

П.В. Білошицький

Підсумки медико-екологічних досліджень у Приельбруссі

Исследование в высокогорных районах Кавказа и, в частности, в Приельбрусье, было начато Н.Н. Сиротининым ещё в 1929 г. вначале в экспедиционных условиях, а впоследствии (с 1973 г.) – в стационаре Эльбрусской медико-биологической станции (ЭМБС). В настоящее время ЭМБС – составная часть реорганизованного в 1999 г. Международного центра астрономических и медико-экологических исследований. Это уникальное, не имеющее аналогов научное подразделение, расположенное на разных высотах Эльбруса и способное на современном уровне решать сложные фундаментальные научные проблемы; оно включает двухэтажный лабораторный корпус, термобарокамеру, реабилитационный центр для оздоровления больных из экологически неблагоприятных регионов и повышения работоспособности спортсменов, спецконтингентов. Начинается новый этап работы ЭМБС, поэтому целесообразно подвести некоторые итоги проведенных на Эльбрусе научно-исследовательских работ. Результаты деятельности ЭМБС – это фундаментальные исследования в области кислородной недостаточности, которые раскрывают деструктивные и конструктивные механизмы развития гипоксических состояний в организме, что стало основанием для внедрения впервые в мировой практике новых высокоэффективных методов гипокситерапии с целью лечения, профилактики, повышения резистентности и работоспособности, улучшения спортивных результатов. Предложена и обоснована концепция ступенчатой адаптации к гипоксии, всесторонне исследованы на различных уровнях организма гипоксические состояния, которые развиваются как при действии экстремальных факторов, так и в процессе развития ряда заболеваний; разработаны методы математического моделирования гипоксических состояний с возможностью прогнозирования состояний организма; все это позволило впервые в мире превратить науку о гипоксии с описательно-экспериментальной в точную.

Дослідження гіпоксичних станів у високогірних районах Кавказу і, зокрема, у Приельбруссі, було розпочато М.М. Сиротиніним ще у 1929 р. спочатку в експедиційних умовах, а згодом (з 1973 р.) – в стаціонарі Ельбруської медико-біологічної станції (ЕМБС) у с. Терскол Кабардино-Балкарської Республіки [48, 24]. Тоді дослідження гіпоксичних станів в експедиціях проводили в двох основних напрямках: 1 – вивчення механізму патогенезу гірської хвороби, розробка засобів компенсації та профілактики гіпоксії, 2 –

використання адаптації до гіпоксії для підвищення працездатності, а також лікування захворювань, в патогенезі яких відіграє роль гіпоксія. Цей другий напрямок цілком зобов'язаний своєю появою М.М. Сиротиніну. Згодом для дослідження фундаментальної проблеми кисневої недостатності на ЕМБС Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця АН України було встановлено унікальну термобарокамеру, а для реалізації лікувальної дії адаптації до умов гірських висот вперше було організовано реабілітаційний центр.

Нині ЕМБС є складовою частиною Міжнародного Центру Астрономічних і Медико-екологічних досліджень (МЦАМЕД) при Президіях НАН України, Російської АН, а також при Уряді Кабардино-Балкарської Республіки. Починається новий етап досліджень проблеми кисневої недостатності, тому є доцільним підвести деякі результати багаторічної науково-дослідної роботи в Приельбруссі академіка АМН СРСР, член.-кор. НАНУ, д.м.н., д.б.н., проф. М.М. Сиротиніна, його соратників і учнів.

