

# МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА

УДК 612.017.2 + 517

DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.11

Читать  
онлайн



## ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА НАПРЯЖЕНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ФАКТОРОВ СЕВЕРА

Е.А. Луговая, И.В. Аверьянова

Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, Россия, 685000, г. Магадан, пр. Карла Маркса, 24

*При районировании северных территорий традиционно принят географический подход. Однако, по мнению ряда ученых, этот вопрос нужно рассматривать комплексно. Специалистами НИЦ «Арктика» ДВО РАН предложен метод определения степени дискомфорта среды, включающий оценку ряда факторов: природно-климатического, экономико-географического, социально-экономического и риска проживания (пригодность территории для проживания населения).*

*В связи с этим осуществлена оценка степени коэффициентов напряжения основных физиологических систем функционального состояния у молодых жителей Севера, проживающих в различных субъектах Дальневосточного региона.*

*Методом случайной выборки были обследованы 1632 юноши в возрасте от 17 до 21 года, постоянных жителей Магаданской области. Аналогичная группа юношей-европеоидов была обследована в г. Сусумане (n = 88) и г. Анадыре Чукотского автономного округа (n = 65). Проанализированы основные показатели сердечно-сосудистой системы, микроциркуляции, функции внешнего дыхания и газоанализа, биохимического и микроэлементного профиля организма.*

*Сравнительный анализ собственных данных показал, что по медико-биологическим показателям с расчетом коэффициента дискомфорта (напряжения физиологических систем – «цены адаптации») территория г. Магадана, которая относится к Крайнему Северу, не менее, а в некоторых случаях более дискомфортна по сравнению с субарктической территорией Магаданской области (г. Сусуман) и Арктической зоной (Чукотский автономный округ). Соответственно, коэффициенты дискомфорта суммарно составили в г. Магадане 3,21 усл. ед., в г. Сусумане – 3,42 усл. ед, в г. Анадыре (ЧАО) – 2,90 усл. ед., в центральных районах страны – 0,46 усл. ед.*

*На основании вышеизложенного считаем, что территорию Магаданской области можно назвать зоной сильной дискомфорта.*

**Ключевые слова:** юноши, проживающие на Северо-Востоке России, функциональные резервы, адаптация, сердечно-сосудистая система, внешнее дыхание, газоанализ, микроэлементы.

Эколого-климатические условия Севера накладывают особый отпечаток на работу функциональных систем, предъявляя высокие требования к сохранению постоянства внутренней среды организма человека. Отдельное внимание следует уделить системе внешнего дыхания, которая первой подвергается негативному воздействию холодного воздуха, а также возможным перестройкам метаболизма у лиц, длительно проживающих в экстремальных климатических условиях. Одной из важнейших систем, отражающих степень адаптированности организма человека к экстремальным условиям Севера, является сердечно-сосудистая система.

Сердечно-сосудистая система является сложной транспортной системой, основная функция которой – снабжение кислородом метаболизирующихся тканей. Микроциркуляция направлена на обеспечение доставки кислорода в соответствии с метаболическими потребностями всего организма, при этом перфузионное давление является ключевым элементом микроциркуляторной системы [1]. Функциональные свойства микроциркуляции в решающей степени зависят от ее ангиоархитектуры (расположения и морфологии сосудов). Микроциркуляция подвергается непрерывной динамической структурной адаптации (ремоделированию), кон-

© Луговая Е.А., Аверьянова И.В., 2019

**Луговая Елена Александровна** – кандидат биологических наук, доцент, временно исполняющий обязанности директора (e-mail: elena\_plant@mail.ru; тел.: 8 (914) 853-93-44; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6583-4175>).

**Аверьянова Инесса Владиславовна** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии экстремальных состояний (e-mail: Inessa1382@mail.ru; тел.: 8 (924) 691-11-46; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4511-6782>).

тролируемой гемодинамическими и метаболическими стимулами [2]. Функциональное состояние капиллярного русла и лабильность динамических характеристик микроциркуляции создает условия для адаптации кровотока к внешним нагрузкам [3].

Жизнедеятельность человека тесно связана с химическим составом среды обитания и содержанием в ней различных макро- и микроэлементов, которые участвуют в формировании ряда важнейших адаптивных механизмов организма человека [4]. Оценка состояния обмена химических элементов в организме позволяет с достаточной точностью судить об эффективности работы его морфологических систем и риске развития тех или иных патологических состояний. Последнее должно приводить к использованию такой оценки в качестве средства донозологической диагностики [5].

При этом необходимо учитывать различную степень воздействия факторов среды – от умеренного холодового прессинга до экстремального сочетанного влияния на организм в целом. Особый климат северных регионов, несомненно, значительно повышает «цену адаптации», реализация которой не у всех происходит успешно [6]. Северо-Восток России представляет собой обширную территорию, значительно различающуюся по эколого-климатическим условиям, а также степени воздействия абиогенных факторов на человека. Магаданская область (МО) может быть разделена на существенно различающиеся подзоны. Можно выделить приморскую часть (г. Магадан), являющуюся циклональной, для которой характерны постоянные ветра и относительно высокая температура воздуха в зимний период ( $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), и континентальную часть (г. Сусуман) с почти полным отсутствием ветрового воздействия, но экстремальными пиками температур как в летний ( $+36\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), так и в зимний ( $-53\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) периоды, а также относительно низкой влажностью [7]. Отдельно следует отметить приморскую зону Чукотского автономного округа (ЧАО, г. Анадырь), относящуюся к субарктическому климатическому поясу [8, 9]. Эти неблагоприятные условия вынуждают человека использовать дополнительные средства защиты от влияния факторов окружающей среды [10].

