

УДК 004.9:612.822(045)

<sup>1</sup>П.В. Білошицький, д.мед.н., проф.<sup>2</sup>О.М. Ключко, к.б.н., доц.<sup>3</sup>Ю.М. Онопчук, д.ф.-м.н., проф.

## РАДІАЦІЙНІ ПОШКОДЖЕННЯ ОРГАНІЗМУ ТА ЇХ КОРЕКЦІЯ В УМОВАХ АДАПТАЦІЇ ДО ВИСОТНИХ МЕТЕОФАКТОРІВ

<sup>1,2</sup>Національний авіаційний університет<sup>3</sup>Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

E-mail: iesy@nau.edu.ua

*Розглянуто результати лікування та реабілітації на Ельбруській медико-біологічній станції осіб, що зазнали опромінення низькими дозами радіації. Подано рекомендації для реабілітації осіб різних груп радіаційного ризику.*

**адаптація, високогір'я, корекція, радіаційне пошкодження організму, радіопротектори**

### Вступ

Недостатньо відомий, але важливий фактор гірських метеоумов – наявність підвищеного рівня радіації, який формується завдяки підвищеному випромінюванню гірських порід та високому рівню космічної радіації внаслідок меншої (порівняно з рівнем моря) товщини залишкового шару атмосфери. Впливу невеликих доз випромінювання зазнають і люди під час польотів на великих висотах, передусім льотчики, проте дія цього фактора на організм детально ще не вивчено.

Роботи з вивчення впливу факторів радіації за висотних метеоумов, несприятливих екологічних умов (наприклад, внаслідок Чорнобильської трагедії) та можливості наступної реабілітації людей, що зазнали впливу цих факторів протягом ряду років, були предметом досліджень на Ельбруській медико-біологічній станції (ЕМБС), що підпорядкована НАН України та розташована на території Кабардино-Балкарської Республіки (Росія). Ця станція розташована у високогірних районах Кавказу на схилах найвищої гори Європи – Ельбрусі (5641 м над рівнем моря), вона стала місцем багаторічних досліджень українськими вченими у складі багатонаціональних колективів актуальних проблем біології та медицини з використанням найновіших на кожному етапі методик. Дослідницькі роботи були започатковані тут ще академіком М.М. Сиротиніним у 1929 р. та продовжені його учнями [1–4].

Про ряд отриманих результатів (часто унікальних) у різних галузях знань вже йшлося у попередніх публікаціях [1–8]. Отримання важливих результатів вивчення впливу радіації на живий організм з метою подальшої реабілітації дало можливість вже в перші дні після Чорнобильської аварії запропонувати колективу станції на

чолі з її завідувачем, доктором медичних наук П.В. Білошицьким, напрями пострадіаційної реабілітації уражених людей в умовах кавказьких гір. Ця програма була успішно втілена на ЕМБС, внаслідок чого значна кількість чорнобильців пройшли тут лікування та оздоровлення [9].

Роботи з реабілітації чорнобильців були розпочаті на ЕМБС ще в травні 1986 р., після затвердження вченими радами Інституту фізіології ім. Богомольця О.О. НАН України та Інститутом онкології та радіології Міністерства охорони здоров'я України інформаційного листа щодо використання розробленого на ЕМБС методу лікування та реабілітації опромінених осіб в умовах гірського клімату в поєднанні з прийомом антиоксидантів, вітамінів та інших препаратів.

**Постановка завдання** – окреслити деякі результати досліджень патологічних змін в організмах людей, що зазнають на собі дію низьких доз радіації протягом тривалого часу, та методи пострадіаційної реабілітації вражених людей в умовах високогір'я.

### Ефект опромінювання організму в умовах висотних польотів та високогір'я

В умовах деяких висотних польотів (поблизу магнітних полюсів Землі, на значних висотах) організм отримує значну дозу космічної іонізуючої радіації, оскільки приблизно на кожні два кілометри висоти величина випромінювання подвоюється [9–11]. Перші сліди радіації космічного походження на Землі були зареєстровані австрійцем Віктором Гессом у 1912 р., а в 1936 р. за це відкриття він отримав Нобелівську премію [11]. Атмосфера ефективно захищає від космічного випромінювання. Проте на висотах 10–12 км густина захисного шару залишкової атмосфери в 4 рази менша, ніж на рівні моря.

