

УДК 004.9:612.822(045)

П.В. Білошицький, д-р мед. наук
О.М. Ключко, канд. біол. наук, доц.
Ю.І. Онопчук, д-р фіз.-мат. наук, проф.

РЕЗУЛЬТАТИ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ УКРАЇНСЬКИХ УЧЕНИХ НА ЕЛЬБРУСІ

Наведено результати деяких медико-біологічних досліджень українських учених у високогірних умовах Ельбрусу протягом останніх десятиріч. Особливу увагу приділено напрямам, пов'язаним з розвитком авіації та космонавтики.

Brief results of medical and biological researches of Ukrainian scientists at Elbrus mountain conditions during last decades is given. Main attention is paid to the directions linked with the development of aviation and cosmonautics.

Вступ

Дослідження гіпоксичних станів у високогірних районах Кавказу були започатковані М. М. Сиротиніним ще в 1929 р. Спочатку роботи проводилися в експедиційних умовах, а з 1973 р. – у стаціонарних умовах на Ельбруській медико-біологічній станції (ЕМБС). Ельбруська медико-біологічна станція – це унікальний комплекс дослідницьких лабораторій, розташований на схилах гори Ельбрус. Тут створено умови для вирішення складних фундаментальних наукових проблем за допомогою сучасних методів досліджень. Станція має у своєму розпорядженні триповерхову лабораторну будівлю, термобарокамеру та реабілітаційний центр для розміщення спецконтингентів з метою лікування, профілактики, поліпшення спортивних результатів, підвищення працездатності та надійності функціонування організму (НФО) в екстремальних умовах. Серед наукових досягнень працюючих на ЕМБС співробітників можна назвати фундаментальні дослідження кисневої недостатності, які виявили конструктивні та деструктивні механізми розвитку гіпоксичних станів організму, що стало підґрунтям для впровадження вперше у світовій практиці нових високоефективних методів гіпокситерапії. На різних рівнях організації організму всебічно вивчали процес адаптації до гірських метеофакторів, гіпоксичні стани, які розвиваються як під час дії екстремальних факторів (опромінення, декомпресія, прискорення, охолодження, перегрівання, гіпероксія, гіперкапінія тощо), так і в процесі перебігу різних захворювань; запропоновано й обґрунтовано концепцію ступеневої активної адаптації до гіпоксії; розроблено методи математичного моделювання гіпоксичних станів для прогнозування розвитку різних станів організму. Весь комплекс проведених досліджень дозволив перетворити науку про гіпоксію із описово-експериментальної науки в точну.

© П.В. Білошицький, О.М. Ключко, Ю.І. Онопчук, 2007

Постановка завдання

Зробити короткий огляд деяких напрямів багаторічних досліджень українських учених в умовах високогір'я з метою їх використання для професійної підготовки студентів та продовження розпочатих досліджень.

Медико-біологічні дослідження на Ельбрусі

Вивчати гіпоксичні стани організму у високогірних регіонах Кавказу починали у двох головних напрямках:

- вивчення механізмів патогенезу гірської хвороби та розвиток методів компенсації і профілактики гіпоксії;
- використання процесів адаптації до гіпоксії з метою підвищення працездатності, а також лікування захворювань, у патогенезі яких гіпоксія відіграє важливу роль.

У першій половині минулого століття цей високогірний регіон був віддалений від центрів цивілізації, не мав задовільних доріг та комунікацій, зберігав свою унікальну природу. У 1973 р. на висоті 2100 м (Приельбрусся, с. Терскол) був побудований стаціонарний корпус для лабораторії космічної фізіології Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця Академії наук України. Дослідження проводили також на висотах 3100, 3800, 4200, 5300 м, а також на вершині Ельбрусу (5641 м). На схилах гори Ельбрус протягом десятиріч дослідження проводили видатні вчені з багатьох країн світу: В.А. Енгельгардт, Е.Н. Крепс, А.А. Летавет, С.А. Нейфах, М.М. Сиротинін, О.Г. Газенко, А.Д. Адо, А.Д. Слонім, Г.Е. Владимиров, Я.Г. Ужанський, І.П. Разенков, П.А. Коржуєв, Н.В. Лауер, А.З. Колчинська, З.І. Барбашова, В.І. Войткевич, Л.Л. Шик, Н.А. Агаджанян, Е. А. Коваленко, В.Б. Малкін, Н.Н. Міррахімов, Ф.З. Меєрсон, Ч. Хьюстон, Д. Вест та багато інших [1–3]. У суворих горах Кавказу виникла і розвинулась загальновідома нині “сиротинінська школа дослідників гіпоксії”, ядро якої склали українські вчені-патолофізіологи. На засадах їхніх ідей зароджувалися нові

