин у повітрі робочої зони (затверджені Наказом МОЗ України від 09.07.2024 № 1192, зареєстрованим у Мін'юсті 24.08.2024 за № 1107/42452). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1107-24#Text>.
3. Методичні вказівки до постановки досліджень щодо вивчення дратівливих властивостей та обґрунтування гранично допустимих концентрацій вибірково діючих дратівливих речовин у повітрі робочої зони» (затв. заступником Головного державного санітарного лікаря СРСР 11 серпня 1980 р. № 2196-80).
4. Порядок проведення науковими установами дослідів, експериментів на тваринах : Наказ Міністерства освіти, науки, молоді та спорту України від 01.03.2012 № 249. *Офіційний вісник України*. 2012. № 24. С. 82.
5. Ткачишин В.С. Інтоксикація марганцем. *Медицина невідкладних станів*. 2019. № 5(100). С. 40–44.
6. Starek A. Mangan i jego związki nieorganiczne – w przeliczeniu na Mn: Dokumentacja dopuszczalnych wielkości narażenia zawodowego. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*. 2012. № 1(71). P. 27–58.
7. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes: European Communities (EC) – Strasbourg, 18.III.1986. *European Treaty Series*. 1986. № 123. URL: <http://www.conventions.coe.int/treaty/en/treaties/html/123.htm>.
8. Lim R.K., Rink K.G., Glass H.G. Method for evaluation of cumulation and tolerance by the determination of acute and subchronic median effective doses. *Arch. Int. Pharmacodyn. Therap.* 1961. Vol. 130. P. 336–352.
9. Sodium Permanganate. URL: <https://echa.europa.eu/da/registration-dossier/-/registered-dossier/2176/7/5/1>.
10. Sodium Permanganate. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-Permanganate>.

REFERENCES

1. Bashynska, I. (2020). Vyrobnychi vprovadzhennia permanhanatu natriiu (Carusol) dlia pokrashchennia yakosti pytnoi vody na ochysnykh sporudakh komunalnoho pidpriemstva «Zhytomyrvodokanal». *Trajectoriâ Nauki = Path of Science*, 11, 4001–4012 [in Ukrainian].

2. Derzhavni medyko-sanitarni normatyvy dopustymoho vmistu khimichnykh rehovyn u povitri robochoi zony (zatverdzeni nakazom MOZ vid 09.07.2024 r. №1192, zareiestrovany u Miniusti 24.08.2024 r. za № 1107/42452) [State medical and sanitary standards for the permissible content of chemical substances in the air of the working area (approved by the order of the Ministry of Health dated 07/09/2024 No. 1192, registered in the Ministry of Justice on 08/24/2024 under No. 1107/42452)]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1107-24#Text> [in Ukrainian].

3. Metodychni vказivky do postanovky doslidzhen shchodo vyvchennia drativlyvykh vlastyvostei ta obgruntuvannia hranychno dopustymykh kontsentratsii vybirkovo diiuchykh drativlyvykh rehovyn u povitri robochoi zony» (zatv. zastupnykom Holovnoho derzhavnoho sanitarnoho likaria SRSR 11 serpnia 1980 r. № 2196-80) [in Ukrainian].

4. Poriadok provedennia naukovykh ustanovamy doslidiv, eksperimentiv na tvarynakh: Nakaz Ministerstva osvity, nauky, molodi ta sportu Ukrainy vid 01.03.2012 № 249 [The procedure for research and experiments on animals by scientific institutions: Order of the Ministry of Education, Science, Youth and Sports of Ukraine dated March 1, 2012 No. 249]. *Ofitsiinyi visnyk Ukrainy*. 2012, 24:82. [in Ukrainian].

5. Tkachyshyn, V.S. (2019). Intoksykatsiia marhantsem. *Medytsyna nevidkladnykh staniv*, 5(100), 40–44 [in Ukrainian].

6. Andrzej Starek (2012). Mangan i jego związki nieorganiczne – w przeliczeniu na Mn: Dokumentacja dopuszczalnych wielkości narażenia zawodowego. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, 1(71), 27–58.

7. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes: European Communities (EC) – Strasbourg, 18.III.1986. *European Treaty Series No. 123*. Retrieved from: <http://www.conventions.coe.int/treaty/en/treaties/html/123.htm>.

8. Lim, R., Rink, K., Glass, H. et al. (1961). A method for the evaluation of cumulating and tolerance by the determination of acute and subchronic median effective doses. *Arch. Int. Pharmacodyn*, 130, 335–336.

9. Sodium Permanganate. Retrieved from: <https://echa.europa.eu/da/registration-dossier/-/registered-dossier/2176/7/5/1>.

10. Sodium Permanganate. Retrieved from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-Permanganate>.

SCIENTIFIC JUSTIFICATION OF THE MEDICAL AND SANITARY STANDARD FOR THE PERMISSIBLE CONTENT OF SODIUM PERMANGANATE IN THE AIR OF THE WORKING AREA

Kuzminov B.P., Zazulyak T.S., Kuzminov O.B., Grushka O.I., Pryzygley G.V., Lukasevich N.F.

Abstract. Sodium permanganate is an inorganic compound, a salt of sodium and permanganic acid. It is used in industrial processes, water purification and other types of economic activity as a reagent (strong oxidant) and disinfectant.

When using sodium permanganate or its aqueous solutions, this compound can enter the air of the working area in the form of dispersion aerosols and negatively affect the health of employees, which necessitates the development of a medical and sanitary standard for the permissible content in the air of the working area.

The aim of the work was to experimentally determine the toxicity parameters of sodium permanganate to defining the nature of the biological effect on the organism of warm-blooded animals and to scientifically substantiate the medical and sanitary standard for the permissible content in the air of the working area.

Sodium permanganate was studied in acute and subacute experiments. The work was carried out on laboratory animals (white male rats, white male mice, guinea pigs, and rabbits). The conducted experimental studies and analysis of literature data revealed that sodium permanganate, according to acute toxicity parameters with a single oral administration is classified as a moderately hazardous substance (hazard class 3), while with a single inhalation exposure, it is classified as an extremely hazardous substance (hazard class 1).

The clinical picture of acute poisoning is dominated by symptoms of damage to the respiratory and central nervous systems.

Sodium permanganate has a strong cumulative activity, exhibits a moderate irritant effect when applied to the skin and a strong irritant effect when it comes into contact with mucous membranes and belongs to substances with a selective irritant effect.

With long-term exposure, sodium permanganate causes neurological disorders, may affect reproductive function and has no sensitizing or mutagenic effects. The carcinogenic effect has not been proven.

The medical and sanitary standard of sodium permanganate in the air of the working area 0.1 mg/m³, 1st hazard class, aerosol, mark I – irritant effect.

Conclusion. The toxicity parameters and the nature of the biological effect on laboratory animals have been determined and the medical and sanitary standard for the permissible content of sodium permanganate in the air of the working area has been justified.

Key words: sodium permanganate, toxicity parameters, medical and sanitary standard of the permissible content, air of the working area.

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

Кузьмінов Борис Павлович, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8693-1046>

Зазуляк Тетяна Степанівна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5896-0475>

Кузьмінов Олександр Борисович, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0786-8676>

Грушка Оксана Іванівна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1874-5281>

Призиглей Ганна Валеріївна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2939-4595>

Лукаsevич Надія Федорівна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0610-125>

Creative Commons Attribution 4.0
International (CC BY 4.0)



Дата надходження статті: 26.09.2025

Дата прийняття статті: 24.10.2025

Опубліковано: 30.12.2025