

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ И  
ОСОБЕННОСТИ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ АРКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ  
СИБИРИ**

**С.Г. КРИВОЩЕКОВ**

**Лаборатория функциональных резервов организма  
ГУ НИИ Физиологии СО РАМН**

**E-mail: [Krivosch@physiol.ru](mailto:Krivosch@physiol.ru)**

**Медицинский Полярный Фонд «НАУКА»**

## АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ :

1. Изменение структуры северных популяций (по конституциям, психотипам, адаптивным типам) - это результат естественного отбора людей, наиболее эффективно адаптировавшихся к Северу, а также преадаптированных, т.е., имеющих хорошие предпосылки к адаптации в конкретно этих условиях.

2. Существуют региональные нормы показателей (на генетическом и функциональном уровне) практически всех систем организма. Чем жестче закреплены эти признаки, тем большую нагрузку будут нести функциональные системы в процессе перенастройки к новым условиям.

3. Кожная терморцепция и термоощущения меняются в зависимости от действия внешних средовых факторов и функционального состояния организма.

4. Плата за адаптацию проявляется в снижении функциональных резервов и работоспособности на индивидуальном и организменном уровне, ростом заболеваемости и продолжительности жизни - на популяционном.



# Влияние климата на самочувствие

- 1. Непосредственное влияние климатических факторов (провоцирует сердечно-сосудистые кризы, приступы бронхиальной астмы, хронические артриты, радикулиты и т.д.)
- 2. Опосредованное влияние метеоклиматических факторов через экологию (изменение атмосферного давления, влажность, смог – увеличивают концентрацию в воздухе химических веществ)
- 3. Одновременное влияние метеоклиматических и экологических факторов

## Население арктической части Сибири делится на 3 большие группы:

- аборигены
- приезжие, постоянно живущие на Севере
- приезжие, работающие в режиме производственных миграций

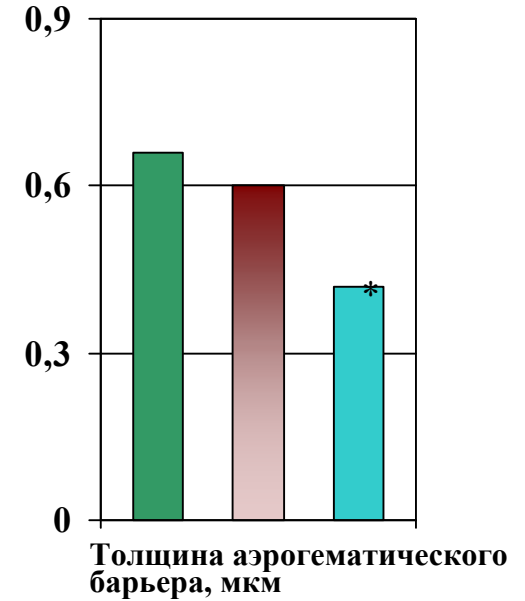
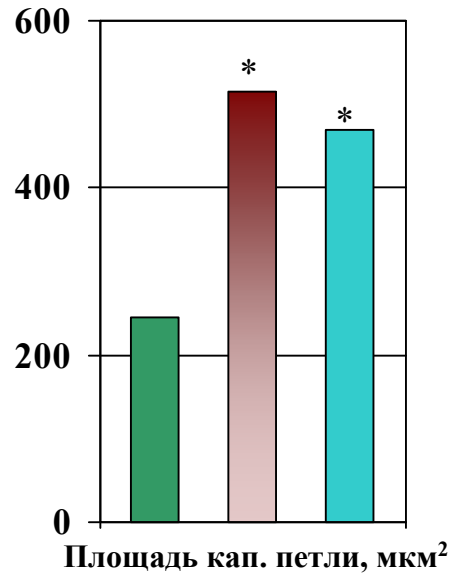
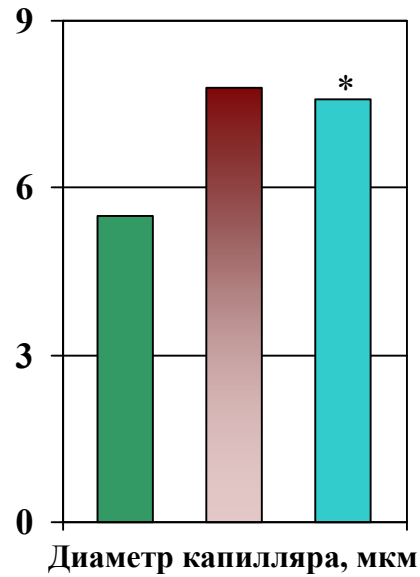
# Специфические генетически обусловленные адаптивные особенности (норма реакции) аборигенов Севера



## **Структурные особенности бронхиального дерева у северян:**

1. Большой объем анатомического мертвого пространства, обусловленный значительной шириной просветов воздухоносных путей и большим числом поколений бронхиального дерева. Это способствует согреванию вдыхаемого воздуха.
2. Особая структура легочного ацинуса: исчезновение части альвеол в респираторных бронхиолах, которое приводит к увеличению неравномерности газообмена в микроструктурах ацинуса.
3. Уменьшение толщины аэрогематического барьера.

