

УДК 614.777:612.11:546.121

<https://doi.org/10.32402/dovkil2022.04.044>

## STUDY OF ISOLATED AND COMBINED EFFECTS OF CHLOROFORM AND ALUMINUM SULFATE WITH DRINKING WATER ON HEMATOLOGICAL INDICATORS OF ANIMALS

Tomashevskaya L.A., Prokopov V.O., Kravchun T.Ye., Lypovetska O.B.

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІЗОЛЬОВАНОЇ ТА КОМБІНОВАНОЇ ДІЇ ХЛОРОФОРМУ І СУЛЬФАТУ АЛЮМІНІЮ З ПИТНОЮ ВОДОЮ НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН КРОВІ ТВАРИН

# Ч

ТОМАШЕВСЬКА Л.А.,  
ПРОКОПОВ В.О.,  
КРАВЧУН Т.Є.,  
ЛИПОВЕЦЬКА О.Б.

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзеєва НАМН України», Київ

исленні епідеміологічні дослідження, проведені останніми роками, довели зв'язок між погіршенням здоров'я населення та забрудненням довкілля [1]. При визначенні якості життя Всесвітня організація охорони здоров'я ставить на перше місце проблему забезпечення населення якісною питною водою [2]. З незадовільною якістю питної води і порушенням санітарно-гігієнічних та екологічних норм водозабезпе-

чення пов'язують 60% усіх захворювань у світі [3, 4]. Серед пріоритетних сполук, що забруднюють водне середовище, перше місце належить хлороформу, оскільки він є індикатором забруднення питної води. Знезараження води шляхом хлорування супроводжується утворенням побічних продуктів дезінфекції, 78% яких складають тригалометани (ТГМ), серед яких на частку хлороформу припадає 80-90% [5]. Високу захворюваність населення на хвороби травної системи, цереброваскулярні хвороби пов'язують з присутністю у воді хлороформу. З літературних джерел відомо, що хлороформ має канцерогенну та мутагенну активність [6].

Найбільше навантаження від діяльності людини припадає на поверхневі води. У наш індустріальний вік у

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІЗОЛЬОВАНОЇ ТА КОМБІНОВАНОЇ ДІЇ ХЛОРОФОРМУ ТА СУЛЬФАТУ АЛЮМІНІЮ З ПИТНОЮ ВОДОЮ НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН КРОВІ ТВАРИН  
Томашевська Л.А., Прокопов В.О., Кравчун Т.Є., Липовецька О.Б.  
ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзеєва НАМН України», Київ

**Мета:** дослідження впливу хлороформу та сульфату алюмінію питної води на гематологічні показники піддослідних тварин.

**Матеріали та методи:** комбінована дія хлороформу та сульфату алюмінію на гематологічні показники.

**Результати дослідження.** Оцінюючи результати досліджень комбінованої дії хлороформу та сульфату алюмінію, можна стверджувати, що найвиразніші зміни спостерігаються у групах тварин з максимальним рівнем навантаження – 3 ГДК та 5 ГДК, як за умов ізольованої дії хлороформу та сульфату алюмінію, так і за умов їхньої поєднаної дії. Виявлені зміни свідчать про вплив діючих факторів на кооперативний характер зв'язування кисню гемоглобіном, що впливає на забезпечення транспортної функції білка і, відповідно, на захисну функцію групи

лейкоцитів. Зміни лейкограми відображають фази розвитку захисно-адаптаційних процесів в імунокомпетентній системі крові і можуть свідчити про формування адаптаційно-приспосувальних реакцій, спрямованих на підтримку сталості гомеостазу організму з подальшим їх зривом та вичерпуванням компенсаторних механізмів.

**Висновки.** Зазначені зміни морфологічного складу крові можуть бути ознаками порушень фізіологічних процесів, що відбуваються в організмі, уповільнення окисно-відновлювальних реакцій, гіпоксичних проявів, зниження та послаблення імунної відповіді та реактивності, що не може не вплинути на життєдіяльність і тривалість життя дослідних тварин. Екстраполяція цих результатів на людину дозволяє припустити, що постійне споживання населенням питної води з понаднормативним вмістом хлороформу та сульфату алюмінію з часом може призвести до змін у системі крові, послаблення захисної імунної функції організму та створення умов для розвитку неінфекційної патології.

**Ключові слова:** питна вода, хлороформ, сульфат алюмінію, комбінована дія, гематологічні показники.

© Томашевська Л.А., Прокопов В.О., Кравчун Т.Є., Липовецька О.Б. СТАТТЯ, 2022.

зв'язку з різким збільшенням відходів водоймища вже не можуть впоратися з настільки значним забрудненням. Після використання вода повертається у кругообіг забрудненою різними речовинами, у тому числі й токсичними. Використання таких вод для отримання питної води на водопровідних очисних спорудах потребує глибокої їх очистки та знезараження. Для очищення води як реагенти використовують коагулянти та флокулянти [7]. Найбільш поширеними є неорганічні коагулянти, переважно солі полівалентних металів алюмінію та заліза. В Україні найчастіше використовують сульфат алюмінію. Перевагою цього реагенту є його доступність і невисока вартість [8].