теорії та методи, винаходи, публікувалися численні монографії та статті, створювалися цілі наукові напрями, такі як фізіологія екстремальних станів, гірська, вікова, космічна фізіологія та космічна фармакологія. За часів СРСР ЕМБС фактично була центром вивчення проблем гіпоксії, в якому працювали вчені Києва, Москви, Санкт-Петербурга, Ростова-на-Дону, П'ятигорська, Нальчика, Харкова, Краснодару, Єкатеринбурга, Нижнього Новгорода та інших міст.

Напрями досліджень в Ельбруському регіоні

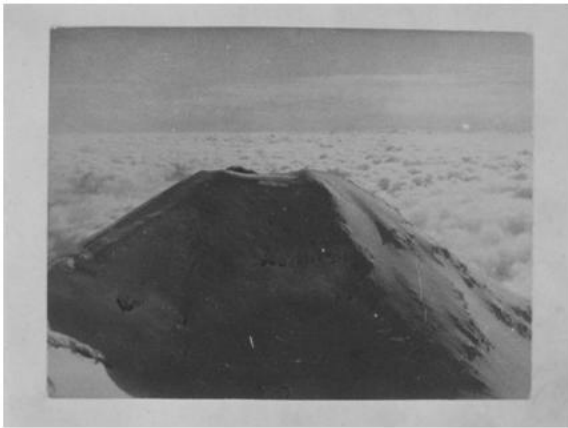
Протягом усіх років наукової роботи на Ельбрусі головну увагу дослідники концентрували на вивченні гіпоксичних станів різного генезу. Зараз запропоновано декілька їх класифікацій, серед них “Ельбруська”, яка поєднує всі попередні надбання й нові сучасні дані про гіпоксичні стани [4]. Гіпоксичні стани – стани організму, які виникають у разі недостатнього забезпечення організму киснем чи порушення його утилізації тканинами, – поділяють на гіпоксію та дизоксидацію. Гіпоксія – це стан напруження кисеньтранспортної функції організму, спрямований на ліквідацію кисневого дефіциту, який є результатом невідповідності між швидкістю постачання киснем і його запитом тканинами, – виникає внаслідок порушення роботи систем, що забезпечують транспорт кисню до мітохондрій, а також зменшення парціального тиску кисню у вдихуваному повітрі чи збільшення кисневого запиту у зв'язку з гіперметаболічними процесами. Гіпоксію поділяють на гіпоксипаричну, транспортну (респіраторну, циркуляторну, гемічну, бар'єрну), регуляторну, гіперметаболічну, змішану. Дизоксидація – стан, за яким за умови достатнього постачання кисню тканини не задовольняють свою належну біоенергетичну потребу через пошкодження клітинних механізмів його утилізації. Гіпоксія – це стан організму. Щодо зниження парціального тиску кисню в навколишньому середовищі доцільно використовувати терміни “гіпоксипарія”, “гіпоксичне середовище”. За ступенем виявлення гіпоксія може бути прихована, компенсована, субкомпенсована, декомпенсована, термінальна, за рівнем виявів – на рівні всього організму, систем, органів, тканин, клітин, мітохондрій та ін.; за формою – блискавична, гостра, підгостра, хронічна. На особливу увагу заслуговує адаптованість аборигенів до умов високогір'я.