Со второй половины прошлого века на Северо-Востоке России наметилась отчетливая тенденция к формированию устойчивой популяции уроженцев из числа пришлых восточных славян. Современная демографическая ситуация в Магаданской области обусловлена двумя явлениями: с одной стороны – продолжающиеся процессы снижения численности населения в Магаданской области (с 2014 по 2019 г. – на 6,04 %); с другой стороны – формирование постоянного населения, что является положительным демографическим фактором в процессах жизнедеятельности и развития производительных сил Магаданской области.

Молодые мужчины (в возрасте 17–23 лет), не имеющие медицинских диагнозов, половое созревание

которых уже стабилизировалось, а общее состояние физического здоровья можно рассматривать как «условно здоровое», представляют для исследователей наибольший интерес в качестве модели для оценки влияния комплекса природно-социальных факторов для всей северной популяции жителей.

Таким образом, **целью данной работы** явилось проведение оценки степени коэффициентов напряжения основных физиологических систем функционального состояния у молодых жителей Севера, проживающих в различных субъектах Дальневосточного региона.

**Материалы и методы.** Методом случайной выборки были обследованы 1632 юноши в возрасте от 17 до 21 года, постоянных жителей Магаданской области. Аналогичная группа юношей-европеоидов была обследована в г. Сусумане ( $n = 88$ ) и г. Анадыре Чукотского автономного округа ( $n = 65$ ).

Показатели функции внешнего дыхания (ФВД) регистрировали в открытой системе по принципу «объем – поток» с помощью компьютерного спирометра КМ АР 01 «Диамант-С» (Россия). Должные величины рассчитывали в соответствии с общепринятым в Российской Федерации стандартом оценки спирографических проб [11]. Выраженность напряжения в деятельности дыхательной системы оценивали по следующим показателям: МОС25 % – мгновенная объемная скорость на участке 25 % от ФЖЕЛ, МОС50 % – мгновенная объемная скорость на участке 50 % от ФЖЕЛ, МОС75 % – мгновенная объемная скорость на участке 75 % от ФЖЕЛ, соотношенными с должными величинами с помощью компьютерного спирометра КМ-АР-01 «Диамант-С» (ЗАО «Диамант», г. Санкт-Петербург).

Для оценки напряжения в системе показателей газообмена у юношей в состоянии покоя использовали метаболог MedGraphics VO2000 (США), принцип работы которого основан на методе «непрямой калориметрии» [12]. Определяли энерготраты в состоянии покоя в сутки (REE, ккал/сут) и соотносили к должному уровню (REE/Ped, %).

Степень напряжения в деятельности сердечно-сосудистой системы оценивали на основе показателей систолического (САД, мм рт. ст.) и диастолического (ДАД, мм рт. ст.) артериального давления автоматическим тонометром Nesei DS-1862 (Япония), а также на основе изучения структуры капилляров и микроциркуляции в зоне эпониция (кожного валика) ногтевого ложа с использованием компьютерного видеокапилляроскопа «Капилляроскан-1» (ООО «Новые энергетические технологии», Сколково, г. Москва), оснащенного оптическим зондом с 200–400-кратным увеличением. Все записи сделаны в положении сидя при комфортной температуре окружающей среды от 22 до 25  $^{\circ}\text{C}$ , с положением руки на уровне сердца [13]. Расчет морфометрических характеристик проводили на основе программного обеспечения прибора. Проанализированы сле-

дующие морфофункциональные показатели сосудов микроциркуляторного русла: диаметр артериального отдела (мкм), диаметр венозного отдела (мкм), длина капилляра (мкм), коэффициент деформации (усл. ед.).

Степень напряжения биохимического профиля оценивали на основе определения глюкозы (ммоль/л) в капиллярной крови, взятой в утренние часы натощак, спустя 10–12 ч после последнего приема пищи, с использованием портативного биохимического экспресс-анализатора CardioChek PA (США).

Изучение элементного «портрета» населения отдельных биогеохимических регионов с целью научной разработки и внедрения мероприятий по устранению выявленных микроэлементозов является перспективным направлением современной медицины [14]. Кратковременные по экспозиции и значительные по степени отклонения элементного статуса изменения отражаются в их концентрации в жидких средах организма. Твердые ткани (волосы, ногти, кости) представляют элементный статус, формирующийся в течение длительного времени (недели, месяцы, годы) и также пригодны для целей клинической и гигиенической донозологической диагностики, в том числе для оценки и мониторинга на популяционном уровне.

Оценку дефицитного и избыточного содержания химических элементов в организме проводили по изучению концентрации следующих микро- и макроэлементов (МЭ): Ca, Mg, Cr, I, Mn, Co, Se, Zn, Cu, Fe, K – в волосах с затылочной части головы спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой на приборе NexION 300 ICP-MS (Perkin Elmer, Shelton, CT, USA) в лаборатории ООО «Микронутриенты» (г. Москва).

Статистическая обработка данных проведена с помощью стандартного пакета Microsoft Excel, пакетов прикладных статистических программ StatSoft Statistica 6.0, Statistica 7.0, IBM SPSS Statistica 21. Рассчитывали средние величины показателей ( $M$ ), ошибки средней ( $\pm m$ ), медианы ( $Me$ ). Проверка на нормальность распределения измеренных переменных осуществлялась на основе теста Шапиро – Уилка. Значимость различий оценивали по непараметрическому критерию Манна – Уитни для выборок с ненормальным распределением. Все показатели отклонений были приведены для удобства к единообразию и измерялись в % от физиологической нормы или общепринятых референтных значений. Далее коэффициенты «цены адаптации» рассчитывали по суммарной доле отклонений для каждой функциональной системы в отдельности и по регионам в целом.