Алюміній в організмі бере участь в утворенні фосфатних та білкових комплексів, у процесах регенерації сполучної, кісткової [9] та епітеліальної тканин. Багато медичних досліджень [10] вказують на те, що надлишкова концентрація алюмінію в організмі негативно впливають на центральну нервову систему, кістки, нирки, кістковий мозок. Він може гальмувати засвоєння деяких мікроелементів, амінокислот, вітамінів групи B<sub>6</sub> та C [11].

У науковій літературі наведено дані про мутагенну активність алюмінію. У дітей цей елемент викликає анемію [12], захворювання печінки, нирок, коліт. Інтоксикація дорослого населення алюмінієм часто супроводжується м'язовими посмикуваннями і судомами, болями у шлунку та в усьому тілі, порушенням фосфорно-кальцієвого обміну, зміною складу крові, постійним кашлем, дезорієнтацією у просторі, втраченою пам'яттю [13].

Таким чином, при споживанні хлорованої питної



## ГІГІЄНА ВОДИ ТА ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ

води до організму надходять хлороформ та сульфат алюмінію, які володіють токсичними властивостями, і тому можна припустити, що їхня сумісна біологічна дія може бути сильнішою, ніж кожної речовини окремо.

Для оцінки ступеня несприятливого впливу різних факторів довкілля великого значення набувають дослідження системи крові, яка швидко втягується у реакцію відповіді організму з метою забезпечення гомеостазу.

**Мета роботи.** З урахуванням зазначеного метою даної роботи стало дослідження особливостей змін гематологічних показників та оцінка можливості їх використання для виявлення функціональних зсувів в організмі тварин під впливом хлороформу та сульфату алюмінію.

**Об'єкт і методи дослідження.** Для досягнення поставленої мети було проведено 6-місячний хронічний санітарно-токсикологічний експеримент з використанням білих безпородних щурів масою (165±5) г, які утримувалися на стандартному раціоні віварію та вільному доступі до води та їжі. Для створення модельних водних розчинів використовували питну воду із артезіанської свердловини, до якої додавали хлороформ та сульфат алюмінію у заданих концентраціях та комбінаціях.

Тварини (по 8 голів у групі) були розподілені на 10 груп: 1 – контрольна (отримувала артезіанську во-

ду), 6 дослідних груп, тварини яких споживали питну воду з вмістом хлороформу, сульфату алюмінію та їх комбінації на рівні кожної з них 3 ГДК та 5 ГДК, та 3 дослідні групи, які споживали питну воду з цими речовинами на рівні гігієнічного нормативу (1 ГДК). Забір матеріалу проводився на 30, 60, 120, 150 та 180 добу експерименту.

Гематологічні дослідження здійснювалися з дотриманням принципів біоетики та вимог гуманного ставлення до тварин (Закон України № 3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження», 2006; Європейська конвенція про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей», Страсбург, 18.03.1986) [14, 15], рекомендації ВООЗ та МОЗ України).

Обрахунок і аналіз отриманих даних здійснювали з використанням загальноприйнятих методів статистичної обробки результатів медико-біологічних досліджень (визначення середньоарифметичних величин досліджуваних показників, стандартної похибки, квадратичного відхилення з обчисленням t-критерію Ст'юдента) [16, 17].

**Результати та обговорення.** У групах тварин, які зазнавали впливу питної води з вмістом хлороформу та сульфату алюмінію на рівні 1 ГДК, не було виявлено статистичних змін, тому у таблицях вони не представлені.

Абсолютна кількість еритроцитів у периферичній

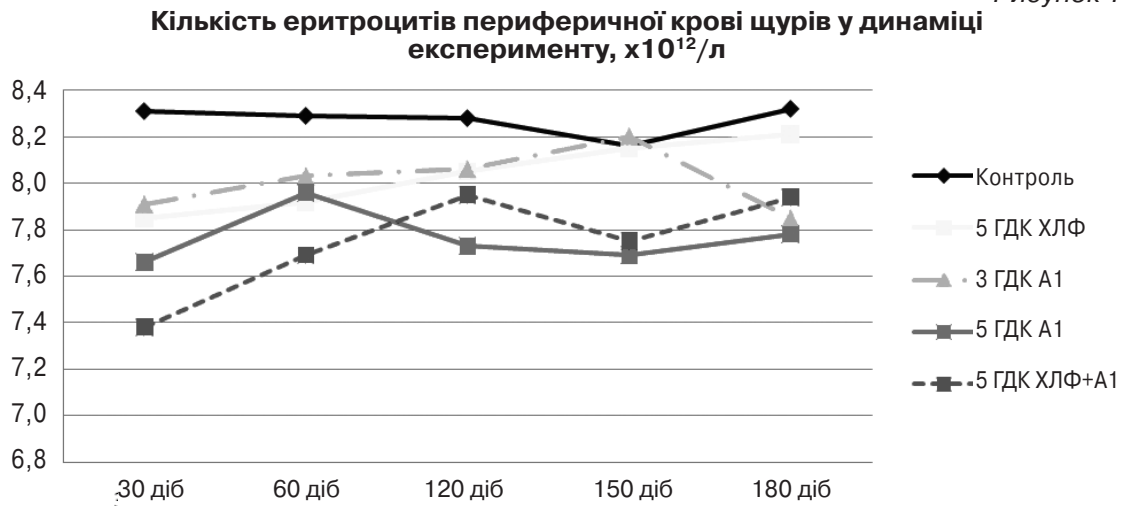
крові піддослідних тварин у динаміці експерименту дещо змінилася, а саме: у групі тварин, що зазнавала впливу хлороформу (ХЛФ) на рівні 5 ГДК протягом 60 діб, спостерігалось достовірне зниження зазначеного показника. Після 120 доби досліджу можна відзначити поступове відновлення значень абсолютної кількості еритроцитів. У

