

ДЕЯКІ АСПЕКТИ КОМБІНОВАНОГО ВПЛИВУ ХЛОРИТІВ ТА ХЛОРАТІВ РІЗНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ В ПИТНІЙ ВОДІ НА ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ У ТВАРИН

Кравчун Т.Є.
Цицирук В.С.
Прокопов В.О.
Липовецька О.Б.

Державна установа
«Інститут громадського
здоров'я ім. О.М. Марзєєва
Національної академії
медичних наук України»,
м. Київ, Україна

- **МЕТА:** визначення характеру та особливостей змін гематологічних показників у тварин за умов хронічної комбінованої дії хлоритів та хлоратів у питній воді для обґрунтування критеріїв гігієнічної оцінки їх несприятливої дії на організм.
- **ОБ'ЄКТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ:** комбінована дія різних концентрацій хлоритів та хлоратів у питній воді на гематологічні показники у тварин.
- **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.** Встановлено, що концентрація хлоратів та хлоритів у питній воді на рівні 0,2 мг/дм³ не викликає суттєвих змін досліджуваних гематологічних показників у щурів. Найвиразніші зміни спостерігались у групах тварин, які отримували питну воду з комбінованим вмістом хлоритів та хлоратів в концентраціях 0,7 мг/дм³ та 1,2 мг/дм³. У них структура лейкограми змінювалась за рахунок змін абсолютної кількості лейкоцитів (зниження), лімфоцитів (зниження), гранулоцитів (підвищення) та моноцитів (підвищення). Це може свідчити про активацію імунних процесів та компенсаторних механізмів. Так, враховуючи виражений моноцитоз, можна будувати висновки про посилення реактивних здібностей організму, як наслідок посиленої загибелі клітин у зв'язку із впливом хлоритів та хлоратів. Зміни торкнулись і відносної кількості лімфоцитів — спостерігалось поступове зниження показника в групах тварин, що отримували комбінацію хлоритів та хлоратів у дозах 0,7 та 1,2 мг/дм³. У концентрації 1,2 мг/дм³ відбувалося поступове виснаження компенсаторних механізмів та зниження опірності імунної системи на дію досліджуваної речовини. Таким чином, в умовах хронічного експерименту зазначені показники лейкограми можуть свідчити про зміни регенераторних процесів лейкоцитів у кістковому мозку для відновлення балансу лейкоцитарних показників у периферичній крові та забезпечення підтримки сталості гомеостазу організму.
- **ВИСНОВКИ.** Встановлено, що споживання питної води з вмістом хлоритів та хлоратів 0,2 мг/дм³ не впливає на гематологічні показники у тварин. Проте, комбінація хлоритів та хлоратів у дозах 0,7 та 1,2 мг/дм³ негативно впливає на гематологічні показники периферичної крові, що є непрямою ознакою проявів біологічної та токсичної дії залежно від концентрації та тривалості. Це в свою чергу вказує на дозо-часову залежність змін показників, що може мати значення для прогнозу шкідливості довгострокового впливу досліджуваних речовин на функціональний стан організму. Це важливо при обґрунтуванні гігієнічних регламентів негативних ефектів впливу на організм людини та навколишнє середовище.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** питна вода, хлорити, хлорати, комбінована дія, гематологічні показники.

SOME ASPECTS OF THE COMBINED EFFECT OF CHLORITES AND CHLORATES OF VARIOUS CONCENTRATIONS IN DRINKING WATER ON HEMATOLOGICAL INDICATORS

Kravchun T.Ye.
Tsytsyruk V.S.
Prokopov V.O.
Lypovetska O.B.