# Особенности структуры межальвеолярных перегородок у жителей Севера по сравнению с жителями умеренного климата



Москва



Магадан



Якутск

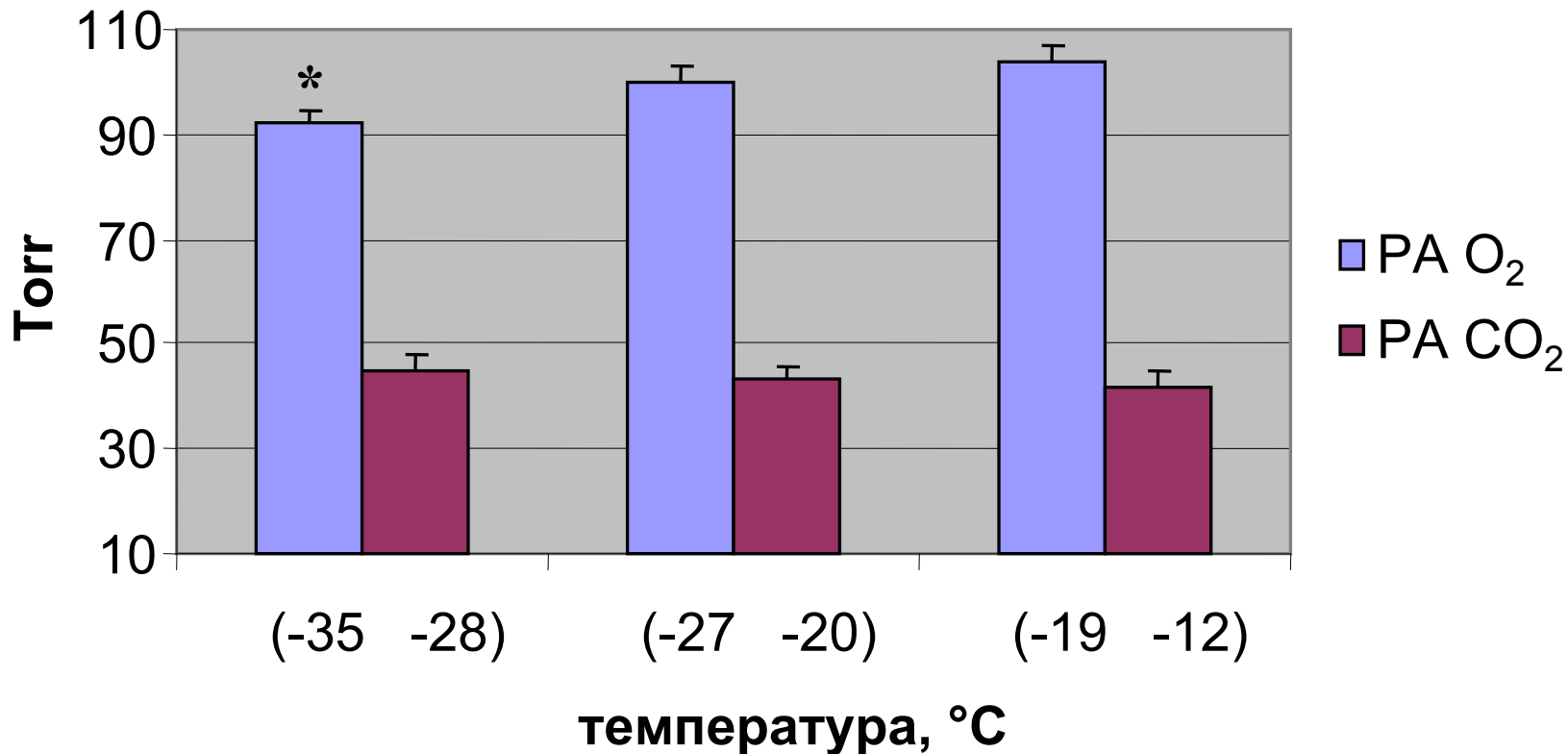


# ХОЛОДОВАЯ ГИПОКСИЯ



## РА O<sub>2</sub> и РА CO<sub>2</sub>

у мужчин в возрасте от 25 до 35 лет при T воздуха от -35 to -12 °C





# Количественный сенсорный термотест (Quantitative Sensory Testing)

Алгоритмы измерения  
порогов термоощущений  
на коже человека

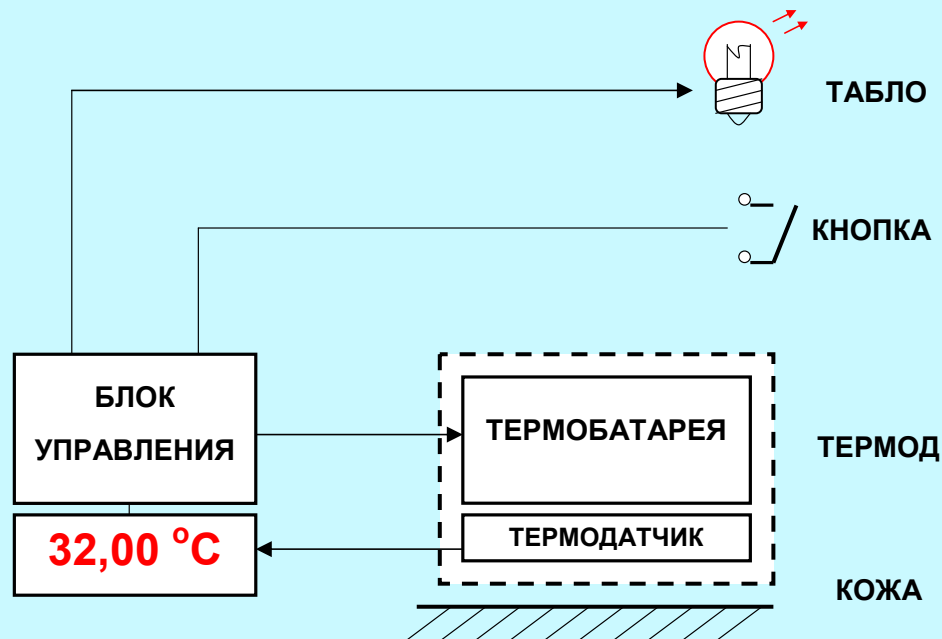
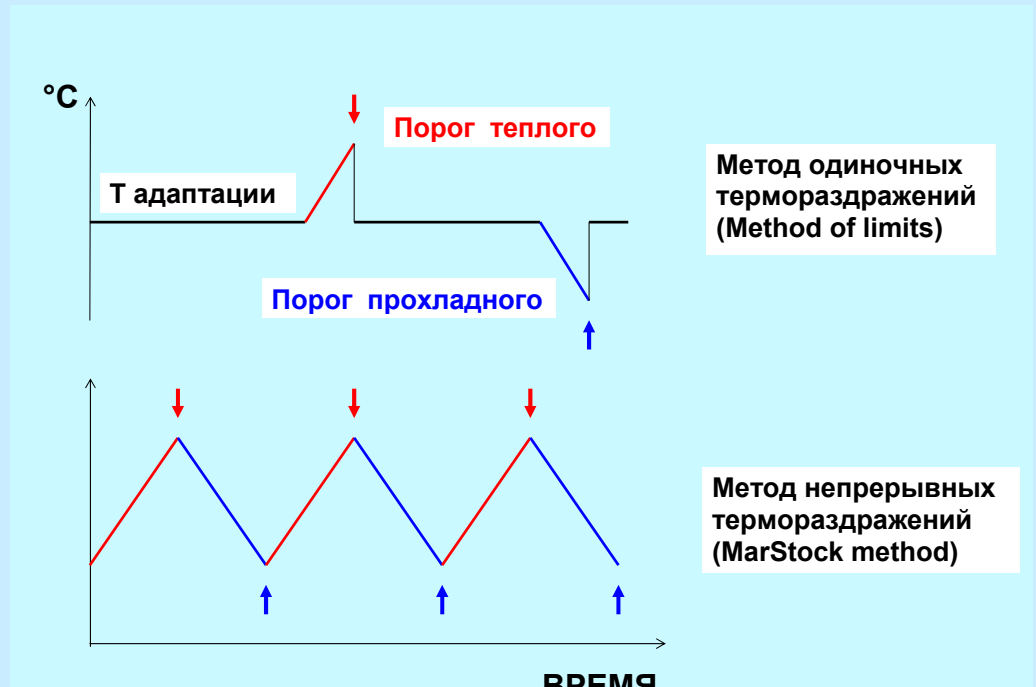
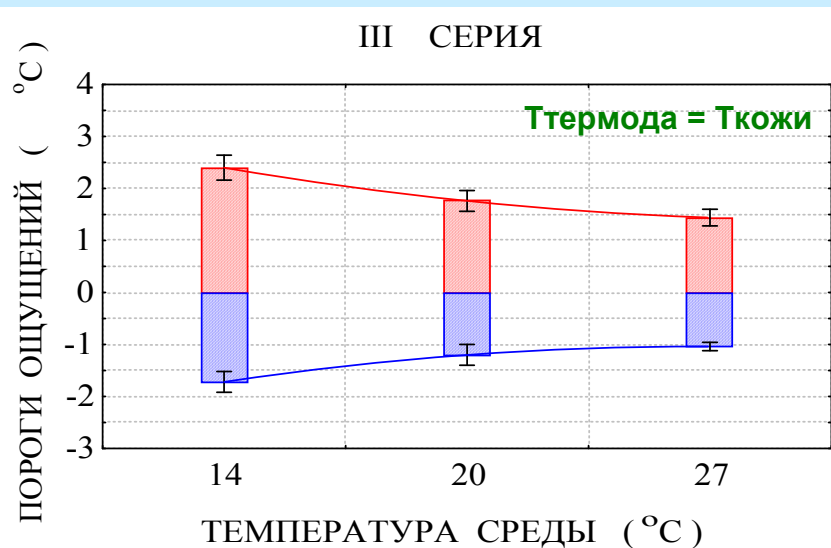
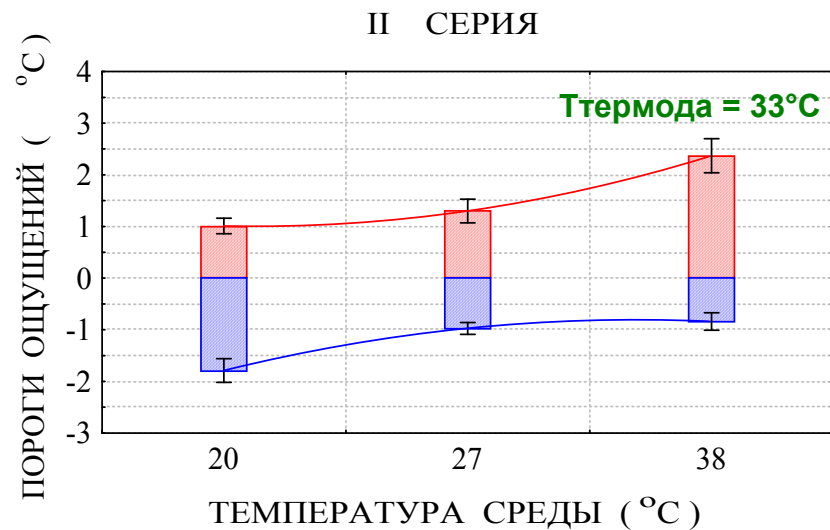
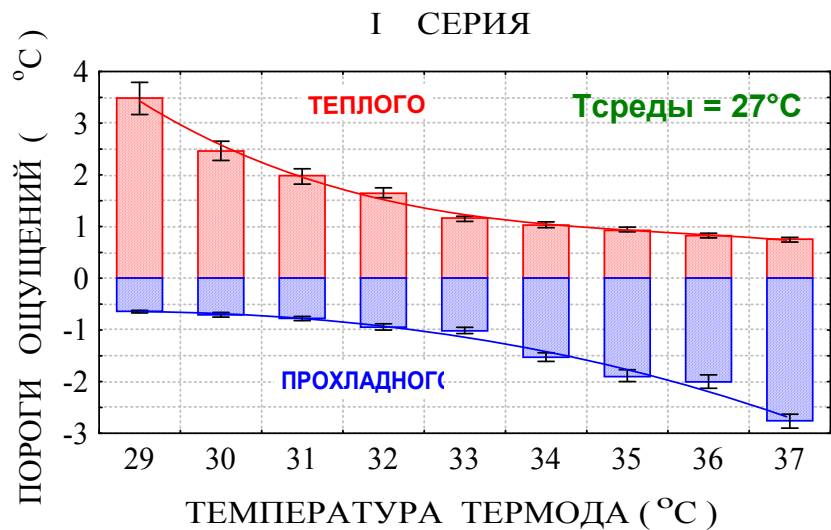


Схема устройства для измерения  
порогов термоощущений  
на коже человека

## Тепловое состояние организма и термочувствительность кожи



Наиболее высокая термочувствительность кожи выявляется в термонейтральных условиях среды и при естественной температуре кожи.