групах тварин, що зазнавали впливу досліджуваної речовини А1 на рівні 3 ГДК та 5 ГДК, та у групі тварин, що отримували комбінацію ХЛФ та А1 на рівні 5 ГДК, можна також спостерігати достовірне зниження абсолютної кількості еритроцитів протягом 180 діб досліджу без його відновлення до показників фізіологічної норми, що може свідчити про

функціональну недостатність киснево-транспортної функції еритроцитів (рис.1).

Вміст гемоглобіну у периферичній крові щурів після 30 діб досліджу був зниженим у групах тварин, що отримували хлороформ на рівні 5 ГДК, А1 – на рівні 5 ГДК, та у групі тварин, що отримувала комбінацію ХЛФ та А1 на рівні 5 ГДК. Після 60 діб досліджу збері-

Рисунок 1



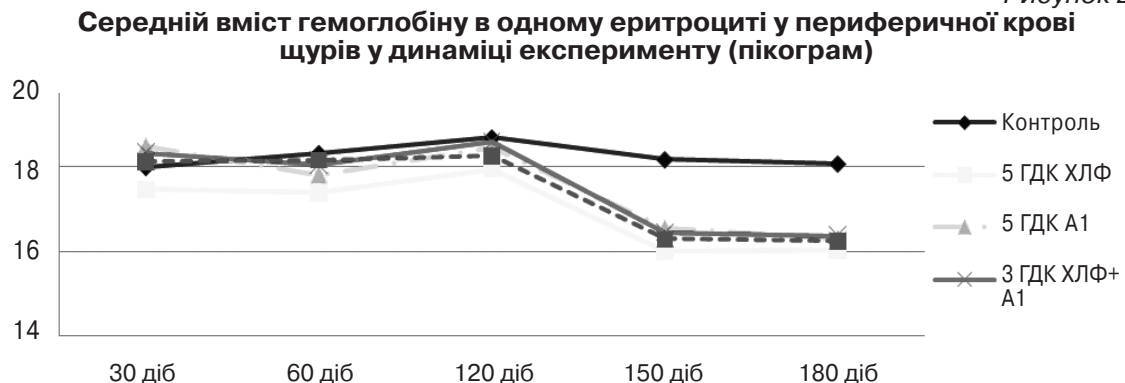
Таблиця 1

**Кількість гемоглобіну в еритроцитах периферичної крові щурів у динаміці експерименту, г/л, ( $M \pm m$ )**

Групи	Період дії фактора				
	30 діб	60 діб	120 діб	150 діб	180 діб
Контроль	143,67 $\pm$ 5,30	143,67 $\pm$ 1,77	145,67 $\pm$ 2,47	139,83 $\pm$ 1,59	142,00 $\pm$ 1,58
3ГДК ХЛФ	136,0 $\pm$ 2,65	136,17 $\pm$ 2,29*	139,67 $\pm$ 2,65	135,17 $\pm$ 1,41	139,33 $\pm$ 1,24
5ГДК ХЛФ	131,83 $\pm$ 2,65*	133,33 $\pm$ 2,12*	139,17 $\pm$ 1,77	134,83 $\pm$ 2,12	139,33 $\pm$ 2,65
3ГДК А1	135,50 $\pm$ 2,12	136,17 $\pm$ 2,12*	136,33 $\pm$ 1,77*	136,67 $\pm$ 2,12	134,83 $\pm$ 2,12*
5ГДК А1	131,50 $\pm$ 2,25*	134,17 $\pm$ 2,30*	137,33 $\pm$ 2,12*	129,17 $\pm$ 1,94*	134,33 $\pm$ 2,12*
3ГДК ХЛФ+А1	137,17 $\pm$ 2,47	135,00 $\pm$ 2,30*	138,83 $\pm$ 2,47	133,17 $\pm$ 1,76*	135,83 $\pm$ 0,88*
5ГДК ХЛФ+А1	130,83 $\pm$ 2,35*	130,50 $\pm$ 3,00*	136,17 $\pm$ 0,71*	126,50 $\pm$ 5,12*	135,16 $\pm$ 1,41*

Примітка до таблиць 1-5: \* –  $p < 0,05$ .

Рисунок 2



STUDY OF ISOLATED AND COMBINED EFFECTS OF CHLOROFORM AND ALUMINUM SULFATE WITH DRINKING WATER ON HEMATOLOGICAL INDICATORS OF ANIMALS

**Tomashevskaya L.A., Prokopov V.O., Kravchun T.Ye., Lypovetska O.B.**

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

**Objective:** study of the effect of chloroform and aluminum sulfate on hematological indicators of experimental animals.