Тому рівень радіації на авіатрасах дійсно в десятки та сотні разів перевищує природний фон. Ще гостріша ситуація у полярних регіонах. Там граничнодопустиму дозу опромінення, розраховану на рік, пасажери можуть отримати за годину польоту, а члени екіпажів, що мають вищі норми, – за 8 год. Під час потужних сонячних спалахів річна граничнодопустима доза для пасажирів взагалі може бути перевищена в 10 разів за один рейс. Що стосується екіпажів, то за умов великого річного нальоту по високоширотних трасах дози можуть наближатися до нормативів опромінення в атомній промисловості.

Хоча звичайний рівень радіації в польоті не перевищує граничнодопустимого значення для дорослої людини, проте існують застереження для членів екіпажів, що проводять у повітрі більше, ніж 75 год на місяць, а також для вагітних жінок. У деяких європейських країнах за законодавством члени екіпажів літаків належать до категорії людей, що працюють в умовах радіації, і рівень дози, що вони отримують, відстежується. Відомо, що граничнодопустима доза опромінення для людини не повинна перевищувати 0,3 рентгена на тиждень або 15 рентгенів на рік. Граничною для людини дозою у разі короткочасного опромінення вважають 600 рентгенів [9]. У зв'язку із деколи зростаючою потребою довготривалого перебування людини в умовах висотних польотів та на борту космічних апаратів учені шукають ефективні засоби захисту від іонізуючого випромінювання. Одним із перспективних напрямів вирішення проблеми є пошуки спеціальних препаратів, які здатні у випадках сильного опромінення попередити або хоча б затримати розвиток променевої хвороби, і деякі дані на цю тему автори вже публікували раніше [12–14].

### **Механізми впливу іонізуючого опромінювання на організм**

Успішне проведення таких робіт ґрунтується на знанні хімізму впливу іонізуючого опромінення на організм.

Оскільки тканини організму людини на 65–70% складаються з води, то початкові радіаційно-хімічні реакції розвиваються, перш за все, у водній фазі [9]. При цьому високоенергетичні кванти енергії вибивають електрони з атомів організму. Електрони оточуються молекулами води, утворені іони  $\text{H}_2\text{O}^+$  та  $\text{H}_2\text{O}^-$ , а також збуджені молекули води легко розпадаються з утворенням протонів  $\text{H}^+$  та молекул водню  $\text{H}_2$ , ряду вільних радикалів  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{HO}_2^+$ ,  $^+\text{OH}$  та  $^-\text{OH}$ .

Проте далі, вже на другій стадії перетворень продуктів радіолізу води в живих тканинах, на перший план виступає кисень  $\text{O}_2$ . Тому всі елементарні продукти після взаємодії з  $\text{O}_2$  набувають окисного характеру, утворюється ряд вільних окиснювальних радикалів. По суті, променеве ураження є результатом атаки життєво важливих клітинних структур активними окисними продуктами опромінення. У разі взаємодії  $\text{O}_2$  та окисних радикалів води з органічними радикалами ( $\text{R}^*$ ) легко утворюються гідроперекисні радикали та гідропероксиди:



Отже, кисень тканин є радіосенсибілізатором – речовиною, що підвищує чутливість органічних сполук, клітин та тканин до уражаючого ефекту радіації. Цей так званий кисневий ефект характеризує важливу роль кисню у біологічній дії радіації.

Крім того, оскільки  $\text{O}_2$  є важливим учасником метаболізму, то радіаційна дезорганізація окиснювального та енергетичного обміну роблять додатковий внесок у радіаційне ураження.

З іншого боку,  $\text{O}_2$  відіграє важливу роль у пострадіаційному відновленні опроміненого організму, виступаючи активним учасником процесу репарації уражених структур.

Отже, з теоретичного підходу, шляхом підвищення та зниження вмісту  $\text{O}_2$  в клітинах організму можна спробувати коригувати у певних межах наслідки впливу іонізуючого опромінення.

Виходячи із цих міркувань, науковцями ЕМБС у 1986 р. було запропоновано ефективні методи пострадіаційного відновлення клітин, тканин, організмів. Ці методи стало можливим розробити в результаті того, що протягом ряду років вивченню ролі  $\text{O}_2$  в організмі та впливу його нестачі (гіпоксії) на ЕМБС приділялась велика увага, внаслідок проведення багаторічних досліджень було напрацьовано великі обсяги матеріалу [1; 2]. Було показано, що дозований вплив гіпоксичної гіпоксії, насамперед факторів високогір'я (серед яких гірська гіпоксія є провідною) стимулює життєві сили опроміненого організму, підвищує його неспецифічну резистентність, прискорює медичну та соціальну реабілітацію людей з контингенту радіаційного ризику [1; 2; 9]. Застосування розроблених підходів допомогло у відновленні здоров'я значної кількості уражених чорнобильців, що проходили лікування та реабілітацію на ЕМБС.