State Institution
«Marzheiev Institute
for Public Health
of the National Academy
of Medical Sciences
of Ukraine»,
Kyiv, Ukraine

- **OBJECTIVE:** to determine the nature and features of changes in hematological parameters of animals under conditions of chronic combined exposure to chlorites and chlorates in drinking water to substantiate the criteria for hygienic assessment of their adverse effects on the body.
- **MATERIALS AND METHODS:** combined effect of different concentrations of chlorates and chlorites in drinking water on hematological parameters.
- **RESULTS.** It was established that the concentration of chlorates and chlorites in drinking water at the level of 0.2 mg/dm³ does not cause significant changes in the studied hematological parameters in rats, they did not go beyond the limits of fluctuations of the physiological norm. The most pronounced changes were observed in groups of animals that received drinking water with a combined content of chlorites and chlorates in concentrations of 0.7 mg/dm³ and 1.2 mg/dm³. In them, the structure of the leukogram changed due to changes in the absolute number of leukocytes (decrease), lymphocytes (decrease), granulocytes (increase) and monocytes (increase). This may indicate the activation of immune processes and compensatory mechanisms. Thus, taking into account the pronounced monocytosis, we can draw conclusions about the strengthening of the body's reactive abilities as a result of increased cell death due to the influence of chlorites and chlorates. The changes also affected the relative number of lymphocytes — a gradual decrease in the indicator was observed in groups of

animals that received a combination of chlorites and chlorates at doses of 0.7 and 1.2 mg/dm³. At a concentration of 1.2 mg/dm³, there is a gradual depletion of compensatory mechanisms and a decrease in the resistance of the immune system to the action of the studied substance. Thus, in the conditions of a chronic experiment, the indicated changes in the leukogram may indicate changes in the regenerative processes of leukocytes in the bone marrow to restore the balance of leukocyte indicators in the peripheral blood and ensure the maintenance of the constancy of the body's homeostasis.

■ **CONCLUSIONS.** It was established that the consumption of drinking water with a chlorite and chlorate content of 0.2 mg/dm³ does not affect the hematological indicators of animals. However, the combination of chlorite and chlorate in doses of 0.7 and 1.2 mg/dm³ negatively affects the hematological indicators of peripheral blood, which are indirect signs of manifestations of biological and toxic effects depending on the concentration and duration. This, in turn, indicates a dose-time dependence of changes in indicators, which may be important for predicting the harmfulness of the long-term impact of the studied substances on the functional state of the body. This is important when substantiating hygienic regulations of the negative effects of exposure to the human body and the environment.

■ **KEYWORDS:** *drinking water, chlorites, chlorates, combined effect, hematological.*

ВСТУП

Забезпечення населення якісною питною водою залишається актуальною гігієнічною, технологічною, соціальною проблемою та потребує посиленого впровадження водоохоронних заходів, розробки систем очистки та знезараження з метою попередження ризиків для здоров'я [1, 2].

Аналіз наукової літератури свідчить, що за умов використання хімічних дезінфекційних засобів у водопідготовці зазвичай утворюються їх побічні продукти, які потенційно небезпечні для здоров'я людей. Серед хімічних методів знезараження води найбільш розповсюдженим в Україні залишається хлорування. У процесі водопідготовки у питній воді утворюються токсичні хімічні речовини — хлорорганічні сполуки (ХОС), які володіють канцерогенними властивостями та є небезпечними для людини [3].

З метою дотримання сучасних вимог до якості та безпечності питної води альтернативним реагентом для знезараження може виступати діоксид хлору, при використанні якого небезпечні ХОС у воді практично не утворюються. Він має значно вищу окислювальну здатність ніж хлор, що обумовлює сильнішу бактерицидну, протозооцидну та віруліцидну дію [4, 5]. Головним недоліком застосування діоксиду хлору є утворення хлоритів та невеликих кількостей хлоратів. На сьогодні залишається не до кінця з'ясоване питання щодо токсичності та мутагенних властивостей хлоритів та хлоратів: перші нормуються в Україні за токсикологічною ознакою шкідливості (ГДК 0,2 мг/дм³), другі — за органолептичною (ГДК 20,0 мг/дм³) та мають суттєво менш жорсткий норматив, ніж хлорити. За рекомендаціями ВООЗ, для обох речовин пропонується застосувати однаковий норматив — 0,7 мг/дм³, але належного обґрунтування гігієнічної надійності таких нормативів в літературі не знайдено [2, 6].

