

УДК 613.7:502.5(203) (98)

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ПАРЦИАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА ПЛОТНОСТИ КИСЛОРОДА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ

В.Н. Петров

Научный отдел медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН

Аннотация

Установлено, что количество эритроцитов и уровень гемоглобина у мужчин и женщин, проживающих в г. Апатиты, выше, чем у сверстников, проживающих в средней полосе России, г. Серпухов. Уровень эритроцитов жителей г. Апатиты находится на верхней границе нормы как у женщин, так и у мужчин. По нашим предположениям, это связано с климатическими различиями.

В работе сравнивается заболеваемость населения муниципальных образований, имеющих различие только по климатическим факторам, г. Серпухов (Московская обл., 56 северной широты) и г. Апатиты (Мурманская обл., 68 северной широты). В структуре заболеваемости детского населения г. Апатиты преобладают болезни органов дыхания, болезни глаз и придаточного аппарата, а также повышенный уровень болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани. Среди взрослого населения г. Апатиты за последние 10 лет отмечается рост таких заболеваний, как болезни систем кровообращения, костно-мышечной системы, мочеполовой системы, болезни глаза и его придаточного аппарата.

Ключевые слова:

климатические и погодные условия, парциальное давление кислорода, адаптационные факторы, общая сопротивляемость организма, уровни гемоглобина и эритроцитов.



Введение

Климатические факторы могут вызывать более или менее выраженные функциональные сдвиги в организме даже у лиц, приспособившихся к определенному климату. Реакции организма в ответ на действие метеорологических факторов зависят не только от колебаний погодных условий, но и от индивидуальных особенностей функционального состояния организма, сопутствующих заболеваний, пола и возраста больного, его образа жизни, физической активности, эмоционального равновесия, характера питания и степени нарушения обменных процессов. В результате резких изменений погодных условий у некоторых лиц отмечаются значительные функциональные сдвиги нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Для того чтобы человеку было комфортно, атмосферное давление должно быть равно 750 мм рт. ст. Если атмосферное давление отклоняется хоть на 10 мм в ту или иную сторону, человек чувствует себя некомфортно и это может сказаться на его состоянии здоровья.

Медико-биологические данные, свидетельствующие о прямой зависимости кислородной обеспеченности организма от синоптико-метеорологических условий, находятся в логическом несоответствии с укоренившимся мнением о стабильности содержания кислорода в воздухе на равнинах. Исследования, проведенные в 1965–1985 гг., позволили не только опровергнуть существующее представление о стабильности содержания кислорода в воздухе на равнинах, но и предложить новый параметр кислорода, содержащегося в воздухе, – парциальную плотность [1]. В условиях равнин формирование погодной гипоксии сочетается с рядом негативных факторов, таких как: гипобария, гипертермия, высокая влажность воздуха, низкая освещенность,

дискомфортные по теплоощущению гигротермические условия, высокий (до 2 тыс. В/м) градиент потенциала атмосферного электричества с изменением знака поля, значительно низкая концентрация природных аэроионов, нарушение суточной динамики основных метеорологических величин, увеличение их междусуточной изменчивости. Рассчитан вертикальный градиент парциальной плотности кислорода в воздухе, равный 3.3 г/м^3 на 100 м. Отсюда следует, что уменьшение парциальной плотности кислорода в воздухе равнин на $30\text{--}33 \text{ г/м}^3$ эквивалентно подъему на высоту около 1 тыс. м. Весовое содержание кислорода в воздухе прямо пропорционально атмосферному давлению за вычетом парциального давления водяного пара и обратно пропорционально температуре воздуха [2].

Температура, °С	Давление кислорода (pO_2), г/м ³
-30	358
0	304
+30 (вл. 10 %)	270
+30 (вл. 60 %)	264

Основной современной задачей эволюции является дальнейшее развитие интеллектуальной материи – человеческого мозга. Организация интеллекта человека связана с развитием мозга. Он управляет всем нашим организмом через нейрогуморальную систему. Дыхательная и сердечно-сосудистая системы взаимосвязаны. Устройство системы кровообращения подчинено в первую очередь задачам насыщения организма кислородом, то есть дыхательной функции. Процессом управляет дыхательный центр, расположенный в продолговатом мозге. Кровь, отдав углекислый газ и получив кислород в легких по малому и большому кругу кровообращения, доставляет его во все органы и ткани человека. Из малого круга кровоснабжаются голова (мозг), сердце и руки. В рамках данных систем рационализации мозг занимает первое место: мозг составляет около 2 % от массы тела (приблизительно 1/50 веса тела) и получает 18–29 % циркулирующей крови. Нервные клетки мозга потребляют до 25 % энергии, вырабатываемой в организме. Такое потребление энергии требует хорошей кислородной доставки. Количество кислорода, необходимое для обеспечения жизнедеятельности человека, содержится в сравнительно небольшом количестве свежего воздуха: за одну минуту в покое человек вдыхает и выдыхает 6–9 л воздуха, при физической нагрузке – 80–90 л, иногда до 170 л. Парциальное давление кислорода ($P O_2$) в артериальной крови 12–12.6 кПа, венозной – 4.6–6 кПа.

Мозг практически не располагает запасами кислорода, что делает его не только чрезвычайно чувствительным к гипоксии, но и ставит в прямую зависимость функционирования мозговых структур от оптимального режима кровоснабжения.