### **Вплив адаптації до гірських метеофакторів на стан опроміненого організму**

Аналіз накопичених експериментальних даних дозволяє виконати порівняльну оцінку ефективності засобів підвищення стійкості організму до екстремальних факторів [1; 3], в тому числі і факторів опромінення. Виходячи з досліджень на ЕМБС, найбільш перспективним визнано використання для цієї мети активної адаптації до високогірного клімату. Відповідно поміж різних способів тренування та адаптації до високогір'я найбільш ефективним режимом для підвищення резистентності організму визнано ступеневу високогірну адаптацію. В експериментах на тваринах було показано, що попередня адаптація до високогірної гіпоксії (адаптація до умов високогір'я) суттєво підвищує резистентність тварин до холоду, іонізуючого випромінювання, втрати крові, дії поперечних прискорень; до ціанідів та факторів, що викликають некрози міокарду, гіпертонію тощо.

Крім того, відомі й численні результати емпіричних спостережень, які свідчать про те, що хворі на анемію, респіраторні алергози та інші захворювання досить швидко видужують в гірських умовах.

Унаслідок зовнішнього середовища, комплексній дії різних несприятливих факторів, дії великих доз СВЧ, ультрафіолетової та іонізуючої радіації виникають перехідні процеси, що порушують активність антирадикального та антиоксидантного захисту.

У цьому випадку виявляється побічна дія надлишку  $O_2$ , так званий кисневий ефект. Наявність при цьому іонів змінної валентності (в тому числі, кальцію ендоплазматичного ретикулула, заліза, що входить до складу гемі, що вивільняється у процесі розпаду метгемоглобіну), активує перекисні та радикальні процеси. Тому факти збільшення органічних уражень та енцефалопатій у ліквідаторів аварії на ЧАЕС можна пояснити активацією перекисних процесів і тісно пов'язаними з ними явищами міжклітинних взаємодій у кровоносних капілярах, порушеннями проникності мембран, розвитком циркуляторної та тканинної гіпоксії.

Клімат гірських висот багато дослідників рекомендують використовувати для реабілітації таких патологічних станів, як анемії різної етіології: гемолітичної, постгеморрагічної, пострадіаційної, гіпопластичної, а також зумовлених дією хімічних речовин. Рекомендації ґрунтуються на позитивній морфофункціональній та біохімічній динаміці показників крові: збільшенні вмісту гемоглобіну, зникненні метаболічного

ацинозу, нормалізації глюкокортикоїдного забезпечення організму та вмісту оваріальних стероїдів. Успіх лікування в умовах гір залізодефіцитної анемії має супроводжуватися обов'язковим прийомом залізовмісних препаратів в поєднанні з вітаміно- та антиоксидантною терапією як перед приїздом у гори, так і в умовах гір.

Отримані дані створюють теоретичне підґрунтя для досліджень можливостей використання гірського клімату з метою лікування опромінених пацієнтів, для розроблення відповідних показників, протипоказань та рекомендацій. На базі ЕМБС було обстежено в 90-ті роки ХХ ст. кількості осіб – хворих та здорових жителів Києва, Славутича, Бородянки. Комплексну оцінку стану здоров'я обстежуваних осіб проводили спочатку в Києві, а згодом – в горах на ЕМБС: на другий–третій день після прибуття в Терскол (2100 м), і на 22–23-й день після активної ступеневої акліматизації.

Комплексний метод реабілітації включав кліматолікування в гірських умовах протягом 24 днів, дозований руховий режим, підйоми на канатній дорозі на висоті 2750–3700 м, дієто-, фіто-, нарзанолікування, термобаротерапію тощо.

Проведені наукові дослідження склалися з комплексу методичних прийомів та підходів: клініко-фізіологічні дослідження дихальної та серцево-судинної систем, гематологічного та імунологічного статусу, функціонального стану вищої нервової діяльності, психічного та невротичного стану.

Для оцінювання оксидативних процесів використовували гістохімічні, біофізичні та інші методи.

Деякі дані, отримані у Терсколі (2100 м) під час дослідження в умовах загального обміну наведено в табл. 1, 2.

Проведені дослідження процесів транспорту та утилізації кисню на системному і тканинному рівнях в опроміненіх осіб під час реабілітації в умовах гірських висот показали таке. Після двадцяти діб адаптації в обстежених людей більш економно стали працювати системи дихання та гемодинаміки, майже у всіх спостережуваних осіб збільшився вміст  $O_2$  в артеріальній крові. Таке збільшення дозволяло організму забезпечувати необхідну швидкість доставлення  $O_2$  артеріальною кров'ю при меншому хвилинному об'ємі крові. Зареєстровано також збільшення вмісту  $O_2$  в змішаній венозній крові.