У наявній науковій літературі не представлено належного обґрунтування ступеня несприятливої дії хлоритів та хлоратів у питній воді. Для оцінки ступеня несприятливого впливу великого значення набувають дослідження системи крові як надзвичайно чутливої системи. Наведені результати гематологічних досліджень неоднозначні та суперечливі. Основою для гігієнічної оцінки несприятливої дії залишаються експериментальні дослідження біоефектів впливу на організм у залежності від інтенсивності та часу експозиції. Тому дослідження особливостей змін в системі крові за умови дії на організм піддослідних тварин питної води з вмістом хлоратів та хлоритів є надзвичайно важливим для гігієнічної оцінки їх несприятливої дії.

Метою роботи було визначення характеру та особливостей змін гематологічних показників у тварин за умови хронічної комбінованої дії хлоритів та хлоратів у питній воді для обґрунтування критеріїв гігієнічної оцінки їх несприятливої дії на організм.

Усі досліди проводили відповідно до правил «Європейської конвенції захисту хребетних тварин, яких використовують з експериментальною та іншою науковою метою» [7], «Порядку проведення науковими установами дослідів, експериментів на тваринах» [8].

У токсикологічному експерименті піддослідним тваринам упродовж 6 місяців щоденно давали питну воду з різною концентрацією хлоритів та хлоратів. Питною водою слугувала вода з бюветного комплексу м. Києва, яка за всіма показниками відповідає вимогам до цієї води згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 [9], а на воєнний період в нашій країні — ДСанПіН «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуацій іншого характеру».

Для забруднення води використовували хлорит-іон (еталонний матеріал — 1000 мкг/мл = 1000 мг/дм³, торгівельна марка — SIGMA-

ALDRICH, країна виробник США), та хлорат-іон (еталонний матеріал — 1000 мг/дм³ ± 4 мг/дм³, торгівельна марка — SIGMA-ALDRICH, країна виробник Швейцарія). Забруднення води в досліджуваних групах хлоритом натрію та хлоратом натрію проводили в різних концентраціях із розрахунку 0,2 мг/дм³, 0,7 мг/дм³ та 1,2 мг/дм³ в одному літрі води.

Визначення гематологічних показників проведено в умовах хронічного експерименту на щурах лінії Вістар. Тварини були розподілені на 4 групи по 8 голів у кожній: 1 — контрольна (тварини отримували питну воду з артезіанської свердловини, яка відповідає гігієнічним вимогам, 2 — хлорити+хлорати в дозі 0,2 мг/дм³, 3 — хлорити+хлорати в дозі 0,7 мг/дм³, 4 — хлорити+хлорати в дозі 1,2 мг/дм³. Упродовж хронічного експерименту проводилось спостереження на 30, 60, 90, 120, 150 та 180 добу із забором крові для досліджень. Дослідження проводили на гематологічному аналізаторі PCE-90Vet (USA) стандартними загальноприйнятими методами.

Для оцінки значущості відмінностей між вибірками використовували параметричні методи (*t*-критерій Стьюдента). Розраховувались значення середньої величини, середньо-квадратичного відхилення та стандартної похибки середньої величини. Відмінності між групами вважали статистично значущими при $p < 0,05$ [10].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Абсолютна кількість еритроцитів та вміст гемоглобіну в периферичній крові піддослідних тварин у динаміці експерименту не зазнава-

ли змін протягом всього терміну дослідження, а саме, значення показників майже не відрізнялись від показників контрольної групи тварин й коливались в межах фізіологічної норми для щурів.

Починаючи з 60 доби досліду, можна спостерігати деяке зниження абсолютної кількості лейкоцитів у крові щурів, що отримували комбінацію хлоритів та хлоратів в дозі 0,7 та 1,2 мг/дм³. Така тенденція до зниження абсолютної кількості лейкоцитів зберігалась в зазначених групах до кінця дослідження. На 60, 150 та 180 добу досліду абсолютна кількість лейкоцитів у крові щурів була достовірно зниженою в групах тварин, що отримували питну воду з концентраціями хлоратів та хлоритів на рівні 1,2 мг/дм³. Але слід зауважити, що значення показників абсолютної кількості лейкоцитів протягом досліду коливались в межах фізіологічної норми для щурів (рис. 1).

