

УДК 613.6.02; 613.63; 613.64

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ПРОТЕКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСА ВИТАМИНОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ НА МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ-МИШЕНЕЙ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ В МОДЕЛИРОВАННЫХ УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Семенихина М.В., Новикова И.И., Романенко С.П., Савченко О.А., Рождественская Л.Н.

ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, Новосибирск, Россия

Экстремальные климатогеографические условия проживания, особенности гормонального статуса, липидного и углеводного обменов у коренного и временно проживающего населения Крайнего Севера, а также острая проблема микронутриентной недостаточности у населения РФ, особенно у работающего в условиях Арктической зоны, выдвигают на первый план задачи изучения морфофункциональных особенностей проживающих в условиях холода и необычного светового режима, в том числе с изучением протективных свойств белково-липидной компоненты, витаминов и минеральных веществ, поступающих с пищей.

Цель исследования – экспериментальное изучение влияния протективных свойств витаминов и минеральных веществ на морфологическое состояние внутренних органов лабораторных животных в условиях холодового фактора и необычного светового режима (полярный день и полярная ночь).

Материалы и методы. Исследование проводилось на 48 лабораторных крысах линии Вистар (24♂+24♀), которые были распределены по 2 контрольным и 2 опытным группам. Каждая группа состояла из 12 разнополых особей (6♂+6♀). Животные 2 экспериментальных групп содержались в условиях, имитирующих Арктическую зону, и получали дополнительно к рациону витаминно-минеральный комплекс (ВМК) в двух дозах. Одна группа получала 1-кратную суточную дозу ВМК в пересчете на вес животного (при использовании среднего веса человека 60-70 кг), в дозе 0,015 г в сутки (6♂+6♀), вторая получала 10-кратную суточную дозу ВМК в пересчете на вес животного (при использовании среднего веса человека 60-70 кг), в дозе 0,15 г в сутки (6♂+6♀). Одна контрольная группа животных содержалась в аналогичных условиях, имитирующих Арктическую зону, но не получала ВМК, вторая не получала ВМК, но содержалась в комфортных условиях.

На 28 день крысы были выведены из эксперимента и у них были взяты срезы органов и тканей для цитогистологического исследования.

Результаты исследования. У животных, содержащихся в модельных условиях Арктики, в изучаемых тканях выявлены сосудистые и дистрофические изменения. Сосудистые изменения характеризовались во всех изучаемых органах неравномерным кровенаполнением, эритроцитарными тромбами, отеком тканей. Дистрофические изменения характеризовались в ткани сердца дистрофией миокарда, в легких - утолщением стенок сосудов с гиалинозом, утолщением межальвеолярных перегородок с частичным разрушением стенок бронхов. В ткани почек отмечалась выраженная дистрофия эпителия извитых канальцев с апикальными некрозами, в ткани селезенки - гиперплазия фолликулов. Данные патологические изменения были менее выражены у животных, дополнительно получавших с рационом ВМК, что свидетельствует о положительных биологических эффектах (доза-эффект) от поступления продуктов, обогащенных ВМК, по сравнению с животными, не получавшими ВМК.

Заключение. Полученный положительный биологический эффект от воздействия приема ВМК, содержащего в составе витамины (А, В, С, Е, Д) и минеральные вещества (цинк, железо, йод, селен), в условиях, имитирующих Арктическую зону, заключался в менее выраженных изменениях в тканях органов, по сравнению с животными, находящимися в экстремальных условиях, но не получавшими ВМК. Исследование позволяет рекомендовать ВМК для включения в рационы как работающих вахтовым методом, так и для коренного населения Крайнего Севера с целью обеспечения физиологической потребности в данных веществах, сохранения здоровья и увеличения сроков активного трудового долголетия.

Ключевые слова: холодовой фактор, световой режим, питание, протективная функция витаминов и минеральных веществ, белые крысы линии Вистар, морфологические, гистологические изменения.

Для цитирования: Семенихина, М.В., Новикова И.И., Романенко С.П., Савченко О.А., Рождественская Л.Н. Результаты экспериментального изучения протективного воздействия комплекса витаминов и минеральных веществ на морфологическое состояние органов-мишеней лабораторных животных в моделированных условиях Арктической зоны. Медицина труда и экология человека. 2024; 3: 92-112.

Для корреспонденции: Романенко Сергей Павлович – к.м.н., заместитель директора по научной работе, ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Роспотребнадзора.

Финансирование: работа не имела спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10306>

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDY OF PROTECTIVE EFFECT OF VITAMINS AND MINERAL COMPLEX ON MORPHOLOGICAL STATE OF INTERNAL ORGANS OF LABORATORY ANIMALS IN THE EXPERIMENTAL CONDITIONS OF THE ARCTIC ZONE

Semenikhina M.V., Novikova I.I., Romanenko S.P., Savchenko O.A., Rozhdestvenskaya L.N.

Novosibirsk Research Institute of Hygiene of Rospotrebnadzor, Novosibirsk, Russia

Summary. The extreme climatic and geographical conditions of living in the Far North, the peculiarities of hormonal status, lipid and carbohydrate metabolism in the indigenous and temporarily residing population of the North, as well as the acute problem of micronutrient deficiency in the population of the Russian Federation, especially those working in the Arctic zone, highlight the tasks of studying the morphofunctional characteristics of those living in cold conditions and unusual light conditions, including the study of the protective properties of the protein-lipid component, vitamins and minerals coming from food.

Purpose of the study. Experimental study of the effect of protective properties of vitamins and minerals on the morphological state of the internal organs of laboratory animals under conditions of cold factor and unusual light conditions (polar day and polar night).

Materials and Methods. The study was conducted on 48 laboratory rats of the Wistar line (24♂+24♀), which were distributed into 2 control and 2 experimental groups. Each group consisted of 12 individuals of different sexes (6♂+6♀). The animals of the 2 experimental groups were kept in conditions simulating the Arctic zone and received a vitamin and mineral complex (VMC) in two doses in addition to the diet. One group received a 1-fold daily dose of IUD in terms of animal weight (when using an average human weight of 60-70 kg), at a dose of 0.015 g per day (6♂+6♀), the second received a 10-fold daily dose of IUD in terms of animal weight (when using an average human weight of 60-70 kg), at a dose of 0.15 g per day (6♂+6♀).

Results of the study. Vascular and dystrophic changes were revealed in the studied tissues of animals kept in the model conditions of the Arctic. Vascular changes were characterized in all the studied organs by uneven blood filling, erythrocyte thrombi, and tissue edema. Dystrophic changes were characterized in the heart tissue by myocardial dystrophy, in the lungs by thickening of the vessel walls with hyalinosis, thickening of the interalveolar septa with partial destruction of the bronchial walls. There was marked dystrophy of the epithelium of convoluted tubules with apical necrosis in the kidney tissue, follicle hyperplasia in the spleen tissue. These pathological changes were less pronounced in animals additionally treated with an IUD diet, which indicates positive biological effects (dose-effect) from the receipt of products enriched with IUD, compared with animals that did not receive IUD.

Conclusion. The positive biological effect obtained from the effects of taking IUD containing vitamins (A, B, C, E, D) and minerals (zinc, iron, iodine, selenium) in conditions simulating the Arctic zone consisted in less pronounced changes in organ tissues, compared with animals in extreme conditions, but did not receive an IUD. The study allows us to recommend IUDs, both for inclusion in the diets of shift workers, and for the indigenous population of the Far North in order to ensure the physiological need for these substances, preserve health and increase the duration of active labor longevity.