Для сравнения в расчет были включены литературные данные по регионам центральных районов страны: Московской, Ярославской, Влади-

мирской, Тамбовской областей, а также городов Казань и Грозный [15–20].

Все исследования проведены в соответствии с принципами Хельсинкской декларации и в соответствии с ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в РФ» от 21.11.2011 г. № 323<sup>1</sup>, ФЗ от 27.07.2006 г. № 152 «О персональных данных»<sup>2</sup>. До включения в исследование у всех участников оформлено письменное информированное согласие о добровольном участии.

**Результаты и их обсуждение.** Для изучения проявления напряжения в деятельности сердечно-сосудистой системы на основе уровня артериального давления всех обследованных разделили на четыре группы в соответствии с рекомендациями Европейского общества кардиологов (ESC) 2018 г. [21]. Распределение юношей г. Магадана по уровню артериального давления показало, что 19 % обследованных характеризовались оптимальным уровнем артериального давления; 30 % – нормальным уровнем; 27 % – высоким нормальным артериальным давлением (ВНАД) и у 24 % молодых людей была выявлена артериальная гипертензия I степени. В группе юношей г. Сусумана оптимальное артериальное давление было зафиксировано в 21 % случаев, нормальное артериальное давление – у 42 %, у 21 % – ВНАД и для 16 % характерна артериальная гипертензия I степени. Оптимальное и нормальное артериальное давление – по 29 % обследованных г. Анадыря, высокое нормальное давление – у 34 %, и 8 % имели признаки артериальной гипертензии I степени. Частота встречаемости лиц с ВНАД и артериальной гипертензией I степени была нами расценена как степень напряжения в деятельности сердечно-сосудистой системы и составила в группе юношей г. Магадана 51 %, у молодых людей г. Сусумана – 37 % и у обследованных из г. Анадыря – 42 %, что представлено на рис. 1, а.

Оценка напряжения в структуре капилляров и микроциркуляции проведена путем соотнесения полученных результатов с нормативными величинами, представленными в следующих работах [13, 22], где в качестве нормативных диапазонов приведены следующие показатели: диаметр артериального отдела – 7 до 17 мкм (в среднем  $11,91 \pm 1,87$  мкм), диаметр венозного отдела – от 11,0 до 20,6 мкм (в среднем  $15,0 \pm 2,42$  мкм), длина капилляра – от 92 до 295 мкм (в среднем  $240,0 \pm 38,3$  мкм).

У обследованных юношей-магаданцев диаметр артериального отдела составил  $8,4 \pm 0,1$  мкм, что ниже на 29 % нормативного диапазона, представленного выше. Диаметр венозного отдела составил  $12,1 \pm 0,2$ , 0 мкм, что ниже нормы на 19 %, при этом отмечено увеличение длины капилляра ( $310,0 \pm 5,3$  мкм) на 30 %, что наблюдалось на фоне коэффициента

<sup>1</sup> Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации: Федеральный закон от 21.11.2011 № 323 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_121895/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/) (дата обращения: 09.01.2020).

<sup>2</sup> О персональных данных: Федеральный закон от 27.07.2006 № 152 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_61801/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/) (дата обращения: 09.01.2020).