Абсолютна кількість гранулоцитів периферичної крові щурів була достовірно зниженою в групі № 4 (отримували хлорати та хлорити в концентрації 1,2 мг/дм³ у питній воді) на 60 добу досліду. Але в інші терміни досліду у всіх дослідних групах тварин значення абсолютної кількості гранулоцитів коливались в межах показників контрольної групи тварин та в межах фізіологічної норми для щурів (табл. 1).

Відносна кількість гранулоцитів, починаючи з 60 доби, навпаки поступово підвищувалась протягом досліду у групах тварин № 3 та № 4 (отримували хлорати та хлорити в концентрації 0,7 та 1,2 мг/дм³ у питній воді). Найвиразніші зміни спостерігались у групах

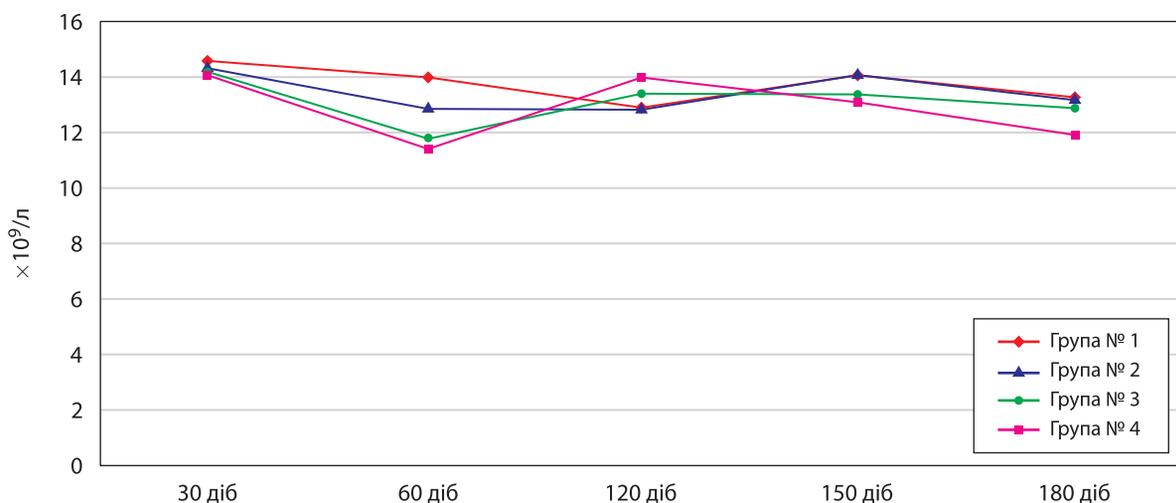


Рис. 1. Абсолютна кількість лейкоцитів периферичної крові щурів при комбінованій дії хлоритів та хлоратів

Таблиця 1. Абсолютна кількість гранулоцитів периферичної крові щурів в динаміці експерименту, (M±m)

Групи	Період дії фактора, доба				
	30	60	120	150	180
Група № 1	5,45±0,55	6,25±0,42	6,30±0,48	5,92±0,42	5,73±0,69
Група № 2	5,32±0,32	5,72±0,35	6,08±0,28	4,98±0,28	5,17±0,34
Група № 3	5,30±0,28	5,47±0,48	6,02±0,62	5,30±0,39	5,57±0,44
Група № 4	5,67±0,32	5,17±0,19*	5,38±0,39	5,35±0,51	5,33±0,60

Примітка. * — $p < 0,05$.

тварин з максимальним навантаженням хлоритами та хлоратами на 180 добу досліду, що може свідчити про залежність виявлених змін від дози досліджуваної речовини та терміну її дії (табл. 2).