Напрямок наукових досліджень на Ельбрусі визначали багато видатних вчених, що перебували та працювали на його схилах: М.М. Сиротинін, В.О. Енгельгардт, Є.М. Крепс, О.О. Летавет, С.А. Нейфах, О.Г. Газенко, А.Д. Адо, А.Д. Слонім, Г.Е. Владіміров, Я.Г. Ужанський, І.П. Разенков, П.А. Коржуєв, Н.В. Лауер, А.З. Колчинська, П.Г. Костюк, М.М. Середенко, З.І. Барбашова, В.І. Войткевич, Л.Л. Шик, М.О. Агаджанян, Е.О. Коваленко, В.Б. Малкін, М.М. Міррахімов, Ф.З. Меєрсон, Ч. Хаустон, Д. Вест і багато інших [1-4,6,29,41,45-47,50-52, 54, 55, 57,60,61,63,64,69,71,77-79]. Тут, у суворих горах Кавказу, починаючи з 1929 р., загартовувалася, піднімалася до вершин патофізіологічної науки згодом видатна “гіпоксична” школа М.М. Сиротиніна, наповнюючи витоки багатьох теорій, ідей, відкриттів, методів, книг і нових наук, таких як гірська, екологічна, екстремальна, космічна фізіологія і фармакологія тощо. Тоді ЕМБС була практично Всесоюзним центром вивчення проблем гіпоксії – на ній працювали вчені з Києва, Москви, Ленінграда, П’ятигорська, Нальчика, Харкова, Краснодару та ін.

Природно, що особливе місце в дослідженнях на Ельбрусі займало вивчення гіпоксичних станів різного походження. Було розроблено й обгрунтовано класифікацію типів гіпоксії [30], що базувала-

ся на етіологічному та патогенетичному принципах. Надалі ця класифікація доповнювалася і тепер ми користуємося “**Ельбруською**” класифікацією [16,81]:

Гіпоксичні стани – виникають при недостатньому забезпеченні організму киснем або при порушенні його утилізації тканинами:

I. Гіпоксії – стани напруження киснетранспортної функції організму, спрямовані на ліквідацію кисневого дефіциту. Типи гіпоксії: 1) гіпоксичні – гіпоксії, що виникають при диханні повітрям із низьким pO_2 ; 2) транспортні – гіпоксії, що виникають при порушенні постачання O_2 до мітохондрій на різних етапах (респіраторні, циркуляторні, гемічні, бар’єрні); 3) дизрегуляторні – гіпоксії, що виникають у результаті порушень у різних ланках системи регуляції процесів транспорту та утилізації кисню; 4) гіперметаболичні – гіпоксії, що супроводжуються зниженням pO_2 в тканинах внаслідок підвищеної витрати O_2 при посиленні функцій клітин (коли збільшується кисневий запит і швидкість споживання O_2); 5) змішані.

II. Дизоксидації – стани, коли при недостатньому постачанні кисню тканини не задовольняють свою належну біоенергетичну потребу через ушкодження клітинних механізмів утилізації кисню.

Незважаючи на різноманіття об’єктів досліджень, наукова діяльність школи М.М. Сиротиніна мала чітку спрямованість на розробку найважливішої біологічної проблеми – еволюції реактивності і резистентності, на розробку засобів і методів підвищення стійкості та працездатності. Завдяки цим дослідженням саме в нашій країні вчення про реактивність як властивість зміни життєдіяльності цілісного організму в результаті впливу на нього різних чинників зовнішнього середовища сформувалося в остаточному вигляді та було обгрунтовано концепцію зміни

реактивності та резистентності у філо – і онтогенезі [73]. Вивчення реактивності і резистентності до гіпоксичного середовища, проведене на бактеріях, найпростіших, членистоногих, хрящових і костистих рибах, амфібіях, рептиліях, птахам, ссавцям дозволило встановити загальну закономірність: з ускладненням організації у філогенезі підвищується реактивність організму, удосконалюються механізми компенсації до зниження парціального тиску кисню у вдихуваному повітрі й водночас знижується стійкість до гіпоксії, зменшується резистентність. Було також встановлено, що у тварин, які знаходяться на різних шаблях еволюційного розвитку, спроможність організму адаптуватися до гіпоксисбарії залежить від рівня організації тварини; процес адаптації до кисневої недостатності стає чітко вираженим у вищих ссавців і, особливо, людини.