Дослідження в галузі авіакосмічної фізіології та медицини в умовах високогір'я

Розвиток таких галузей, як авіакосмічна фізіологія та медицина тісно пов'язаний з дослідженнями на Ельбрусі. Ці проблеми привернули увагу

М. М. Сиротиніна ще в 1940 р., коли він розпочав вивчення впливу прискорення на організм і в 1960 р. організував у Києві першу в СРСР лабораторію космічної фізіології. У 60–70-х рр. у Києві та в Приельбруссі, вивчали вплив на організм факторів космічного польоту: гіпокінезії, прискорення, радіації, декомпресії та ін. Крім того, вивчали регенерацію та утилізацію відходів життєдіяльності в ізольованих системах на різних висотах, можливість реанімації організму через 16–25 хв після клінічної смерті внаслідок вибухової декомпресії, прискорення, ураження електричним струмом, гострої крововтрати, утоплення у морській воді тощо. На висотах понад 5000 м дослідники збирали зразки космічного пилу з метою визначення його складу та вирощування водоростей, лишайників, грибів, які б можна було використовувати для приготування їжі космонавтам [1; 5; 6]; вивчалися можливості та перспективи застосування гіпотермії, анабіозу під час освоєння космічного простору [7–10], уперше було обґрунтовано потребу в такій науці, як космічна фармакологія [7], проведено дослідження невагомості, що виникає при зануренні у воду [11].

У 1966–1968 рр. були організовані дослідження за секретною на той час темою “Моделювання життя на Місяці в умовах кратера східної вершини Ельбрусу” (див. фото). Експеримент проводили в максимально наближених до Місяця умовах кратера (діаметр 250 м, глибина 40–125 м) за відповідною програмою, якою передбачалося до цього ніким не здійснена в світі спроба посадки гвинтокрила на висоту вершини Ельбрусу (5621 м), сходження на вершину основної групи, доставляння потрібного спорядження й науководослідної апаратури, перенесення панелей (на відстань 150 м) і монтаж на вершині розбірної лабораторії. Групи випробовувачів після польоту в “невідомість” з непередбаченими наслідками посадки (проти неї заперечував навіть сам авіаконструктор М.Л. Міль), чи після виснажливого багатогодинного сходження на вершину у несприятливих умовах з великим вантажем (20 кг) повинна була працювати в умовах гіпоксії й гіпобарії, різкого перепаду температур, ізоляції, одноманітності оточення і т.ін. У ході експерименту вперше було доведено можливість посадки й зльоту гвинтокрила Ми-4 з вантажем 400 кг на висоті 5621 р. Протягом шести рейсів деталі й устаткування лабораторії були доставлені на вершину.



Експедиція 1967 р. з моделювання висадки людини на Місяць, що проводилася у кратері східної вершини Ельбрусу

У жорстких умовах високогір'я, в умовах реальної небезпеки виконували спеціальну програму досліджень [12; 13]: вели спостереження за психічною сумісністю випробовувачів, їх працездатністю, загальним станом, який змінювався під впливом сумарної дії умов вершини й трудової діяльності; вивчали, як впливає на організм спеціальний раціон харчування, з'ясовували роль ступеневої адаптації до підвищеної працездатності. Пошуки й монтаж панелей тривали три доби. Відчувалася неймовірна втома. Усі відзначали постійну спрагу й сухість слизових оболонок, що, очевидно, пояснюється сухістю повітря, підвищеним випаровуванням (прямо пропорційному висоті), а також підвищенням тону парасимпатичної нервової системи. Найбільш прийнятним продуктом харчування виявилися фруктові соки. Сон був поверхневим з вираженим чейн-стоксовим диханням. Частота пульсу в стані спокою досягала 100–120 ударів за 1 хв, а під час фізичного навантаження збільшувалася до 160. У двох випробовувачів під час роботи спостерігалися судоми м'язів. Працювати доводилося за температури мінус 10 – мінус 15 °С без рукавиць, що призводило до появи на руках ділянок

відморожень другого ступеня. Випробувачі недооцінювали свого власного стану. Характерним було порушення здатності критично оцінювати ситуації й орієнтуватися в просторі та часі. Незважаючи на те, що погано адаптовані випробовувачі помітно відставали в продуктивності праці, це не викликало роздратування у колег.