Протягом усього терміну експерименту спостерігалось зниження показника абсолютної кількості лімфоцитів периферичної крові у щурів відносно показників контрольної групи у групах тварин, що отримували воду із вмістом хлоритів та хлоратів у концентраціях 0,7 та 1,2 мг/дм³ на 60, 150 добу та 180 добу досліду. Найвиразніші зміни спостерігались в групі тварин, що отримували комбінацію хлоритів та хлоратів на рівні 1,2 мг/дм³. У групі тварин, що отримувала хлорити та хлорати на рівні 0,2 мг/дм³ абсолютна кількість лімфоцитів майже не від-

різнялась від показників контрольної групи. Тобто, можна прослідкувати залежність виявлених змін від дози досліджуваної речовини та терміну її дії. Але слід зауважити, що значення показників абсолютної кількості лімфоцитів протягом досліду коливались в межах фізіологічної норми для щурів (табл. 3).

Відносна кількість лімфоцитів також поступово знижувалась протягом досліду в групах тварин, що отримували питну воду з комбінованим вмістом хлоритів та хлоратів у концентраціях 0,7 мг/дм³ та 1,2 мг/дм³. На 180 добу досліду відносна кількість лімфоцитів залишалась достовірно зниженою лише в групі тварин, що отримувала максимальне навантаження хлоритами та хлоратами — 1,2 мг/дм³. Тобто, можна спостерігати залежність зазначе-

Таблиця 2. Відносна кількість гранулоцитів периферичної крові щурів в динаміці експерименту, (M±m)

Групи	Період дії фактора, доба				
	30	60	120	150	180
Група № 1	38,22±0,42	35,80±1,24	37,23±1,77	36,57±1,06	34,55±0,74
Група № 2	35,57±1,63	36,32±0,72	38,23±1,20	35,35±0,97	37,37±1,87
Група № 3	36,07±0,64	37,78±1,17*	38,05±1,48	37,87±2,33	41,78±1,63*
Група № 4	35,52±0,86*	38,05±0,80*	37,47±1,71	39,53±0,52*	41,22±1,53*

Примітка. * — $p < 0,05$.

Таблиця 3. Абсолютна кількість лімфоцитів периферичної крові щурів в динаміці експерименту, (M±m)

Групи	Період дії фактора, доба				
	30	60	120	150	180
Група № 1	8,73±0,95	9,38±1,01	8,08±0,79	9,25±0,65	9,65±0,49
Група № 2	8,43±0,76	8,33±0,99	7,93±0,21	9,18±0,48	8,32±0,69
Група № 3	8,70±0,95	6,35±1,01*	7,45±0,85	7,68±0,55	7,63±0,42*
Група № 4	8,67±0,39	6,18±0,90*	6,58±0,90	6,63±0,49*	7,28±0,39*

Примітка. * — $p < 0,05$.

Таблиця 4. Відносна кількість лімфоцитів периферичної крові щурів в динаміці експерименту, (M±m)

Групи	Період дії фактора, доба				
	30	60	120	150	180
Група № 1	55,77±0,37	59,02±1,24	56,33±2,17	56,62±1,08	58,70±0,85
Група № 2	58,31±1,64	56,00±0,55	55,18±1,04	56,52±1,13	56,43±1,99
Група № 3	53,21±0,39*	51,20±1,66*	54,47±1,94	54,90±2,40	55,25±1,66
Група № 4	52,08±0,85*	52,27±2,77*	54,38±1,71	52,47±1,47*	52,48±0,65*

Примітка. * — $p < 0,05$.

них змін від самої діючої речовини та її дози. Але слід зауважити, що незважаючи на те, що зміни були достовірними, значення показників абсолютної кількості лімфоцитів протягом дослідження коливались в межах фізіологічної норми для щурів (табл. 4).