При вивченні патогенезу гірської хвороби М.М. Сиротинін [72,77] вважав за необхідне проводити комплексні дослідження дії гіпоксичного середовища на організм, що включають вивчення вищої нервової діяльності, респіраторної, серцево-судинної, симпатoadреналової систем; біофізичних, біохімічних, молекулярних змін і їхню залежність від pO_2 у крові, тканинах, клітинах, мітохондріях тощо. Було показано, що на висотах до 3500 м із збільшенням легеневої вентиляції, дихального об'єму у газообмін вступають зони легень, які раніше в ньому не брали участі. Збільшується загальний кровообіг, що призводить до підвищення тиску в легеневій артерії; цьому ж сприяє викид лейкотриєнів із тучних клітин дихальних шляхів. В результаті поліпшуються кровопостачання альвеол, вентиляційно-перфузійні відношення, збільшується дифузійна поверхня. Іншу картину можна спостерігати на висотах понад 3500 м: підвищення тиску в легеневій артерії може призвести до переповнення легень кров'ю, на фоні роз-

витку гіпоксії на рівні тканин погіршується стан мембран епітелію альвеол і ендотелію капілярів, підвищується їх проникність; в результаті може розвинутися важке ускладнення гірської хвороби – високогірний набряк легень. Аналіз змін роботи серця у відповідь на зниження pO_2 показав, що збільшення серцевого викиду відбувається тільки до висоти 6000 м, потім хвилинний об'єм крові починає знижуватися; ударний об'єм до висоти 3500 м практично не змінюється, але на більшій висоті його зниження стає значним [10,49].

Дослідження адаптації до зниженого вмісту кисню у вдихуваному повітрі не обходилося без систематичного вивчення змін червоної крові. Було показано, що на 2-3 добу перебування в горах у тварин відбувається часткова руйнація еритроцитів. Надалі було встановлено [83], що продукти розпаду еритроцитів і гемоглобіну, поява в крові еритропоетинів активують гемопоетичну тканину, стимулюють кровотворення і, збільшуючи кисневу ємність крові, компенсують дію гіпоксисбарії.

Подальші дослідження показали [34], що гіпоксисбарія не тільки стимулює кровотворення, але і призводить до якісних змін, що виявляється в збільшенні електрофоретичної рухливості фракцій крові з підвищеною спорідненістю до кисню. При 7%-му вмісті кисню в повітрі спостерігалися посилення гліколітичних процесів, гіперплазія кісткового мозку, структурна перебудова гемоглобіну, утворення фетального гемоглобіну, дворазове збільшення дифосфогліцерату (ДФГ). Результати визначень при гіпоксії рН, кислотно-основного стану (КОС) крові, утримання в ній лактату і пірувату дозволили дійти висновку, що у разі прихованої гіпоксії спостерігається недостовірне зміщення в бік алкалозу, у разі компенсованої та субкомпенсованої гіпоксії (14-10 % кисню) – виразний респіраторний ал-

калоз; при декомпенсованій гіпоксії рН крові знижується і виявляється метаболічний алкалоз. Аналогічні зміни було відмічено при визначенні концентрації молочної та піровиноградної кислот, дефіциту буферних основ: уже при компенсованій гіпоксії починається їхнє збільшення, сягаючи найбільших величин при декомпенсованій гіпоксії; паралельно знижувався лужний резерв крові, вміст справжнього бікарбонату, буферних основ, загальної концентрації вуглекислого газу в крові.

При гіпоксії, що супроводжується зниженням тканинного pO_2 та рівня споживання кисню, значним накопиченням лактату в крові і тканинах, відбуваються зміни активності ключових ферментів клітинних мембран: зниження активності Na^+ , K^+ -АТФази при одночасному збільшенні активності 5'-нуклеотидази в плазматичних мембранах головного мозку та печінки, зменшення активності Ca^{2+} , Mg^{2+} -АТФази в мембранах саркоплазматичного ретикулума кісткового м'яза, зменшення активності сукцинатдегідрогенази і цитохром-с-оксидази в мітохондріальних мембранах печінки. При адаптації до гіпоксичного середовища зменшувалися порушення в оперативних ланках регуляції активності мембранних ферментів, меншою мірою порушувався фізичний стан ліпідного мікрооточення ферментів, регуляція їхньої активності з боку алостеричних ефектів, лігандів, гормонів; відносно менше активувалися фосфоліпази і перекисне окиснення ліпідів (ПОЛ). На моделі переривчастої адаптації до гіпоксичного середовища також було показано, що за цих умов поліпшується постачання кисню до тканин, відбувається економізація процесу споживання кисню, зменшується активація ПОЛ; збільшується активність ферментів, відповідальних за функціонування човникових систем, відновлювальних еквівалентів у клітині, що регулюють за-