Keywords: cold factor; light regime; nutrition; protective function of vitamins and minerals; white Wistar rats; morphological, histological changes.

For citation: Semenikhina M.V., Novikova I.I., Romanenko S.P., Savchenko O.A., Rozhdestvenskaya L.N. Results of experimental study of protective effect of vitamins and minerals complex on morphological state of targeted organs of laboratory animals in experimental conditions of the Arctic zone. *Occupational Medicine and Human Ecology*. 2024; 3: 92-112.

Correspondence: Sergey Pavlovich Romanenko - Candidate of Medical Sciences, Deputy Director of Scientific Work, Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing.

Funding: The study had no financial support.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interests.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10306>

Северные территории Российской Федерации, составляющие 2/3 ее площади, относятся к зоне экстремальных природно-климатических условий. Арктическая зона РФ характеризуется неблагоприятными условиями для проживания и

трудовой деятельности человека, но, являясь важным источником природных ресурсов, требующих интенсивного освоения, нуждается в притоке большого числа различных групп и контингентов населения [1].

Организм людей, которые постоянно живут на Крайнем Севере или периодически прибывают туда на вахты из более южных регионов, сталкивается с суровыми природно-климатическими условиями, необычным световым режимом, повышенной влажностью воздуха в определенные периоды года, неустойчивой и повышенной геомагнитной напряженностью, повышенным электромагнитным фоном, а также зачастую несбалансированным питанием и слабо развитой инфраструктурой (проблема с жильем и отсутствием нормальных условий для полноценного отдыха). Это приводит к увеличению функциональных нагрузок на организм, снижающих работоспособность, формирует риски нарушений и утраты здоровья [2-5].

Факторы, характерные для условий Крайнего Севера, безусловно, оказывают мощное воздействие на обменные процессы и гормональную регуляцию. У людей, приехавших на Крайний Север, происходит изменение метаболизма, возрастает потребность в белках на 16%, в жирах на 42% и снижается потребность в углеводах на 40% [6], нарушается витаминно-минеральный баланс в организме [7]. У коренного населения Крайнего Севера отмечаются генетически обусловленные паттерны реагирования нейроэндокринной системы на действие факторов Севера. Формирование уникального белково-липидного и углеводного метаболизма у коренного населения Севера обуславливается иным режимом энергообеспечения, необходимым для проживания в условиях Крайнего Севера [8]. На Крайнем Севере, в сравнении со средней полосой, значительно более высокие показатели заболеваемости болезнями сердечно-сосудистой системы органов дыхания костно-мышечной и нервной систем, органов пищеварения, значительно выше распространенность алиментарно-зависимых заболеваний, таких как ожирение, метаболический синдром, сахарный диабет 2 типа [9-11].

У работающих вахтовым методом в Арктической зоне РФ в 5-10 раз выше профессиональная заболеваемость и заболеваемость с временной утратой трудоспособности [12, 13]. Особенности протекания физиологических процессов, характеризующиеся напряженной адаптацией к арктическим условиям, приводящей к изменению процессов обмена, развитию тканевой гипоксии, могут сопровождаться структурными повреждениями различных органов, индуцирующих патологические реакции и различные заболевания [10,14,15], что

обуславливает актуальность проведения дополнительных научных исследований с моделированием факторов среды Крайнего Севера.

Одним из факторов, способствующих профилактике неблагоприятного воздействия климатогеографических условий Арктической зоны, является обеспеченность коренного и пришлого населения полноценным питанием [13].

Сегодня в целом для населения России характерна множественная микронутриентная недостаточность, которая является особенно серьезной проблемой для северных территорий и связана как с особенностями питания, так и усвояемостью витаминов и минералов [16-19]. К дефициту витаминов и минералов в экстремальных условиях особенно восприимчивы люди, деятельность которых связана с высоким уровнем физической нагрузки [20-22]. Поэтому одним из важных направлений в области охраны здоровья населения, проживающего и работающего в условиях Арктической зоны, является обеспечение поступления необходимого количества витаминов и минеральных веществ с пищей, а также восполнение физиологической потребности в белково-липидной компоненте со структурой питания [1, 2, 4, 5].

В решении данной проблемы большое значение имеет разработка функциональных специализированных продуктов, которые за счет обогащения необходимыми для восполнения дефицитных в условиях высоких широт компонентов, позволяют обеспечить нормальное течение большинства физиологических процессов в организме и профилактику заболеваний [23-26]. Для устранения недостатка микронутриентов в экстремальных условиях используют витаминно-минеральные комплексы (ВМК) или специализированные пищевые продукты, содержащие микронутриенты. Доказано, что прием ВМК в течение от 1 до 6 месяцев для витаминов группы В в дозе 200–300% от рекомендуемой нормы потребления (РНП), для витамина D и остальных витаминов в дозе 100%, магния, цинка, йода, железа в дозах до 50% от РНП обеспечивает увеличение концентрации витаминов, способствующей повышению антиоксидантной активности сыворотки крови, улучшению показателей функциональной адаптации и профессиональной работоспособности, а также повышает показатели самооценки здоровья, уменьшает симптомы стресса и тревожности, способствует повышению настроения [16].

Цель исследования – экспериментальное изучение влияния протективных свойств витаминов и минеральных веществ на морфологическое состояние внутренних

органов лабораторных животных в условиях холодового фактора и необычного светового режима (полярный день и полярная ночь).

Материалы и методы. Объектом исследования являются молодые, здоровые, взрослые лабораторные крысы линии Вистар.

Исследования проводили в соответствии с действующими международными правилами Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных целей «Guide for the Care and Use animals» (Страсбург, 1986)¹. Дизайн исследования рассмотрен и одобрен локальным этическим комитетом ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора (протокол № 2 от 16.03.2023).

Животные (n=48) обоего пола, половозрелого возраста – 2 мес. (самки крыс массой $153,1 \pm 1,6$ г (разброс по массе не превышал 10%) и самцы крыс массой $207,2 \pm 3,9$ г (разброс по массе не превышал 10%)) распределены в равном количестве (по 12 особей в каждой: 6 самок - ♀ и 6 самцов - ♂) по 4 группам: 2 группы наблюдения (№1 и №2) и 2 контрольные группы (№3 и №4). Животные двух групп наблюдения (№1 и №2) и одной контрольной группы (№3) содержались под воздействием холодового фактора и необычного светового режима - моделированные условия Арктической зоны РФ (14 дней «полярная ночь» - 22 часа ночь, 2 часа свет, температура в помещении + 4-6 °С; 14 дней «полярный день» - 22 часа - свет, 2 часа - ночь, температура в помещении + 4-6 °С).

Группа наблюдения №1 получала стандартный рацион питания – комбикорм «Дельта Фидс» и дополнительно к нему осуществлялось внутрижелудочное введение витаминно-минерального комплекса (ВМК), содержащего витамины (С, Е, В1, В2, В3, В6, В9, В12, D3, каротин) и минеральные вещества (цинк, железо, йод) в дозе суточной физиологической потребности - 0,015 г/сутки (в пересчете на средний вес человека 60-70 кг) (табл. 1).

