

УДК: 612.017:616–007.1:616–001.28:355.51

Л. М. Зварич✉, В. В. Панченко, Н. А. Голярик, О. А. Беляєв, Д. А. Базика

Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», вул. Юрія Ілленка, 53, м. Київ, 04050, Україна

ВПЛИВ ФАКТОРА ВІЙНИ НА ВІКОВІ ЗМІНИ СУБПОПУЛЯЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ЛЕЙКОЦИТІВ ЯК СКЛАДОВОЇ ІНФЛАМЕЙДЖИНГУ У ГРУПАХ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ТА УЧАСНИКІВ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЇ НА ЧАЕС

Мета: оцінити субпопуляційну структуру лейкоцитів периферичної крові як складової інфламейджингу у військовослужбовців ЗСУ та учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС.

Матеріали і методи. Обстежено 397 чоловіків віком 30–82 ($54,99 \pm 8,85$) років. Серед них: 190 учасників ліквідації наслідків аварії (ЛНА) на ЧАЕС, віком 54–64 ($59,95 \pm 1,88$) років, які проходили обстеження до початку і під час повномасштабного російського вторгнення; 24 цивільні особи контрольної групи, віком 50–77 ($58,87 \pm 7,18$) років і 15 осіб групи вікового контролю, віком 42–49 ($46,00 \pm 2,26$) років, які проходили обстеження до початку війни; група порівняння–W – 27 цивільних осіб віком 51–82 ($65,44 \pm 9,13$) років і група вікового контролю–W – 14 цивільних осіб віком 31–49 ($40,64 \pm 5,59$) років, які проходили обстеження після початку війни; 73 військовослужбовці ЗСУ віком 30–49 ($42,20 \pm 5,35$) років і 54 військовослужбовці ЗСУ віком 50–59 ($54,07 \pm 2,86$) років. Аналіз субпопуляційного розподілу лейкоцитів периферичної крові проводили з використанням проточної цитометрії.

Результати. У більшості осіб груп обстеження, дослідження яких проводилося після початку війни, виявлено зниження відносної кількості CD45⁺14⁻ гранулоцитів, CD3⁺HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів, CD3⁺57⁺ НК на фоні підвищення числа CD45⁺14⁺ моноцитів, CD3⁺HLA-DR⁺ В-лімфоцитів, CD4⁺ Т-лімфоцитів і CD3⁺57⁺ НКТ. Підвищення відносної кількості CD45⁺14⁻ гранулоцитів на фоні зниження CD45⁺14⁻ лімфоцитів відмічене в учасників ЛНА на ЧАЕС, які пройшли обстеження до війни. Близько 30 % цивільних осіб, старше 50 років, які проходили обстеження до війни, мали зниження кількості CD19⁺ В-лімфоцитів, CD4⁺ та CD8⁺ Т-лімфоцитів, CD3⁺57⁺ НК, CD3⁺57⁺ НКТ і показника імунорегуляторного коефіцієнту CD4⁺ / CD8⁺. Проведений кореляційний аналіз виявив зворотну кореляцію слабкої та середньої сили між відносною кількістю CD19⁺ В-лімфоцитів і віком у цивільних осіб, незалежно від того, коли вони проходили обстеження, та військовослужбовців ЗСУ. Зворотні кореляційні зв'язки HLA-DR⁺ В-лімфоцитів, CD45⁺14⁺ моноцитів, CD4⁺ Т-лімфоцитів, імунорегуляторного коефіцієнта CD4⁺ / CD8⁺, та прямі CD3⁺57⁺ НК і CD3⁺57⁺ НКТ з віком відмічені у цивільних осіб, які пройшли обстеження після початку війни. У військовослужбовців ЗСУ виявлено прямий кореляційний зв'язок між CD3⁺57⁺ НКТ та віком.

Висновки. Імунологічний профіль як учасників ЛНА на ЧАЕС, так і військовослужбовців ЗСУ або цивільних осіб був подібним при внутрішньогруповому порівнянні з референтними показниками. Міжгрупове дослідження виявило зміни у субпопуляційному розподілі лейкоцитів периферичної крові, що можуть бути пов'язані як зі старінням, так і зміною умов життя під час воєнних дій. Визначені зміни клітинного імунітету можуть як спрямувати баланс у бік інфламейджингу, так і бути показником вже наявних імунопатологічних реакцій.

Ключові слова: іонізуюче випромінювання, Чорнобиль, учасники ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, військовослужбовці, війна, імунна система, інфламейджинг, стрес.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2023. Вип. 28. С. 286–315. doi: 10.33145/2304-8336-2023-28-286-315

✉ Зварич Лілія Миколаївна, e-mail: l.zvarych@ukr.net

L. M. Zvarych✉, V. V. Panchenko, N. A. Golyarnik, O. A. Belayev, D. A. Bazyka

State Institution «National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 53 Yurii Illienka St., Kyiv, 04050, Ukraine

THE INFLUENCE OF THE WAR FACTOR ON AGE CHANGES IN THE SUBPOPULATION STRUCTURE OF LEUCOCYTES AS A COMPONENT OF INFLAMMAGING IN THE GROUPS OF MILITARY PERSONNEL AND CLEAN-UP WORKERS OF THE CHORNOBYL ACCIDENT

Objective: to evaluate the subpopulation structure of peripheral blood leukocytes as a component of inflammaging in the servicemen of the Armed Forces of Ukraine and clean-up workers of the accident at the Chernobyl nuclear power plant.

Materials and methods. Three hundred ninety-seven males aged 30–82 (54.99 ± 8.85) years examined. Among them: clean-up workers of the accident at the Chernobyl nuclear power plant, aged 54–64 (59.95 ± 1.88) years, who were examined before the beginning and during the Russian military invasion of Ukraine; 24 civilians of the control group, aged 50–77 (58.87 ± 7.18) years and 15 persons of the age control group, aged 42–49 (46.00 ± 2.26) years, who examined before the war has started; the comparison group–W – 27 civilians (age: 51–82 (65.44 ± 9.13)) and the age control group–W – 14 civilians (age: 31–49 (40.64 ± 5.59)) who examined after the war has started; 73 servicemen of the Armed Forces of Ukraine aged 30–49 (42.20 ± 5.35) years and 54 servicemen aged 50–59 (54.07 ± 2.86) years. The subpopulation distribution of peripheral blood leukocytes was analyzed using flow cytometry.

Results. A decrease in the relative number of $CD45^{+}14^{-}$ granulocytes, $CD3^{+}HLA-DR^{+}$ T-lymphocytes, and $CD3^{-}57^{+}$ NK against the background of an increase in the number of $CD45^{+}14^{+}$ monocytes, $CD3^{+}HLA-DR^{+}$ B-lymphocytes found in the majority of people in the examination groups, the study of which conducted after the beginning of the war, $CD4^{+}$ T-lymphocytes and $CD3^{+}57^{+}$ NKT. The relative number of $CD45^{+}14^{-}$ granulocytes increased against the background of a decrease in $CD45^{+}14^{-}$ lymphocytes was noted in clean-up workers who were examined before the war started. About 30% of civilians over 50 years of age who were examined before the war started had a decrease in $CD19^{+}$ B-lymphocytes, $CD4^{+}$ and $CD8^{+}$ T-lymphocytes, $CD3^{-}57^{+}$ NK, $CD3^{+}57^{+}$ NKT, and the $CD4^{+} / CD8^{+}$ ratio. Conducted correlation analysis revealed a weak to moderate inverse correlation between the relative number of $CD19^{+}$ B-lymphocytes and age in civilians, regardless of when they were examined, and the servicemen of the Armed Forces of Ukraine. Inverse correlations of $HLA-DR^{+}$ B-lymphocytes, $CD45^{+}14^{+}$ monocytes, $CD4^{+}$ T-lymphocytes, $CD4^{+} / CD8^{+}$ ratio, and $CD3^{-}57^{+}$ NK and $CD3^{+}57^{+}$ NKT with age were noted in civilians who were examined after the war has started. A direct correlation between $CD3^{+}57^{+}$ NKT and age was found in the servicemen of the Armed Forces of Ukraine.

Conclusions. The immunological profile of both clean-up workers in the Chernobyl nuclear power plant and the servicemen of the Armed Forces of Ukraine or civilians was similar compared to the group with reference indicators. An intergroup study revealed changes in the subpopulation distribution of peripheral blood leukocytes, which may be associated with both aging and changes in living conditions during military operations. Specific changes in cellular immunity can either tip the balance towards inflammaging or indicate already existing immunopathological reactions.

Key words: ionizing radiation, Chernobyl, clean-up workers of the accident at the Chernobyl nuclear power plant, military servicemen, war, immune system, inflammaging, stress.

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2023;28:286-315. doi: 10.33145/2304-8336-2023-28-286-315

ВСТУП

Хронічне запалення – поширена особливість старіючих тканин і вік-асоційованих захворювань, оскільки протягом життя організм зазнає дії стресу, ін-

INTRODUCTION

Chronic inflammation is a common feature of aging tissues and age-related diseases because, during life, the human body is exposed to stress,

✉ Liliia M. Zvarych, e-mail: l.zvarych@ukr.net

фекційних агентів та інших негативних факторів, які підтримують запальні реакції на базальному рівні. Вікові зміни в імунній системі називають імуносенесценцією – зниження здатності реагувати на стресорні чинники та підтримувати гомеостаз. Зсув функціонування імунної системи у бік підтримки хронічного запалення сприяє розвитку інфламейджингу, тобто системного хронічного запалення за відсутності інфекційних агентів, що є фактором ризику розвитку захворюваності та смертності в осіб похилого віку. Такий стан може призвести до прискореної імуносенесценції навіть у молодих осіб [1, 2]. З розвитком теорії інфламейджингу постають питання про його етіологію і потенційні наслідки для здоров'я людини. Проводяться дослідження, спрямовані на виявлення механізмів, залучених в активацію та контроль інфламейджингу, для розробки методів лікування, що модулюють запалення для підтримки стану здоров'я осіб похилого віку [3].

Імунна система учасників ліквідації наслідків аварії (ЛНА) на ЧАЕС у віддаленому періоді після опромінення зберігає ознаки пошкоджуючого впливу іонізуючого випромінювання. Незважаючи на активацію компенсаторних механізмів, навіть через більш ніж 30 років після аварії спостерігаються відмінності у субпопуляційному розподілі лейкоцитів порівняно з особами, у яких відсутній вплив радіаційного чинника в анамнезі [4]. Військові дії, що розпочалися на території України з 24 лютого 2022 року, призвели до появи масштабного спектру стресорних факторів, що прямо чи опосередковано впливають на стан здоров'я: страх, негативні емоції, фізичні та психологічні травми, порушення сну, голодування, неліковані захворювання, антисанітарія внаслідок не тільки проживання в умовах окупації чи перебування у зоні бойових дій, а й у населених пунктах, що зазнають обстрілів. Всі ці фактори стають потужними чинниками погіршення стану здоров'я та омолодження патологічних процесів, можливо, за рахунок активації інфламейджингу. Тому було заплановано дослідження показників субпопуляційної структури лейкоцитів, як проявів інфламейджингу в групі учасників ЛНА на ЧАЕС, які зазнали найбільшого впливу на імунну систему, внаслідок опромінення, у порівнянні з військовослужбовцями Збройних сил України (ЗСУ), які зазнають наслідків стресу в умовах воєнних дій.

infectious agents, and other negative factors that support inflammatory reactions at the basal level. Age-related changes in the immune system are called immunosenescence – a decrease in the ability to respond to stressors and maintain homeostasis. The interruption in the functioning of the immune system towards the support of chronic inflammation contributes to the development of inflammaging, that is, systemic chronic inflammation in the absence of infectious agents, which is a risk factor for the development of morbidity and mortality in the elderly. Such a condition can lead to accelerated immunosenescence even in young people [1, 2]. With the development of the inflammaging theory, questions arise about its etiology and potential consequences for human health. Research is being conducted to identify the mechanisms involved in the activation and control of inflammaging to develop therapies that modulate inflammation to support the health of the elderly [3].

The immune system of clean-up workers in the distant period after exposure retains symptoms of the damaging effects of ionizing radiation. Despite the activation of compensatory mechanisms, even more than 30 years after the accident, there are differences in the subpopulation distribution of leukocytes compared to individuals who were not irradiated [4]. The military operations that began on the territory of Ukraine on February 24, 2022, led to the emergence of a large-scale spectrum of stressors that directly or indirectly affect the state of health: fear, negative emotions, physical and psychological injuries, sleep disorders, starvation, untreated diseases, unsanitary conditions as a result of not only living in conditions of occupation or being in a war zone but also in populated areas that are subject to shelling. All these factors become influential factors of health deterioration and rejuvenation of pathological processes, possibly due to the activation of inflammaging. Therefore, it was aimed to study indicators of the subpopulation structure of leukocytes as manifestations of inflammaging in the group of clean-up workers at the Chernobyl nuclear power plant, who suffered the most significant impact on the immune system as a result of exposure, in comparison with the servicemen of the Armed Forces of Ukraine (AFU), who suffered the consequences of stress in the conditions of military operations.

МЕТА

Оцінити субпопуляційну структуру лейкоцитів периферичної крові як складової інфламейджингу у військовослужбовців ЗСУ та учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС.

ПАЦІЄНТИ І МЕТОДИ

Проведено обстеження 397 осіб чоловічої статі, віком 30–82 ($54,99 \pm 8,85$) років. З них – 190 учасників ЛНА на ЧАЕС, які проходили обстеження у ННЦРМ (вік: 54–64 ($59,95 \pm 1,88$) років). Групу учасників ЛНА на ЧАЕС було поділено на 2 підгрупи залежно від того, коли особи проходили обстеження – до початку війни 24 лютого 2022 р. (позначення літерою «P» від слова «Peace») або під час війни з квітня 2022 р. (позначення літерою «W» – «War»). Контрольну групу–P склали 24 цивільні особи, віком ($58,87 \pm 7,18$), які проходили обстеження до початку війни. В якості групи вікового контролю–P було відібрано 15 цивільних осіб, віком ($46,00 \pm 2,26$), які також проходили обстеження до початку війни. До групи порівняння–W увійшло 27 цивільних осіб (вік: ($65,44 \pm 9,13$) років) і до групи вікового контролю–W – 14 цивільних осіб (вік: ($40,64 \pm 5,59$) років), які проходили обстеження після початку війни. До групи порівняння і контрольної групи увійшли особи, які не брали участі в ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, не мешкали на радіоактивно забруднених територіях та не брали участі у військових діях. В окремі групи виділено військовослужбовців ЗСУ: група 1 – 73 військовослужбовці, віком ($42,20 \pm 5,35$) років, група 2 – 54 військовослужбовці, віком ($54,07 \pm 2,86$) років. В усіх осіб груп обстеження діагностовано від двох і більше захворювань соматичного характеру, без злоякісних новоутворень. Військовослужбовці ЗСУ мали бойові травми в анамнезі. Детальна інформація представлена у табл. 1.

Субпопуляційний склад лейкоцитів периферичної крові (ПК) визначали за допомогою проточної цитометрії з використанням моноклональних антитіл (Becton Dickinson (BD), США): CD45 / CD14, CD3 / CD19, CD3 / CD4 / CD8, CD3 / HLA-DR, CD3 / CD16+CD56 та CD3 / TCR α/β / TCR γ/δ . Методику проводили за стандартною, рекомендованою виробником процедурою прямого імунофлуоресцентного фарбування цільної крові з лізисом і відмивкою зразка. Аналіз зразків проводили з використанням лазерного проточного цитометра FACSLyric (BD, США). Обробка даних проводилася за допомогою програмного забезпечення BD FACSuite для 10000 подій у режимі «Dot Plot».

OBJECTIVE

To evaluate the subpopulation structure of peripheral blood leukocytes as a component of inflammaging in the servicemen of the AFU and clean-up workers of the Chernobyl nuclear power plant accident.

PATIENTS AND METHODS

Three hundred ninety-seven male persons aged 30–82 (54.99 ± 8.85) years were examined. Of them, 190 clean-up workers of the accident at the Chernobyl nuclear power plant were examined at the NRCRM (age: 54–64 (59.95 ± 1.88)). The group of clean-up workers was divided into two subgroups depending on when the individuals were examined – before the start of the war on February 24, 2022 (designated by the letter «P» from the word «Peace») or during the war from April 2022 (designated letter «W» – «War»). The control group–P consisted of 24 civilians aged (58.87 ± 7.18), who were examined before the war started. Fifteen civilians aged (46.00 ± 2.26) who were also examined before the war started were selected as the age control group–P. The comparison group–W included 27 civilians (age: 65.44 ± 9.13), and the age control group–W – 14 civilians (age: 40.64 ± 5.59) were examined after the war started. The comparison group and the control group included persons who did not participate in liquidation of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant, did not live in radioactively contaminated territories, and did not participate in military operations. The servicemen of the AFU were divided into groups: group 1 – 73 servicemen, aged (42.20 ± 5.35) years, and group 2 – 54 servicemen, aged (54.07 ± 2.86) years. All persons in the examination groups were diagnosed with two or more somatic diseases without malignant neoplasms. The servicemen of the AFU had combat injuries. Detailed information is presented in a table. 1.

A subpopulation of peripheral blood (PB) leukocytes was determined by flow cytometry using monoclonal antibodies (Becton Dickinson (BD), USA): CD45 / CD14, CD3 / CD19, CD3 / CD4 / CD8, CD3 / HLA-DR, CD3 / CD16+CD56 та CD3 / TCR α/β / TCR γ/δ . The technique was carried out according to the standard procedure of direct immunofluorescent staining of whole blood with lysis and washing of the sample recommended by the manufacturer. Sample analysis was performed using a FACSLyric flow cytometer (BD, USA). Data processing was performed using BD FACSuite software for 10,000 events in «Dot Plot» mode.

Таблиця 1

Характеристика груп обстеження

Table 1

Characteristics of the studied groups

Групи обстеження Study group	Кількість (осіб) The number of patients, n	Вік, роки M ± SD (min / max)	Доза, мЗв M ± SD (min / max)
Контрольна група–P Control group–P	24	58,87 ± 7,18 (50 / 77)	–
Група порівняння–W Comparison group–W	27	65,44 ± 9,13 (51 / 82)	–
Група вікового контролю–P Age control group–P	15	46,00 ± 2,26 (42 / 49)	–
Група вікового контролю–W Age control group–W	14	40,64 ± 5,59 (31 / 49)	–
Учасники ЛНА на ЧАЕС–P Clean-up workers–P	23	59,13 ± 2,20 (54 / 62)	259,59 ± 173,50 (4,9 / 850)
Учасники ЛНА на ЧАЕС–W Clean-up workers–W	167	60,07 ± 1,81 (55 / 64)	229,46 ± 211,39 (1 / 990)
Військовослужбовці ЗСУ–1 Servicemen of the AFU–1	73	42,20 ± 5,35 (30 / 49)	–
Військовослужбовці ЗСУ–2 Servicemen of the AFU–2	54	54,07 ± 2,86 (50 / 59)	–

Статистичний аналіз даних

Статистичний аналіз проводили за допомогою програмного забезпечення Statistica 8.0 (StatSoft. Inc.). Нормальність розподілу кількісних змінних визначали за допомогою тесту Колмогорова-Смірнова з поправкою Ліллієфорса. Для порівняння показників, що характеризувалися нормальним розподілом, застосували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) з апостеріорним тестом Тьюкі HSD для нерівних вибірок. Для показників, розподіл яких відрізнявся від нормального використовували непараметричний ранговий аналіз варіацій за Краскелом-Уолісом і медіанний тест з попарним порівнянням середніх рангів для усіх груп. Зв'язок між параметрами розраховували за допомогою коефіцієнта кореляції Пірсона або Спірмена. Рівень статистичної значущості було встановлено на рівні $p < 0,05$, а $0,06 \leq p \leq 0,10$ було прийнято за ознаку тенденції.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

За результатами дослідження вмісту CD45⁺14⁻ лімфоцитів, CD45⁺14⁺ моноцитів і CD45⁺14⁻ гранулоцитів у ПК осіб груп обстеження, виявлено статистично значуще ($p < 0,05$) зниження відносної кількості CD45⁺14⁻ лімфоцитів в учасників ЛНА на ЧАЕС–W, порівняно з показником в осіб групи порівняння–W, групи вікового контролю–W і військовослужбовцями ЗСУ–2. Показник CD45⁺14⁺ моноцитів у даної когорти осіб збільшувався порівняно

Statistical data analysis

Statistical analysis was performed using Statistica 8.0 software (StatSoft. Inc.). The normality of the distribution of quantitative variables was determined using the Kolmogorov-Smirnov test with Lilliefors correction. One-way analysis of variance (ANOVA) with Tukey's HSD post hoc test for unequal samples was used to compare indicators that were characterized by a normal distribution. Non-parametric Kruskal-Wallis rank analysis of variations and median test with the pairwise comparison of average ranks for all groups were used for indicators whose distribution differed from the average. The relationship between parameters was calculated using the Pearson or Spearman correlation coefficient. The level of statistical significance was set at $p < 0.05$, and $0.06 \leq p \leq 0.10$ was accepted as a sign of a trend.

