

Медико-физиологические аспекты жизнедеятельности в Арктике

Ю. Г. Солонин¹, доктор медицинских наук,

Е. Р. Бойко², доктор медицинских наук

ФГБУН Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар

Представлен обзор материалов исследований природно-климатических факторов Арктики и их влияния на работоспособность и здоровье постоянных и временных жителей Заполярья. Приводятся некоторые 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.

Разработка медико-физиологических проблем освоения арктических территорий России чрезвычайно актуальна, поскольку лимитирующим звеном эффективной реализации важных оборонных и хозяйственных проектов в необычных условиях среды нередко становится человеческий фактор [2; 3; 5; 15; 21; 25; 30].

Организм людей, живущих на Крайнем Севере постоянно, временно или периодически прибывающих туда на вахты из более южных регионов, оказывается в необычной среде, 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. Все это не может не отразиться на функциональном состоянии организма человека, его работоспособности (боеготовности), уровне здоровья и продолжительности активной жизни.

Многие факторы, отрицательно влияющие на организм жителей Арктики, служили или продолжают служить предметом изучения широкого круга исследователей [4; 7; 16; 18; 23; 24; 27; 32] (рис. 1). Это недостаточная солнечная радиация, холод, недостаток тепла, необычный фотопериодизм (недостаток

или избыток света), усиленный ветровой режим, повышенная влажность воздуха в теплый и переходный периоды года, пониженная влажность воздуха в атмосфере и в 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, тяжелая 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, монотонность обстановки, широкое распространение вредных привычек и др. В последние годы появляется все больше данных о неблагоприятном воздействии глобального потепления на биосферу, экологическую среду и здоровье населения Крайнего Севера [10].

Отрицательное влияние на здоровье человека проживания в высоких широтах 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 [13]. У зимовщиков полярных станций не найдено заметных отклонений в состоянии функций организма и здоровья, поскольку им были созданы благоприятные условия проживания [8; 31]. Освоение Крайнего Севера в 1950—1960-х годах происходило не только

¹ e-mail: solonin@physiol.komisc.ru.

² e-mail: erbojko@physiol.komisc.ru.

