

УДК 612.821: 612.014

## АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ФУНКЦІОНАЛЬНІ СТАНИ ЛЮДИНИ В УМОВАХ АНТАРКТИЧНОЇ ЕКСПЕДИЦІЇ

Ю.П. Горго<sup>1</sup>, Т.Г. Мірошник<sup>1</sup>, В.Б. Богданов<sup>1</sup>, Н.В. Харковлюк<sup>2</sup>, В.М. Ільїн<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

E-mail [gorgo@biocc.univ.kiev.ua](mailto:gorgo@biocc.univ.kiev.ua)

<sup>2</sup> Інститут геронтології АМН України,

<sup>3</sup> Інститут фізіології ім. Богомольця НАН України

**Реферат.** Проведені дослідження особливостей функціонування організму людини в умовах Антарктики. Досліджені основні фізіологічні параметри зимівників та сезонників. В початковому періоді адаптації учасників сезонної експедиції спостерігається покращення життєвих показників за відсутності значних відхилень у стані здоров'я. Проте, в цей період фіксується збільшена кількість нестационарних і метастабільних станів.

**Analyses of impact factors on human functional states in the Antarctic region** by Yu.P. Gorgo, T.G. Miroshnik, V.B. Bogdanov, N.V. Kharkovljuk, V.M. Iljin

**Abstract.** There was studied the peculiar properties of human dynamic action in the Antarctic region. The main physiological parameters of winterers and season staff were examined. It was shown that at the beginning of the adaptation period considerable abnormalities in the humans health were not observed but a number of unstationary and metastable shapes increased.

**Key words:** adaptation, meteorological and helio-geophysical factors, unstationary and metastable shapes.

### 1. Вступ

Функціональний стан людини підпадає під вплив різноманітних екологічних факторів. Під час експедиції персонал перебуває в особливих, часто екстремальних чи наближених до них умовах життя (фізичних, хронобіологічних, ергономічних, психологічних та соціальних). Це призводить до функціональних змін в організмі сезонників та зимівників. Для вивчення цих змін була розроблена програма біофізичних та фізіологічних досліджень, згідно з якою вивчались загальні та індивідуальні особливості функціонування організму людини під впливом різноманітних факторів в умовах 7-ої Української антарктичної експедиції. Крім того, проводився аналіз метеорологічних та геліо-геофізичних факторів середовища з метою виявлення їх можливого впливу на фізіологічні показники. Оскільки Українська антарктична станція Академік Вернадський розташована в одному з найбільш метеорологічно активних районів Землі, який характеризується частими проходженнями атмосферних фронтів, дослідження в даному регіоні впливу флуктуації атмосферного тиску (ФАТ), метеорологічних чинників на організм людини в цілому, окремі фізіологічні параметри та працездатність становить значний інтерес.

Дані, отримані під час попередніх антарктичних експедицій, а також в місті Києві впродовж 1997-2001 років, вказують на існування кореляції деяких показників стану регуляторних систем організму людини з метео- і геліо-геофізичними характеристиками. Ця кореляція була в основному негативною (Ільїн, Моїсеєнко, 1997; Ільїн та ін., 1997; Делюков, Горго, 2000). Показано, що інформативні характеристики варіабельності серцевого ритму відслідковують зміни фізичних параметрів: температури і відносної вологості повітря, атмосферного тиску, швидкості вітру, а також рівня геомагнітних збурень (ГМЗ). Однак, повна феноменологія і механізми цих впливів на організм людини досі не з'ясовані. В останні роки позначився прогрес у розумінні механізмів метеочутливості. Встановлено, зокрема, що

важливу роль можуть відігравати хаотичні ФАТ у діапазоні наднизьких частот нижче 1 Гц (Дельюков, Горго, 1999; Delyukov, Didyk, 1999; Delyukov et al., 1999). Під час проведених нами досліджень в Антарктиді ми намагалися виявити основні фактори впливу на зміни функціональних станів сезонників і зимівників.