Группа наблюдения №1 получала стандартный рацион питания – комбикорм «Дельта Фидс» и дополнительно к нему осуществлялось внутрижелудочное введение витаминно-минерального комплекса (ВМК), содержащего витамины (С, Е, В1, В2, В3, В6, В9, В12, D3, каротин) и минеральные вещества (цинк, железо, йод) в дозе суточной физиологической потребности - 0,015 г/сутки (в пересчете на средний вес человека 60-70 кг) (табл. 1).

¹ Европейская Конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях. Страсбург, 18 марта 1986 года.

Таблица 1. Химический состав исследуемого витаминно-минерального комплекса в пересчете на 100 г продукта (значения, определенные в лабораторных условиях) [27]

Table 1. Chemical composition of the studied vitamin-mineral complex in terms of 100 g of product (values determined in the laboratory) [27]

Показатель	Единицы измерения	Значения
Белки	г	20,6 ($\pm 0,2$)
Жиры	г	4,0 ($\pm 0,5$)
Углеводы	г	55,3
Энергетическая ценность	ккал	339,4
Витамин С	мг	292,5 ($\pm 58,5$)
β -каротин	мг	(256,3 $\pm 0,3$)
Витамин D ₃	мкг	65,8
Витамин Е	мг	38,3
Витамин В ₁	мг	6,0 ($\pm 1,0$)
Витамин В ₂	мг	6,5
Витамин В ₃	мг	70,0 ($\pm 0,14$)
Витамин В ₆	мг	11,0 (± 2)
Витамин В ₉	мг	3,0
Витамин В ₁₂	мкг	6,4 ($\pm 0,3$)
Железо	мг	48,4
Цинк	мг	26,6
Йод	мг	0,24

Расчет суточной физиологической потребности проводился в соответствии с действующими нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах различных групп населения Российской Федерации² с учетом 15% увеличения потребности в энергии и пищевых веществах при адаптации к холодному климату в районах Крайнего Севера.

Исследуемый ВМК растворяли и суспендировали с добавлением воды. Рабочие растворы готовили в соответствии с правилами надлежащей лабораторной практики и контролировали pH растворов при помощи pH-метра.

² МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.)

Группа наблюдения №2 содержалась на стандартном рационе питания и дополнительно к нему получала 10-кратную суточную дозу ВМК (0,15 г/сутки), соответствующую верхнему пределу безопасного потребления йода.

Контрольные группы №3 и №4 получали стандартный рацион питания (6♂+6♀), при этом животные контрольной группы №4 содержались в комфортных условиях (обычный световой режим, температурный режим +22-24°C).

В работе применялись гистологические и патоморфологические методы исследования внутренних органов (сердце, печень, почки, легкие, селезенка). Продолжительность эксперимента составила 28 дней.

На 1-е сутки животных (6♂+6♀) подвергали эвтаназии с последующим патоморфологическим обследованием (осмотр внутренних органов на выявление патологий различных систем органов, наличие новообразований, взвешивание и консервирование внутренних органов, отправление в патоморфологическую лабораторию для изготовления гистологических срезов на стеклах и анализа полученных результатов) – фоновые доклинические исследования.

На 29 сутки животных в каждой группе (6♂+6♀) подвергали эвтаназии с последующим патоморфологическим обследованием (осмотр внутренних органов на выявление патологий различных систем органов, наличие новообразований, взвешивание и консервирование внутренних органов, отправление в патоморфологическую лабораторию для изготовления гистологических срезов на стеклах и анализа полученных результатов).

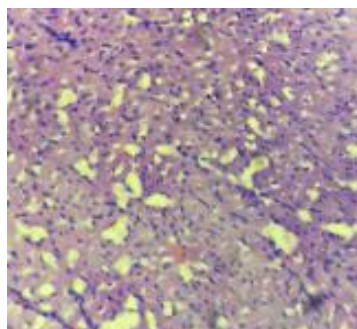
Ткань фиксировали в растворе Буэна (7,5 мл насыщенной пикриновой кислоты, 2,65 мл ледяной уксусной кислоты и 2,5 мл 7% формальдегида), постфиксировали в 70% спирте и заливали в парафиновые блоки. Получали срез ткани (5 мкм), депарафинизировали и окрашивали гематоксилином и эозином [28].

Статистическую обработку материалов проводили по стандартным прикладным программам Statistica 10.0 по результатам полученных препаратов внутренних органов от 48 животных. Нормальность распределения значений показателя патологических изменений в каждой группе оценивалась с применением критерия Колмогорова-Смирнова. Для оценки различий значений показателя патологических изменений между группами использован U-критерий Манна-Уитни. Уровень значимости в исследовании принят при $p < 0,05$.

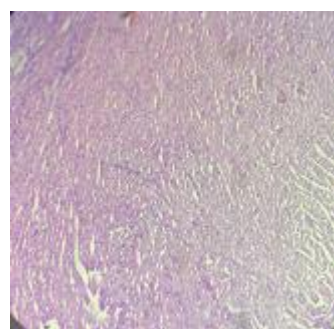
Результаты. В ходе исследования были определены границы вариабельности морфологии внутренних органов у подопытных животных на 28 день воздействия

(1-е³ и 28-е сутки), степень морфологических изменений у животных в зависимости от группы, наличия приема и дозы ВМК, а также продолжительности воздействия холодого фактора и необычного светового режима (28-е сутки) в сравнении с контрольной группой. Морфологический анализ срезов тканей внутренних органов, проведенный в первый день эксперимента, не указывал на наличие в них патологических изменений и считался фоновым.

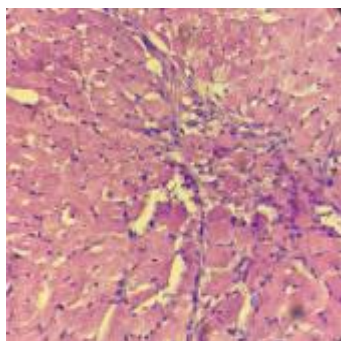
В срезах миокарда в группах наблюдения №1 и №2, содержащихся в условиях холодого фактора и необычного светового режима, но получавших ВМК, отмечалось неравномерное кровенаполнение, мелкоочаговые скопления лимфоцитов, единичные признаки дистрофии кардиомиоцитов. В группе контроля №3 (воздействие холодого фактора и необычного светового режима без приема ВМК) выявлено неравномерное кровенаполнение, в сосудах множественные эритроцитарные тромбы, отек межучной ткани, выраженная дистрофия кардиомиоцитов. В срезе миокарда животных контрольной группы №4 (традиционный рацион и комфортные условия содержания) ткань была умеренно полнокровна, кардиомиоциты расположены плотно, признаков дистрофии кардиомиоцитов не наблюдалось (рис.1).