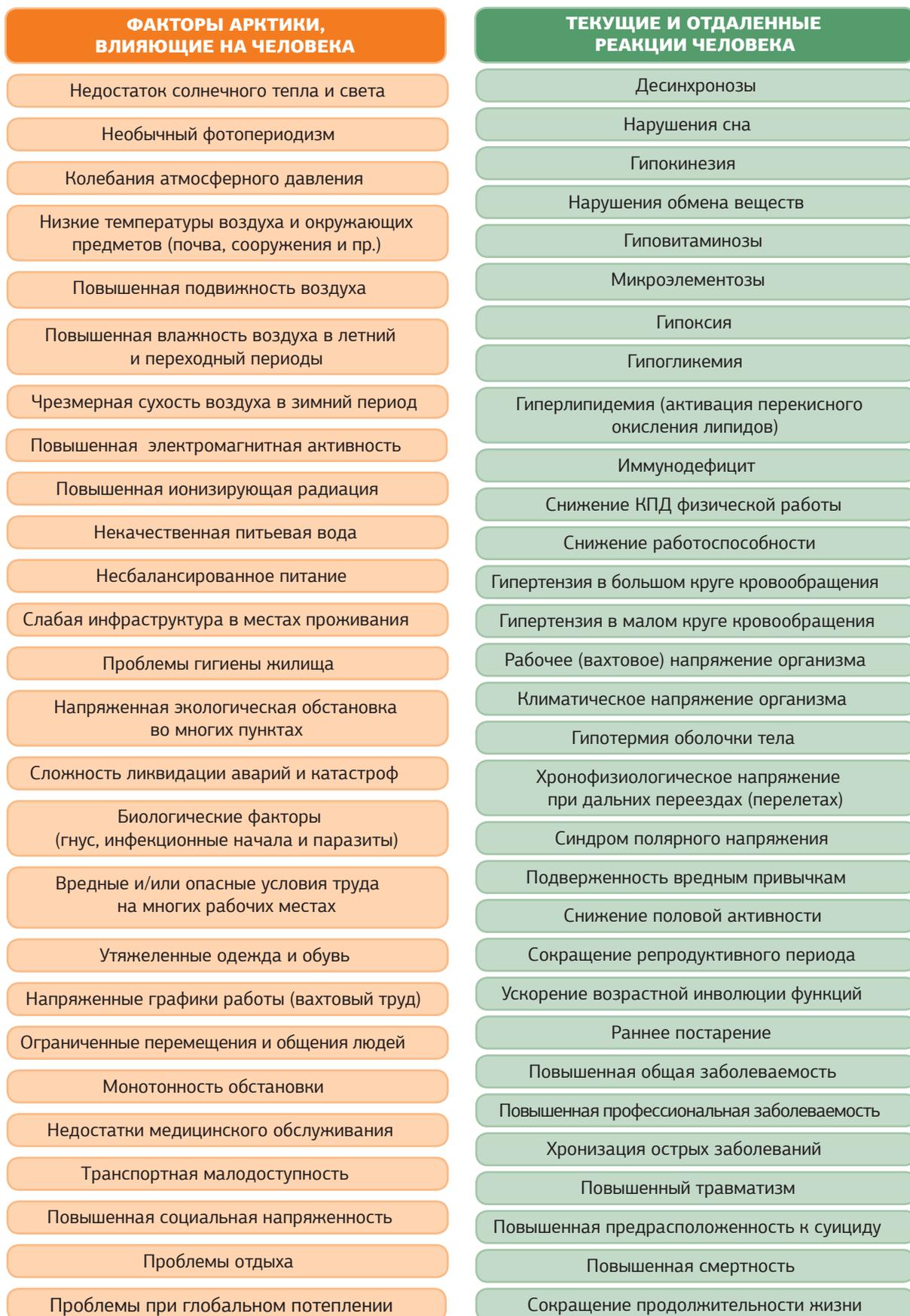


Рис. 1. Факторы Арктики и состояния человека

без ущерба для здоровья и естественного прироста населения, но и сопровождалось рядом бесспорно положительных демографических сдвигов [16].

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 [8]. У строителей в Заполярье обнаружено увеличение теплообмена в покое и при работе, особенно зимой [6]. У полярников в Антарктиде оказались нарушены почти все виды обмена веществ [16]. Обнаружены низкие уровни сахара и витаминов в крови северян [21]. Описан «полярный метаболический тип», для которого характерен переход с углеводного на жировой энергообмен, нарушения затрагивают также водный обмен [14]. Чрезмерная сухость воздуха в Заполярье приводит к обезвоживанию организма [27].

Для Крайнего Севера характерны резкие сезонные колебания ряда факторов. Не случайно наибольшее количество заболеваний у прибывающих туда приходится на середину полярной ночи. У многих возникает зимняя депрессия — состояние, подобное психическому заболеванию, — «сезонное аффективное расстройство» [11].

Доминирующим фактором Заполярья является холод, который влияет на теплообмен и работоспособность человека. Было показано, что КПД физической работы на открытом воздухе в условиях Крайнего Севера на 15—25% ниже, чем в средних широтах [16], что свидетельствует о более высокой физиологической стоимости производимой продукции. Отмечено [29], 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 гипертоническая болезнь и ишемическая болезнь сердца — это болезни адаптации [26]. При адаптации на Севере повышаются артериальное давление и сопротивление сосудов, причем установлена зависимость этих изменений от стажа проживания в Заполярье.

Под влиянием более 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, гипертония в малом и большом кругах кровообращения, десинхронозы, сезонная депрессия, снижение физической работоспособности на холоде. Только у северян описаны

«циркумпольный гипоксический синдром» [1], «полярная одышка» [16], «синдром полярного напряжения» [15] и другие аналогичные состояния, а также формируется «полярный адаптивный метаболический тип» (переход на преимущественное использование жиров в питании) [7; 21].

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 уменьшается продолжительность жизни [7; 23; 24].

На Крайнем Севере по сравнению со средней полосой России повышены заболеваемость и смертность [10; 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, 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 [20], первое место в структуре общей заболеваемости военнослужащих в северных регионах России занимают заболевания и поражения, связанные с воздействием холодного фактора (около двух третей всех заболеваний). В эту группу входят: отморожения, ознобления, траншейная и иммерсионная стопа, простудные заболевания: грипп, острые респираторные заболевания, 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 в два-три раза выше, чем в умеренном климатическом поясе.

Возникает вопрос: каковы физиологические предпосылки к возникновению указанной патологии?

В литературе уже давно нашло место представление, что в отношении температур все ткани организма могут быть разделены на две более или менее равные части. Глубокие ткани с более постоянной и более высокой температурой образуют «ядро» («сердцевину»). Поверхностные ткани, температура которых в результате рефлекторной регуляции тонуса питающих их сосудов значительно ниже и заметно меняется, составляют «оболочку». Иногда даже говорят о «гомоиотермном ядре» и «пойкилотермной оболочке».

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 кровоснабжение пальца кисти может увеличиваться до 100 раз. Изменение просвета сосудистого русла в зависимости от термических условий не ограничивается только областью кожных покровов, захватывая 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.

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 переменяющиеся колебания температуры крови и ее содержимого при попадании то в условия тепла (около 37°), то в условия охлаждения на 10—20° и более. Напомним, что линейная скорость кровотока в капиллярах мала, 0,1—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 минуту. 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» [32], включающее в себя вазоконстрикцию, боли, нарушения чувствительности и изменение цвета открытых частей тела. Яркий пример широко распространенной хронической холодовой болезни на Севере — вегетососудистые 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, мигралгий, артралгий и др. [12].