## 2. Методи і об'єкт дослідження

В дослідженнях приймали участь сезонні працівники (n=15) та зимівники (n=14) 7-ої Української антарктичної експедиції. Сезонників обстежували двічі – в умовах перебування на станції Академік Вернадський (протягом місяця) – “експеримент” та в Києві (до відправлення в Антарктику) – “контроль”. Зимівники до проведення даних досліджень працювали на станції тривалий період.

Ортостатична проба проводилась за стандартною методикою, з фіксацією часу підйому досліджуваного; також вимірювали фізіологічні параметри до та після проведення проби: артеріальний тиск систолічний (АТС) і діастолічний (АТД) (мм. рт. ст.), а також частоту серцевих скорочень у стані спокою (ЧССс) та після 20 присідань (ЧССн) ( $\text{хв}^{-1}$ ) – за допомогою автоматизованого тонометра Beurer Vitalcontrol VC12.

Крім того, досліджували показники, за якими визначають коефіцієнт функціонального розвитку та темпу старіння (ТС) (Решетюк та ін., 1996): життєва ємність легенів (ЖЄЛ) (л) – спірометром у стані відносного спокою; тривалість затримки дихання при вдиханні (ЗДвд.) та при видиханні (ЗДвид.), (с); статичне балансування (СБ) стоячи на лівій нозі, очі заплющені, (с). Вимірювалась також тривалість визначення проміжку часу в 1 хвилину (ПЧ1).

Біоритмологічні особливості змін функціонального стану організму і психофізіологічних функцій учасників сезонної експедиції і зимівників (годинних і добових варіацій серцевого ритму, артеріального тиску) оцінювали за допомогою проведення 2-добових моніторингів варіабельності серцевого ритму (ВСР) (Heart, 1996).

Вимірювання метеорологічних параметрів проводилось призначеними для цього приладами, встановленими на станції. Загальний вміст озону (ЗВО) вимірювався в одиницях Добсона; значення амплітуди ФАТ – за допомогою приладу “Інфрасонік” в паскалях (Па). Амплітуду ФАТ оцінювали в наднизькому частотному діапазоні від 0,05 до 0,1 Гц. Показники атмосферного тиску (АТМ) вимірювались цифровим барометром у мілібарах (мБ); швидкість вітру (ШВ) – стаціонарним анемометром MAVS, у м/с. Платиновим термометром вимірювались мінімальна температура за добу ( $T_{\text{мін}}$ ) та максимальна температура за добу ( $T_{\text{макс}}$ ) і різниця між максимальним та мінімальним добовими значеннями ( $T_{\text{різ}}$ ) ( $^{\circ}\text{C}$ ). Обчислювали також середньодобові значення температури повітря ( $T_{\text{с}}$ ). Вологість повітря (ВП) (%) вимірювалась ємнісним датчиком з платиновим термометром. Напрямок вітру визначав автофлюгер. Показники записували до спеціальних журналів з наступною математичною обробкою отриманих результатів. Математичне та статистичне опрацювання отриманих результатів проводили за допомогою програми Statistica 5.0.

## 3. Результати досліджень

Усереднені дані фізіологічних параметрів сезонних працівників та зимівників станції Академік Вернадський наведені в табл. 1. Аналіз даних виявив достовірне зниження в учасників експериментальної групи як систолічного, так і діастолічного артеріального тиску та частоти серцевих скорочень після 20 присідань, при перебуванні в Антарктичній експедиції. При цьому у групі зимівників, порівняно з сезонними працівниками ми констатували достовірно вищі значення ЖЄЛ та СБ (табл. 1). Однак, ці відмінності можна пояснити більш молодим середнім віком та більш ретельним відбором за параметрами здоров'я учасників експедиції для тривалого проживання в умовах Антарктики. Слід звернути увагу також на зміни ТС і ПЧ1 у сезонників при перебуванні в різних умовах (табл. 1), а також на вірогідні відмінності цих показників у зимівників та сезонників. З табл. 1 також видно, що

кардіореспіраторні показники нормалізуються (знижуються) у осіб, що прибули з середніх широт для роботи на високих широтах.