С изменением температуры внешней среды или кожи как в сторону потепления, так и похолодания - термочувствительность снижается.

## Практическая значимость

# Связь кожной термочувствительности с температурой среды и температурами тела

Если известны исходная температура термода ( $T_i$ ) и:

а) температура окружающей среды ( $T_c$ )

$$ТП = 38.786 - 2.676 (T_i) + 0.772 (T_c) + 0.047 (T_i)^2 - 0.026 (T_i)(T_c) + 0.002 (T_c)^2 \quad (1)$$

$$ХП = -28.104 + 1.943 (T_i) - 0.133 (T_c) - 0.039 (T_i)^2 + 0.014 (T_i)(T_c) - 0.005 (T_c)^2 \quad (2)$$

$$МПИ = 66.891 - 4.619 (T_i) + 0.905 (T_c) + 0.086 (T_i)^2 - 0.040 (T_i)(T_c) + 0.007 (T_c)^2 \quad (3)$$

б) средняя температура кожи ( $T_s$ )

$$ТП = 32.911 + 0.723 (T_i) - 2.633 (T_s) + 0.047 (T_i)^2 - 0.124 (T_i)(T_s) + 0.105 (T_s)^2 \quad (4)$$

$$ХП = -25.847 - 6.590 (T_i) + 7.833 (T_s) - 0.039 (T_i)^2 + 0.269 (T_i)(T_s) - 0.245 (T_s)^2 \quad (5)$$

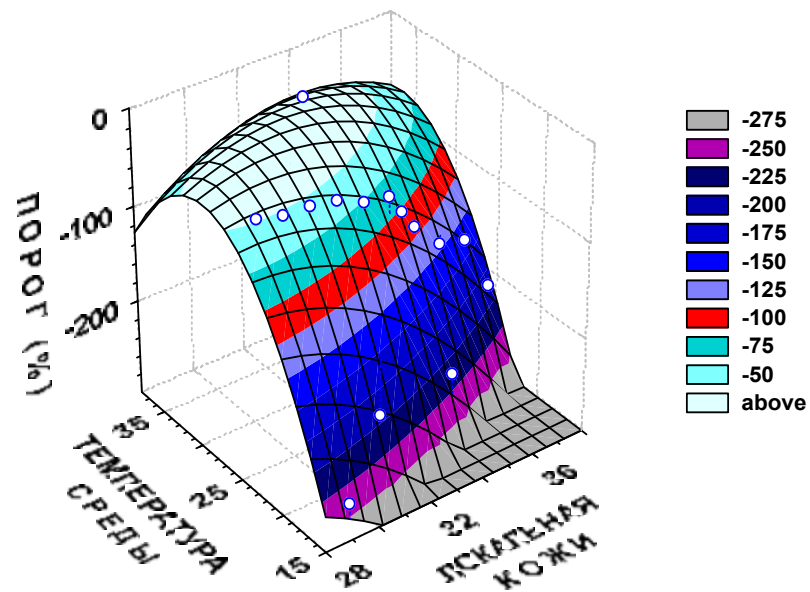
$$МПИ = 58.758 + 7.312 (T_i) - 10.465 (T_s) + 0.086 (T_i)^2 - 0.393 (T_i)T_s + 0.350 (T_s)^2 \quad (6)$$

в) глубокая температура тела ( $T_b$ )

$$ТП = 13917.27 + 39.301 (T_i) - 790.545 (T_b) + 0.042 (T_i)^2 - 1.144 (T_i)(T_b) + 11.241 (T_b)^2 \quad (7)$$

$$ХП = -13375.44 - 45.155 (T_i) + 761.109 (T_b) - 0.040 (T_i)^2 + 1.285 (T_i)(T_b) - 10.827 (T_b)^2 \quad (8)$$

$$МПИ = 27292.7 + 84.456 (T_i) - 1551.653 (T_b) + 0.082 (T_i)^2 - 2.429 (T_i)(T_b) + 22.067 (T_b)^2 \quad (9)$$

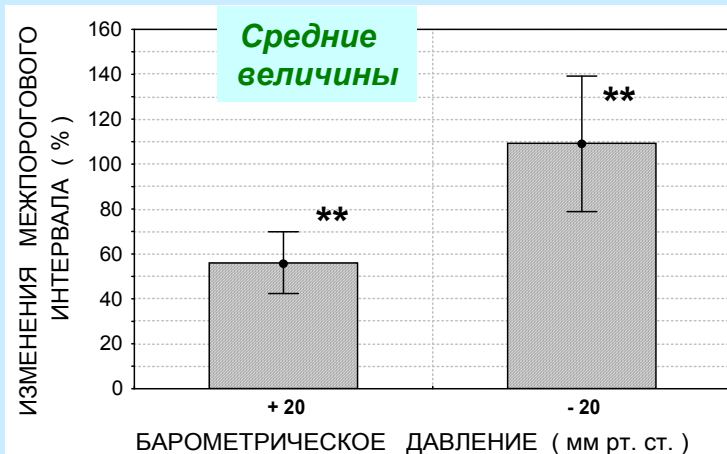
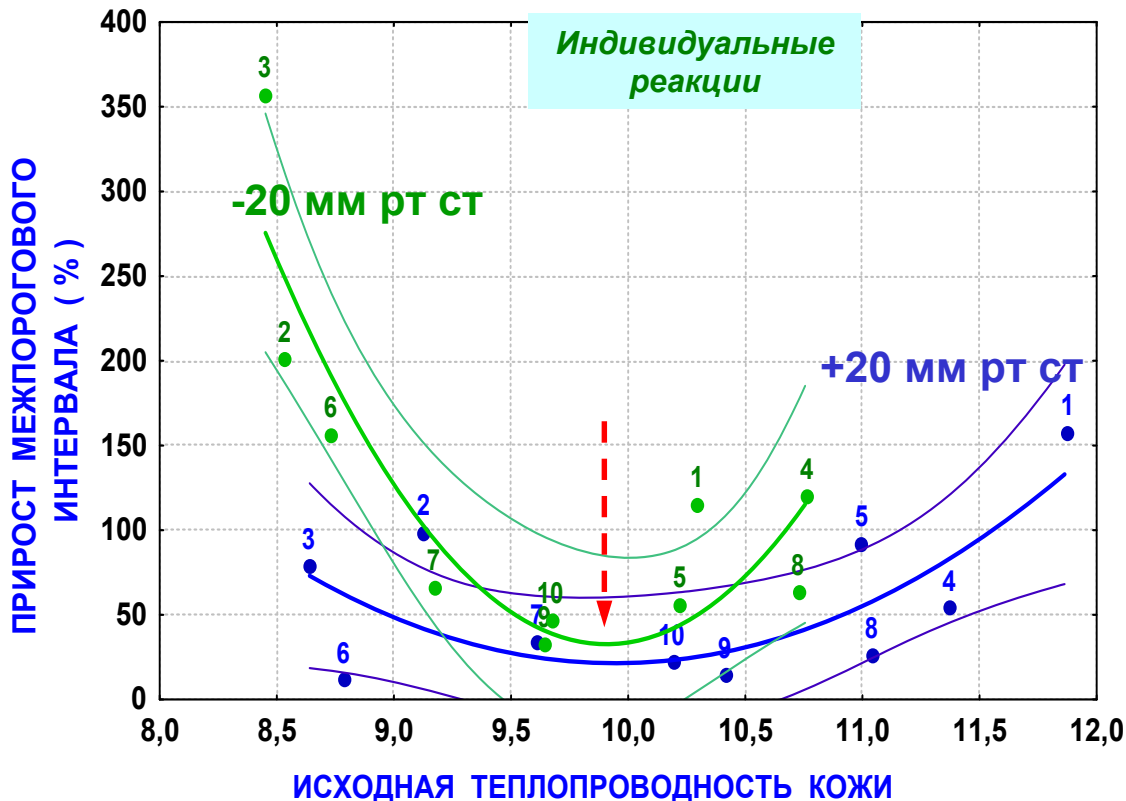
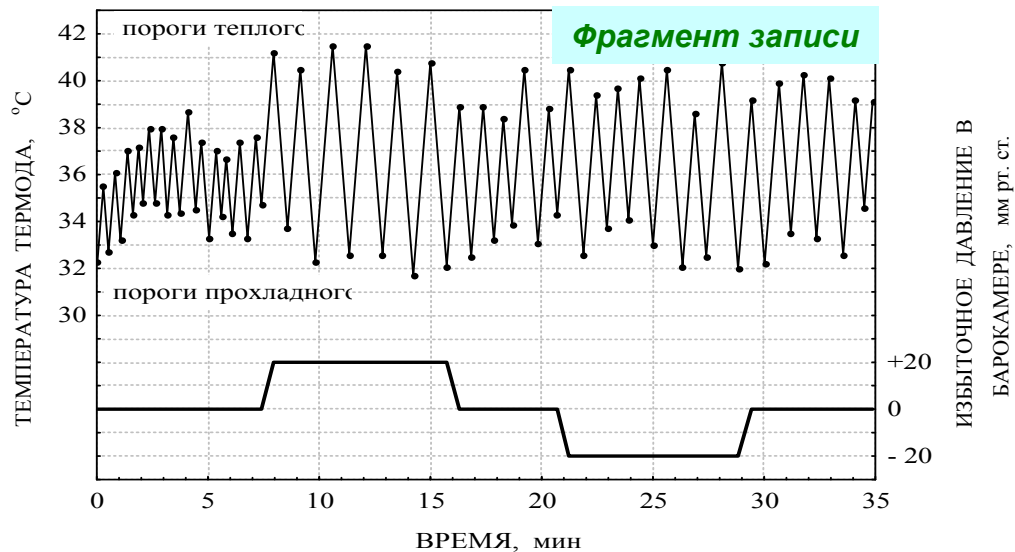


