

УДК 612.59

Ю. І. Россомахін, С. О. Певний

ПРО АДАПТАЦІЮ ЩУРІВ ДО ДІЇ КОНТРАСТНИХ ТЕМПЕРАТУР

В природних та виробничих умовах (металургічні, цукрові і цегельні заводи, глибокі шахти) людині часто доводиться зустрічатись з різкими перепадами температур, які можуть негативно впливати на організм [5, 7—11]. В цьому зв'язку великий інтерес становить вивчення питання про одночасну адаптацію до контрастної дії тепла і холоду. В нечисленних працях, де розглядався вплив температурних перепадів на організм, вивчали, в основному, лише зрушення деяких фізіологічних функцій [1, 5, 11]. Наведені в них суперечні дані про зміни терморегуляції не підтверджують припущення [13—14] про можливість одночасного підвищення стійкості організму до дії високої та низької температури. Інших відомостей, що більш докладно висвітлюють це питання, в літературі нема.

Ми вивчали розвиток адаптації організму до переміжної дії тепла та холоду різної інтенсивності.

Методика досліджень

Досліди по адаптації до переміжної через день дії контрастних температур проводились на 82 білих щурах у трьох серіях експериментів. В I серії 16 щурів вагою 250—300 г піддавали охолодженню (60 хв при 3° С) та нагріванню (45 хв при 38° С) на протязі двох з половиною місяців. Контролем служили 8 щурів тієї ж ваги, яких утримували в віварії при 23—25° С. В II серії експериментів брали участь 18 дослідних та 14 контрольних щурів вагою 180—200 г. Експериментальні тварини через день зазнавали одноденної дії тепла (35° С) та холоду (3° С) на протязі чотирьох місяців. В III серії дослідів 15 щурів вагою 200—230 г охолоджували (90 хв при 3° С) і нагрівали (триразові експозиції при 38° С по 40 хв з одноденним інтервалом між ними) на протязі двох місяців. Контрольна група складалась з 11 тварин. Під час експерименту в усіх трьох серіях щури знаходились у тисних індивідуальних клітках. Охолодження здійснювалось у спеціальній герметичній камері з автоматичною подачею і реєстрацією споживання кисню, а нагрівання — в тепловій камері. До і після температурної експозиції у щурів на глибині 25—30 мм вимірювали ректальну температуру. На протязі адаптації тварин систематично зважували. Наприкінці адаптації індивідуально у кожного щура при нагріванні і охолодженні реєстрували в динаміці ректальну температуру електротермометром опору і споживання кисню закритим камерним методом. В I та II серіях експериментів у тварин на початку та наприкінці експозиції в крові реєстрували концентрацію глюкози миш'яково-молібденовим методом [3] та кількість еозинофілів за Гінкельманом [2]. В III серії експериментів у щурів досліджували також частоту дихання з допомогою електронного плетизмографа і електричну активність м'язів (ЕАМ) шиї (при охолодженні). Підсилення біострумів здійснювали підсилювачем УБП 1-02 з наступним інтегруванням і підрахунком на лічильнику імпульсів СБ-1м.

Одержані дані оброблені методами варіаційної статистики.

Результати досліджень

В I серії експериментів у щурів під впливом переміжної дії тепла та холоду з самого початку адаптації спостерігалось швидке підвищення рівня теплопродукції та холодової стійкості (рис. 1). Уже до кінця

Про адаптацію щурів

другого тижня при експериментальних тварин холодових експозицій температура в ці пер 32,0—32,5° С.

Вказані адаптації лись у цей період сві Про це свідчили затр

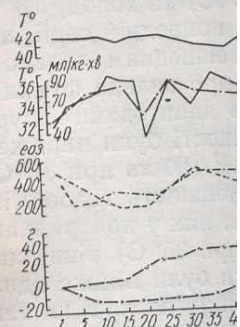


Рис. 1. Зміни фізіологіч

a — ректальна температура, вання кисню при охолодженні еозинофілів перед нагріван

Рис. 2. Стан терморегуляції (60 хв при 35° С) після a — споживання кисню при в — споживання кисню при і 3 суцільна лінія — експер

різке, понад два р (рис. 1). Якщо на 1 мм³ крові, то на кість еозинофілів з охолодження, напав вихідний рівень цього вищим, ніж пов'язано з післяд кількістю еозинофілів