Интенсивность газообмена пропорциональна интенсивности окислительно-восстановительных процессов, происходящих во всех органах и тканях, и находится под регулирующим влиянием нервной и эндокринной систем.

Современные представления о проблеме

Дефициту кислорода в организме предшествует ряд компенсаторных реакций, направленных на поддержание оптимальной концентрации кислорода. Гипоксия развивается только при несостоительности адаптивных реакций. Перенос кислорода от легких к тканям, а также в выведении углекислого газа из организма и регуляция КОС (кислотно-основного состояния) осуществляется гемоглобином, содержащимся в эритроците крови. Л.Б. Ким в своей работе отмечала, что у жителей севера происходит снижение pH венозной крови и это приводит к уменьшению pH в тканях органов, при этом сродство гемоглобина к кислороду снижается, что

способствует более легкому его высвобождению в организме и использованию в окислительных процессах клеток [3]. Таким образом проявляется механизм компенсации гипоксии в тканях.

На этапе долговременной акклиматизации растет число эритроцитов и содержание в них гемоглобина, повышающих кислородную емкость крови (сухое вещество эритроцита содержит до 95 % гемоглобина). Это обусловлено увеличением секреции гормонов – эритропоэтинов в красном костном мозге.

Повышение количества эритроцитов в крови, эритроцитоз, – один из характерных лабораторных признаков эритремии. Относительные эритроцитозы проявляются в клинических формах – пребывание на больших высотах – гипоксия, дегидратация организма, эмоциональные стрессы, алкоголизм, курение. Основные причины увеличения количества эритроцитов в крови первичные – эритремия и вторичные (симптоматические), вызванные гипоксией, – заболевания легких, бронхиальная астма, повышенная физическая нагрузка, пребывание на больших высотах [4, 5]. Количество эритроцитов и концентрация гемоглобина в крови – постоянные величины до 40-летнего возраста, но постепенно снижаются к 70 годам. В дальнейшем заметное снижение этих показателей происходит параллельно изменению клетки красного костного мозга [4].

При формировании выраженной погодной гипоксии на равнине выявлено:

- нарушение корковой нейродинамики, преобладание тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы;
- нарушение водно-электролитного обмена и кислотно-основного состояния, а также нарушение функции гомостатической системы;
- уменьшение коэффициента использования кислорода в легких, гиперкапния на фоне гипоксемии;
- ослабление контрактильных свойств левого желудочка сердца, углубление гемодинамических сдвигов негативного характера, определяющих гипокинетический тип гемодинамики и явления циркуляторной гипоксии вторичного характера [6].

Другие авторы исследовали механизмы регуляции функционального состояния мозга у человека в условиях дозированной острой гипоксии и заметили, что переключение интегративных механизмов регуляции с корково-таламического на лимбико-дизэнцефальный уровень может обеспечивать снятие энергетически затратных неспецифических компонентов гипоксического стресса и более устойчивую регуляцию основных систем жизнеобеспечения [7].

При анализе парциальной корреляции выявлено, что только с атмосферным давлением статистически значимо коррелирует диастолическое давление [8]. Корреляция с другими факторами при исключении влияния давления атмосферы становится незначительным. Следовательно, атмосферное давление в данной ситуации остается доминирующим фактором. Известно, что повышение атмосферного давления и снижение влажности воздуха ведут к увеличению парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе. Этим и можно объяснить депрессорный и брадикардический эффекты в системе кровообращения в состоянии покоя зимой.

Исследователи установили [9], что наращивание функциональных резервов организма происходит за счет дополнительного раскрытия альвеол в верхних и средних зонах легких. При длительном проживании человека на Севере (более 10–15 лет) давление крови в малом кругу значительно превышает нормальную величину, частота легочной гипертензии достигает 80 %. Вместе с тем возможность дальнейшего повышения морфофункциональных адаптационных резервов у них оказывается уже достаточно исчерпанной. Поэтому большие физические перегрузки, курение, простуда вызывают нарастание гипоксемии и развитие деструктивных изменений легочной ткани. Это, в свою очередь, обуславливает частое возникновение и тяжелое течение острых и хронических патологических процессов в органах дыхания. Авторы настоящей статьи отметили, что при снижении абсолютной влажности воздуха до значений, характерных для регионов Крайнего Севера ($2 \text{ г}/\text{м}^3$), вызывает увеличение кровенаполнения легких и повышение сосудистого тонуса. Морфологические и функциональные

изменения органов дыхания заключаются прежде всего в увеличении площади альвеолярной поверхности легких в среднем на 24 % и объема легочных капилляров на 39 %. Характерная особенность процесса адаптации к экстремальным условиям Крайнего Севера – повышение систолического давления в легочной артерии выше 30 мм рт. ст., которое выявляется у большинства обследованных здоровых жителей Заполярья.

Определенная степень функциональной гипоксии, связанная с затруднениями при извлечении кислорода из низкотемпературного окружающего воздуха, наблюдается в условиях Севера [10].