*Аналитические выражения для расчетов должных величин порогов термоощущений с учетом теплового состояния организма и условий внешней среды.*

Искусственное изменение сосудистого тонуса

## Влияние местного барометрического давления на термочувствительность кожи предплечья

Метод непрерывных термораздражений



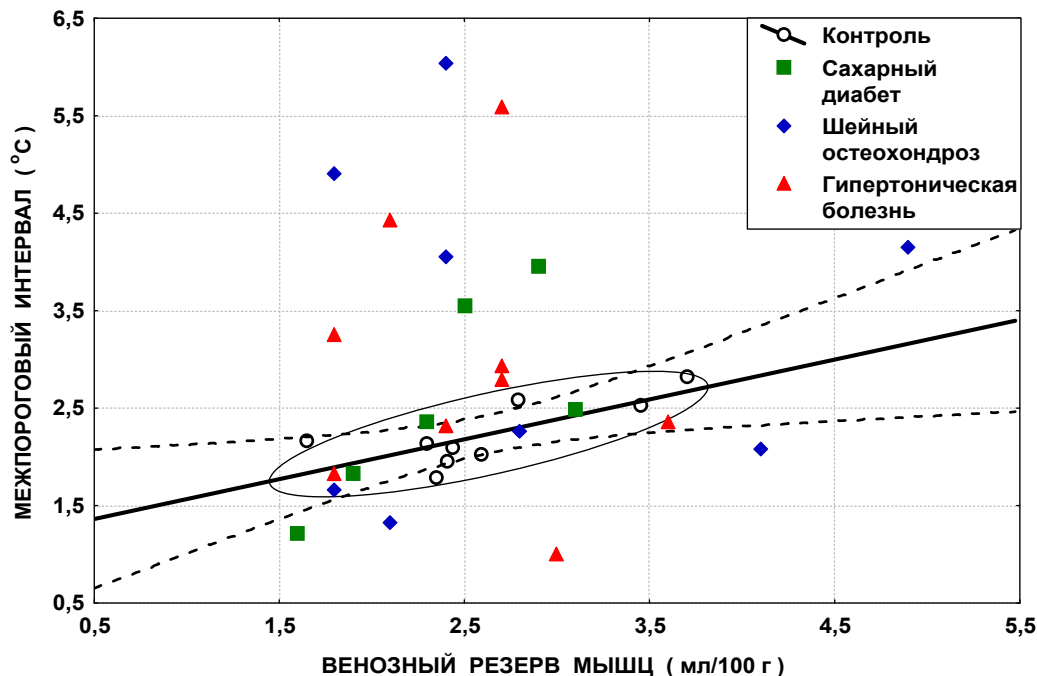
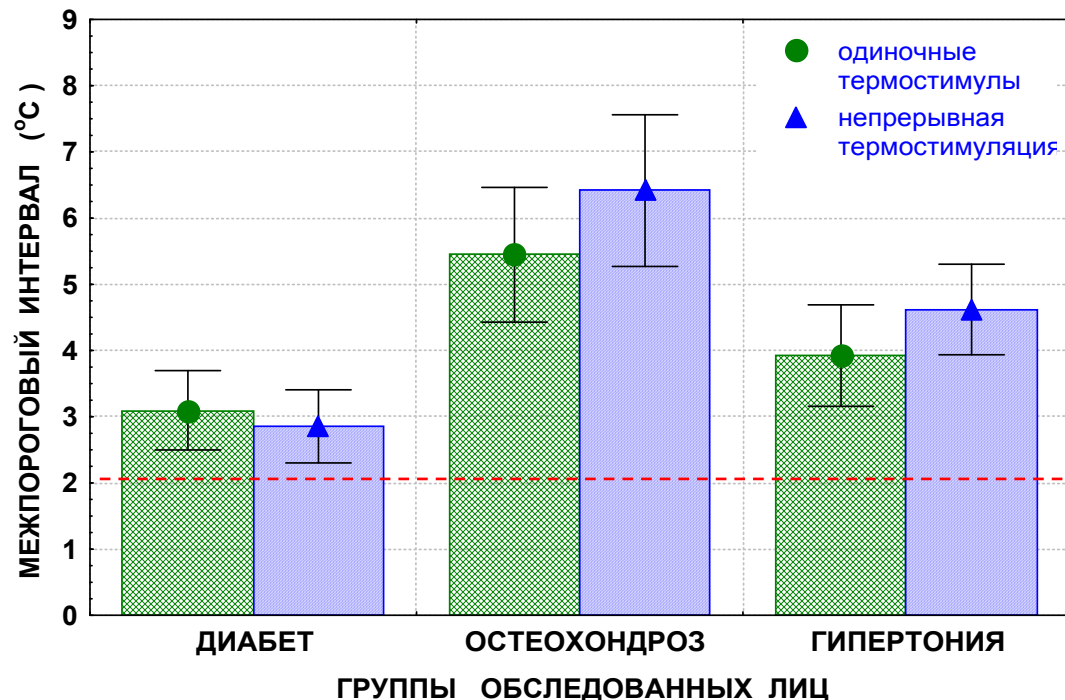
Кожная термочувствительность сопряжена с уровнем местного кровоснабжения. Её изменения местными барометрическими воздействиями снижают температурную чувствительность. Индивидуальная выраженность эффекта зависит от исходной величины кровотока.

## КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Температурная чувствительность на коже предплечья у обследованных групп больных

Наиболее выраженное понижение термоощущений на коже выявлено у больных шейным остеохондрозом.

Метод непрерывной термостимуляции дает более четкие межгрупповые различия.