гальний потік метаболітів у циклі Кребса і транспорт електронів у дихальному ланцюзі мітохондрій; підвищується потужність іонотранспортних систем у клітинних мембранах і систем антиоксидантного захисту, збільшується потужність механізмів стабілізації клітинних мембран в результаті перебудови їх фосфоліпідного складу і співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот [58].

Особливу увагу М.М. Сиротиніна, його учнів і соратників було зосереджено на розробці методів застосування адаптації до гіпоксикарії для лікування захворювань, в патогенезі яких гіпоксія відіграє істотну роль. Для цього було розроблено високоефективні методи активної ступінчастої адаптації до умов гірських висот, барокамерне тренування, дихання збідненими на кисень газовими сумішами, інтервальне гіпоксичне тренування, що успішно використовуються в багатьох клініках, профілакторіях, спорткомплексах України та Росії. Вперше метод ступінчастої адаптації до низького pO_2 у вдихуваному повітрі було використано для лікування в барокамері хворих на бронхіальну астму, а потім дітей, що страждають від кашлюка. В горах метод ступінчастої адаптації спочатку було використано для лікування пацієнтів із деякими психічними розладами (кататонічна форма шизофренії), хронічними неспецифічними захворюваннями легень та хворих на бронхіальну астму [30, 31, 43, 44, 53, 85, 86]. Згодом для реалізації лікувальної дії адаптації до гіпоксикарії на ЕМБС (2100 м) уперше було організовано стаціонарне клінічне відділення для оздоровлення хворих з екологічно несприятливих зон м. Шевченко (Казахстан) і Чорнобиля. Лікування адаптацією до гіпоксичного середовища в Приельбруссі успішно пройшли сотні хворих на респіраторні алергози, гіпертонічну хворобу, діабет, ішемічну хворобу серця, а також з ане-

міями, аритмією, нейродистонією, з пост-чорнобильським синдромом; дівчата з ювенільними дисфункціональними матковими кровотечами й багато ін. [5, 32, 36, 38, 39, 59, 65, 70, 81, 87]. При цьому провідні спеціалісти з Києва, Москви, Ленінграда, П'ятигорська, Нальчика й інших міст поглиблено вивчали особливості генезу гіпоксичних станів, механізми саногенезу. В результаті проведеної на Ельбрусі роботи з реабілітації "чорнобильців", початої ще у травні 1986 р., було визначено симптоматику захворювань ліквідаторів, структуру радіаційнозумовленої захворюваності дітей із 4-ї зони; доведено, що в генезі "чорнобильського" синдрому першочергове значення мають поліфункціональні порушення в системах транспорту й утилізації кисню, що призводять до розвитку гіпоксичних станів, які проявляються клінічною картиною вегето-судинних дистоній, анемій, респіраторних алергозів, дисциркуляторних енцефалопатій тощо; встановлено, що в період адаптації до гірського клімату в "чорнобильців" поліпшується психоемоційний стан і регуляція вегетативних функцій, нормалізуються показники дихання, гемодинаміки, імунного статусу крові, стабілізується режим і електрична активність серця, зменшуються дегенеративні зміни з боку клітин крові, активуються процеси регенерації, збільшується вміст кисню в артеріальній крові, підвищується лізосомальна активність клітин білої крові, посилюється синтез ДНК, підвищується активність СДГ, КФ, ГФДГ, активуються аеробні й анаеробні тканинні ферменти, відбувається економізація систем транспорту й утилізації кисню, поліпшуються показники функціональної рухливості і динамічності нервових процесів [17].