Таблиця 1

## Показники економності системи дихання

Пацієнт	Доба адаптації	Хвилинний об'єм дихання	Альвеолярна вентиляція	Дихальний		Вентиляційний коефіцієнт	Кисневий ефект дихального циклу
				об'єм	коефіцієнт		
1-й	2-га	7,0	4,4	500	0,77	40	13,0
	22-га	6,5	3,5	440	1,00	46	16,0
2-й	2-га	5,9	4,6	530	0,89	32	16,0
	22-га	5,3	2,9	670	0,82	47	14,0
3-й	2-га	6,6	4,4	410	0,84	35	12,0
	22-га	6,7	5,3	560	0,79	39	14,0
4-й	2-га	5,3	2,5	300	0,82	55	5,4
	22-га	6,2	3,8	410	0,73	43	9,4
5-й	2-га	5,0	3,7	360	0,77	40	9,1
	22-га	4,6	3,4	420	0,79	44	9,1
6-й	2-га	5,2	3,5	330	0,83	44	9,5
	22-га	5,1	3,6	430	0,73	38	11,0
7-й	2-га	3,6	2,2	210	0,78	41	5,2
	22-га	3,5	3,1	350	0,85	32	11,0
8-й	2-га	7,3	3,9	610	0,92	44	14,0
	22-га	6,7	4,7	670	0,90	41	16,0
9-й	2-га	4,9	2,9	450	0,75	30	15,0
	22-га	5,0	3,1	420	0,76	35	12,0
10-й	2-га	462	3,0	720	0,97	40	9,4
	22-га	4,8	3,3	440	0,80	45	9,8
11-й	2-га	5,8	4,4	440	0,84	35	13,0
	22-га	6,0	5,0	500	0,75	32	16,0
12-й	2-га	3,7	2,1	270	0,95	43	6,2
	22-га	4,2	2,6	260	0,90	44	6,3
13-й	22-га	7,6	4,9	630	0,90	43	15,0
М	2-га	5,3	3,4	425	0,85	39,9	10,6
	22-га	5,5	3,8	477	0,82	40,1	12,3
m	2-га	0,3	0,3	42	0,02	1,9	1,08
	22-га	0,3	0,2	34	0,02	1,4	0,86

## Протиградіаційна дія препаратів

За умов дії випромінювання низької інтенсивності протягом значних проміжків часу в організмі виникає стан окиснювального стресу. Довготривалий стан окиснювального стресу призводить до поступового «вигорання» ендогенних антиоксидантів (АО), до зниження ефективності роботи антиоксидантів ферментних систем. У результаті лімітуючим фактором, що визначає стійкість організму, виявляється недостатня потужність та ефективність роботи фізіологічної антиоксидантної системи (ФАОС), її виснаження при дії низькоінтенсивного опромінення.

Найбільш ефективним проти наслідків опромінення організму є використання тих препаратів, що здатні підвищити потужність ФАОС (антиоксидантів, адаптогенів, імуномодуляторів).

Експерименти з вивчення дії деяких речовин, що здатні виконувати такі функції, описано в працях [12–14].

Знижуючи інтенсивність перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) і поповнюючи ендогенні ресурси АО, маючи низьку токсичність, АО здатні ефективно протидіяти негативним ефектам довготривалого низькоінтенсивного опромінення.