**Materials and methods:** combined effect of chloroform and aluminum sulfate on hematological indicators.

**Results:** Evaluating the results of research under the conditions of the combined effect of chloroform and aluminum sulfate, it can be stated that the most pronounced changes are observed in groups of animals with the maximum level of load – 3 MPC and 5 MPC, under the conditions of the isolated effect of chloroform and aluminum sulfate, and under the conditions of their combined effect. The detected changes indicate the influence of active factors on the cooperative nature of oxygen binding by hemoglobin, which affects the provision of the transport function of the protein and, accordingly, on the protective function of

the group of leukocytes. Changes in the leukogram reflect the phases of the development of protective and adaptive processes in the immune-competent blood system and may indicate the formation of adaptive and adaptive reactions aimed at maintaining the stability of the body's homeostasis with their subsequent disruption and exhaustion of compensatory mechanisms.

**Conclusions:** The specified changes in the morphological composition of blood can be signs of: violations of physiological processes occurring in the body, slowing down of redox reactions, hypoxic manifestations, reduction and weakening of the immune response and reactivity, which cannot but be reflected in the vital activity and life expectancy of experimental animals. The extrapolation of these results to humans allows us to assume that the population's constant consumption of drinking water with an excessive content of chloroform and aluminum sulfate over time can lead to changes in the blood system, weakening of the body's protective immune function and creating conditions for the development of non-infectious pathology.

**Keywords:** drinking water, chloroform, aluminum sulfate, combined action, erythrocyte blood system.

галася вищезазначена тенденція до зниження у тих самих дослідних групах тварин. Протягом 180 діб досліді у групах тварин, що отримували А1 на рівні 3 ГДК та 5 ГДК, та у групах тварин, що зазнавали комбінованого впливу ХЛФ та А1 на рівні 3 ГДК та 5 ГДК, зберігається тенденція до зниження гемоглобіну, що свідчить про негативну динаміку в еритроцитарній системі крові. Також можна прослідкувати дозо-часову залежність виявлених змін (табл. 1).

Разом зі зниженням рівня гемоглобіну можна спостерігати зниження середнього вмісту гемоглобіну в одному еритроциті на 30 добу досліді у групах тварин, що отримували хлороформ на рівні 3 ГДК та 5 ГДК. На 60 добу досліді відбувається відновлення значень цього показника у

тих самих дослідних групах тварин. Але від 120 доби досліді можна спостерігати поступове зниження середнього вмісту гемоглобіну в одному еритроциті у групах тварин, що отримували хлороформ на рівні 5 ГДК, А1 – на рівні 5 ГДК, та у групах тварин, що зазнавали комбінованого впливу ХЛФ + А1 на рівні 3 ГДК та 5 ГДК. Слід зауважити, що хоча зазначені зміни не виходили за межі фізіологічної норми для шурів, коливання виявлених змін залежали від дози досліджуваної речовини та терміну її дії (рис. 2).

Абсолютна кількість лейкоцитів у крові шурів була достовірно підвищеною протягом усього терміну експерименту (180 діб) у групах тварин, що отримували хлороформ на рівні 5 ГДК, А1 – на рівні 3 ГДК та 5 ГДК, та у групах тварин, що за-

знавали комбінованого впливу ХЛФ+А1 на рівні 3 ГДК та 5 ГДК. Можна прослідкувати залежність виявлених змін від концентрації досліджуваної речовини та часу її дії. Зазначені зміни можуть свідчити про формування адаптаційно-приспосувальних реакцій, спрямованих на підтримку сталості гомеостазу організму з подальшим їх зривом, та вичерпуванням компенсаторних механізмів (табл. 2).

Зазначені зміни свідчать про вплив діючих факторів на кооперативний характер зв'язування кисню гемоглобіном, що впливає на забезпечення транспортної функції білка і, відповідно, на захисну функцію групи лейкоцитів.

Протягом усього терміну експерименту спостерігалось деяке зниження показника абсолютної кіль-

кості лімфоцитів периферичної крові щурів відносно показників контрольної групи майже в усіх дослідних групах тварин. Найвиразніші зміни можна побачити у групах тварин, що отримували максимальні дози досліджуваних речовин, тобто ХЛФ на рівні 5 ГДК, А1 – на рівні 5 ГДК та комбінацію ХЛФ+А1 на рівні 5 ГДК. В інших групах також спостерігалось зниження зазначеного показника, яке було несуттєвим.

Відносна кількість лімфоцитів після 30 діб досліджування була зниженою у групах тварин, що отримували ХЛФ на рівні 5 ГДК, А1 – на рівні 3 ГДК та 5 ГДК та комбінацію ХЛФ+А1 – на рівні 3 ГДК та 5 ГДК. Але лише у групі тварин, що отримувала комбінацію ХЛФ+А1 на

рівні 5 ГДК, відносна кількість лімфоцитів залишалася достовірно зниженою протягом 180 діб досліджування. Тобто можна спостерігати залежність зазначених змін від самої діючої речовини та її концентрації (табл. 3).