Методи адаптації організму до нестачі кисню широко використовуються також для поліпшення спортивних показників спортсменів високої кваліфікації насам-

перед тих видів спорту, що потребують великої витривалості (біг, плавання, веслування, велоспорт, футбол, боротьба, бокс тощо). Вперше здійснили тренування спортсменів у горах із позитивними результатами М.М. Сиротинін, В.І. Данилейко, П.В. Білошицький ще у 60-і роки [21, 28, 33, 74-76]. Обґрунтований аналіз особливостей адаптації організму спортсмена до гіпоксичного середовища, аеробної й анаеробної систем енергозабезпечення, транспорту й утилізації кисню, механізмів розвитку стомлення та відновлення дозволили вже перед Олімпійськими іграми в гірському Мехіко дати рекомендації Спорткомітету про необхідність проведення тренувальних зборів у горах. У зв'язку з цими дослідженнями спеціальний інтерес для нас представляло виявлення залежності працездатності, максимального споживання кисню (МСК) і інших оксидативних процесів в організмі альпіністів високої кваліфікації за умов екстремальних висот. Нині ЕМБС має у своєму розпорядженні унікальний досвід добору та підготовки альпіністів-висотників. Обстеження проводилося до барокамерної "висоти" 7500 м, де випробувачі виконували на велоергометрі навантаження зі сходинкоподібною зростаючою потужністю, а також тести для оцінки розумової працездатності. Стан організму оцінювали за досягнутою альпіністами потужністю, економічністю роботи систем транспорту кисню, швидкістю споживання кисню і виділенням вуглекислого газу, парціальному тиску кисню в альвеолярному газі, в артеріальній і змішаній венозній крові; наявності кисневого боргу, зміні показників КОС тощо. Було встановлено, що у кваліфікованих альпіністів на „висоті” 7500 м зберігалася висока працездатність, причому МСК у них знижувалося на $17,7\% \pm 7\%$, а працездатність – на $30,1\% \pm 1,4\%$. Виявилось, що працездатність альпіністів за умов екстремаль-

них висот в основному лімітована зниженою можливістю утилізації кисню тканинами м'язів через зниження парціального тиску кисню в артеріальній і змішаній венозній крові нижче від критичних рівнів, що викликало зменшення швидкості дифузії кисню з крові капілярів у клітини та напруження кисню в тканинах і зменшення швидкості окисних процесів [49].

З дослідженнями на Ельбрусі нерозривно пов'язане становлення авіакосмічної фізіології, проблеми якої почали цікавити М.М. Сиротиніна та співробітників його лабораторії ще в 1940 р., коли вперше в Союзі були проведені дослідження дії прискорення на організм. У 1961 р. М.М. Сиротиніним в Інституті фізіології ім. О.О.Богомольця була організована перша в колишньому СРСР лабораторія космічної фізіології, в 1972 р. завершено будівництво стаціонарного корпусу лабораторії космічної фізіології в Приельбруссі. В 60-70 рр. у цій лабораторії вивчали дію на організм факторів космічного польоту: гіпокінезії, прискорення, ударних перевантажень, радіації, декомпресії; регенерації й утилізації відходів в ізольованих системах на різних висотах Ельбрусу, реанімації організму після 16 – 25 хв клінічної смерті від вибухової декомпресії, прискорення, електротравм, гострої крововтрати; на висотах понад 5000 м збирали космічний пил для визначення його складу та можливості вирощування на ньому лишайників, водоростей з метою використання їх як харчових продуктів для космонавтів [23,40].