Абсолютна кількість моноцитів периферичної крові у щурів була достовірно зниженою в групі тварин № 4 (отримували хлорити та хлорати в концентрації 1,2 мг/дм³) на 120 та 180 добу дослідження. У групі № 3 (хлорити та хлорати на рівні 0,7 мг/дм³) зниження абсолютної кількості моноцитів спостерігалось лише на 150 добу дослідження. У групі тварин, які отримували хлорити та хлорати у концентрації 0,2 мг/дм³, протягом дослідження абсолютна кількість моноцитів коливалась в межах показни-

ків контрольної групи тварин. Тобто можна прослідкувати залежність виявлених змін від дози досліджуваної речовини та терміну її дії. Але слід зауважити, що значення показників абсолютної кількості моноцитів протягом дослідження коливались в межах фізіологічної норми для щурів (табл. 5).

Відносна кількість моноцитів у крові щурів поступово підвищувалась протягом дослідження в групах тварин, що отримували комбінацію хлоритів та хлоратів на рівні 0,7 мг/дм³ та 1,2 мг/дм³. На 180 добу дослідження підвищення відносної кількості моноцитів було найвиразнішим та досягнуло достовірних значень. Можна прослідкувати залежність виявлених змін від дози досліджуваної речовини та терміну її дії (рис. 2).

Таблиця 5. Абсолютна кількість моноцитів периферичної крові щурів в динаміці експерименту, (M±m)

Групи	Період дії фактора, доба				
	30	60	120	150	180
Група № 1	0,90±0,07	0,83±0,12	1,00±0,07	1,12±0,05	1,02±0,07
Група № 2	0,87±0,11	0,92±0,05	0,98±0,12	0,95±0,04	0,90±0,05
Група № 3	0,80±0,07	0,85±0,11	1,10±0,09	0,82±0,04*	0,87±0,07
Група № 4	0,93±0,02	0,82±0,07	0,95±0,12	0,85±0,11*	0,73±0,09*

Примітка. * — $p < 0,05$.

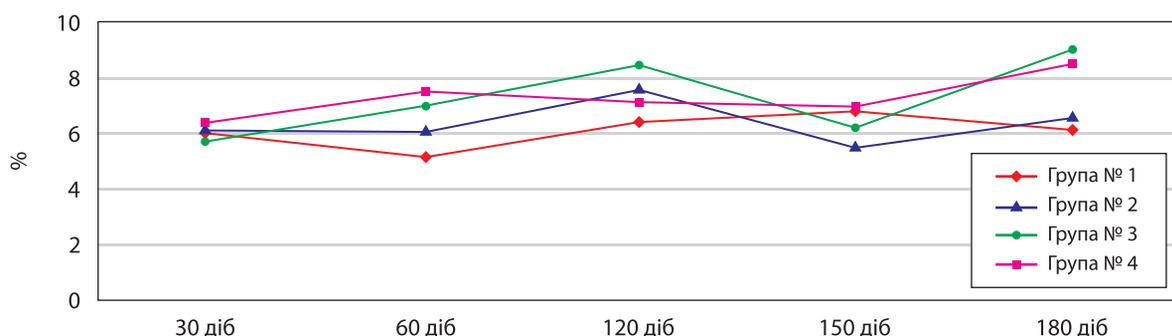


Рис. 2. Відносна кількість моноцитів периферичної крові щурів при комбінованій дії хлоритів та хлоратів

Оцінюючи результати експериментальних досліджень, слід зазначити, що найвиразніші зміни спостерігались у групах тварин, які отримували питну воду з комбінованим вмістом хлоритів та хлоратів в концентраціях 0,7 мг/дм³ та 1,2 мг/дм³. Концентрація хлоратів та хлоритів у питній воді на рівні 0,2 мг/дм³ не викликала суттєвих змін досліджуваних гематологічних показників у щурів, і вони не виходили за межі коливань фізіологічної норми.