RESULTS

According to the results of the study the content of CD45⁺14⁻ lymphocytes, CD45⁺14⁺ monocytes and CD45⁺14⁻ granulocytes in the PB of the subjects of the examination groups, a statistically significant ($p < 0.05$) decrease in the relative number of CD45⁺14⁻ lymphocytes was found in clean-up workers–W, compared to the indicator in individuals of the comparison group–W, the age control group–W and the servicemen of the AFU–2. The

з показником осіб групи порівняння—W ($p < 0,05$), та був вищий, ніж у військовослужбовців ЗСУ—2 ($p < 0,001$). В обох групах військовослужбовців ЗСУ (1 і 2) спостерігалось зниження вмісту CD45⁺14⁺ моноцитів порівняно з показником осіб групи вікового контролю—W ($p < 0,05$). Крім того, у військовослужбовців ЗСУ, старше 50 років, відмічене зниження даного показника порівняно з особами контрольної групи—P ($p < 0,001$) і учасниками ЛНА на ЧАЕС—P. При порівнянні популяційного розподілу лейкоцитів ПК між контрольною групою—P і групою порівняння—W, виявлено зниження показника CD45⁺14⁺ моноцитів у групі порівняння—W порівняно з показником осіб контрольної групи—P ($p < 0,05$). Вміст CD45⁺14⁻ гранулоцитів зростав в учасників ЛНА на ЧАЕС—W порівняно з показником осіб групи порівняння—W ($p < 0,05$), групи вікового контролю—W ($p < 0,05$) і військовослужбовців ЗСУ—2 ($p < 0,001$), але був нижчий за показник в учасників ЛНА на ЧАЕС—P ($p < 0,05$). Відмічено зниження відносної кількості CD45⁺14⁻ гранулоцитів в осіб групи вікового контролю—W і в обох групах військовослужбовців ЗСУ порівняно з показником осіб групи вікового контролю—P ($p < 0,05$). Додатково спостерігалось статистично значуще ($p < 0,05$) зниження вмісту CD45⁺14⁻ гранулоцитів порівняно з показником учасників ЛНА на ЧАЕС—P у військовослужбовців ЗСУ—2. Дані представлені у табл. 2.

В учасників ЛНА на ЧАЕС—P виявлено тенденцію до зниження відносної кількості CD3⁺ Т-лімфоцитів у ПК відносно результатів військовослужбовців ЗСУ—2 (табл. 3). Натомість в учасників ЛНА на ЧАЕС—W показники CD3⁺ Т-лімфоцитів і активованих CD3⁺HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів були вищими, ніж в учасників ЛНА на ЧАЕС—P ($p < 0,05$). Відмічена тенденція до зростання вмісту CD3⁺HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів у військовослужбовців ЗСУ—2 порівняно з показником у військовослужбовців ЗСУ—1. Як в учасників ЛНА на ЧАЕС—W, так і в осіб групи вікового контролю—W спостерігалось підвищення відносної кількості CD19⁺ В-лімфоцитів ($p < 0,05$) та CD3⁻HLA-DR⁺ В-лімфоцитів ($p < 0,01$ і $p < 0,001$, відповідно) порівняно з показником осіб групи порівняння—W. Відносна кількість CD19⁺ В-лімфоцитів у військовослужбовців ЗСУ—2 була нижчою, ніж у військовослужбовців ЗСУ—1 ($p < 0,05$), але мала тенденцію до збільшення віднос-

number of CD45⁺14⁺ monocytes in this cohort of individuals increased compared to the number in individuals of the comparison group—W ($p < 0,05$) and was higher than that of the servicemen of the AFU—2 ($p < 0,001$). In both groups of the servicemen of the AFU (1 and 2), a decrease in the content of CD45⁺14⁺ monocytes was observed compared to the indicator of individuals of the age-matched control group—W ($p < 0,05$). In addition, in the servicemen of the AFU over 50 years of age, a decrease in this indicator was noted compared to persons of the control group—P ($p < 0,001$) and in clean-up workers—P. When comparing the population distribution of PB leukocytes between the control group—P and the comparison group—W, a decrease in the number of CD45⁺14⁺ monocytes in the comparison group—W compared to the indicator of individuals of the control group—P was revealed ($p < 0,05$). The content of CD45⁺14⁻ granulocytes increased in clean-up workers—W compared to the indicator of individuals of the comparison group—W ($p < 0,05$), the age control group—W ($p < 0,05$), and the servicemen of the AFU—2 ($p < 0,001$), but it was lower than the indicator in clean-up workers—P ($p < 0,05$). A decrease in the relative number of CD45⁺14⁻ granulocytes was noted in individuals of the age control group—W and in both groups of the servicemen of the AFU compared to the indicator of individuals of the age control group—P ($p < 0,05$). In addition, a statistically significant ($p < 0,05$) decrease in the content of CD45⁺14⁻ granulocytes was observed in comparison with the indicator of clean-up workers—P in the servicemen of the AFU—2. The data are presented in the table. 2.

A tendency towards a decrease in the relative number of CD3⁺ T-lymphocytes in PB compared to the results of the servicemen of the AFU—2 was revealed in clean-up workers—P (Table 3). On the other hand, the indicators of CD3⁺ T-lymphocytes and activated CD3⁺HLA-DR⁺ T-lymphocytes were higher in clean-up workers—W than in clean-up workers—P ($p < 0,05$). A trend towards an increase in the content of CD3⁺HLA-DR⁺ T-lymphocytes in the servicemen of the AFU—2 compared to the indicator in the servicemen of the AFU—1 was noted. An increase in the relative number of CD19⁺ B-lymphocytes ($p < 0,05$) and CD3⁻HLA-DR⁺ B-lymphocytes ($p < 0,01$ and $p < 0,001$, respectively) compared to the indicator of individuals of the comparison group—W. The relative number of CD19⁺ B-lymphocytes in the servicemen of the AFU—2 was lower than in the servicemen of the AFU—1 ($p < 0,05$) but had a tendency to increase relative to the indicator of individuals of the control

Таблиця 2

Відносна кількість лейкоцитів у ПК осіб груп обстеження, (M ± SD)

Table 2

The relative number of leukocytes in the PB of individuals of the studied groups, (M ± SD)

Групи обстеження Study group	n	Показники, % / Percentage of lymphocyte subsets, %		
		CD45 ⁺ 14 ⁻ лімфоцити/lymphocytes	CD45 ⁺ 14 ⁺ моноцити/monocytes	CD45 ⁺ 14 ⁻ гранулоцити/granulocytes
Контрольна група–P Control group–P	24	33,29 ± 6,92	9,80 ± 2,69	56,91 ± 7,55
Група порівняння–W Comparison group–W	27	33,72 ± 12,48	6,51 ± 2,43 ¹	52,12 ± 12,51
Група вікового контролю–P Age control group–P	15	30,80 ± 9,74	8,00 ± 2,56	61,19 ± 10,78
Група вікового контролю–W Age control group–W	14	33,66 ± 7,85	8,38 ± 2,30	50,95 ± 10,58
Учасники ЛНА на ЧАЕС–P Clean-up workers–P	23	28,62 ± 7,97	7,82 ± 1,89	63,20 ± 8,20
Учасники ЛНА на ЧАЕС–W Clean-up workers–W	167	27,79 ± 6,89 ^{3,5,7}	7,88 ± 1,64 ^{3,8}	58,97 ± 7,64 ^{3,5,6,8}
Військовослужбовці ЗСУ–1 Servicemen of the AFU–1	73	31,78 ± 10,09	6,41 ± 2,13 ⁵	50,24 ± 11,93 ⁴
Військовослужбовці ЗСУ–2 Servicemen of the AFU–2	54	31,80 ± 11,11	6,15 ± 2,27 ^{2,5}	50,16 ± 12,41 ^{4,6}

Примітки. ¹p < 0,05 порівняно з контрольною групою–P; ²p < 0,001 порівняно з контрольною групою–P; ³p < 0,05 порівняно з групою порівняння–W; ⁴p < 0,05 порівняно з групою вікового контролю–P; ⁵p < 0,05 порівняно з групою вікового контролю–W; ⁶p < 0,05 порівняно з учасниками ЛНА на ЧАЕС–P; ⁷p < 0,05 порівняно з групою військовослужбовців–2; ⁸p < 0,001 порівняно з групою військовослужбовців–2.

Notes. ¹p < 0.05 significant differences with the control group–P; ²p < 0.001 significant differences with the control group–P; ³p < 0.05 significant differences with the comparison group–W; ⁴p < 0.05 significant differences with the age control group–P; ⁵p < 0.05 significant differences with the age control group–W; ⁶p < 0.05 significant differences with the clean-up workers–P; ⁷p < 0.05 significant differences with the servicemen of the AFU–2; ⁸p < 0.001 significant differences with the servicemen of the AFU–2.

Таблиця 3

Відносна кількість Т- та В- лімфоцитів у ПК осіб груп обстеження, (M ± SD)

Table 3

The relative number of T- and B-lymphocytes in the PB of individuals of the studied groups (M ± SD)

Групи обстеження Study group	n	Показники, % / Percentage of lymphocyte subsets, %			
		Т-лімфоцити / T-lymphocytes		В-лімфоцити / B-lymphocytes	
		CD3 ⁺	HLA-DR ⁺	CD19 ⁺	HLA-DR ⁺
Контрольна група–P Control group–P	24	68,50 ± 8,42	4,43 ± 2,45	6,44 ± 2,11	7,60 ± 3,25
Група порівняння–W Comparison group–W	27	67,17 ± 7,29	3,96 ± 1,86	7,06 ± 3,51	6,94 ± 2,80
Група вікового контролю–P Age control group–P	15	65,46 ± 5,70	3,79 ± 1,86	8,82 ± 3,89	10,88 ± 3,52
Група вікового контролю–W Age control group–W	14	69,58 ± 7,93	3,77 ± 2,10	10,81 ± 4,59 ¹	11,87 ± 4,60 ²
Учасники ЛНА на ЧАЕС–P Clean-up workers–P	23	60,28 ± 11,21	3,15 ± 1,34	8,78 ± 4,96	10,03 ± 3,30
Учасники ЛНА на ЧАЕС–W Clean-up workers–W	167	68,28 ± 9,15 ⁴	5,24 ± 3,96 ⁴	9,21 ± 3,96 ¹	11,06 ± 4,23 ³
Військовослужбовці ЗСУ–1 Servicemen of the AFU–1	73	65,24 ± 9,65	3,16 ± 2,01	10,77 ± 4,62	11,76 ± 4,84
Військовослужбовці ЗСУ–2 Servicemen of the AFU–2	54	67,45 ± 10,12	4,76 ± 3,53	8,61 ± 2,83 ⁵	9,46 ± 3,24 ^{1,5}

Примітки. ¹p < 0,05 порівняно з групою порівняння–W; ²p < 0,01 порівняно з групою порівняння–W; ³p < 0,001 порівняно з групою порівняння–W; ⁴p < 0,05 порівняно з учасниками ЛНА на ЧАЕС–P; ⁵p < 0,05 порівняно з групою військовослужбовців–1.

Notes. ¹p < 0.05 significant differences with the comparison group–W; ²p < 0.01 significant differences with the comparison group–W; ³p < 0.001 significant differences with the comparison group–W; ⁴p < 0.05 significant differences with the clean-up workers–P; ⁵p < 0.05 significant differences with the servicemen of the AFU – 1.

но показника осіб контрольної групи—P. Вміст активованих CD3⁺HLA-DR⁺ В-лімфоцитів був вищим, ніж в групі порівняння—W ($p < 0,05$) і нижчим, ніж в учасників ЛНА на ЧАЕС—W і військовослужбовців ЗСУ—1 ($p < 0,05$).

Проведений аналіз субпопуляційної організації CD3⁺ T-лімфоцитів виявив статистично значуще ($p < 0,05$) підвищення відносної кількості CD4⁺ T-лімфоцитів в учасників ЛНА на ЧАЕС—W, порівняно з показником осіб групи порівняння—W та учасників ЛНА на ЧАЕС—P. Зростання вмісту CD4⁺ T-лімфоцитів в учасників ЛНА на ЧАЕС—W при відсутності різниці у кількості CD8⁺ T-лімфоцитів призвело до зростання показника імунорегуляторного коефіцієнта CD4⁺ / CD8⁺ відносно показника осіб групи порівняння—W ($p < 0,05$). Збільшення відносної кількості CD4⁺ T-лімфоцитів спостерігалось в осіб групи вікового контролю—W порівняно з показником осіб групи порівняння—W ($p < 0,05$), без встановлення змін показників CD8⁺ T-лімфоцитів і коефіцієнта CD4⁺ / CD8⁺. Натомість в учасників ЛНА на ЧАЕС—P виявлено тенденцію до зниження відносної кількості CD8⁺ T-лімфоцитів зі зростанням коефіцієнта CD4⁺ / CD8⁺ порівняно з даними осіб контрольної групи—P і групи вікового контролю—P. Спостерігалася тенденція до зниження показника CD4⁺ T-лімфоцитів у військовослужбовців ЗСУ—1 відносно показника осіб групи вікового контролю—W, тоді як у військовослужбовців ЗСУ—2 відмічено зростання даного показника відносно осіб групи порівняння—W ($p < 0,05$). Дані наведено у табл. 4.

В учасників ЛНА на ЧАЕС—W та військовослужбовців ЗСУ—1 виявлено статистично значуще ($p < 0,05$) зростання показника CD3⁺57⁺ натуральних кілерів (НК) порівняно з показником осіб групи вікового контролю—W (табл. 5). В осіб групи вікового контролю—W визначено статистично значуще ($p < 0,05$) зменшення вмісту CD3⁺57⁺ НК, порівняно з показником осіб групи порівняння—W і групи вікового контролю—P. Виявлено збільшення відносної кількості CD3⁺57⁺ натуральних кілерних T-лімфоцитів (НКТ) у військовослужбовців ЗСУ—2 порівняно з даними осіб контрольної групи—P ($p < 0,01$), групи вікового контролю—P ($p < 0,01$), військовослужбовців ЗСУ—1 ($p < 0,001$) та учасників ЛНА на ЧАЕС—P і W. Зростання вмісту CD3⁺57⁺ НКТ також відмічене в осіб групи порівняння—W відносно показника осіб контрольної групи—P ($p < 0,01$).

group—P. The content of activated CD3⁺HLA-DR⁺ B-lymphocytes was higher than in the comparison group—W ($p < 0.05$) and lower than in clean-up workers—W and the servicemen of the AFU—1 ($p < 0.05$).

The analysis of the subpopulation organization of CD3⁺ T-lymphocytes revealed a statistically significant ($p < 0.05$) increase in the relative number of CD4⁺ T-lymphocytes in clean-up workers—W, compared to the indicator of individuals of the comparison group—W and in clean-up workers—P. An increase in the content of CD4⁺ T-lymphocytes in clean-up workers—W, in the absence of a difference in the number of CD8⁺ T-lymphocytes, led to an increase in the indicator of CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio relative to the indicator of individuals in the comparison group—W ($p < 0.05$). An increase in the relative number of CD4⁺ T-lymphocytes was observed in individuals of the age control group—W compared to the indicator of individuals of the comparison group—W ($p < 0.05$), without establishing changes in the indicators of CD8⁺ T-lymphocytes and CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio. On the other hand, a tendency to a decrease in the relative number of CD8⁺ T-lymphocytes with an increase in CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio was found in clean-up workers—P compared to the data of individuals of the control group—P and the age control group—P. There was a tendency to decrease the CD4⁺ T-lymphocyte index in the servicemen of the AFU—1 relative to the index of individuals of the age comparison group—W. In contrast, in the servicemen of the AFU—2, an increase of this indicator was noted relative to the individuals of the comparison group—W ($p < 0.05$). The data is given in the table 4.

A statistically significant ($p < 0.05$) increase in the rate of CD3⁺57⁺ Natural killers (NK) compared to the rate of individuals of the age control group—W was found in clean-up workers—W and military personnel of the AFU—1 (Table 5). A statistically significant ($p < 0.05$) decrease in the content of CD3⁺57⁺ NK was determined in individuals of the age control group—W, compared to the indicator of individuals of the comparison group—W and age control group—P. An increase in the relative number of CD3⁺57⁺ natural killer T-lymphocytes (NKT) in the servicemen of the AFU—2 compared to the data of the control group—P ($p < 0.01$), the age control group—P ($p < 0.01$), was revealed. The servicemen of the AFU—1 ($p < 0.001$) and clean-up workers—P and W. An increase in CD3⁺57⁺ NKT content was also noted in individuals of the comparison group—W relative to the indicator of individuals of the control group—P ($p < 0.01$).

Таблиця 4

Відносна кількість субпопуляцій Т-лімфоцитів та показник імунорегуляторного коефіцієнта у ПК осіб груп обстеження, (M ± SD)

Table 4

The relative number of T-lymphocyte subpopulations and the the immunoregulatory ratio of individuals of the studied groups, (M ± SD)

Групи обстеження Study group	n	Показники / Parameters		
		CD4 ⁺ Т-лімфоцити/lymphocytes	CD8 ⁺ Т-лімфоцити/lymphocytes	CD4 ⁺ /CD8 ⁺ коефіцієнт, у.о. / ratio, c.u.
Контрольна група–P Control group–P	24	38,85 ± 10,76	26,27 ± 8,64	1,30 ± 0,42
Група порівняння–W Comparison group–W	27	35,73 ± 8,30	29,97 ± 7,91	1,31 ± 0,59
Група вікового контролю–P Age control group–P	15	40,36 ± 6,25	28,35 ± 7,19	1,48 ± 0,66
Група вікового контролю–W Age control group–W	14	43,48 ± 6,10 ¹	27,85 ± 4,84	1,46 ± 0,40
Учасники ЛНА на ЧАЕС–P Clean-up workers–P	23	35,60 ± 7,79	23,19 ± 6,57	1,63 ± 0,81
Учасники ЛНА на ЧАЕС–W Clean-up workers–W	167	40,33 ± 7,55 ^{1,2}	26,80 ± 9,78	1,64 ± 0,69 ¹
Військовослужбовці ЗСУ–1 Servicemen of the AFU–1	73	37,27 ± 9,88	25,24 ± 8,65	1,61 ± 0,70
Військовослужбовці ЗСУ–2 Servicemen of the AFU–2	54	39,13 ± 10,06 ¹	25,61 ± 8,07	1,63 ± 0,76

Примітки. ¹p < 0,05 порівняно з групою порівняння–W; ²p < 0,05 порівняно з учасниками ЛНА на ЧАЕС–P.

Notes. ¹p < 0,05 significant differences with the comparison group–W; ²p < 0,05 significant differences with the clean-up workers–P.