На четверту добу учасники експерименту змогли перейти в приміщення лабораторії – двокімнатну споруду із плексигласовою верандою загальною площею 22 м². Отримати деталі та спеціальні матеріали для спорудження допоміг О.К. Антонов. На жаль, через півроку будівлю, погано закріплену тросами, зруйнували зимові ураганні вітри, тому в наступному, 1968 р. з допомогою гвинтокрильщиків та підрильників було підготовлено приміщення в скелі над кратером. Одночасно почали готуватися до встановлення на вершині герметичного приміщення лабораторії на базі фюзеляжу Ан-24, переданого О.К. Антоновим. Розробники нового потужного гвинтокрила погодилися на його доставку на вершину згідно з програмою випробування, але за умови розміщення фюзеляжу в салоні. Однак тут спіткала невдача: фюзеляж не поміщався в салон,

а транспортувати його на зовнішній підвісці гвентокрильщики відмовились. Почались пошуки фюзеляжу літака Як-40, який розміщався в гелікоптері. Проте висадка американців на Місяць, а потім інші події зняли гостроту проблеми, і наша мрія про стаціонарну герметичну лабораторію на найвищій горі Європи залишилась нездійсненою.

Результати досліджень повідомили в 1967 р. учасникам закритого симпозіуму з моделювання умов життя на Місяці на г. Арагац в Арменії і отримали найвищу оцінку на той час керівника й координатора досліджень в галузі космічної фізіології академіка В. В. Паріна.

Одночасно з цими дослідженнями були виконані інші роботи, під час яких вивчали генезис гіпоксії внаслідок дії факторів, специфічних для умов космічних польотів (радіації, прискорення, декомпресії, гіпербарії, гіперкапнії, гіпертермії, переохолодження, дії гіпоксичної суміші газів). У співпраці зі співробітниками Інституту медико-біологічних проблем (Москва) та відповідно до їх програм українські вчені встановили найбільш інформативні критерії для оцінювання адаптивності й адаптованості космонавтів до гіпоксичного середовища, підготували рекомендації щодо використання адаптації до гіпоксичної гіпербарії для підвищення стійкості організму в умовах космічних польотів. Для вирішення цих завдань представників спецконтингентів двічі на рік відправляли на тренування у гори Кавказу і Тянь-Шаню [14].

Особливе значення в авіаційній і космічній фізіології мало вивчення одночасної дії таких факторів, як гіпоксична дія високих та низьких температур. У результаті таких досліджень було запропоновано гіпотезу про роль “вільнорадикального котла” [15; 16] у процесах термопродукції, визначено кількісну оцінку зниження теплопродукції організмом під час замерзання в умовах гіпоксичної та найбільш вразливі для охолодження ділянки тіла людини; за розробку високоєфективного методу неспецифічного підвищення стійкості організму – термобаротерапії – отримали авторське свідоцтво [17].

Математичні методи дослідження проблеми надійності функціонування організму в екстремальних умовах високогір'я

Вивчаючи механізми НФО в екстремальних умовах на різних рівнях – субмолекулярному, молекулярному, клітинному, органному, системному – ми завжди намагались зрозуміти закономірності взаємозалежностей на всіх рівнях, адже організм – складна, єдина, цілісна, інтегрована, багаторівнева, збалансована, скоординована, упорядкова-

на, багатофункціональна, організована система зі взаємозалежними відносинами.

Особливий інтерес становлять екстремальні критичні ситуації, коли виживання потребує великих енергетичних витрат в умовах гіпоксичної гіпоксії. При цьому відбувається мобілізація всіх енергетичних ресурсів і їх використання на компенсаторно-приспосувальні потреби організму спочатку “без огляду” на економічність. Така стратегія біологічно необхідна, її вибір диктується потребою вижити, перемогти і визначається регуляторними та функціональними системами. Перш за все мобілізуються функції респіраторної і серцево-судинної систем, які відповідають за доставку кисню. Передусім ми намагалися відповісти на такі запитання: як визначити, прогнозувати можливості організму підтримувати життя необхідні енерговитрати, які при цьому будуть якісні і кількісні взаємозалежності, взаємозв'язки регулювальних і функціональних систем, якими морфологічними змінами це забезпечується, наскільки ефективно і економічно вони працюють, які кількісні співвідношення між рівнями споживання кисню тощо.

Наразі маємо змогу за допомогою сучасних приладів отримувати величезний масив інформації, завдання ж полягає у вмінні нею швидко розпорядитись й оперативно оцінити отриману інформацію та адекватно реагувати на поставлене завдання. У цьому сприяли спеціально розроблені комп'ютерні програми, математичні моделі – вони допомогли вирішити деякі з викладених тут проблем.