У групах тварин, що отримували комбінацію хлоритів та хлоратів на рівні 0,7 мг/дм³ та 1,2 мг/дм³ структура лейкограми змінювалась за рахунок змін абсолютної кількості лейкоцитів (зниження), лімфоцитів (зниження), гранулоцитів (підвищення) та моноцитів (підвищення). Враховуючи виражений моноцитоз, можна робити висновки про посилення реактивних здібностей організму, як наслідок посиленої загибелі клітин у зв'язку з впливом хлоритів та хлоратів, що також характерно при запальному процесі у крові. Також враховуючи, що моноцити нерозривно взаємопов'язані з макрофагами, а отже з макрофагальною функцією, яка полягає у здійсненні фагоцитозу, то і збільшення їх кількості побічно свідчить про негативний вплив комбінації хлоритів та хлоратів. Можна припустити, що хлорати здатні викликати пригнічення клітинної ланки імунітету (Т- і В-лімфоцитів) і підвищення фагоцитарної активності.

Зміни торкнулись і відносної кількості лімфоцитів — спостерігалось поступове зниження показника у групах тварин, що отримували комбінацію хлоритів та хлоратів у дозах 0,7 та 1,2 мг/дм³. Можна припустити, що за впливу хлоритів та хлоратів у концентраціях 0,2 і 0,7 мг/дм³ відбувається перебудова в клітинній ланці імунітету, що направлено на збереження функціональної активності імунної системи. У концентрації 1,2 мг/дм³ відбувається поступове виснаження компенсаторних механізмів та зниження опірності імунної системи на дію досліджуваної речовини.

Таким чином, зазначені зміни лейкограми можуть свідчити про зміни регенераторних процесів лейкоцитів у кістковому мозку для відновлення балансу лейкоцитарних показників у периферичній крові та забезпечення підтримки сталості гомеостазу організму.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що споживання питної води з вмістом комбінації хлоритів та хлоратів на

рівні 0,2 мг/дм³ не впливає на гематологічні показники у тварин.

2. Комбінація хлоритів та хлоратів у дозах 0,7 та 1,2 мг/дм³ негативно впливає на гематологічні показники периферичної крові у тварин, що є непрямом ознакою проявів біологічної та токсичної дії на організм залежно від концентрації та тривалості. Це в свою чергу вказує на дозо-часову залежність змін показників, що може мати значення для прогнозу шкідливості довгострокового впливу досліджуваних речовин на функціональний стан організму. Це важливо при обґрунтуванні гігієнічних регламентів негативних ефектів впливу на організм людини та навколишнє середовище.

REFERENCES

1. Prokopov VO. Pytna voda Ukrainy: medyko-ekolohichni ta sanitarno-hihienichni aspekty [Drinking water of Ukraine: medical, ecological and sanitary-hygienic aspects]. Kyiv, Medytsyna. 2016. 400 p. In Ukrainian.
2. Tomashevska LA, Prokopov VO, Kravchun TYe, Dydik NV, Lypovetska OB, Tsytsyryuk VS. Biokhimichni aspekty vplyvu riznykh kontsentratsii khlorytiv v pytnii vodi (eksperymentalni doslidzhennia) [Biochemical aspects of the influence of different concentrations of chlorites in drinking water (experimental research)]. *Dovkilla ta zdorovia* [Environment and Health]. 2025;1(114):39–44. <https://doi.org/10.32402/dovkil2025.01.039>. In Ukrainian.
3. Mokiienko AV, Bondarchuk OYu, Spasonova LM. Obhruntuvannia bezpechnosti khlorytiv ta khlorativ yak pokhidnykh dioksydu khloru pry ochyshchenni ta znezarazhenni pytnoi vody [Justification of the safety of chlorites and chlorates as derivatives of chlorine dioxide in the purification and disinfection of drinking water]. *Chysta voda. Fundamentalni, prykladni ta promyslovi aspekty: materialy VII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* (m. Kyiv, 9–10 lystopada 2023 r.). Kyiv, 2023. S. 118–21 [Clean water. Fundamental, applied and industrial aspects: materials of the VII International Scientific and Practical Conference (Kyiv, November 9–10, 2023. 118–21 p.). In Ukrainian.
4. Dettori M, Azara A, Loria E, Piana A, Masia MD. Population distrust of drinking water safety. Community outrage analysis, prediction and management. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019;16(6):1004. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061004>.
5. Padhi RK, Subramanian S, Satpathy KK. Formation, Distribution, and Speciation of DBPs (THMs, HAAs, ClO₂, and ClO₃) during Treatment of Different Source Water with Chlorine and Chlorine Dioxide. *Chemosphere*. 2018;218:540–50. doi:10.1016/j.chemosphere.2018.11.100.
6. Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast). URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>.