Вивчали вплив на організм імерсійної невагомості [35], досліджували перспективи і можливості використання гіпотермії, зимової сплячки, анабіозу при освоєнні космічного простору [7,22]. Вперше (1964 р.) обґрунтували необхідність появи нової науки – космічної фармакології [7]; у 1966 р. виконали дослідження за темою “Моделювання умов життя на Місяці в

кратері східної вершини Ельбрусу” – під час цієї роботи вперше у світі гелікоптер здійснив посадку на висоту 5620 м із випробувачами, що встановили першу на вершині Ельбрусу лабораторію та виконали спеціальну програму досліджень [19, 69]. Отримані результати були повідомлені на закритому симпозиумі у Вірменії й одержали високу оцінку акад. В.В. Паріна. Крім того, визначали генез гіпоксії при дії можливих за умов космічного польоту чинників (радіація, прискорення, декомпресія, гіпербарія, гіперкапнія, гіпоксичні суміші, охолодження, гіпертермія) [11-13], розробили (на замовлення Інституту медико-біологічних проблем МОЗ СРСР) найбільш інформативні критерії для оцінки ступеня адаптованості майбутніх космонавтів до гіпоксичного середовища та рекомендації з використання адаптації до гіпоксисбарії для підвищення стійкості до чинників космічного польоту (із цією метою спецконтингент двічі на рік проводив тренування в горах Кавказу або Тянь-Шаню) [20].

Велике значення для авіакосмічної фізіології мало вивчення поєданого впливу на організм низької чи високої температури та гіпоксисбарії. В результаті проведених досліджень встановлено залежність резистентності організму до охолодження від ступеня гіпоксисбарії, висунуто гіпотезу про роль “теплого вільнорадикального котла” в процесах теплотворення, виявлено підвищення за умов гіпоксисбарії критичних температур теплотворення й електричної активності серця, дано кількісну оцінку зменшення теплопродукції у разі замерзання за умов гіпоксисбарії, визначено найбільш вразливі для обмороження ділянки тіла й отримано авторське свідоцтво на метод підвищення неспецифічної резистентності – термобаротерапії [14, 56, 66, 82, 88, 91].

Екологічна, гірська, екстремальна, авіакосмічна фізіологія – це лише частини су-

часної фундаментальної інтеграційної науки, якою є патофізіологія. Відносячи, зокрема гірську фізіологію до патофізіології, ми тим самим підтверджуємо особливості, нові закономірності, якісні відмінності перебігу багатьох фізіологічних процесів при гіпоксії; компенсація їхніх порушень також має низку особливостей, інші рівні реалізації.

Значення згаданих вище галузей знань для розуміння основ життєвих процесів важко переоцінити, тому що вони пояснюють такі фундаментальні процеси, як надійність функціонування організму, транспорт і утилізація кисню тощо. Саме проведені в екологічній фізіології клініко-фізіологічні обстеження різних контингентів випробувачів (туристи, спортсмени, космонавти, полярники) і хворих за допомогою новітніх біомедичних технологій дозволяють тепер вивчати механізми надійності функціонування організму в екстремальних умовах [15,27,67], адаптації до різних екосистем; розробляти оптимальні методи підвищення стійкості та працездатності, реабілітації, корекції, добору – тобто вирішувати як фундаментальні, так і прикладні проблеми патофізіології [8-10, 18,25,26,42,90,92].

Останнім часом особливо підвищився інтерес до проблем фізіології людини за умов гірських висот, а також до розуміння необхідності об'єднання зусиль вчених усього Світу для їх вирішення, про що свідчать проведення з інтервалом у два роки Всесвітніх конгресів із проблем високогірної медицини та фізіології (до 2002 р. уже відбулося 5 таких конгресів – у Болівії, Перу, Японії, Чилі, Іспанії), видається міжнародний часопис “High Altitude Medicine and Biology”.

ВИСНОВКИ

1. Широке використання філо- й онтогенетичного підходу, вивчення резистентності

та реактивності на багатьох видах тварин дозволило встановити загальну закономірність: з ускладненням організації в період філогенезу резистентність до різкого зниження парціального тиску кисню зменшується, а реактивність збільшується. Завдяки цим дослідженням саме в нашій країні вчення про реактивність склалося в закінченому вигляді і було обґрунтовано концепцію зміни реактивності та резистентності у філо – й онтогенезі; вона, в свою чергу, сприяла розвитку вчення про гіпоксію.