Надійність – найбільш загальне, багатопланове поняття, яке охоплює численні фактори, завдяки яким організм може ефективно функціонувати в умовах досить широкого діапазону збурень навколишнього середовища, зокрема, в екстремальних умовах [18–20]. У математичній теорії [21] поняття надійності тісно пов'язано з поняттям якості – сукупністю властивостей, що визначають ступінь здатності системи здійснювати певні функції. Під надійністю системи розуміють також її здатність зберігати якість за певних умов життєдіяльності, тобто надійність – це розгорнута в часі якість. Одним з основних в теорії надійності є поняття про відмову і безвідмовність. Відмова – це часткова чи повна втрата або видозміна властивостей, яка суттєво знижує працездатність чи призводить до її повної втрати. Багато фахівців вважають, що для характеристики складної системи поняття надійності зайве, оскільки існує поняття ефективності функціонування складної системи. Проте розвиток теорії надійності зумовив розмежування понять надійності й

ефективності. Виявилось, що у випадку абсолютно надійної системи важливо знати ступінь ефективності її функціонування. Інакше, під надійністю системи слід розуміти стабільність ефективності її функціонування.

Важливою характеристикою надійності системи є час її безвідмовної роботи системи.

Якщо τ – час життя системи, а $Q(t) = P\{\tau < t\}$ – імовірність відмови системи до моменту часу t , то

$$P(t) = 1 - Q(t) = P\{\tau > t\}$$

є імовірністю безвідмовної роботи системи за час t . Цю функцію називають функцією надійності.

Якщо вважати, що

$$\lambda(t) = -\frac{P'(t)}{P(t)},$$

де $P'(t)$ – похідна функції надійності, то для малих Δt ,

$$Q(t, t + \Delta t) \approx \lambda(t)\Delta t.$$

Функція $\lambda(t)$ – ризик відмови – дуже важлива характеристика надійності системи.

Для широкого класу систем, у т. ч. й для живих, $\lambda(t) = \text{const} = \lambda$,

а це дає змогу визначити час життя системи

$$T_0 = -\int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}.$$

Таким чином, для системи, яка може перебувати лише в двох станах – працюючому або непрацюючому (етап відмови), ризик відмови системи від роботи обернено пропорційний середньому часу життя.

Цікавим для розгляду є випадок, коли система в момент часу t може бути в будь-якому із скінченної множини $\{E_i, i = \overline{0, N}\}$ стані, причому E_0 – стан відмови, а $E_i, i = \overline{1, N}$ – стани безвідмовної роботи. Переходи з одного стану в інший здійснюються таким чином.

Стан $E_k (k = \overline{1, N+1})$ досягається лише переходом з $\{E_i, i = \overline{0, N}\}$. У стан E_0 можна перейти з будь-якого стану

$$\lambda(t) = -\frac{P'(t)}{P(t)},$$

але як тільки система перейшла в E_0 , то вона в ньому залишається. Нехай λ – імовірність переходу з $\{E_i, i = \overline{0, N}\}$ в E_{k-1} на інтервалі часу

$(t, t + \Delta t)$, а $\{E_i, i = \overline{0, N}\}$ – імовірність попадання в E_0 . Тоді ймовірність безвідмовної роботи системи за час t можна визначити за співвідношенням

$$R(t) = e^{-\mu} \left[1 - \int_0^t \frac{\lambda^N x^N - e^{-\lambda x}}{\Gamma(N)} dx \right],$$

де $\Gamma(N)$ – гамма-функція.

Таким чином, для загальної моделі служить комбінована інтенсивність відмов, що містить експоненту, яка характеризує випадкові відмови.

Живі системи слід вважати послідовно – параметричними системами. У них деякі функції якщо не повністю, то принаймні частково можуть бути замінені більш напруженою роботою інших систем. Однак найбільш простою моделлю відмов для живої системи є послідовна система, яку можна подати ланцюгом з ланок; серед них виділяються найслабкіші, відмова яких від роботи призводить до відмови від роботи всього організму. З цих позицій для практично здорового організму найслабкішими ланками є системи дихання, кровообігу та вищої нервової діяльності, неефективність виконання основних функцій яких часто призводить до відмови від необхідної роботи. Як модель надійності функціонування організму можна розглядати модель ланцюга з відокремленням одного або декількох слабких ланок. Оскільки працездатність організму багато в чому залежить від ефективності виконання системами дихання та кровообігу (слабка ланка) своїх основних функцій, то надалі розглядати мемо саме ці системи. Вихідні характеристики системи дихання оцінюють кількісно, виходячи з основної її функції – своєчасного постачання кисню метаболічним тканинам і виведенням з організму вуглекислоти.

