

УДК 612.1/2(470.13) + 911.3

## МЕДИКО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В АРКТИКЕ

Ю.Г.СОЛОНИН, Е.Р.БОЙКО

*Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*  
[solonin@physiol.komisc.ru](mailto:solonin@physiol.komisc.ru)

В настоящей работе дается обзор материалов исследований природно-климатических факторов Арктики и их влияние на работоспособность и здоровье постоянных или временных жителей Заполярья. Приведены медико-физиологические рекомендации по обеспечению жизнедеятельности человека в Арктике и его адаптации к суровым условиям среды.

**Ключевые слова:** Арктика, человек, вредные факторы, физиологические состояния, адаптация, здоровье, работоспособность, профилактические мероприятия

### YU.G. SOLONIN, E.R. BOJKO. MEDICAL AND PHYSIOLOGICAL PROBLEMS OF THE ARCTIC

The overview of studies of natural-climatic factors in the Arctic and their impact on working capacity and health of permanent or temporary residents of the Arctic is given. Various authors noted such negative factors for the human organism as sunlight shortage, cold, unusual photoperiodism, increased electromagnetic background, unhealthy water and food, ecological and social problems etc. The inhabitants of the Arctic experience such physiologically adverse health conditions as hypokinesia, hypovitaminoses, microelementoses, hypoxia, immunodeficiency, desynchronoses, "polar dyspnea", "polar strain syndrome" etc. In the Far North increased morbidity and mortality with increased prevalence of cardiovascular diseases, respiratory diseases, musculoskeletal and neurological disorders, occupational morbidity and higher incidence of complications in pregnancies and childbirth were observed. One of the main causes of health problems in northerners is chronic tissue hypothermia in the massive "shell" of human body during long cold periods of the year. Extremely low air humidity in frosty days increases water losses in northerners ("thrust in northerners"), reduced oxygen consumption coefficient leads to hypoxia. In cold period of the year the inhabitants of the Far North have decreased physical working capacity. The life expectancy of the indigenous peoples of the North is markedly reduced. Therefore permanent residence in the Arctic of migrants from other regions of the country is inadvisable. The medical and physiological recommendations for human activity in the Arctic and optimal adaptation to the harsh environmental conditions are given. For short-term or shift work in the Arctic the workers should go through medical and psychophysiological selection procedures, satisfactory sanitary-hygienic and social-economic conditions should be provided.

**Keywords:** the Arctic, human being, negative factors, physiological conditions, adaptation, health, working capacity, prophylactic measures

---

Изучение и разработка медико-физиологических проблем освоения арктических территорий России чрезвычайно актуальны, поскольку лимитирующим звеном эффективной реализации важных и хозяйственных оборонных проектов в необычных условиях среды чаще всего становится «человеческий фактор» [1–8].

Организм человека, живущего на Крайнем Севере постоянно, временно или периодически прибывающего сюда на вахты из более южных регионов, оказывается в необычной среде (схема 1), определяемой суровыми природно-климатическими условиями, необычным фотопериодизмом, повышенной электромагнитной активностью и радиацией, несбалансированным питанием, своеобразным

составом питьевой воды, зачастую слабо развитой инфраструктурой (жилищная проблема и отсутствие нормальных условий для полноценного отдыха). Большие контингенты работающих и военнослужащих испытывают одновременно несколько видов напряжения: рабочее (вахтовое), климатическое (полярное) и хронофизиологическое (схема 2). Все это не может не отразиться на функциональном состоянии организма человека, его работоспособности (у военнослужащих боеспособности), уровне здоровья и продолжительности активной жизни.

Различные факторы, отрицательно влияющие на организм жителей Арктики, служили или продолжают служить предметом изучения широкого круга исследователей [9–15]. Это: недостаточная

Схема 1  
**Неблагоприятные для человека факторы Арктики**

Scheme 1  
**Adverse factors of the Arctic to humans**

Недостаток солнечного тепла и света – Sunlight shortage
Необычный фотопериодизм – Unusual photoperiodism
Колебания атмосферного давления – Fluctuations in atmospheric pressure
Низкие температуры воздуха и окружающих предметов (почва, сооружения и пр.) – Low temperature of air and surrounding objects (soil, structures, etc.)
Повышенная подвижность воздуха – Increased air mobility
Повышенная влажность воздуха в летний и переходный периоды – High humidity in the summer and transitional periods
Чрезмерная сухость воздуха в зимний период – Excessively dry air in the winter
Повышенная электромагнитная активность – Increased electromagnetic activity
Повышенная ионизирующая радиация – Increased ionizing radiation
Некачественная питьевая вода – Poor quality of drinking water
Несбалансированное питание – Unbalanced diet
Слабая инфраструктура в местах проживания – Weak infrastructure in places of residence
Проблемы гигиены жилища – Problems of dwelling hygiene
Напряженная экологическая обстановка во многих населенных пунктах – Tense ecological situation in many localities
Сложность ликвидации аварий и катастроф – The complexity of the elimination of accidents and disasters
Биологические факторы (гнус, инфекционные начала и паразиты) – Biological factors (insects, and infective parasites)
Вредные и/или опасные условия труда на многих рабочих местах – Harmful and/or dangerous working conditions in many workplaces
Утяжеленные одежда и обувь – Weighted clothing and shoes
Напряженные графики работы (вахтовый труд, авральные работы и пр.) – Intense work schedules (shift work, emergency work, etc.)
Ограниченные перемещения и общения людей – Limited travel and communication between people
Монотонность обстановки – The monotony of the situation
Недостатки медицинского обслуживания – The deficiencies of health care
Транспортная малодоступность – Transport inaccessibility
Повышенная социальная напряженность – Increased social tensions
Проблемы отдыха – Rest problems
Проблемы от глобального потепления – Problems from global warming