З табл. 1 можна також зробити висновок, що коефіцієнт функціонального розвитку та темпу старіння не є сталою величиною у одних і тих же осіб при їх роботі в різних умовах (контроль і експеримент). Це відбувається тому, що мають місце зміни функціональних станів людини при перебуванні в нормальних і екстремальних умовах середовища. Екстремальні умови нормалізують і роблять більш детермінованими вегетативні показники (Горго, 1991), що і спричиняє зміни ТС. Тому, ми пропонуємо застосовувати алгоритм розрахунків ТС (Решетюк та ін., 1996) для визначення чисельного показника (коефіцієнта) функціонального стану людини при роботі в різних умовах. Для цього до адитивної формули ТС треба ввести як складову індивідуальні величини визначення проміжку часу (ПЧ1) у 1 хвилину, віднесені до 60 сек. Показник ПЧ1 є достатньо вивченою функціональною психофізіологічною пробою, яка зручна у використанні при дослідженнях в різних, зокрема і в екстремальних, умовах.

Таблиця 1. Усереднені дані фізіологічних параметрів сезонних працівників і зимівників у 7-ій УАЕ (\*- $P < 0,05$  (порівняно з контролем); #- $P < 0,05$  (порівняно з експериментом))

	Контроль (n=15)	Експеримент (n=15)	Зимівники (n=14)
Вік	46,47±2,72		39,00±2,21
Зріст	178,73±1,19		176,83±2,41
Вага	88,40±3,15		82,50±2,95
АТС	138,27±2,28	126,93±2,89*	134,29±5,28
АТД	93,80±1,66	79,27±1,89*	82,71±3,54
ЖЄЛ	4,08±0,11	4,10±0,13	4,85±0,14 #
ЗДвд	74,80±7,41	79,73±7,40	86,57±7,33
ЗДвид	38,47±3,26	44,8±2,72	40,07±4,75
СБ	56,47±7,36	73,67±15,5	137,93±35,45 #
ЧССс	75,47±2,36	73,4±2,45	71,43±2,45
ЧССн	108,53±2,92	101,13±3,33*	96,64±2,82
ТС	1,02±0,04	0,91±0,03*	0,96±0,04 #
ПЧ1	61,5± 1,66	59,7±1,93	67,0±2,95

Проведення ортостатичної проби (рис. 1) виявило збільшення усіх досліджуваних показників після її проведення. Ці показники відновлювались через певний час (5 хвилин) до вихідного рівня, незалежно від місця обстеження, тобто так, як це відбувається в нормальних умовах роботи. Отже, ортостатичну пробу можна використовувати при оцінці функціональних станів людей, які перебувають в екстремальних умовах.

Біоритмологічні особливості змін функціонального стану організму (годинних і добових варіацій серцевого ритму, артеріального тиску) оцінювали за добовими оцінками варіацій ритму серця. Таке дослідження було вперше проведене в умовах станції Академік Вернадський в однієї з осіб з ознаками десинхронозу, який могла викликати швидка зміна широт і порушення у зв'язку з цим біоритмів. Показано, що в початковий період перебування в Антарктиці спостерігаються зміщені добові ритми зі зсувом акрофази ЧСС, АТС, АТД, АТср на нічні години, що свідчить про інверсію ритму серця стосовно вихідного. При цьому істотно змінювались потужності і їх співвідношення усіх частотних компонент (рис. 2).