Можна вважати, що свою функцію система здійснює успішно, якщо напруження кисню і вуглекислоти в артеріальній крові та тканинах перебувають в заданих для відповідних умов життєдіяльності межах:

$$P_a^{\min} O_2 < P_a O_2 < P_a^{\max} O_2;$$

$$P_a^{\min} CO_2 < P_a CO_2 < P_a^{\max} CO_2;$$

$$P_{ti}^{\min} O_2 < P_{ti} O_2 < P_{ti}^{\max} O_2;$$

$$P_{ti}^{\min} CO_2 < P_{ti} CO_2 < P_{ti}^{\max} CO_2,$$

$$t = \overline{1, m}.$$

Мінімальні значення напружень кисню в крові та тканинах визначають пороговими (критичними) значеннями, перехід через які в менший бік може

привести до розвитку патологічних станів, а максимальні – напруженням кисню в стані спокою. Для визначення напружень кисню та вуглекислоти в різних структурах організму використовують математичну модель функціональної системи дихання. Структурно-функціональна схема системи дихання подана в ній послідовною моделлю надійності, де окремими елементами є підсистеми зовнішнього дихання, легеневого кровообігу, серцевої діяльності, регуляції, крові тощо. Відмова від роботи будь-якої з цих підсистем призводить до відмови від виконання функцій всього організму.

Невід'ємною складовою частиною моделі надійності є модель адаптації системи дихання до зміни умов життєдіяльності людини. Для моделювання процесу адаптації дуже важливим стає алгоритм визначення об'ємної швидкості кровотоку в органах на тривалому інтервалі часу. Для розв'язання задачі розподілу системного кровотоку серед органів і тканинних резервуарів пропонується використати алгоритм багатокритеріальної оптимізації.

Якщо Q_i , $i = \overline{1, m}$ – об'ємна швидкість кровотоку в органах та тканина, то для їх визначення мінімізується функція

$$I(Q_i, i = \overline{1, m}) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m v_i^{(k)} (Q_i - Q_i^{(k)})^2$$

за обмежень

$$\sum_{i=1}^m Q_i = Q; \quad Q_i \geq Q_i^{\min}, i = \overline{1, m},$$

де $v_i^{(k)}$ – коефіцієнт пріоритету того чи іншого принципу регуляції для i -го тканинного регіону

$$(v_i^{(k)} \geq 0, \sum_{k=1}^n v_i^{(k)} \leq 0);$$

$Q_i^{(k)}$ – об'ємна швидкість кровотоку в органах, обрана винятково з i -го принципу регуляції.

Загальним розв'язком цієї задачі є

$$Q_i^{\min}, i \in I_1 \in I = \{1, 2, \dots, m\};$$

$$Q_i = \bar{Q}_i - \frac{\bar{Q} - Q + \sum_{i \in I_1} Q_i^{\min}}{\sum_{k=1}^n v_i^{(k)} \cdot \sum_{i \in I / I_1} \frac{1}{\sum_{k=1}^n v_i^{(k)}}}, i \in I / I_1,$$

де

$$\bar{Q}_i = \frac{\sum_{k=1}^n v_i^{(k)} Q_i^{(k)}}{\sum_{k=1}^n v_i^{(k)}}, \quad \bar{Q} = \sum_{i=1}^m \bar{Q}_i.$$

Множина I_1 – це множина індексів тих Q_i , для яких визначено мінімально можливі величини об'ємних швидкостей кровотоку Q_i^{\min} .

Величини $Q_i^{(k)}$ можуть задаватись дослідником, виходячи із наявних експериментальних даних, або визначатись як розв'язок задачі математичного програмування за умови, що в основу розподілу системного кровотоку покладено лише задані принципи регуляції (гіпоксичний, гіперкапічний, температурний тощо).