Характерним було зростання відносної кількості CD3⁺TCRαβ⁺ Т-лімфоцитів ПК в учасників ЛНА на ЧАЕС–W (p < 0,001) та військовослужбовців ЗСУ–2 (p < 0,01) порівняно з показником учасників ЛНА на ЧАЕС–P. Натомість в учасників ЛНА на ЧАЕС–P виявлено зниження показника CD3⁺TCRαβ⁺ Т-лімфоцитів відносно результатів контрольної групи–P (p < 0,05) і військовослужбовців ЗСУ–1. Дослідження відносної кількості CD3⁺TCRγδ⁺ Т-лімфоцитів у ПК осіб груп обстеження не виявило розбіжностей (табл. 6).

Проведений кореляційний аналіз виявив зворотну кореляцію слабкої та середньої сили між відносною кількістю CD19⁺ В-лімфоцитів та віком осіб в об'єднаній контрольній групі–P з групою вікового контролю–P (r_s = -0,42, p < 0,05), об'єднаній групі порівняння–W з групою вікового контролю–W (r_s = -0,51, p < 0,05) і військовослужбовців ЗСУ (r_s = -0,24, p < 0,05). Відмічена наявність кореляційного зв'язку HLA-DR⁺ В-лімфоцитів з віком у поєднаній групі порівняння–W з групою вікового контролю–W (r_s = -0,60, p < 0,05). Також у цій групі виявлені кореляційні зв'язки між CD45⁺14⁺ моноцитами (r = -0,39, p < 0,05),

An increase in the relative number of CD3⁺TCRαβ⁺ T-lymphocytes in clean-up workers–W (p < 0.001) and military personnel of AFU–2 (p < 0.01) compared to the indicator of clean-up workers–P was characteristic. On the other hand, a decrease in the CD3⁺TCRαβ⁺ T-lymphocyte index was found in clean-up workers–P compared to the results of the control group–P (p < 0.05) and the servicemen of the AFU–1. The study of the relative number of CD3⁺TCRγδ⁺ T-lymphocytes in the PB of individuals of the examination groups did not reveal any discrepancies (Table 6).

The conducted correlation analysis revealed a weak and moderate inverse correlation between the relative number of CD19⁺ B-lymphocytes and the age of individuals in the combined control group–P with the age control group–P (r_s = -0.42, p < 0.05), about combined comparison group–W with the age control group–W (r_s = -0.51, p < 0.05) and the servicemen of the AFU (r_s = -0.24, p < 0.05). A correlation of HLA-DR⁺ B-lymphocytes with age was noted in the combined comparison group–W with the age-matched control group–W (r_s = -0.60, p < 0.05). Also, in this group, correlations were found between CD45⁺14⁺ monocytes (r = -0.39, p < 0.05), CD4⁺ T-lymphocytes

Таблиця 5

Відносна кількість натуральних кілерних Т-лімфоцитів та натуральних кілерів у ПК осіб груп обстеження, (M ± SD)

Table 5

The relative number of natural killer T-lymphocytes and natural killers in PB of individuals of the studied groups, (M ± SD)

Групи обстеження Study group	n	Показники / Percentage of leukocyte subsets, %	
		CD3 ⁺ 57 ⁺ НК CD3 ⁺ 57 ⁺ NK	CD3 ⁺ 57 ⁺ НКТ CD3 ⁺ 57 ⁺ NKT
Контрольна група–P Control group–P	23	6,39 ± 3,95	7,24 ± 4,69
Група порівняння–W Comparison group–W	26	6,37 ± 3,67	14,57 ± 7,06 ¹
Група вікового контролю–P Age control group–P	14	8,06 ± 4,04	7,67 ± 4,14
Група вікового контролю–W Age control group–W	14	3,01 ± 1,55 ^{2,3}	11,87 ± 4,60
Учасники ЛНА на ЧАЕС–P Clean-up workers–P	22	7,27 ± 5,00	11,34 ± 7,10
Учасники ЛНА на ЧАЕС–W Clean-up workers–W	161	5,53 ± 3,74 ⁵	12,38 ± 7,97
Військовослужбовці ЗСУ–1 Servicemen of the AFU–1	69	5,88 ± 3,78 ⁵	9,25 ± 4,10
Військовослужбовці ЗСУ–2 Servicemen of the AFU–2	51	5,03 ± 3,57	15,08 ± 7,58 ^{1,4,6}

Примітки. ¹p < 0,01 порівняно з контрольною групою–P; ²p < 0,05 порівняно з групою порівняння–W; ³p < 0,05 порівняно з групою вікового контролю–P;

⁴p < 0,01 порівняно з групою вікового контролю–P; ⁵p < 0,05 порівняно з групою вікового контролю–W; ⁶p < 0,001 порівняно з групою військовослужбовців–1.

Notes. ¹p < 0,01 significant differences with the control group–P; ²p < 0,05 significant differences with the comparison group–W; ³p < 0,05 significant differences with the age control group–P; ⁴p < 0,01 significant differences with the age control group–P; ⁵p < 0,05 significant differences with the age control group–W; ⁶p < 0,001 significant differences with the servicemen of the AFU–1.

Таблиця 6

Відносна кількість TCRαβ⁺ та TCRγδ⁺ Т-лімфоцитів у ПК осіб груп обстеження, (M ± SD)

Table 6

The relative number of TCRαβ⁺ and TCRγδ⁺ T-lymphocytes in PB of individuals of the studied groups, (M ± SD)

Групи обстеження Study group	n	Показники / Percentage of leukocyte subsets, %	
		CD3 ⁺ TCRαβ ⁺ Т-лімфоцити / T-lymphocytes	CD3 ⁺ TCRγδ ⁺ Т-лімфоцити / T-lymphocytes
Контрольна група–P Control group–P	15	67,89 ± 8,53	4,52 ± 2,50
Група порівняння–W Comparison group–W	24	60,76 ± 10,07	3,28 ± 2,73
Група вікового контролю–P Age control group–P	13	58,88 ± 8,82	4,84 ± 3,58
Група вікового контролю–W Age control group–W	12	63,40 ± 6,85	3,30 ± 1,47
Учасники ЛНА на ЧАЕС–P Clean-up workers–P	23	53,71 ± 8,44 ¹	3,49 ± 2,52
Учасники ЛНА на ЧАЕС–W Clean-up workers–W	165	62,30 ± 8,80 ³	3,62 ± 2,60
Військовослужбовці ЗСУ–1 Servicemen of the AFU–1	68	58,10 ± 10,54	4,19 ± 2,93
Військовослужбовці ЗСУ–2 Servicemen of the AFU–2	50	63,13 ± 9,79 ²	3,15 ± 2,07

Примітки. ¹p < 0,05 порівняно з контрольною групою–P; ²p < 0,01 порівняно з учасниками ЛНА на ЧАЕС–P; ³p < 0,001 порівняно з учасниками ЛНА на ЧАЕС–P.

Notes. ¹p < 0,05 significant differences with the control group–P; ²p < 0,01 significant differences with the clean-up workers–P; ³p < 0,001 significant differences with the clean-up workers–P.

CD4⁺ Т-лімфоцитами ($r = -0,44, p < 0,05$), імунорегуляторним коефіцієнтом CD4⁺ / CD8⁺ ($r_s = -0,37, p < 0,05$), CD3⁻57⁺ НК ($r_s = 0,47, p < 0,05$) і CD3⁺57⁺ НКТ ($r_s = 0,33, p < 0,05$) з віком. У військовослужбовців ЗСУ виявлено кореляційний зв'язок між CD3⁺57⁺ НКТ та віком ($r_s = 0,32, p < 0,05$).

На основі проаналізованого відсоткового розподілу показників в осіб груп обстеження порівняно з даними референтних інтервалів показників відносної кількості субпопуляцій лейкоцитів, що використовуються у нашій лабораторії та з літературних джерел [5–7], проведено опис імунологічного профілю кожної групи обстеження (див. табл. 7–9):

► контрольна група–Р: відносна кількість CD45⁺14⁻ лімфоцитів в нормі, CD45⁺14⁺ моноцитів в нормі або знижена, CD45⁺14⁻ гранулоцитів і CD3⁺ Т-лімфоцитів в нормі, активованих HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів знижена або в нормі, CD19⁺ В-лімфоцитів в нормі або знижена, HLA-DR⁺ В-лімфоцитів в нормі, CD4⁺ Т-лімфоцитів в нормі або знижена, CD8⁺ Т-лімфоцитів у більшості в нормі, імунорегуляторний коефіцієнт CD4⁺ / CD8⁺ в нормі або знижений, CD3⁻57⁺ НК в нормі або знижена, проте можливе підвищення, CD3⁺57⁺ НКТ варіюється, CD3⁺TCRαβ⁺ і CD3⁺TCRγδ⁺ Т-лімфоцитів в нормі;

► група порівняння–W: відносна кількість CD45⁺14⁻ лімфоцитів в нормі або підвищена, CD45⁺14⁺ моноцитів і CD45⁺14⁻ гранулоцитів часто в нормі або знижена, CD3⁺ Т-лімфоцитів в нормі або знижена, HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів знижена або в нормі, CD19⁺ В-лімфоцитів в нормі або знижена, HLA-DR⁺ В-лімфоцитів в нормі, CD4⁺ Т-лімфоцитів часто в нормі або знижена, CD8⁺ Т-лімфоцитів у більшості в нормі або підвищена, імунорегуляторний коефіцієнт CD4⁺ / CD8⁺ часто в нормі або знижений, CD3⁻57⁺ НК в нормі або знижена, проте можливе підвищення, CD3⁺57⁺ НКТ у більшості підвищена, CD3⁺TCRαβ⁺ Т-лімфоцитів в нормі і CD3⁺TCRγδ⁺ Т-лімфоцитів в нормі або знижена;

► група вікового контролю–Р: відносна кількість CD45⁺14⁻ лімфоцитів і CD45⁺14⁺ моноцитів в нормі або підвищена, CD45⁺14⁻ гранулоцитів у більшості в нормі, CD3⁺ Т-лімфоцитів в нормі, HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів знижена або в нормі, CD19⁺ В-лімфоцитів в нормі або знижена, HLA-DR⁺ В-лімфоцитів в нормі або підвищена, CD4⁺ Т-лімфоцитів в нормі або знижена, CD8⁺ Т-лімфоцитів у більшості в нормі або підвищена, імунорегуляторний коефіцієнт CD4⁺ / CD8⁺ у більшості в нормі,

($r = -0,44, p < 0,05$), CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio ($r_s = -0,37, p < 0,05$), CD3⁻57⁺ NK ($r_s = 0,47, p < 0,05$) and CD3⁺57⁺ NKT ($r_s = 0,33, p < 0,05$) with age. A correlation between CD3⁺57⁺ NKT and age ($r_s = 0,32, p < 0,05$) was found in the servicemen of the AFU.

Based on the analyzed percentage distribution of indicators in individuals of the study groups compared to the data of reference intervals of indicators of the relative number of leukocyte subpopulations used in our laboratory and from literary sources [5–7], a description of the immunological profile of each examination group was carried out (see Table 7–9):

► control group–P: The relative number of CD45⁺14⁻ lymphocytes is normal, CD45⁺14⁺ monocytes are normal or reduced, CD45⁺14⁻ granulocytes and CD3⁺ T-lymphocytes are normal, activated HLA-DR⁺ T-lymphocytes are reduced or normal, CD19⁺ B-lymphocytes normal or reduced, HLA-DR⁺ B-lymphocytes normal, CD4⁺ T-lymphocytes normal or reduced, CD8⁺ T-lymphocytes mostly average, CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio normal or reduced, CD3⁻57⁺ NK is normal or decreased, but an increase is possible, CD3⁺57⁺ NKT varies, CD3⁺TCRαβ⁺ and CD3⁺TCRγδ⁺ T-lymphocytes are normal;

► comparison group–W: The relative number of CD45⁺14⁻ lymphocytes is normal or increased, CD45⁺14⁺ monocytes and CD45⁺14⁻ granulocytes are often normal or decreased, CD3⁺ T-lymphocytes are normal or decreased, HLA-DR⁺ T-lymphocytes decreased or normal, CD19⁺ B-lymphocytes normal or decreased, HLA-DR⁺ B-lymphocytes normal, CD4⁺ T-lymphocytes often normal or decreased, CD8⁺ T-lymphocytes mostly normal or increased, CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio often normal or reduced, CD3⁻57⁺ NK is standard or reduced, but an increase is possible, CD3⁺57⁺ NKT is increased in most, CD3⁺TCRαβ⁺ T-lymphocytes are normal and CD3⁺TCRγδ⁺ T-lymphocytes are normal or reduced;

► age control group–P: The relative number of CD45⁺14⁻ lymphocytes and CD45⁺14⁺ monocytes is normal or increased, CD45⁺14⁻ granulocytes are primarily normal, CD3⁺ T-lymphocytes are normal, HLA-DR⁺ T-lymphocytes are decreased or normal, CD19⁺ B-lymphocytes normal or decreased, HLA-DR⁺ B-lymphocytes normal or increased, CD4⁺ T-lymphocytes normal or decreased, CD8⁺ T-lymphocytes in most standard or increased, CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio in most usual, CD3⁻57⁺ NK

Таблиця 7

Імунологічний профіль груп обстеження до початку війни, (% випадків)

Table 7

Immunological profile of studied groups before the start of the war, (% of cases)

Показники Parameters	Групи обстеження / Studied groups			p. i. ¹ r. v. ¹
	Контрольна група—P Control group—P	Група вікового контролю—P Age control group—P	Учасники ЛНА на ЧАЕС—P Clean-up workers—P	
CD45 ⁺ 14 ⁻ лімфоцити CD45 ⁺ 14 ⁻ lymphocytes	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	У межах p.i. у 76,9 % Within the r. v. in 76,9 % ↑ у 23,1 % / ↑ in 23,1 %	У межах p.i. у 91,3 % Within the r. v. in 91,3 % ↓ у 8,7 % / ↓ in 8,7 %	19–40 %
CD45 ⁺ 14 ⁺ моноцити CD45 ⁺ 14 ⁺ monocytes	У межах p.i. у 76,9 % Within the r. v. in 76,9 % ↓ у 23,1 % / ↓ in 23,1 %	У межах p.i. у 84,6 % Within the r. v. in 84,6 % ↑ у 15,4 % / ↑ in 15,4 %	У межах p.i. у 90,9 % Within the r. v. in 90,9 % ↑ у 9,1 % / ↑ in 9,1 %	3–11 %
CD45 ⁺ 14 ⁻ гранулоцити CD45 ⁺ 14 ⁻ granulocytes	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	У межах p.i. у 69,2 % Within the r. v. in 69,2 % ↓ у 15,4 % / ↓ in 15,4 % ↑ у 15,4 % / ↑ in 15,4 %	У межах p.i. у 87,0 % Within the r. v. in 87,0 % ↑ у 13 % / ↑ in 13 %	47–72 %
CD3 ⁺ Т-лімфоцити CD3 ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. у 86,4 % Within the r. v. in 86,4 % ↓ у 9,1 % / ↓ in 9,1 % ↑ у 4,5 % / ↑ in 4,5 %	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	У межах p.i. у 69,6 % Within the r. v. in 69,6 % ↓ у 30,4 % / ↓ in 30,4 %	55–80 %
HLA-DR ⁺ Т-лімфоцити HLA-DR ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. у 46,2 % Within the r. v. in 46,2 % ↓ у 53,8 % / ↓ in 53,8 %	У межах p.i. у 35,7 % Within the r. v. in 35,7 % ↓ у 64,3 % / ↓ in 64,3 %	У межах p.i. у 26,1 % Within the r. v. in 26,1 % ↓ у 73,9 % / ↓ in 73,9 %	4–19 %
CD19 ⁺ В-лімфоцити CD19 ⁺ B-lymphocytes	У межах p.i. у 70 % Within the r. v. in 70 % ↓ у 30 % / ↓ in 30 %	У межах p.i. у 85,7 % Within the r. v. in 85,7 % ↓ у 14,3 % / ↓ in 14,3 %	У межах p.i. у 72,7 % Within the r. v. in 72,7 % ↓ у 27,3 % / ↓ in 27,3 %	5–22 %
HLA-DR ⁺ В-лімфоцити HLA-DR ⁺ B-lymphocytes	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	У межах p.i. у 83,3 % Within the r. v. in 83,3 % ↑ у 16,7 % / ↑ in 16,7 %	У межах p.i. у 90,9 % Within the r. v. in 90,9 % ↑ у 9,1 % / ↑ in 9,1 %	3–15 %
CD4 ⁺ Т-лімфоцити CD4 ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. у 58,3 % Within the r. v. in 58,3 % ↓ у 33,3 % / ↓ in 33,3 % ↑ у 8,4 % / ↑ in 8,4 %	У межах p.i. у 85,7 % Within the r. v. in 85,7 % ↓ у 14,3 % / ↓ in 14,3 %	У межах p.i. у 65,2 % Within the r. v. in 65,2 % ↓ у 34,8 % / ↓ in 34,8 %	33–50 %
CD8 ⁺ Т-лімфоцити CD8 ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. у 66,7 % Within the r. v. in 66,7 % ↓ у 20,8 % / ↓ in 20,8 % ↑ у 12,5 % / ↑ in 12,5 %	У межах p.i. у 86,7 % Within the r. v. in 86,7 % ↑ у 13,3 % / ↑ in 13,3 %	У межах p.i. у 85,7 % Within the r. v. in 85,7 % ↓ у 14,3 % / ↓ in 14,3 %	16–39 %
CD4 ⁺ /CD8 ⁺ коефіцієнт CD4 ⁺ /CD8 ⁺ ratio	У межах p.i. у 73,7 % Within the r. v. in 73,7 % ↓ у 23,3 % / ↓ in 23,3 %	У межах p.i. у 60 % Within the r. v. in 60 % ↓ у 20 % / ↓ in 20 % ↑ у 20 % / ↑ in 20 %	У межах p.i. у 56,5 % Within the r. v. in 56,5 % ↓ у 26,1 % / ↓ in 26,1 % ↑ у 17,4 % / ↑ in 17,4 %	1–2,1 y.o. 1–2.1 c.u.
CD3 ⁺ 57 ⁺ НК CD3 ⁺ 57 ⁺ NK	У межах p.i. у 57,9 % Within the r. v. in 57,9 % ↓ у 31,6 % / ↓ in 31,6 % ↑ у 10,5 % / ↑ in 10,5 %	У межах p.i. у 77,8 % Within the r. v. in 77,8 % ↓ у 22,2 % / ↓ in 22,2 %	У межах p.i. у 59,1 % Within the r. v. in 59,1 % ↓ у 22,7 % / ↓ in 22,7 % ↑ у 18,2 % / ↑ in 18,2 %	3–13 %
CD3 ⁺ 57 ⁺ НКТ CD3 ⁺ 57 ⁺ NKT	У межах p.i. у 34,8 % Within the r. v. in 34,8 % ↓ у 43,5 % / ↓ in 43,5 % ↑ у 21,7 % / ↑ in 21,7 %	У межах p.i. у 50 % Within the r. v. in 50 % ↓ у 28,6 % / ↓ in 28,6 % ↑ у 21,4 % / ↑ in 21,4 %	У межах p.i. у 40,9 % Within the r. v. in 40,9 % ↓ у 18,2 % / ↓ in 18,2 % ↑ у 40,9 % / ↑ in 40,9 %	5–11 %
CD3 ⁺ TCRαβ ⁺ Т-лімфоцити CD3 ⁺ TCRαβ ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	36–98 %
CD3 ⁺ TCRγδ ⁺ Т-лімфоцити CD3 ⁺ TCRγδ ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	У межах p.i. у 85,7 % Within the r. v. in 85,7 % ↓ у 14,3 % / ↓ in 14,3 %	1–15 %

Примітки. ¹Референтний інтервал показника.

Notes. ¹Reference values.