У всіх працівників під час перебування на антарктичній станції знімалися ритмокардіограми. У 12 із 29 осіб (4 зимівника і 8 сезонників) (тобто у 40 % осіб), були виявлені ознаки недостатності або зриву адаптаційних механізмів ритму серця – спектри типу

SmSfSb (65% із загального числа квазістаціонарних і метастабільних станів), SmSf (29%), SbSfSm (5%) і SfSm (1%). З цих станів можливий спонтанний перехід організму в стани зі спектром Sm ( $SmSfSb \Rightarrow SmSf \Rightarrow Sm$ ,  $SmSf \Rightarrow Sm$ ), що означає неспроможність забезпечити оптимальну реакцію організму на дію зовнішніх чинників, а також появу ризику розвитку передпатологічних і патологічних станів (Ільїн, Іванов, 1999).

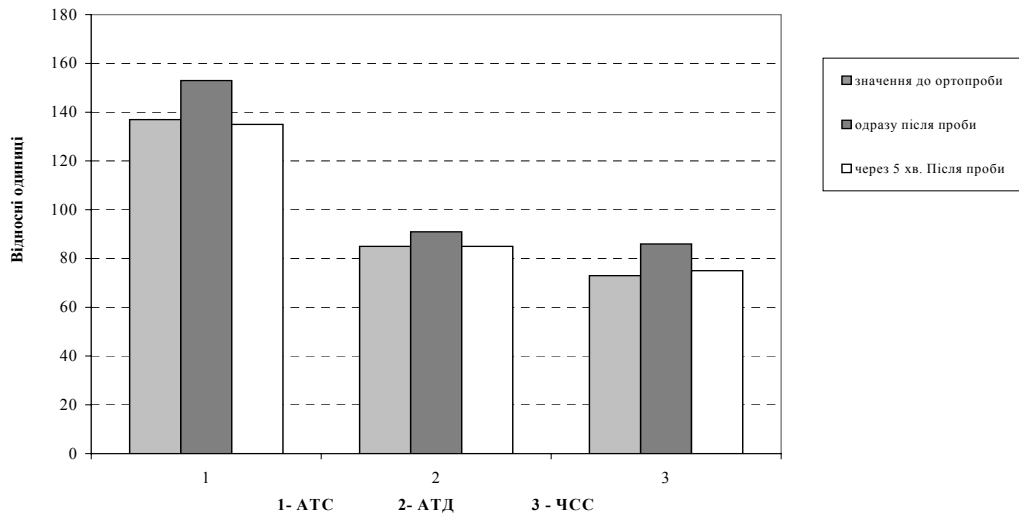


Рис. 1 Фізіологічні показники за ортостатичної проби. 1 – систолічний артеріальний тиск, 2 – діастолічний артеріальний тиск, 3 - частота серцевих скорочень.



Рис. 2. Потужності низькочастотних (НЧ), високочастотних (ВЧ) і надвисокочастотних (НВЧ) компонент добової варіабельності ритму серця і їхніх співвідношень у Києві і на станції Академік Вернадський.

Зменшення амплітуди низькочастотних циркадних ритмів (зниження потужності НЧ) і посилення надвисокочастотних ациркадних гармонік (підвищення потужності НВЧ) є виявом

загальної тенденції до росту неупорядкованості, ентропії в просторово-часовій організації систем регуляції організму в період адаптації до умов Антарктиди (Ільїн, 1997).

Кореляційний аналіз складових варіабельності серцевого ритму з факторами природного оточення показав, що хоча всі параметри пов'язані з ними певною мірою, проте, найбільшу

Таблиця 2. Коефіцієнти кореляції вегетативних показників з метеорологічними показниками (n=15)

	АТС	АТД	ЧСС
ЗВО	-,31	-,22	,06
ФАТ	-,23	-,08	-,12
АТМ	-,14	-,14	-,03
ШВ	-,10	-,20	,11
Тс	,01	,25	,53*
Тмін	,08	-,04	,25
Тмакс	,09	,06	,43
Тріз	,02	,08	,16
ВП	,14	-,19	-,23