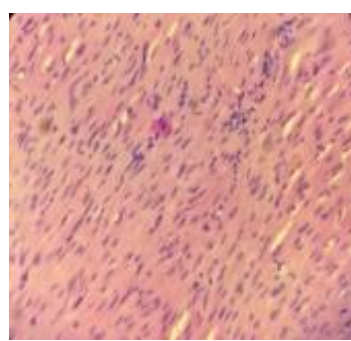
группа наблюдения №1



группа наблюдения №2



контрольная группа №3



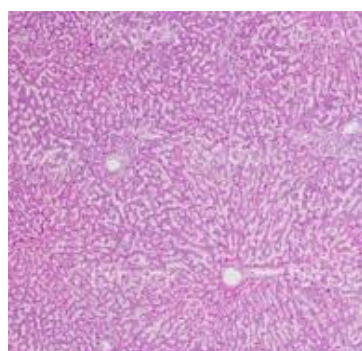
контрольная группа №4

Рис. 1. Срезы миокарда лабораторных животных (на 28 день эксперимента)

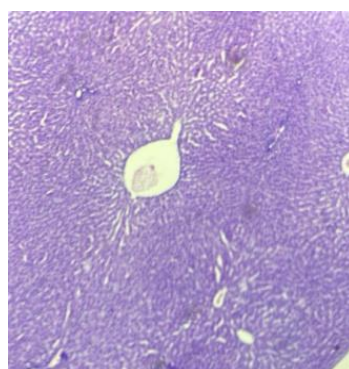
Fig. 1. Sections of myocardium of laboratory animals (day 28 of the experiment)

³ Фоновые морфологические значения на 1 сутки эксперимента до воздействия холодого фактора и необычного светового режима - моделированные условия Арктической зоны РФ

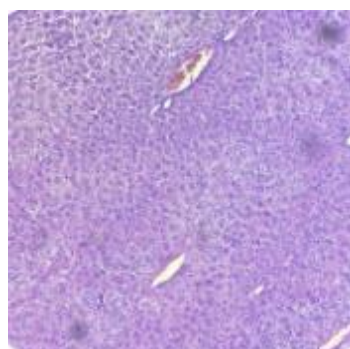
В срезах печени животных групп наблюдения №1 и №2 отмечались структурные изменения, более выраженные в группе №2: признаки полнокровия с тромбозом центральных вен и дистрофии гепатоцитов, выявлены единичные двуядерные гепатоциты. В группе контроля №3 (воздействие холодого фактора и необычного светового режима) выявлено выраженное полнокровие с тромбозом центральных вен и синусоидов, паретическое расширение центральных вен, тотальная дистрофия гепатоцитов. В срезах печени в группе контроля №4 (традиционный рацион и комфортные условия содержания) визуализируется ровная гладкая капсула, сохранено дольчатое строение паренхимы, отмечалась нормальная структура гепатоцитов без признаков дистрофии (рис.2).



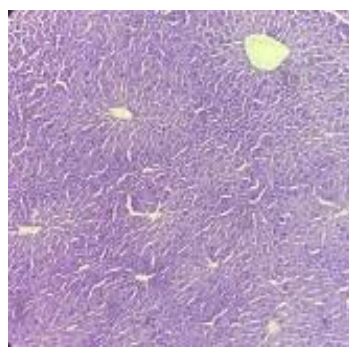
группа наблюдения №1



группа наблюдения №2



контрольная группа №3



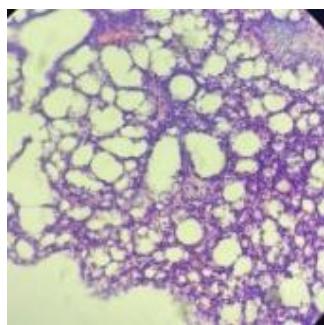
контрольная группа №4

Рис. 2. Срезы печени лабораторных животных (на 28 день эксперимента)

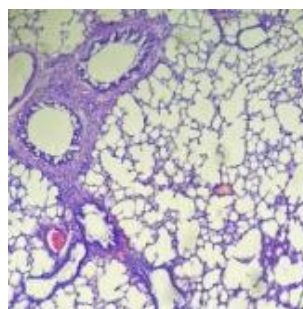
Fig. 2. Sections of the liver of laboratory animals (day 28 of the experiment)

В срезах ткани легких в группах наблюдения №1 и №2 выявлены признаки очаговой лимфоцитарной инфильтрации, отдельные очагово-межальвеолярные утолщения перегородок, участки ателектазов, в сосудах преимущественно белые и смешанные тромбы. В группе контроля №3 (воздействие холодого фактора и необычного светового режима) отмечалось неравномерное кровенаполнение,

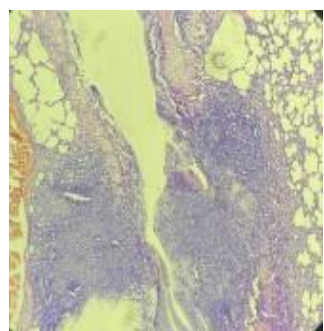
очаговые кровоизлияния, утолщение стенок сосудов с гиалинозом, утолщение межальвеолярных перегородок, полнокровие с очаговой лимфоцитарной инфильтрацией, частичное разрушение стенок бронхов. В срезах ткани легких у животных группы контроля №4 патологических изменений не выявлено (рис.3). Не наблюдается различий в структуре легких между самцами и самками животных.



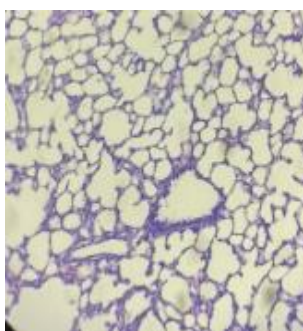
группа наблюдения №1



группа наблюдения №2



контрольная группа №3



контрольная группа №4

Рис. 3. Срезы легких лабораторных животных (на 28 день эксперимента)

Fig. 3. Sections of the lungs of laboratory animals (day 28 of the experiment)

На срезе тканей почек животных групп наблюдения №1 и №2, а также контрольной группы №3 выявлены аналогичные структурные изменения: неравномерное полнокровие, участки кровоизлияний, в сосудах эритроцитарные тромбы, выраженная дистрофия эпителия извитых канальцев с апикальными некрозами. Отмечались участки канальцев с отечным, набухшим эпителием, перекрывающим просвет, выводных протоков с уплощением и атрофией эпителия.

Выявлялись клубочки различных размеров, часть из них с отеком и расширенным мочевым пространством и часть – с полнокровными капиллярами.

В ткани почек контрольной группы №2 (традиционное питание и содержание в комфортных условиях) наблюдалась нормальная гистологическая картина: ткань умеренно полнокровная, структура строения сохранена, сосудистая система почки

представлена артериальной и венозной сетью, а также капиллярной системой, охватывающей стенки нефронов (рис. 4).

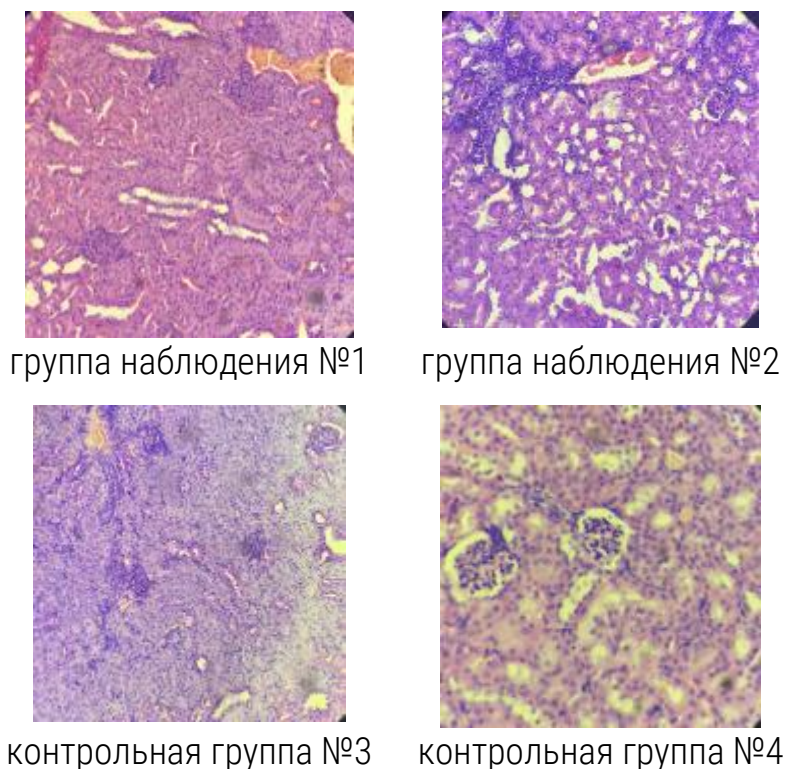


Рис. 4. Срезы ткани почек лабораторных животных (на 28 день эксперимента)