Висновки

Числовий аналіз математичної моделі надійності функціонування системи дихання в умовах високогір'я показав, що помірна робота сприяє підвищенню надійності системи, підтриманню гомеостазу кисню та вуглекислоти в організмі, зменшує навантаження на регуляторні механізми організму та збільшує резерви організму.

Література

1. Білошицький П.В. Підсумки медико-екологічних досліджень у Приельбруссі // Фізіол. журн. – К., 2003. – 49, №3. – С. 36–46.
2. Колчинская А.З., Белошицкий П.В., Сиротинин Н.Н. и его школа. – Нальчик: КБНЦРА, 1998. – 74 с.
3. Beloshitsky P.V., Kluchko E.M. Contribution of Sirotnin's school into adaptation medicine // VIII World Congr. of Intern. Society for Adaptive Medicine. – Moscow, 2006. – P. 165–166.
4. Білошицький П.В. Гіпоксія // Енцикл. сучасної України. – 2006. – 5. – С. 625–626.
5. Пострадиационная реабилитация в условиях гор. / П.В. Білошицький, В.А. Барабой, А.Н. Красюк и др. – К.: Віпол, 1996. – 230 с.
6. Каденюк Л.К., Кордюм В.А., Макаренко Н.В., Белошицкий П.В. К истории космической биологии в Украине // Astroeco–2002: Physiology. – Kyiv, 2002. – P. 131–132.
7. Белошицкий П.В. Повышение устойчивости гипотермированных и зимнеящих животных к факторам космического полета: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – К., 1965. – 18 с.
8. Білошицький П.В. Можливості і перспективи застосування гіпотермії при освоєнні космічного простору // Фізіол. журн. АН УРСР. – 1967. – № 4. – С. 490–495.
9. Білошицький П.В. Анабіоз // Енцикл. сучасної України. – 2002. – 1, А. – С. 447–448.
10. Білошицький П.В. Гіпотермія // Енцикл. сучасної України. – 2006. – 5. – С. 626–627.
11. Дударев В.П., Білошицький П.В., Вплив на організм часткової невагомості, що виникає при зануренні у воду // Фізіол. журн. АН УРСР. – 1964. – № 4. – С. 445–457.
12. Белошицкий П.В., Данилейко В.И. Первый опыт создания лаборатории на Восточной вершине Эльбруса // Горы и здоровье. – К.: Наук. думка. – 1974. – С. 7–9.

13. Рахманов Ю.А., Белошицкий П.В. Вертолет на вершине Эльбруса // Крылья Родины. – 1972. – №2. – С. 19.
14. Белошицкий П.В., Коротяев М.М., Романов Б.Т. Физиологические методы для оценки степени акклиматизации к гипоксии // Гиперкапния, гипероксия, гипоксия.– Куйбышев: Мед. ин-т,1974.– С. 137–138.
15. Белошицкий П.В. К гипотезе о роли "свободнорадикального котла" в процессах теплообразования// Важнейшие теоретические и практические проблемы терморегуляции. – Минск: Мед. ин-т, 1986.– С. 41.
16. Белошицкий П.В. Гипертермия // Энцикл. сучасної України. – 2006. – 5. – С. 624.
17. А. с. №1731219. Способ повышения неспецифической резистентности организма / П.В. Белошицкий, С.В. Попов, П.П. Слинко и др. – №4644709 Заявлено 08.01.92; Приоритет 24.11.88.
18. Белошицкий П.В. Проблемы надежности, устойчивости биоструктур // Живучесть и реконфигурация информационно-вычислительных и управляющих систем: Вторая Всесоюз. науч.-техн. конф. – К.: 1989. – Вып. 2. – С. 10–13.
19. Белошицкий П.В., Онопчук Ю.М., Марченко Д.І., Аралова Н.І. Математичні методи дослідження проблеми надійності функціонування організму за екстремальних умов високогір'я // Фізіол. журн. – К., 2003. –49, №3. – С. 139– 143.
20. Онопчук Ю., Аралова Н., Beloshitsky P. Stability, adaptation and reliability of organisms functional systems under hypoxia // 3th World Congr. of mountain medicine and high altitude physiology. – Matsumoto, 1998. – P.241.
21. Ллойд Д., Липов. М. Надёжность. – Сов. радио, 1964. – 686 с.

Стаття надійшла до редакції 05.09.07.