Таблиця 2

## Розрахункові показники системи гемодинаміки та гіпоксійного стану

Пацієнт	Доба адаптації	Хвилинний об'єм крові	Гемодинамічний еквівалент	Кисневий ефект серцевого циклу	Киснева ємність крові	Вміст кисню в крові		Насичення змішаної венозної крові киснем $S\bar{V}O_2$
						артеріальній $CaO_2$	Змішаній венозній $C\bar{V}O_2$	
1-й	3-тя	3,5	20,0	2,6	19	16,25	11,10	58,4
	20-та	3,3	23,0	2,2	20	18,84	14,59	72,9
2-й	3-тя	4,1	23,0	2,4	18	15,21	10,82	60,1
	20-та	2,6	23,0	1,9	21	14,70	10,46	49,9
3-й	3-тя	4,3	23,0	3,1	21	18,06	13,64	71,8
	20-та	3,1	18,0	3,1	19	13,33	7,84	71,2
4-й	3-тя	4,3	44,0	3,2	19	16,82	14,56	44,2
	20-та	4,2	29,0	2,2	19	15,96	12,39	65,2
5-й	3-тя	3,5	28,0	2,4	19	14,15	11,20	65,2
	20-та	3,8	37,0	1,5	19	17,48	13,57	78,2
6-й	3-тя	4,4	32,0	2,0	18	15,84	12,66	70,3
	20-та	4,4	32,0	2,0	19	16,15	12,97	68,3
7-й	3-тя	3,0	34,0	1,5	14	11,90	8,97	49,8
	20-та	2,7	24,0	2,0	16	13,60	9,53	59,5
8-й	3-тя	4,7	28,0	2,4	18	15,48	11,86	65,9
	20-та	3,8	23,0	2,4	18	16,20	11,99	47,4
9-й	3-тя	4,8	29,0	2,4	14	13,13	9,80	70,0
	20-та	3,4	24,0	2,1	16	13,60	9,19	57,4
10-й	3-тя	4,2	23,0	3,0	15	12,00	9,62	64,1
	20-та	4,3	40,0	1,5	18	14,49	11,93	66,3
11-й	3-тя	3,6	22,0	2,6	16	14,16	9,44	59,0
	20-та	4,6	24,0	2,8	19	16,91	12,78	67,3
12-й	3-тя	3,9	46,0	1,4	16	13,84	11,63	72,7
	20-та	3,6	38,0	1,6	18	14,40	11,76	65,3
13-й	20-та	2,8	21,0	1,9	19	17,77	11,34	59,7
М	3-тя	4,03	29,3	2,4	17,3	14,73	11,27	62,3
	20-та	3,58	27,3	2,1	18,5	15,65	11,56	63,7
m	3-тя	0,15	2,4	0,2	0,64	0,54	0,50	2,5
	20-та	0,18	1,9	0,1	0,38	0,49	0,52	2,4

Оскільки активація ПОЛ є обов'язковою молекулярною ланкою механізму стресу, в тому числі і нерадіаційної природи, то застосування АО здатне також протидіяти небажаним ефектам екологічного та психоемоційного стресу. Адаптогени, антистресорні препарати виявляються ефективними і за довготривалого опромінення. Імуномодулятори за умови дуже обережного та дозованого застосування здатні пом'якшувати ефекти пострадіаційного імунодефіциту, притаманного контингентам радіаційного ризику з Чорнобильської зони.

Препарати до зазначеної групи відрізняються як від радіопротекторів, так і від засобів лікування радіаційних уражень. По-перше, вони вводяться на фоні продовження дії опромінення, а не до і не після його закінчення. По-друге, їх об'єднує загальна спрямованість на подолання (пом'якшення) ранніх пострадіаційних процесів, таких, як активація ПОЛ, стресові реакції.

Науковці ЕМБС запропонували виділити їх в особливу третю групу протирадіаційних речовин – засоби ранньої патогенетичної терапії радіаційних пошкоджень [9].

### Ефективність гірської кліматотерапії

Стан кисневої недостатності патогенетично тісно пов'язаний з основними клінічними синдромами, що характерні для опромінених людей:

- залізодефіцитною анемією;
- енцефалопатією;
- вегетосудинною дистонією.

Вторинні імунодефіцити, що супроводжуються частотою гострих запальних захворювань (респіраторних), загостреннями хронічних захворювань, збільшенням їх тривалості та частоти ускладнень.

Тому корекція гіпоксичних станів у різних категорій постраждалих від радіації осіб, їх лікування з використанням факторів оздоровлення, в тому числі і гірських, є актуальними та перспективними.

Одним з ефективних засобів підвищення захисних сил організму є адаптація до гіпоксикації.

Результати ефективності гірської кліматотерапії наведено в табл. 3.

Таблиця 3

**Симптоматика захворювань  
у ліквідаторів аварії на ЧАЕС**

Симптоми	Частота симптомів, %			
	I	II	IIIa	IIIб
Головний біль	82	100	52	48
Запаморочення	91	72	48	20
Тошнота	98	80	48	32
Рвота	-	28	-	-
Біль в очних яблуках	-	48	95	20
Шум в голові	36	36	16	20
Порушення рівноваги	81	76	52	24
Підвищення пітливості	62	76	48	24
Терпкість у горлі	82	72	64	8
Порушення сну	64	40	32	8
Короткочасна втрата свідомості	37	32	28	4
Біль у ділянці серця	-	80	44	32
Вегетативні кризи	-	76	48	21
Стволові припадки	-	24	24	-
Астенічний синдром	58	20	20	-
Зниження працездатності	53	-	-	-
Загальна слабкість	96	-	-	-
Охриплість голосу	64	-	-	-
Зниження слуху	42	-	-	-
Закачування в транспорті	52	-	-	-
Болі в суглобах	-	55	8	12
Підвищена втома	-	88	72	16
Судоми типу «кramпи»	-	28	20	8
Астенічний синдром	-	20	12	8

Примітка: I – дані Мінздраву України; II – дані авторів; III – гірська кліматологія; а – симптоми зникли повністю; б – симптоми зникли частково.