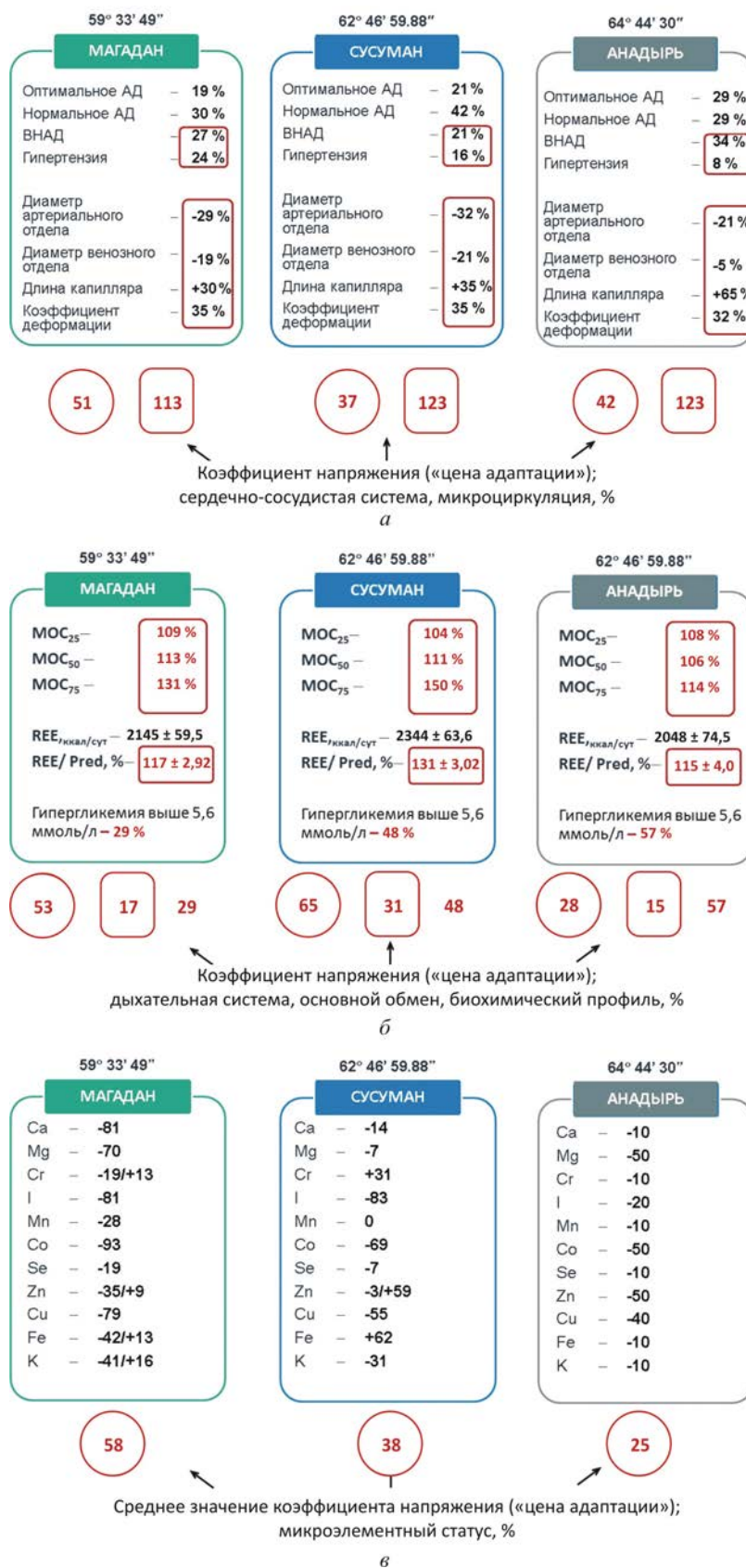


Рис. 1. Степень напряжения у молодых жителей различных субъектов Дальневосточного региона: а – сердечно-сосудистой системы и микроциркуляции; б – некоторых показателей функции внешнего дыхания, газообмена и биохимического профиля; в – микроэлементного профиля

деформации  $35,0 \pm 0,9$  усл. ед. Сумма данных отклонений от нормативного диапазона без учета знака (снижения или увеличения) составила 113 %, что расценено нами как степень напряжение в системе микроциркуляции.

Для юношей г. Сусумана характерны следующие средние показатели микрогемодиализации: диаметр артериального отдела –  $8,1 \pm 0,1$  мкм (что ниже на 32 % нормативного диапазона), диаметр венозного отдела –  $11,8 \pm 0,2$  мкм (ниже на 21 %), длина капилляра –  $325,7 \pm 5,6$  мкм (превышение нормы на 35 %), коэффициент деформации –  $35,0 \pm 0,9$  усл. ед. Сумма отклонений морфофункциональных показателей сосудов для юношей г. Сусумана составила 123 %. Сумма напряжения в системе микрогемодиализации для молодых жителей г. Анадыря в сумме составила также 123 %, что складывалось из снижения диаметра артериального отдела на 21 % ( $9,33 \pm 0,3$  мкм) и венозного отдела на 5 % ( $17,3 \pm 0,4$  мкм), повышения длины капилляра на 65 % ( $398,0 \pm 14,3$  мкм) на фоне коэффициента деформации  $32,5 \pm 0,1$  усл. ед.

Далее оценена степень напряжения функциональных резервов организма относительно показателей газоанализа, функции внешнего дыхания и биохимического профиля у жителей различных регионов Дальневосточного округа (рис. 1, б). Так, о напряжении в системе внешнего дыхания можно судить на основе превышения должных величин объемно-скоростных характеристик легких, отражающих состояние проходимости верхних (МОС25 %), средних (МОС50 %) и мелких бронхов (МОС75 %). Анализ этих характеристик показал, что для юношей г. Магадана, Сусумана и Анадыря было характерно превышение МОС25 % на 9; 4; 8 %, МОС50 % – на 13; 11; 6 % и МОС75 % – на 31; 50 и 14 % соответственно.

В сумме превышение относительно должных величин относительно показателей МОС25 %, МОС50 %, МОС75 % в группе юношей г. Магадана составило – 53 %, у сусуманцев – 65 %, в группе молодых людей из г. Анадыря – 28 %. Наблюдаемое в группе магаданцев увеличение показателя REE/Ped % на 17 % относительно должных величин, у юношей г. Сусумана – на 31 %, а у анадырцев на 15 % рассматривалось нами как напряжение уровня основного обмена.

В группе молодых жителей г. Магадана было отмечено превышение нормативного диапазона для нормогликемии (5,6 ммоль/л) в 29 % случаев, в группе сусуманцев – в 48 % и у юношей-анадырцев гипергликемия была зафиксирована у 57 % обследуемых, что определено как напряжение биохимического профиля обследуемых лиц различных регионов проживания.

Отклонение от нормативных показателей микроэлементного профиля жителей различных субъектов Дальневосточного региона, степень напряжения которого выражена в виде суммы дефицитов и избытков (для удобства деленная на 100), в группе магаданцев составила 58 %, в группе юношей г. Сусумана – 38 % и у молодых людей г. Анадыря – 25 % (рис. 1, в). У всех обследованных ниже нижней границы референтных значений оказалось содержание Co, Ca, Mg, Se [23].

На рис. 2 представлен сочтенный портрет аллостатического напряжения функциональных резервов организма молодых жителей, проживающих в более благоприятных климатических условиях, составленный по результатам исследований в центральных районах страны [15–20], у которых средняя степень напряжения по проанализированным показателям составила 45 %, что принято нами как условная норма.

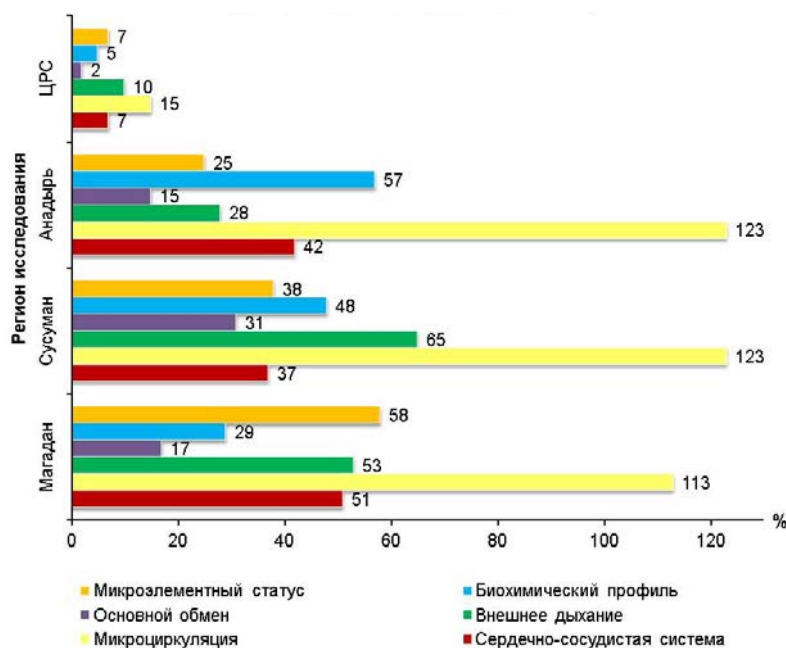


Рис. 2. Суммарный пул коэффициентов напряжения основных систем функционального состояния молодых жителей Дальневосточного региона в сравнении с жителями центральных районов страны

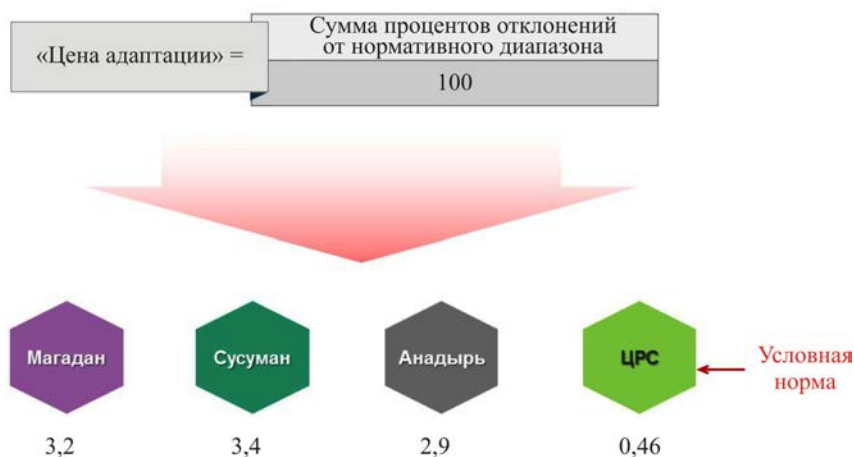


Рис. 3. Коэффициент «цены адаптации» (усл. ед.) у молодых жителей г. Магадана, г. Сусумана, г. Анадыря, средней части России

На основании данных, представленных на рис. 2, проведен расчет коэффициента «цены адаптации» в виде суммы коэффициентов степени напряжения физиологических систем, представляющий собой сумму отклонений от физиологического нормативного коридора, деленного на 100 (рис. 3). Величина расчетного коэффициента в группе юношей г. Магадана составила 3,2 усл. ед., у сусуманцев – 3,4 усл. ед., у жителей г. Анадыря – 2,9 усл. ед., у жителей средней полосы России – 0,46 усл. ед. Таким образом, полученные нами данные достаточно наглядно демонстрируют тот факт, что более экстремальные климатогеографические факторы приводят к формированию напряжения в деятельности основных физиологических систем, что проявляется выраженным отклонением от нормативного диапазона.

Таким образом, полученные результаты комплексной оценки состояния основных показателей деятельности систем, испытывающих наибольшее напряжение при воздействии неблагоприятных или экстремальных факторов среды, демонстрируют различия в функциональном состоянии даже среди лиц, проживающих в разных северных регионах. Эти различия еще более выражены в сравнении с аналогичными данными жителей центральных регионов России. Проведенные исследования показали, что данный подход, основанный на выявлении степени напряжения в функционировании основных физиологических систем, отражающихся в отклонениях проанализированных показателей от физиологических норм, может лечь в основу выявления степени адаптированности («цены адаптации») к экстремальным условиям Севера. Применение медико-биологической оценки позволит обнаружить наиболее уязвимые физиологические системы при адаптации к Северу, выявить факторы риска здоровью и поможет в формировании стратегии улучшения качества жизни жителей северных и арктических регионов.

Эколого-климатические условия Севера накладывают особый отпечаток на работу функциональных систем, предъявляя высокие требования к со-

хранению постоянства внутренней среды организма человека. Проведение исследований различных групп населения Магаданской области из числа укорененных европеоидов, уроженцев региона в 1–3-м поколениях, являющихся учащимися высших, средних специальных заведений, показало, что региональные особенности морфофункциональных характеристик лиц, проживающих в различных климатогеографических зонах, имеют ряд отличий. Отдельное внимание при этом следует уделить системе внешнего дыхания, которая первой подвергается негативному воздействию холодного воздуха, а также возможным перестройкам метаболизма у лиц, длительно проживающих в данных экстремальных климатических условиях. При этом следует учитывать различную степень воздействия факторов среды – от умеренного холодового прессинга до экстремального сочетанного влияния на организм в целом. Сравнительный анализ метаболизма и функции внешнего дыхания у юношей – постоянных жителей различных климатогеографических зон Северо-Востока России показал, что компенсаторно-приспособительные перестройки в работе физиологических систем наблюдались во всех обследованных группах. Более всего они были характерны для жителей континентальной части Магаданской области, у которых адаптационные сдвиги направлены на минимизацию выраженного холодового воздействия, характерного для этой климатической зоны. При этом у юношей данной группы были установлены наибольшие показатели суточных энергозатрат, обеспечивающих поддержание повышенной теплопродукции. Также зафиксирована максимальная среди всех обследованных юношей проходимость дистальных бронхиол, необходимая как для адекватного снабжения организма кислородом, так и защиты от низких температур атмосферного воздуха.

Анализ собственных данных показал, что по медико-биологическим показателям территория г. Магадана, которая относится к Крайнему Северу, не менее, а в некоторых случаях более дискомфорт-



на по сравнению с субарктической территорией Магаданской области (г. Сусуман) и Арктической зоной (Чукотский автономный округ). Соответственно, коэффициенты дискомфорта суммарно составили в г. Магадане 3,21 усл. ед., в г. Сусумане – 3,42 усл. ед., в г. Анадыре (ЧАО) – 2,90 усл. ед., в центральных регионах страны – 0,46 усл. ед. На основании вышеизложенного территорию Магадан-

ской области можно назвать зоной сильной дискомфорта, наиболее выраженной в континентальной части.

**Финансирование.** Работа выполнена за счет бюджетного финансирования НИЦ «Арктика» ДВО РАН.

**Конфликт интересов.** Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Microcirculatory dysfunction and resuscitation: why, when, and how / J.P.R. Moore, A. Dyson, M. Singer, J. Fraser // *British Journal of Anaesthesia*. – 2015. – Vol. 115, № 3. – P. 366–375. DOI: 10.1093/bja/aev163
2. Camargo C.P., Gemperli R. Endothelial Function in Skin Microcirculation // *Endothelium and Cardiovascular Diseases. Vascular Biology and Clinical Syndromes*. – 2018. – P. 673–679. DOI: 10.1016/b978-0-12-812348-5.00047-7
3. Gonzalez-Alonso J., Crandall C.G., Johnson J.M. The cardiovascular challenge of exercising in the heat // *J. Physiol.* – 2008. – Vol. 586, № 1. – P. 45–53. DOI: 10.1113/jphysiol.2007.142158
4. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
5. Корчина Т.Я. Донозологическая диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы у населения северного региона // *Экология человека*. – 2013. – № 5. – С. 8–13.
6. Хаснулин В.И., Хаснулина А.В., Четчина И.И. Северный стресс, формирование артериальной гипертензии на севере, подходы к профилактике и лечению // *Экология человека*. – 2009. – № 6. – С. 26–30.
7. Якубович И.А. Геоэкологические особенности Магаданской области. – Магадан: Кордис, 2002. – 179 с.
8. Climatic influences on basal metabolic rates among circumpolar populations / W.R. Leonard, M. Sorensen, V.A. Galloway, G.J. Spencer, M.J. Mosher, L. Osipova, V.A. Spitsyn // *Am. Journ. of Human Biology*. – 2002. – Vol. 14, № 5. – P. 609–620. DOI: 10.1002/ajhb.10072
9. Snodgrass J.J. Health of Indigenous Circumpolar Populations // *Annual Review of Anthropology*. – 2013. – Vol. 42, № 1. – P. 69–87. DOI: 10.1146/annurev-anthro-092412-155517
10. Risikko T., Makinen T., Hassi J. Assessment and management of cold risks in construction industry // *Barents*. – 2001. – Vol. 4, № 1. – P. 18–20. DOI: 10.3402/ijch.v6i2i2.17557
11. Инструкция по применению формул и таблиц должных величин основных спирографических показателей / Р.Ф. Клемент, А.А. Лаврушин, Ю.М. Котегов, П.А. Тер-Погосян. – Л.: МЗ СССР, ВНИИ пульмонологии, 1986. – 79 с.
12. Walsh T.S. Recent advances in gas exchange measurement in intensive care patients // *Br. J. Anaesth.* – 2003. – Vol. 91. – P. 120–131. DOI: 10.1093/bja/aeg128
13. Lambova S., Müller-Ladner U. Nailfold capillaroscopy of the toes in healthy subjects // *Annals of the rheumatic diseases*. – 2015. – Vol. 74, № 2. – P. 1262–1264. DOI: 10.1136/annrheumdis-2015-eular.5709
14. Сусликов В.Л. Геохимическая экология болезней. Атомовиты. – М.: Гелиос АРВ, 2000. – Т. 2. – 672 с.
15. Динамические показатели внешнего дыхания у студентов ЧГУ после дозированной физической нагрузки / С.С. Абумуслимов, В.А. Анзоров, С.В. Морякина, З.А. Магомедова // *Вестник Чеченского государственного университета*. – 2016. – Т. 21, № 1. – С. 23–25.
16. Сравнение ключевых показателей функции внешнего дыхания студентов трех групп здоровья / Р.А. Гайнуллин, А.П. Исаев, В.Ф. Репин, Ю.Б. Кораблева // *Саратовский научно-медицинский журнал*. – 2016. – Т. 12, № 2. – С. 131–135.
17. Спирометрические и электрокардиографические показатели студентов после кратковременной двигательной нагрузки / А.А. Мажидова, Х.Б. Хутаева, М.С. Магомадова, С.С. Абумуслимов // *Наука и молодежь: сборник трудов всерос. науч.-практ. конф. студентов, молодых ученых и аспирантов*. – Иркутск, 2018. – С. 114–118.
18. Пешков М.В., Шарайкина Е.П. Гендерные особенности показателей биоимпедансометрии в зависимости от индекса массы тела студентов // *Сибирское медицинское обозрение*. – 2014. – № 6. – С. 52–57.
19. Норейко С.Б. Особенности газообмена здоровых людей работоспособного возраста // *Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта*. – 2011. – № 12. – С. 61–63.
20. Параметры основного обмена и метаболического возраста у студентов-медиков / Н.С. Слободская, Л.В. Янковская, Л.В. Кежун, Ю.И. Белоус // *Актуальные проблемы медицины: материалы ежегодной итоговой науч.-практ. конф.* – Гродно: ГрГМУ, 2017. – С. 861–864.
21. ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension / B. Williams, G. Mancia, W. Spiering, E.A. Rosei, M. Azizi, M. Burnier, D.L. Clement, A. Coca [et al.] // *Eur. Heart J.* – 2018. – Vol. 39, № 33. – P. 3021–3104. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy439
22. Nailfold capillaroscopy in rheumatic diseases: Which parameters should be evaluated? / M. Etehad Tavakol, A. Fatemi, A. Karbalaie, Z. Emrani, B.E. Erlandsson // *Biomed Res. Int.* – 2015. – Vol. 2015. – P. 1–17. DOI: 10.1155/2015/974530
23. Степанова Е.М., Луговая Е.А. Характеристика элементного баланса у юношей-аборигенов и европеоидов – постоянных жителей Чукотского автономного округа // *Экология человека*. – 2019. – № 12. – С. 14–19. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-12-14-19

*Луговая Е.А., Аверьянова И.В. Оценка коэффициента напряжения адаптационных резервов организма при хроническом воздействии факторов Севера // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 2. – С. 101–109. DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.11*

## ASSESSING TENSION COEFFICIENT OF BODY ADAPTATION RESERVES UNDER CHRONIC EXPOSURE TO FACTORS EXISTING IN POLAR REGIONS

**E.A. Lugovaya, I.V. Aver'yanova**

«Arctica» Scientific and Research Center, the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,  
24 Karla Marksa Ave., Magadan, 685000, Russian Federation

*When northern territories are divided into different zones, it is conventionally done as per a geographic approach. However, according to some researchers, the issue is to be considered within a more complex approach. Experts at «Arctica» Scientific Research Center of the RAS Far East Division suggested a procedure for determining a degree of environment discomfort; the procedure included assessing several factors: natural and climatic, economic-geographic, socioeconomic ones and factors related to the environment on a territory being suitable for living.*

*Our research goal was to assess tension coefficients of basic physiological systems and functional state of young people living in the North, in different Far East regions.*

*We applied random sampling and examined 1,632 young males aged from 17 to 21 who permanently resided in Magadan region. Similar groups made up of Caucasian young males were examined in Susuman settlement (n = 88) and Anadyr in Chukotka Autonomous Area (n = 65). We analyzed basic functional parameters of the cardiovascular system, microcirculation, external breath functioning, gas analysis, biochemical and microelement profile of a body.*

*Comparative analysis of all the obtained data reveal that Magadan city territory which is considered to belong to Zapolyarye (extreme climatic conditions) is no less uncomfortable, and in some relation even more uncomfortable, as per medical and biological parameters than subarctic territories in Magadan region (Susuman) or arctic zone (Anadyr, Chukotka) as it is shown by calculated discomfort coefficient. Accordingly, aggregated discomfort coefficients amounted to 3.21 arbitrary units in Magadan; 3.42 arbitrary units, in Susuman; 2.90 arbitrary units; in Anadyr (Chukotka); 0.46 arbitrary units, in Central Russia.*

*Given all the above stated, we believe that Magadan region territory can be considered a territory with a high discomfort degree.*

**Key words:** young males living in north-eastern Russia, functional reserves, adaptation, cardiovascular system, external breath, gas analysis, microelements.

### References

1. Moore J.P.R., Dyson A., Singer M., Fraser J. Microcirculatory dysfunction and resuscitation: why, when, and how. *British Journal of Anaesthesia*, 2015, vol. 115, no. 3, pp. 366–375. DOI: 10.1093/bja/aev163
2. Camargo C.P., Gemperli R. Endothelial Function in Skin Microcirculation. *Endothelium and Cardiovascular Diseases. Vascular Biology and Clinical Syndromes*, 2018, pp. 673–679. DOI: 10.1016/b978-0-12-812348-5.00047-7
3. Gonzalez-Alonso J., Crandall C.G., Johnson J.M. The cardiovascular challenge of exercising in the heat. *J. Physiol*, 2008, vol. 586, no. 1, pp. 45–53. DOI: 10.1113/jphysiol.2007.142158
4. Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Strochkova L.S. Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya [Human microelementosis: etiology, classification, and organ-related pathology]. Moscow, Meditsina Publ., 1991, 496 p. (in Russian).
5. Korchina T.Ya. The heart disease donozological diagnostic in population of the north region. *Ekologiya cheloveka*, 2013, no. 5, pp. 8–13 (in Russian).
6. Khasnulin V.I., Khasnulina A.V., Chechetkina I.I. The northern stress, arterial hypertension in the north, approach to prophylaxis and treatment. *Ekologiya cheloveka*, 2009, no. 6, pp. 26–30 (in Russian).
7. Yakubovich I.A. Geoekologicheskie osobennosti Magadanskoi oblasti [Geoecological peculiarities of Magadan region]. Magadan, Kordis Publ., 2002, 179 p. (in Russian).
8. Leonard W.R., Sorensen M., Galloway V.A., Spencer G.J., Mosher M.J., Osipova L., Spitsyn V.A. Climatic influences on basal metabolic rates among circumpolar populations. *Am. Journ. of Human Biology*, 2002, vol. 14, no. 5, pp. 609–620. DOI: 10.1002/ajhb.10072
9. Snodgrass J.J. Health of Indigenous Circumpolar Populations. *Annual Review of Anthropology*, 2013, vol. 42, no. 1, pp. 69–87. DOI: 10.1146/annurev-anthro-092412-155517

© Lugovaya E.A., Aver'yanova I.V., 2020

**Elena A. Lugovaya** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, temporarily acting as the Director (e-mail: elena\_plant@mail.ru; tel.: +7 (914) 853-93-44; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6583-4175>).