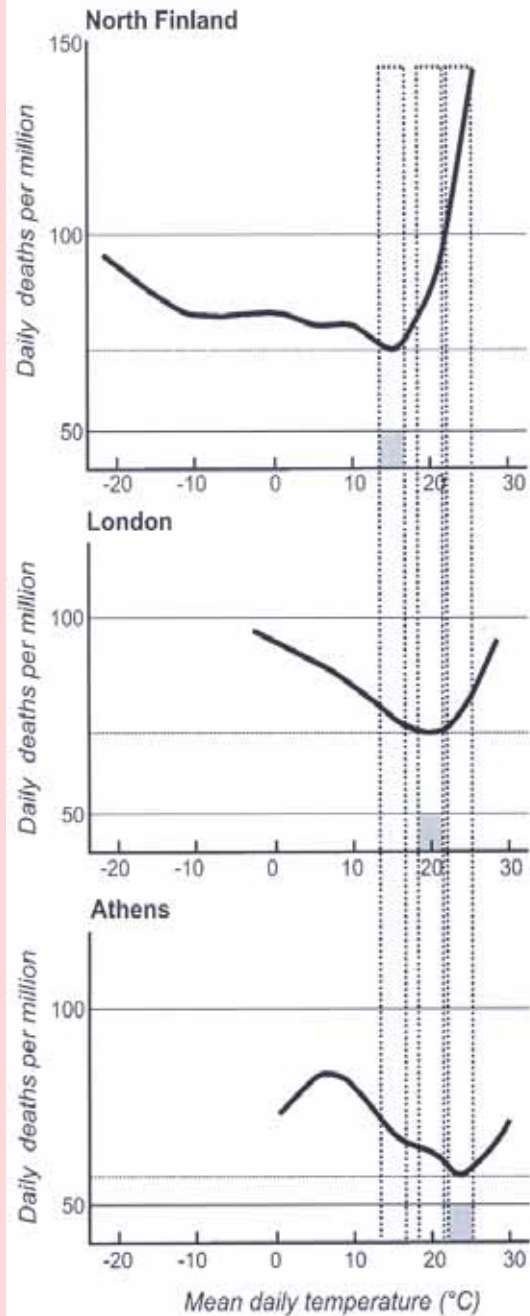


### Связь между термической чувствительностью и венозным резервом ткани у здоровых и больных лиц

У больных резко нарушается сопряженность между термочувствительностью кожи и венозным резервом, что может служить дополнительным диагностическим признаком болезни.

# Вывод

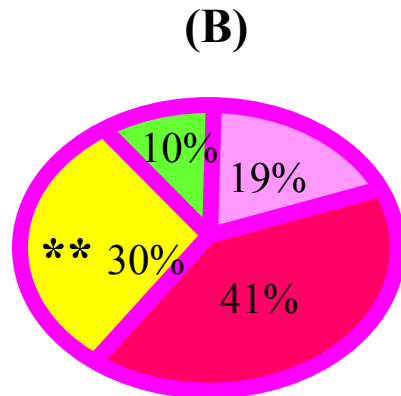
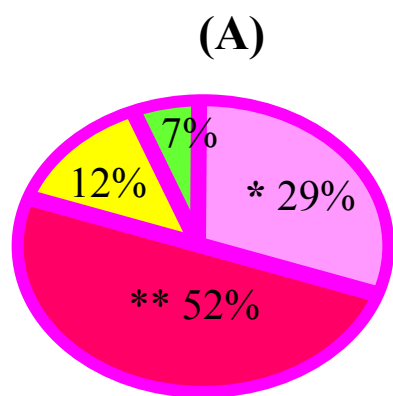
- Даже слабые воздействия внешних факторов снижают термочувствительность за счет закругления порогов термоощущений.
- При резких перепадах атмосферного давления и температуры организма человека (особенно больного) утрачивает способность тонко реагировать на погодные аномалии, что чревато возможностями перегрева, развитием сердечно-сосудистых кризов и т.д.



Ежедневная смертность от всех причин в зависимости от температуры воздуха в разных городах мира (Keatinge, 2000)

Зависимость смертности от температуры имеет U-образную форму. В левой, «холодной» части кривой, число умерших возрастает плавно по мере снижения температуры, в правой части - смертность возрастает резко, особенно в северных широтах

# Распределение по типам функциональной асимметрии мозга

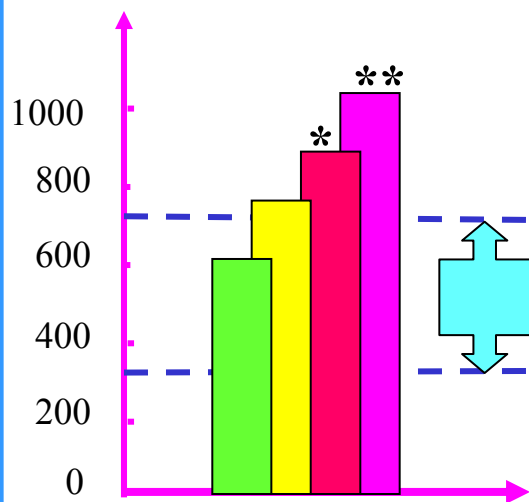


(A) – жители средней полосы  
(г.Новосибирск, 258 чел., контроль)

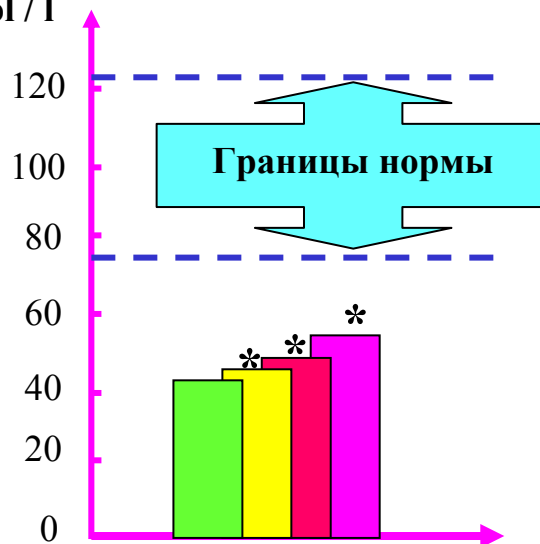
(B) - северные селькупы  
(пос.Ратта, 113 чел.)

