

О. А. Савченко^{1✉}, Н. Ф. Чуенко¹, М. В. Рева¹, А. Ю. Луговская²

Оценка влияния условий Арктической зоны, антиоксидантов и рациона питания в эксперименте на лабораторных животных

¹ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора,
г. Новосибирск, Российская Федерация

²Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: Savchenkooa1969@mail.ru

Аннотация. Сохранение здоровья и работоспособности лиц, трудящихся вахтовым методом в Арктической зоне, в условиях воздействия экстремальных климатогеографических факторов (низких температур, необычного фотопериодизма), остается актуальной гигиенической проблемой. Целью исследования явилась оценка влияния моделированных арктических условий на организм лабораторных животных и протективных эффектов рациона питания, обогащенного витаминами и минеральными веществами. В 28-суточном эксперименте на крысах линии «Вистар» моделировались условия «полярной ночи» и «полярного дня» при температуре +4...+6°C. Изучались поведенческие реакции, биохимические, гематологические показатели и морфология органов. Установлено, что комплексное воздействие холодового стресса и фотопериодических нарушений приводит к значительным негативным изменениям: развитию тревожности и когнитивных нарушений, индукции окислительного стресса, дислипидемии, инсулинорезистентности, гиперурикемии, нарушению функции печени и почек, дистрофическим изменениям в миокарде. Введение в рацион специализированного продукта («Концентрат «Арктик ТРОФИ»), содержащего сбалансированный комплекс витаминов и микроэлементов, продемонстрировало выраженный стресс-протективный и антиоксидантный эффекты. Отмечалось улучшение поведенческих показателей, нормализация лейкопоза, снижение уровня кортизола и глюкозы, улучшение липидного профиля и функциональных проб печени, уменьшение выраженности морфологических повреждений органов. Полученные данные обосновывают необходимость обогащения рациона питания работников Арктики антиоксидантами и эссенциальными нутриентами для коррекции алиментарно-зависимых состояний и профилактики профессиональных рисков.

Ключевые слова: Арктическая зона, холодовой стресс, фотопериодизм, лабораторные животные, витамины, минеральные вещества, антиоксиданты, окислительный стресс, протективное питание

O. A. Savchenko^{1✉}, N. F. Chuenko¹, M.V. Reva¹, A.Y. Lugovskaya²

Evaluation of the influence of Arctic zone conditions, antioxidants and diet in an experiment on laboratory animals

¹Federal Budgetary Institution “Novosibirsk Research Institute of Hygiene” of Rospotrebnadzor,
Novosibirsk, Russian Federation

²Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: Savchenkooa1969@mail.ru

Abstract. Maintaining the health and working capacity of shift workers in the Arctic zone under the influence of extreme climatic and geographical factors (low temperatures, unusual photoperiodism)

remains an urgent hygienic problem. The aim of the study was to assess the impact of simulated Arctic conditions on the body of laboratory animals and the protective effects of a diet enriched with vitamins and minerals. In a 28-day experiment on Wistar rats, conditions of "polar night" and "polar day" were modeled at a temperature of +4...+6°C. Behavioral reactions, biochemical, hematological parameters and organ morphology were studied. It has been established that the combined effect of cold stress and photoperiodic disorders leads to significant negative changes: the development of anxiety and cognitive impairments, induction of oxidative stress, dyslipidemia, insulin resistance, hyperuricemia, impaired liver and kidney function, dystrophic changes in the myocardium. The introduction of a specialized product ("Arctic TROPHY Concentrate") containing a balanced complex of vitamins and microelements into the diet demonstrated a pronounced stress-protective and antioxidant effect. There was an improvement in behavioral indicators, normalization of leukopoiesis, a decrease in cortisol and glucose levels, improvement of the lipid profile and liver function tests, and a decrease in the severity of morphological organ damage. The obtained data substantiate the need to enrich the diet of Arctic workers with antioxidants and essential nutrients to correct nutrition-dependent conditions and prevent occupational risks.

Keywords: Arctic zone, cold stress, photoperiodism, laboratory animals, vitamins, minerals, antioxidants, oxidative stress, protective nutrition

Введение

Освоение Арктической зоны Российской Федерации сопряжено с работой значительного контингента лиц вахтовым методом в условиях воздействия комплекса экстремальных факторов. Помимо низких температур, ключевое негативное влияние оказывает нарушение циркадных ритмов, обусловленное явлениями «полярного дня» и «полярной ночи» [1]. Данные факторы индуцируют развитие холодового и светового десинхроноза, что приводит к глубоким метаболическим, нейроэндокринным и поведенческим нарушениям, снижению иммунной резистентности и формированию «северного» гипо- и авитаминоза [2, 3]. Особую роль в патогенезе данных состояний играет индукция окислительного стресса с истощением запасов эндогенных антиоксидантов [4]. В этой связи разработка и научное обоснование специализированных рационов питания, сбалансированных по витаминно-минеральному составу и обладающих антиоксидантной активностью, является актуальной задачей гигиены питания и профилактической медицины [5, 6].