### Висновки

1. Визначено симптоматику захворювань ліквідаторів, структуру радіаційно-зумовленої захворюваності дітей з четвертої зони (шлунково-кишкові захворювання 78,6%, захворювання органів дихання 58,9%, щитоподібної залози 57,1%, вегетосудинної дистонії 19%).

2. Визначено близько десяти найбільш інформативних критеріїв для оцінювання горотерапії, (критерії кисневого балансу організму, економності процесів транспорту та утилізації кисню, ступеня прогресуючої дії гіпоксії, адаптивності та адаптованості, фізичної та розумової працездатності тощо).

3. Установлено, що в генезі «чорнобильського синдрому» опромінених людей поліфункціональні порушення в системах транспорту та утилізації кисню призводять до розвитку гіпоксичних станів, які виявляються клінічною картиною

вегетосудинних дистоній, анемії, респіраторних алергозів, дисциркуляторних енцефалопатій тощо.

4. Показано, що у осіб, які хронічно опромінюються малими дозами радіації, знижені резервні можливості організму, показники споживання кисню, економності систем транспорту кисню, активність ферментів дихання, що відповідають за термінову адаптацію.

5. Установлено, що в процесі адаптації до гірського клімату покращується психоемоційний стан та регуляція вегетативних функцій, нормалізуються показники дихання, гемодинаміки, імунного статусу крові, стабілізуються режим та електрична активність серця, зменшуються дегенеративні зміни клітин крові, активуються процеси регенерації, збільшується вміст кисню в артеріальній крові, підвищується лізосомальна активність клітин білої крові, підсилюється синтез ДНК, підвищується активність ферментів дихання, що відповідають за термінову адаптацію, активуються аеробні та анаеробні ферменти тканин, відбувається економізація систем транспорту кисню, покращуються показники рівня функціональної мобільності, динамічності нервових процесів, у хворих анемією загальний стан та самопочуття, підвищується адаптаційний резерв, перехід на новий рівень регуляції, якісних показників еритроцитів, тромбоцитів, збільшується кількість еритроцитів, лейкоцитів, паличкоядерних нейтрофілів, широкоплазмових лімфоцитів, знижується значення вентиляційного та гемодинамічного еквівалентів, покращуються показники динамічності нервової системи, уваги, здатності до безпосереднього відтворення тестувального матеріалу тощо.

6. Уперше розроблено та використано з високою ефективністю комплексний метод реабілітації «чорнобильців» в умовах ступеневої гірської адаптації, що включає санаторно-курортне лікування на висоті 550 м з наступною реабілітацією на висоті 2100 м з короткочасним підйомом на висоті до 4200 м, термобаротерапією, фіто- та дієтотерапією, бальнеотерапією тощо.

7. У периферичній крові осіб, які проживали та працювали в зонах радіаційного забруднення відзначено, що за нормального вмісту лейкоцитів виражена нейтрофілопенія та лімфоцитоз, причому з великою кількістю (до 50%) змінених нейтрофілів (фрагментація ядра), плазматизованими лімфоцитами з бахромчастою цитоплазмою, визначено зниження активності (у нейтрофілах) НАДФ, у лімфоцитограмі за нормального значення великих гранулоцитарних лімфоцитів зареєстровано значне зниження рівня малих лімфоцитів, які є основними ефекторами в реалізації імунної відповіді.