7. European Convention on the Protection of Vertebrate Animals Used for Experiments or for Other Scientific Purposes dated March 18, 1986 No. 994_137. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_137.
8. Poriadok provedennia naukovymu ustanovamy doslidiv, eksperimentiv na tvarynakh. Zatverdzheno nakazom Ministerstva osvity i nauky, molodi ta sportu Ukrainy vid 01.03.2012 № 249 [Procedure for conducting experiments and studies on animals by scientific institutions. Approved by order of the Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine dated 01.03.2012 No. 249]. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0416-12>. In Ukrainian.
9. Derzhavni sanitarni normy i pravyla 2.2.4-171-10 Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoї dlia spozhyvannia liudynoiu [State sanitary standards and regulations 2.2.4-171-10 Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption]. Ministry of Health of Ukraine. Kyiv, 2012. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#n25>.
10. Antomonov MYu, Korobeynikov GV, Khmelnytska IV, Kharkovlyuk-Balakina NV. Matematychni metody obroblennia ta modeliuvannia rezultativ eksperymentalnykh doslidzhen [Mathematical methods of processing and modeling the results of experimental studies]. Natsionalnyi universytet fizychnoho vykhovannia i sportu Ukrainy [National University of Physical Education and Sports of Ukraine]. Publishing house «Olimpiys'ka literatura». Kyiv, 2021. 216 p.

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконані в рамках НДР «Наукове обґрунтування шляхів мінімізації утворення у питній воді небезпечних хлоритів та хлоратів — при використанні у водопідготовці діоксиду хлору», № державної реєстрації 0120U113188.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

КРАВЧУН Тетяна — концептуалізація, курація даних, дослідження, написання — оригінальний проект, написання — перегляд та редагування. ORCID 0000-0002-2553-9796.

ЦИЦИРУК Валерія — формальний аналіз, дослідження. ORCID 0009-0006-0315-7750.

ПРОКОПОВ В'ячеслав — концептуалізація, написання — перегляд та редагування, адміністрування. ORCID 0000-0002-1611-8930.

ЛИПОВЕЦЬКА Олена — формальний аналіз дослідження, спостереження. ORCID 0000-0001-7096-1243

SOURCES OF FUNDING

The studies were carried out within the framework of the research «Scientific justification of ways to minimize the formation of hazardous chlorites and chlorates in drinking water — when using chlorine dioxide in water treatment», State Registration No. 0120U113188.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of a conflict of interest.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS AND THEIR CONTRIBUTION

KRAVCHUN Tetiana — conceptualization, data curation, investigation, original draft preparation, writing — review and editing. ORCID 0000-0002-2553-9796.

TSYTSYRUK Valeria — formal analysis, investigation. ORCID 0009-0006-0315-7750.

PROKOPOV Vyacheslav — conceptualization, data curation, investigation, original draft preparation, writing — review and editing, administration. ORCID 0000-0002-1611-8930.

LYPOVETSKA Olena — formal analysis, investigation, supervision. ORCID 0000-0001-7096-1243.



ЦИЦИРУК Валерія: 02094, Україна, м. Київ, вул. Гетьмана Павла Полуботка, 50.
Тел.: +38 044 574 00 86; e-mail: tsytsyrukvaleri@ukr.net

TSYTSYRUK Valeria: 50 Pavlo Polubotka Hetman Street, Kyiv, 02094, Ukraine.
Phone: +38 044 574 00 86; e-mail: tsytsyrukvaleri@ukr.net