Таблиця 8

Імунологічний профіль груп обстеження після початку війни, (% випадків)

Table 8

Immunological profile of studied groups after the start of the war, (% of cases)

Показники Parameters	Групи обстеження / Studied groups			p. i. ¹ r. v. ¹
	Група порівняння—W Comparison group—W	Група вікового контролю—W Age control group—W	Учасники ЛНА на ЧАЕС—W Clean-up workers—W	
CD45 ⁺ 14 ⁻ лімфоцити CD45 ⁺ 14 ⁻ lymphocytes	У межах p.i. у 55,6 % Within the r. v. in 55,6 % ↓ у 7,4 % / ↓ in 7.4 % ↑ у 37,0 % / ↑ in 37.0 %	У межах p.i. у 71,4 % Within the r. v. in 71,4 % ↑ у 28,6 % / ↑ in 28.6 %	У межах p.i. у 86,2 % Within the r. v. in 86,2 % ↓ у 9,6 % / ↓ in 9.6 % ↑ у 4,2 % / ↑ in 4.2 %	19–40 %
CD45 ⁺ 14 ⁺ моноцити CD45 ⁺ 14 ⁺ monocytes	У межах p.i. у 85,2 % Within the r. v. in 85.2 % ↓ у 11,1 % / ↓ in 11.1 % ↑ у 3,7 % / ↑ in 3.7 %	У межах p.i. у 85,7 % Within the r. v. in 85.7 % ↑ у 14,3 % / ↑ in 14.3 %	У межах p.i. у 96,9 % Within the r. v. in 96.9 % ↑ у 3,1 % / ↑ in 3.1 %	3–11 %
CD45 ⁺ 14 ⁻ гранулоцити CD45 ⁺ 14 ⁻ granulocytes	У межах p.i. у 55,6 % Within the r. v. in 55.6 % ↓ у 37,0 % / ↓ in 37.0 % ↑ у 7,4 % / ↑ in 7.4 %	У межах p.i. у 64,3 % Within the r. v. in 64.3 % ↓ у 35,7 % / ↓ in 35.7 %	У межах p.i. у 89,8 % Within the r. v. in 89.8 % ↓ у 6,6 % / ↓ in 6.6 % ↑ у 3,6 % / ↑ in 3.6 %	47–72 %
CD3 ⁺ Т-лімфоцити CD3 ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. у 88,5 % Within the r. v. in 88.5 % ↓ у 11,5 % / ↓ in 11.5 %	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	У межах p.i. у 82 % Within the r. v. in 82 % ↓ у 7,8 % / ↓ in 7.8 % ↑ у 10,2 % / ↑ in 10.2 %	55–80 %
HLA-DR ⁺ Т-лімфоцити HLA-DR ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. у 45,8 % Within the r. v. in 45.8 % ↓ у 54,2 % / ↓ in 54.2 %	У межах p.i. у 50 % Within the r. v. in 50 % ↓ у 50 % / ↓ in 50 %	У межах p.i. у 45,7 % Within the r. v. in 45.7 % ↓ у 54,3 % / ↓ in 54.3 %	4–19 %
CD19 ⁺ В-лімфоцити CD19 ⁺ B-lymphocytes	У межах p.i. у 63,0 % Within the r. v. in 63.0 % ↓ у 37,0 % / ↓ in 37.0 %	У межах p.i. у 85,7 % Within the r. v. in 85.7 % ↓ у 14,3 % / ↓ in 14.3 %	У межах p.i. у 89,2 % Within the r. v. in 89.2 % ↓ у 10,8 % / ↓ in 10.8 %	5–22 %
HLA-DR ⁺ В-лімфоцити HLA-DR ⁺ B-lymphocytes	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	У межах p.i. у 84,6 % Within the r. v. in 84.6 % ↑ у 15,4 % / ↑ in 15.4 %	У межах p.i. у 82,4 % Within the r. v. in 82.4 % ↑ у 17,6 % / ↑ in 17.6 %	3–15 %
CD4 ⁺ Т-лімфоцити CD4 ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. у 40,7 % Within the r. v. in 40.7 % ↓ у 48,1 % / ↓ in 48.1 % ↑ у 11,2 % / ↑ in 11.2 %	У межах p.i. у 84,6 % Within the r. v. in 84.6 % ↓ у 15,4 % / ↓ in 15.4 %	У межах p.i. у 72,4 % Within the r. v. in 72.4 % ↓ у 16,2 % / ↓ in 16.2 % ↑ у 11,4 % / ↑ in 11.4 %	33–50 %
CD8 ⁺ Т-лімфоцити CD8 ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. у 85,2 % Within the r. v. in 85.2 % ↑ у 14,8 % / ↑ in 14.8 %	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	У межах p.i. у 77 % Within the r. v. in 77 % ↓ у 12,1 % / ↓ in 12.1 % ↑ у 10,9 % / ↑ in 10.9 %	16–39 %
CD4 ⁺ /CD8 ⁺ коефіцієнт CD4 ⁺ /CD8 ⁺ ratio	У межах p.i. у 55,6 % Within the r. v. in 55.6 % ↓ у 33,3 % / ↓ in 33.3 % ↑ у 11,1 % / ↑ in 11.1 %	У межах p.i. у 84,6 % Within the r. v. in 84.6 % ↓ у 7,7 % / ↓ in 7.7 % ↑ у 7,7 % / ↑ in 7.7 %	У межах p.i. у 59 % Within the r. v. in 59 % ↓ у 18,6 % / ↓ in 18.6 % ↑ у 22,4 % / ↑ in 22.4 %	1–2,1 у.о. 1–2.1 c.u.
CD3 ⁺ 57 ⁺ НК CD3 ⁺ 57 ⁺ NK	У межах p.i. у 76,9 % Within the r. v. in 76.9 % ↓ у 15,4 % / ↓ in 15.4 % ↑ у 7,7 % / ↑ in 7.7 %	У межах p.i. у 38,5 % Within the r. v. in 38.5 % ↓ у 61,5 % / ↓ in 61.5 %	У межах p.i. у 64,4 % Within the r. v. in 64.4 % ↓ у 30,3 % / ↓ in 30.3 % ↑ у 5,3 % / ↑ in 5.3 %	3–13 %
CD3 ⁺ 57 ⁺ НКТ CD3 ⁺ 57 ⁺ + НКТ	У межах p.i. у 19,2 % Within the r. v. in 19.2 % ↓ у 11,5 % / ↓ in 11.5 % ↑ у 69,3 % / ↑ in 69.3 %	У межах p.i. у 28,6 % Within the r. v. in 28.6 % ↓ у 21,4 % / ↓ in 21.4 % ↑ у 50 % / ↑ in 50 %	У межах p.i. у 31,7 % Within the r. v. in 31.7 % ↓ у 14,3 % / ↓ in 14.3 % ↑ у 54 % / ↑ in 54 %	5–11 %
CD3 ⁺ TCRαβ ⁺ Т-лімфоцити CD3 ⁺ TCRαβ ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	36–98 %
CD3 ⁺ TCRγδ ⁺ Т-лімфоцити CD3 ⁺ TCRγδ ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. у 78,3 % Within the r. v. in 78.3 % ↓ у 21,7 % / ↓ in 21.7 %	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	У межах p.i. у 100 % Within the r. v. in 100 %	1–15 %

Примітки. ¹Референтний інтервал показника.

Notes. ¹Reference values.

Таблиця 9
Імунологічний профіль військовослужбовців ЗСУ, (% випадків)

Table 9
Immunological profile of the servicemen of the AFU, (% of cases)

Показники Parameters	Групи обстеження / Studied groups		p. i. ¹ r. v. ¹
	Військовослужбовці ЗСУ–1 Servicemen of the AFU –1	Військовослужбовці ЗСУ–2 Servicemen of the AFU –2	
CD45 ⁺ 14 ⁻ лімфоцити CD45 ⁺ 14 ⁻ lymphocytes	У межах p.i. y 65,7 % Within the r. v. in 65.7 % ↓ y 9,6 % / ↓ in 9.6 % ↑ y 24,7 % / ↑ in 24.7 %	У межах p.i. y 60,4 % Within the r. v. in 60.4 % ↓ y 17,0 % / ↓ in 17.0 % ↑ y 22,6 % / ↑ in 22.6 %	19–40 %
CD45 ⁺ 14 ⁺ моноцити CD45 ⁺ 14 ⁺ monocytes	У межах p.i. y 94,2 % Within the r. v. in 94.2 % ↓ y 2,9 % / ↓ in 2.9 % ↑ y 2,9 % / ↑ in 2.9 %	У межах p.i. y 92,5 % Within the r. v. in 92.5 % ↓ y 7,5 % / ↓ in 7.5 %	3–11 %
CD45 ⁺ 14 ⁻ гранулоцити CD45 ⁺ 14 ⁻ granulocytes	У межах p.i. y 61,7 % Within the r. v. in 61.7 % ↓ y 35,6 % / ↓ in 35.6 % ↑ y 2,7 % / ↑ in 2.7 %	У межах p.i. y 47,2 % Within the r. v. in 47.2 % ↓ y 45,3 % / ↓ in 45.3 % ↑ y 7,5 % / ↑ in 7.5 %	47–72 %
CD3 ⁺ Т-лімфоцити CD3 ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. y 80,3 % Within the r. v. in 80.3 % ↓ y 14,1 % / ↓ in 14.1 % ↑ y 5,6 % / ↑ in 5.6 %	У межах p.i. y 74,1 % Within the r. v. in 74.1 % ↓ y 14,8 % / ↓ in 14.8 % ↑ y 11,1 % / ↑ in 11.1 %	55–80 %
HLA-DR ⁺ Т-лімфоцити HLA-DR ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. y 27,1 % Within the r. v. in 27.1 % ↓ y 72,9 % / ↓ in 72.9 %	У межах p.i. y 37,8 % Within the r. v. in 37.8 % ↓ y 62,2 % / ↓ in 62.2 %	4–19 %
CD19 ⁺ В-лімфоцити CD19 ⁺ B-lymphocytes	У межах p.i. y 90,1 % Within the r. v. in 90.1 % ↓ y 9,9 % / ↓ in 9.9 %	У межах p.i. y 86,3 % Within the r. v. in 86.3 % ↓ y 13,7 % / ↓ in 13.7 %	5–22 %
HLA-DR ⁺ В-лімфоцити HLA-DR ⁺ B-lymphocytes	У межах p.i. y 94,4 % Within the r. v. in 94.4 % ↑ y 5,6 % / ↑ in 5.6 %	У межах p.i. y 92,3 % Within the r. v. in 92.3 % ↑ y 7,7 % / ↑ in 7.7 %	3–15 %
CD4 ⁺ Т-лімфоцити CD4 ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. y 58,9 % Within the r. v. in 58.9 % ↓ y 32,9 % / ↓ in 32.9 % ↑ y 8,2 % / ↑ in 8.2 %	У межах p.i. y 61,1 % Within the r. v. in 61.1 % ↓ y 25,9 % / ↓ in 25.9 % ↑ y 13,0 % / ↑ in 13.0 %	33–50 %
CD8 ⁺ Т-лімфоцити CD8 ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. y 83,6 % Within the r. v. in 83.6 % ↓ y 9,6 % / ↓ in 9.6 % ↑ y 6,8 % / ↑ in 6.8 %	У межах p.i. y 86,3 % Within the r. v. in 86.3 % ↓ y 7,8 % / ↓ in 7.8 % ↑ y 5,9 % / ↑ in 5.9 %	16–39 %
CD4 ⁺ /CD8 ⁺ коефіцієнт CD4 ⁺ /CD8 ⁺ ratio	У межах p.i. y 57,2 % Within the r. v. in 57.2 % ↓ y 17,1 % / ↓ in 17.1 % ↑ y 25,7 % / ↑ in 25.7 %	У межах p.i. y 56,6 % Within the r. v. in 56.6 % ↓ y 18,9 % / ↓ in 18.9 % ↑ y 24,5 % / ↑ in 24.5 %	1–2,1 y.o. 1–2.1 c.u.
CD3 ⁺ 57 ⁺ НК CD3 ⁺ 57 ⁺ NK	У межах p.i. y 68,1 % Within the r. v. in 68.1 % ↓ y 26,1 % / ↓ in 26.1 % ↑ y 5,8 % / ↑ in 5.8 %	У межах p.i. y 67,3 % Within the r. v. in 67.3 % ↓ y 32,7 % / ↓ in 32.7 %	3–13 %
CD3 ⁺ 57 ⁺ НКТ CD3 ⁺ 57 ⁺ NKT	У межах p.i. y 49,2 % Within the r. v. in 49.2 % ↓ y 20,9 % / ↓ in 20.9 % ↑ y 29,9 % / ↑ in 29.9 %	У межах p.i. y 27,4 % Within the r. v. in 27.4 % ↓ y 5,9 % / ↓ in 5.9 % ↑ y 66,7 % / ↑ in 66.7 %	5–11 %
CD3 ⁺ TCRαβ ⁺ Т-лімфоцити CD3 ⁺ TCRαβ ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. y 95,6 % Within the r. v. in 95.6 % ↓ y 4,4 % / ↓ in 4.4 %	У межах p.i. y 100 % Within the r. v. in 100 %	36–98 %
CD3 ⁺ TCRγδ ⁺ Т-лімфоцити CD3 ⁺ TCRγδ ⁺ T-lymphocytes	У межах p.i. y 93,9 % Within the r. v. in 93.9 % ↓ y 6,1 % / ↓ in 6.1 %	У межах p.i. y 83,7 % Within the r. v. in 83.7 % ↓ y 16,3 % / ↓ in 16.3 %	1–15 %

Примітки. ¹Референтний інтервал показника.
Notes. ¹Reference values.

CD3⁻57⁺ НК в нормі або знижена, CD3⁺57⁺ НКТ у більшості в нормі, CD3⁺TCRαβ⁺ і CD3⁺TCRγδ⁺ Т-лімфоцитів в нормі;

► група вікового контролю—W: відносна кількість CD45⁺14⁻ лімфоцитів і CD45⁺14⁺ моноцитів в нормі або підвищена, CD45⁺14⁻ гранулоцитів в нормі або знижена, CD3⁺ Т-лімфоцитів в нормі, HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів знижена або в нормі, CD19⁺ В-лімфоцитів в нормі або знижена, HLA-DR⁺ В-лімфоцитів в нормі або підвищена, CD4⁺ Т-лімфоцитів в нормі або знижена, CD8⁺ Т-лімфоцитів в нормі, імунорегуляторний коефіцієнт CD4⁺ / CD8⁺ у більшості в нормі, CD3⁻57⁺ НК знижена або в нормі, CD3⁺57⁺ НКТ у більшості підвищена, CD3⁺TCRαβ⁺ і CD3⁺TCRγδ⁺ Т-лімфоцитів в нормі;

► учасники ЛНА на ЧАЕС—P: відносна кількість CD45⁺14⁻ лімфоцитів, CD45⁺14⁺ моноцитів, CD45⁺14⁻ гранулоцитів у більшості в нормі, CD3⁺ Т-лімфоцитів в нормі або знижена, HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів знижена або в нормі, CD19⁺ В-лімфоцитів в нормі або знижена, HLA-DR⁺ В-лімфоцитів в нормі або підвищена, CD4⁺ Т-лімфоцитів в нормі або знижена, CD8⁺ Т-лімфоцитів у більшості в нормі або знижена, імунорегуляторний коефіцієнт CD4⁺ / CD8⁺ у більшості в нормі, CD3⁻57⁺ НК в нормі, але може варіюватися, CD3⁺57⁺ НКТ у більшості в нормі або підвищена, CD3⁺TCRαβ⁺ і CD3⁺TCRγδ⁺ Т-лімфоцитів в нормі;

► учасники ЛНА на ЧАЕС—W: відносна кількість CD45⁺14⁻ лімфоцитів, CD45⁺14⁺ моноцитів, CD45⁺14⁻ гранулоцитів, CD3⁺ Т-лімфоцитів у більшості в нормі, HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів знижена або в нормі, CD19⁺ В-лімфоцитів в нормі або знижена, HLA-DR⁺ В-лімфоцитів в нормі або підвищена, CD4⁺ і CD8⁺ Т-лімфоцитів у більшості в нормі, імунорегуляторний коефіцієнт CD4⁺ / CD8⁺ у більшості в нормі або знижений, CD3⁻57⁺ НК у більшості в нормі або знижена, CD3⁺57⁺ НКТ у більшості підвищена, CD3⁺TCRαβ⁺ і CD3⁺TCRγδ⁺ Т-лімфоцитів в нормі;

► військовослужбовці ЗСУ—1: відносна кількість CD45⁺14⁻ лімфоцитів у більшості в нормі або підвищена, CD45⁺14⁺ моноцитів у більшості в нормі, CD45⁺14⁻ гранулоцитів часто в нормі або знижена, CD3⁺ Т-лімфоцитів у більшості в нормі, HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів знижена або в нормі, CD19⁺ В-лімфоцитів в нормі або знижена, HLA-DR⁺ В-лімфоцитів в нормі або підвищена, CD4⁺ у більшості в нормі або знижена, CD8⁺ Т-лімфоцитів у більшості в нормі, імунорегуляторний коефіцієнт

is standard or reduced, CD3⁺57⁺ NKT is primarily average, CD3⁺TCRαβ⁺ and CD3⁺TCRγδ⁺ T-lymphocytes are normal;

► age control group—W: The relative number of CD45⁺14⁻ lymphocytes and CD45⁺14⁺ monocytes is normal or increased, CD45⁺14⁻ granulocytes are normal or decreased, CD3⁺ T-lymphocytes are normal, HLA-DR⁺ T-lymphocytes are decreased or normal, CD19⁺ B-lymphocytes normal or decreased, HLA-DR⁺ B-lymphocytes normal or increased, CD4⁺ T-lymphocytes normal or decreased, CD8⁺ T-lymphocytes average, CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio mostly normal, CD3⁻57⁺ NK is reduced or normal, CD3⁺57⁺ NKT is increased in the majority, CD3⁺TCRαβ⁺ and CD3⁺TCRγδ⁺ T-lymphocytes are normal;

► clean-up workers—P: The relative number of CD45⁺14⁻ lymphocytes, CD45⁺14⁺ monocytes, and CD45⁺14⁻ granulocytes is primarily normal, CD3⁺ T-lymphocytes are normal or reduced, HLA-DR⁺ T-lymphocytes are reduced or in average, CD19⁺ B-lymphocytes normal or decreased, HLA-DR⁺ B-lymphocytes normal or increased, CD4⁺ T-lymphocytes normal or decreased, CD8⁺ T-lymphocytes in most standard or decreased, CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio in mostly normal, CD3⁻57⁺ NK is normal, but can vary, CD3⁺57⁺ NKT is mostly normal or increased, CD3⁺TCRαβ⁺ and CD3⁺TCRγδ⁺ T-lymphocytes are normal;

► clean-up workers—W: the relative number of CD45⁺14⁻ lymphocytes, CD45⁺14⁺ monocytes, CD45⁺14⁻ granulocytes, CD3⁺ T-lymphocytes is mostly normal, HLA-DR⁺ T-lymphocytes are reduced or normal, CD19⁺ B-lymphocytes are normal or reduced, HLA-DR⁺ B-lymphocytes are normal or increased, CD4⁺ and CD8⁺ T-lymphocytes are mostly normal, CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio is mostly normal or reduced, CD3⁻57⁺ NK is mostly normal or reduced, CD3⁺57⁺ NKT is increased in most, CD3⁺TCRαβ⁺ and CD3⁺TCRγδ⁺ T-lymphocytes are normal;

► servicemen of the AFU—1: the relative number of CD45⁺14⁻ lymphocytes is mostly normal or increased, CD45⁺14⁺ monocytes are mostly normal, CD45⁺14⁻ granulocytes are often normal or reduced, CD3⁺ T-lymphocytes are mostly normal, HLA-DR⁺ T-lymphocytes decreased or normal, CD19⁺ B-lymphocytes normal or decreased, HLA-DR⁺ B-lymphocytes normal or increased, CD4⁺ T-lymphocytes mostly normal or decreased, CD8⁺ T-lymphocytes mostly normal, CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio

CD4⁺ / CD8⁺ у більшості в нормі або підвищений, CD3⁻57⁺ НК у більшості в нормі або знижена, CD3⁺57⁺ НКТ варіюється, CD3⁺TCRαβ⁺ і CD3⁺TCRγδ⁺ Т-лімфоцитів у більшості в нормі;

► військовослужбовці ЗСУ–2: відносна кількість CD45⁺14⁻ лімфоцитів і CD45⁺14⁺ моноцитів у більшості в нормі, CD45⁺14⁻ гранулоцитів часто в нормі або знижена, CD3⁺ Т-лімфоцитів у більшості в нормі, HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів знижена або в нормі, CD19⁺ В-лімфоцитів в нормі або знижена, HLA-DR⁺ В-лімфоцитів в нормі або підвищена, CD4⁺ у більшості в нормі або знижена, CD8⁺ Т-лімфоцитів у більшості в нормі, імунорегуляторний коефіцієнт CD4⁺ / CD8⁺ у більшості в нормі або підвищений, CD3⁻57⁺ НК в нормі або знижена, CD3⁺57⁺ НКТ у більшості підвищена, CD3⁺TCRαβ⁺ Т-лімфоцитів у нормі, CD3⁺TCRγδ⁺ Т-лімфоцитів у більшості в нормі або знижена.

ОБГОВОРЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Нами було проведено порівняння субпопуляційного розподілу лейкоцитів ПК до початку російського вторгнення та під час війни у цивільних осіб, віком від 31 до 82 років, які склали контрольну групу, групу вікового контролю, учасників ЛНА на ЧАЕС та військовослужбовців ЗСУ, релевантних за віком. Наше дослідження показало зниження відносної кількості CD45⁺14⁻ лімфоцитів в учасників ЛНА на ЧАЕС, які проходили обстеження після початку війни, порівняно з показником цивільних осіб віком 31–82 роки, які проходили обстеження у той же період і військовослужбовцями ЗСУ віком старше 50 років. Проте даний показник не змінювався з віком у цивільних осіб і військовослужбовців ЗСУ, хоча дослідження [8] показало вік-залежне зниження абсолютної кількості лімфоцитів у ПК. Відносна кількість CD45⁺14⁺ моноцитів в учасників ЛНА на ЧАЕС після початку війни збільшувалася, порівняно з особами віком старше 50 років, незважаючи на те, що у цивільних осіб старше 50 років, які пройшли обстеження після початку війни, рівень CD45⁺14⁺ моноцитів був нижчий, ніж у цивільних, які пройшли обстеження до війни. При визначенні імунологічного профілю за внутрішньогруповим порівнянням отриманих показників з референтними інтервалами, лише у близько 22 % цивільних осіб віком старше 50 років, які проходили обстеження до початку війни, відносна кількість CD45⁺14⁺ моноцитів була знижена. Вміст CD45⁺14⁺ моноцитів знижувався і у ПК військовослужбовців ЗСУ віком 30–59

in the majority is normal or increased, CD3⁻57⁺ NK in the majority is normal or reduced, CD3⁺57⁺ NKT varies, CD3⁺TCRαβ⁺ and CD3⁺TCRγδ⁺ T-lymphocytes in the majority are normal;

► servicemen of the AFU–2: the relative number of CD45⁺14⁻ lymphocytes and CD45⁺14⁺ monocytes is primarily average, CD45⁺14⁻ granulocytes are often normal or reduced, CD3⁺ T-lymphocytes are mostly average, HLA-DR⁺ T-lymphocytes decreased or normal, CD19⁺ B-lymphocytes normal or decreased, HLA-DR⁺ B-lymphocytes normal or increased, CD4⁺ T-lymphocytes in mostly normal or decreased, CD8⁺ T-lymphocytes in mostly normal, CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio in mostly normal or increased, CD3⁻57⁺ NK is normal or reduced, CD3⁺57⁺ NKT is increased in most, CD3⁺TCRαβ⁺ T-lymphocytes are normal, CD3⁺TCRγδ⁺ T-lymphocytes are mostly normal or reduced.

DISCUSSION

We compared the subpopulation distribution of PB leukocytes before the beginning of the Russian invasion and during the war in civilians aged 31 to 82 years, who made up the control group, the age control group, clean-up workers, and the servicemen of the AFU, relevant by age. Our study showed a decrease in the relative number of CD45⁺14⁻ lymphocytes in clean-up workers who were examined after the start of the war, compared to the rate of civilians aged 31–82 years who were examined in the same period and the servicemen of the AFU over 50 years of age. However, this indicator did not change with age in civilians and the servicemen of the AFU. However, the study [8] showed an age-dependent decrease in the absolute number of lymphocytes in PB. The relative number of CD45⁺14⁺ monocytes in clean-up workers after the start of the war increased compared to people over the age of 50, even though the level of CD45⁺14⁺ monocytes in civilians over the age of 50 who were examined after the start of the war was lower than that of civilians who were examined before the war. When determining the immunological profile by intragroup comparison of the obtained indicators with reference intervals, only about 22 % of civilians over the age of 50 who were examined before the start of the war, the relative number of CD45⁺14⁺ monocytes was reduced. The content of CD45⁺14⁺ monocytes also decreased in the PB of the servicemen of the AFU aged 30–59 years. A study [9] found no differences in the number of monocytes between young and elderly individuals. Another

років. У дослідженні [9] не було виявлено відмінностей у кількості моноцитів між молодими особами та особами похилого віку. Інше дослідження показало, що абсолютна кількість моноцитів з віком не змінюється, проте відносна кількість дещо зменшується [10]. Натомість нами виявлено наявність зворотної кореляції CD45⁺14⁺ моноцитів з віком у цивільних осіб, які проходили обстеження під час війни. На фоні зниження CD45⁺14⁻ лімфоцитів виявлено підвищення вмісту CD45⁺14⁻ гранулоцитів в учасників ЛНА на ЧАЕС, які пройшли обстеження після початку війни. Проте у цивільних осіб, віком до 50 років, які також проходили обстеження після початку війни та військовослужбовців ЗСУ віком 30–59 років виявлено зниження відносної кількості CD45⁺14⁻ гранулоцитів. У 37 % цивільних осіб віком старше 50 років, які проходили обстеження після початку війни, вміст CD45⁺14⁻ лімфоцитів підвищувався, а CD45⁺14⁻ гранулоцитів знижувався. Лейкоцитарний склад у цивільних осіб віком до 50 років як до початку війни, так і після був подібним: відносна кількість CD45⁺14⁻ лімфоцитів зростала у від 23 % до 28 % осіб, CD45⁺14⁺ моноцитів у близько 15 %, а CD45⁺14⁻ гранулоцитів знижувалася у від 15 % до 36 %. У військовослужбовців ЗСУ, незалежно від віку, більш ніж у 20 % осіб наявне зростання відносної кількості CD45⁺14⁻ лімфоцитів. Дослідження I. Criado [11] показало стабільність вмісту гранулоцитів і моноцитів незалежно від віку, а S. Melzer зі співавт. [10], незважаючи на відсутність вік-залежних змін абсолютної кількості гранулоцитів, спостерігали позитивну кореляцію даної субпопуляції з віком. Вік-залежні зміни субпопуляційного розподілу лейкоцитів описані R. Valiathan зі співавт.: зниження числа лімфоцитів і підвищення кількості гранулоцитів [12], що характерно для учасників ЛНА на ЧАЕС, які пройшли обстеження після початку війни. Дослідження [13] показало можливий вплив психосоціальних факторів на імунну систему осіб старшого віку за рахунок збільшення вмісту гранулоцитів і моноцитів. Фізичне навантаження сприяло лейкоцитозу за рахунок збільшення гранулоцитів, лімфоцитів і моноцитів в осіб похилого віку та молодих осіб [14, 15]. Але в одному дослідженні через 20 хвилин після навантаження зміни у кількості гранулоцитів і лімфоцитів спостерігалися лише в осіб похилого віку [14], а в іншому через годину – зниження лімфоцитів в обох вікових групах нижче значень до початку фізичної активності [15]. Після початкової військової підготовки, у чоловіків спостерігалось підвищення вмісту лімфоцитів, тоді як кількість гранулоцитів

study showed that the absolute number of monocytes does not change with age, but the relative number slightly decreases [10]. Instead, we found an inverse correlation of CD45⁺14⁺ monocytes with age in civilians who were examined during the war. Against the background of a decrease in CD45⁺14⁻ lymphocytes, an increase in the content of CD45⁺14⁻ granulocytes was found in clean-up workers who were examined after the war began. However, a decrease in the relative number of CD45⁺14⁻ granulocytes was found in civilians under the age of 50, who were also examined after the start of the war, and military personnel aged 30–59. In 37 % of civilians aged over 50 who were examined after the start of the war, the content of CD45⁺14⁻ lymphocytes increased, and CD45⁺14⁻ granulocytes decreased. The leukocyte composition of civilians under the age of 50 both before and after the war was similar: the relative number of CD45⁺14⁻ lymphocytes increased from 23 to 28 % of people, CD45⁺14⁺ monocytes in about 15 %, and CD45⁺14⁻ granulocytes decreased from 15 to 36 %. More than 20 % of the servicemen of the AFU, regardless of age, have an increase in the relative number of CD45⁺14⁻ lymphocytes. Research by Criado I. [11] showed the stability of the content of granulocytes and monocytes regardless of age, Melzer S. and et al. [10] despite the absence of age-dependent changes in the absolute number of granulocytes, a positive correlation of this subpopulation with age was observed. Age-dependent changes in the subpopulation distribution of leukocytes are described by Valiathan R. and et al: a decrease in lymphocytes and an increase in the number of granulocytes [12], which is characteristic of clean-up workers who were examined after the war began. The study [13] showed the possible influence of psychosocial factors on the immune system of older people due to an increase in the content of granulocytes and monocytes. Physical activity contributes to leukocytosis due to the increase of granulocytes, lymphocytes, and monocytes in the elderly and young people [14, 15]. But in one study, 20 minutes after exercise, changes in the number of granulocytes and lymphocytes were observed only in the elderly [14], and in another study, after an hour – a decrease in lymphocytes in both age groups below the values before the start of physical activity [15]. After the initial military training, men observed an increase in lymphocyte content while the number of granulocytes and

і моноцитів знижувалася [16]. Хоча інше дослідження впливу військової підготовки курсантів виявило збільшення загальної кількості лейкоцитів і гранулоцитів, а загальна кількість лімфоцитів не змінилася [17]. Проведене рандомізоване дослідження змін гематологічних параметрів у звільнених осіб, що були ув'язнені в таборі для військовополонених у Боснії, показало збільшення абсолютної і відносної кількості моноцитів разом з гранулоцитами [18]. Подібні зміни реєструвалися у ветеранів Іракської війни [19], а зниження кількості лімфоцитів у ветеранів Хорватської війни [20]. Хоча у більш ранніх дослідженнях повідомлялося про збільшення вмісту лімфоцитів [21, 22].

Дослідження показника $CD19^+$ В-лімфоцитів показало зростання їх відносної кількості, а також $CD3^-HLA-DR^+$ В-лімфоцитів в учасників ЛНА на ЧАЕС і у цивільних осіб, віком до 50 років, які пройшли дослідження після початку війни, а також у військовослужбовців ЗСУ, молодше 50 років при міжгруповому порівнянні. У 30 % цивільних осіб, старше 50 років і у 27 % учасників ЛНА на ЧАЕС, які проходили обстеження до війни, а також у 37 % цивільних осіб того ж віку, які були обстежені під час війни, зафіксовано зниження $CD19^+$ В-лімфоцитів порівняно з референтним інтервалом. Результати, отримані А. М. Faria зі співавт. [23], демонструють зниження числа $CD19^+$ В-лімфоцитів в осіб віком 19–40 років порівняно з особами до 19 років, та в осіб, старше 75 років порівняно з особами, вік яких 61–75 років. Інші дослідження підтверджують зниження як загальної популяції В-лімфоцитів [11, 12, 24, 25], так і $CD3^-HLA-DR^+$ В-лімфоцитів в осіб похилого віку [24]. Хоча ряд інших дослідників не спостерігали вікових змін кількості $CD19^+$ В-лімфоцитів [10, 26, 27]. Проте нами знайдено зворотну кореляцію між відотною кількістю $CD19^+$ В-лімфоцитів і віком усіх цивільних осіб та військовослужбовців ЗСУ, а також між вмістом $HLA-DR^+$ В-лімфоцитів і віком у цивільних осіб, які проходили обстеження після війни. У військовополонених у Боснії спостерігалось зростання вмісту $CD20^+$ В-лімфоцитів, загальної субпопуляції $HLA-DR^+$ лімфоцитів, в тому числі $HLA-DR^+$ В-лімфоцитів [18].

Міжгрупове дослідження показало незначне зниження відносної кількості $CD3^+$ Т-лімфоцитів, можливо за рахунок зниження $CD4^+$ Т-лімфоцитів, разом зі зростанням імунорегуляторного коефіцієнта $CD4^+ / CD8^+$ в учасників ЛНА на ЧАЕС, які проходили обстеження до війни відносно

monocytes decreased [16]. However, another study of the impact of military training on cadets found an increase in the total number of leukocytes and granulocytes. In contrast, the total number of lymphocytes did not change [17]. A randomized study of changes in hematological parameters in released persons who were imprisoned in a camp for prisoners of war in Bosnia showed an increase in the absolute and relative number of monocytes together with granulocytes [18]. Similar changes were recorded in veterans of the Iraq War [19], and a decrease in the number of lymphocytes in Croatian war veterans [20]. However, earlier studies reported an increase in the content of lymphocytes [21, 22].

The study of the indicator of $CD19^+$ B-lymphocytes showed an increase in their relative number, as well as $CD3^-HLA-DR^+$ B-lymphocytes in clean-up workers and civilians under the age of 50 who underwent research after the start of the war, as well as in the servicemen of the AFU, younger than 50 years in intergroup comparison. A decrease in $CD19^+$ B-lymphocytes was recorded in 30 % of civilians over the age of 50 and in 27 % of clean-up workers who were examined before the war, as well as in 37 % of civilians of the same age who were examined during the war reference interval. The results obtained by Faria A. M. and et al. [23] demonstrate a decrease in the number of $CD19^+$ B-lymphocytes in persons aged 19–40 years compared to persons under 19 years of age, and in persons older than 75 years compared to persons aged 61–75 years. Other studies confirm a decrease in the total B-lymphocyte population [11, 12, 24, 25] and $CD3^-HLA-DR^+$ B-lymphocytes in the elderly [24]. However, a number of other researchers did not observe age-related changes in the number of $CD19^+$ B-lymphocytes [10, 26, 27]. However, we found an inverse correlation between the relative number of $CD19^+$ B-lymphocytes and the age of all civilians and the servicemen of the AFU, as well as between the content of $HLA-DR^+$ B-lymphocytes and the age of civilians who were examined after the war. The increase in $CD20^+$ B-lymphocyte content in the general subpopulation of $HLA-DR^+$ lymphocytes, including $HLA-DR^+$ B-lymphocytes, was observed in prisoners of war in Bosnia [18].

An intergroup study showed a slight decrease in the relative number of $CD3^+$ T-lymphocytes, possibly due to a decrease in $CD4^+$ T-lymphocytes, along with an increase in $CD4^+ / CD8^+$ immunoregulatory ratio in clean-up workers who were examined before the war compared to the servicemen of the

військовослужбовців ЗСУ та цивільних осіб того ж віку. А в учасників ЛНА на ЧАЕС, які проходили обстеження під час війни, показники $CD3^+$ і активованих $CD3^+HLA-DR^+$ Т-лімфоцитів, $CD4^+$ Т-лімфоцитів та імунорегуляторного коефіцієнта $CD4^+ / CD8^+$ були вищими. Зниження активованих $HLA-DR^+$ Т-лімфоцитів зафіксовано більш ніж у 50 % осіб груп обстеження порівняно з референтним інтервалом. Відносна кількість активованих $CD3^+HLA-DR^+$ Т-лімфоцитів зростала у військовослужбовців ЗСУ віком від 50 років. Збільшення відносної кількості $CD4^+$ Т-лімфоцитів на фоні відсутності змін $CD8^+$ Т-лімфоцитів і коефіцієнта $CD4^+ / CD8^+$ було характерно для цивільних осіб віком до 50 років відносно цивільних осіб віком від 50 років, які проходили обстеження після початку війни. Від 33 до 58 % цивільних осіб старше 50 років, незалежно від часу проходження дослідження, мали зниження $CD4^+$ Т-лімфоцитів, що призводило до зменшення коефіцієнта $CD4^+ / CD8^+$. Зниження показника $CD4^+$ Т-лімфоцитів спостерігалось у військовослужбовців ЗСУ віком до 50 років, а підвищення у військовослужбовців ЗСУ старше 50 порівняно з показником цивільних осіб, які проходили обстеження після початку війни, хоча у близько 25 % осіб зростав імунорегуляторний коефіцієнт $CD4^+ / CD8^+$. Зворотний кореляційний зв'язок між віком та вмістом $CD4^+$ Т-лімфоцитів й імунорегуляторним коефіцієнтом $CD4^+ / CD8^+$ було знайдено у цивільних осіб, які пройшли обстеження під час війни. Аналіз, проведений А. М. Faria зі співавторами, показав поступове збільшення пулу $CD4^+$ Т-лімфоцитів з найвищою кількістю в осіб віком 19–40 років та зниженням з 60 років, а вміст $CD8^+$ Т-лімфоцитів залишався постійним в осіб до 19–40 років з подальшим зниженням в осіб старшого віку; збільшення імунорегуляторного коефіцієнта $CD4^+ / CD8^+$ було характерне для осіб 41–60 років, тоді як в осіб похилого віку він знижувався [23]. На відміну від нашого дослідження, у [24, 28] виявлено значне збільшення кількості $HLA-DR^+$ Т-лімфоцитів в осіб похилого віку, хоча сам рівень експресії $HLA-DR$ на клітинній мембрані був знижений [24]. Результати іншого дослідження підтверджують зниження $CD3^+$ Т-лімфоцитів, їх субпопуляцій $CD4^+$ і $CD8^+$, що супроводжується збільшенням кількості активованих $HLA-DR^+$ Т-лімфоцитів, $CD56^+$ та $CD57^+$ НК разом з $CD3^+CD57^+$ НКТ [29–32]. Під час фізичних вправ, в осіб похилого віку підвищувався вміст $CD3^+$ Т-лімфо-

AFU and civilians of the same age. In clean-up workers who were examined during the war, the indicators of $CD3^+$ and activated $CD3^+HLA-DR^+$ T-lymphocytes, $CD4^+$ T-lymphocytes, and $CD4^+ / CD8^+$ immunoregulatory ratio were higher. Compared to the reference interval, a decrease in activated $HLA-DR^+$ T-lymphocytes was recorded in more than 50 % of people in the examination groups. The relative number of activated $CD3^+HLA-DR^+$ T-lymphocytes increased in the servicemen of the AFU aged 50 and over. An increase in the relative number of $CD4^+$ T-lymphocytes against the background of no changes in $CD8^+$ T-lymphocytes and $CD4^+ / CD8^+$ immunoregulatory ratio was characteristic of civilians under the age of 50 compared to civilians over the age of 50 who were examined after the start of the war. From 33 to 58 % of civilians over the age of 50, regardless of the time of the study, had a decrease in $CD4^+$ T-lymphocytes, which led to a decrease in $CD4^+ / CD8^+$ immunoregulatory ratio. A decrease in the rate of $CD4^+$ T-lymphocytes was observed in the servicemen of the AFU under the age of 50, and an increase in the servicemen of the AFU over 50 compared to the rate of civilians who were examined after the start of the war, although $CD4^+ / CD8^+$ immunoregulatory ratio increased in ~ 25% of people. An inverse correlation was found between age and $CD4^+$ T-lymphocyte count and $CD4^+ / CD8^+$ immunoregulatory ratio in civilians screened during the war. The analysis conducted by Faria A. M. showed a gradual increase in the pool of $CD4^+$ T-lymphocytes with the highest number in persons aged 19–40 years and a decrease from 60 years of age, while the content of $CD8^+$ T-lymphocytes remained constant in persons up to 19–40 years of age with a further decrease in persons older age; an increase in $CD4^+ / CD8^+$ immunoregulatory ratio was characteristic of persons aged 41–60 years, while it decreased in the elderly [23]. In contrast to our study, [24, 28] found a significant increase in the number of $HLA-DR^+$ T-lymphocytes in the elderly, although the level of $HLA-DR$ expression on the cell membrane itself was reduced [24]. The results of another study confirm a decrease in $CD3^+$ T-lymphocytes, their $CD4^+$ and $CD8^+$ subpopulations, which is accompanied by an increase in the number of activated $HLA-DR^+$ T-lymphocytes, $CD56^+$ and $CD57^+$ NK together with $CD3^+CD57^+$ NKT [29–32]. During physical exercises, the content of $CD3^+$ T-lymphocytes and their subpopulations $CD8^+$ and $CD4^+$ increased in elderly people, with the changes remaining 20 minutes after the end of train-