## Уровень инсулина и кортизола у северных селькупов

Cortisol,  
nmol / l



Insulin,  
pmol / l



■ -левши

■ - амбидекстры

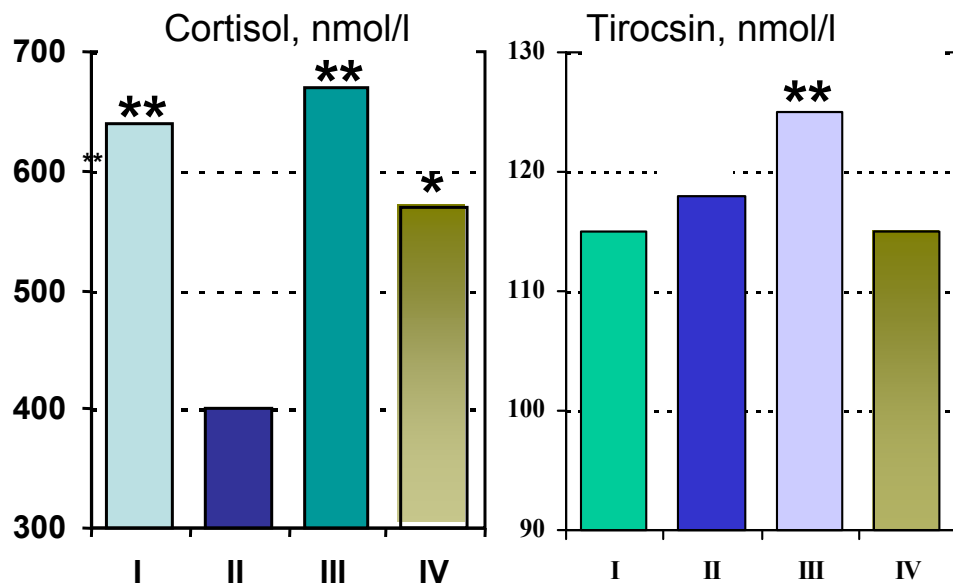
■ -смешанный тип ФАМ

■ -истинные правши



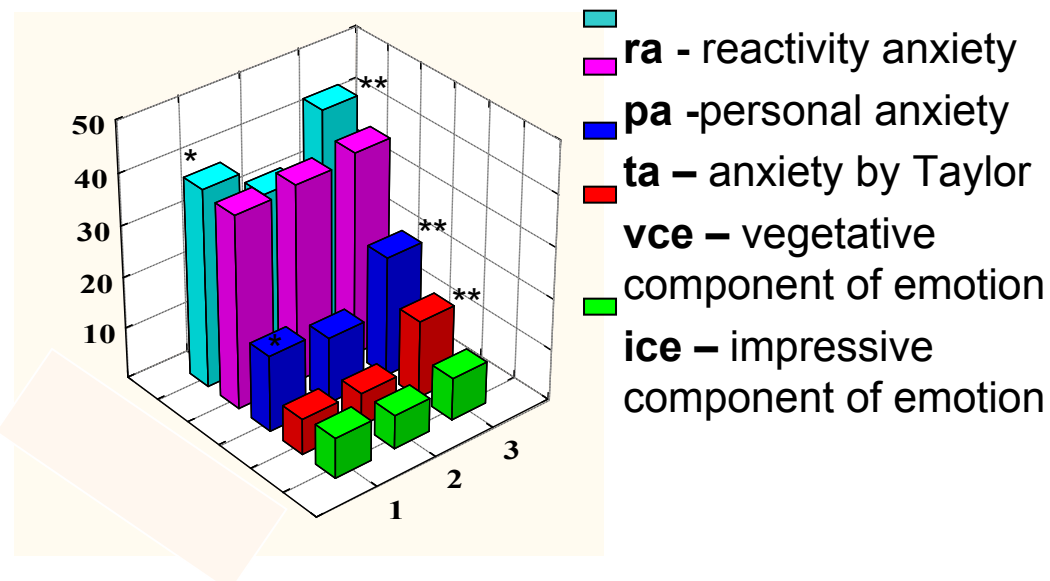
# Трех- месячная вахта на Севере

Гормональные и  
метаболические показатели

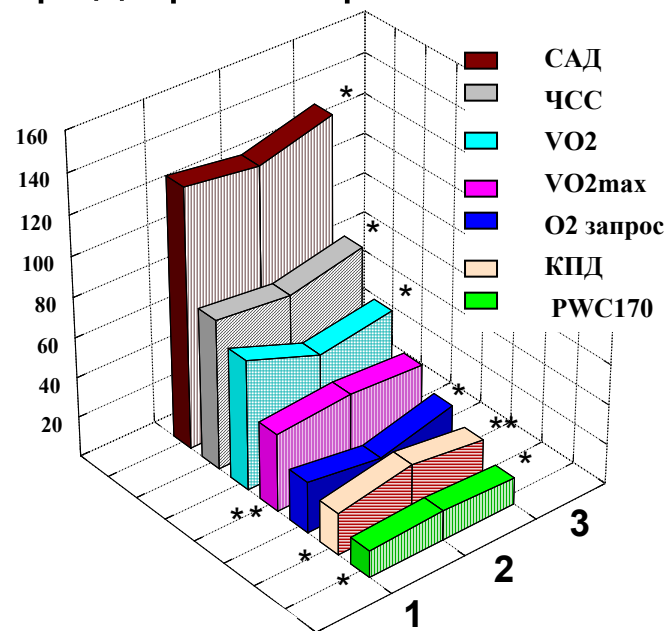


I - 1-9 день, II - 10-30 день, III - 31-60 день, IV - 61-90 день

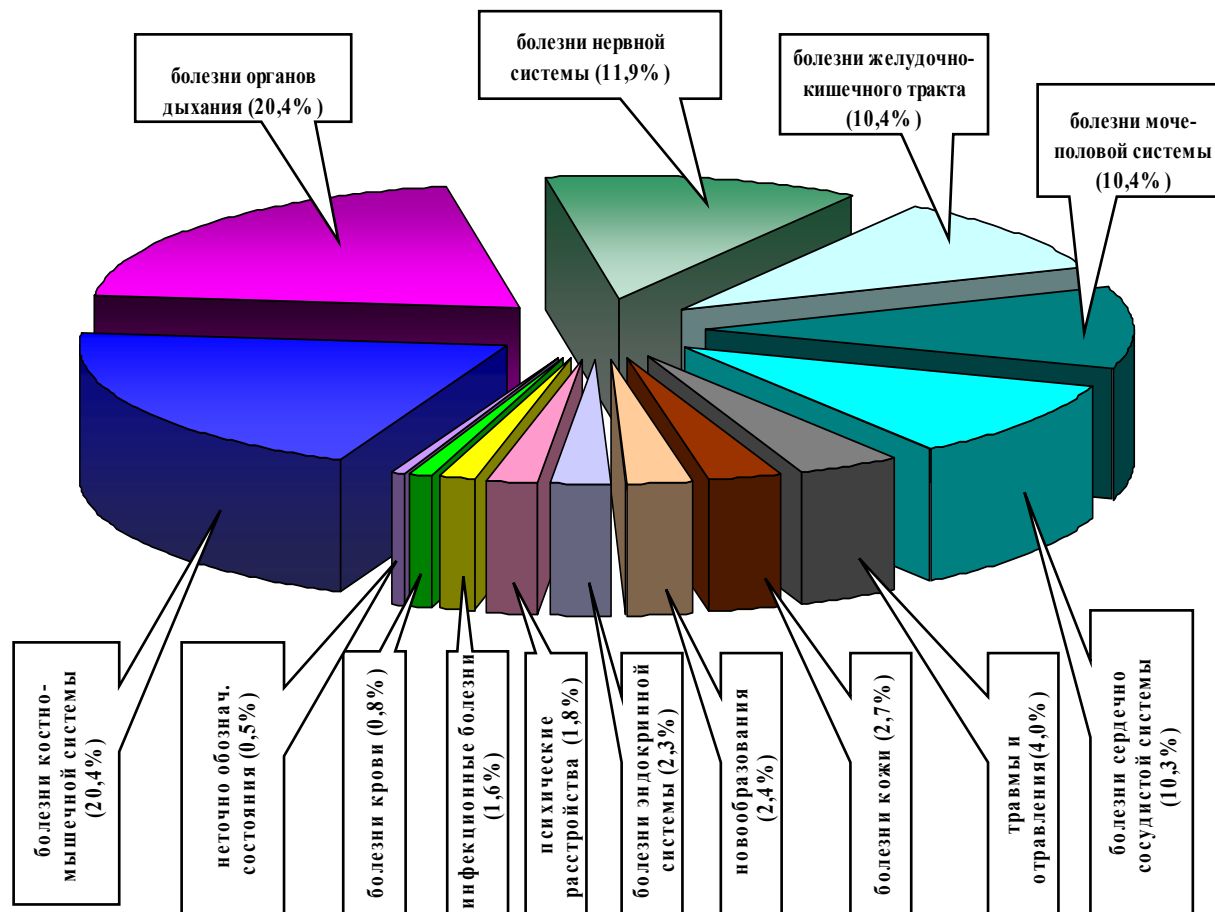
## Индексы тревожности



## Кислород-транспортные системы



## Структура общей заболеваемости работников нефтегазовой отрасли на Севере (Кривощев, Охотников, 2000)



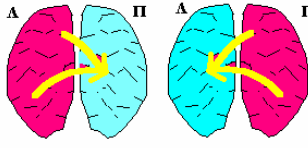
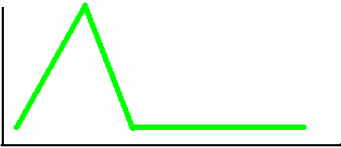
# Психофизиологические маркеры незавершенной адаптации

Экстремальные условия  
внешней среды



Антропогенные факторы,  
к которым невозможна  
адаптация

**Включение нервно-рефлекторных механизмов**



а) Генерализованная эмоциональная активность (1-5 дней)

б) Инверсия полушарного доминирования

Дестабилизация межсистемных взаимодействий, нарушение циркадианной ритмики



Повышение уровня энергообмена, изменение гормонального фона, снижение работоспособности.



Увеличение реактивности центров регуляции (дыхания, сосудистого тонуса). Повышение тревожности.