Абсолютна кількість моноцитів периферичної крові щурів в усіх дослідних групах тварин протягом досліджування коливалась у межах показників контрольної групи та у межах коливань фізіологічної норми.

Відносна кількість моноцитів у крові щурів поступово підвищувалася від 120 доби досліджування у групах тварин, що отримували хлороформ на рівні 3 ГДК та 5 ГДК, А1 – на рівні 5 ГДК, та у групах тварин, що зазнавали комбінованого впливу ХЛФ+А1 на рівні 5 ГДК.

Можна прослідкувати залежність виявлених змін від дози досліджуваної речовини та терміну її дії. В інших дослідних групах також спостерігалось деяке підвищення зазначеного показника, яке було несуттєвим (табл. 4).

Зазначені зміни лейкограми відображають фази розвитку захисно-адаптаційних процесів в імунно-компетентній системі крові і можуть свідчити про формування адаптаційно-приспосовувальних реакцій, спрямованих на підтримку сталості гомеостазу організму з подальшим їх зривом та вичерпуванням компенсаторних механізмів.

Абсолютна кількість тромбоцитів периферичної крові щурів в усіх дослідних групах тварин протягом до-

Таблиця 2

#### Абсолютна кількість лейкоцитів периферичної крові щурів у динаміці експерименту, $\times 10^9/\text{л}$ ( $M \pm m$ )

Групи	Період дії фактора				
	30 діб	60 діб	120 діб	150 діб	180 діб
Контроль	14,67±0,68	16,70±1,13	15,03±0,56	15,28±0,56	15,86±0,58
3 ГДК ХЛФ	15,47±1,15	17,90±1,07	17,87±1,09	17,43±0,67*	15,05±0,40
5 ГДК ХЛФ	16,70±0,63*	19,31±0,86	19,03±0,90*	18,88±0,87*	18,07±0,92*
3 ГДК А1	16,13±0,78	17,98±1,30	18,17±1,21*	17,48±0,90	17,88±0,69*
5 ГДК А1	16,93±0,62*	19,52±1,46	19,65±0,49*	19,10±0,78*	18,30±0,69*
3 ГДК ХЛФ+А1	18,00±0,92*	18,18±1,02	19,60±0,56*	18,28±1,07*	17,60±0,87*
5 ГДК ХЛФ+А1	18,83±0,47*	20,02±0,90*	20,05±1,01*	20,55±0,92*	18,82±0,81*

Таблиця 3

#### Абсолютна та відносна кількість лімфоцитів периферичної крові щурів у динаміці експерименту, ( $M \pm m$ )

Групи	Період дії фактора				
	30 діб	60 діб	120 діб	150 діб	180 діб
Абсолютна кількість лімфоцитів, $n \cdot 10^9/\text{л}$					
Контроль	9,56±0,48	9,77±0,64	9,50±0,39	8,88±0,79	9,98±0,74
3 ГДК ХЛФ	9,68±0,44	8,78±0,76	8,68±0,65	7,52±0,34	8,18±0,28*
5 ГДК ХЛФ	9,32±0,60	7,91±0,35*	8,27±0,62	7,27±0,30	8,18±0,21*
3 ГДК А1	8,91±0,51	9,42±0,88	9,40±0,46	8,73±0,71	9,12±0,86
5 ГДК А1	8,43±0,54	7,85±1,22	7,98±0,32*	8,80±0,64	9,65±0,83
3 ГДК ХЛФ+А1	8,46±0,51	8,32±0,65	8,47±0,65	8,30±0,68	8,66±1,02
5 ГДК ХЛФ+А1	8,35±0,51	7,12±0,44*	8,60±0,62	8,93±0,32	9,53±0,79
Відносна кількість лімфоцитів, %					
Контроль	54,88±1,50	52,38±1,18	53,07±1,32	51,98±1,34	53,53±0,93
3 ГДК ХЛФ	50,97±1,09	51,66±1,23	49,73±1,96	50,05±0,51	51,35±0,62
5 ГДК ХЛФ	50,30±0,93*	49,92±2,10	50,48±1,85	49,03±1,16	52,42±0,30
3 ГДК А1	49,52±1,59*	51,48±1,33	51,27±1,02	49,46±0,60	52,08±1,01
5 ГДК А1	48,98±1,69*	49,40±1,97	52,15±0,81	48,52±0,58*	51,60±2,22
3 ГДК ХЛФ+А1	50,90±0,84*	48,60±0,54*	50,63±0,71	49,12±1,21	51,42±0,88
5 ГДК ХЛФ+А1	50,25±0,76*	45,03±1,53*	50,21±0,69	48,33±0,77*	50,47±0,79*

сліду суттєво не відрізнялася від значень показників контрольної групи тварин (табл. 5).

Підсумовуючи результати експериментальних досліджень, слід відзначити, що структура лейкограми змінювалася за рахунок змін абсолютної кількості лейкоцитів (підвищення), лімфоцитів (зниження), гранулоцитів (підвищення) та моноцитів (підвищення). Оцінюючи результати досліджень комбінованої дії хлороформу та сульфату алюмінію, можна стверджувати, що найвиразніші зміни спостерігаються у групах тварин з максимальним рівнем навантаження – 3 ГДК та 5 ГДК за умов ізольованої дії хлороформу та сульфату алюмінію, а також їхньої поєднаної дії. Вста-

новлено, що характер і різність ефектів залежали від діючої речовини, їхніх концентрацій та часу впливу. З підвищенням дози речовини зміни досліджених показників стають більш вираженими.