Fig. 4. Sections of kidney tissue from laboratory animals (day 28 of the experiment)

На срезах ткани селезенки испытуемых животных видно, что у особей, содержащихся на фоне действия холодового фактора и необычного светового режима, возникают выраженные морфологические изменения, такие как неравномерное кровенаполнение, участки кровоизлияний, в сосудах эритроцитарные тромбы, неравномерное расположение лимфоидных фолликулов с нечеткими центрами размножения различных размеров, часть из них гиперплазированы.

У животных контрольной группы №4, содержащейся в комфортных условиях, структурных изменений в ткани селезенки не выявлено (рис. 5).

Следует отметить, что при гистологическом исследовании в структуре тканей внутренних органов и выявленных изменениях половых различий не наблюдалось.

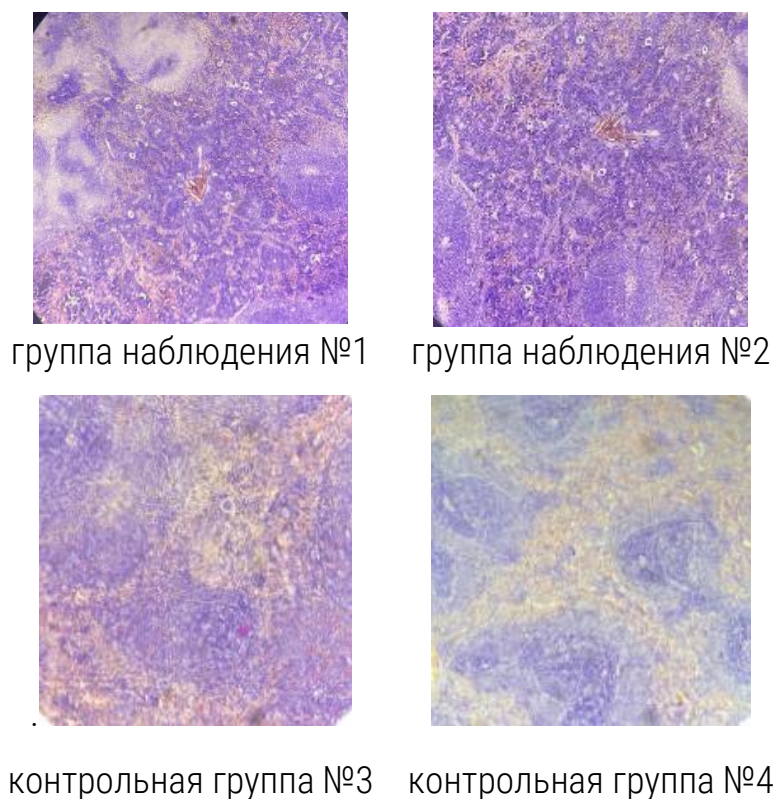


Рис. 5. Срезы ткани селезенки лабораторных животных (на 28 день эксперимента)

Fig. 5. Sections of spleen tissue of laboratory animals (day 28 of the experiment)

Обсуждение. Сравнительный анализ морфологических изменений в тканях исследуемых органов свидетельствует о более выраженных нарушениях структуры изученных тканей у животных (группы наблюдения №№ 1, 2 и контрольная группа № 3), содержащихся в условиях воздействия холодового фактора и необычного светового режима, по сравнению с животными контрольной группы № 4 (комфортные условия содержания).

Изменения в миокарде, связанные с воздействием холода, проявляются преимущественно сосудистыми (нарушение микроциркуляторного русла, эритроцитарные тромбы, отек межучной ткани) и дистрофическими изменениями (дистрофия кардиомиоцитов), что согласуется с имеющимися в литературе данными [29,30].

Наиболее часто встречаемые изменения в печени - полнокровие с тромбозом центральных вен и синусоидов, паретическое расширение центральных вен, дистрофия гепатоцитов, отсутствие двуядерных гепатоцитов - могут являться следствием угнетения регенераторной способности печени, обусловленной влиянием холодового воздействия [31].

Выраженные изменения в легких, характеризующиеся неравномерным кровенаполнением, очаговыми кровоизлияниями, утолщением стенок сосудов с гиалинозом, утолщением межальвеолярных перегородок, полнокровием с очаговой лимфоцитарной инфильтрацией, также совпадают с имеющимися в литературе данными [32]. Более выраженные изменения у животных, подвергавшихся воздействию холода и необычного светового режима по сравнению с животными, находившимися в комфортных условиях, в структуре почек (неравномерное кровенаполнение и наличие тромбов в сосудах артериального русла, очаговая лимфоцитарная инфильтрация стромы, дистрофия эпителия извитых канальцев с апикальными повреждениями эпителия) и селезенки (неравномерное кровенаполнение и эритроцитарные тромбы в сосудах, гиперплазия лимфоидной ткани) также находят подтверждение в исследованиях других авторов [33, 34].

Сравнительный анализ срезов тканей внутренних органов (миокарда, печени, легких, почек, селезенки) у крыс, содержащихся в условиях действия холодого фактора и необычного светового режима, получавших с рационом ВМК, содержащий в своем составе витамины А, D, В₁, В₂, В₃, В₆, В₁₂ и С и минеральные вещества – Zn, Fe, I, Se (группы наблюдения № 1 и № 2), и контрольной группы № 3 (находившихся в аналогичных условиях содержания, но не получавших ВМК) показал, что в группах наблюдения морфологические изменения в структуре миокарда, печени и легких были менее выражены, по сравнению с контрольной группой. Они характеризовались более умеренными сосудистыми изменениями, меньшей степенью дистрофических изменений клеток изучаемых органов, в частности кардиомиоцитов и гепатоцитов. Кроме того, появление единичных двуядерных гепатоцитов наиболее вероятно может свидетельствовать о проходящих регенераторных процессах в печени и активизации процесса адаптации к экстремальным условиям содержания, улучшению коррекции иммунного ответа за счет активизации клеточного иммунитета [35-37]. Образование двуядерных гепатоцитов из одноядерных в процессе репаративной регенерации на фоне действия холода и пищи, обогащенной витаминно-минеральными веществами, может рассматриваться как резерв полиплоидизации, что свидетельствует о протективном действии применяемого ВМК на морфологическое состояние органов и активизации адаптационных возможностей организма при его применении. Причем большая защита внутренних органов у крыс в модельных условиях Арктической зоны

обеспечивалась во 2-й опытной группе, по сравнению с 1-й опытной группой и контрольной группой №3.