солнечная радиация, холод, недостаток тепла, необычный фотопериодизм (или недостаток или избыток света), усиленный ветровой режим, повышенная влажность воздуха в теплый и переходный периоды года, пониженная влажность воздуха в атмосфере и помещениях в морозные дни, неустойчивая и повышенная геомагнитная напряженность, повышенные радиация и электромагнитный фон, не всегда доброкачественная питьевая вода, почти всегда нездоровая пища, социальная напряженность на Севере, напряженная экологическая обстановка в некоторых населенных пунктах, вредные или опасные условия труда на ряде производств, напряженные графики работы при некоторых видах труда (вахтовый труд), недостаточная инфраструктура в местах проживания, невысокий уровень медицинского обслуживания или его недоступность, ограниченность перемещения и общения людей, мо-

Схема 2  
**Реакции организма человека на Крайнем Севере**

Scheme 2  
**The reaction of the human body in the Far North**

Десинхронозы – Desynchronoses
Нарушения сна – Sleep disorders
Гипокинезия – Hypokinesia
Нарушения обмена веществ – Metabolic disorders
Гиповитаминозы – Hypovitaminoses
Микроэлементозы – Microelementoses
Гипоксия – Hypoxia
Гипогликемия – Hypoglycemia
Гиперлипидемия (активация перекисного окисления липидов) – Hyperlipidemia (activation of lipid peroxidation)
Иммунодефицит – Immunodeficiency
Снижение КПД физической работы – Decrease in efficiency of physical work
Снижение работоспособности – Performance impairment
Гипертензия в большом круге кровообращения – Hypertension in the systemic circulation
Гипертензия в малом круге кровообращения – Hypertension in the pulmonary circulation
Рабочее (вахтовое) напряжение организма – Working (shift) strain of the organism
Климатическое напряжение организма – Climate body tension
Напряжение терморегуляции – The tension of thermoregulation
Гипотермия оболочки тела – Body shell hypothermia
Хронофизиологическое напряжение при дальних переездах (перелетах) – Chronophysiological tension in long journeys (flights)
Синдром полярного напряжения – The polar tension syndrome
Подверженность вредным привычкам – Exposure to bad habits
Снижение половой активности – Decrease in sexual activity
Сокращение репродуктивного периода – The reduction in reproductive period
Ускорение возрастной инволюции функций – Acceleration of age-related involution functions
Раннее постарение – Early aging
Повышенная общая заболеваемость – Increased general morbidity
Повышенная профессиональная заболеваемость – Increased occupational morbidity
Хронизация острых заболеваний – The acute chronic diseases
Повышенный травматизм – Increased traumatism
Повышенная предрасположенность к суициду – Increased vulnerability to suicide
Повышенная смертность – Increased mortality
Сокращение продолжительности жизни – Life shortening

нотонность обстановки, широкое распространение вредных привычек и др. В XXI в. появляется все больше данных о неблагоприятном воздействии глобального потепления на биосферу, экологическую среду и здоровье населения Крайнего Севера [16].

Негативное влияние на здоровье человека, проживающего в высоких широтах Земли, не столь очевидно, поскольку процесс приспособления организма к необычным условиям противоречив и протекает на фоне защитных технических и социальных мероприятий. Например, люди неплохо адаптировались к условиям Печорского Севера вследствие тренирующего действия климата, соответствующей организации режима деятельности и питания [17]. У зимовщиков полярных станций не найдено заметных отклонений в состоянии здоровья, поскольку им были созданы благоприятные условия проживания [18, 19]. Освоение Крайнего Севера в 50–60-х гг. XX в. происходило не только без ущерба для здоровья и естественного прироста населения,

но и сопровождалось рядом, бесспорно, положительных демографических сдвигов (по таким показателям, как брачность, семейность, плодовитость, рождаемость, детская и общая смертность) [11].

Но даже при создании нормальных условий для проживания организм не остается безучастным к влиянию комплекса факторов Заполярья. У зимовщиков в полярных районах найдено заметное повышение энерготрат при работе на холоде [18]. У строителей в Заполярье обнаружено увеличение теплообмена в покое и при работе, особенно зимой [20]. У полярников в Антарктиде оказались нарушенными почти все виды обмена веществ [11]. Обнаружены низкие уровни сахара и витаминов в крови северян [5]. Автором описан «полярный метаболический тип», для которого характерен переход с углеводного на жировой энергообмен. Нарушения затрагивают также водный обмен [21]. Чрезмерная сухость воздуха в Заполярье приводит к обезвоживанию организма [14].