Як правило, і ментальних щурів 10—15 мг% відпов

На 19 день а врів терморегуляції стійкості. При ох редньому до 31,0± вив лише 55±4 мл

Через тиждень тварин зникали, їх відновлювався до дової та теплової (38° С), проведених стала у адаптован тації — до 41,8±0

другого тижня при охолодженнях середнє споживання кисню у експериментальних тварин зростало до 82 ± 2 мл/кг·хв, тоді як при перших холодних експозиціях воно становило 52 ± 2 мл/кг·хв. Ректальна температура в ці періоди знижувалась відповідно до $36,0$ — $367,0$ та $32,0$ — $32,5^\circ\text{C}$.

Вказані адаптаційні зміни терморегуляції у щурів супроводжувались у цей період сильним функціональним напруженням в організмі. Про це свідчили затримка росту і зниження ваги тіла (на 18 — 20 г) та

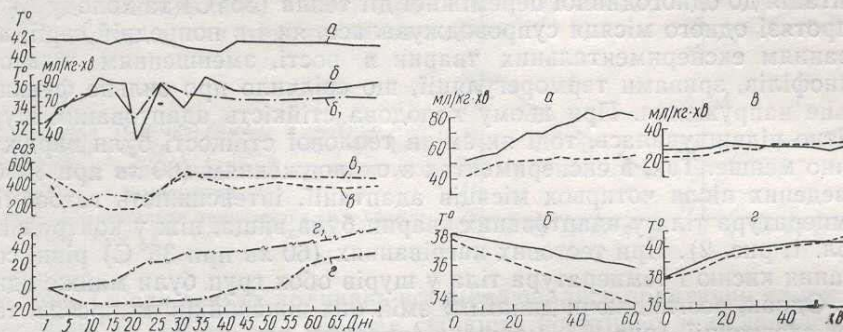


Рис. 1. Зміни фізіологічних функцій у щурів в процесі адаптації до дії контрастних температур.

а — ректальна температура наприкінці теплових експозицій, б — холодних експозицій, б₁ — споживання кисню при охолодженнях, в — кількість еозинофілів перед охолодженнями, в₁ — кількість еозинофілів перед нагріваннями, з — зміни ваги тіла експериментальних, з₁ — контрольних щурів. По горизонталі — дні адаптації.

Рис. 2. Стан терморегуляції у щурів при охолодженні (60 хв при 3°C) і нагріванні (60 хв при 35°C) після чотирьох місяців адаптації до дії контрастних температур.

а — споживання кисню при охолодженні, б — зміна ректальної температури при охолодженні, в — споживання кисню при нагріванні, з — зміни ректальної температури при нагріванні. На рис. 2 і 3 суцільна лінія — експериментальні, переривчаста — контрольні щури; по горизонталі — час температурної експозиції в хв.

різке, понад два рази, зниження вихідного рівня еозинофілів у крові (рис. 1). Якщо на початку адаптації він коливався в межах 380 — 530 в 1 мм^3 крові, то на 15 день — лише 148 ± 44 . Під час теплової дії кількість еозинофілів зменшувалась на 50 — 60% і більше, а під впливом охолодження, навпаки, децю зростала на 15 — 20% . Як видно з рис. 1, вихідний рівень цього показника в дні з нагріваннями був майже завжди вищим, ніж перед експериментами з охолодженням. Очевидно, це пов'язано з післядією інтенсивних нагрівань, внаслідок чого знижена кількість еозинофілів до наступного дня цілком не відновлювалась.

Як правило, і теплові, і холодні експозиції викликали у експериментальних щурів підвищення вмісту глюкози в крові (на 20 — 25 та 10 — $15\text{ мг}\%$ відповідно).

На 19 день адаптації у експериментальних тварин спостерігався зрив терморегуляції, який характеризувався погіршенням холодової стійкості. При охолодженні ректальна температура знижувалась у середньому до $31,0 \pm 0,70^\circ\text{C}$, а середній рівень споживання кисню становив лише 55 ± 4 мл/кг·хв.