цитів та їх субпопуляцій CD8⁺ і CD4⁺ зі збереженням змін через 20 хвилин після закінчення тренувань [14]. В іншому дослідженні дані субпопуляції збільшувалися і в молодих осіб і в осіб похилого віку, проте після закінчення вправ значення показників знижувалися до рівня, меншого ніж до початку вправ [15]. Дослідження військових, які проходили підготовку у двох групах: штурмовій та підтримки, показало, що через 8 тижнів навчання у штурмовій групі наявне збільшення відсотка CD3⁺HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів, натомість у групі підтримки було збільшення вмісту CD3⁺ і CD4⁺ Т-лімфоцитів, зниження CD16⁺CD56⁺ НК і збільшення імунорегуляторного коефіцієнта CD4⁺ / CD8⁺ [33]. Загальна кількість CD3⁺ Т-лімфоцитів не змінювалася, проте відсоток наївних CD4⁺ Т-лімфоцитів знижувався разом з підвищенням CD8⁺ Т-лімфоцитів, що призводило до зниження показника імунорегуляторного коефіцієнта CD4⁺ / CD8⁺ у військовополонених; вміст HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів також був вищим [18]. Зниження відносної кількості CD8⁺ Т-лімфоцитів та НК, збільшення CD3⁺ і CD4⁺ Т-лімфоцитів спостерігалось у різні часові проміжки у ветеранів Хорватської війни порівняно зі здоровими добровольцями [20], що суперечить даним, отриманим у більш ранньому дослідженні [21], де не було знайдено міжгрупових змін вмісту НК і CD8⁺ Т-лімфоцитів, CD3⁺ і CD4⁺ Т-лімфоцитів, а також В-лімфоцитів [21, 22]. Порівняння імунологічних показників військовополонених з цивільними особами, які пройшли обстеження до війни, не показало різниці у відносній кількості CD3⁺, TCR⁺, CD4⁺ Т-лімфоцитів, CD56⁺, CD16⁺56⁺ НК і НКТ на відміну від CD20⁺ В-лімфоцитів, HLA-DR⁺ лімфоцитів і CD8⁺ Т-лімфоцитів, що збільшувалися в ув'язнених [18]. Дослідження імунологічного статусу цивільних жінок, яких перемістили із зони бойових дій у Хорватії, виявило збільшення показника НК, активованих HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів, CD20⁺CD23⁺ В-лімфоцитів, разом зі зниженням CD8⁺ Т-лімфоцитів з наступним зростанням імунорегуляторного коефіцієнта CD4⁺ / CD8⁺ [34]. У військових із синдромом хронічної втоми, які брали участь у війні в Персидській затоці, спостерігалось збільшення відносної кількості CD3⁺ і CD4⁺ Т-лімфоцитів порівняно з військовими, у яких відсутній даний синдром; додатково у них був збільшений вміст НК і CD8⁺ Т-лімфоцитів порівняно з цивільними особами [35]. Натомість у ветеранів війни в Іраку та Афганістані, що страждали на посттравматич-

ing [14]. In another study, these subpopulations increased in young people and the elderly. However, after the exercises' end, the indicators' value decreased to a level lower than before the beginning of the exercises [15]. A study of military personnel who underwent training in two groups, assault and support, showed that after eight weeks of training in the assault group, there was an increase in the percentage of CD3⁺HLA-DR⁺ T-lymphocytes. In contrast, in the support group, there was an increase in the content of CD3⁺ and CD4⁺ T-lymphocytes, a decrease in CD16⁺CD56⁺ NK, and an increase in CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio [33]. The total number of CD3⁺ T-lymphocytes did not change. However, the percentage of naive CD4⁺ T-lymphocytes decreased along with an increase in CD8⁺ T-lymphocytes, which led to a decrease in CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio in prisoners of war; the content of HLA-DR⁺ T-lymphocytes was also higher [18]. A decrease in the relative number of CD8⁺ T-lymphocytes and NK an increase in CD3⁺ and CD4⁺ T-lymphocytes was observed at different time intervals in Croatian War veterans compared to healthy volunteers [20], which contradicts the data obtained in an earlier study [21], where there was no found intergroup changes in the content of NK and CD8⁺ T-lymphocytes, CD3⁺ and CD4⁺ T-lymphocytes, as well as B-lymphocytes [21, 22]. Comparison of the immunological indicators of prisoners of war with civilians who were examined before the war did not show a difference in the relative number of CD3⁺, TCR⁺, CD4⁺ T-lymphocytes, CD56⁺, CD16⁺56⁺ NK, and NKT in contrast to CD20⁺ B-lymphocytes, HLA-DR⁺ lymphocytes and CD8⁺ T-lymphocytes, which increased in prisoners [18]. A study of the immunological status of civilian women who were transferred from the war zone in Croatia revealed an increase in the number of activated HLA-DR⁺ T-lymphocytes, CD20⁺CD23⁺ B-lymphocytes, along with a decrease in CD8⁺ T-lymphocytes with a subsequent increase in CD4⁺ / CD8⁺ immunoregulatory ratio [34]. Military personnel with chronic fatigue syndrome who participated in the Persian Gulf War had an increase in the relative number of CD3⁺ and CD4⁺ T-lymphocytes compared to military personnel without the syndrome; in addition, they had an increased content of NK and CD8⁺ T-lymphocytes compared to civilians [35]. In contrast, in Iraq and Afghanistan war veterans suffering from post-traumatic syndrome, a tendency to decrease the CD4⁺ T-lympho-

ний синдром було знайдено тенденцію до зниження показника $CD4^+$ Т-лімфоцитів без змін показника $CD8^+$ Т-лімфоцитів порівняно з ветеранами, у яких даний розлад не був діагностований [36]. Через 16–20 років після отруєння іпритом у ветеранів зберігалось підвищення кількості моноцитів і $CD3^+$ Т-лімфоцитів на фоні зниження НК [37].

В нашому дослідженні в учасників ЛНА на ЧАЕС, які проходили обстеження під час війни, та військовослужбовців ЗСУ молодше 50 років виявлено зростання відносної кількості $CD3^+57^+$ НК порівняно з цивільними особами віком до 50 років, майже 62 % з яких мали зниження даного показника при проходженні обстеження після початку війни. У близько 33 % військовослужбовців ЗСУ старше 50 років спостерігалось зниження $CD3^+57^+$ НК. Збільшення відносної кількості $CD3^+57^+$ НКТ було характерне для військовослужбовців ЗСУ віком від 50 років і цивільних осіб старше 50 років, які пройшли обстеження після початку війни, що підтверджується наявністю прямої кореляції віку та $CD3^+57^+$ НКТ у даних груп обстеження. Зниження $CD3^+57^+$ НК коливалося від близько 23 % учасників ЛНА на ЧАЕС і цивільних осіб молодше 50 років до майже 32 % цивільних осіб старше 50 років, які проходили обстеження до війни. Натомість зростання відносної кількості $CD3^+57^+$ НКТ було характерно для більш ніж 50 % цивільних осіб незалежно від віку та учасників ЛНА на ЧАЕС, які пройшли обстеження під час війни. При дослідженні відносної кількості $CD3^+TCR\alpha\beta^+$ Т-лімфоцитів в учасників ЛНА на ЧАЕС, які пройшли обстеження під час війни, та військовослужбовців ЗСУ віком старше 50 років виявлено зростання їх вмісту порівняно з показником учасників ЛНА на ЧАЕС, які проходили обстеження перед війною. В останніх спостерігалось зниження вмісту $CD3^+TCR\alpha\beta^+$ Т-лімфоцитів.

З віком спостерігається зсув у бік мієлоїдних попередників, тому при старінні кількість гранулоцитів, зокрема нейтрофілів не зменшується, однак їхня активність знижується, що негативно позначається на їхній мікробіцидній функції. Порушення хемотаксису нейтрофілів може призвести до збільшення пошкодження тканин, підсилення запальної реакції, у тому числі за рахунок створення патогенними мікроорганізмами вогнища запалення і утруднення завершення запального процесу [38, 39]. Незважаючи на те, що з віком кількість моноцитів не змінюється, виявлено вікове зниження синтезу цитокінів та пригнічення активації коstimулятор-

cyte count without changes in the $CD8^+$ T-lymphocyte count was found compared to veterans who were not diagnosed with this disorder [36]. 16–20 years after mustard gas poisoning, an increase in the number of monocytes and $CD3^+$ T-lymphocytes remained in the veterans against the background of a decrease in NK [37].

In our study, an increase in the relative number of $CD3^+57^+$ NK compared to civilians under the age of 50 was found in clean-up workers who were examined during the war and in the servicemen of the AFU under 50 years of age, almost 62 % of whom had a decrease in this indicator when passing examination after the start of the war. A decrease in $CD3^+57^+$ NK was observed in about 33 % of the servicemen of the AFU over 50 years of age. An increase in the relative number of $CD3^+57^+$ NKT was characteristic of the servicemen of the AFU over the age of 50 and civilians over 50 years of age who were examined after the start of the war, which is confirmed by the presence of a direct correlation between age and $CD3^+57^+$ NKT in these examination groups. The reduction of $CD3^+57^+$ NK ranged from about 23 % in clean-up workers and civilians under 50 years of age to ~ 32% of civilians over 50 years of age who were examined before the war. Instead, an increase in the relative number of $CD3^+57^+$ NKT was characteristic of more than 50 % of civilians, regardless of age, and clean-up workers who were examined during the war. When studying the relative number of $CD3^+TCR\alpha\beta^+$ T-lymphocytes in clean-up workers who were examined during the war and the servicemen of the AFU over the age of 50, an increase in the content was found compared to the indicator of clean-up workers who were examined before the war. In the latter, a decrease in the content of $CD3^+TCR\alpha\beta^+$ T-lymphocytes was observed.

With age, there is a shift towards myeloid progenitors. Therefore, with aging, the number of granulocytes, particularly neutrophils, does not decrease, but their activity decreases, negatively affecting their microbicidal function. Violation of chemotaxis of neutrophils can lead to an increase in tissue damage and an increase in the inflammatory reaction, including due to the creation of a foci of inflammation by pathogenic microorganisms and difficulty in completing the inflammatory process [38, 39]. Although the number of monocytes does not change with age, an age-related decrease in the synthesis of cytokines and suppression of the activation of the

ного білка CD80 на моноцитах [40, 41]. Кількість НК з віком збільшується, проте їх цитотоксичність знижується, як і синтез цитокінів і хемокінів при активації, натомість збільшення кількості НКТ з віком пов'язане з підсиленням їх функціональної активності, що зрештою може призвести до гіперреактивних запальних процесів і сприяти негативним наслідкам для здоров'я осіб похилого віку [40]. CD57 розглядають як маркер реплікативного старіння НК зі зниженою відповіддю на цитокіни і високим цитотоксичним потенціалом [42, 43]. Так само і CD57⁺ Т-лімфоцитам властиві потужні ефекторні функції: експресія перфоруину і гранзиому В, цитолітична активність, виражений прозапальний профіль [44]. Хоча кількість Т-лімфоцитів в цілому постійна, з віком знижується кількість наївних Т-лімфоцитів зі збільшенням високодиференційованих Т-лімфоцитів пам'яті. На поверхні CD8⁺ Т-лімфоцитів знижується експресія коstimляторних молекул і зростає експресія інгібіторних рецепторів [45]. Натомість різноманіття і кількість CD4⁺ Т-лімфоцитів підтримується за рахунок гомеостатичних механізмів [45]. При стимуляції CD4⁺ Т-лімфоцити осіб похилого віку синтезують більше прозапальних цитокінів, ніж у молодих осіб [46]. Кількість циркулюючих В-лімфоцитів зменшується з віком, що призводить до зниження продукції високоафінних захисних антитіл. Хоча це також може бути пов'язано з недостатньою стимуляцією Т-лімфоцитів, пригніченням реакції Т-незалежної імунної відповіді в осіб похилого віку у зв'язку з інфламейджингом [47]. З віком накопичуються атипичні субпопуляції В-лімфоцитів, що не діляться – вік-асоційовані В-лімфоцити. Вони здатні презентувати антигени, секретувати цитокіни й антитіла, реагують на стимуляцію вроджених рецепторів, проте не реагують на стимуляцію В-клітинного рецептора, беруть участь у продукції аутореактивних антитіл, що збільшує ймовірність розвитку аутоімунних захворювань [48–50]. Отримані нами результати субпопуляційного розподілу лейкоцитів ПК осіб груп обстеження можуть опосередковано вказувати на порушення, внаслідок вік-асоційованих змін імунної системи, та зниження адекватної відповіді на стресорні фактори, у тому числі інфекційні агенти, проте з можливою хронізацією запальних процесів як у вже пошкоджених, так і у здорових тканинах.

Порівняння отриманих нами результатів з іншими дещо ускладнене за рахунок різних підходів до дослідження імунного статусу військовослуж-

costimulatory protein CD80 on monocytes was found [40, 41]. The number of NK increases with age, but their cytotoxicity decreases, as does the synthesis of cytokines and chemokines upon activation. Instead, the increase in the number of NK with age is associated with an increase in their functional activity, which ultimately can lead to hyperreactive inflammatory processes and the promotion of negative consequences for the health of the elderly [40]. CD57 is considered a marker of replicative senescence of NK with reduced response to cytokines and high cytotoxic potential [42, 43]. Likewise, CD57⁺ T-lymphocytes are characterized by powerful effector functions: expression of perforin and granzyme B, cytolytic activity, and pronounced pro-inflammatory profile [44]. Although the number of T-lymphocytes is generally constant, with age the number of naive T-lymphocytes decreases with an increase in highly differentiated memory T-lymphocytes. On the surface of CD8⁺ T-lymphocytes, costimulatory molecules' expression decreases, and inhibitory receptor expression increases [45]. Instead, the diversity and number of CD4⁺ T-lymphocytes maintained due to homeostatic mechanisms [45]. Upon stimulation, CD4⁺ T-lymphocytes of the elderly synthesize more pro-inflammatory cytokines than young people [46]. The number of circulating B-lymphocytes decreases with age, which leads to a decrease in the production of high-affinity protective antibodies. However, this may also be due to insufficient T-lymphocyte stimulation suppression of the T-independent immune response in the elderly due to inflammaging [47]. With age, atypical subpopulations of non-dividing B-lymphocytes (age-associated B-lymphocytes) accumulate. They can present antigens, secrete cytokines and antibodies, and respond to stimulation of innate receptors, but do not respond to stimulation of the B-cell receptor, participate in the production of autoreactive antibodies, which increases the likelihood of developing autoimmune diseases [48–50]. The results obtained by us of the subpopulation distribution of PB leukocytes of the subjects of the examination groups may indirectly indicate a violation due to age-associated changes in the immune system and a decrease in the adequate response to stressors, including infectious agents, but with a possible chronization of inflammatory processes in both already damaged and in healthy tissues.

Comparison of our results with others is somewhat complicated due to different approaches to researching the immune status of military personnel

бовців і цивільних осіб, які проживають в умовах війни, та недостатньою кількістю спостережень. Крім того, проведено обстеження унікальної групи учасників ЛНА на ЧАЕС, які крім впливу іонізуючого випромінювання, зазнали дії інших стресорних факторів під час війни. Окрім старіння і хронічних захворювань, на стан імунної системи накладаються тимчасовий та / або хронічний фізіологічний та / або психосоціальний стрес, що може змінити класичну картину старіння імунної системи та підвищити ймовірність активації механізмів інфламейджингу. Екзогенні фактори, такі як викиди з ям, де спалюються відходи, промислові забруднювачі та забруднювачі повітря, пов'язані з деградованим ґрунтом, екстремальні температури повітря [51], а також іонізуюче випромінювання мають вплив на імунологічну реактивність військовослужбовців ЗСУ, які зазнають їх впливу під час війни, та учасників ЛНА на ЧАЕС, які зазнали їх у минулому. З розширенням можливостей сучасної проточної цитометрії для детального дослідження активаційних і диференційних маркерів лейкоцитів ПК та їхньої функціональної активності, впровадження довготривалого моніторингу клітинного імунітету вразливих когорт населення сприятиме визначенню їхніх імунологічних профілів. Для виокремлення внеску кожного стресорного чинника, що діють на імунну систему досліджуваних груп, необхідно розширити епідеміологічні дослідження із залученням спеціалістів з різних галузей біології та медицини.

ВИСНОВКИ

1. В учасників ЛНА на ЧАЕС, які проходили обстеження до війни, виявлено тенденцію до зниження відносної кількості $CD3^+$ Т-лімфоцитів, зокрема $CD3^+TCR\alpha\beta^+$ Т-лімфоцитів, $CD8^+$ Т-лімфоцитів разом зі зростанням показника імунорегуляторного коефіцієнта $CD4^+ / CD8^+$ при міжгруповому порівнянні показників. Відносна кількість $CD45^+14^-$ лімфоцитів, $CD45^+14^+$ моноцитів, $CD45^+14^-$ гранулоцитів у більш ніж 87 % осіб знаходилася в межах референтного інтервалу показників, близько 40 % осіб мали зростання вмісту $CD3^+57^+$ НКТ. В учасників ЛНА на ЧАЕС, які проходили обстеження після початку війни, спостерігалось зниження відносної кількості $CD45^+14^-$ лімфоцитів, на фоні зростання $CD45^+14^+$ моноцитів, $CD45^+14^-$ гранулоцитів, $CD19^+$, активованих $HLA-DR^+$ В-лімфоцитів, $CD3^+57^+$ НК, $CD3^+$, $TCR\alpha\beta^+$ і $HLA-DR^+$, $CD4^+$ Т-лімфоцитів, показника імунорегуляторного коефіцієнта $CD4^+ / CD8^+$ при міжгруповому порівнянні показ-

and civilians living in war conditions and insufficient observations. In addition, a survey was conducted of a unique group of clean-up workers who were exposed to other stressors during the war in addition to exposure to ionizing radiation. In addition to aging and chronic diseases, temporary and/or chronic physiological and / or psychosocial stress imposed on the state of the immune system can change the classic aging pattern of the immune system and increase the likelihood of activation of inflammaging. Exogenous factors, such as emissions from waste incineration pits, industrial pollutants, and air pollutants associated with degraded soil, extreme air temperatures [51], and ionizing radiation, have an impact on the immunological reactivity of the servicemen of the AFU who are exposed to them under wartime and in clean-up workers who experienced them in the past. With the expansion of the capabilities of modern flow cytometry for the detailed study of activation and differentiation markers of PB leukocytes and their functional activity, the implementation of long-term monitoring of cellular immunity of vulnerable population cohorts will contribute to the determination of their immunological profiles. In order to isolate the contribution of each stressor affecting the immune system of the studied groups, it is necessary to expand epidemiological studies with the involvement of specialists from various fields of biology and medicine.