Зміни відносної кількості моноцитів свідчать про активацію імунних процесів, реактивних та компенсаторних механізмів. Якщо макрофаги – це результат дозрівання моноцитів, то опосередковано можна відзначити порушення фагоцитарної функції в організмі тварин та зниження опірності імунної системи на дію досліджуваних речовин.

Зміни еритроцитарних показників можуть вказувати на різні швидкості синтезу та накопичення гемоглобіну в еритроцитарних

клітинах кісткового мозку піддослідних та контрольних тварин та на функціональну недостатність зрілих форм еритроцитів у піддослідних тварин. Функціональна недостатність киснево-транспортної функції еритроцитів може викликати в організмі кисневу недостатність з подальшим розвитком порушень функціонування усіх органів та систем організму.

#### Висновки

Гематологічні дослідження виявили якісні та кількісні зміни клітин крові. Характер змін гематологічних показників протягом експерименту може бути проявом мобілізації функціональних систем та формування адаптаційно-приспосувальних реакцій, спрямованих на підтримку ста-

Таблиця 4

#### Абсолютна та відносна кількість моноцитів периферичної крові щурів у динаміці експерименту, ( $M \pm m$ )

Групи	Період дії фактора				
	30 діб	60 діб	120 діб	150 діб	180 діб
Абсолютна кількість моноцитів, $n \cdot 10^9/\text{л}$					
Контроль	2,88±0,16	2,63±0,35	162±0,17	1,73±0,22	1,65±0,14
3 ГДК ХЛФ	2,73±0,21	2,13±0,24	1,65±0,14	1,65±0,11	1,53±0,16
5 ГДК ХЛФ	2,65±0,36	2,03±0,18	1,71±0,12	1,63±0,11	1,57±0,14
3 ГДК А1	2,62±0,37	2,43±0,25	1,75±0,12	1,58±0,12	1,78±0,19
5 ГДК А1	2,40±0,24	2,17±0,30	1,78±0,07	1,67±0,11	1,67±0,11
3 ГДК ХЛФ+А1	2,35±0,26	1,93±0,11	1,82±0,07	1,76±0,07	1,76±0,07
5 ГДК ХЛФ+А1	2,52±0,51	2,21±0,15	1,85±0,07	1,93±0,14	1,72±0,09
Відносна кількість моноцитів, %					
Контроль	9,58±0,39	9,32±0,44	8,13±0,38	8,17±0,45	7,86±0,61
3 ГДК ХЛФ	9,25±0,26	9,00±0,37	8,60±0,40	8,97±0,18*	9,27±0,31*
5 ГДК ХЛФ	9,95±0,35	8,43±0,40	9,06±0,31*	9,18±0,30*	9,33±0,35*
3 ГДК А1	9,20±0,25	8,20±0,31	7,81±0,16	8,15±0,68	8,18±0,34
5 ГДК А1	9,13±0,53	8,46±0,63	8,06±0,51	8,93±0,19*	9,18±0,67*
3 ГДК ХЛФ+А1	9,33±0,47	9,13±0,54	8,50±0,31	8,80±0,58	8,66±0,51
5 ГДК ХЛФ+А1	9,80±0,21	8,90±0,67	8,96±0,32	8,96±0,28*	9,35±0,34*

Таблиця 5

#### Абсолютна кількість тромбоцитів периферичної крові щурів у динаміці експерименту, $x10^9/\text{л}$ , ( $M \pm m$ )

Групи	Період дії фактора				
	30 діб	60 діб	120 діб	150 діб	180 діб
Контроль	656,50±38,95	630,00±28,81	729,17±35,35	703,25±48,49	789,66±45,07
3 ГДК ХЛФ	703,25±48,49	674,50±35,17	710,17±54,79	774,17±27,04	712,00±16,79
5 ГДК ХЛФ	660,25±42,04	710,50±31,64	720,17±15,73	739,17±64,69	717,00±38,53
3 ГДК А1	680,66±30,22	614,33±41,53	787,50±61,86	734,67±26,51	726,67±38,18
5 ГДК А1	813,33±24,22	686,00±38,88	729,00±28,63	659,83±30,75	637,83±43,31*
3 ГДК ХЛФ+А1	708,67±22,63	720,00±28,45	730,50±25,63	685,17±24,74	691,67±23,51
5 ГДК ХЛФ+А1	759,33±60,98	667,33±54,97	741,00±41,71	735,50±37,29	727,83±47,90

лості гомеостазу організму в умовах дії досліджуваних факторів. Виявлено односпрямовану дію досліджених факторів щодо збігу ефектів дії речовин (хлороформ, сульфат алюмінію) за показниками клітинного складу крові. Однак посилення ефекту дії комбінації хлороформу та сульфату алюмінію не було виявлено порівняно з ізольованою дією кожного складника. Тому характер комбінованої дії хлороформу та сульфату алюмінію за ступенем виразності ефекту дії може бути оцінений як незалежний.