Через тиждень явища зриву терморегуляції у експериментальних тварин зникали, їх вага починала зростати, а рівень еозинофілів у крові відновлювався до норми. Одночасно спостерігалось підвищення холодової та теплової стійкості. В експериментах з нагріваннями (45 хв при 38°C), проведених після 40 днів адаптації, ректальна температура зростала у адаптованих щурів до $40,6 \pm 0,16^\circ\text{C}$, тоді як на початку адаптації — до $41,8 \pm 0,16^\circ\text{C}$. В цей період у них відзначались хвилюподібні

коливання температурної реакції на холод, хоча і в дні спадів гіпотермія була виражена меншою мірою ($p < 0,02$), ніж на початку адаптації (рис. 1). До 43—45 дня підвищена холодова стійкість у щурів стабілізувалась, а гіпертермія при нагріванні дещо зростала і також встановлювалась на постійному рівні. Наприкінці адаптації ректальна температура при нагріванні підвищувалась до $41,2 \pm 0,18^\circ \text{C}$, тоді як у контрольних тварин — до $42,0 \pm 0,25^\circ \text{C}$ (різниця достовірна при $p < 0,02$).

Досліди, проведені у щурів в II серії експериментів, показали, що адаптація до одногодинної переміжної дії тепла (35°C) та холоду (3°C) на протязі одного місяця супроводжувалась, як і в попередній серії, відставанням експериментальних тварин в рості, зменшенням кількості еозинофілів, зривами терморегуляції, що свідчило про сильне функціональне напруження. При цьому холодова стійкість адаптованих щурів помітно підвищувалась, тоді як зміни теплової стійкості були виражені значно менше. Так, в експериментах з охолодженням (60 хв при 35°C), проведених після чотирьох місяців адаптації, інтенсивність газообміну і температура тіла у адаптованих тварин була вища, ніж у контрольних (табл. 1, рис. 2). При тестових нагріваннях (60 хв при 35°C) рівні споживання кисню і температура тіла у щурів обох груп були майже однакові. Однак, розглядаючи динаміку змін цих показників на протязі теплової експозиції (рис. 2), можна відзначити, що у експериментальних щурів споживання кисню проявляло тенденцію до зниження, тоді як у контрольних воно поступово зростало. Якщо у перших наприкінці нагрівання відзначалась чітка стабілізація ректальної температури, то у других вона невпинно зростала. Ці дані дозволяють говорити про деяке підвищення у щурів і теплової стійкості.

Таблиця 1

Рівні ректальної температури та споживання кисню ($\text{мл/кг} \cdot \text{хв}$) у щурів при нагріванні (60 хв при 35°C) та охолодженні (60 хв при 3°C) після чотирьох місяців адаптації до контрастної дії тепла

Група щурів	Нагрівання			Охолодження		
	Ректальна температура		Споживання кисню	ректальна температура		споживання кисню
	початкова	кінцева		початкова	кінцева	
Експериментальна	$38,0 \pm 0,11$	$40,1 \pm 0,15$	$28,0 \pm 1,0$	$38,1 \pm 0,12$	$35,6 \pm 0,37$	$71,0 \pm 3,0$
Контрольна	$38,1 \pm 0,10$	$40,5 \pm 0,17$	$27,0 \pm 1,0$	$37,9 \pm 0,14$	$33,3 \pm 0,31$	$53,0 \pm 2,0$
<i>p</i>					$< 0,001$	$< 0,001$

В III серії експериментів адаптація щурів до контрольної дії тепла та холоду також викликала швидке збільшення теплопродукції та підвищення холодової стійкості. Якщо на початку адаптації середній рівень споживання кисню у тварин при охолодженні (90 хв при 3°C) становив $51 \pm 3 \text{ мл/кг} \cdot \text{хв}$, то через два тижні він досягав $71 \pm 2 \text{ мл/кг} \cdot \text{хв}$. Ректальна температура в цих експериментах відповідно знижувалась до $29,1 \pm 0,97$ та $32,0 \pm 0,76^\circ \text{C}$. Одночасно у експериментальних тварин відзначалось також підвищення стійкості до високої температури. Так, на кінець третього тижня адаптації під час нагрівання (40 хв при 38°C) ректальна температура у них зростала до $40,2 \pm 0,11^\circ$, тоді як в початкових експериментах з нагріванням — до $41,1 \pm 0,13^\circ \text{C}$.