Целью исследования явилась комплексная оценка влияния моделированных условий Арктики на организм лабораторных животных и изучение протективных эффектов диеты, обогащенной витаминами и минеральными веществами.

Методы и материалы

Аналитические, токсикологические, гигиенические и статистические методы исследования. Объектом исследования явились результаты оригинальных исследований по изучению влияния диоксида углерода на организм человека, поиск возможных путей нормирования содержания диоксида углерода в окружающей среде, для снижения его воздействия на организм человека.

Результаты

Поведенческие реакции: у крыс группы К1 в условиях «полярного дня» отмечалось резкое снижение ориентировочно-исследовательской и двигательной

активности на фоне роста тревожности, что коррелировало с максимальным снижением уровня мелатонина. В группах Э1 и Э2, особенно в Э2, данные нарушения были выражены значительно меньше.

Гематологические и биохимические показатели:

Лейкопоз: в условиях «полярной ночи» в группе К1 развивалась выраженная лейкопения ($9,3 [6,6; 12,4] \times 10^9/\text{л}$), тогда как в группах Э1 и Э2 показатели сохранялись в пределах нормы. В «полярный день» лейкопения отмечалась во всех опытных группах, но была менее выражена в Э2.

Система стресса и метаболизм: в группе К1 в «полярный день» зафиксирован пик уровня кортизола ($8,8 [8,1; 9,46]$ нг/мл) и развивалась выраженная гипергликемия ($14,6 [14,4; 16,2]$ ммоль/л), свидетельствующая об инсулинорезистентности. В группах Э1 и Э2 уровни кортизола и глюкозы были достоверно ниже, приближаясь к показателям группы К2.

Липидный обмен и функция печени: на фоне стресса у животных группы К1 отмечалась гипополипидемия и тенденция к повышению активности АЛАТ и АСАТ. Прием витаминного комплекса (Э2) способствовал нормализации уровня холестерина ($1,63 [1,39; 1,79]$ ммоль/л против $1,57 [1,16; 1,67]$ в К1) и значимому снижению активности АЛАТ.

Показатели азотистого обмена: во всех группах в арктических условиях отмечено повышение уровня мочевины и мочевой кислоты, максимальное – в группе К1.

Морфологические изменения. Гистологическое исследование выявило наиболее тяжелые поражения в группе К1: дистрофия и некроз гепатоцитов, эритроцитарные тромбы в сосудах миокарда и почек, дистрофия кардиомиоцитов и эпителия канальцев почек. В группах Э1 и Э2 повреждения были менее выражены. В печени животных группы Э2 отмечалось появление двуядерных гепатоцитов, что свидетельствует о запуске репаративных процессов.

Анализ мочи. У крыс группы К1 наблюдалась значительная лейкоцитурия, эритроцитурия и протеинурия. В группах, получавших витаминный комплекс (особенно Э2), эти показатели были существенно ниже.

Обсуждение

Проведенный эксперимент наглядно демонстрирует, что сочетанное воздействие хронического холодового стресса и фотопериодических нарушений, моделирующих условия Арктики, является мощным патогенетическим фактором, приводящим к полисистемным сбоям в организме лабораторных животных. Полученные данные согласуются с результатами исследований, указывающими на высокую распространенность метаболических, сердечно-сосудистых и иммунных нарушений у жителей арктических регионов [1, 7, 8].

Ключевым звеном выявленных нарушений является индукция окислительного стресса и дисфункция митохондрий, ведущая к энергетическому дефициту и повреждению клеток по механизмам апоптоза и ферроптоза [4]. Это подтверждается биохимическими (гипергликемия, гиперурикемия) и морфологическими (дистрофия паренхиматозных органов) маркерами.

Введение в рацион специализированного продукта, обогащенного витаминами (С, Е, группы В) и минералами (Zn, Fe, I), продемонстрировало комплексный протективный эффект. Наблюдалось снижение активности гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы (снижение кортизола), улучшение чувствительности к инсулину, нормализация липидного профиля и функциональных проб печени. Антиоксидантные компоненты рациона способствовали снижению интенсивности перекисного окисления липидов, что проявилось в уменьшении цитолиза гепатоцитов и улучшении гистологической картины органов. Положительная динамика в показателях мочи указывает на нефропротективное действие. Данные результаты коррелируют с выводами других исследований о важности коррекции микронутриентного статуса для адаптации к условиям Севера [5, 6, 9].

Особого внимания заслуживает выявленное влияние фотопериодизма. Более тяжелые нарушения в условиях «полярного дня» связаны, вероятно, с подавлением синтеза мелатонина – ключевого хронобиотика и эндогенного антиоксиданта [4]. Это обосновывает перспективность дополнительного применения мелатонина или его агонистов в схемах профилактики для работников Арктики в летний период.

Заключение

Экспериментально подтверждено, что длительное пребывание в условиях, моделирующих арктические (низкая температура +4...+6°C, режимы «полярной ночи» и «полярного дня»), вызывает у лабораторных животных комплекс тяжелых патофизиологических изменений: поведенческие расстройства, активацию системного стресса, развитие инсулинорезистентности, дислипидемии, нарушение функции печени и почек на фоне индукции окислительного стресса.

Рацион питания, обогащенный сбалансированным комплексом витаминов и минеральных веществ («Концентрат «Арктик ТРОФИ»), обладает выраженным стресс-протективным, антиоксидантным и органопротективным действием, существенно нивелируя негативные эффекты арктических условий.

Полученные данные служат научным обоснованием для обязательной коррекции рациона питания работников вахтового метода в Арктической зоне путем включения специализированных продуктов, покрывающих повышенную физиологическую потребность в витаминах-антиоксидантах (С, Е), витаминах группы В и эссенциальных микроэлементах (Zn, Fe, I).

Для усиления защиты в условиях «полярного дня» целесообразно рассмотреть возможность дополнительного применения мелатонина. Внедрение регулярного мониторинга нутриентного статуса и показателей окислительного стресса в программы диспансеризации арктических трудящихся будет способствовать ранней профилактике алиментарно-зависимых заболеваний и сохранению здоровья трудового потенциала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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. – Т. 9, № 1. – С. 77-88. – DOI: 10.37482/2687-1491-Z046.
2. Andronov S.V., Lobanov A.A., Bichkaeva F.A., Popov A.I., Fesyun A.D., Mukhina A.A., Rachin A.P., Kochkin R.A., Lobanova L.P., Bogdanova E.N., Shaduyko O.M., Nikitin M.V. [Traditional nutrition and demography in the Arctic zone of Western Siberia] // Vopr Pitan. – 2020. – Vol. 89(5). – P. 69-79. – DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10067.
3. Lebedeva U.M., Sadykova R.N., Lebedeva A.M., Mingazova E.N. [The natality and mortality of population in various social economic regions of the Far North] // Probl Sotsialnoi Gig Zdravookhranennii i Istor Med. – 2022. – Vol. 30(3). – P. 407-414. – DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-3-407-414.
4. Результаты экспериментального изучения протективного воздействия комплекса витаминов и минеральных веществ на морфологическое состояние органов-мишеней лабораторных животных в моделированных условиях Арктической зоны / М. В. Семенихина, И. И. Новикова, С. П. Романенко [и др.] // Медицина труда и экология человека. – 2024. – № 3(39). – С. 92-112. – DOI: 10.24412/2411-3794-2024-10306.
5. Sobolev N., Ellingsen D.G., Belova N., Aksenov A., Sorokina T., Trofimova A., Varakina Y., Kotsur D., Grjibovski A.M., Chashchin V., Bogolitsyn K., Thomassen Y. Essential and non-essential elements in biological samples of inhabitants residing in Nenets Autonomous Okrug of the Russian Arctic // Environ Int. – 2021. – Vol. 152. – Art. 106510. – DOI: 10.1016/j.envint.2021.106510.
6. Sorokina T., Sobolev N., Belova N., Aksenov A., Kotsur D., Trofimova A., Varakina Y., Grjibovski A.M., Chashchin V., Korobitsyna R., Thomassen Y. Diet and Blood Concentrations of Essential and Non-Essential Elements among Rural Residents in Arctic Russia // Nutrients. – 2022. – Vol. 14(23). – Art. 5005. – DOI: 10.3390/nu14235005.
7. Little M., Hagar H., Zivot C., Dodd W., Skinner K., Kenny T.A., Caughey A., Gaupholm J., Lemire M. Drivers and health implications of the dietary transition among Inuit in the Canadian Arctic: a scoping review // Public Health Nutr. – 2021. – Vol. 24(9). – P. 2650-2668. – DOI: 10.1017/S1368980020002402.
8. Howell B.M. Interactions Between Diet, Physical Activity, and the Sociocultural Environment for Older Adult Health in the Urban Subarctic // J Community Health. – 2020. – Vol. 45(2). – P. 252-263. – DOI: 10.1007/s10900-019-00737-3.
9. Результаты экспериментального изучения протективных свойств витаминов и минеральных веществ в условиях, приближенных к Арктической зоне / М. В. Семенихина, О. А. Савченко, П. А. Вейних [и др.] // Вопросы питания. – 2023. – Т. 92, № S5(549). – С. 183. – DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-S5-225.

© О. А. Савченко, Н. Ф. Чуенко, М. В. Рева, А. Ю. Луговская, 2026