Зазначені зміни морфологічного складу крові тварин можуть бути ознаками порушень фізіологічних процесів, що відбуваються в організмі, уповільнення окисно-відновлювальних реакцій, гіпоксичних проявів, зниження та послаблення імунної відповіді та реактивності.

Екстраполяція цих результатів на людину дозволяє припустити, що постійне споживання населенням питної води з понаднормативним вмістом хлороформу та сульфату алюмінію з часом може призвести до змін у системі крові, послаблення захисної імунної функції організму та створення умов для розвитку неінфекційної патології.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Прокопов В.О. Питна вода України: медико-екологічні та санітарно-гігієнічні аспекти. За ред. А.М. Сердюка. К. : Медицина, 2016. 400 с.
2. Бардов В.Г., Омельчук С.Т., Пельо І.М., Карпенко В.В. Проблеми питного водопостачання населення України та шляхи їх вирішення. *Профілактична медицина : проблеми і перспективи : матер. наук.-практ. конф.* Київ, 2005. С. 106-109.

3. Прокопов В.О., Чичковська Г.В. Канцерогенний ризик для здоров'я тригалометанів - побічних продуктів хлорування питної води (огляд). *Довкілля та здоров'я*. 2002. № 4 (23). С. 20-23.

4. Гаркавий С.І., Гаркавий С.С., Голубченко В.І. Гігієнічна оцінка якості води підземних джерел централізованого водопостачання м. Суми. *Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (четверті марзеєвські читання): зб. тез доп. наук.-практ. конф.* К., 2008. Вип. 8. С. 28-29.

5. Шушковська С.В. Хлорорганічні сполуки у питній воді та їхній вплив на здоров'я населення (огляд літератури та результатів особистих досліджень). *Гігієна населених місць : зб. наук. пр.* К., 2011. Вип. 58. С. 88-103.

6. Черниченко І.О., Баленко Н.В., Литвиченко О.М. Канцерогенна активність хлороформу, чотирьоххлористого вуглецю, 1,2-дихлоретану, трихлоретилену за перорального комбінованого введення мишам. *Гігієна населених місць : зб. наук. пр.* К., 2002. Вип. 39. С. 124-130.

7. Запольський А.К. Підготовка високоякісної води у харчовій промисловості. IV Міжнародний Водний Форум «Аква – Україна 2006». *Міжнародний Форум «Екологічні технології – 2006»*. К., 2006. С. 338-339.

8. Ярошенко К.К., Шабанов М.В. Ефективність коагуляційного очищення водних стоків керамічного виробництва. *Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища*. К. : ІГНС, 2011. Вип. 19. С. 95-101.

9. Trapp G.A. Fatal aluminum phosphide ingestion. *Life Sci*. 1983. Vol. 33 (4). P. 311-314.

10. Cannata A. Aluminium toxicity: its relationship with bone and iron metabolism. *Nephrol. Dial. Transplantation*. 1996. Vol. 11. Suppl. 3. P. 6973.

11. Albero K., Glass J., Sella M. Aluminum inhibits hemoglobin synthesis but enhances iron uptake in Friend erythroleukemia cells. *Kidney Int*. 1990. Vol. 37. P. 677-681.

12. Synzynys B.I., Kharlamova O.T., Bulanova N.T. Biomonitoring of toxic aluminum for groundwater and surface water assessment and protection. *Toxicology Lett*. 2003. Vol. 144. P. 126.

13. Levesque L. Neurotoxicity of Aluminum. *Brain Res*. 2000. Vol. 877 (2). P. 191.

14. OECD. Principles of Good Laboratory Practice. 1996.

15. Загальні етичні принципи експериментів на тваринах (документ розроблений робочою групою Конгресу за керівництва О.Г. Резнікова). *Ендокринологія*. 2003. Т. 8, № 1. С. 142-145.

16. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. 2-е изд. К. : Мединформ, 2018. 579 с.

17. Халафин А.А. Статистика 6. Статистический анализ данных. М. : Бином-Пресс, 2007. 512 с.

#### REFERENCES

1. Prokopov V.O. Pytna voda Ukrainy: medyko-ekolohichni ta sanitarno-higienichni aspekty [Drinking Water of Ukraine: Medical-Ecological and Sanitary-Hygienic Aspects. Ed. by A.M. Serdiuk]. Kyiv : Medytsyna ; 2016 : 400 p. (in Ukrainian).
2. Bardov V.H., Omelchuk S.T., Pelo I.M. and

Karpenko V.V. Problemy pytnoho vodopostachannia naselennia Ukrainy ta shliakhy yikh vyrishennia [Problems of Drinking Water Supply to the Population of Ukraine and Ways to Solve Them]. In : *Profilaktychna medytsyna : problemy i perspektyvy : mater. nauk.-prakt. konf. [Preventive Medicine: Problems and Prospects : conf. mater.]*. Kyiv ; 2005 : 106-109 (in Ukrainian).