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

По данным И. С. Кандрора [16], 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°. Градиент температур между центральными и периферическими областями достигает почти 9°. Средневзвешенная температура кожи составляет 33,5°, т. е. «оболочка» заметно холоднее «ядра» тела.

При работе на улице в соответствующей одежде, при температуре воздуха -10—15° и скорости ветра 2—3 м/с кожная температура составляет на туловище 31,7°, на стопе — 22,8°, на кисти — 16,1°, на щеке — 15,8°, а средневзвешенная температура кожи — 28,4°, т. е. «оболочка» сильно охлаждена.

По данным Е. В. Майстраха [19], 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 различных 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 соответствующем 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.

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.

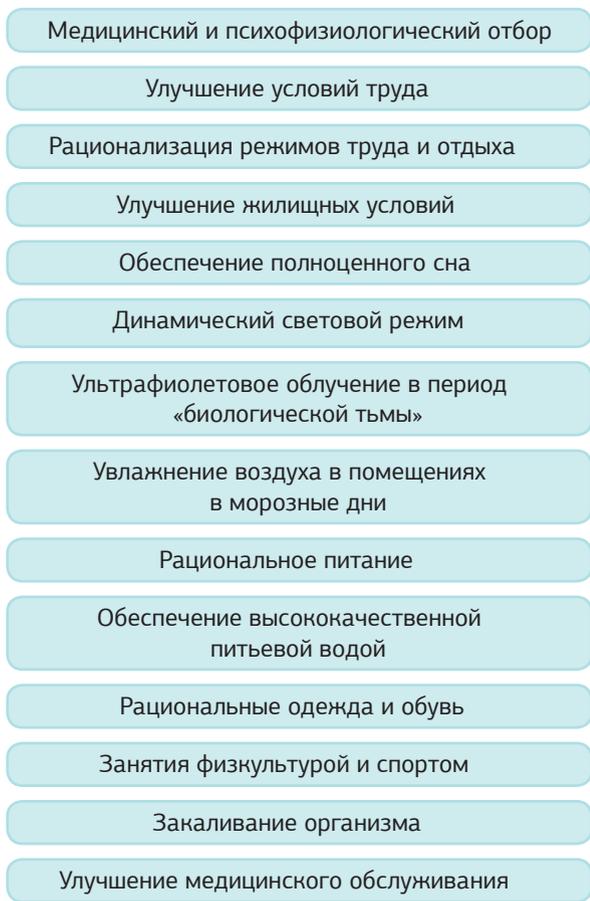


Рис. 2. Профилактические мероприятия в Арктике

В последние годы исследователи обратили внимание на фактор низкой влажности воздуха в Заполярье в морозные дни и связывают с ним такие явления, как повышенная жажда у северян [27] и сниженный коэффициент использования кислорода в легких [9]. 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 снижается диффузионная способность альвеолярной поверхности по отношению к кислороду и уменьшается коэффициент использования кислорода [9].

Чрезмерная сухость воздуха при отрицательных температурах является причиной не только усиления влагопотери, но и формирования гипоксемии у северян, что требует увлажнения воздуха в помещениях зимой и разработки новых средств индивидуальной защиты органов дыхания для работы на морозе [9].

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 [17].

Приезжие в Заполярье вынуждены адаптироваться к новой среде. Показано, что в Заполярье адаптивные реакции протекают по типу гипоксии и часто сопровождаются одышкой [1]. На примере моряков 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) [22].

Описаны определенные экологически обусловленные состояния организма на Крайнем Севере. «Циркумпольный гипоксический синдром» выражается в дыхательной недостаточности и гипертонии малого круга кровообращения у новоселов и старожилов [1]. «Синдром полярного напряжения» [15] 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.

Выжившие 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 реализации современных проектов освоения экстремальных территорий надо полагаться не на физиологическую адаптацию, а на мероприятия социального характера [3].

В. И. Хаснулин [28] подчеркивает, 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.

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

К твердо доказанным 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 пришлое население на Крайнем 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 человека трудны как адаптация, так и реадаптация.

Профилактические мероприятия, необходимые для населения, живущего и работающего в Арктике, приведены на рис. 2.

На основании приведенных материалов можно прийти к заключению, что с точки зрения физиологии и медицины постоянное проживание в Заполярье переселенцев из других регионов страны представляет большую практическую проблему 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. Вместе с тем при кратковременном 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.