Так как величина жизненной емкости легких (ЖЕЛ) зависит не только от анатомических размеров грудной клетки, развития дыхательной мускулатуры и растяжимости легочной ткани, а в определенной степени и от легочного кровообращения, то можно предположить, что изменение ЖЕЛ в годовом цикле, скорее всего, связаны с сезонными колебаниями кровотока в легких и их кровенаполнения. Повышенную ЖЕЛ в осенний период года по сравнению с весенним можно расценивать как компенсаторно-приспособительную реакцию организма в ответ на начало действия холодового фактора, направленную на увеличение площади дыхательной поверхности легких, обеспечивающей газообмен, и на улучшение параметров кондиционирования воздуха [11]. Существенное влияние на формирование функционального состояния организма человека оказывают сезонные годы [12, 13]. На протяжении года человек проходит циклы естественной сезонной акклиматизации, которые проявляются различными компенсаторно-приспособительными реакциями организма, направленными на уравновешивание с внешней средой, особенно со стороны системы внешнего дыхания. Максимальное потребление кислорода детей отмечалось в переходный период от теплого времени года к холодному (осень). Прослеживалась тенденция повышения значения от весны к осени в группе мальчиков и от зимы к осени в группе девочек [14]. Известно, что для нормальной жизнедеятельности организма человека необходимо постоянное поступление в его ткани и клетки кислорода и удаление углекислого газа [15].

Как отметила в своей работе Л.Б. Ким, приспособительные реакции организма жителей Севера имеют тенденцию к повышению глубины дыхания, что обеспечивает необходимый уровень легочной вентиляции. С возрастом резервные показатели внешнего дыхания снижаются, что отражается на адаптивных возможностях респираторной системы [16]. Наблюдения авторов [17] показывают, что можно выделить особый северный вариант гипертонической болезни, начинающийся примерно через 5 лет после проживания на севере и имеющий быстро прогрессирующее течение с частыми кризами и инсультами.

Обнаруженные в работе изменения показателей АД в ответ на изменения температуры и влажности воздуха в зимний период вполне согласуются с общими представлениями о реакции сердечно-сосудистых систем и органов дыхания на действие метеорологических факторов в условиях Севера. Известно, что даже при нормальном содержании кислорода в воздухе характерным синдромом северных широт является развитие гипоксии. Возможные механизмы возникновения гипоксии в условиях Севера, обусловленные снижением коэффициента использования кислорода, обсуждаются, например, в работе [18].

Основной причиной наблюдаемых адаптационных изменений органов дыхания являются «сочетанное воздействие низкой температуры атмосферного воздуха и низкого абсолютного содержания в нем водяных паров». Именно при таком сочетании внешних факторов наблюдались значимые изменения среднего уровня АД у всех испытуемых [19].

Высказана мысль о том, что периодическая физиологическая гипоксия играет роль рефлекторного раздражителя и в зависимости от меры и скорости развития может вызывать как возбуждение, так и торможение нервных центров. Периодически возникающая гипоксия той или иной степени обычна для многих форм трудовой и спортивной деятельности. Любое сколько-нибудь значительное усиление двигательной активности, сопровождающееся резким увеличением кислородного запроса, неизбежно приводит к возникновению тканевой гипоксии, имеющей

обратимый характер и сменяющейся значительным усилением аэробного обмена веществ в тканях при прекращении работы или при снижении ее интенсивности. К возникновению гипоксии регионального характера приводит также необходимость поддержания фиксированных поз рабочего акта, вызывающих нарушение нормального кровотока, и значительные эмоциональные нагрузки, сопровождающиеся выбросом катехоламинов в кровь и увеличением метаболической потребности тканей в кислороде [20–23].

В другой работе [24] показано, что широтный фактор в пределах Европейского Севера проявляет свое физиологическое влияние на растущий организм подростков 14–15 лет уже при разнице места постоянного нахождения всего на 3° . У подростков, проживающих на широте 65° , по сравнению с подростками, проживающими на широте 62° , снижены переносимость гипоксемии, скорость восстановления гемодинамики после кратковременной физической нагрузки, уровень физического здоровья, замедлена функция переключения внимания, более выражены явления гипоксии.

Общая кислородная недостаточность компенсируется ускорением циркуляции крови за счет учащения сердечных сокращений. Авторы обращали внимание на рост заболеваемости органов кровообращения у школьников северного города Магадана, ведущих обычный образ жизни. По сравнению со сверстниками среднеширотных областей наблюдается увеличение частоты сердечных сокращений, повышение уровня артериального давления и индекса напряжения миокарда. Особенно превышение артериального давления (на 8–10 мм рт. ст.) отмечается в возрасте 14–15 лет, т.е. сразу после пубертатного скачка. У детей-спортсменов по сравнению со школьниками этих явлений не наблюдается [25].

Занятия спортом нормализуют артериальное давление. Установлено, что высокая физическая активность, связанная с регулярными спортивными тренировками, сопровождается уменьшением артериального давления в покое, параметрами сердечного выброса и увеличением удельного периферического сопротивления сосудов.

Известно, что по мере снижения содержания кислорода во вдыхаемом воздухе и развития артериальной гипоксемии формируется комплекс ответных реакций организма, направленных на предотвращение тканевой гипоксии [26, 27]. При этом усиливается вентиляторная функция внешнего дыхания и легочный кровоток головного мозга и сердца, повышается кислородная емкость крови, тканевой транспорт кислорода и активируются механизмы тканевого дыхания. Полученные данные показывают, что у физически не тренированных лиц в условиях гипоксии уровень потребления кислорода сохраняется за счет увеличения легочной и альвеолярной вентиляции, обусловленного возбуждением артериальных хеморецепторов, чувствительных к pH крови [28, 29].