8. Показано, що в опромінених тварин відбувається активація перекисних та катаболічних процесів, гліколізу та протеолітичних ферментів, знижується антиоксидантний резерв, синтез АТФ, кількість еритроцитів, час релаксації сироватки крові, резистентність еритроцитів, загальне споживання кисню, збільшуються рівень спонтанної хемолюмінесценції, споживання глюкози еритроцитами, дефіцит буферних основ, уміст малонового альдегіду, концентрація молочної кислоти, рН зміщується в бік закиснення; підвищується вміст серотоніну та гістаміну, що підсилює звуження артеріол, гладеньких м'язів та бронхів, змінюються мембрани еритроцитів, що виражається у збільшенні їх зірчастих форм, відбуваються деструктивні процеси в стінках капілярів та скупчення навколо них гліальних фагоцитів, розширюються перикапілярні муфти та базальний шар за рахунок виявлення центрів гідратації у базальній мембрані, а також через збільшення кількості її пелюсток і перидитів, що призводить до різкого погіршення проникності гематоенцефалічного бар'єра, руйнуються мітохондрії, збільшується кількість лізосом, роз'єднується дихання та фосфоритування, що призводить до виникнення гіпоксичного стану комбінованого типу (циркуляторної гіпоксії, дезоксидації), гіперергії, зменшення резистентності організму, передчасного старіння і може пояснити розвиток клінічної картини.

9. Розроблені математичні та програмні засоби можуть успішно використовуватися для оцінювання функціонального стану систем транспортування кисню при радіаційній патології, зокрема, для розрахунку показників швидкості та інтенсивності утилізації кисню, каскадів напруги та швидкості транспорту кисню на всьому шляху (від легень до тканин), економності систем зовнішнього дихання, гемодинаміки тощо.

10. Визначено високий ступінь кореляції між параметрами кисневого стану організму, адаптбельністю, працездатністю, загальною неспецифічною резистентністю, морфофункціональним станом клітин крові.

11. Необхідно активніше впроваджувати в практику охорони здоров'я методи реабілітації та лікування осіб з груп радіаційного ризику в умовах адаптації до природних умов гір на Північному Кавказі, в Карпатах, а також в умовах імітування гіпоксії (методи гіпокситерапії – гіпобарична, нормобарична, гіперкапічна, інтервальна, імпульсна, періодична гіпоксія, а також гіпоксія, що створюється в умовах барокамери, гіпоксикатора, гіпоксичних сумішей тощо).

12. У результаті дослідження альтернативних шляхів лікування та реабілітації українських груп радіаційного ризику перспективним при заміщенні ступеневої гірської адаптації виявився спосіб нормобаричної або гіпобаричної інтервальної гіпоксії, найбільш ефективним – реабілітаційний комплекс, що разом із горотерапією поєднує також дієто- та фітотерапію, спеціальні фізичні та дихальні вправи, термобаротерапію, прийом бром-йодної та кремнієвої води, сульфатного та доломітного нарзану, «Нафтусі» тощо.

### Література

1. Білошицький П.В. Результати деяких медико-біологічних досліджень українських вчених на Ельбрусі / П.В. Білошицький, О.М. Ключко, Ю.М. Онопчук // Вісник НАУ. – 2007. – №2. – С. 10–16.

2. Білошицький П.В. Вивчення проблем гіпоксії українськими вченими в районі Ельбрусу / П.В. Білошицький, О.М. Ключко, Ю.М. Онопчук // Вісник НАУ. – 2007. – №3–4. – С. 44–50.

3. Білошицький П.В. Результати дослідження проблем адаптації українськими вченими в Приельбруссі / П.В. Білошицький, О.М. Ключко, Ю.М. Онопчук // Вісник НАУ. – 2008. – №1. – С. 102–108.

4. Онопчук Ю.М. Створення математичних моделей за результатами досліджень українських учених на Ельбрусі / О.М. Ключко, П.В. Білошицький // Вісник НАУ. – 2008. – №3. – С. 146–155.

5. Білошицький П.В. Результати досліджень українськими вченими в Приельбруссі впливу факторів високогір'я на здоров'я та довголіття / П.В. Білошицький, О.М. Ключко, Ю.М. Онопчук // Вісник НАУ. – 2008. – №4. – С. 108–117.

6. Білошицький П.В. Результати вивчення структурно-функціональних взаємозалежностей українськими вченими в Приельбруссі / П.В. Білошицький, О.М. Ключко, Ю.М. Онопчук // Вісник НАУ. – 2009. – №1. – С. 61–67.

7. Білошицький П.В. Результати вивчення проблем вищої нервової діяльності українськими вченими в Приельбруссі / П.В. Білошицький, О.М. Ключко, Ю.М. Онопчук, А.З. Колчинська // Вісник НАУ. – 2009. – №2. – С. 105–112.

8. Білошицький П.В. Оцінка психофізіологічних функцій людини та операторської праці в екстремальних умовах / П.В. Білошицький, О.М. Ключко, М.В. Макаренко // Вісник НАУ. – 2009. – №3. – С. 96–104.