Як і в попередніх серіях експериментів, адаптаційні зміни терморегуляції у щурів супроводжувались затримкою росту та зниженням ваги тіла. До кінця адаптації у них відбувалось і значне збільшення надпир-

кових залоз. Їх вага досягала новила лише $24 \pm 2 \text{ мг}$. Ці зміни при адаптації щурів спостерігались і в зриві терморегуляції. В цей період споживання до $53 \text{ мл/кг} \cdot \text{хв}$, а температура тіла, який тривав близько 10 хв, холодова стійкість адаптованих тварин та рівень споживання кисню при охолодженнях знову зна-

Рис. 3. Стан терморегуляції при охолодженні (90 хв при 3°C) адаптації до переміжної дії тепла та холоду.

a — ЕАМ, *б* — ректальна температура, *в* — частота дихання, *г* — частота дихання

щувались і після деяких днів адаптації до нового рівня. В цей же час спостерігались і зриви терморегуляції при нагріваннях (40 хв при 38°C). Рівень ректальної температури при нагріванні до $42,1 \pm 0,18^\circ \text{C}$, тоді як у контрольних тварин — до $42,0 \pm 0,25^\circ \text{C}$. При цьому у перших білих щурів частота дихання становила $28 \pm 1 \text{ л/хв}$.

Частота дихання під час адаптації до холоду її середній рівень був вищим, ніж у контрольних тварин. При охолодженні (90 хв при 3°C) середній рівень частоти дихання становив $120 \pm 10 \text{ л/хв}$, тоді як у контрольних тварин — $100 \pm 10 \text{ л/хв}$. При нагріванні (40 хв при 38°C) частота дихання становила $120 \pm 10 \text{ л/хв}$, тоді як у контрольних тварин — $100 \pm 10 \text{ л/хв}$.

Середні показники ректальної температури та споживання кисню при охолодженні (90 хв при 3°C) та нагріванні (40 хв при 38°C) адаптації до контрастної дії тепла

Умови дослідження	Група щурів
Охолодження	Експериментальна
	Контрольна
	<i>p</i>
Нагрівання	Експериментальна
	Контрольна
	<i>p</i>

Обговорення

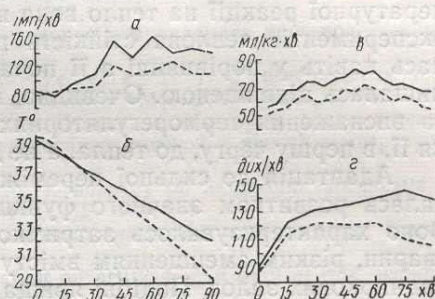
При адаптації щурів до контрастної дії тепла та холоду помітне і швидке підвищення температури тіла, головним чином, за рахунок збільшення теплопродукції.

і спадів гіпотермії на початку адаптації у щурів стабільно також встановлено експериментальна температура тіла як у контрольних, так і у щурів при $p < 0,02$. В, показали, що при охолодженні (3° С) експериментальних щурів, відносна кількість функціонування щурів були виражені (90 хв при 35° С), істотно зменшилась газообмінна функція у контрольних щурів (35° С) рівні споживання майже однакові протягом експериментального періоду, тоді як у щурів наприкінці адаптації температури, то у щурів при 38° С

кових залоз. Їх вага досягала 46 ± 3 мг, тоді як у контрольних вона становила лише 24 ± 2 мг. Ці дані свідчать про розвиток значного напруження при адаптації щурів до таких температурних умов, що проявилось і в зриві терморегуляції, який спостерігався наприкінці другого тижня. В цей період споживання кисню при охолодженні зменшувалось до 53 мл/кг·хв, а температура тіла падала до $28,0-29,0^\circ\text{C}$. Після зриву, який тривав близько тижня, холодова стійкість адаптованих щурів та рівень споживання кисню при охолодженні знову значно підви-

Рис. 3. Стан терморегуляції у щурів при охолодженні (90 хв при 3° С) після 55 днів адаптації до перемісної дії контрастних температур.

а — ЕАМ, б — ректальна температура, в — споживання кисню, г — частота дихання.



щувались і після деяких коливань встановлювались практично на постійному рівні. В цей же час теплова стійкість поступово знижувалась, гіперемія при нагріваннях помітно зростала. В дослідях з тестовими нагріваннями (40 хв при 38°C), проведеними наприкінці адаптації, рівень ректальної температури у експериментальних тварин підвищувався до $42,1 \pm 0,18^\circ\text{C}$, тоді як у контрольних — до $41,3 \pm 0,16^\circ\text{C}$ (табл. 2). При цьому у перших більш високою була й інтенсивність обмінних процесів. Якщо у адаптованих щурів середнє споживання кисню при нагріванні становило 28 ± 1 мл/кг·хв, то у контрольних — $25 \pm 0,4$ мл/кг·хв.