Результаты, полученные с использованием модельных организмов в условиях имитации Арктической зоны по морфофункциональным изменениям клеточного и органного состава и другим реакциям, помогают понять, что для сохранности здоровья работающих вахтовым методом в условиях Арктической зоны необходимо обеспечение населения северных территорий доброкачественными продуктами питания с дополнительным обогащением ВМК.

Заключение. В результате экспериментального исследования получен положительный биологический эффект воздействия приема витаминно-минерального комплекса, содержащего в составе витамины А, С, Е, В₁, В₂, В₃, В₆, В₉, В₁₂, D₃, каротин и минеральные вещества (цинк, железо, йод, селен), на морфологическую структуру органов исследуемых животных, содержащихся в условиях влияния пониженных температур воздуха и необычного светового режима, заключающийся в менее выраженных изменениях в изучаемых органах. Включение в рацион работающих вахтовым методом в условиях Севера многокомпонентного функционального продукта, сбалансированного по содержанию витаминов и микроэлементов, позволит обеспечить восполнение физиологической потребности в данных веществах, а значит, будет способствовать сохранению здоровья трудового потенциала Арктики и увеличению сроков активного трудового долголетия.

Список литературы:

1. Истомина А.В., Федина И.Н., Шкурихина С.В., Кутакова Н.С. Питание и север: гигиенические проблемы арктической зоны России (обзор литературы). Гигиена и санитария. 2018; 97(6): 557-563. <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-6-557-563>.
2. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Медико-физиологические проблемы в Арктике. Известия Коми научного центра УрО РАН. 2017; 32(4): 33-40.
3. Kleyн S.V., Zemlyanova M.A., Koldibekova Yu.V., Glukhikh M.V. Climatic and chemical health risk factors for people living in Arctic and sub-Arctic regions: population and sub-population levels. Health Risk Analysis. 2022; 3: 39–52. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.03.eng
4. Никифорова Н.А., Карапетян Т.А., Доршакова Н.В. Особенности питания жителей Севера (обзор литературы). Экология человека. 2018; 11: 20-25. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-11-20-25>
5. Корчин В.И., Корчина Т.Я., Терникова Е.М., Бикбулатова Л.Н., Лапенко В.В. Влияние климатогеографических факторов Ямало-Ненецкого автономного округа на здоровье населения (обзор). Журнал медико-биологических исследований. 2021; 9(1): 77-88. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z046>
6. Беркетова Л.В., Короткова Д. Необычные блюда народов Севера. Бюллетень науки и практики. 2021;7(2): 227-236. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/63/22>

7. Малявская С.И., Лебедев А.В., Кострова Г.Н., Торшин, И.Ю., Громова, О.А. Взаимосвязь патогенетических факторов метаболического и циркуляторного синдромов у молодежи Арктики. Экология человека. 2021; 2: 47-56. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2021-2-47-56>
8. Нагорнев С. Н., Бобровницкий И.П., Юдин С.М., Худов В.В., Яковлев М.Ю. Влияние климатогеографических факторов Арктики на здоровье человека: метаболические и патофизиологические аспекты. Russian journal of rehabilitation medicine. 2019; 2: 4-30
9. Гакова Е.И., Гакова А.А., Бессонова М.И., Каюмова М.М., Акимов А.М., Петелина Т.И. Основные факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний у мужчин, работающих вахтовым методом на Крайнем Севере. Профилактическая медицина. 2022; 25(11): 61–67. <https://doi.org/10.17116/profmed20222511161>
10. Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Балакаева А.В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения арктического региона: обзор литературы. Экология человека. 2020; 4: 48-55.
11. Терещенко П.С., Петров В.Н. Вероятная причина заболеваемости населения проживающего в районах Арктики. Труды Кольского научного центра РАН. 2018; 9(2-13): 145-150. DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2018.9.2.145-150
12. Сюрин С.А., Полякова Е.М. К вопросу о профессиональной полиморбидности (на примере российской Арктики). Медицина труда и промышленная экология. 2022; 62(7): 459–465. DOI: 10.31089/1026-9428-2022-62-7-459-465
13. Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Санников М.В. Комплексная оценка состояния здоровья и профилактика заболеваемости спасателей МЧС России, работающих в неблагоприятных условиях Арктики. СПб: Измайловский, 2022.
14. Заднипрный И.В., Сатаева Т.П., Третьякова О.С. Патоморфологические изменения миокарда крыс при воздействии гипобарической холодовой гипоксии. Оперативная хирургия и клиническая анатомия. 2019; 3(2): 13–18 DOI: 10.17116/operhirurg2019302113
15. Волкова М.В., Бирюков С.А. Методические аспекты разработки и доклинических исследований лекарственных препаратов в интересах арктической медицины. Медицина экстремальных ситуаций. 2023; 1: 12-20 DOI: 10.47183/mes.2023.004
16. Коденцова В.М., Жилинская Н.В., Салагай О.О., Тутельян В.А. Специализированные витаминно-минеральные комплексы для лиц, находящихся в экстремальных условиях. Вопросы питания. 2022; 91(6): 6–16. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-6-6-16>.
17. Баранов И.В., Майдан В.А. Физиолого-гигиеническое обоснование основных медико-биологических требований к питанию населения в Арктической зоне. Гигиена питания в XXI веке: достижения и перспективы: Всероссийской конференция. Санкт-Петербург, 2023: 38-42.
18. Кострова Г.Н., Малявская С.И., Лебедев А.В. Обеспеченность витамином D жителей г. Архангельска в разные сезоны года. Журнал медико-биологических исследований. 2022; 10(1): 5-14. DOI: 10.37482/2687-1491-Z085
19. Потолицына Н.Н., Бойко Е.Р. Обеспеченность витаминами В1 и В2 организма коренных северян, ведущих полукочевой и оседлый образ жизни. Журнал медико-биологических исследований. 2021; 3: 295-304. DOI: 10.37482/2687-1491-Z067
20. Артиков Д. Гиповитаминозы у военнослужащих. Общество и инновации. 2021; 3: 304-312.
21. Коденцова В.М., Жилинская Н.В., Шпигель Б.И. Витаминология: от молекулярных аспектов к технологиям витаминизации детского и взрослого населения. Вопросы питания. 2020; 89(4): 89–99. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10045>
22. Майдан В.А., Кузнецов С.М., Лизунов В.Ю. Гигиеническое обоснование адаптации работников к условиям Крайнего Севера. Известия Российской военно-медицинской академии. 2020; 39(S3-3):113-116.