**Снижение функциональных резервов**

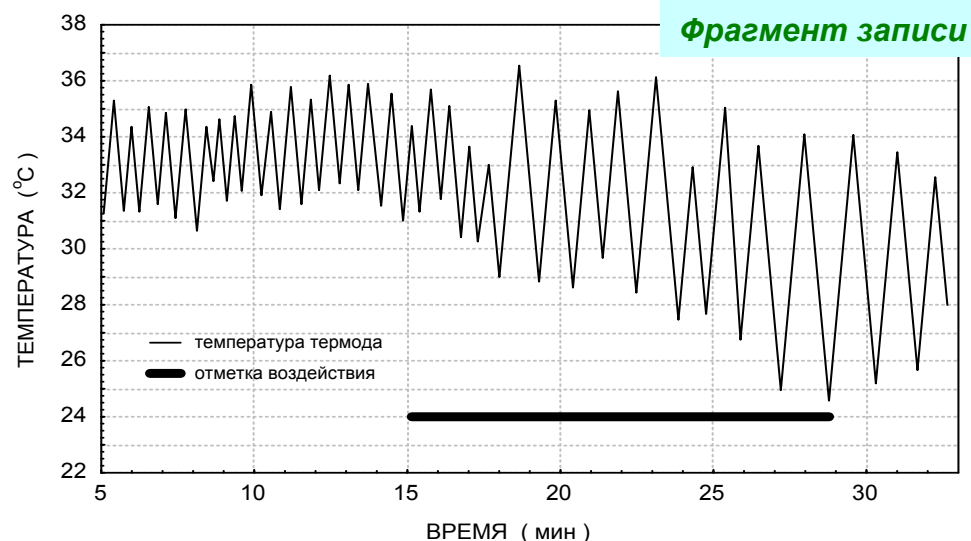


Спасибо за внимание!



## Кожные термоощущения при острой нормобарической гипоксии

Вдыхание гипоксической смеси  
( 10% O<sub>2</sub> и 90% N<sub>2</sub> )



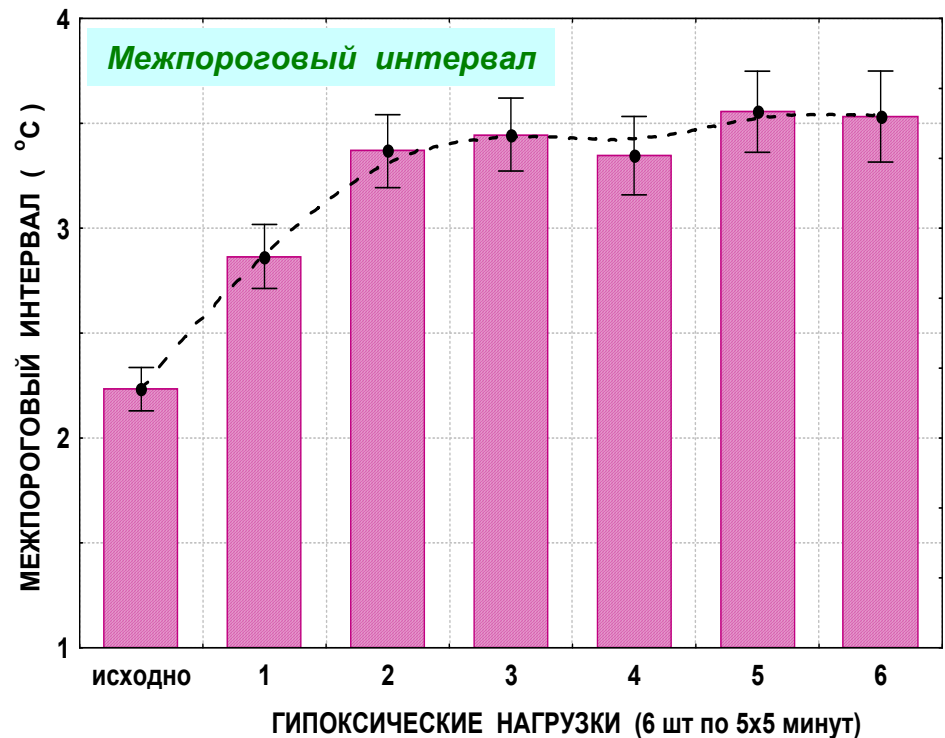
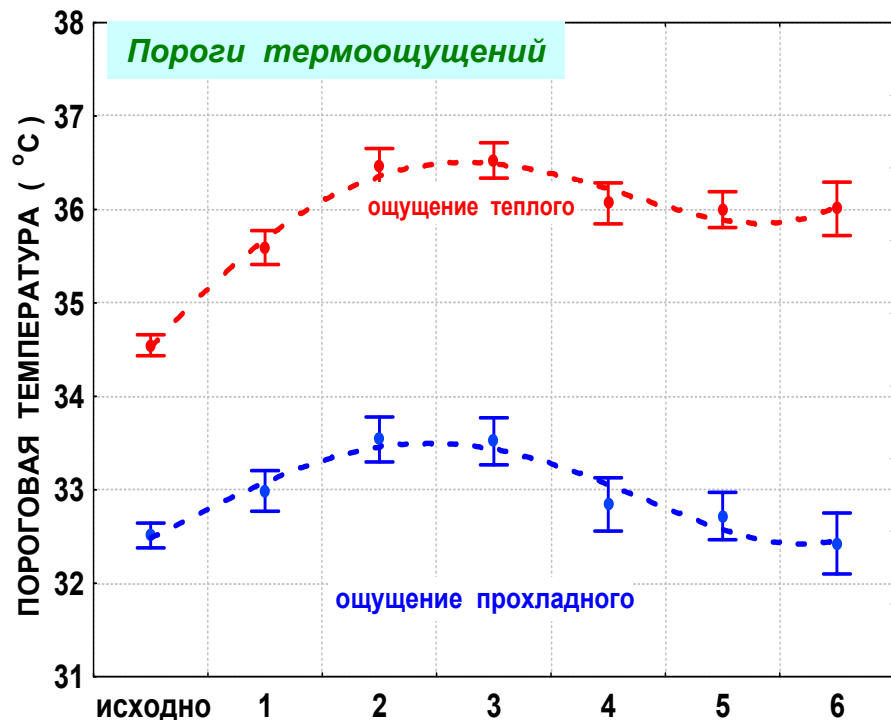
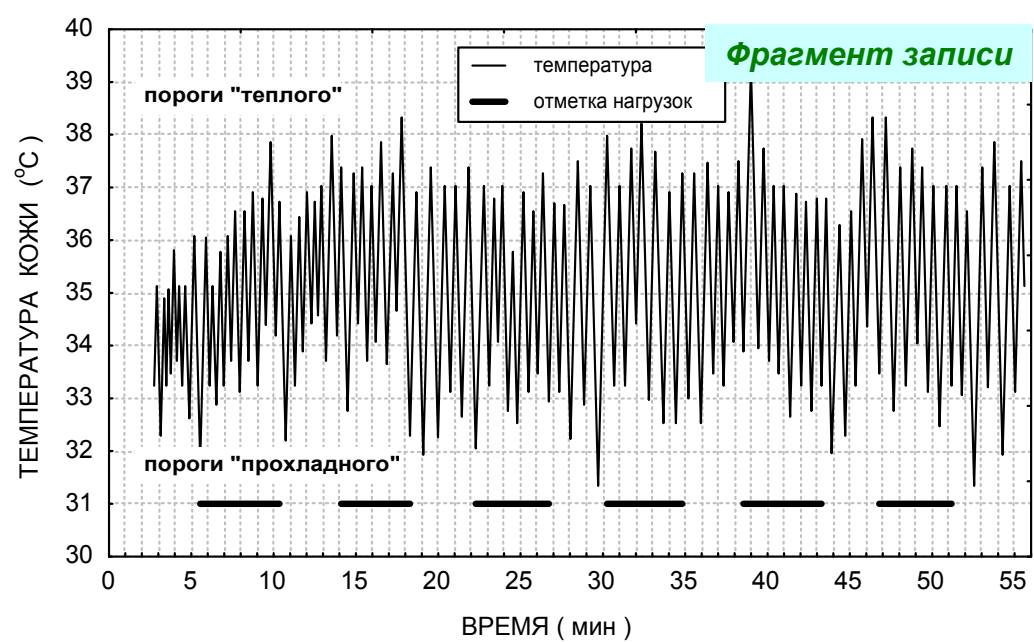
Условия обследования	Исходное состояние	Острая гипоксия	Изменение показателя	P
Пульс, уд/мин	65.9 ± 3.6	84.0 ± 2.7	18.1 ± 2.9	<0.001
Сатурация гемоглобина, SaO <sub>2</sub> %	98.4 ± 0.2	83.2 ± 1.2	-15.2 ± 1.3	< 0.001
Порог ощущения теплого, °С	36.32 ± 0.67	37.33 ± 0.79	1.02 ± 0.42	< 0.05
Порог прохладного, °С	32.56 ± 0.52	31.67 ± 1.00	-0.90 ± 0.71	-
Межпороговый интервал, °С	3.71 ± 0.53	5.43 ± 0.74	1.72 ± 0.39 <b>+ 46%</b>	< 0.001
Температура кожи, °С	33.0 ± 0.41	32.8 ± 0.41	-0.23 ± 0.07	< 0.01
Артериальный кровоток, мл/100 мл мин	2.96 ± 0.32	2.32 ± 0.17	-0.63 ± 0.18 <b>- 21%</b>	< 0.005
Венозный резерв, мл/100 мл	2.73 ± 0.19	2.82 ± 0.21	0.09 ± 0.18	-
Венозный отток, мл/100 мл	61.3 ± 5.8	60.9 ± 6.2	-0.4 ± 2.1	-
Реактивная гиперемия, мл/100 мл мин	5.97 ± 0.69	5.56 ± 0.81	-0.41 ± 0.54	-

Кратковременное дыхание гипоксической газовой смесью понижает температурную чувствительность кожи.