9. Пострадиационная реабилитация в условиях гор / П.В. Белошицкий, В.А. Барабой, А.Н. Красюк и др. – К.: ВИПОЛ, 1996. – 230 с.

10. *Человек в условиях высотного и космического полета: сборник переводов из иностранной периодической литературы.* – М.: Изд-во иностр. лит., 1960. – 112 с.

11. *Петрукович А.* У природы есть и космическая погода / А. Петрукович, Л. Зеленый // *Наука и жизнь.* – 2001. – №10. – С. 57–62.

12. *Gonchar O.* Role of complex nucleosides in the reversal of oxidative stress and metabolic disorders induced by acute nitrite poisoning / O. Gonchar, E. Klyuchko, I. Mankovskaya // *Indian Journal of Pharmacology.* – 2009. – 38(6). – P. 414–418.

13. *Corrections of prooxidant – antioxidant homeostasis of organism under hypoxia of different genesis by yackton, new pharmacological preparation* / O. Gonchar, E. Klyuchko, M. Seredenko, S. Oliynik // *Acta Physiol. Pharmacol. Bulg.* – Sofia (Bulgaria). – 2003. – Vol. 27. – P. 53–58.

14. *Correction of metabolic disorders at hypoxia by new pharmacological preparations* / O. Gonchar, E. Klyuchko, M. Seredenko, S. Oliynik // *Mater. 3 FEPS Congress.* – Nice (France), 2003. – P. 228.

Стаття надійшла до редакції 12.11.09.

<sup>1</sup>П.В. Белошицкий, <sup>2</sup>Е.М. Ключко, <sup>3</sup>Ю.Н. Онопчук

### **РАДИАЦИОННЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ОРГАНИЗМА И ИХ КОРРЕКЦИЯ В УСЛОВИЯХ АДАПТАЦИИ К ВЫСОТНЫМ МЕТЕОФАКТОРАМ**

<sup>1,2</sup>Национальный авиационный университет

<sup>3</sup>Институт кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины

**адаптация, высокогорье, корреляция, радиоактивное повреждение организма, радиопротекторы**

Влияние низких доз радиации на организм человека зарегистрировано во время космических полетов, полетов самолетов на больших высотах, в горах. Исследования влияния радиации на физиологические системы организма на Эльбрусской медико-биологической станции проводились под руководством академика Н.Н. Сиротинина. На основании полученных результатов стала возможным быстрая организация оказания медицинской помощи и реабилитация пострадавших после Чернобыльской аварии в 1986 г. В статье описаны механизмы воздействия радиации на организм, участие молекул кислорода в этих процессах и методы лечения, которые были предложены исследователями на основе полученных результатов. Недостаточное снабжение кислородом организма на горных высотах является важным фактором предложенных методов лечения. Рассмотрены примеры восстановления здоровья пострадавших. Результаты исследований могут быть использованы для восстановления здоровья людей, которые подвергаются влиянию низких доз радиации.

<sup>1</sup>Pavel V. Beloshitsky, <sup>2</sup>Olena M. Klyuchko, <sup>3</sup>Yuri M. Onopchuk

### **RADIATION DAMAGES OF ORGANISM AND THEIR CORRECTION IN CONDITIONS OF ADAPTATION TO HIGH-ALTITUDE METEOROLOGICAL FACTORS**

<sup>1,2</sup>National Aviation University

<sup>3</sup>Institute of Cybernetics by name V.M. Glushkov of the National Academy of Sciences of Ukraine

**adaptation, correction, high mountains, radiation damages of organism, radio protectors**

Influence of the low doses of radiation on human organism has been registered in conditions of aircraft flies at high altitudes and during space flies. Constant influence of radiation in low doses is also an important factor of meteorological conditions in mountains. The problem of influence of radiation on human organism was at the point of investigation of academician Sirotnin N. N. and researchers of his scientific school who carried out their research work in high mountain conditions at Elbrus medical and biological station (EMBS, National Academy of Science of Ukraine, territory of Russia) till the last years. Obtained results permitted to organize quickly the process of rehabilitation and medical treatment for persons who were irradiated during Chernobyl accident on 1986. In present article are described some mechanisms of radiation influence on organism, oxygen molecules participation in these processes and some methods of medical treatment that were suggested by EMBS researcher basing on these knowledge. The fact of insufficient organism supply by oxygen at high altitudes is considered as important one in some of such methods. In present article some examples from EMBS practice of medical treatment are given as well as numerical results registered during the long years of these effect studies. Obtained results may be useful for the health care of pilots or other groups of people who are influenced by low doses of radiation of different nature during long time.