Литература

1. Авцын А. П., Марачев А. Г., Матвеев Л. Н. Циркумполярный гипоксический синдром // Вестн. АМН СССР. — 1979. — № 6. — С. 32—39.
2. Агранат Г. А. Использование ресурсов и освоение территорий зарубежного Севера. — М.: Наука, 1984. — 298 с.
3. Адо А. Д. Опосредование биологического социальным в проблеме адаптации человека к экстремальным условиям // Вестн. АМН СССР. — 1980. — № 4. — С. 57—63.
4. Айдаралиев А. А., Максимов А. Л. Адаптация человека к экстремальным условиям: Опыт прогнозирования. — Л.: Наука, 1988. — 126 с.
5. 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.
6. Бобров Н. И., Ломов О. П., Тихомиров В. П. Физиолого-гигиенические аспекты акклиматизации человека на Севере. — Л.: Медицина, 1979. — 184 с.
7. Бойко Е. Р. Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. — Екатеринбург: УрО РАН, 2005. — 192 с.
8. Борискин В. В. Жизнь человека в Арктике и в Антарктике. — Л.: Наука, 1973. — 200 с.
9. Величковский Б. Т. Причины и механизмы снижения коэффициента использования кислорода в легких человека на Крайнем Севере // Биосфера. — 2010. — Т. 1, № 2. — С. 213—217.
10. Влияние глобальных климатических изменений на здоровье населения Российской Арктики / ООН. — [Б. м.], 2008. — 28 с. (<http://www.ecfor.ru/pdf.php?id=books/revich01/oon>).
11. Вуртман Р. Д., Вуртман Д. Д. Углеводы и депрессия // В мире науки. — 1989. — № 3. — С. 46—54.
12. Герасимова Л. И. Патогенетическая роль дезадаптации к холоду в развитии донозологических состояний в условиях Севера: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук / С.-Петербург. гос. мед. ун-т им. И. П. Павлова. — СПб., 2008. — 34 с.
13. Данишевский Г. М. Патология человека и профилактика заболеваний на Севере. — М.: Медицина, 1968. — 412 с.
14. Деряпа Н. Р., Рябинин И. Ф. Адаптация человека в полярных районах Земли. — Л.: Медицина, 1975. — 184 с.
15. Казначеев В. П. Современные аспекты адаптации. — Новосибирск: Наука, 1980. — 191 с.
16. Кандрор И. С. Очерки по физиологии и гигиене человека на Крайнем Севере. — М.: Медицина, 1968. — 279 с.
17. Кривошецов С. Г., Охотников С. В. Производственные миграции и здоровье человека на Севере. — Москва; Новосибирск: Изд-во СО РАМН, 2000. — 118 с.
18. Куликов В. Ю., Ким Л. Б. Кислородный режим при адаптации человека на Крайнем Севере. — Новосибирск: Наука, 1987. — 160 с.
19. Майстрах Е. В. Физиология острого охлаждения организма / Руководство по физиологии: Физиология терморегуляции. — Л.: Наука, 1984. — С. 181—222.
20. Образцов Л. Н. Медицинская экология Европейского Севера России. — СПб.: ВмедА, 1998. — 258 с.
21. Панин Л. Е. Здоровье: норма или патология? // Бюл. СО АМН СССР. — 1987. — № 1. — С. 27—34.
22. Сапов И. А., Новинов В. С. Неспецифические механизмы адаптации человека. — Л.: Наука, 1984. — 146 с.
23. Солонин Ю. Г. Медико-физиологические проблемы адаптации человека на Севере (обзор) // Экстремальные районы: вопросы хозяйственного освоения и структурных сдвигов. — Москва; Сыктывкар: Коми НЦ УрО АН СССР, 1992. — С. 85—95.
24. 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.
25. Сороко С. И. Нейрофизиологические механизмы индивидуальной адаптации человека в Антарктиде. — Л.: Наука, 1984. — 151 с.
26. Турчинский В. И. Кардиологические аспекты адаптации человека на Крайнем Севере // Вестн. АМН СССР. — 1979. — № 6. — С. 23—32.
27. Устюшин Б. В., Деденко И. И. Особенности обеспечения гомеостаза организма человека на Крайнем Севере // Вестн. АМН. — 1992. — № 1. — С. 6—10.
28. Хаснулин В. И. Введение в полярную медицину. — Новосибирск: СО РАМН, 1998. — 337 с.
29. Чащин В. П., Величковский Б. Т. Взаимодействие организма и вредных веществ в условиях холода // Вестн. АМН СССР. — 1989. — № 9. — С. 21—26.
30. Черешнев В. А. Социально-экологические приоритеты развития Арктической зоны Российской Федерации // Экология человека. — 2011. — № 6. — С. 3—4.
31. Dick A. F. Fitness changes in an Australian Antarctic Expedition // Eur. J. Appl. Physiol. 1985. — Vol. 54, № 2. — P. 191—195.
32. Leppaluoto J., Hassi J. Human physiological adaptations to the arctic climate // Arctic. 1991. — Vol. 44. — P. 139—145.