\*) -P<0,05

кількість значимих кореляцій і крос-кореляцій із серцевими даними на середніх широтах перебування мають ФАТ і пов'язана з цим чинником швидкість вітру (Делюков, Горго, 1999). При порівнянні фізіологічних показників кардіореспіраторної системи одного з обстежуваних та метеорологічних факторів при перебуванні на станції Академік Вернадський ми виявили позитивний достовірний зв'язок між середньодобовою температурою і частотою серцевих скорочень. Найбільш значущим із решти зв'язків є негативний зв'язок між загальним вмістом озону та артеріальним тиском (табл. 2). Незважаючи на те, що не було виявлено значного впливу метеорологічних

чинників на функціональний стан даного обстежуваного (це було проявом індивідуальної реакції), однак не виключена можливість, що в інших людей, а також в разі тривалої зимівлі цей вплив буде більш відчутним. Для подальших досліджень в умовах антарктичних експедицій треба рекомендувати проведення моніторингу фізіологічних показників паралельно з метео- та геліо-геофізичними характеристиками для з'ясування ролі саме такого впливу.

### Висновки

1. В період адаптації до антарктичних умов виявлені вірогідні зниження кардіореспіраторних параметрів, що вказує на нормалізацію функціональних станів сезонних робітників. Для оцінки таких змін при роботі в різних умовах пропонується використовувати коефіцієнт функціонального стану людини.

2. Найбільш чутливими до впливу змін геліогеофізичних факторів виявились характеристики серцево-судинної системи, перш за все, складові варіабельності серцевого ритму.

3. Показано, що в початковий період перебування в Антарктиці спостерігаються зміщені добові ритми зі зсувом акрофази ЧСС, АТС, АТД, АТср на нічні години, що свідчить про інверсію ритму серця стосовно вихідного.

### Література

Горго Ю.П. Исследование вегетативных показателей человека при воздействиях среды и их использование для оценки функциональных состояний операторов. Автореф. докт.дис. - Киев, 1991. – 32 с.

Делюков А., Горго. Ю. Про біологічну активність флуктуацій атмосферного тиску та їх роль у навколишньому середовищі // Київський університет як осередок національної духовності, науки, культури. Мат. наук.-теор. конф., присвяченої 165-річчю університету. Природничі науки. “Київський університет”, 1999. - С. 181-188.

Делюков А.А., Горго Ю.П. Флуктуации атмосферного давления инфранизких частот и метеочувствительность людей разного возраста // Проблемы старения и долголетия. - 2000. - Т. 9, № 4. - С. 348-357.

**Ильин В.,** Бахмутов.В., Моисеенко Е., Милиневский Г. Корреляция между геомагнитной активностью и сердечным ритмом человека в районе Антарктики // Бюл. Укр. антарк. центр. - 1997. - Вып. 1. - С. 255 –258.

**Ильин В.Н.,** Иванов А.Б. Организм человека как ультрастабильная система // Известия КБНЦ РАН. - 1999. - № 2. - С. 69-74.

**Ильин В.Н.,** Моисеенко Е.В. Медико-физиологические исследования в первой Украинской антарктической экспедиции // Бюл. Укр. антарк. центр. - 1997. - Вып. 1. - С. 251-254.

**Решетюк А.Л.,** Поляков О.А., Коробейников Г.В. та ін. Визначення функціонального віку та темпів старіння людини. Методичні рекомендації. Київ, 1996. – 9 с.

**Delyukov A.,** Gorgo Yu., Cornülissen G. et al. The biometeorological analysis of 50-day human ECG // Proceedings of the 15th International Congress of Biometeorology and International Conference of Urban Climatology, Sydney, Australia, 8-12 Nov 1999, de Dear R.J., Potter J.C. (eds.), ICB25.2. – 6 p. [CD-ROM].

**Delyukov A.,** Didyk L. The effects of extra-low-frequency atmospheric pressure oscillations on human mental activity // Int. J. Biometeorol. - 1999. - Vol. 43, N 1. - P. 31-37.

**Heart rate variability - Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use.** Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // Eur. Heart. J. - 1996. - Vol. 17, N 4. - P. 354-381.