23. Белина С.А. Моделирование комплексной пищевой добавки из арктического растительного сырья, обладающей антиоксидантным и иммунокорректирующим свойствами: Ползуновский вестник. 2023; 3: 41-46. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.005>
24. Whiting S.J., Calvo M.S. Vitamin D Fortification and Supplementation Policies to Correct Vitamin D Insufficiency/Deficiency Globally. *Vitamin D*. - Academic Press 2018; 2(62): 91–108. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809963-6.00062-6>
25. Pakseresht M., Kolahdooz F., Gittelsohn J. Improving vitamin, A and D intake among Inuit and Inuvialuit in Arctic Canada: evidence from the Healthy Foods North study. *J Epidemiol Community Health*. 2015; (69): 453-459. <https://doi.org/10.1136/jech-2014-204623>
26. Новикова, И.И., Романенко, С.П., Семенихина, М.В., Дегтева, Г.Н., Кругляков, П.В. Подходы в обеспечении работников Арктической зоны необходимым количеством витаминов и минеральных веществ. *Нутрициология и диетология для здоровьесбережения населения России: XVIII Всероссийский конгресс*. Москва, 2023: 13, 181.
27. Новикова И.И., Романенко С.П., Семенихина М.В. Кругляков П.В., Дегтева Г.Н., Рождественская Л.Н., и др. Оценка включения витаминно-минерального комплекса в рацион организационного питания работающих в условиях Арктической зоны. *Российская Арктика*. 2023; 5(3): 40-47 <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-3-40-47>
28. Karimi H., Asghari A., Jahandideh A., Akbari G., Mortazavi P. Effects of Metformin on Experimental Varicocele in Rats. *Archives of Razi Institute*. 2021; 76(2): 371-384. <https://doi.org/10.22092/ari.2020.128136.1406>
29. Бабкина А.В., Долгатов А.Ю., Лепилов А.В., Бобров И.П., Корсиков Н.А., Казарцев А.В., и др. Особенности морфофункциональных изменений миокарда в условиях гипотермического повреждения. *Современные проблемы науки и образования*. 2022; 2: 139. <https://doi.org/10.17513/spno.31504>
30. Бобров И.П., Лепилов А.В., Крючкова Н.Г., Долгатов А.Ю., Гулдаева З.Н., Орлова О.В., и др. Морфофункциональная характеристика ядер гепатоцитов печени крыс после воздействия гипотермии. *Современные проблемы науки и образования*. 2019; 6: 151.
31. Николаева Н.И., Ракитский В.Н., Филин А.С. Экспериментальные исследования сочетанного действия многокомпонентного химического аэрозоля и низкой температуры. *Токсикологический вестник*. 2019; 1(154): 34-38. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2019-1-34-38>
32. Алябьев Ф.В., Арбыкин Ю.А., Серебров Т.В., Яушев Т.Р., Вогнерубов Р.Н., Мельникова С.Ю., и др. Морфофункциональные изменения внутренних органов и некоторых биохимических показателей в динамике общего переохлаждения организма. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2014; 29(2):71-74.
33. Арбыкин Ю.А., Алябьев Ф.В., Янковский В.Э., Агеева Т.А., Полякевич А.С. Динамика ультраструктурных изменений почек при общем переохлаждении организма. *Сибирский медицинский журнал* 2015; 3: 65-68.
34. Бобров И.П., Лепилов А.В., Долгатов А.Ю., Корсиков Н.А., Гулдаева З.Н., Крючкова Н.Г., и др. Тучные клетки миокарда при воздействии гипотермии. *Современные проблемы науки и образования*. 2021; 5: 97. <https://doi.org/10.17513/spno.31160>
35. Корсиков Н.А., Лепилов А.В., Бобров И.П., Долгатов А.Ю., Долгатова Е.С., Бабкина А.В. и др. Некоторые особенности структурно-морфологической реорганизации миокарда крыс при однократной глубокой гипотермии в эксперименте. *Современные проблемы науки и образования*. 2022; 4: 133-133. <https://doi.org/10.17513/spno.31999>
36. Крючкова Н.Г., Бобров И.П., Лепилов А.В., Долгатов А.Ю., Гулдаева З.Н., Орлова О.В. и др. Исследование плоидности ядер клеток печени белых крыс при воздействии экспериментальной гипотермии в зависимости от среды охлаждения. *Судебная медицина*. 2019; S1: 69-71.

37. Головнева Е.С., Онищенко Н.А., Кравченко Т.Г., Ревель–Муроз Ж.А., Гиниатуллин Р.У., Еловских И.В. и др. Особенности репаративных процессов в печени после лазерного воздействия на зоны локализации костного мозга. Уральский медицинский журнал. 2018; 2(157): 128-131

References:

1. Istomin A.V., Fedina I.N., Shkurikhina S.V., Kutakova N.S. Nutrition and the North: hygienic problems of the Russian Arctic zone (literature review). *Gigiyena i sanitariya*. 2018; 97(6): 557-563. <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-6-557-563>. (In Russ.)
2. Solonin Yu.G., Boyko E.R. Medical and physiological problems in the Arctic. *News of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2017; 32(4): 33-40. (In Russ.)
3. Kleyn S.V., Zemlyanova M.A., Koldibekova Yu.V., Glukhikh M.V. Climatic and chemical health risk factors for people living in Arctic and sub-Arctic regions: population and sub-population levels. *Health Risk Analysis*. 2022; 3: 39–52. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.03.eng
4. Nikiforova N.A., Karapetyan T.A., Dorshakova N.V. Peculiarities of nutrition of residents of the North (literature review). *Ekologiya cheloveka*. 2018; 11: 20-25. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-11-20-25> (In Russ.)
5. Korchin V.I., Korchina T.Ya., Ternikova E.M., Bikbulatova L.N., Lapenko V.V. The influence of climatic and geographical factors of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug on the health of the population (review). *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*. 2021; 9(1): 77-88. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z046> (In Russ.)
6. Berketova L.V., Korotkova D. Unusual dishes of the peoples of the North. *Byulleten' nauki i praktiki*. 2021; 7(2): 227-236. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/63/22> (In Russ.)
7. Malyavskaya S.I., Lebedev A.V., Kostrova G.N., Torshin, I.Yu., Gromova, O.A. The relationship between pathogenetic factors of metabolic and circulatory syndromes in Arctic youth. *Ekologiya cheloveka*. 2021; 2: 47-56. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2021-2-47-56> (In Russ.)
8. Nagornev S.N., Bobrovniksky I.P., Yudin S.M., Khudov V.V., Yakovlev M.Yu. The influence of climatic and geographical factors of the Arctic on human health: metabolic and pathophysiological aspects *Russian journal of rehabilitation medicine*. 2019; 2: 4-30 (In Russ.)
9. Gakova E.I., Gakova A.A., Bessonova M.I., Kayumova M.M., Akimov A.M., Petelina T.I. The main risk factors for the development of cardiovascular diseases in men working on a rotational basis in the Far North. *Profilakticheskaya medicina*. 2022; 25(11): 61–67. <https://doi.org/10.17116/profmed2022251161> (In Russ.)
10. Saltykova M.M., Bobrovniksky I.P., Balakaeva A.V. The influence of atmospheric air pollution on the health of the population of the Arctic region: a review of the literature. *Ekologiya cheloveka*. 2020; 4: 48-55 (In Russ.)
11. Tereshchenko P.S., Petrov V.N. A probable cause of morbidity among the population living in the Arctic regions. *Trudy` Kol'skogo nauchnogo centra RAN*. 2018; 9(2-13): 145-150. DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2018.9.2.145-150 (In Russ.)
12. Syurin S.A., Polyakova E.M. On the issue of professional polymorbidity (using the example of the Russian Arctic). *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2022; 62(7): 459–465. DOI: 10.31089/1026-9428-2022-62-7-459-465 (In Russ.)
13. Aleksanin S. S., Rybnikov V. Yu., Sannikov M. V. Comprehensive assessment of the health status and morbidity prevention of rescuers of the Russian Ministry of Emergency Situations working in unfavorable conditions of the Arctic. St. Petersburg: Izmailovsky, 2022. (In Russ.)
14. Zadnipyany I.V., Sataeva T.P., Tretyakova O.S. Pathomorphological changes in the myocardium of rats under the influence of hypobaric cold hypoxia. *Operativnaya hirurgiya i klinicheskaya anatomiya*. 2019; 3(2): 13–18 DOI: 10.17116/operhirurg2019302113 (In Russ.)