Частота дихання під час теплової дії зростала у всіх тварин, проте її середній рівень був вищим у експериментальній групі.

При охолодженні (90 хв при 3°C) терморегуляція експериментальних щурів в цей період характеризувалась меншою, ніж у контрольних, гіпотермією та більш високими рівнями споживання кисню, ЕАМ і частоти дихання (табл. 2, рис. 3).

Таблиця 2

Середні показники ректальної температури, споживання кисню, ЕАМ та частоти дихання при охолодженні (90 хв при 3°C) та нагріванні (40 хв при 38°C) наприкінці адаптації до контрастних температур

Умови дослідження	Група щурів	Ректальна температура		Споживання кисню, мл/кг·хв	ЕАМ імп/хв	Частота дихання, дих/хв
		початкова	кінцева			
Охолодження	Експериментальна	$39,3 \pm 0,07$	$31,9 \pm 0,63$	$72,0 \pm 2,0$	129 ± 9	$135,4$
	Контрольна	$39,5 \pm 0,10$	$29,1 \pm 0,92$	$62,0 \pm 1,0$	105 ± 5	118 ± 4
	<i>p</i>		$< 0,02$	$< 0,001$	$< 0,05$	$< 0,01$
Нагрівання	Експериментальна	$39,0 \pm 0,11$	$42,1 \pm 0,18$	$28,0 \pm 1,0$	—	123 ± 5
	Контрольна	$39,0 \pm 0,18$	$41,3 \pm 0,16$	$25,0 \pm 0,4$	—	100 ± 4
	<i>p</i>		$< 0,05$	$< 0,02$	—	$< 0,01$

Обговорення результатів досліджень

При адаптації щурів до перемісної дії тепла і холоду відбувалось помітне і швидке підвищення холодової стійкості, що забезпечувалось, головним чином, за рахунок посилення теплопродукції. Подібні зміни

енергообміну відзначені [4] у людей при багаторазовій дії контрастних водних процедур та при холодовому загартуванні.

Теплова стійкість при адаптації щурів до контрастних температур теж зростала, але не так помітно, як холодова. Її зміни мали фазовий характер і в загальних рисах були схожі з динамікою адаптаційного синдрому, описаного в літературі [6]. Після найбільшого зниження температурної реакції на тепло вона потім дещо збільшувалась. В III серії експериментів теплова стійкість після деякого підвищення знижувалась навіть у порівнянні з її початковим станом, тоді як холодова залишалась підвищеною. Очевидно, причиною таких змін було стомлення та виснаження терморегуляторних механізмів, яке викликало зниження її, в першу чергу, до тепла, а не до холоду.

Адаптація до сильної переміжної дії тепла та холоду супроводжувалась розвитком значного функціонального напруження в організмі. Воно характеризувалось затримкою росту та зниженням ваги тіла у тварин, різким зменшенням вмісту еозинофілів у крові та збільшенням надниркових залоз. Подібні явища описані й іншими авторами [10, 11].

У адаптованих щурів здійснювалось значне напруження терморегуляторного апарату, що приводило до зривів в його діяльності. В ці моменти у тварин відзначалось зниження рівня теплопродукції та сильна гіпотермія при охолодженні.

Одержані дані дають підстави вважати, що ступінь і динаміка змін стійкості до тепла та холоду при адаптації організму до переміжної дії цих факторів значною мірою визначаються співвідношенням між їх інтенсивністю. Так, наприклад, при порівнянні даних, одержаних в I та II серії експериментів, видно, що стійкість щурів до високої температури більш помітно зростала там, де сильнішим був тепловий подразник. Очевидно, саме з цим пов'язана суперечливість висновків тих одиничних праць, в яких розглядався вплив багаторазової дії температурних перепадів на терморегуляцію. Одні автори [11] повідомляють про зниження теплової стійкості у тварин, інші [1, 5], навпаки, роблять висновки про її підвищення.

Висновки

1. Адаптація щурів до переміжної сильної дії тепла та холоду супроводжується розвитком значного функціонального напруження в організмі. При цьому відбувається помітне підвищення рівня теплопродукції та стійкості до низької температури.