Для Крайнего Севера характерны резкие сезонные колебания ряда факторов [22]. Не случайно наибольшее количество заболеваний у прибывающих сюда приходится на середину полярной ночи. У многих возникает зимняя депрессия – состояние, подобное психическому заболеванию – «сезонное аффективное расстройство» [23].

Доминирующим фактором Заполярья является холод, который влияет на теплообмен и работоспособность человека. Было показано, что коэффициент полезного действия (КПД) физической работы на открытом воздухе в условиях Крайнего Севера примерно на 15–25% ниже, чем в средних широтах [11], что свидетельствует о более высокой физиологической стоимости трудовой нагрузки. Отмечено [24], что отрицательные температуры и ветер приводят к утяжелению труда и снижению работоспособности. Холод усугубляет вредное действие на организм химических веществ в связи с увеличением легочной вентиляции и повышением чувствительности к промышленным ядам. Поэтому хронические интоксикации на Севере встречаются чаще, чем в аналогичных производствах в других климатических регионах.

Сердечно-сосудистая система может служить маркером общего адаптационного процесса, а гипертоническую болезнь и ишемическую болезнь сердца можно отнести к болезням адаптации [25]. При адаптации на Севере повышаются артериальное давление и сопротивление сосудов, причем установлена зависимость этих изменений от стажа проживания в Заполярье.

Под влиянием суровых природно-климатических условий у жителей Заполярья чаще, чем у жителей средней полосы, встречаются такие физиологически неблагоприятные симптомы или состояния, как гипокинезия, гиповитаминозы, микроэлементозы, гиперлипидемия, гипогликемия, гипоксия, иммунодефициты, гипертензия в малом и большом кругах кровообращения, десинхронозы, сезонная депрессия, снижение физической работоспособности на холоде. Только у северян описаны «циркумпольный гипоксический синдром» [26], «по-

лярная одышка» [11], «синдром полярного напряжения» [4] и другие аналогичные состояния, а также формируется «полярный адаптивный метаболический тип» (переход на преимущественное использование жиров в питании) [5, 10].

У человека в Арктической зоне происходят перестройки всех видов обмена веществ и гормональной регуляции функций. Организм функционирует в более напряженном режиме, в связи с чем постепенно истощаются физиологические резервы. Отмечается сокращение репродуктивного периода (замедляется развитие растущего организма и раньше увядают половые функции у взрослых), ускоряется возрастное изменение многих физиологических функций, наблюдается преждевременное старение организма, в результате чего снижается продолжительность жизни [10, 27].

На Крайнем Севере, по сравнению со средней полосой России, повышены заболеваемость и смертность населения [16, 28]. Чаще встречаются заболевания сердечно-сосудистой системы и органов дыхания, костно-мышечной и нервной систем, органов пищеварения, поражения зубов (кариес) и костей (рахит, остеопороз), медленнее заживают раны. Нередки осложнения беременности и тяжелее протекают роды. У работающих в Заполярье, как правило, выше профессиональная заболеваемость и заболеваемость с временной утратой трудоспособности. Что касается патологии общего характера, то у жителей Крайнего Севера заболевания начинаются в относительно молодом возрасте, протекают тяжелее, острые формы болезней чаще переходят в хронические, выше риск появления сердечных и сосудистых катастроф (инфаркты, поражения сосудов мозга), чаще и в более раннем возрасте бывают летальные исходы [28].

В Заполярье здоровье хуже и у относительно здоровых людей, прошедших отбор для службы в Вооруженных силах. По данным Военно-медицинской академии [29], первое место в структуре общей заболеваемости военнослужащих в Северных регионах России занимают заболевания и поражения, связанные с воздействием холодного фактора (около 2/3 всех заболеваний). В эту группу входят: отморожения, ознобления, траншейная и иммерсионная стопа, простудные заболевания: грипп, ОРЗ, ангина, фарингиты, синуситы, трахеиты, бронхиты, пневмонии, миалгии, артралгии и др. Эти заболевания в Заполярье встречаются в два–три раза чаще, чем у военнослужащих в средних широтах. На втором месте стоят поражения желудочно-кишечного тракта, на третьем – заболевания кожи и подкожной клетчатки. Заболеваемость органов кровообращения на Крайнем Севере в два–три раза выше, чем в умеренном климатическом поясе.

Возникает вопрос, каковы физиологические предпосылки к возникновению вышеуказанной патологии?

В литературе уже давно возникло представление, что в отношении температур все ткани организма могут быть разделены на две более или менее равные по объему или весу половины. Глубокие ткани с более постоянной и более высокой тем-

пературой образуют так называемое «ядро» или «сердцевину». Поверхностные ткани, температура которых в результате рефлекторной регуляции тонуса питающих их сосудов значительно ниже и заметно меняется, составляют «оболочку». Иногда даже говорят о «гомойотермном ядре» и «пойкилотермной оболочке» [11].

В коже и подкожных мышцах фактические возможности кровотока очень велики и различны в разных областях тела. Например, кровоснабжение в районе туловища может изменяться в два–три раза, а пальца кисти может увеличиваться до 100 раз. Изменение просвета сосудистого русла в зависимости от термических условий не ограничивается только областью кожных покровов, но захватывает и более глубокие ткани. Обычно сужение сосудов у человека распространяется не более чем на 2 см вглубь от поверхности кожи. При более резком охлаждающем действии внешней среды гипотермия захватывает мышцы, суставы, почти полностью все конечности. В этом случае переохлажденная «оболочка» может занимать до половины и более массы тела [11].