15. Volkova M.V., Biryukov S.A. Methodological aspects of the development and preclinical studies of drugs in the interests of Arctic medicine. *Medicina ekstremal'nyh situacij*. 2023; 1: 12-20 DOI: 10.47183/mes.2023.004 (In Russ.)
16. Kodentsova V.M., Zhilinskaya N.V., Salagai O.O., Tutelyan V.A. Specialized vitamin and mineral complexes for people in extreme conditions. *Voprosy pitaniya*. 2022;91(6):6-16. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-6-6-16>. (In Russ.)
17. Baranov I.V., Maidan V.A. Physiological and hygienic justification for the basic medical and biological requirements for nutrition of the population in the Arctic zone. *Food hygiene in the 21st century: achievements and prospects: All-Russian Conference*. St. Petersburg, 2023: 38-42. (In Russ.)
18. Kostrova G.N., Malyavskaya S.I., Lebedev A.V. Vitamin D provision of residents of Arkhangelsk in different seasons of the year. *ZHurnal mediko-biologicheskikh issledovanij*. 2022; 10(1): 5-14. DOI: 10.37482/2687-1491-Z085. (In Russ.)
19. Potolitsyna N.N., Boyko E.R. Provision of vitamins B1 and B2 in the body of indigenous northerners leading a semi-nomadic and sedentary lifestyle. *ZHurnal mediko-biologicheskikh issledovanij*. 2021; 3: 295-304. DOI: 10.37482/2687-1491-Z067. (In Russ.)
20. Artikov D. Hypovitaminosis in military personnel. *Obshchestvo i innovacii*. 2021; 3: 304-312. (In Russ.)
21. Kodentsova V.M., Zhilinskaya N.V., Shpigel B.I. Vitaminology: from molecular aspects to technologies for fortification of children and adults. *Voprosy pitaniya*. 2020; 89(4): 89-99. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10045> (In Russ.)
22. Maidan V.A., Kuznetsov S.M., Lizunov V.Yu. Hygienic justification for the adaptation of workers to the conditions of the Far North. *Izvestiya Rossiyskoy voyenno-meditsinskoy akademii*. 2020; 39(S3-3): 113-116. (In Russ.)
23. Belina S.A. Modeling of a complex food additive from Arctic plant materials with antioxidant and immunocorrective properties. *Polzunovskiy vestnik*. 2023; 3: 41-46. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.005> (In Russ.)
24. Whiting S.J., Calvo M.S. Vitamin D Fortification and Supplementation Policies to Correct Vitamin D Insufficiency/Deficiency Globally. *Vitamin D. - Academic Press* 2018;2(62):91-108. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809963-6.00062-6>
25. Pakseresht M., Kolahdooz F., Gittelsohn J. Improving vitamin, A and D intake among Inuit and Inuvialuit in Arctic Canada: evidence from the Healthy Foods North study. *J Epidemiol Community Health*. 2015 (69): 453-459. <https://doi.org/10.1136/jech-2014-204623>
26. Novikova, I.I., Romanenko, S.P., Semenikhina, M.V., Degteva, G.N., Kruglyakov, P.V. Approaches to providing workers in the Arctic zone with the necessary amount of vitamins and minerals. *Nutritionology and dietology for the health of the Russian population: XVIII All-Russian Congress*. Moscow, 2023: 13, 181. (In Russ.)
27. Novikova I.I., Romanenko S.P., Semenikhina M.V. Kruglyakov P.V., Degteva G.N., Rozhdestvenskaya L.N., et al. Assessment of the inclusion of a vitamin-mineral complex in the organizational nutrition diet of workers in the Arctic zone. *Rossiyskaya Arktika*. 2023; 5(3): 40-47 <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-3-40-47> (In Russ.)
28. Karimi H., Asghari A., Jahandideh A., Akbari G., Mortazavi P. Effects of Metformin on Experimental Varicocele in Rats. *Archives of Razi Institute*. 2021; 76(2): 371-384. <https://doi.org/10.22092/ari.2020.128136.1406>
29. Babkina A.V., Dolgatov A.Yu., Lepilov A.V., Bobrov I.P., Korsikov N.A., Kazartsev A.V., et al. Features of morphofunctional changes in the myocardium under conditions of hypothermic damage. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2022; 2: 139. <https://doi.org/10.17513/spno.31504> (In Russ.)

30. Bobrov I.P., Lepilov A.V., Kryuchkova N.G., Dolgatov A.Yu., Guldaeva Z.N., Orlova O.V., et al. Morphofunctional characteristics of rat liver hepatocyte nuclei after exposure to hypothermia. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2019; 6: 151. (In Russ.)
31. Nikolaeva N.I., Rakitsky V.N., Filin A.S. Experimental studies of the combined action of a multicomponent chemical aerosol and low temperature. *Toksikologicheskiy vestnik*. 2019; 1(154): 34-38. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2019-1-34-38> (In Russ.)
32. Alyabyev F.V., Arbykin Yu.A., Serebrov T.V., Yaushev T.R., Vognerubov R.N., Melnikova S.Yu., et al. Morphofunctional changes in internal organs and some biochemical parameters in dynamics of general hypothermia of the body. *Sibirskiy zhurnal klinicheskoy i eksperimental'noy meditsiny*. 2014; 29(2):71-74. (In Russ.)
33. Arbykin Yu.A., Alyabyev F.V., Yankovsky V.E., Ageeva T.A., Polyakevich A.S. Dynamics of ultrastructural changes in the kidneys during general hypothermia of the body. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*. 2015; 3: 65-68. (In Russ.)
34. Bobrov I.P., Lepilov A.V., Dolgatov A.Yu., Korsikov N.A., Guldaeva Z.N., Kryuchkova N.G., et al. Myocardial mast cells exposed to hypothermia. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2021; 5: 97. <https://doi.org/10.17513/spno.31160> (In Russ.)
35. Korsikov N.A., Lepilov A.V., Bobrov I.P., Dolgatov A.Yu., Dolgatova E.S., Babkina A.V., et al. Some features of the structural and morphological reorganization of the myocardium of rats with a single deep hypothermia in the experiment. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2022; 4: 133-133. <https://doi.org/10.17513/spno.31999> (In Russ.)
36. Kryuchkova N.G., Bobrov I.P., Lepilov A.V., Dolgatov A.Yu., Guldaeva Z.N., Orlova O.V. et al. Study of the ploidy of liver cell nuclei in white rats exposed to experimental hypothermia depending on the cooling environment. *Sudebnaya meditsina*. 2019; S1: 69-71. (In Russ.)
37. Golovneva E.S., Onishchenko N.A., Kravchenko T.G., Revel-Muroz Zh.A., Giniatullin R.U., Elovskikh I.V., et al. Features of reparative processes in the liver after laser effects on areas of bone marrow localization. *Ural'skiy meditsinskiy zhurnal*. 2018;02(157):128-131. (In Russ.)

Поступила/Received: 07.02.2024

Принята в печать/Accepted: 13.08.2024