CONCLUSIONS

1. A tendency to decrease in the relative number of $CD3^+$ T-lymphocytes, in particular $CD3^+TCR\alpha\beta^+$ T-lymphocytes, $CD8^+$ T-lymphocytes, along with an increase in $CD4^+ / CD8^+$ immunoregulatory ratio was found in clean-up workers who were examined before the war when the indicators were compared between groups. The relative number of $CD45^+14^-$ lymphocytes, $CD45^+14^+$ monocytes, and $CD45^+14^-$ granulocytes in more than 87 % of people was within the reference interval of indicators. About 40 % of people had an increase in the content of $CD3^+57^+$ NKT. A decrease in the relative number of $CD45^+14^-$ lymphocytes, against the background of an increase in $CD45^+14^+$ monocytes, $CD45^+14^-$ granulocytes, $CD19^+$, activated $HLA-DR^+$ B-lymphocytes, was observed in clean-up workers who were examined after the start of the war. $CD3^+57^+$ NK, $CD3^+$, $TCR\alpha\beta^+$ and $HLA-DR^+$, $CD4^+$ T-lymphocytes, the indicator of $CD4^+ / CD8^+$ immuno-

ників. Відносна кількість $CD3^+57^+$ НК у 30,3 % осіб була знижена разом з підвищенням $CD3^+57^+$ НКТ у 54 % осіб порівняно з референтним інтервалом показників.

2. На відміну від учасників ЛНА на ЧАЕС у військовослужбовців ЗСУ віком до 50 років і старше відносна кількість $CD45^+14^-$ гранулоцитів знижувалася разом з $CD45^+14^-$ моноцитами. У військовослужбовців ЗСУ віком старше 50 років виявлено зростання вмісту $CD19^+$ В-лімфоцитів, активованих HLA-DR⁺ В- і Т-лімфоцитів, та $CD4^+$ Т-лімфоцитів. Відносна кількість $CD3^+57^+$ НКТ позитивно корелювала з віком у військовослужбовців ЗСУ. У 26–33 % військовослужбовців ЗСУ відносна кількість $CD3^+57^+$ НК була знижена порівняно з референтним інтервалом показників.

3. Подібним до військовослужбовців ЗСУ старше 50 років субпопуляційним розподілом лейкоцитів ПК характеризувався імунологічний профіль цивільних осіб віком до 50 років: зниження відносної кількості $CD45^+14^-$ гранулоцитів, $CD3^+57^+$ НК і підвищення $CD19^+$, HLA-DR⁺ В-лімфоцитів, $CD4^+$ Т-лімфоцитів та $CD3^+57^+$ НКТ (у половині осіб) при проходженні дослідження після початку війни.

4. Відносна кількість $CD45^+14^-$ моноцитів знижувалася, а $CD3^+57^+$ НКТ збільшувалася у цивільних осіб, віком від 50 років, які проходили обстеження після початку війни, при проведенні міжгрупового порівняння. У 37 % цивільних осіб зростав вміст $CD45^+14^-$ лімфоцитів на фоні зниження $CD45^+14^-$ гранулоцитів і $CD19^+$ В-лімфоцитів. Зниження $CD4^+$ Т-лімфоцитів і показника імунорегуляторного коефіцієнта $CD4^+ / CD8^+$ спостерігалось більш ніж у 33 % осіб. Показник $CD3^+TCR\gamma\delta^+$ Т-лімфоцитів знижувався у 21,7 % осіб після початку війни. В середньому у 30 % цивільних осіб, старше 50 років, які проходили обстеження до війни відмічене зниження $CD19^+$ В-лімфоцитів, $CD4^+$ та $CD8^+$ Т-лімфоцитів, $CD3^+57^+$ НК, $CD3^+57^+$ НКТ і показника імунорегуляторного коефіцієнта $CD4^+ / CD8^+$.

5. У більш ніж 50 % усіх обстежених осіб виявлено зниження відносної кількості активованих HLA-DR⁺ Т-лімфоцитів порівняно з референтним інтервалом показника. Наявна зворотна кореляція віку та відносної кількості $CD19^+$ В-лімфоцитів у цивільних осіб і військовослужбовців ЗСУ. Зворотні кореляційні зв'язки $CD45^+14^-$ моноцитів, HLA-DR⁺ В-лімфоцитів, $CD4^+$ Т-лімфоцитів, іму-

regulatory ratio when comparing indicators between groups. The relative number of $CD3^+57^+$ NK in 30.3 % of individuals was reduced, along with an increase in $CD3^+57^+$ NKT in 54 % of individuals compared to the reference interval of indicators.

2. In contrast to clean-up workers, the relative number of $CD45^+14^-$ granulocytes decreased with $CD45^+14^-$ monocytes in the servicemen of the AFU aged 50 years and older. An increase in $CD19^+$ B-lymphocyte content activated HLA-DR⁺ B- and T-lymphocytes, and $CD4^+$ T-lymphocytes were found in the servicemen of the AFU over the age of 50. The relative number of $CD3^+57^+$ NKT positively correlated with the age of the servicemen of the AFU. In 26–33 % of the servicemen of the AFU, the relative number of $CD3^+57^+$ NK was reduced compared to the reference interval of indicators.

3. The immunological profile of civilians under the age of 50 was characterized by a subpopulation distribution of PB leukocytes similar to that of military personnel over 50 years of age: a decrease in the relative number of $CD45^+14^-$ granulocytes, $CD3^+57^+$ NK and an increase in $CD19^+$, HLA-DR⁺ B-lymphocytes, $CD4^+$ T-lymphocytes and $CD3^+57^+$ NKT (in half of the people) during the examination after the war began.

4. The relative number of $CD45^+14^-$ monocytes decreased, and $CD3^+57^+$ NKT increased in civilians aged 50 years and older who were examined after the start of the war in an intergroup comparison. In 37 % of civilians, the content of $CD45^+14^-$ lymphocytes increased against the background of a decrease in $CD45^+14^-$ granulocytes and $CD19^+$ B-lymphocytes. A decrease in $CD4^+$ T-lymphocytes and the indicator of $CD4^+ / CD8^+$ immunoregulatory ratio was observed in more than 33 % of people. The rate of $CD3^+TCR\gamma\delta^+$ T-lymphocytes in 21.7 % of people decreased after the start of the war. On average, 30 % of civilians over the age of 50 who were examined before the war had a decrease in $CD19^+$ B-lymphocytes, $CD4^+$ and $CD8^+$ T-lymphocytes, $CD3^+57^+$ NK, $CD3^+57^+$ NKT, and the indicator of $CD4^+ / CD8^+$ immunoregulatory ratio.

5. A decrease in the relative number of activated HLA-DR⁺ T-lymphocytes compared to the reference interval of the indicator was found in more than 50 % of all examined persons. There is an inverse correlation between age and the relative number of $CD19^+$ B-lymphocytes in civilians and the servicemen of the AFU. Inverse correlations of $CD45^+14^-$ monocytes, HLA-DR⁺ B-lymphocytes, $CD4^+$ T-lymphocytes,

норегуляторного коефіцієнту $CD4^+ / CD8^+$, і прями зв'язки $CD3^-57^+$ НК і $CD3^+57^+$ НКТ з віком були знайдені у цивільних осіб віком від 31 року і старше, які проходили обстеження після початку війни.

6. Визначені зміни клітинного імунітету, які можуть бути наслідками дії широкого спектру стресорних чинників у минулому і на даний час, можливо матимуть вплив на імуносенесценцію, призводячи до порушень механізмів фізіологічного старіння імунної системи, і запуску активації інфламейджингу, що у підсумку призведе до збільшення ймовірності випадків розвитку і прогресії наявних хронічних захворювань у майбутньому, як у вразливих верств населення: військовослужбовців ЗСУ, учасників ЛНА на ЧАЕС, так і у цивільного населення України загалом.

Джерела фінансування

Робота виконана у рамках планової НДР «Молекулярно-генетичні та клітинні маркери інфламейджингу у лейкоцитах периферичної крові осіб, постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС (2022–2024 рр.)». № держреєстрації 0122U001203 за фінансування НАМН України.

Конфлікт інтересів

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. $CD8^+$ T cell senescence: lights and shadows in viral infections, autoimmune disorders and cancer / V. Tedeschi, G. Paldino, M. Kunkl et al. *Int. J. Mol. Sci.* 2022. Vol. 23, no. 6. P. 3374. doi: 10.3390/ijms23063374.
2. Inflamm-aging: An evolutionary perspective on immunosenescence / C. Franceschi, M. Bonafe, S. Valensin et al. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2006. Vol. 908, no. 1. P. 244-254. doi: 10.1111/j.1749-6632.2000.tb06651.x.
3. Franceschi C., Campisi J. Chronic inflammation (inflammaging) and its potential contribution to age-associated diseases. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 2014. Vol. 69, Suppl 1. P. S4-S9. doi: 10.1093/gerona/glu057.
4. Стан клітинного імунітету в учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС та хворих на злоякісні новоутворення порожнини рота, ротової та гортанної частини глотки / Л. М. Зварич Д., А. Бази́ка, І. М. Ільєнко та ін. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології.* 2022. Вип. 27. С. 324-340. doi: 10.33145/2304-08336-2022-27-324-340.
5. Determination of lymphocyte subset reference ranges in peripheral blood of healthy adults by a dual-platform flow cytometry method / R. C. Rudolf-Oliveira, K. T. Goncalves, M. L. Martignago et al. *Immunol. Lett.* 2015. Vol. 163, no. 1. P. 96-101. doi: 10.1016/j.imlet.2014.11.003.

$CD4^+ / CD8^+$ immunoregulatory ratio, and direct $CD3^-57^+$ NK and $CD3^+57^+$ NKT with age were found in civilians aged 31 and over, who were examined after the start of the war.

6. Certain changes in cellular immunity, which may be the consequences of a wide range of stress factors in the past and at present, may have an impact on immunosenescence, leading to violations of the mechanisms of physiological aging of the immune system and triggering the activation of inflammaging, which will eventually lead to an increase in the probability cases of development and progression of existing chronic diseases in the future, both among vulnerable sections of the population: the servicemen of the AFU, clean-up workers, and among the civilian population of Ukraine.

Sources of financing

The work was carried out within the research project «Molecular-genetic and cellular markers of inflammaging in peripheral blood leukocytes of persons affected as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant (2022–2024) «State registration No. 0122U001203 funded by the NAMS of Ukraine.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

REFERENCES

1. Tedeschi V, Paldino G, Kunkl M, Paroli M, Sorrentino R, Tuosto L, Fiorillo MT. $CD8^+$ T cell senescence: lights and shadows in viral infections, autoimmune disorders and cancer. *Int J Mol Sci.* 2022;23(6):3374. doi: 10.3390/ijms23063374.
2. Franceschi C, Bonafe M, Valensin S, Olivieri F, De Luca M, Ottaviani E, De Benedictis G. Inflamm-aging. An evolutionary perspective on immunosenescence. *Ann N Y Acad Sci.* 2000;908:244-254. doi: 10.1111/j.1749-6632.2000.tb06651.x.
3. Franceschi C, Campisi J. Chronic inflammation (inflammaging) and its potential contribution to age-associated diseases. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2014;69 Suppl 1:S4-9. doi: 10.1093/gerona/glu057.
4. Zvarych LM, Bazyka DA, Iliencko IM, Golyarnik NA, Liaskivska OV, Belayev OA, et al. Status of the cellular immunity in clean-up workers of the Chornobyl accident and patients with cancer of the mouth cavity, oral and laryngeal part of the pharynx. *Probl Radiac Med Radiobiol.* 2022;27:324-340. doi: 10.33145/2304-08336-2022-27-324-340.
5. Rudolf-Oliveira RC, Goncalves KT, Martignago ML, Mengatto V, Gaspar PC, de Moraes AC, et al. Determination of lymphocyte subset reference ranges in peripheral blood of healthy adults by a dual-platform flow cytometry method. *Immunol Lett.* 2015;163(1):96-101. doi: 10.1016/j.imlet.2014.11.003.

6. Assessment of some immune parameters in occupationally exposed nuclear power plants workers: flowcytometry measurements of T, B, NK and NKT cells / I. Gyuleva, D. Panova, J. Djounova et al. *Dose Response*. 2015. Vol. 13, no. 1. P. 1-15. doi: 10.2203/dose-response.14-041.Gyuleva.
7. Paediatric reference values for the peripheral T cell compartment / E. J. H. Schatorje, E. F. Gemen, G. J. Driessen et al. *Scand. J. Immunol.* 2012. Vol. 75, no. 4. P. 436-444. doi: 10.1111/j.1365-3083.2012.02671.x.
8. Normal values of T, B and NK lymphocyte subpopulations in peripheral blood of healthy cuban adults / E. Kokuina, M. C. Breff-Fonseca, C. A. Villegas-Valverde, I. Mora-Diaz. *MEDICC Review*. 2019. Vol. 21, no. 2-3. doi: 10.37757/MR2019.V21.N2-3.5.
9. Advanced age alters monocyte and macrophage responses / J. M. Albright, R. C. Dunn, J. A. Shults et al. *Antioxid. Red. Signal.* 2016. Vol. 25, no. 15. P. 805-815. doi: 10.1089/ars.2016.6691.
10. Reference intervals for leukocyte subsets in adults: Results from a population-based study using 10-color flow cytometry / S. Melzer, S. Zachariae, J. Bocsi, et al. *Cytometry B Clin. Cytometry*. 2015. Vol. 88, no. 4. P. 270-281. doi: 10.1002/cyto.b.21234.
11. Age- and sex-matched normal leukocyte subset ranges in the general population defined with the euroflow lymphocyte screening tube (LST) for monoclonal B-cell lymphocytosis (MBL) vs. non-MBL subjects / I. Criado, W. G. Nieto, G. Oliva-Ariza et al. *Cancers (Basel)*. 2022. Vol. 15, no. 1. P. 58. doi: 10.3390/cancers15010058.
12. Valiathan R., Ashman M., Asthana D. Effects of ageing on the immune system: infants to elderly. *Scand J Immunol.* 2016. Vol. 83, no. 4. P. 255-266. doi: 10.1111/sji.12413.
13. Thomsen D. K. Negative thoughts and health: associations among rumination, immunity, and health care utilization in a young and elderly sample. *Psychosom. Med.* 2004. Vol. 66, no. 3. P. 363-371. doi: 10.1097/01.psy.0000127688.44363.fb.
14. Differential leukocytosis and lymphocyte mitogenic response to acute maximal exercise in the young and old / M. A. Ceddia, E. A. Price, C. K. Kohlmeier et al. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1999. Vol. 31, no. 6. P. 829-836. doi: 10.1097/00005768-199906000-00011.
15. Senescent T-lymphocytes are mobilised into the peripheral blood compartment in young and older humans after exhaustive exercise / R. J. Simpson, C. Cosgrove, L. A. Ingram et al. *Brain Behav. Immun.* 2008. Vol. 22, no. 4. P. 544-551. doi: 10.1016/j.bbi.2007.11.002.
16. Changes in immune function during initial military training / A. Hatch-McChesney, P. N. Radcliffe, K. P. Pitts et al. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2022. Vol. 55, no. 3. P. 548-557. doi: 10.1249/MSS.0000000000003079.
17. Effects of combined stress during intense training on cellular immunity, hormones and respiratory infections / D. Gomez-Merino, C. Drogou, M. Chennaoui et al. *Neuroimmunomodulation*. 2005. Vol. 12, no. 3. P. 164-172. doi: 10.1159/000084849.
6. Gyuleva I, Panova D, Djounova J, Rupova I, Penkova K. Assessment of some immune parameters in occupationally exposed nuclear power plants workers: flowcytometry measurements of T, B, NK and NKT cells. *Dose Response*. 2015;13(1):dose-response.14-041. Gyuleva. doi: 10.2203/dose-response.14-041.Gyuleva.
7. Schatorje EJ, Gemen EF, Driessen GJ, Leuvenink J, van Hout RW, de Vries E. Paediatric reference values for the peripheral T cell compartment. *Scand J Immunol.* 2012;75(4):436-444. doi: 10.1111/j.1365-3083.2012.02671.x.
8. Kokuina E, Breff-Fonseca MC, Villegas-Valverde CA, Mora-Diaz I. Normal values of T, B and NK lymphocyte subpopulations in peripheral blood of healthy cuban adults. *MEDICC Rev.* 2019;21(2-3):16-21. doi: 10.37757/MR2019.V21.N2-3.5.
9. Albright JM, Dunn RC, Shults JA, Boe DM, Afshar M, Kovacs EJ. Advanced age alters monocyte and macrophage responses. *Antioxid Redox Signal.* 2016;25(15):805-815. doi: 10.1089/ars.2016.6691.
10. Melzer S, Zachariae S, Bocsi J, Engel C, Loffler M, Tarnok A. Reference intervals for leukocyte subsets in adults: Results from a population-based study using 10-color flow cytometry. *Cytometry B Clin Cytom.* 2015;88(4):270-281. doi: 10.1002/cyto.b.21234.
11. Criado I, Nieto WG, Oliva-Ariza G, Fuentes-Herrero B, Teodosio C, Lecrevisse Q, et al. The primary health care group of Salamanca for the study of Mbl. Age- and sex-matched normal leukocyte subset ranges in the general population defined with the EuroFlow lymphocyte screening tube (LST) for monoclonal B-Cell lymphocytosis (MBL) vs. non-MBL subjects. *Cancers (Basel)*. 2022;15(1):58. doi: 10.3390/cancers15010058.
12. Valiathan R, Ashman M, Asthana D. Effects of ageing on the immune system: infants to elderly. *Scand J Immunol.* 2016;83(4):255-266. doi: 10.1111/sji.12413.
13. Thomsen DK, Mehlsen MY, Hokland M, Viidik A, Olesen F, Avlund K, et al. Negative thoughts and health: associations among rumination, immunity, and health care utilization in a young and elderly sample. *Psychosom Med.* 2004;66(3):363-371. doi: 10.1097/01.psy.0000127688.44363.fb.
14. Ceddia MA, Price EA, Kohlmeier CK, Evans JK, Lu Q, McAuley E, Woods JA. Differential leukocytosis and lymphocyte mitogenic response to acute maximal exercise in the young and old. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(6):829-836. doi: 10.1097/00005768-199906000-00011.
15. Simpson RJ, Cosgrove C, Ingram LA, Florida-James GD, Whyte GP, Pircher H, Guy K. Senescent T-lymphocytes are mobilised into the peripheral blood compartment in young and older humans after exhaustive exercise. *Brain Behav Immun.* 2008;22(4):544-551. doi: 10.1016/j.bbi.2007.11.002.
16. Hatch-McChesney A, Radcliffe PN, Pitts KP, Karis AJ, O'Brien RP, Krieger S, et al. Changes in immune function during initial military training. *Med Sci Sports Exerc.* 2023;55(3):548-557. doi: 10.1249/MSS.0000000000003079.
17. Gomez-Merino D, Drogou C, Chennaoui M, Tiollier E, Mathieu J, Guezennec CY. Effects of combined stress during intense training on