3. Prokopov V.O. and Chychkovska H.V. Kantseroheny ryzyk dlia zdorovia tryhalometaniv – pobichnykh produktiv khloruvannia pytnoi vody (ohliad) [Carcinogenic Health Risk of Trihalomethanes – By-Products of Chlorination of Drinking Water (Review)]. *Dovkillia ta zdorovia (Environment & Health)*. 2002 ; 4 : 20-23 (in Ukrainian).

4. Harkavyi S.I., Harkavyi S.S. and Holubchenko V.I. Hihienichna otsinka yakosti vody pidzemnykh dzherel tsentralizovanoho vodopostachannia m. Sumy [Hygienic Assessment of Water Quality of Underground Sources of Centralized Water Supply in the City of Sumy]. In : *Aktualni pytannia hihieny ta ekolohichnoi bezpeky Ukrainy (chetverti marzieievski chytannia) [Current Issues of Hygiene and Ecological Safety of Ukraine: Conf. Mater.]*. Kyiv ; 2008 ; Iss. 8 : 28-29 (in Ukrainian).

5. Shushkovska S.V. Khlrororhanichni spoluky u pytnii vodi ta yikh vplyv na zdorovia naselennia (ohliad literatury ta rezultativ osobystykh doslidzhen) [Organochlorine Compounds in Drinking Water and Their Impact on Public Health (Review of the Literature and Results of Personal Research)]. In : *Hihiena naselenykh mists [Hygiene of Populated*

*Places : Scientific Works Coll.]*. Kyiv ; 2011 ; Iss. 58 : 88-103 (in Ukrainian).

6. Chernychenko I.O., Balenko N.V. and Lytvychenko O.M. Kantserohenna aktyvnist khloroformu, chotyrokhhlorystoho vuhletsiu, 1,2-dykhloretanu, trykhloretylenu za peralnoho kombinovanoho vvedennia mysham [Carcinogenic activity of chloroform, carbon tetrachloride, 1,2-dichloroethane, trichlorethylene after oral combined administration to mice]. In : *Hihiena naselenykh mists [Hygiene of Populated Places : Scientific Works Coll.]*. Kyiv ; 2002 ; Iss. 39 : 124-130 (in Ukrainian).

7. Zapolskyi A.K. Pidhotovka vysokoiakisnoi vody v kharchovii promyslovosti [Preparation of High-Quality Water in the Food Industry]. In : *IV Mizhnarodnyi Vodnyi Forum «Akva – Ukraina 2006»*. *Mizhnarodnyi Forum «Ekolohichni tekhnolohii – 2006» [IV International Water Forum «Aqua – Ukraine 2006»*. *International Forum «Ecological Technologies-2006»*]. Kyiv ; 2006. C. 338-339 (in Ukrainian).

8. Yaroshenko K.K. and Shabanov M.V. Efektyvnist koahuliatsiinoho ochyshchennia vodnykh stokiv keramichnoho vyrobnytstva [The Efficiency of the Coagulation Purification of Water Effluents from the Ceramic Production]. In : *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heokhimii navkolyshnoho seredovyshcha [Collection of Science Practitioners of the Institute of Geochemistry of the Environment]*. Kyiv ; 2011 ; Iss. 19 : 95-101 (in Ukrainian).

9. Trapp G.A. Fatal Aluminium Phosphide Ingestion. *Life Sci*. 1983 ; 33 (4) : 311-314.

10. Cannata A. Aluminium Toxicity: its Relationship with Bone and Iron Metabolism. *Nephrol. Dial. Transplantation*. 1996 ; 11 ; Suppl. 3 : 6973.

11. Albero K., Glass J. and Sella M. Aluminum Inhibits Hemoglobin Synthesis but Enhances Iron Uptake in Friend Erythroleukemia Cells. *Kidney Int*. 1990 ; 37 : 677-681.

12. Synzynys B.I., Kharlamova O.T. and Bulanova N.T. Biomonitoring of Toxic Aluminum for Groundwater and Surface Water Assessment and Protection. *Toxicology Lett*. 2003 ; 144 : 126.

13. Levesqye L. Neurotoxicity of Aluminum. *Brain Res*. 2000 ; 877 (2) : 191.

14. OECD. Principles of Good Laboratory Practice. 1996.

15. Zahalni etychni pryntsypy eksperymentiv na tvarynakh (dokument rozroblenyi robochoiu hrupoiu Konhresu pid kerivnytstvom chl.-kor. NAN i AMN Ukrainy O.H. Reznikova) [Global Ethical Principles of Experiments on Creatures (Document of Disintegration by the Working Group of the Congress Led by the Ceremonial Member of the National Academy of Sciences and the Academy of Medical Sciences of Ukraine O.G. Reznikov)]. *Endokrynolohiia*. 2003 ; 8 (1) : 142-145 (in Ukrainian).

16. Antomonov M.Yu. Matematicheskaya obrabotka i analiz medikobiologicheskikh dannykh [Mathematical Processing and Analysis of Biomedical Data. 2-nd ed.]. Kiev : Medinform ; 2018 : 579 p. (in Russian).

17. Khalafin A.A. Statistika 6. Statisticheskyy analiz dannykh [Statistica 6. Statistical Data Analysis]. Moscow : Binom-Press ; 2007 : 512 p. (in Russian).  
Надійшло до редакції 20.09.2022