2. Дані, отримані при дослідженні різних груп людей за умов гірських висот, широкий біологічний, порівняльно-фізіологічний, еволюційний підхід до рішення проблеми кисневої недостатності дозволили М.М. Сиротиніну і його учням визначити відповідні реакції організму на гіпоксію, сформулювати на цій основі концепцію оптимальної поступової ступінчастої активної адаптації та запропонувати класифікацію гіпоксичних станів.

3. Дослідження в галузі кисневої недостатності, що розкривають деструктивні (патогенні) та конструктивні (саногенні) механізми розвитку гіпоксичних станів, практичне використання концепції ступінчастої адаптації, призвело до розробки вперше у світовій практиці численних високоефективних методів гіпокситерапії з метою лікування, профілактики, підвищення стійкості і працездатності, поліпшення спортивних результатів за допомогою барокамер, генераторів штучного гірського повітря, гіпоксикаторів, апаратів зворотного дихання, інтервального гіпоксичного тренування та різноманітних методів адаптації до умов гір.

4. В результаті проведеної роботи було здійснено математичне моделювання гіпоксичних станів, що дозволяє не тільки якісно, але й кількісно характеризувати різні їхні типи й оцінювати їхні ступені, прогнозувати зміни стану організму за умов дії екстремальних чинників, аналі-

зувати роль тих або інших фізіологічних реакцій в компенсації кисневої недостатності; це все призвело до того, що вперше у світі наука про гіпоксію перетворилася з описово-експериментальної в точну.

5. В галузі вікової фізіології показана роль гіпоксичних станів у механізмах старіння, розкриті механізми високої стійкості новонароджених до кисневої недостатності, підвищення чутливості до неї в пубертатному віці і низької стійкості в похилому; визначені особливості взаємовідносин поетапного транспорту кисню і його утилізації на різних стадіях онтогенезу.

6. Всебічне дослідження гіпоксичних станів на різних рівнях організму, що розвиваються при дії екстремальних чинників (декомпресія, прискорення, охолодження, перегрівання, гіпероксія, гіперкапнія, радіація, невагомість тощо), а також у процесі перебігу багатьох хвороб (респіраторні алергози, анемії, діабет, нейроциркуляторна дистонія, “чорнобильський синдром” тощо) завжди були визначальними в наукових пошуках школи М.М. Сиротиніна. Вони допомогли сформулювати основні уявлення про адаптацію до гіпоксії як про процес становлення нового стійкого рівня, що забезпечує надійність функціонування організму в змінених умовах середовища.

7. З дослідженнями на Ельбрусі, розпочатими в 1929 р. спочатку в експедиційних умовах, а потім (із 1973 р.) продовжені в стаціонарі Ельбруської медико-біологічній станції нерозривно пов'язане становлення та розвиток таких наук, як гірська, екологічна, вікова, спортивна, екстремальна, космічна фізіологія і фармакологія.

За цикл робіт “Фундаментальні дослідження гіпоксичних станів і використання в медицині і спорті методів адаптації організму до нестачі кисню” колектив наукових співробітників із Києва у 2000 р.

було відзначене Державною премією України в галузі науки і техніки.

Запрошуємо до співробітництва на Ельбрусі всіх науковців, зацікавлених у розробці цих проблем.