## Пороги термоощущений в сеансе прерывистой нормобарической гипоксии

Кратковременные прерывистые воздействия гипоксии фазно изменяют абсолютные пороги термоощущений: вначале повышают, а затем снижают.

При этом межпороговый интервал термоощущений последовательно возрастает, свидетельствуя о накоплении эффектов влияния отдельных воздействий.



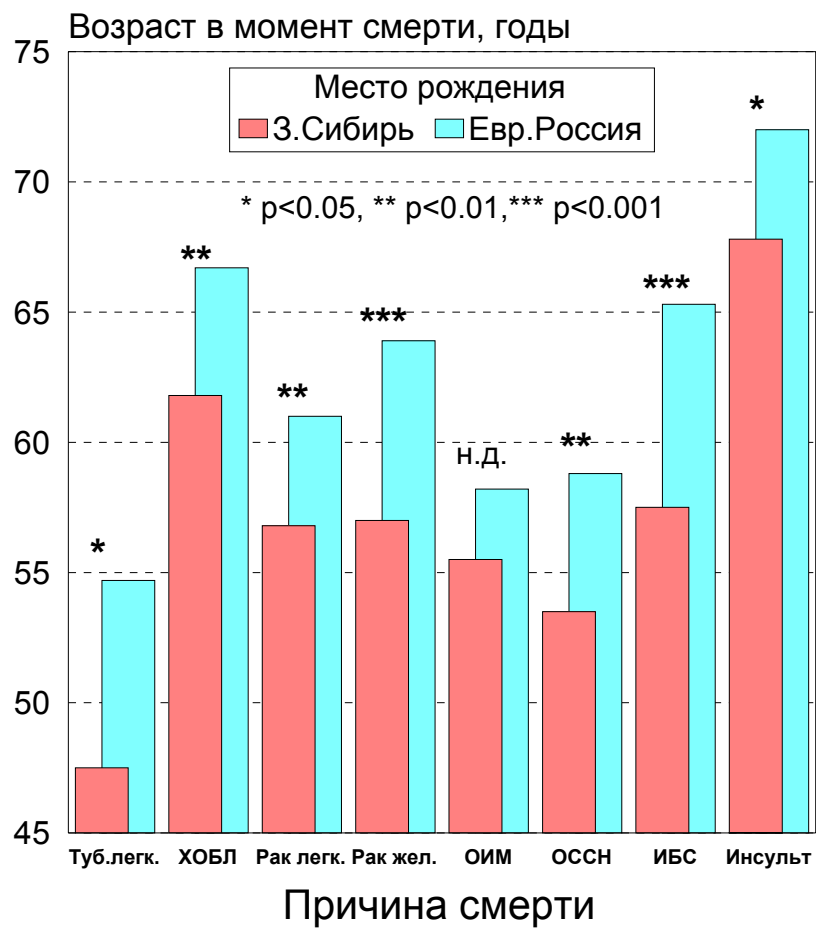
**Среднемесячная температура воздуха (°С) самого холодного и самого тёплого месяцев года и магнитуда колебания в регионах с континентальным климатом (равнинные метеостанции, 1971–2000)**

Регион	Зима	Лето	Магнитуда
Центральный Север США (Акрон, Огайо)	– 4,0	+22,1	26,1
Восточное побережье Канады (Колинет, Ньюфаундленд)	– 4,9	+15,2	20,2
Запад Канады (Комакук Бич, Юкон)	–25,3	+ 7,8	33,1
Северо-Западные территории Канады (Туктояктука)	–27,0	+11,0	38,0
Анкоридж, Аляска	–10,2	+15,0	25,2
Улан-Батор, Монголия	–20,1	+23,2	43,3
Россия (1936–1965)			
Калининград	– 3,3	+17,2	20,5
Мурманск	–10,0	+12,4	22,4
Москва	– 9,8	+18,8	28,6
Екатеринбург	–14,5	+17,9	32,4
Тюмень	–16,8	+18,1	34,9
Омск	–18,4	+19,0	37,4
Иркутск	–20,3	+17,9	38,2
Чита	–26,2	+18,7	44,9
Оймякон	–47,0	+13,7	60,7
о. Диксон (северное побережье полуострова Таймыр)	–25,5	+ 5,9	31,4
Салехард	–22,6	+14,3	36,9
Новосибирск	–18,1	+19,3	37,4

*Примечание:* источник данных о России – справочник Госкомитета по гидрометеорологии и контролю природной среды (Мамонтов, 1979), о зарубежных странах – Интернет.

## Продолжительность жизни в зависимости от места рождения и причины смерти

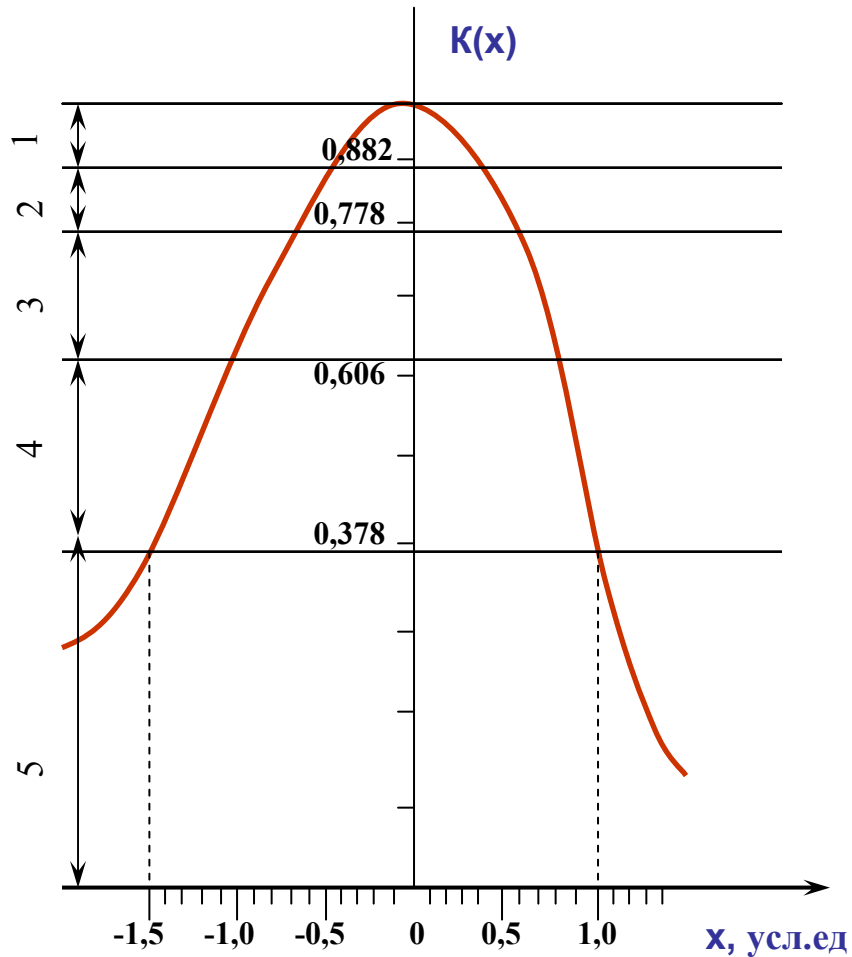
Мужчины, годы рождения 1900-1920



Место смерти - г. Новосибирск



## КАЛИБРОВКА ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ОТКЛИКА ОРГАНИЗМА НА ВНЕШНЮЮ НАГРУЗКУ



**Калибровка ИПФО в зависимости от внешних воздействий.**

Зоны:

- 1** – региональной нормы (от 1 до 0,882);
- 2** – привычных отклонений (от 0,882 до 0,778);
- 3** – функциональных напряжений (от 0,778 до 0,606);
- 4** – редких воздействий (от 0,606 до 0,378);
- 5** – крайне редких воздействий ( $< 0,378$ ).