**Inessa V. Aver'yanova** – Candidate of Biological Sciences, leading researcher at the Laboratory of Extremal State Physiology (e-mail: Inessa1382@mail.ru; tel.: +7 (924) 691-11-46; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4511-6782>).



10. Risikko T., Makinen T., Hassi J. Assessment and management of cold risks in construction industry. *Barents*, 2001, vol. 4, no. 1, pp. 18–20. DOI: 10.3402/ijch.v6i2i.17557
11. Klement R.F., Lavrushin A.A., Kotegov Yu.M., Ter-Pogosyan P.A. Instruksiya po primeneniyu formul i tablits dolzhnykh velichin osnovnykh spirograficheskikh pokazatelei [Guide on how to apply formulas and proper values tables for basic spirometry parameters]. Leningrad, MZ SSSR, VNII pul'monologii Publ., 1986, 79 p. (in Russian).
12. Walsh T.S. Recent advances in gas exchange measurement in intensive care patients. *Br. J. Anaesth*, 2003, vol. 91, pp. 120–131. DOI: 10.1093/bja/aeg128
13. Lambova S., Müller-Ladner U. Nailfold capillaroscopy of the toes in healthy subjects. *Annals of the rheumatic diseases*, 2015, vol. 74, no. 2, pp. 1262–1264. DOI: 10.1136/annrheumdis-2015-eular.5709
14. Suslikov V.L. Geokhimicheskaya ekologiya boleznei. Atomovity [Geochemical ecology of diseases. Bioelements]. Moscow, Gelios ARV Publ., 2000, vol. 2, 672 p. (in Russian).
15. Abumuslimov S.S., Anzorov V.A., Moryakina S.V., Magomedova Z.A. Dinamicheskie pokazateli vneshnego dykhaniya u studentov ChGU posle dozirovannoi fizicheskoi nagruzki [Dynamic parameters of external breath in students attending the Chechen State University after graduated physical loads]. *Vestnik chechenskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, vol. 21, no. 1, pp. 23–25 (in Russian).
16. Gainullin R.A., Isaev A.P., Repin V.F., Korableva Yu.B. Comparison of key indicators of external respiration function in students of three health groups. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 131–135 (in Russian).
17. Mazhidova A.A., Khutaeva Kh.B., Magomadova M.S., Abumuslimov S.S. Spirometricheskie i elektrokardiograficheskie pokazateli studentov posle kratkovremennoi dvigatel'noi nagruzki [Spirometric and electrocardiographic parameters in students after a short-term movement load]. *Nauka i molodezh': Sbornik trudov vs Rossijskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, molodykh uchenykh i aspirantov*. Irkutsk, 2018, pp. 114–118 (in Russian).
18. Peshkov M.V., Sharaikina E.P. Gender features of bioelectrical impedance analysis indicators according to the body mass index in students. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie*, 2014, no. 6, pp. 52–57 (in Russian).
19. Noreiko S.B. Features of gas exchange of healthy people of working age. *Pedagogika, psikhologiya i mediko-biologicheskie problemy fizicheskogo vospitaniya i sporta*, 2011, no. 12, pp. 61–63 (in Russian).
20. Slobodskaya N.S., Yankovskaya L.V., Kezhun L.V., Belous Yu.I. Parametry osnovnogo obmena i metabolicheskogo vozrasta u studentov-medikov [Basic metabolism and metabolic age parameters in students attending medical HEEs]. *Aktual'nye problemy meditsiny: materialy ezhegodnoi itogovoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Grodno, GrGMU Publ., 2017, pp. 861–864 (in Russian).
21. Williams B., Mancia G., Spiering W., Rosei E.A., Azizi M., Burnier M., Clement D.L., Coca A. [et al.]. ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur. Heart J.*, 2018, vol. 39, no. 33, pp. 3021–3104. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy439
22. Etehad Tavakol M., Fatemi A., Karbalaie A., Emrani Z., Erlandsson B.E. Nailfold capillaroscopy in rheumatic diseases: Which parameters should be evaluated? *Biomed. Res. Int.*, 2015, vol. 2015, pp. 1–17. DOI: 10.1155/2015/974530
23. Stepanova E.M., Lugovaya E.A. Hair microelement profile in young aboriginal- and caucasian men in the Chukotka autonomous district (Arctic Russia). *Ekologiya cheloveka*, 2019, no. 12, pp. 14–19 (in Russian). DOI: 10.33396/1728-0869-2019-12-14-19

*Lugovaya E.A., Aver'yanova I.V. Assessing tension coefficient of body adaptation reserves under chronic exposure to factors existing in polar regions. Health Risk Analysis, 2020, no. 2, pp. 101–109. DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.11.eng*

Получена: 29.01.2020

Принята: 04.06.2020

Опубликована: 30.06.2020