P.V. Beloshitsky

COMPREHENSIVE MEDICAL AND ECOLOGICAL STUDIES IN PRIELIBRUSIE

Research works in high-mountainous areas of Caucasus and, in particular, in Prielbrusie was initiated by N.N. Sirotnin as far back as in 1929. From the beginning the works were done in expeditionary conditions, from 1973 – in further organized permanent Elbrus medical and biological station (EMBS). At the present time EMBS is a component of International Center for astronomical, medical and ecological research that was reorganized in 1999. EMBS is a unique scientific subdivision that has no analogues, it is located on different heights of Elbrus Mountain and complex fundamental scientific problems may be solved here using contemporary scientific methods. EMBS includes two-floor laboratory building, thermobarochamber, and the center organized for the recovery of patients from ecologically unfavorable regions and increasing of the sportsmen work capacity. Today the new stage of the EMBS activity starts and therefore there is a time to summarize some results of the research works here. Such results of EMBS activity are the fundamental studies in the field of oxygen insufficiency, which reveal the destructive and constructive mechanisms of the hypoxic state development in organisms. Such investigations became the base for the implementation for the first time in the world of the new highly effective methods of hypoxotherapy aimed on the patient treatment, prophylaxis, resistance increasing and improvement of athletic results for the sportsmen. There were suggested and proved the concept of step-by-step adaptation to hypoxia. Hypoxic states developed under the extreme condition influences as well as during different diseases here were studied comprehensively on the different organism levels. The methods of mathematic simulation of hypoxic states with prediction of organism states were elaborated at EMBS too. All these works transformed hypoxia studies from the descriptive-experimental science in exact one.

*International Centre for Astronomical, Medical and Ecological Research NASU, RAS and government of KBR,
belosh@serv.biph.kiev.ua*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Агаджанян Н.А. Организм и газовая среда обитания. – М., 1972. – 247 с.
2. Агаджанян Н.А., Исабаева В.А., Елфимов А.И. Хеморецепторы, гемокоагуляция и высокогорье. – Фрунзе, 1973. – 195 с.

3. Агаджанян А.А., Катков А.Ю. Резервы нашего организма. – М., 1981. – 173 с.
4. Агаджанян Н.А., Миррахимов М.М. Горы и резистентность организма. – М., 1970. – 216 с.
5. Адаптация и резистентность организма в условиях гор /Под ред. П.В. Белошицкого, И.И. Лановенко. – К., 1986. – 204 с.
6. Барбашова З.И. Акклиматизация к гипоксии и её физиологические механизмы. – Л., 1960. – 216 с.
7. Белошицкий П.В. Повышение устойчивости гипотермированных и зимнеящих животных к факторам космического полета: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – К., 1965. – 18 с.
8. Белошицкий П.В. Физиологические особенности горных сусликов. – В кн.: Горы и здоровье. – К.: Наук. думка, – 1974. – С. 118 – 127.
9. Белошицкий П.В. Высотные факторы внешней среды и аэробный обмен. – В кн.: Физико-математические и биологические проблемы действия электромагнитных полей и ионизации воздуха. – М.: Наука, 1975. – Т. 2. – С.54 – 57.
10. Белошицкий П.В. О физиологических особенностях горных сусликов. – В кн.: Молекулярные аспекты адаптации к гипоксии. – К.: Наук. думка, 1979. – С. 129 – 135.
11. Белошицкий П.В. Транспорт и утилизация кислорода при гипотермии //К.: Наук. думка, 1979. – 32 с.
12. Белошицкий П.В. Существует ли гипоксия при гипотермии? – В кн.: Специальная и клиническая физиология гипоксических состояний (2 часть). – К.: Наук. думка, 1979. – С.99 – 103.
13. Белошицкий П.В. Транспорт и утилизация кислорода при длительной гипотермии: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – К., 1982. – 44 с.
14. Белошицкий П.В. К гипотезе о роли «свободнорадикального котла» в процессах теплообразования. – В кн.: Важнейшие теоретические и практические проблемы терморегуляции. – Минск, 1986. – С. 41.
15. Белошицкий П.В. Проблемы надежности, устойчивости биоструктур. – В кн.: Живучесть и реконфигурация информационно-вычислительных и управляющих систем: Вторая Всесоюз. науч.-техн. конф.. – К., 1989. – вып. 2. – С.10 – 13.
16. Белошицкий П.В. Эльбрусская классификация гипоксических состояний // ASTROECO-2002: Physiology. – Kyiv, 2002. – P. 30 – 3.
17. Белошицкий П.В., Барабой В.А. и др. Пострадиационная реабилитация в условиях гор. – К., 1996. – 230 с.
18. Белошицкий П.В., