



Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Научно-исследовательский
центр «Арктика» Дальневосточного отделения
Российской академии наук (НИЦ «Арктика» ДВО
РАН)

Физиологические основы медико-биологического районирования северных и арктических территорий



*Исследование выполнено за счет гранта Российского
научного фонда
(проект № 23-15-20001 (региональный))*

Аверьянова Инесса Владиславовна

НИЦ «Арктика» ДВО РАН, г. Магадан

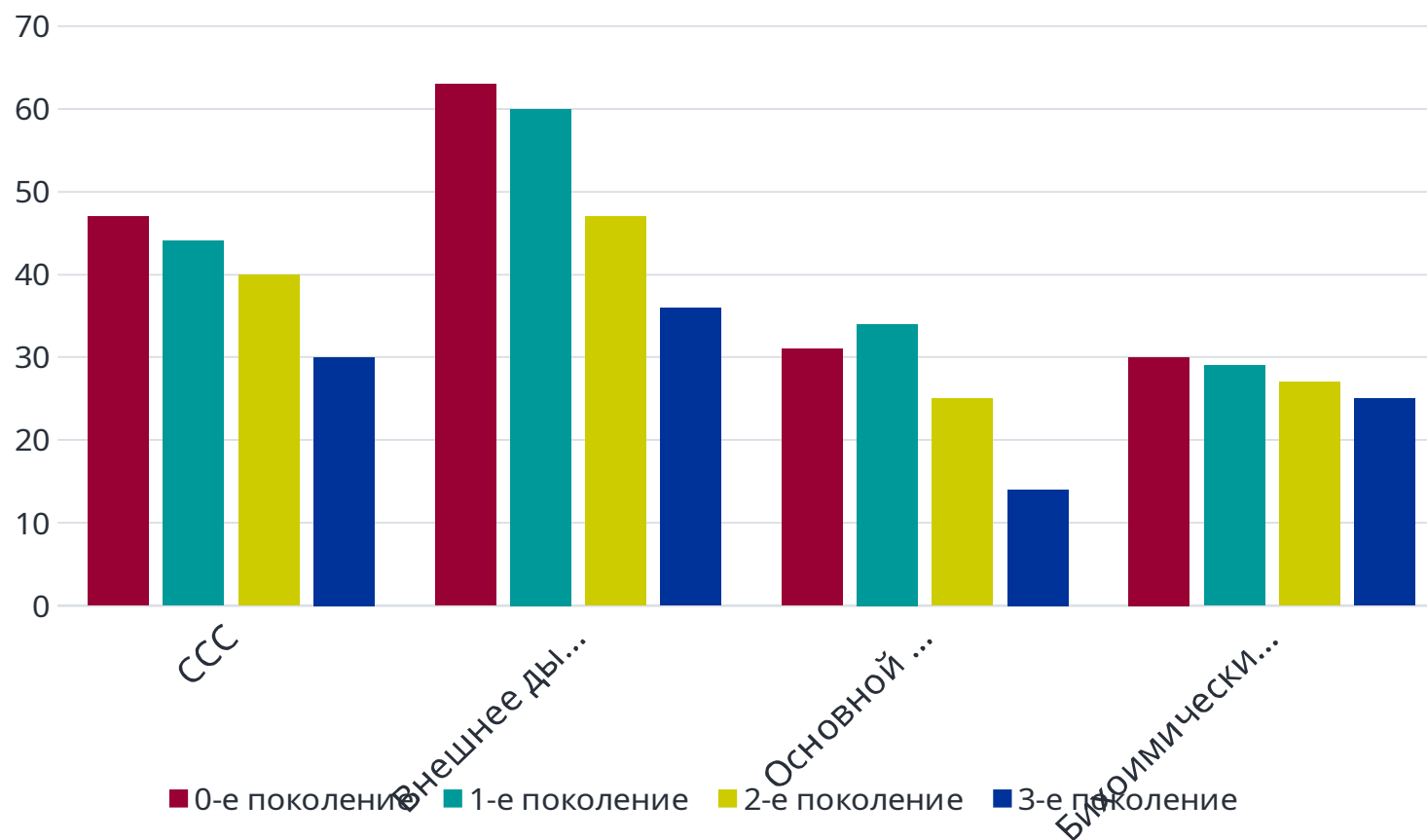
о. Ольхон, п. Хужир
15 – 19 сентября 2025
г.

Сформированы научные концепции, новые научные идеи, которые раскрывают и дополняют современное понимание физиологических механизмов адапционных морфофункциональных перестроек

Модель адаптации (приморская зона проживания)



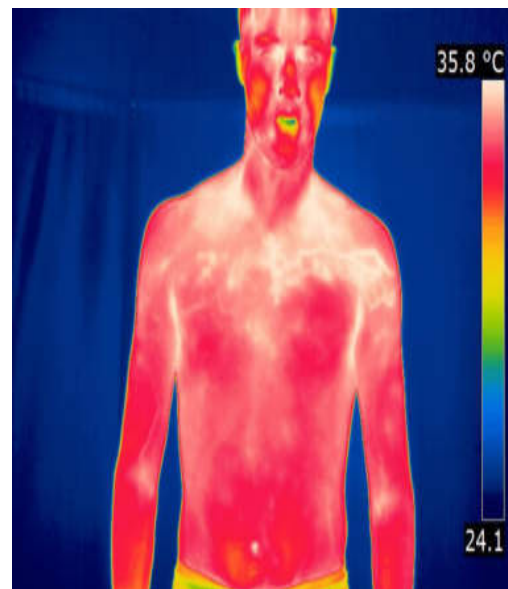
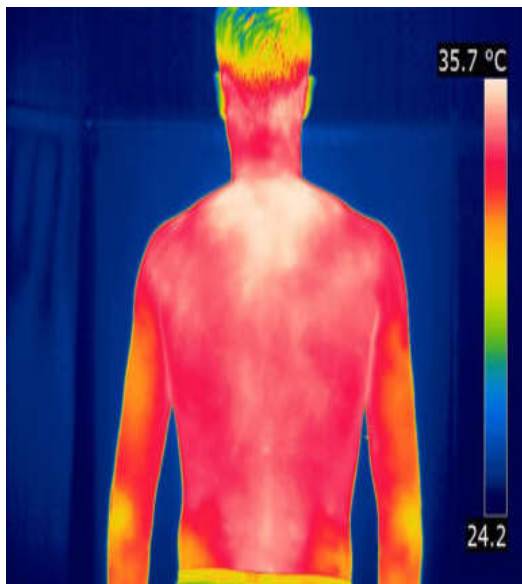
Динамика коэффициента напряжения («Цена адаптации») в ряду от мигрантов к уроженцам 3-го поколения



Показатели кардиоритма в состоянии покоя (сидя) у юношей-европеоидов различных поколений

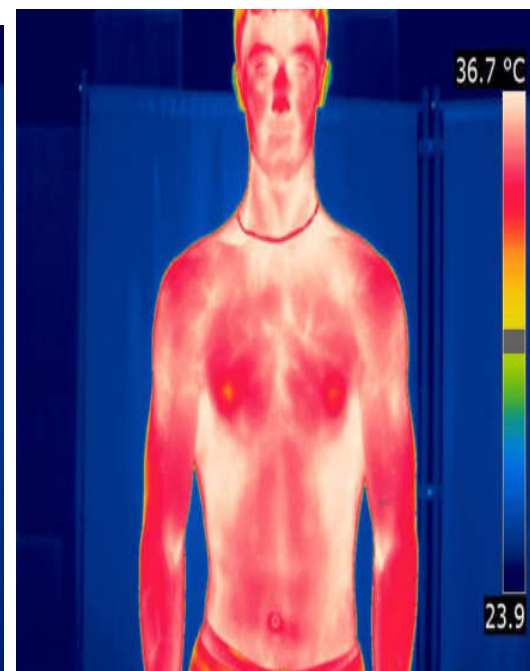
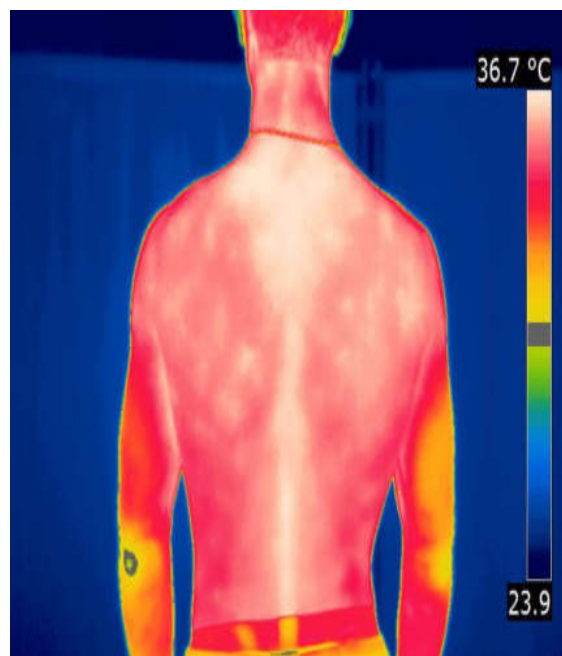
Изучаемые показатели	Изучаемая группа			
	0-е поколение	1-е поколение	2-е поколение	3-е поколение
MxDMn, мс →	322 (268;416)	358 (297;439)	368 (300;447)	368 (316;482)
RMSSD, мс →	41 (32;52)	45 (34;66)	45 (34;66)	42 (33;64)
Mo, мс →	822 (724;900)	824 (727;923)	825 (728;951)	926 (774;979)
SI, усл. ед. →	68 (34;95)	49 (31;90)	48 (30;80)	52 (35;68)
HF, мс ² →	674 (345;1016)	828 (476;1676)	858 (492;1738)	995 (839;3147)
VLF, мс ²	522 (315;691)	595 (378;874)	647 (409;932)	650 (440;613)
IC, усл. ед.	3,0 (1,9;5,4)	2,3 (1,6;4,1)	2,2 (1,4;3,8)	1,9 (1,3;2,3)

→ - значимая динамика в ряду 0-е – 3-е поколение



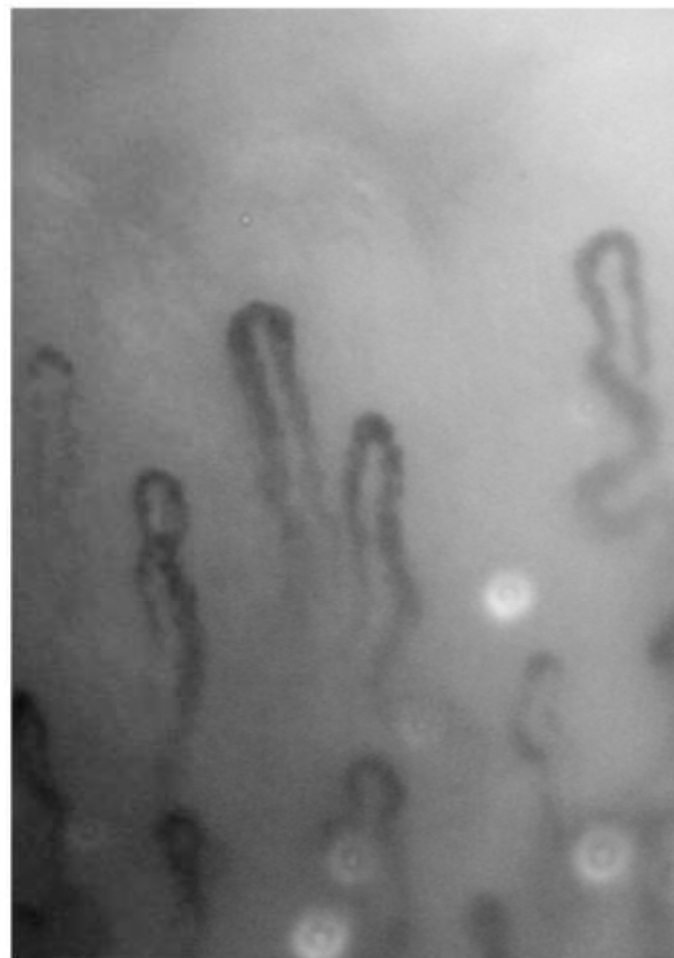
Тепловой
портрет
представителя
0-го поколения

Тепловой портрет
представителя 3-го
поколения





1



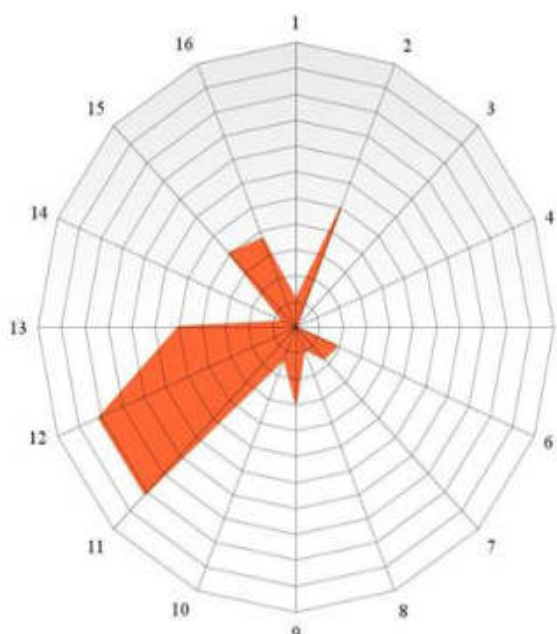
2

Типичная структура капиллярного русла у
представителя 0-го поколения (мигранта) (1) и 3-го
поколения (2)

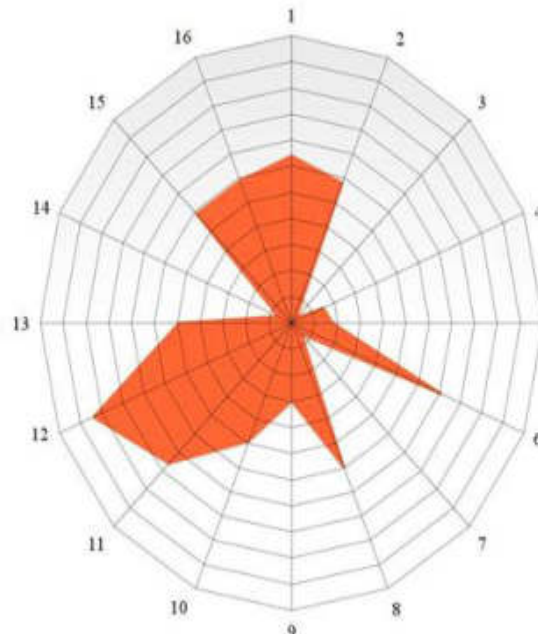
Возрастная динамика



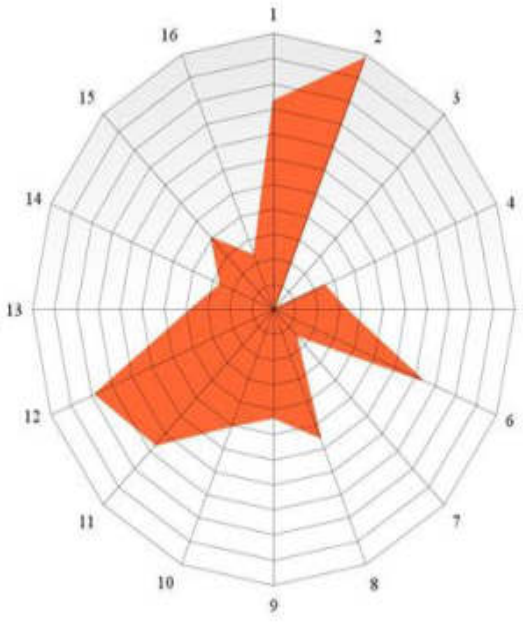
Матрицы снижения функциональных резервов в



юноши



мужчины зрелого возраста

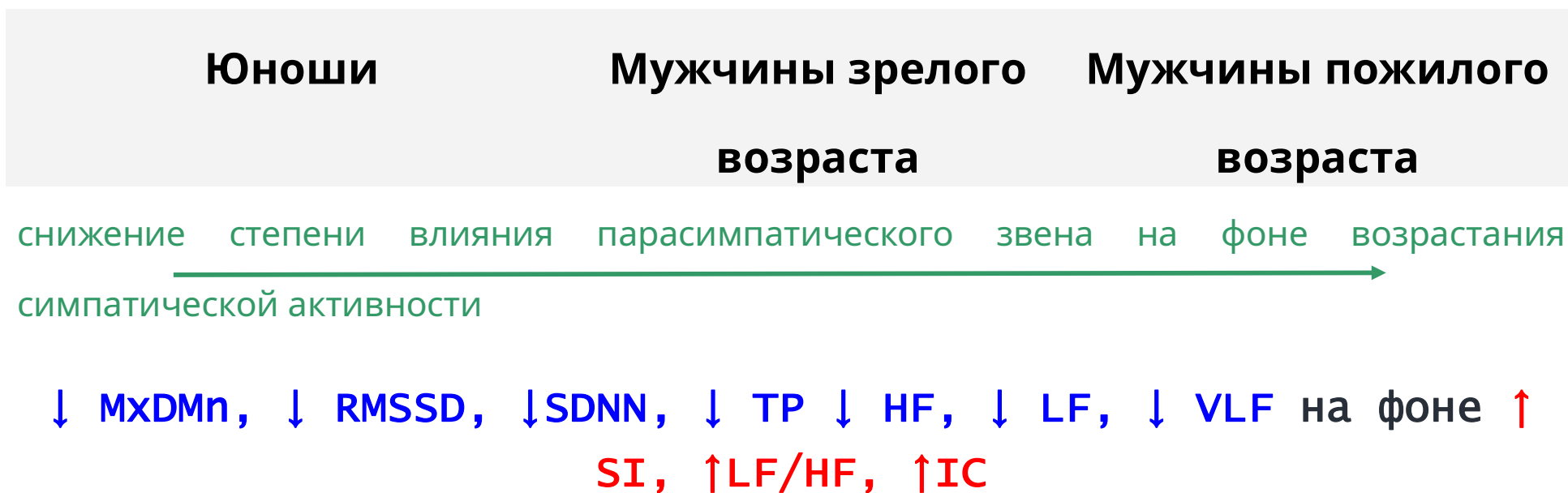


мужчины

пожилого возраста

Примечание: **1** – Доля лиц (%) с индексом массы тела (ИМТ) более 25 кг/м²; **2** – Доля лиц (%) с ВНАД (высокое нормальное артериальное давление) и АГ (артериальная гипертензия) в сумме по САД (систолическому артериальному давлению, мм рт.ст) и ДАД (диастолическому артериальному давлению, мм рт.ст.); **3** – Среднее значение проходимости крупных бронхов ниже должной величины (%); **4** – Среднее значение проходимости средних бронхов, ниже должной величины (%); **5** – Среднее значение проходимости мелких бронхов ниже должной величины (%); **6** – Доля лиц (%) с коэффициентом Генслера, ниже нормативного диапазона (85 усл. ед.); **7** – Энерготраты в состоянии покоя в сутки (REE, ккал/день), превышающие должные величины; **8** – Доля лиц (%) с коэффициентом атерогенности липидного спектра, превышающим нормативный диапазон (%); **9** – Доля лиц (%) с уровнем глюкозы в крови выше 5,6 ммоль/л; **10** – Доля лиц (%) с НОМА-IR (индекс инсулинорезистентности) выше 2,7 усл.ед.; **11** – Доля лиц (%), характеризующаяся дефицитом и недостаточностью витамина D; **12** – Доля лиц (%), характеризующаяся дефицитом и недостаточностью витамина B₁₂; **13** – Суммарный процент дефицитных проявлений микроэлементного профиля /100; **14** – Суммарный процент избыточных проявлений микроэлементного профиля /100; **15** – Доля лиц (%), характеризующаяся пристрастием к табакокурению; **16** – Доля лиц (%), характеризующаяся сниженной двигательной активностью и гиподинамией

Блок-схема возрастной динамики у здоровых мужчин-северян в возрастном аспекте



Перестройки в ряду от
0-го к 3-му поколению
жителей-северян

АДАПТАЦИОННЫЕ



Перестройки в
возрастном ряду от
группа юношей к
группе мужчин-
северян пожилого
возраста

**ДИЗАДАПТАЦИОН
НЫЕ**

Локации проведения исследований

62°46'59.88"

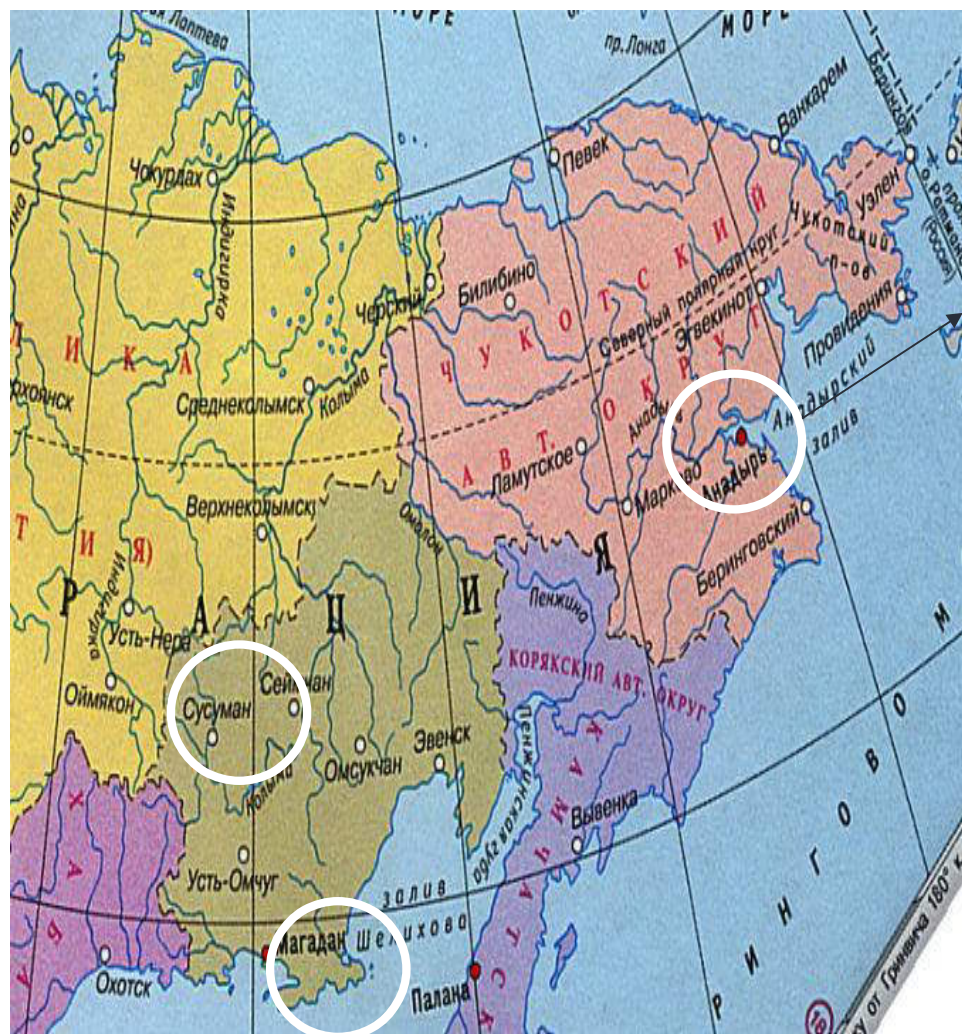
**t января – -38
°C**

**t июля – +15
°C**

59° 33' 49 "

**t января – -20
°C**

**t июля – +13
°C**



64° 44' 30«

**t января – -20
°C**

**t июля – +9,1
°C**

59° 33' 49"

Магадан

Оптимальное АД
19%
Нормальное АД
30%
ВНАД
27%
Гипертензия -
24%

Диаметр артериального
отдела
-29%

Диаметр венозного отдела
-19%

Длина капилляра
+30%

Коэффициент деформации
-35%

62°46'59.88"

Сусуман

Оптимальное АД
21%
Нормальное АД
42%
ВНАД
21%
Гипертензия
16%

Диаметр артериального
отдела
-32%

Диаметр венозного отдела
-21%

Длина капилляра
+35%

Коэффициент деформации
-35%

64° 44' 30"

Анадыр

Оптимальное АД
29%
Нормальное АД
29%
ВНАД
34%
Гипертензия
8%

Диаметр артериального
отдела
21%

Диаметр венозного отдела
5%

Длина капилляра
+65%

Коэффициент деформации
32%

51%

113

%

37

%

123%

42%

123

%

Коэффициент напряжения («цена адаптации»)

(сердечно-сосудистая система, микроциркуляция)

59° 33' 49"

Магадан

МОС₂₅

109%

МОС₅₀

113%

МОС₇₅

REE, ккал/сут

151%
2145±59,5

REE/Pred, %

117±2,92

Гипергликемия

выше 5,6 ммоль/л

29%

62°46'59.88"

Сусуман

МОС₂₅

104%

МОС₅₀

111%

МОС₇₅

REE, ккал/сут

150%
2344±63,6

REE/Pred, %

131±3,02

Гипергликемия

выше 5,6 ммоль/л

48%

64° 44' 30"

Анадыр

МОС₂₅

108%

МОС₅₀

106%

МОС₇₅

REE, ккал/сут

146%
2048±74,5

REE/Pred, %

115±4,00

Гипергликемия

выше 5,6 ммоль/л

57%

53

%

17

%

29

%

65

%

31

%

48

%

28

%

15

%

57

%

Коэффициент напряжения («цена адаптации»)

(дыхательная система, основной обмен, биохимический профиль)

Коэффициент «цены адаптации»

«Цена адаптации» =

Сумма процентов отклонений от нормативного диапазона
100



Магадан

3,2 усл. ед.



Сусуман

3,4 усл. ед.



Анадырь

2,9 усл. ед.



ЦРС

0,46 усл. ед.

Условная
норма



Принципы и подходы к районированию северных территорий и Арктики на основе медико-биологического картирования



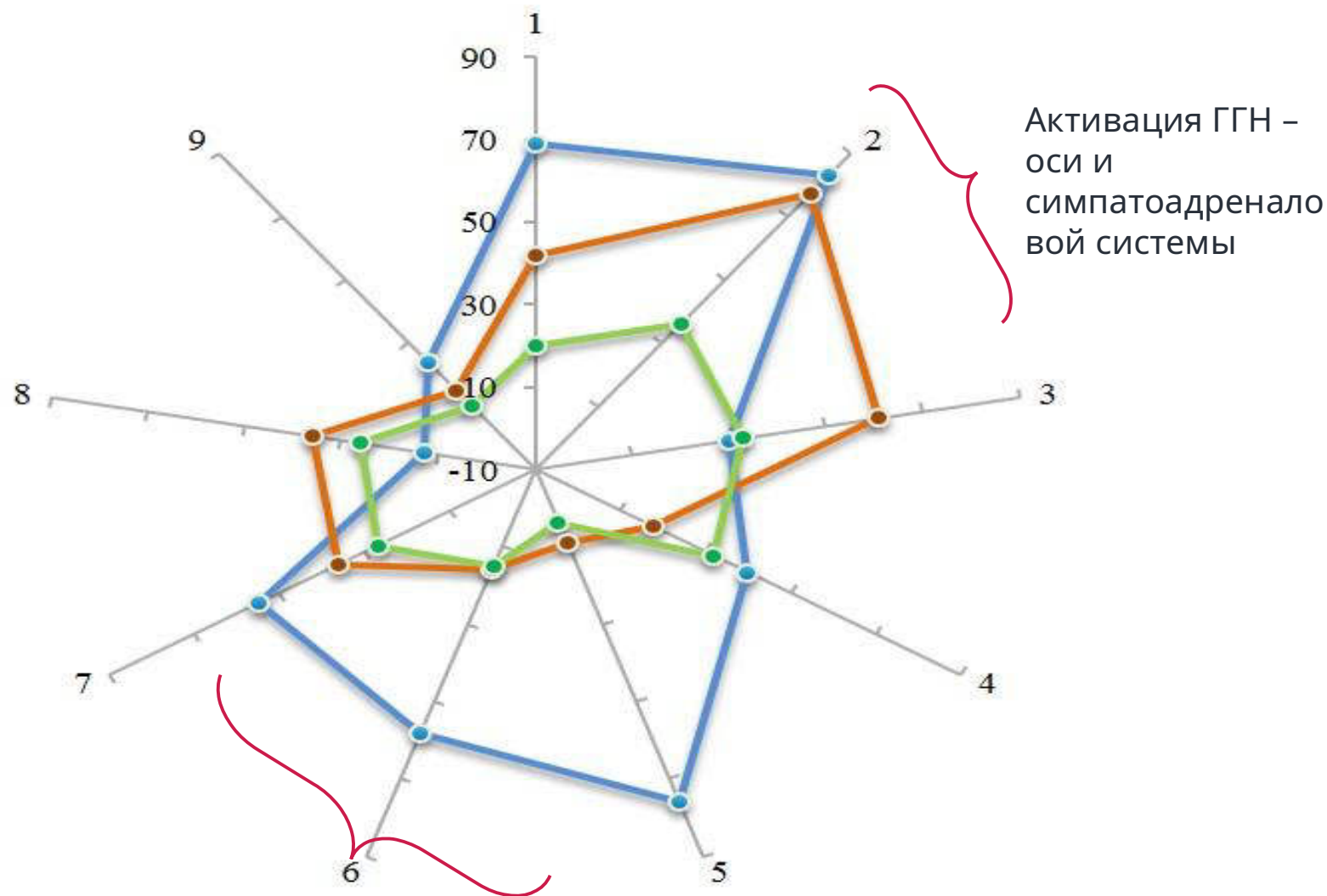
Российский
научный фонд



Информативные маркеры напряжения функциональных резервов

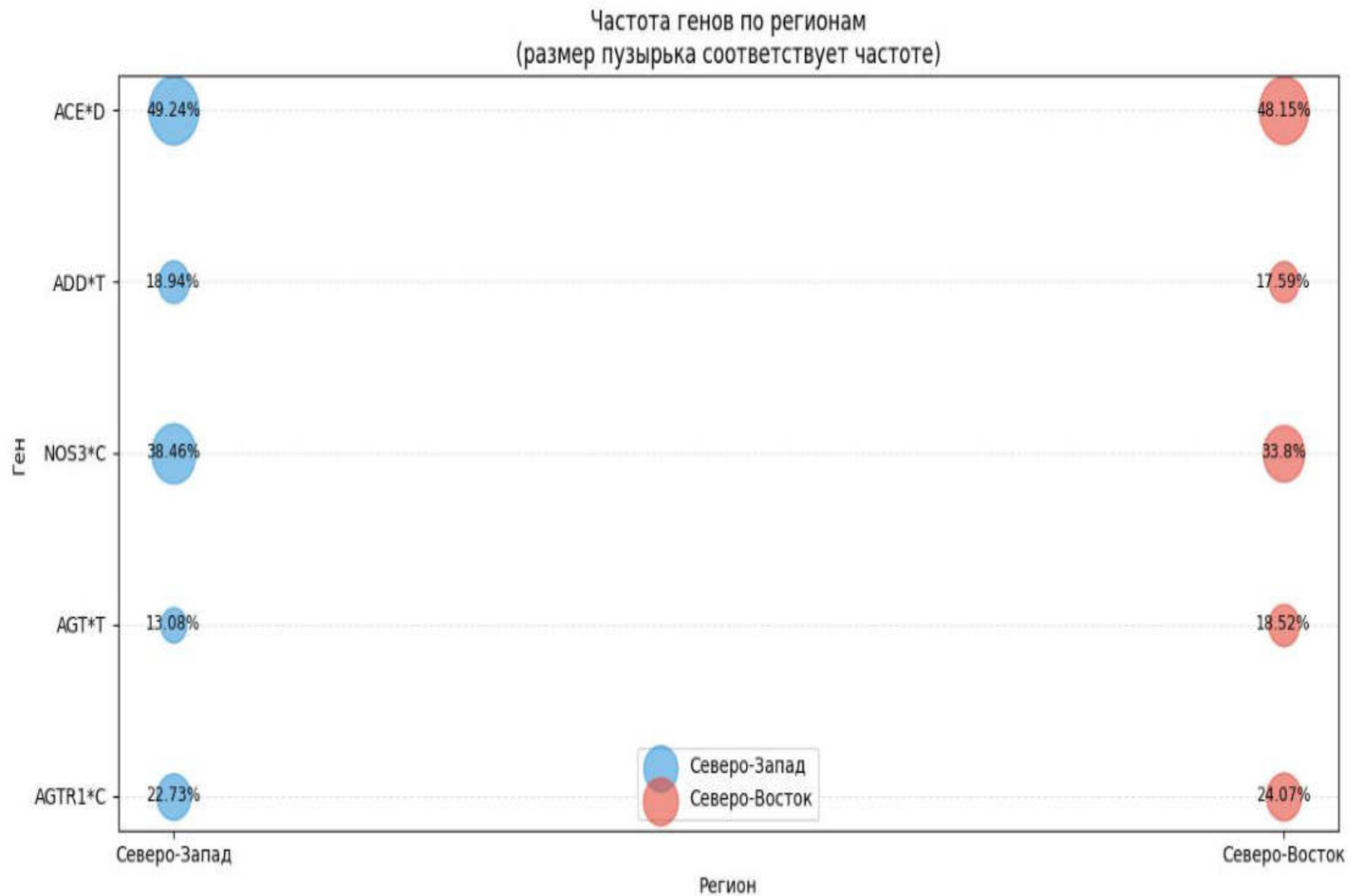
- 1 – доля лиц (%) с соотношением ДГЭА-С/кортизол $< 2,1$ усл. ед.;
- 2 – доля лиц (%) с концентрацией кортизола > 320 нмоль/л;
- 3 – доля лиц (%) с показателем стресс-индекса variability сердечного ритма > 150 усл. ед.;
- 4 – доля лиц (%) со значением тиреотропного гормона $> 2,5$ мкМЕ/мл;
- 5 – доля лиц (%) со значением тироксина(св.Т4) $< 14,0$ пмоль/л;
- 6 – суммарное отклонение по проходимости мелких, средних и крупных бронхов (%);
- 7 – энерготраты в состоянии покоя в сутки (REE, ккал/день;
- 8 – доля лиц (в %) с HOMA-IR $> 2,53$ усл. ед.;
- 9 – доля лиц (%) с показателем липопротеидов низкой плотности $> 3,0$ ммоль/л.

—●— Северо-Восток —●— Северо-Запад —●— Средняя полоса



Средняя полоса < Северо-Запада России < Северо-Восток России

Распределение частот генов-кандидатов напряжения функциональных резервов сердечно-сосудистой системы

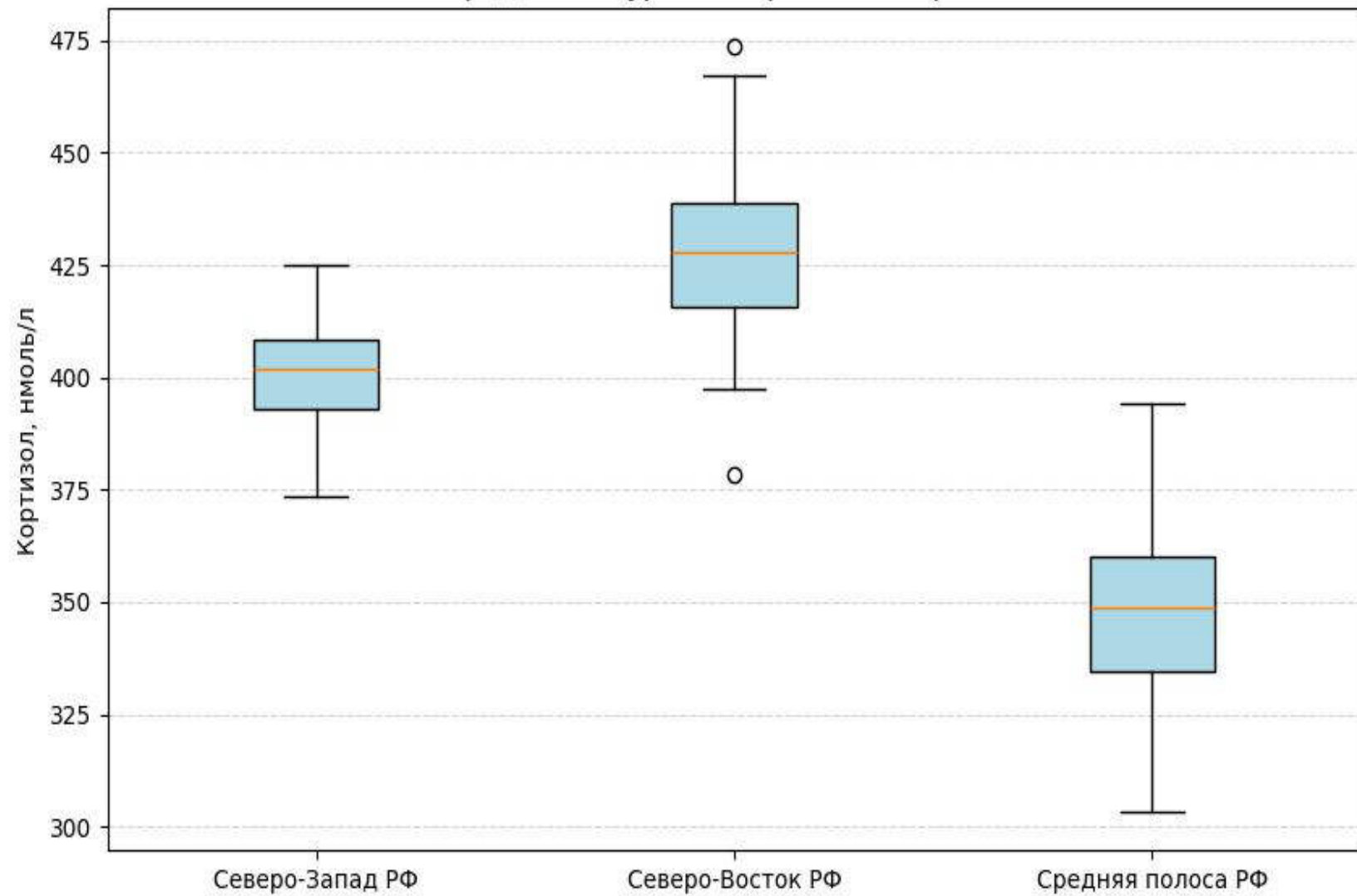


ГГН-ось является основным медиатором реакции на стресс и функционирует в тандеме с другим важнейшим медиатором, таким как вегетативная нервная система (ВНС) в частности ее симпатическое звено, которые активируются параллельно

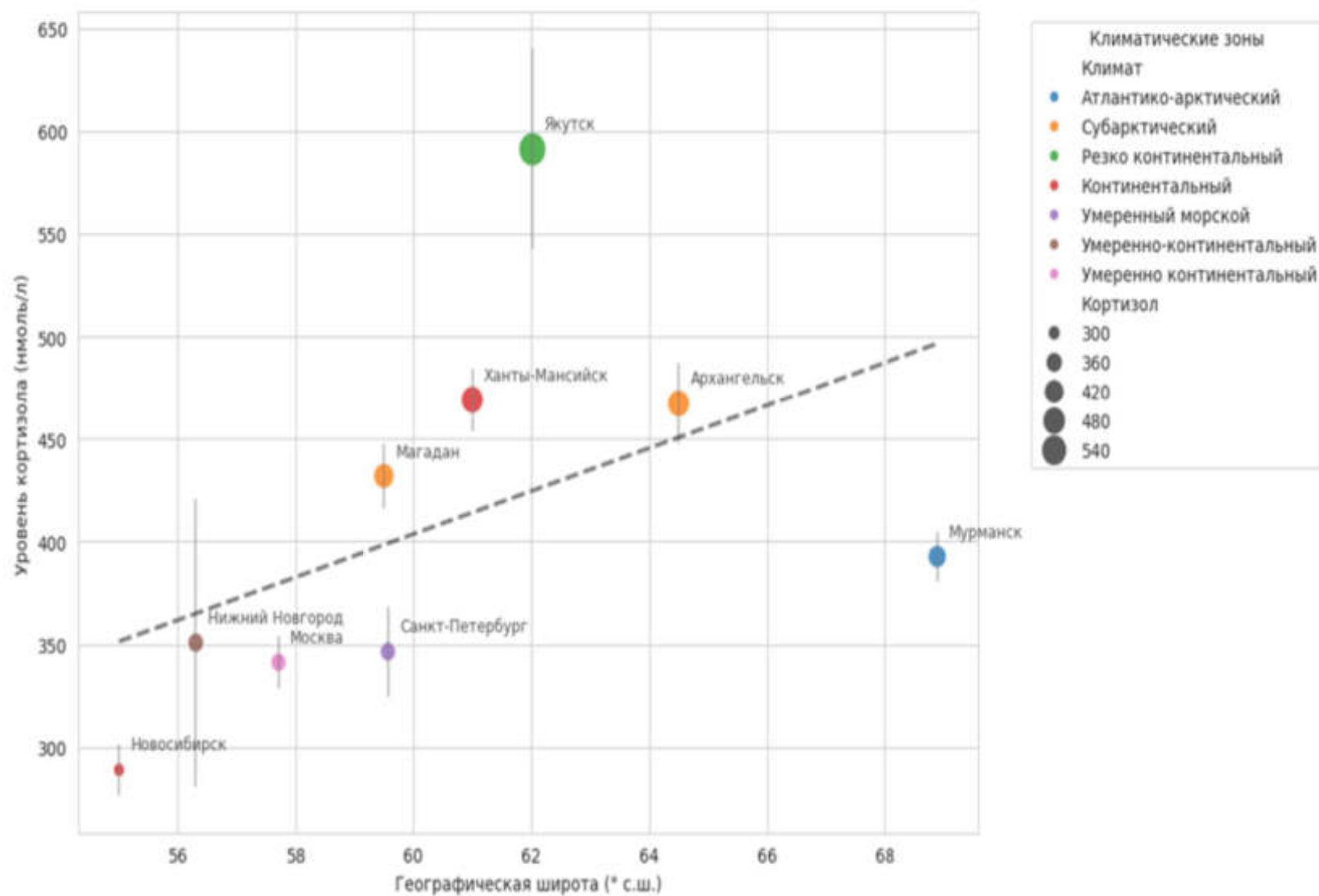
Относительные различия показателей ВСР по регионам РФ
(Процентное отклонение от среднего значения по всем регионам)



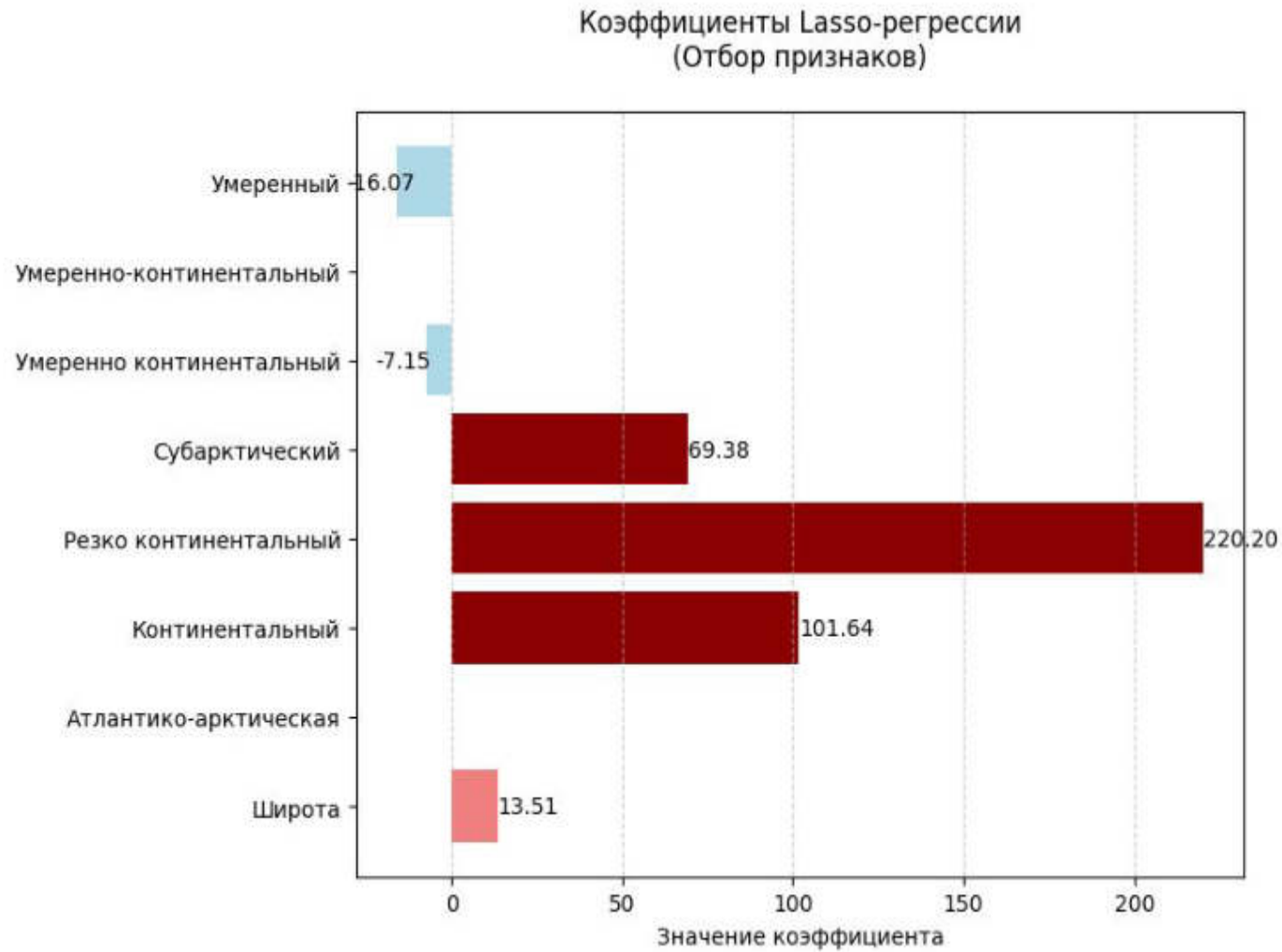
Распределение уровня кортизола по регионам



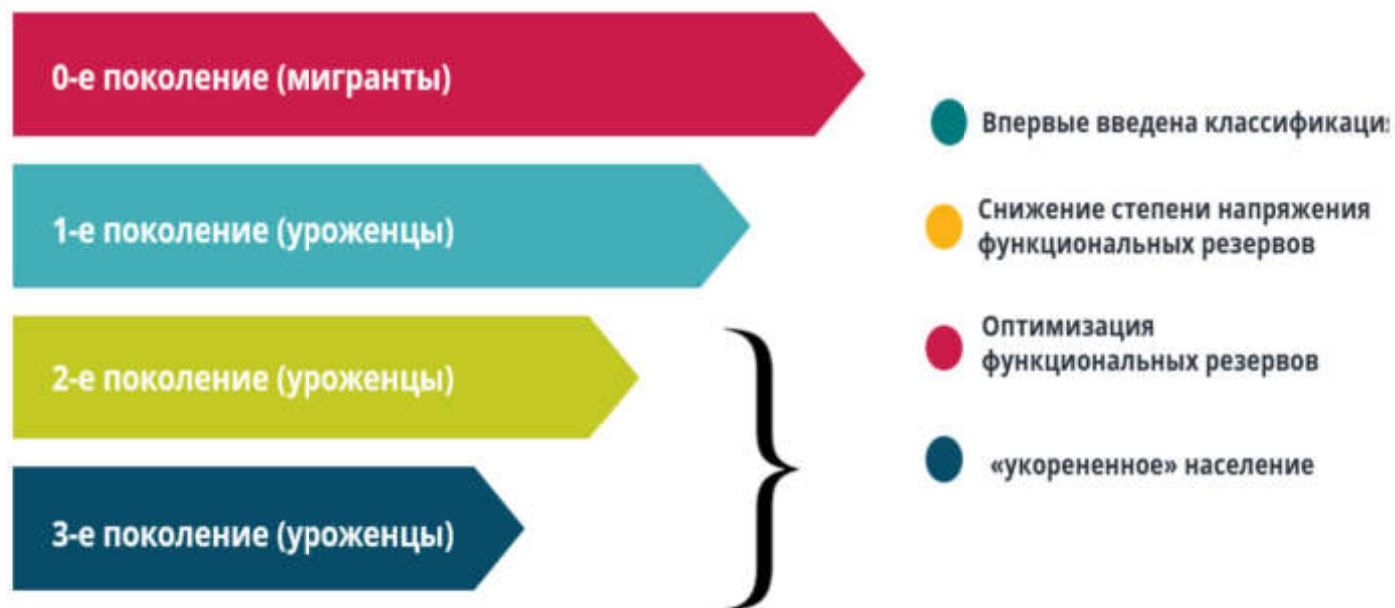
Уровень кортизола в зависимости от географической широты



Коэффициенты линейной регрессии Lasso влияния широты и климатической зоны проживания на концентрацию кортизола



Модель адаптации (приморская зона проживания)

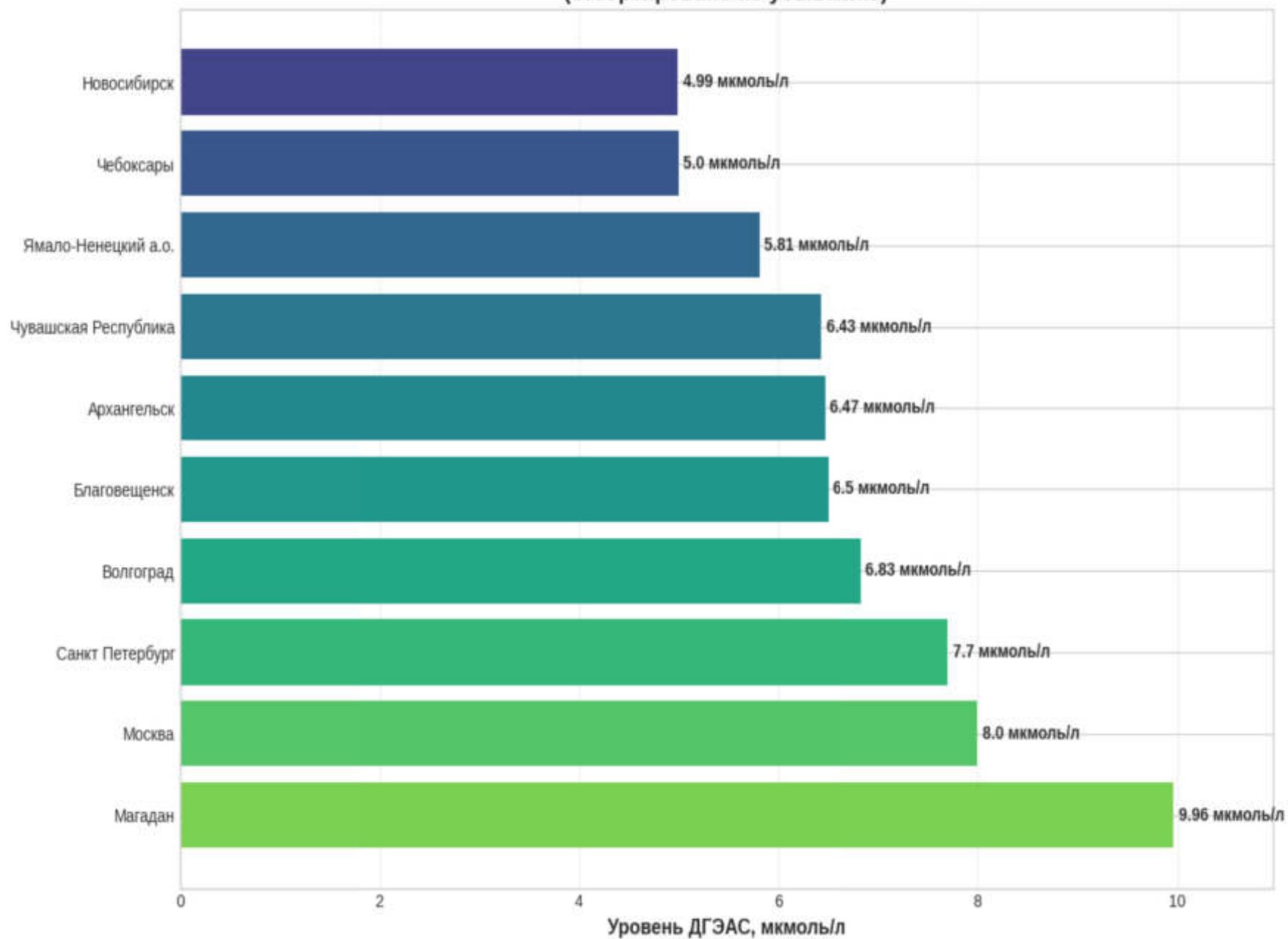


	0-е поколение	1-е поколение	2-3-е поколение
Кортизол	399,7±20,4	397,7±15,3	450,8±20,9

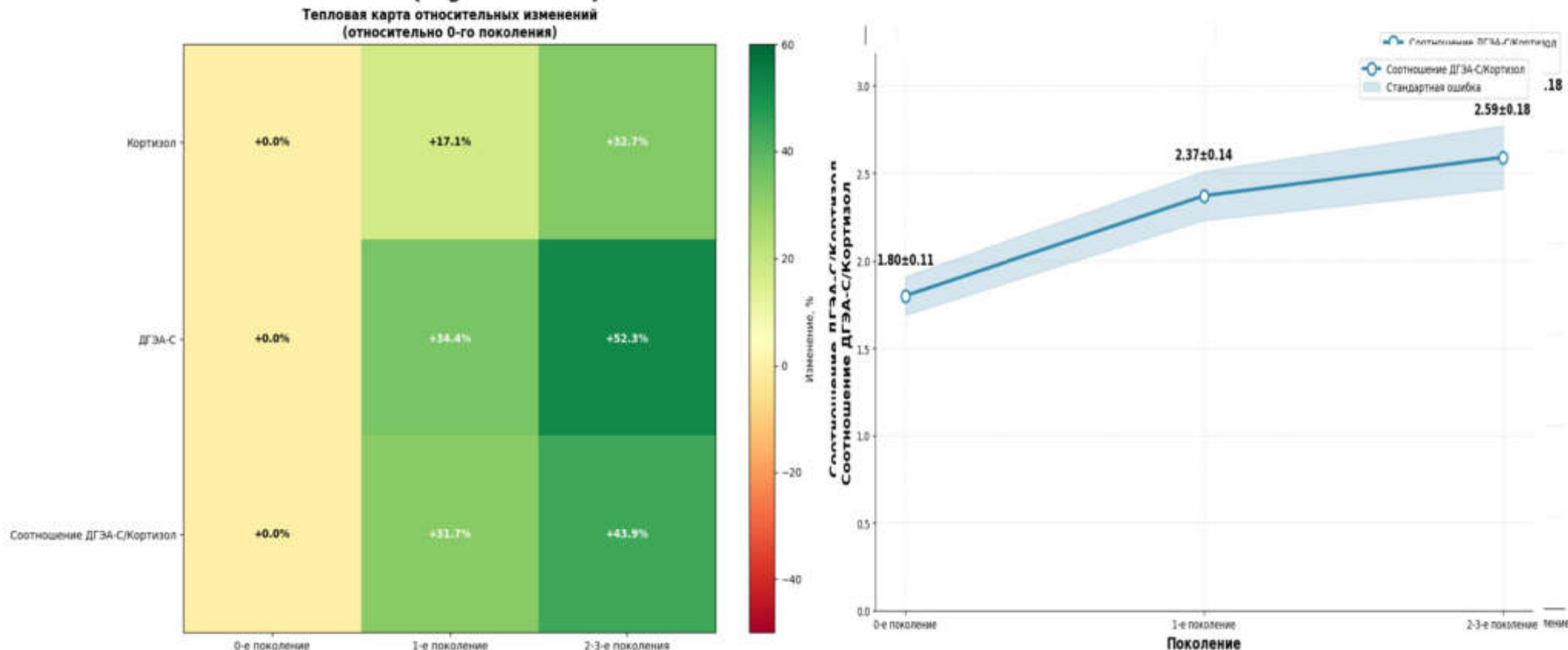


Примечание. NMDA – N-метил-D-аспартат; АКТГ – адренокортикотропный гормон; ГАМК – гамма-аминомасляная кислота; ИФР – инсулиноподобный фактор роста; НАДФ – никотинамидадениндинуклеотидфосфат.

Уровень ДГЭАС в плазме крови по регионам России
(отсортировано по убыванию)



Значение кортизола и ДГЭА-С, а также их соотношения в ряду поколений (мужчины)



Оценка адаптационного статуса по расчетному индексу ДГЭА-С/кортизол с градацией:

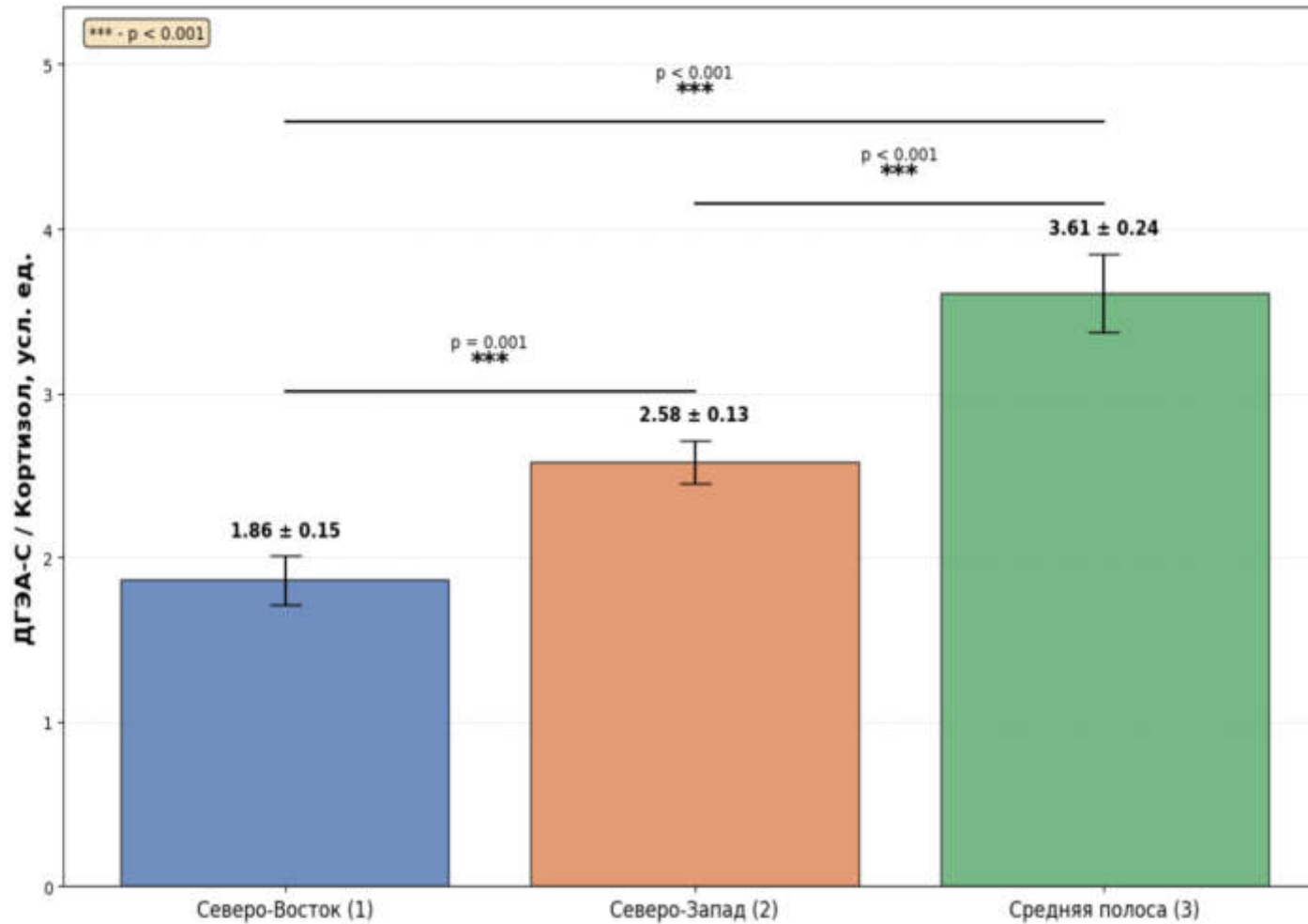
< 1,1 – состояние дезадаптации

1,1-2,1 – напряжение адаптационных механизмов

> 2,1 – адаптационные резервы сохранены *

* Оценка адаптационных резервов организма мужчин: теоретические основы, технология: методические им. А.М. Никифорова МЧС России. / Алексанин С.С., [и др.] /СПб.: ИПЦ «Измайловский», 2022. 19 с.

Соотношение ДГЭА-С / Кортизол в разных регионах России



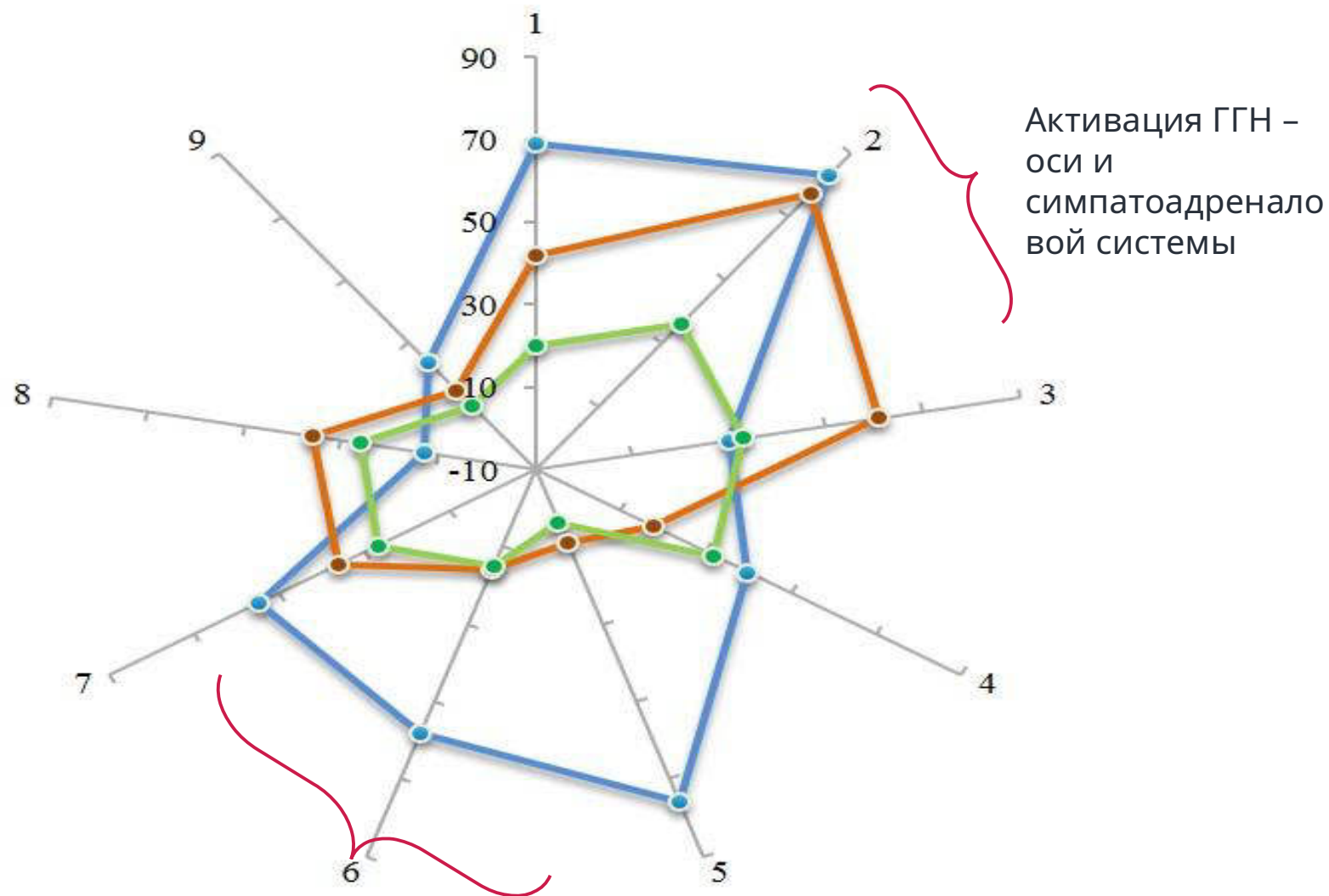
Оценка адаптационного статуса по расчетному индексу ДГЭА-С/кортизол с градацией:

< 1,1 – состояние дезадаптации

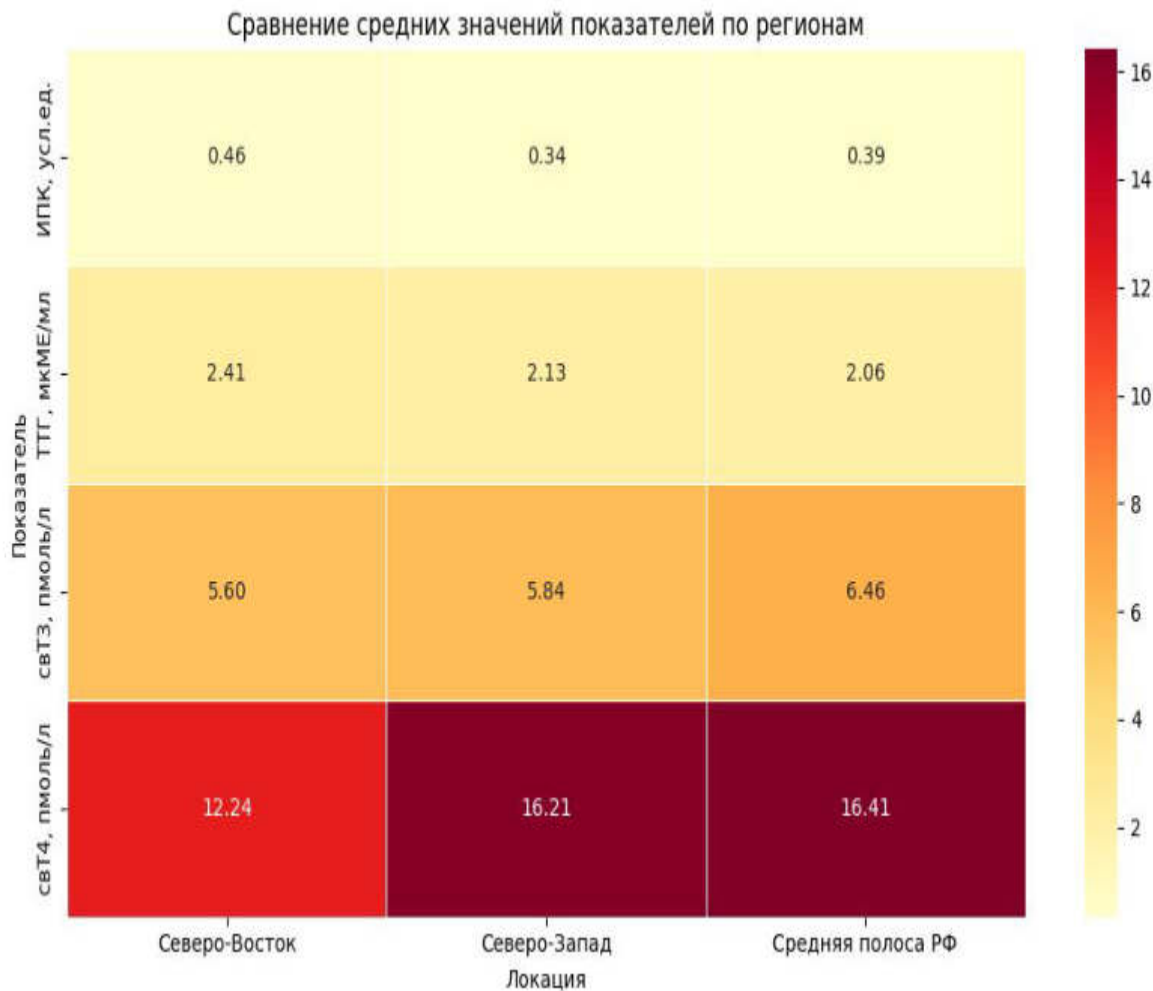
1,1-2,1 – напряжение адаптационных механизмов

> 2,1 – адаптационные резервы сохранены *

—●— Северо-Восток —●— Северо-Запад —●— Средняя полоса



Средняя полоса < Северо-Запада России < Северо-Восток России



Признаки полярного Т3 синдрома:

1. ✓ **Отсутствие симптомов гипотиреоза**
2. ✓ **Нормальный уровень ТТГ**
3. ✓ **Сниженный свТ4 при нормальном/незначительно сниженном свТ3**
4. ✓ **Повышенный индекс конверсии Т4→Т3**
5. ✓ **Проживание в арктическом/субарктическом регионе**
6. ✗ **Сохраненная качество жизни**

7. **Активация симпатической нервной системы**

8. **Сниженный свТ4→↓ основной обмен**

Относительные различия показателей ВСР по регионам РФ (Процентное отклонение от среднего значения по всем регионам)



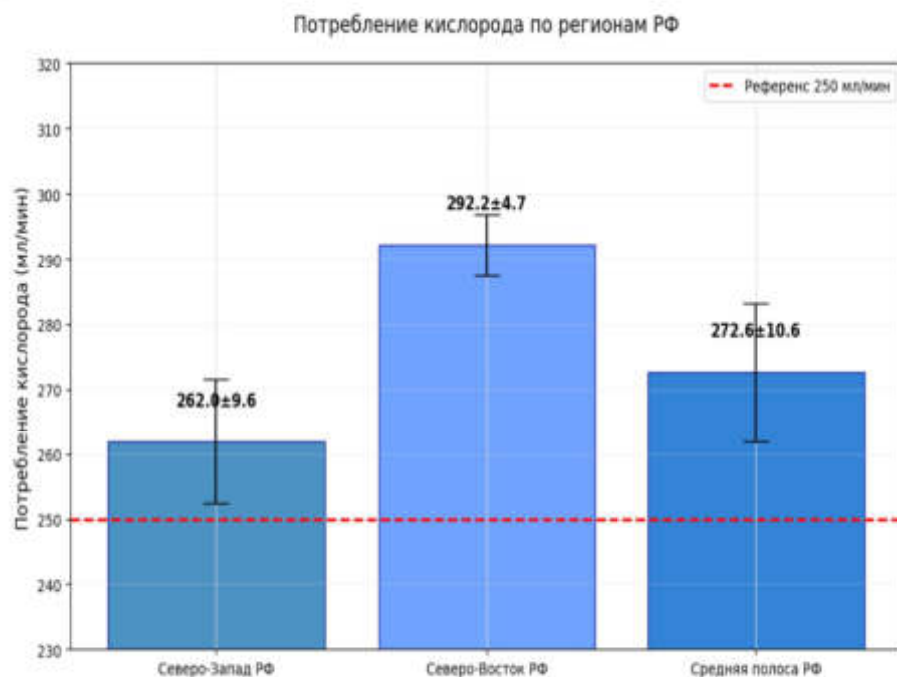
Симатикотон
ия

Ваготония

Нормотония

Красный цвет - значения выше среднего по всем регионам
Синий цвет - значения ниже среднего по всем регионам

Показатели потребления кислорода у юношей – жителей различных регионов Российской Федерации



Показатели липидного обмена у юношей – жителей различных регионов Российской Федерации

Изучаемые показатели	Северо-Запад	Северо-Восток	Средняя полоса РФ
ОХС, ммоль/л	3,98±0,0 8	4,31±0,0 7	3,89±0,0 8
Х-ЛПНП, ммоль/л	2,28±0,0 8	2,76±0,0 6	2,30±0,0 7
Х-ЛПВП, ммоль/л	1,38±0,0 4	1,21±0,0 2	1,31±0,0 4

Макронутриентный состав рациона у юношей –
жителей различных климатогеографических зон
Российской Федерации

Изучаемые показатели	Локация научно-исследовательских работ		
	Северо-Запад	Северо-Восток	Средняя полоса РФ
Белки, г	85,4±5,4	97,6±5,6	103,6±6,2
Жиры, г	105,2±5,9	101,4±5,9	103,0±6,2
Углеводы, г	185,9±13,4	213,8±11,7	176,9±8,0
Моно-дисахариды, г	75,5±6,5	77,5±6,3	61,3±6,6
Энергетическая ценность, ккал	2072,6±95,6	2239,7±75,6	2107,0±92,9

- Считается, что при воздействии холода бурые адипоциты начинают активно поглощать св.ТЗ из крови и дополнительно дейодировать его из Т4 с помощью фермента дейодиназы 2-го типа.*
- Исследования на крысах показали, что бурая жировая ткань ответственна примерно за половину общего системного превращения ТЗ из Т4, которое увеличивается в 10 раз при холодовом воздействии.**

- * Silva J.E., Larsen P.R. Potential of brown adipose tissue type II thyroxine 5'-deiodinase as a local and systemic source of triiodothyronine in rats //The Journal of clinical investigation. 1985. №6(76). 2296-2305. doi:10.1172/JCI112239 17
- **Silva J.E. Thermogenic mechanisms and their hormonal regulation //Physiological reviews. 2006. №2(86). 435-464. doi:10.1152/physrev.00009.2005

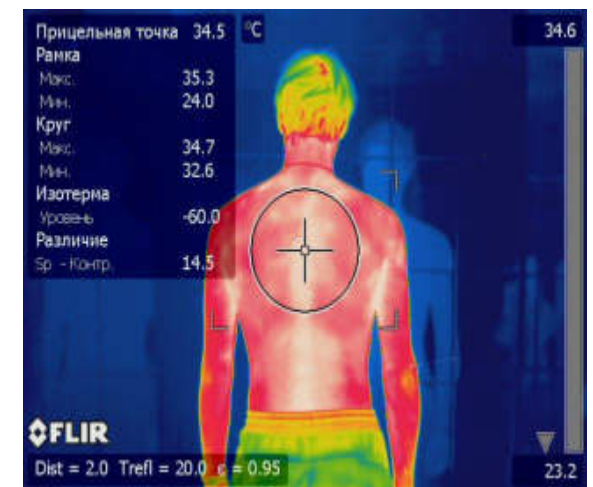
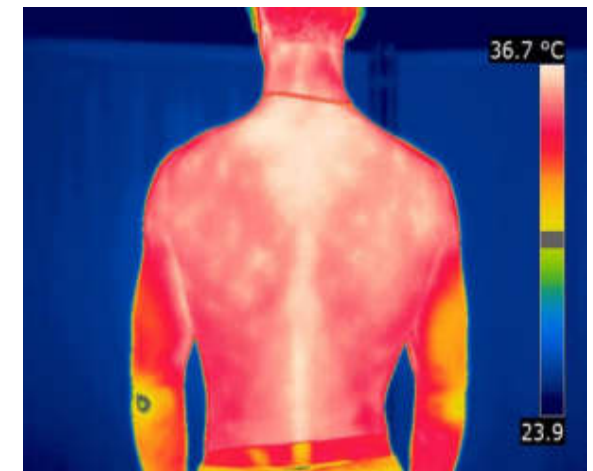
Характеристики тепловизионного портрета юношей различных регионов проживания

Анализируемые средние величины	Северо-Восток России (1)	Северо-Запад России (2)	Средняя полоса России (3)	1-2	2-3	1-3
Лоб, °C	35,22±0,13	35,28±0,07	34,99±0,06↓	p=0.68	p=0.002	p=0.107
Левая подключичная область, °C	35,69±0,09	35,76±0,06	35,60±0,05↓	p=0.49	p=0.048	p=0.412
Правая подключичная область, °C	35,79±0,11	35,80±0,06	35,60±0,06↓	p=0.93	p=0.023	p=0.144
Грудь, °C	34,77±0,10	35,06±0,10	34,86±0,08	p=0.05	p=0.133	p=0.486
Живот, °C	34,03±0,15↓	34,45±0,12	34,63±0,11	p=0.03	p=0.294	p=0.002
Область под шей со стороны спины, °C	35,39±0,11↑	35,10±0,09	35,01±0,08	p=0.04	p=0.455	p=0.006
Лопатки, °C	35,03±0,12↑	34,61±0,09	34,41±0,09	p=0.007	p=0.138	p=0.001

Север
о-
Восто
к
Росси
и

Север
о-
Запад
Росси
и

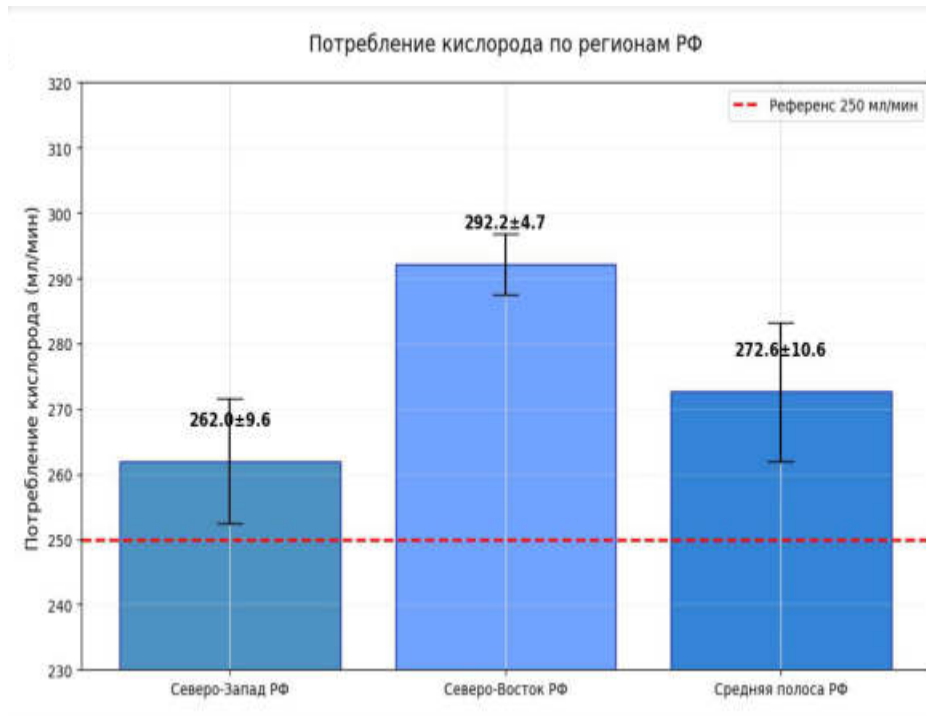
Средн
я
полос
а
Росси
и



Активация бурого жира увеличивает основной обмен.

В системе полярного Т3 синдрома это компенсирует **общее снижение метаболизма** за счет уменьшения св.Т4, создавая оптимальный энергетический баланс для выживания северных и арктических условиях.

Основной обмен (ккал/сут.) в
соотнесении с должными
величинами



Северо-Восток России

115%

Северо-Запад России

98%

Средняя полоса России

101%

В целом, настоящее исследование формирует новые представления об адаптационных перестройках у жителей северных территорий. Полученные данные свидетельствуют о том, что формирование физиологических перестроек имеет ярко выраженные «северные» особенности, но по-разному проявляющиеся у жителей северо-западных и северо-восточных регионов России, а проживание в различных климатогеографических регионах Российской Федерации с их уникальными климатическими, географическими и широтными условиями приводит к формированию разнообразных вегетативных, эндокринных и метаболических профилей.

В рамках разработки критериев медико-биологического районирования территорий по степени экстремальности средовых воздействий, представляется обоснованным использование комплекса физиолого-биохимических маркеров, репрезентирующих уровень напряжения функциональных резервов организма.

К числу таких высокоинформативных диагностических индикаторов могут быть отнесены:

- **Состояние вегетативного гомеостаза**, определяемое по параметрам variability сердечного ритма (VCP).
- **Баланс активности оси гипоталамус-гипофиз-надпочечники (ГГН)**, количественно оцениваемый через расчет соотношения концентраций кортизол/ДГЭА-С.
- Наличие и выраженность признаков **полярного ТЗ синдрома**.

Благодарю за
внимание