Таким образом, многие северяне большую часть года носят массивную охлажденную «оболочку» и это, на наш взгляд, является существенной причиной отрицательного влияния на здоровье.

Помимо негативного влияния охлаждения тканей в «оболочке» (снижение обмена веществ, питания, иммунитета, активности ферментов и пр.), по-видимому, играют свою роль и резкие перемежающиеся колебания температуры крови и ее содержания при ее попадании то в условия тепла (около 37°C), то в условия охлаждения на 10–20°C и более. Напомним, что линейная скорость кровотока в капиллярах мала – от 0,1 до 0,5 мм/с. Именно это обеспечивает длительный контакт крови с обменной поверхностью. Время прохождения крови через капилляр средней длины составляет около 2,5 с. Полный кругооборот всего объема крови происходит примерно за 1 мин. По нашему мнению, это означает, что в течение минуты кровь то нагревается до нормальной температуры, то сильно охлаждается.

Проявления отрицательного влияния холода на различные системы организма объединяют в понятие холод-ассоциированные симптомы [15], включающие в себя вазоконстрикцию, боли, нарушения чувствительности и изменение цвета открытых частей тела. Яркий пример широко распространенной хронической холодовой болезни на Севере – вегето-сосудистые нарушения и поражения периферической нервной системы.

У мигрантов на Севере установлено уменьшение нервно-мышечной иннервации, связанной со снижением проводящих свойств сенсорных и моторных волокон, широкое распространение феномена Рейно, который считается одним из специфических проявлений непереносимости холода, крапивницы, миалгий, артралгий и др. [30].

Сужение сосудов на периферии усиливает центральное кровообращение, провоцирует диурез и повышение артериального давления. Даже охла-

ждение лба и головы может повысить артериальное давление и частоту пульса. Охлаждение тканей повышает уровень гематокрита, вязкость и реологическое сопротивление крови. Температура в суставах уменьшается быстрее, чем в работающих мышцах. Переохлажденные суставы теряют подвижность из-за повышения вязкости синовиальной жидкости [11].

Установлено [11], что у обнаженного человека в комфортном микроклимате температура кожи заметно различается и составляет: на лбу и груди 33,5, на животе 31,1, на кисти 31,0, на стопе 29,9, на пальцах рук 28,5, на пальцах ног 24,4°C. Градиент температур между центральными и периферическими областями достигает почти 9°C. Средневзвешенная температура кожи составляет 33,5 °C, т.е. «оболочка» заметно холоднее «ядра» тела. При работе на «открытом воздухе» в соответствующей одежде и температуре воздуха минус 10–15°C и ветре 2–3 м/с кожная температура составляет на туловище 31,7°, на стопе 22,8, на кисти 16,1, на щеке 15,8°C, а средневзвешенная температура кожи 28,4°C, т.е. «оболочка» сильно охлаждена.

Ранее было показано [31], что типичными сдвигами при охлаждении тела являются падение температуры и теплосодержания покровных тканей тела, что позволяет думать о первичных нарушениях в этих тканях обменно-энергетических процессов. Снижение температуры тканей ведет к уменьшению интенсивности обмена веществ, угасанию активности биохимических реакций и их дискоординации (активность разных ферментов по-разному зависит от температуры). В охлажденных областях тела наступают расстройства кровообращения (спазм артериол и артерий, ишемия тканей, стаз, нарушения проницаемости сосудов). Крайним выражением таких расстройств является «траншейная стопа» и другие патологии. Нарушения обмена в тканях приводят к образованию биологически активных веществ, действующих в этом участке тела. Нарушаются и другие функции оболочки тела. Например, замедляются процессы регенерации кожи. А общими реакциями на местное охлаждение являются возрастание сердечного выброса и гипертензия [31].

Таким образом, одной из ведущих причин ослабления здоровья у северян является хроническое переохлаждение тканей в массивной оболочке тела, что требует усиления теплозащиты при нахождении на улице (одежда, головные уборы, рукавицы, обувь) и нормализации микроклимата в жилых и производственных помещениях.

В последние годы исследователи обратили внимание на такой фактор, как низкая влажность воздуха в Заполярье в морозные дни, и связывают с ним такие явления, как повышенная «жажда у северян» [14] и сниженный коэффициент использования кислорода в легких [32]. При пересушенном воздухе легкие усиленно теряют влагу. Вода из легочных капилляров просачивается на поверхность слизистой оболочки альвеол, а физически растворенный в ней кислород с поверхности альвеол перемещается в легочные капилляры. Указанная

встречная диффузия снижает скорость перемещения кислорода через клеточную мембрану. Тем самым понижается диффузионная способность альвеолярной поверхности по отношению к кислороду и уменьшается коэффициент использования кислорода [32].

Чрезмерная сухость воздуха при отрицательных температурах является причиной не только усиления влагопотерь, но и формирования гипоксемии у северян, что требует увлажнения воздуха зимой в помещениях и разработки новых средств индивидуальной защиты органов дыхания для работы на морозе [32].

Очевидно, что здоровье людей, осваивающих приполярные и полярные районы, подвергается повышенному риску. Ситуация усугубляется при вахтовых и вахтово-экспедиционных методах организации труда. У вахтовиков повышена заболеваемость с временной утратой трудоспособности. Сформировалось представление о неблагоприятном влиянии межрегиональных перемещений людей на их здоровье [33].

Приезжие в Заполярье вынуждены адаптироваться к новой среде. Отмечено, что в Заполярье адаптивные реакции протекают по типу гипоксии и часто сопровождаются одышкой [26]. На морях показано, что адаптация к условиям высоких широт покупается ценой значительных морфологических и функциональных сдвигов, а самые неблагоприятные изменения со стороны защитных структур происходят в начальный период – около года [34].

Описаны определенные экологически обусловленные состояния организма на Крайнем Севере. «Циркумпольярный гипоксический синдром» выражается в дыхательной недостаточности и гипертонии малого круга кровообращения у новоселов и старожилов [26]. «Синдром полярного напряжения» [4] характеризуется стойким повышением в крови уровня гормонов стресса, переключением энергообмена с углеводного на жировой, активацией реакций перекисного окисления липидов и изменением физико-химических свойств биомембран.

Сохранившиеся до настоящего времени на Крайнем Севере народности завоевали право на жизнь дорогой ценой (высокая детская смертность, многочисленные эндемические болезни, существенное сокращение продолжительности жизни, генетические аномалии и пр.). Поэтому при современных проектах освоения экстремальных территорий надо полагаться не на физиологическую адаптацию, а на мероприятия социального характера [2].

Некоторые исследователи [4, 28] подчеркивают, что с точки зрения сохранения здоровья людей создание постоянного населения в Заполярье не всегда является оптимальным вариантом обеспечения трудоресурсами социально-экономических программ освоения Севера. Это аргументируется тем, что большая часть населения платит за адаптацию ранним приходом болезней и сокращением сроков жизни. Природные и антропогенные факторы осложняют труд и быт проживающих здесь людей, являясь факторами риска нарушений здоровья [35].

Таким образом, в области физиологии и медицины на Крайнем Севере остается еще много нерешенных проблем, требующих изучения и дальнейшей разработки. Имеющиеся материалы содержат много необъясненных фактов или противоречивых данных.

К достаточно обоснованным, на наш взгляд, можно отнести следующие основные положения: 1 – при переезде в Заполярье и на холоде заметно снижается работоспособность; 2 – зимой значительно возрастает физиологическая стоимость работы; 3 – здоровье пришлового населения на Крайний Севере ухудшается по ряду показателей; 4 – наиболее трудным для прибывающих в Заполярье является первый год, когда резко повышается заболеваемость и ухудшается самочувствие; 5 – умеренная физическая нагрузка и закаливание облегчают процесс адаптации к работе и жизни на Севере; 6 – для человеческого организма трудны как адаптация, так и реадаптация.

### Заключение

Анализ приведенных материалов позволяет прийти к заключению о том, что с точки зрения физиологии и медицины постоянное проживание в Заполярье переселенцев из других регионов страны вряд ли целесообразно в силу особой суровости природно-климатических условий и неблагоприятного влияния комплекса факторов, среди которых есть неконтролируемые на самочувствие, работоспособность и здоровье людей, а также на продолжительность активной жизни. При краткосрочном или вахтовом освоении Арктики необходимо, во-первых, обеспечить качественный медицинский и психофизиологический отбор людей, во-вторых, создавать им нормальные санитарно-гигиенические и социально-экономические условия (схема 3).

Схема 3

#### *Профилактические мероприятия в Арктике*

Scheme 3

#### *Preventive measures in the Arctic*

Медицинский и психофизиологический отбор – Medical and psychophysiological selection
Улучшение условий труда – Improving working conditions
Рационализация режимов труда и отдыха – Rationalization of modes of work and rest
Улучшение жилищных условий – The improvement of housing conditions
Обеспечение полноценного сна – Ensuring adequate sleep
Динамический световой режим – Dynamic light mode
Ультрафиолетовое облучение в период «биологической тьмы» – Ultraviolet irradiation in the period of "biological darkness"
Увлажнение воздуха в помещениях в морозные дни – Moistening of indoor air in cold days
Рациональное питание – Balanced diet
Обеспечение высококачественной питьевой водой – Providing high-quality drinking water
Рациональные одежда и обувь с изменяемой теплозащитой – Rational clothing and shoes with adjustable thermal protection
Занятия физкультурой и спортом – Doing physical culture and sports
Закаливание организма – Training of the human body
Улучшение медицинского обслуживания – Improving health services

## Литература

1. *Агранат Г.А.* Использование ресурсов и освоение территорий зарубежного Севера. М.: Наука, 1984. 298 с.
2. *Адо А.Д.* Опосредование биологического социальным в проблеме адаптации человека к экстремальным условиям // Вестник АМН СССР. 1980. № 4. С. 57–63.
3. *Афтанас Л.И., Воевода М.И., Пузырев В.П.* Арктическая медицина: вызовы XXI века // Научно-технические проблемы освоения Арктики: Научная сессия Общего собрания членов РАН. М.: Наука, 2014. С. 104–110.
4. *Казначеев В.П.* Современные аспекты адаптации. Новосибирск: Наука, 1980. 191 с.
5. *Панин Л.Е.* Здоровье: норма или патология? // Бюл. СО АМН СССР. 1987. №1. С. 27–34.
6. *Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р., Величковский Б.Т.* Физиологические нормы напряжения организма при физическом труде в высоких широтах // Журнал медико-биологических исследований. 2017. Т. 5. № 1. С. 25–36.
7. *Сороко С.И.* Нейрофизиологические механизмы индивидуальной адаптации человека в Антарктиде. Л.: Наука, 1984. 151 с.
8. *Черешнев В.А.* Социально-экологические приоритеты развития арктической зоны Российской Федерации // Экология человека. 2011. № 6. С. 3–4.
9. *Айдаралиев А.А., Максимов А.Л.* Адаптация человека к экстремальным условиям: Опыт прогнозирования. Л.: Наука, 1988. 126 с.
10. *Бойко Е.Р.* Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 192 с.
11. *Кандрор И.С.* Очерки по физиологии и гигиене человека на Крайнем Севере. М.: Медицина, 1968. 279 с.
12. *Ким Л.Б.* Транспорт кислорода при адаптации человека к условиям Арктики и кардиореспираторной патологии. Новосибирск: Наука, 2015. 216 с.
13. *Солонин Ю.Г.* Роль исходного состояния физиологических функций в реакциях на физическую нагрузку // Физиология человека. 1987. Т. 13. № 1. С. 96–102.
14. *Устюшин Б.В., Деденко И.И.* Особенности обеспечения гомеостаза организма человека на Крайнем Севере // Вестник АМН. 1992. № 1. С. 6–10.
15. *Leppaluoto J., Hassi J.* Human physiological adaptations to the arctic climate // Arctic. 1991. Vol. 44. P. 139–145.
16. *Влияние глобальных климатических изменений на здоровье населения Российской Арктики.* ООН, 2008. 28 с. (Электронная версия бюллетеня «Население и общество», Институт демографии госуниверситета – Высшей школы экономики).
17. *Данишевский Г.М.* Патология человека и профилактика заболеваний на Севере. М.: Медицина, 1968. 412 с.
18. *Борискин В.В.* Жизнь человека в Арктике и Антарктике. Л.: Наука, 1973. 200 с.
19. *Dick A.F.* Fitness changes in an Australian Antarctic Expedition // Eur. J. Appl. Physiol. 1985. Vol. 54. № 2. P. 191–195.
20. *Бобров Н.И., Ломов О.П., Тихомиров В.П.* Физиолого-гигиенические аспекты акклиматизации человека на Севере. Л.: Медицина, 1979. 184 с.
21. *Деряпа Н.Р., Рябинин И.Ф.* Адаптация человека в полярных районах Земли. Л.: Медицина, 1975. 184 с.
22. *Сезонные аспекты оксидативного стресса у человека в условиях Севера/Е.Р.Бойко, В.Г.Евдокимов, Н.А.Вахнина, В.Д.Шадрина, Н.Н.Потолицына, Н.Г.Варламова, Т.И.Кочан, А.М.Канева, Ю.Г.Солонин, Т.П.Логинова, Т.В.Есева, О.А.Кеткина, О.В.Рогачевская, А.Ю.Люднина//* Авиакосмическая и экологическая медицина. 2007. Т. 41. № 3. С. 44–48.
23. *Вуртман Р.Д., Вуртман Д.Д.* Углеводы и депрессия // В мире науки. 1989. № 3. С. 46–54.
24. *Чащин В.П., Величковский Б.Т.* Взаимодействие организма и вредных веществ в условиях холода // Вестник АМН СССР. 1989. № 9. С. 21–26.
25. *Турчинский В.И.* Кардиологические аспекты адаптации человека на Крайнем Севере // Вестник АМН СССР. 1979. № 6. С. 23–32.
26. *Авцын А.П., Марачев А.Г., Матвеев Л.Н.* Циркумпольный гипоксический синдром // Вестник АМН СССР. 1979. № 6. С. 32–39.
27. *Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р., Марков А.Л.* Возрастная динамика функциональных показателей у мужчин в Заполярье // Успехи геронтологии. 2013. Т. 26. № 4. С. 647–651.
28. *Хаснулин В.И.* Введение в полярную медицину. Новосибирск: СО РАМН, 1998. 337 с.
29. *Образцов Л.Н.* Медицинская экология европейского Севера России. СПб.: ВМедА, 1998. 258 с.
30. *Герасимова Л.И.* Патогенетическая роль дезадаптации к холоду в развитии донозологических состояний в условиях Севера: Автореф. дис. докт. мед. наук. СПб., 2008. 34 с.
31. *Майстрах Е.В.* Физиология острого охлаждения организма // Руководство по физиологии: Физиология терморегуляции. Л.: Наука, 1984. С. 181–222.
32. *Величковский Б.Т.* Причины и механизмы снижения коэффициента использования кислорода в легких человека на Крайнем Севере // Биосфера. 2010. Т. 1. № 2. С. 213–217.
33. *Кривошецов С.Г., Охотников С.В.* Производственные миграции и здоровье человека на Севере. Москва-Новосибирск: Изд-во СО РАМН, 2000. 118 с.
34. *Сапов И.А., Новиков В.С.* Неспецифические механизмы адаптации человека. Л.: Наука, 1984. 146 с.
35. *Гудков А.Б., Попова О.Н., Необученных А.А., Богданов М.Ю.* Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов Арктики. Обзор литературы // Морская медицина. 2017. Т. 3. № 1. С. 7–13.

## References

1. *Agranat G.A.* Ispol'zovanie resursov i osvoenie territorii zarubezhnogo Severa [Use of resources and development of territories of the foreign North]. Moscow: Nauka, 1984. 298 p.
2. *Ado A.D.* Oposredovanie biologicheskogo sotsial'nym v probleme adaptatsii cheloveka k ekstremal'nym usloviyam [The social mediation of biological in the problem of human adaptation to extreme conditions] // Bull. of Acad. of Med. Sci. of the USSR. 1980. № 4. P. 57-63.
3. *Aftanas L.I., Voevoda M.I., Puzyrev V.P.* Arkticheskaya meditsina: vyzovy KhKh1 veka // Nauchno-tekhnicheskie problemy osvoeniya Arktiki [Arctic medicine: the challenges of the 21st century // Sci.-technical problems of the Arctic development]: Sci. session of the General meeting of members of the RAS. Moscow: Nauka, 2014. P. 104-110.
4. *Kaznacheev V.P.* Sovremennye aspekty adaptatsii [Modern aspects of adaptation]. Novosibirsk: Nauka, 1980. 191 p.
5. *Panin L.E.* Zdorov'e: norma ili patologiya? [Health: the norm or pathology?] // Bull. of Siberian Br., Acad. of Med. Sci. of the USSR. 1987. № 1. P. 27-34.
6. *Solonin Yu.G., Bojko E.R., Velichkovsky B.T.* Fiziologicheskie normy napryazheniya organizma pri fizicheskom trude v vysokikh shiro-takh [Physiological norms of the body tension at physical work in high latitudes] // Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy [J. of Med. Biol. Res.]. 2017. Vol. 5. № 1. P. 25-36.
7. *Soroko S.I.* Neurofiziologicheskie mekhanizmy individual'noi adaptatsii cheloveka v Antarktide [Neurophysiological mechanisms of individual adaptation of man in Antarctica]. Leningrad: Nauka, 1984. 151 p.
8. *Chereshnev V.A.* Sotsial'no-ekologicheskie prioritety razvitiya arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii [Socio-ecological priorities for the development of the Arctic zone of the Russian Federation] // Ekologiya cheloveka [Human Ecology]. 2011. № 6. P. 3-4.
9. *Aidaraliev A.A., Maksimov A.L.* Adaptatsiya cheloveka k ekstremal'nym usloviyam: Opyt prognozirovaniya [Adaptation of man to extreme conditions: The experience of forecasting]. Leningrad: Nauka, 1988. 126 p.
10. *Bojko E.R.* Fiziologo-biokhimicheskie osnovy zhiznedeyatel'nosti cheloveka na Severe [Physiological and biochemical bases of human life in the North]. Ekaterinburg: Ural Br., RAS, 2005. 192 p.
11. *Kandrор I.S.* Ocherki po fiziologii i gigiene cheloveka na Krainem Severe [Essays on the physiology and hygiene of man in the Far North]. Moscow: Medicine, 1968. 279 p.
12. *Kim L.B.* Transport kisloroda pri adaptatsii cheloveka k usloviyam Arktiki i kardiorespiratornoi patologii [Transport of oxygen in human adaptation to Arctic conditions and cardiorespiratory pathology]. Novosibirsk: Nauka, 2015. 216 p.
13. *Solonin Yu.G.* Rol' iskhodnogo sostoyaniya fiziologicheskikh funktsii v reaktsiyakh na fizicheskuyu nagruzku [The role of the initial state of physiological functions in reactions to physical load] // Fiziologiya cheloveka [Human Physiology]. 1987. Vol. 13. № 1. P. 96-102.
14. *Ustyushin B.V., Dedenko I.I.* Osobennosti obespecheniya gomeostaza organizma cheloveka na Krainem Severe [Peculiarities of providing homeostasis of the human body in the Far North] // Bull. of Acad. of Med. Sci. 1992. № 1. P. 6-10.
15. *Leppaluoto J., Hassi J.* Human physiological adaptations to the arctic climate // Arctic. 1991. Vol. 44. P. 139-145.
16. *Vliyanie global'nykh klimaticheskikh izmenenii na zdorov'e naseleniya Rossiiskoi Arktiki* [The impact of global climate change on the health of the population of the Russian Arctic]. OON, 2008. 28 p. (Electronic version of Bull."Population and Society", Inst. of Demography – Higher School of Economics).
17. *Danishevsky G.M.* Patologiya cheloveka i profilaktika zabolevaniy na Severe [Human pathology and disease prevention in the North]. Moscow: Medicine, 1968. 412 p.
18. *Boriskin V.V.* Zhizn' cheloveka v Arktike i v Antarktike [Human life in the Arctic and Antarctica]. Leningrad: Nauka, 1973. 200 p.
19. *Dick A.F.* Fitness changes in an Australian Antarctic Expedition // Eur. J. Appl. Physiol. 1985. Vol. 54. № 2. P. 191-195.
20. *Bobrov N.I., Lomov O.P., Tikhomirov V.P.* Fiziologo-gigienicheskie aspekty akklimatizatsii cheloveka na Severe [Physiological and hygienic aspects of human acclimatization in the North]. Leningrad: Medicine, 1979. 184 p.
21. *Deryapa N.R., Ryabinin I.F.* Adaptatsiya cheloveka v polyarnykh raionakh Zemli [Adaptation of man in the polar regions of the Earth]. Leningrad: Medicine, 1975. 184 p.
22. *Sezonnnye aspekty oksidativnogo stressa u cheloveka v usloviyakh Severa* [Seasonal aspects of oxidative stress in humans in the North] / E.R.Bojko, V.G.Evdokimov, N.A.Vakhnina, V.D.Shadrina, N.N.Potolitsyna, N.G.Varlamova, T.I.Kochan, A.M.Kaneva, Yu.G.Solonin, T.P.Loginova, T.V.Eseva, O.A.Ketkina, O.V.Rogachevskaya, A.Yu.Lyudinina. // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina [Aerospace and environmental medicine]. 2007. Vol. 41. № 3. P. 44-48.
23. *Vurtman R.D., Vurtman D.D.* Uglevody i depressiya [Carbohydrates and depression] // V mire nauki [In the world of science]. 1989. № 3. P. 46-54.
24. *Chashchin V.P., Velichkovsky B.T.* Vzaimodeistvie organizma i vrednykh veshchestv v usloviyakh kholoda [Interaction of an organism and harmful substances in cold conditions] // Bull. of Acad. of Med. Sci. of the USSR. 1989. № 9. P. 21-26.
25. *Turchinsky V.I.* Kardiologicheskie aspekty adaptatsii cheloveka na Krainem Severe [Cardiological aspects of human adaptation in the

- Far North] // Bull. of Acad. of Med. Sci. of the USSR]. 1979. № 6. P. 23-32.
26. *Avtsyn A.P., Marachev A.G., Matveev L.N.* Tsirkumpolyarnyi gipoksicheskiy sindrom [Circumpolar hypoxic syndrome] // Bull. of Acad. of Med. Sci. of the USSR]. 1979. № 6. P. 32-39.
  27. *Solonin Yu.G., Bojko E.R., Markov A.L.* Vozrastnaya dinamika funktsional'nykh pokazatelei u muzhchin v Zapolyar'e [Age dynamics of functional parameters in men in the Polar Region] // Uspekhi gerontologii [Successes of Gerontology]. 2013. Vol. 26. № 4. P. 647-651.
  28. *Khasnulin V.I.* Vvedenie v polyarnuyu meditsinu [Introduction to polar medicine]. Novosibirsk: Siberian Br., Rus. Acad. of Med. Sci., 1998. 337 p.
  29. *Obraztsov L.N.* Meditsinskaya ekologiya Evropeiskogo Severa Rossii [Medical ecology of the European North of Russia]. St.Petersburg : VMedA, 1998. 258 p.
  30. *Gerasimova L.I.* Patogeneticheskaya rol' dezadaptatsii k kholodu v razvitii donozologicheskikh sostoyanii v usloviyakh Severa [Pathogenetic role of disadaptation to cold in the development of donorological conditions in the conditions of the North]: Abstract of Diss... Dr. Sci. (Medicine). St.Petersburg, 2008. 34 p.
  31. *Maistrakh E.V.* Fiziologiya ostrogo okhlazhdeniya organizma / Rukovodstvo po fiziologii: Fiziologiya termoregulyatsii [Physiology of acute cooling of the body / Handbook of Physiology: Physiology of thermoregulation]. Leningrad: Nauka, 1984. P. 181-222.
  32. *Velichkovsky B.T.* Prichiny i mekhanizmy snizheniya koeffitsienta ispol'zovaniya kisloroda v legkikh cheloveka na Krainem Severe [Causes and mechanisms of reducing the oxygen consumption factor in the human lungs in the Far North] // Biosfera [Biosphere]. 2010. Vol.1. №2. P. 213-217.
  33. *Krivoshchekov S.G., Okhotnikov S.V.* Proizvodstvennye migratsii i zdorov'e cheloveka na Severe [Production migration and human health in the North]. Moscow-Novosibirsk: Siberian Br., Rus. Acad. of Med. Sci. Publ., 2000. 118 p.
  34. *Sapov I.A., Novikov V.S.* Nespetsificheskie mekhanizmy adaptatsii cheloveka [Nonspecific mechanisms of human adaptation]. Leningrad: Nauka, 1984. 146 p.
  35. *Gudkov A.B., Popova O.N., Neobuchennykh A.A., Bogdanov M.Yu.* Ekologo-fiziologicheskaya kharakteristika klimaticheskikh faktorov Arktiki. Obzor literatury [Ecological and physiological characteristics of climatic factors in the Arctic. Review of the literature]// Morskaya meditsina [Marine medicine]. 2017. Vol.3. №1. P. 7-13.