При длительных занятиях плаванием адаптивные изменения в системе дыхания приводят к снижению вентиляционной чувствительности к углекислоте и усилению буферных свойств кислород-транспортной системы, усилению ее роли и эффективности использования [30]. В результате обменных процессов у девочек-лыжниц, по сравнению с девочками-гимнастками, в большей степени преобладает парасимпатический отдел вегетативной нервной системы. У девочек-гимнасток наблюдается преобладание симпатического отдела, что отражается в повышенных величинах частоты сердечных сокращений и минутного объема крови. Такие различия, возможно, связаны с различной спортивной специализацией [31].

Особенностью эндокринного статуса человека на Севере является напряжение в системе «гипофиз – надпочечники» с тенденцией к повышению кортизола, являющегося естественным для организма человека иммунодепрессантом [31]. Состояние иммунной системы у человека на Севере отличается низким содержанием в крови функционально активных Т-лимфоцитов, IgA на фоне относительно высоких концентраций IgG, IgE и повышенных уровней IgM и ЦИК. Вторичное изменение Т-клеточного набора развивается путем нарушения клonalного равновесия из-за длительного преобладания активации Т-клеточного звена. На Севере у человека выше содержание в крови иммунокомпетентных клеток, экспрессирующих активные рецепторы:

CD25+, HLA-DR71+, а также цитотоксических лимфоцитов, цитокинов и клеток, меченных к апаптозу CD95+ (1, 2). Нормальный уровень активности синтеза иммуноглобулинов А формируется у детей, проживающих на Севере, только к 12–14 годам, опаздывая на 2–4 года по сравнению с возрастным развитием иммунитета у детей, проживающих в комфортной климатической обстановке. Иммунная система у человека, проживающего в неблагоприятной климатической обстановке, недостаточна эффективна [32].

Результаты и обсуждения

Если сравнивать показатели заболеваемости жителей Заполярного Круга, 68° северной широты (г. Апатиты Мурманской обл.), с заболеваемостью населения, проживающего в средней полосе России, 56° северной широты, например, с болезненностью в г. Серпухов Московской обл., где не действуют выраженные климатические факторы, характерные для Арктической зоны, а высота расположения городов над уровнем моря почти одинаковая: г. Апатиты 140–170 м, г. Серпухов 140–156 м, то можно исследовать влияние этих факторов. В г. Серпухов благоприятная экологическая обстановка [34]. Следует также отметить, что лечебно-диагностические базы по оснащенности диагностической аппаратурой и по профессиональному медицинскому составу близки друг к другу, и эти факторы не влияют на различия в диагностике заболеваний населения.

По данным Meteoinfo.by, в зимний период года (декабрь, январь, февраль 2013 г.) в среднем разница в атмосферном давлении между городами Апатиты и Серпухов составляет 10 мм рт. ст. (в г. Апатиты ниже, чем в средней полосе России), при пасмурной погоде (-2–4 °C) в г. Апатиты – 738 мм рт. ст., а в г. Серпухов – 748 мм рт. ст. Влажность – от 88 до 95 % в обоих городах. В солнечную погоду при температуре -20 °C, влажности воздуха в г. Апатиты 7 % давление – 764 мм рт. ст., а в Серпухове при такой же температуре влажность – 82 %, атмосферное давление 776 мм рт. ст.

По предположениям авторов настоящей статьи организм проживающих в Заполярье должен отреагировать на кислородное голодание повышением количества эритроцитов и гемоглобина в крови. В связи с этим проверялись показатели крови по этим параметрам у молодого населения городов Апатиты и Серпухов, так как они еще не имеют хронических заболеваний, оказывающих влияние на показатели крови. Авторами проанализированы данные анализов крови у подростков (девочки и мальчики) и допризывной молодежи (табл. 1).

Таблица I

Состояния клинического анализа периферической крови у подросткового населения (15–17 лет) и допризывной молодежи (18–20 лет), проживающих в Апатитах и Серпухове

Пол, город (количество обследованных)	Эритроциты (усредненные данные)	Норма эритроцитов для данного возраста (17–19 лет) [35]	Гемоглобин (усредненные данные)	Норма гемоглобина для данного возраста (17–19 лет) [35]
Женщины Апатиты (129 ч.)	$4.74 \pm 0.13 \times 10^{12}$	$3.5\text{--}5.0 \times 10^{12}$	$142.5 \pm 0.15 \text{ г/л}$	112–148 г/л
Серпухов (57 ч.)	$4.26 \pm 0.12 \times 10^{12}$		$131 \pm 0.15 \text{ г/л}$	
Мужчины Апатиты (101 ч.)	$5.25 \pm 0.13 \times 10^{12}$	$3.9\text{--}5.6 \times 10^{12}$	$158.7 \pm 0.2 \text{ г/л}$	120–168 г/л
Серпухов (48 ч.)	$4.9 \pm 0.12 \times 10^{12}$		$140 \pm 0.2 \text{ г/л}$	

Как видно из представленных в табл. 1 данных, количество эритроцитов и гемоглобина у мужчин и женщин, проживающих в г. Апатиты, выше, чем у сверстников, проживающих в средней полосе России (г. Серпухов). Уровень эритроцитов у жителей Апатитов находится на высокой границе нормы как у женщин, так и у мужчин. Можно предположить, что у них отмечается умеренный эритроцитоз из-за незначительной гипоксии крови.