2. Теплова стійкість тварин при адаптації до контрастних температур також зростає, але меншою мірою, ніж холодова. В окремих випадках її підвищення має короточасний характер і змінюється зниженням, тоді як стійкість до охолодження залишається підвищеною.

3. Ступінь та динаміка змін стійкості до тепла та холоду при одночасній адаптації до них значною мірою визначається співвідношенням між інтенсивністю цих факторів.

Література

1. Алиев Т. М. Материалы к гигиенической оценке температурных перепадов воздуха (Изменения состояния окислительно-восстановительных процессов и функций терморегуляторного аппарата). Автореф. дисс., Баку, 1969.
2. Бакман С. М. К методике подсчета эозинофилов в периферической крови.— Лаб. дело, 1958, 5, 13.
3. Балаховский С. Д., Балаховский И. С. Методы химического анализа крови. М., «Медгиз», 1953, 426.

4. Бобров Н. И.— Конт и санитария, 1958, 12, 26.
5. Добровольский Л. репадов воздуха. Автореф.
6. Койранский Б. Б. действии высокой темпер тренировки и другим сп
7. Шапала А. А. Гиги мата глубоких шахт. Ав
8. Шахбазян Г. Х. Ги помещений. Госмедиздат
9. Шахбазян Г. Х., Ш чении температурных пе
10. Шахбазян Г. Х., I показателей при действии воздуха.— Врачебное де
11. Шахбазян Г. Х., Ш температурным колебан
12. Эрман И. М. Гигиен металлургии. Автореф.
13. Davis T. R. A. Effect tization in man.— J. App
14. Davis T. R. A., Joy meteorology, 1962, 286.

Кафедра фізіології людини
Донецького універс

Three series of exper effect of heat and cold res by a developed functional ly and is more pronounced heat and cold resistance is considerably determined

Department of Human and State University

4. Бобров Н. И.—Контрастные температуры и их влияние на организм. Гигиена и санитария, 1958, 12, 26.
5. Добровольский Л. А. Материалы к гигиенической оценке температурных перепадов воздуха. Автореф. дисс., Киев, 1962.
6. Койранский Б. Б. Об адаптационном синдроме, возникающем при длительном действии высокой температуры воздуха.— В сб.: Матер. конфер. по пробл. адаптации, тренировки и другим способам повышения устойчивости, Винница, 1962, 22.
7. Шаптала А. А. Гигиенические основы нормирования искусственного микроклимата глубоких шахт. Автореф. дисс., Донецк, 1967.
8. Шахбазян Г. Х. Гигиеническое нормирование микроклимата производственных помещений. Госмедиздат УССР, Киев, 1952.
9. Шахбазян Г. Х., Шлейфман Ф. М., Векслер И. Т. О гигиеническом значении температурных перепадов воздуха.— Вестник АМН СССР, 1960, 5, 62.
10. Шахбазян Г. Х., Шлейфман Ф. М. Изменение некоторых биохимических показателей при действии на организм чередований высокой и низкой температуры воздуха.— Врачебное дело, 1960, 4, 399.
11. Шахбазян Г. Х., Шлейфман Ф. М. К вопросу об адаптации организма к температурным колебаниям.— Вестник АМН СССР, 1966, 8, 8.
12. Эрман И. М. Гигиена производственного микроклимата в горячих цехах черной металлургии. Автореф. дисс., Киев, 1957.
13. Davis T. R. A. Effect of heat acclimatization on artificial and natural cold acclimatization in man.— J. Appl. Physiol., 1962, 17, 5, 751.
14. Davis T. R. A., Joy R. J. Natural and artificial cold acclimatization in man.— Biometeorology, 1962, 286.

Кафедра фізіології людини та тварин
Донецького університету

Надійшла до редакції
16.VI 1975 р.

Ju. I. Rossomakhin, S. A. Pevny

ON ADAPTATION OF RATS TO CONTRAST TEMPERATURE EFFECT

Summary

Three series of experiments established that adaptation of rats to alternating strong effect of heat and cold results in increasing resistance to both factors and is accompanied by a developed functional stress in the organism. The cold resistance develops more quickly and is more pronounced than the heat one. The degree and dynamics of changes in the heat and cold resistance of the organism during simultaneous adaptation to both factors is considerably determined by correlation between their intensity.

Department of Human and Animal Physiology,
State University, Donetsk