18. Dekaris D. Multiple changes of immunologic parameters in prisoners of war. Assessments after release from a camp in Manjaca, Bosnia. *JAMA*. 1993. Vol. 270, no. 5. P. 595-599. doi: 10.1001/jama.270.5.595.
19. Increased circulating blood cell counts in combat-related PTSD: Associations with inflammation and PTSD severity / D. Lindqvist, S. H. Mellon, F. S. Dhabhar et al. *Psychiatry Res*. 2017. Vol. 258. P. 330-336. doi: 10.1016/j.psychres.2017.08.052.
20. Repeated assessments of endocrine- and immune-related changes in posttraumatic stress disorder / A. Vidovic, K. Gotovac, M. Vilibic et al. *Neuroimmunomodulation*. 2011. Vol. 18, no. 4. P. 199-211. doi: 10.1159/000322869.
21. Natural killer cell cytotoxicity and lymphocyte perforin expression in veterans with posttraumatic stress disorder / K. Gotovac, A. Vidovic, H. Vukusic et al. *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry*. 2010. Vol. 34, no. 4. P. 597-604. doi: 10.1016/j.pnpbp.2010.02.018.
22. Circulating lymphocyte subsets, natural killer cell cytotoxicity, and components of hypothalamic-pituitary-adrenal axis in Croatian war veterans with posttraumatic stress disorder: cross-sectional study / A. Vidovic, M. Vilibic, A. Sabioncello et al. *Croat. Med. J.* 2007. Vol. 48, no. 2. P. 198-206.
23. Variation rhythms of lymphocyte subsets during healthy aging / A. M. Faria, S. M. de Moraes, de L. H. Freitas et al. *Neuroimmunomodulation*. 2008. Vol. 15, no. 4-6. P. 365-379. doi: 10.1159/000156478.
24. Changes in the expression of surface receptors on lymphocyte subsets in the elderly: Quantitative flow cytometric analysis / L. Ginaldi, M. De Martinis, A. D'Ostilio et al. *Am. J. Hematol.* 2001. Vol. 67, no. 2. P. 63-72. doi: 10.1002/ajh.1082.
25. Distribution of major lymphocyte subsets and memory T-cell subpopulations in healthy adults employing GLP-conforming multicolor flow cytometry / C. R. Schultze-Florey, E. Chukhno, L. Goudeva et al. *Leukemia*. 2021. Vol. 35, no. 10. P. 3021-3025. doi: 10.1038/s41375-021-01348-5.
26. Kasten-Jolly J., Lawrence D. A. Differential blood leukocyte populations based on individual variances and age. *Immunol. Res*. 2022. Vol. 70, no. 1. P. 114-128. doi: 10.1007/s12026-021-09257-6.
27. Aging of immune system: immune signature from peripheral blood lymphocyte subsets in 1068 healthy adults / Qin L, Jing X, Qiu Z et al. *Aging*. 2016. Vol. 8, no. 5. P. 848-859. doi: 10.18632/aging.100894.
28. CD8⁺HLADR⁺ regulatory T cells change with aging: they increase in number, but lose checkpoint inhibitory molecules and suppressive function / S. Lukas Yani, M. Keller, F. L. Melzer et al. *Front. Immunol.* 2018. Vol. 9. . P. 1201. doi: 10.3389/fimmu.2018.01201.
29. Increased number of circulating Leu 11+ (CD 16) large granular lymphocytes and decreased NK activity during human ageing / A. Facchini, E. Mariani, A. R. Mariani et al. *Clin. Exp. Immunol.* 1987. Vol. 68, no. 2. P. 340-347.
- cellular immunity, hormones and respiratory infections. *Neuroimmunomodulation*. 2005;12(3):164-172. doi: 10.1159/000084849.
18. Dekaris D, Sabioncello A, Mazuran R, Rabatic S, Svoboda-Beusan I, Racunica NL, Tomasic J. Multiple changes of immunologic parameters in prisoners of war. Assessments after release from a camp in Manjaca, Bosnia. *JAMA*. 1993;270(5):595-599. doi: 10.1001/jama.270.5.595.
19. Lindqvist D, Mellon SH, Dhabhar FS, Yehuda R, Grenon SM, Flory JD, et al. Increased circulating blood cell counts in combat-related PTSD: Associations with inflammation and PTSD severity. *Psychiatry Res*. 2017;258:330-336. doi: 10.1016/j.psychres.2017.08.052.
20. Vidovic A, Gotovac K, Vilibic M, Sabioncello A, Jovanovic T, Rabatic S, et al. Repeated assessments of endocrine- and immune-related changes in posttraumatic stress disorder. *Neuroimmunomodulation*. 2011;18(4):199-211. doi: 10.1159/000322869.
21. Gotovac K, Vidovic A, Vukusic H, Krcmar T, Sabioncello A, Rabatic S, Dekaris D. Natural killer cell cytotoxicity and lymphocyte perforin expression in veterans with posttraumatic stress disorder. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2010;34(4):597-604. doi: 10.1016/j.pnpbp.2010.02.018.
22. Vidovic A, Vilibic M, Sabioncello A, Gotovac K, Rabatic S, Folnegovic-Smalc V, Dekaris D. Circulating lymphocyte subsets, natural killer cell cytotoxicity, and components of hypothalamic-pituitary-adrenal axis in Croatian war veterans with posttraumatic stress disorder: cross-sectional study. *Croat Med J*. 2007;48(2):198-206.
23. Faria AM, de Moraes SM, de Freitas LH, Speziali E, Soares TF, Figueiredo-Neves SP, et al. Variation rhythms of lymphocyte subsets during healthy aging. *Neuroimmunomodulation*. 2008;15(4-6):365-379. doi: 10.1159/000156478.
24. Ginaldi L, De Martinis M, D'Ostilio A, Marini L, Loreto F, Modesti M, Quaglino D. Changes in the expression of surface receptors on lymphocyte subsets in the elderly: quantitative flow cytometric analysis. *Am J Hematol*. 2001;67(2):63-72. doi: 10.1002/ajh.1082.
25. Schultze-Florey CR, Chukhno E, Goudeva L, Blasczyk R, Ganser A, Prinz I, et al. Distribution of major lymphocyte subsets and memory T-cell subpopulations in healthy adults employing GLP-conforming multicolor flow cytometry. *Leukemia*. 2021;35(10):3021-3025. doi: 10.1038/s41375-021-01348-5.
26. Kasten-Jolly J, Lawrence DA. Differential blood leukocyte populations based on individual variances and age. *Immunol Res*. 2022;70(1):114-128. doi: 10.1007/s12026-021-09257-6.
27. Qin L, Jing X, Qiu Z, Cao W, Jiao Y, Routy JP, Li T. Aging of immune system: Immune signature from peripheral blood lymphocyte subsets in 1068 healthy adults. *Aging (Albany NY)*. 2016;8(5):848-859. doi: 10.18632/aging.100894.
28. Lukas Yani S, Keller M, Melzer FL, Weinberger B, Pangrazzi L, Sopper S, et al. CD8⁺HLADR⁺ regulatory t cells change with aging: they increase in number, but lose checkpoint inhibitory molecules and suppressive function. *Front Immunol*. 2018;9:1201. doi: 10.3389/fimmu.2018.01201.
29. Facchini A, Mariani E, Mariani AR, Papa S, Vitale M, Manzoli FA. Increased number of circulating Leu 11+ (CD 16) large granular lymphocytes, hormones and respiratory infections.

30. NK phenotypic markers and IL2 response in NK cells from elderly people / F. Borrego, M. C. Alonso, M. D. Galiani et al. *Exp. Gerontol.* 1999. Vol. 34, no. 2. P. 253-265. doi.org/10.1016/s0531-5565(98)00076-x.
31. Cellular aging and senescence characteristics of human T-lymphocytes / O. O. Onyema, R. Njemini, I. Bautmans et al. *Biogerontology.* 2011. Vol. 13, no. 2. P. 169-181. doi: 10.1007/s10522-011-9366-z.
32. Lymphocyte subsets and natural killer cell activity in healthy old people and centenarians / P. Sansoni, A. Cossarizza, V. Brianti et al. *Blood.* 1993. Vol. 82, no. 9. P. 2767-2773. doi: 10.1182/blood.v82.9.2767.2767.
33. Research on some parameters of cellular immune response in soldiers undergoing basic training-preliminary report / J. Karpinski, Z. Kidawa, E. Kocur et al. *Med. Sci. Monit.* 2001. Vol. 7, no. 3. P. 435-440.
34. Immune, endocrine, and psychological responses in civilians displaced by war / A. Sabioncello, D. Kocijan-Hercigonja, S. Rabatic et al. *Psychosom. Med.* 2000. Vol. 62, no. 4. P. 502-508. doi: 10.1097/00006842-200007000-00008.
35. Changes in immune parameters seen in gulf war veterans but not in civilians with chronic fatigue syndrome / Q. Zhang, X. D. Zhou, T. Denny et al. *Clin. Diagn. Lab. Immunol.* 1999. Vol. 6, no. 1. P. 6-13. doi: 10.1128/CDLI.6.1.6-13.1999.
36. Xiong Y., Wang Z., Young M. R. I. Reduced expression of immune mediators by T-cell subpopulations of combat-exposed veterans with post-traumatic stress disorder. *Front. Psychiatry.* 2019. Vol. 10. P. 693. doi: 10.3389/fpsy.2019.00693.
37. Long-term hematological and immunological complications of sulfur mustard poisoning in Iranian veterans / M. Mahmoudi, M. Hefazi, M. Rastin, M. Balali-Mood. *Int. Immunopharmacol.* 2005. Vol. 5, no. 9. P. 1479-1485. doi: 10.1016/j.intimp.2005.04.003.
38. Effect of age on human neutrophil function / C. Wensch, S. Patruta, F. Daxbock et al. *J. Leukoc. Biol.* 2000. Vol. 67, no. 1. P. 40-45. doi: 10.1002/jlb.67.1.40.
39. An age-associated increase in pulmonary inflammation after burn injury is abrogated by CXCR2 inhibition / V. Nomellini, D. E. Faunce, C. R. Gomez et al. *J. Leukoc. Biol.* 2008. Vol. 83, no. 6. P. 1493-1501. doi: 10.1189/jlb.1007672.
40. Aging of the innate immune system / A. C. Shaw, S. Joshi, H. Greenwood et al. *Curr. Opin. Immunol.* 2010. Vol. 22, no. 4. P. 507-513. doi: 10.1016/j.coi.2010.05.003.
41. Advanced age alters monocyte and macrophage responses / J. M. Albright, R. C. Dunn, J. A. Shults et al. *Antioxid. Redox. Signal.* 2016. Vol. 25, no. 15. P. 805-815. doi: 10.1089/ars.2016.6691.
42. Differential activation of CD 57-defined natural killer cell subsets during recall responses to vaccine antigens / M. J. White, C. M. Nielsen, R. H. McGregor et al. *Immunology.* 2014. Vol. 142, no. 1. P. 140-150. doi: 10.1111/imm.12239.
- phocytes and decreased NK activity during human ageing. *Clin Exp Immunol.* 1987;68(2):340-347.
30. Borrego F, Alonso MC, Galiani MD, Carracedo J, Ramirez R, Ostos B, et al. NK phenotypic markers and IL2 response in NK cells from elderly people. *Exp Gerontol.* 1999;34(2):253-265. doi: 10.1016/s0531-5565(98)00076-x.
31. Onyema OO, Njemini R, Bautmans I, Renmans W, De Waele M, Mets T. Cellular aging and senescence characteristics of human T-lymphocytes. *Biogerontology.* 2012;13(2):169-181. doi: 10.1007/s10522-011-9366-z.
32. Sansoni P, Cossarizza A, Brianti V, Fagnoni F, Snelli G, Monti D, et al. Lymphocyte subsets and natural killer cell activity in healthy old people and centenarians. *Blood.* 1993;82(9):2767-2773. doi: 10.1182/blood.v82.9.2767.2767
33. Karpinski J, Kidawa Z, Kocur E, Zeman K, Rogulski B, Wolkanin P, et al. Research on some parameters of cellular immune response in soldiers undergoing basic training-preliminary report. *Med Sci Monit.* 2001;7(3):435-440.
34. Sabioncello A, Kocijan-Hercigonja D, Rabatic S, Tomasic J, Jeren T, Matijevic L, et al. Immune, endocrine, and psychological responses in civilians displaced by war. *Psychosom Med.* 2000;62(4):502-508. doi: 10.1097/00006842-200007000-00008.
35. Zhang Q, Zhou XD, Denny T, Ottenweller JE, Lange G, LaManca JJ, et al. Changes in immune parameters seen in Gulf War veterans but not in civilians with chronic fatigue syndrome. *Clin Diagn Lab Immunol.* 1999;6(1):6-13. doi: 10.1128/CDLI.6.1.6-13.1999.
36. Xiong Y, Wang Z, Young MRI. Reduced expression of immune mediators by T-cell subpopulations of combat-exposed veterans with post-traumatic stress disorder. *Front Psychiatry.* 2019;10:693. doi: 10.3389/fpsy.2019.00693.
37. Mahmoudi M, Hefazi M, Rastin M, Balali-Mood M. Long-term hematological and immunological complications of sulfur mustard poisoning in Iranian veterans. *Int Immunopharmacol.* 2005;5(9):1479-1485. doi: 10.1016/j.intimp.2005.04.003.
38. Wensch C, Patruta S, Daxbock F, Krause R, Horl W. Effect of age on human neutrophil function. *J Leukoc Biol.* 2000;67(1):40-45. doi: 10.1002/jlb.67.1.40.
39. Nomellini V, Faunce DE, Gomez CR, Kovacs EJ. An age-associated increase in pulmonary inflammation after burn injury is abrogated by CXCR2 inhibition. *J Leukoc Biol.* 2008;83(6):1493-1501. doi: 10.1189/jlb.1007672.
40. Shaw AC, Joshi S, Greenwood H, Panda A, Lord JM. Aging of the innate immune system. *Curr Opin Immunol.* 2010;22(4):507-513. doi: 10.1016/j.coi.2010.05.003.
41. Albright JM, Dunn RC, Shults JA, Boe DM, Afshar M, Kovacs EJ. Advanced age alters monocyte and macrophage responses. *Antioxid Redox Signal.* 2016;25(15):805-815. doi: 10.1089/ars.2016.6691.
42. White MJ, Nielsen CM, McGregor RH, Riley EH, Goodier MR. Differential activation of CD57-defined natural killer cell subsets during recall responses to vaccine antigens. *Immunology.* 2014;142(1):140-150. doi: 10.1111/imm.12239.

43. Expression patterns of NKG2A, KIR, and CD57 define a process of CD56dim NK-cell differentiation uncoupled from NK-cell education / N. K. Bjorkstrom, P. Riese, F. Heuts et al. *Blood*. 2010. Vol. 116, no. 19. P. 3853-3864. doi: 10.1182/blood-2010-04-281675.
44. Immune activation and CD8⁺ T-cell differentiation towards senescence in HIV-1 infection / L. Papagno, C. A. Spina, A. Marchant et al. *PLoS Biol*. 2004. Vol. 2, no. 2. P. e20. doi: 10.1371/journal.pbio.0020020.
45. Immunosenescence: molecular mechanisms and diseases / Z. Liu, Q. Liang, Y. Ren et al. *Signal Transduct. Target Ther*. 2023. Vol. 8, no. 1. doi: 10.1038/s41392-023-01451-2.
46. Kroemer G., Zitvogel L. CD4⁺ T cells at the center of inflammaging. *Cell Metab*. 2020. Vol. 32, no. 1. P. 4-5. doi: 10.1016/j.cmet.2020.04.016.
47. Immunosenescence in aging: between immune cells depletion and cytokines up-regulation / M. T. Ventura, M. Casciaro, S. Gangemi, R. Buquicchio. *Clin. Mol. Allergy*. 2017. Vol. 15, no. 1. doi: 10.1186/s12948-017-0077-0.
48. A B-cell subset uniquely responsive to innate stimuli accumulates in aged mice / Y. Hao, P. O'Neill, M. S. Naradikian et al. *Blood*. 2011. Vol. 118, no. 5. P. 1294-1304. doi: 10.1182/blood-2011-01-330530.
49. Toll-like receptor 7 (TLR7)-driven accumulation of a novel CD11c⁺ B-cell population is important for the development of autoimmunity / A. V. Rubtsov, K. Rubtsova, A. Fischer et al. *Blood*. 2011. Vol. 118, no. 5. P. 1305-1315. doi: 10.1182/blood-2011-01-331462.
50. B cell dysfunction associated with aging and autoimmune diseases / S. Ma, C. Wang, Mao X. et al. *Front. Immunol*. 2019. Vol. 10. P. 318. doi: 10.3389/fimmu.2019.00318.
51. Environmental factors, immune changes and respiratory diseases in troops during military activities / K. Korzeniewski, A. A. Nitsch-Osuch, Chcialowski, J. Korsak. *Respir. Physiol. Neurobiol*. 2013. Vol. 187, no. 1. P. 118-122. doi: 10.1016/j.resp.2013.02.003.
43. Bjorkstrom NK, Riese P, Heuts F, Andersson S, Fauriat C, Ivarsson MA, et al. Expression patterns of NKG2A, KIR, and CD57 define a process of CD56dim NK-cell differentiation uncoupled from NK-cell education. *Blood*. 2010;116(19):3853-64. doi: 10.1182/blood-2010-04-281675.
44. Papagno L, Spina CA, Marchant A, Salio M, Rufer N, Little S, et al. Immune activation and CD8⁺ T-cell differentiation towards senescence in HIV-1 infection. *PLoS Biol*. 2004;2(2):E20. doi: 10.1371/journal.pbio.0020020.
45. Liu Z, Liang Q, Ren Y, Guo C, Ge X, Wang L, et al. Immunosenescence: molecular mechanisms and diseases. *Signal Transduct Target Ther*. 2023;8(1):200. doi: 10.1038/s41392-023-01451-2.
46. Kroemer G, Zitvogel L. CD4⁺ T cells at the center of inflammaging. *Cell Metab*. 2020;32(1):4-5. doi: 10.1016/j.cmet.2020.04.016.
47. Ventura MT, Casciaro M, Gangemi S, Buquicchio R. Immunosenescence in aging: between immune cells depletion and cytokines up-regulation. *Clin Mol Allergy*. 2017;15:21. doi: 10.1186/s12948-017-0077-0.
48. Hao Y, O'Neill P, Naradikian MS, Scholz JL, Cancro MP. A B-cell subset uniquely responsive to innate stimuli accumulates in aged mice. *Blood*. 2011;118(5):1294-1304. doi: 10.1182/blood-2011-01-330530.
49. Rubtsov AV, Rubtsova K, Fischer A, Meehan RT, Gillis JZ, Kappler JW, Marrack P. Toll-like receptor 7 (TLR7)-driven accumulation of a novel CD11c⁺ B-cell population is important for the development of autoimmunity. *Blood*. 2011;118(5):1305-15. doi: 10.1182/blood-2011-01-331462.
50. Ma S, Wang C, Mao X, Hao Y. B cell dysfunction associated with aging and autoimmune diseases. *Front Immunol*. 2019;10:318. doi: 10.3389/fimmu.2019.00318.
51. Korzeniewski K, Nitsch-Osuch A, Chcialowski A, Korsak J. Environmental factors, immune changes and respiratory diseases in troops during military activities. *Respir Physiol Neurobiol*. 2013; 187(1): 118-122. doi: 10.1016/j.resp.2013.02.003.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Зварич Лілія Миколаївна – молодший науковий співробітник лабораторії імуноцитології відділу клінічної імунології Інституту клінічної радіології, ННЦРМ, м. Київ, Україна, ORCID ID: 0000-0003-1805-1319

Панченко Вікторія Віталіївна – молодший науковий співробітник лабораторії імуноцитології відділу клінічної імунології Інституту клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ, Україна, ORCID ID: 0000-0001-6790-0909

Голярник Наталія Анатоліївна – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник лабораторії імуноцитології відділу клінічної імунології Інституту клінічної радіології, ННЦРМ, м. Київ, Україна, ORCID ID: 0000-0002-8760-5859

Беляєв Олег Анатолійович – молодший науковий співробітник лабораторії імуноцитології відділу клінічної імунології Інституту клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ, Україна

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Liliia M. Zvarych – Junior researcher, the Immunocytology Laboratory of Clinical Immunology Department, Clinical Radiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine, ORCID ID: 0000-0003-1805-1319

Viktoriia V. Panchenko – Junior Researcher, the Immunocytology Laboratory of Clinical Immunology Department, Clinical Radiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine, ORCID ID: 0000-0001-6790-0909

Natalia A. Golyarnik – Doctor of Philosophy, the Immunocytology Laboratory of Clinical Immunology Department, Clinical Radiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-8760-5859

Oleh A. Belayev – Junior Researcher, the Immunocytology Laboratory of Clinical Immunology Department, Clinical Radiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukrain.

Базика Дмитрій Анатолійович – доктор медичних наук, професор, академік НАМН України, завідувач відділу клінічної імунології Інституту клінічної радіології, генеральний директор ННЦРМ, м. Київ, Україна, ORCID ID: 0000-0001-9982-5990

Dimitry A. Bazyka – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the NAMS of Ukraine, Head of the Department of Clinical Immunology, Director General of the NRCRM, Kyiv, Ukraine, ORCID ID: 0000-0001-9982-5990

Стаття надійшла до редакції 10.09.2023

Received: 10.09.2023