В Апатитах число регистрации анемий во всех возрастных группах практически одинаковое – в пределах 8 случаев. В Серпухове число регистрации анемий с возрастом понижается с 8 случаев в возрасте до 14 лет, 3.9 случая в возрасте 15–17 лет и 1.1 случая у лиц старше 18 лет (табл. 2, 3).

Таблица 2

Число случаев развития анемий у населения средней полосы и Арктической зоны

Возраст	Апатиты (на 1 тыс. чел.)	Серпухов (на 1 тыс. чел.)
0-14 лет	8 сл.	8 сл.
15-17 лет	5.6 сл.	3.9 сл.
18 лет и старше	8 сл.	1.1 сл.

Таблица 3

Заболеваемость по регионам (кол-во посещений врача на 1 тыс. населения)

Возраст	РФ	Мурманская обл.	Апатиты
0–14 лет	2954	3267	3573
18 лет и старше	1528	1672	1819

Анемии всегда вторичны, т.е. являются одним из симптомов какого-то общего заболевания.

При анализе заболеваемости населения отмечено, что в г. Апатиты общая заболеваемость выше по сравнению с г. Серпухов как среди детского (в 1.5 раза), так и среди взрослого населения (в 1.3 раза). Увеличение заболеваемости населения г. Апатиты наблюдается по всем нозологическим формам (табл. 4).

Таблица 4

Структура заболеваемости в городах Апатиты и Серпухов среди детей 0–14 лет
(количество посещений врача на 1 тыс. населения)

№ п/п	Нозология	Апатиты	Серпухов
1	болезни органов дыхания	1765	1572
2	болезни глаза и его придат. аппарата	242	132
3	болезни костно-мыш. системы и соед. ткани	167	25
9	болезни эндокринной системы и расстр. питания	67	8
Итого: % от общей заболеваемости		69	77

Заболеваемость органов дыхания у детского населения в г. Апатиты немного выше, чем в средней полосе России (1765 и 1572 случая соответственно; острые респираторные вирусные инфекции верхних и нижних дыхательных путей, грипп). Второе место в структуре заболеваемости у детей в г. Апатиты занимают болезни глаз – 242 сл. (табл. 4), а в г. Серпухове – болезни органов пищеварения (137 сл.). На третьем месте в г. Апатиты находятся заболевания костно-мышечной системы (167 сл.), а в г. Серпухове – болезни глаз (132 сл.). Высокая заболеваемость в Апатитах среди детей и подростков болезнями глаза и придаточного аппарата: миопии – 270 сл. (на 1 тыс. детей); г. Серпухов: миопии – 58.3 сл. (на 1 тыс. детей). В г. Апатиты

катаракт (помутнение хрусталика) 30 сл. на 1 тыс. чел. взрослого населения, а в Серпухове 15.8 сл. Глауком (опухоли глаза) в Апатитах 7 сл., а в Серпухове 13 сл. на 1 тыс. населения.

Среди взрослого населения в г. Апатиты за последние 10 лет отмечается рост в 1.5–2 раза таких заболеваний, как болезни систем кровообращения (особенно гипертонические заболевания, ишемическая болезнь сердца, цереброваскулярные болезни), болезни костно-мышечной системы (артропатии, артрозы, деформирующие дистрофии), болезни глаз и придаточного аппарата (катаракта, глаукома, миопатия, конъюктивиты и болезни мышц глаз с нарушением движения глаз), мочеполовой системы, органов пищеварения, эндокринной системы и т.п. Общее количество отмеченных заболеваний в Апатитах выше, чем у жителей средней полосы России, г. Серпухов (табл. 5).

Таблица 5

Структура заболеваемости в городах Апатиты и Серпухов,
взрослые от 18 лет и старше (количество посещений врача на 1 тыс. населения)

№ п/п	Нозология	Апатиты	Серпухов
1	болезни систем кровообращения	317	286
2	болезни костно-мыш. системы и соед. ткани	215	84
3	болезни органов дыхания	209	144
4	болезни глаза и его придат. аппарата	159	72
Итого: % от общей заболеваемости		57	52

У жителей пенсионного возраста г. Серпухов болезни систем кровообращения также преобладают, составляя 32 %. На втором месте, по сравнению с г. Апатиты, располагаются новообразования, почти 13 %, на третьем месте болезни глаза и его аппарата – 11.5 %, на четвертом – болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани – 8.7 %, на пятом месте болезни органов дыхания – 8.4 % и на шестом болезни эндокринной системы – 7.9 %, что в сумме составляет – 81.5 % от всех заболеваний данной возрастной группы.

В каждой возрастной группе населения преобладают заболевания органов и систем, характерных для физиологического развития человека и зависящие от его образа жизни, что отражается на структуре заболеваемости. Во взрослом организме повышение артериального давления объясняется сочетанным действием гипоксемии с неблагоприятными социальными факторами: нездоровий образ жизни – вредные привычки (алкоголь, курение); эмоциональный стресс и т.д.

Влияние вредных привычек на увеличение потребления кислорода организмом человека отмечали авторы, исследовавшие интенсивность процессов перекисного окисления липидов в крови жителей Крайнего Севера в состоянии острого алкогольного психоза [36]. Через 8 часов после поступления этианола в организм содержание перекисей липидов в печени возрастает. Возможно, это связано с повышением потребления организмом кислорода.

Интересные наблюдения отметил автор диссертации А.Н. Фомин [37]. По его данным, большая приспособленность к экстремальным условиям высоких широт отмечалась у людей, переехавших из сухого степного или полупустынного климата. Меньше встречались заболевания и у людей, переехавших в Арктику из горной местности, где в крови человека повышенное содержание гемоглобина и эритроцитов. Показано, что у жителей Севера, устойчивых к действию экстремальных природных факторов высоких широт, отмечается высокая функциональная активность правого полушария головного мозга, особенно правого полушария. Оказалось, что усиление функциональной активности правого полушария мозга наблюдается уже с первой недели после переезда на Север.

Другими авторами исследовано влияние нормобарической гипоксии (вдыхание газовой смеси с 10 % содержанием О₂ в течение 16 мин) на показатели сердечно-сосудистой системы в группе здоровых молодых мужчин. Полученные данные позволяют предполагать, что использованная гипоксическая нагрузка активирует преимущественно нервно-рефлекторные механизмы регуляции периферического кровотока, а исходный уровень кровоснабжения скелетных мышц в значительной степени определяет развитие сосудистой реакции в периферических тканях на острую гипоксию [38].

При максимальной задержки дыхания (искусственное создание гипоксии мозга) у обследованных учащался пульс и повышался уровень артериального давления.

Данные наблюдения отмечены в работе [39]. У практически здоровых молодых мужчин исследованы изменения кардиореспираторных показателей при пролонгированной (25 мин) экспоненциально снижающейся концентрации О₂ в ингаляционной дыхательной смеси (от 20.9 до 10 %). Показано, что реакция роста частоты сердечных сокращений (ЧСС), встречающаяся в 100 % случаев, сочетается с нарастанием гипоксемии, отмечаемой по снижению сатурации (насыщение кислородом гемоглобина) артериальной крови. Индивидуальный прирост ЧСС на гипоксию значимо связан с текущим диастолическим артериальным давлением крови.

Если человек длительное время проживает в местности, где в воздухе снижено содержание кислорода, то может возрастиать недостача кислорода в сосудах, кровоснабжающих зрительный нерв и сетчатку глаза, хрусталик, что и уменьшает адаптационные возможности зрительного аппарата, особенно в период полярной ночи и нагрузки во время учебного процесса. Возникают изменения кровообращения в системе центральной глазничной артерии, что указывает на сосудистые сдвиги и состояние мозговой гемодинамики [40, 41]. В результате этого растет число случаев заболеваний органов глаза и его придаточного аппарата среди жителей Заполярья. В работе показано, что снижение содержания гемоглобина и эритроцитов в крови у детей 6–8, 10–12 и 12–14 лет с самого начала обучения в школе приводит к развитию близорукости и способствует гипоксии и функциональной слабости организма [42].

Выводы

Влияние неблагоприятных климатических факторов Арктики на здоровье детского организма (в частности, гипоксии) приводит к различным иммунологическим реакциям, что отражается на сенсибилизации организма и, как следствие, к снижению общей сопротивляемости. По мнению И.И. Шмыкова, это объясняется неравномерностью роста и созревания отдельных легочных структур, несовершенством нейрогуморальной регуляции внешнего дыхания, что приводит к функциональной нестабильности и определяет высокую чувствительность дыхательной системы детей к воздействию неблагоприятных факторов [43]. Не случайно у детей корреляция между частотой болезней органов дыхания и природно-климатическими особенностями выражены более четко, чем у взрослых, что, по-видимому, можно объяснить как слабым развитием адаптационных механизмов в несформировавшемся детском организме, так и неумением детей вовремя предохранить себя от неблагоприятных внешних воздействий и неразвитостью иммунной и эндокринной систем. Известно, что в детском возрасте происходит развитие лимфоидной ткани, мезенхимных клеток, зобной железы, т.е. клеток, производящих антитела. У детей первого полугодия жизни аллергические реакции выражаются главным образом в желудочно-кишечной дисфункции (дисбактериоз) и изменениями на коже (дерматиты) [44]. Снижение неспецифического иммунитета можно считать одной из причин относительно высокой заболеваемости населения на Севере.

Недостаточность парциального давления кислорода в атмосфере Заполярного круга организмом компенсируется. В детском организме происходит наращивание функциональных резервов организма за счет дополнительного раскрытия альвеол в верхних и средних зонах легких. Организм отвечает учащением сердцебиения и в дальнейшем эритроцитозом (повышением числа эритроцитов и гемоглобина).

В детском возрасте, когда идет развитие головного мозга, в связи с обучением детей (детсад, школа, институт, дополнительные занятия с репетитором и т.д.) большая нагрузка приходится на зрительный аппарат ребенка. В осенне-зимний период за полярным кругом из-за понижения парциального давления наступает недонасыщение кислородом головного мозга, что приводит к повышенной сонливости в сочетании с низкой освещенностью (полярная ночь).

С возрастом имеет место неадекватное кислородное снабжение, и поэтому уровень тканевого кислорода снижается. Даже небольшая степень гипоксии в пожилом возрасте вызывает включение компенсаторных механизмов, но последние оказываются недостаточно эффективными для поддержания кислородного снабжения, что приводит к снижению парциального давления в тканях. Авторами выявлены существенные сдвиги в системе гомеостаза периферической крови здоровых взрослых мужчин в условиях Заполярья, проявляющиеся в умеренном эритроцитозе и возрастании числа гемоглобина [45].

В пожилом возрасте уже компенсаторные механизмы человеческого организма истощаются. В своих публикациях ученые отметили, что у 79 % лиц в возрасте 40–50 лет диагностированы сочетания трех и более хронических заболеваний сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, желудочно-кишечного тракта, мочеполовой системы и опорно-двигательного аппарата, что почти вдвое превышает показатель болезненности, выявленной в ходе профпатологических осмотров у населения центральных и южных районов России [46]. С увеличением возраста резервные показатели внешнего дыхания снижаются, что отражается на адаптивных возможностях респираторной системы [16].

У пожилых людей повышение артериального давления происходит в результате сочетанного действия гипоксемии и неблагоприятных социальных факторов: вредные привычки (алкоголь, курение), эмоциональные стрессы и т.д. При длительном проживании в районах Арктики (более 10–15 лет) у населения повышается артериальное давление крови в малом кругу, что является компенсаторным механизмом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчарова В.Ф. Климат и здоровье человека // Труды международного симпозиума ВМО/ВОЗ/ЮНЕП СССР (Ленинград, 22–26 сентября 1986 г.). Л.: Гидрометеоиздат, 1988. Т. 2. 2. Климат и здоровье человека: тр. междунар. симпозиума ВМО/ВОЗ/ЮНЕП СССР (Ленинград, 22–26 сентября 1986 г.). Л.: Гидрометеоиздат, 1988. Т. 2. 3. Ким Л.Б. Газовый состав и кислотно-основное состояние крови у жителей Крайнего Севера // Бюллетень СО РАМН. 2002. №1(103). С. 77–81. 4. Кишун А.А. Руководство по лабораторным методам диагностики. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 779 с. 5. Луценко М.Т., Надточий Е.В. Морффункциональная характеристика слизистой бронхов при бронхиальной астме на фоне гипоксии // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2008. № 28. С. 38–43. 6. Характеристика индивидуальных различий функционального состояния человека в условиях гипоксической гипоксии / В.О. Самойлов и др. СПб.: Военно-медицинская академия человека им. С.М. Кирова, 2013. №3 (43). С. 111–117. 7. Сороко С.И., Бекшаев С.С., Рожков В.П. ЭЭГ-маркеры нарушения системной деятельности мозга при гипоксии // Физиология человека. 2007. Т. 33, № 5. С. 1–15. 8. Бойко Е.Р. Сезонная динамика функциональных показателей у северян – участников проекта «Марс-500» // Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. д.м.н. проф. Е.Р. Бойко. Сыктывкар; Екатеринбург: УрО РАН, 2012. С. 28–33. 9. Величковский Б.М. У северян «особые» легкие // Социальное партнерство. 2006. № 3. 10. Евдокимов В.Г., Рогачевская О.В., Варламова Н.Г. Моделирующее влияние факторов Севера на кардиореспираторную систему человека в онтогенезе. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 257 с. 11. Заэльярова А.А. Показатели статистических легочных объемов у детей-северян среднего школьного возраста в различные сезоны года // Адаптация человека на Севере: медико-биологические аспекты. Архангельск, 2012. С. 94–98. 12. Функция внешнего дыхания у молодых мужчин Европейского Севера в годовом цикле / Н.Г. Варламова и др. // Физиология человека. 2008. № 6. С. 85–91. 13. Гудков А.Б., Полова О.Н., Ефимова Н.В. Сезонные изменения биоэлектрической активности миокарда у уроженцев Европейского Севера 18–22 лет // Экология человека. 2012. № 9. С. 32–37. 14. Чупакова Л.В. Изменения показателей легочного газообмена у детей старшего школьного возраста, жителей Европейского Севера, в годовом цикле // Адаптация человека на Севере: медико-биологические аспекты. Архангельск, 2012. С. 348–352. 15. Герасимов И.Г., Самохина Е.В. Взаимосвязь между показателями гемодинамики и дыхания у человека // Физиология человека. 2003. Т. 29, № 4. С. 72–75. 16. Ким Л.Б. Состояние внешнего дыхания у жителей Крайнего Севера в зависимости от возраста и полярного стажа // Бюллетень СО РАМН. 2010. Т. 30, № 3. С. 18–23. 17. Деряпа Н.Р., Рябинин И.Ф. Адаптация человека в полярных районах земли. Л.: Медицина, 1977. 294 с. 18. Величковский Б.Т. Причины и механизмы снижения коэффициента использования кислорода в легких человека на Крайнем Севере // Биосфера. 2010. Т. 1, № 2. С. 213–217. 19. Зенченко Т.А., Солонин Ю.Г., Мерзлыи А.М. Оценка индивидуальной чувствительности

организма человека к действию атмосферных факторов в условиях северных широт // Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. д.м.н., проф. Е.Р. Бойко. Сыктывкар: УрО РАН, 2012. С. 279–284. 20. *Берштейн А.Д.* О региональной гипоксии покоя и работы // Акклиматизация и тренировка спортсменов в горной местности. Алма-Ата, 1965. 129 с. 21. *Колчинская А.З.* Дыхание при гипоксии // Физиология дыхания. СПб., 1994. С. 589–624. 22. *Малкин В.Б., Гиппенрейтер Е.Б.* Острая и хроническая гипоксия // Проблемы космической биологии. 1977. Т. 35. 319 с. 23. *Шеррер Ж.* Физиология труда (эргономия): пер. с фр. М., 1973. 496 с. 24. Влияние широты проживания в условиях севера на организм подростков / Ю.Г. Соловин и др. // Физиология человека. 2012. Т. 38, № 2. С. 107. 25. *Шеверева Ю.Р., Соколов А.Я.* Параметры сердечно-сосудистой системы у детей и подростков Магадана // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: материалы междунар. конф. Архангельск, 2002. Т. 2. С. 722–724. 26. *Колчинская А.З.* Гипоксическая гипоксия, гипоксия нагрузки: повреждающий и конструктивный эффекты // *Hypoxia Med.J.* 1993. №1(3). С. 18–13. 27. Индивидуальные особенности адаптации к физическим нагрузкам в условиях холодного климата / С.Г. Кривоценков и др. // Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. д.м.н., проф. Е.Р. Бойко. Сыктывкар: УрО РАН, 2012. С. 90–98. 28. *Кривоцеков С.Г., Диверт Г.М., Диверт В.Э.* Расширение функционального диапазона реакций дыхания и газообмена при повторных гипоксических воздействиях // Физиология человека 2005. № 31(3). С. 100–107. 29. *Кривоцеков С.Г., Диверт Г.М., Диверт В.Э.* Индивидуальные особенности внешнего дыхания при прерывистой нормобарической гипоксии // Физиология человека. 2006. № 32(3). С. 62–69. 30. *Кривоцеков С.Г., Диверт Г.М., Диверт В.Э.* Реакция тренированных к задержке дыхания лиц на прерывистую нормобарическую гипоксию // Физиология человека. 2007. № 33(3). С. 75–80. 31. *Гречкина Л.И., Соколов А.Я.* Морфологические особенности и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у девочек-спортсменок Магадана // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: материалы междунар. конф. Архангельск, 2002. Т. 2. С. 656–658. 32. Резервные возможности регуляции иммунного статуса у человека в условиях Севера / Л.С. Щеголева и др. // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: материалы междунар. конф. Архангельск, 2002. Т. 2. С. 725–729. 33. *Добродеев Л.К., Добродеев К.Г.* Иммуномодуляторы растительного и водорослевого происхождения: монография. Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2008. 294 с. 34. *Петров В.Н.* Почему болеют жители Серпуховского региона? Серпухов, 1998. 51 с. 35. Руководство по лабораторным методам диагностики / под ред. д.м.н., проф. А.А. Кишкун. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 800 с. 36. *Вахнина Н.А., Бойко Е.Р.* Интенсивность процессов перекисного окисления липидов в крови жителей Крайнего Севера в состоянии острого алкогольного психоза // Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. д.м.н., проф. Е.Р. Бойко. Сыктывкар: Екатеринбург: УрО РАН, 2012. С. 69–72. 37. *Фомин А.Н.* Особенности формирования приспособительных реакций у пришлого населения на Севере: автореф. дис. ... д.м.н. Новосибирск, 2004. 38. *Диверт В.Э., Комлягина Т.Г., Кривоцеков С.Г.* Влияние острой нормобарической гипоксической нагрузки на регионарное кровоснабжение верхней конечности // Физиология человека. 2004. Т. 30, № 6. С. 51–56. 39. *Диверт В.Э., Кривоцеков С.Г.* Кардиореспираторные реакции при нарастающей нормобарической ингаляционной гипоксии у здорового человека // Физиология человека. 2013. Т. 39, № 4. С. 82–92. 40. *Акимов Г.А.* Начальные проявления сосудистых заболеваний головного мозга. Л.: Медицина, 1983. 221 с. 41. *Боголепов Н.К.* Церебральные кризы и инсульты. М.: Медицина, 1971. 391 с. 42. *Ястrebцева Т.А.* Роль функционального состояния системной, церебральной и локальной гемодинамики глаза в развитии и прогрессировании миопии у школьников пубертатного возраста на Севере // Российский офтальмологический журнал. 2013. Т. 61, № 1. С. 61–63. 43. *Шмыков И.И., Перельман Ю.М.* Возрастные изменения вентиляционной функции легких и гемодинамики малого круга кровообращения у детей и подростков – жителей Севера // Физиология человека. 1990. Т. 16, № 5. С. 69–75. 44. Большая медицинская энциклопедия: в 30 т. / под ред. Б.В. Петровского. 1982. 45. *Завадская Т.С., Белишева Н.К., Калашникова И.В.* Зависимость функционального состояния периферической крови человека от вариаций гелиогеофизических агентов в условиях заполярья // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, № 5(2). С. 448–451. 46. *Ковалев И.В., Гун Г.Е., Мизун Ю.Г.* Медико-экологические проблемы на Кольском Севере. М.: РАМН Институт медико-экологических проблем Севера, 1977. С. 180.

Сведения об авторе

Петров Владимир Николаевич – к.б.н., старший научный сотрудник научного отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН;
e-mail: petrov_ombp@admksc.apatity.ru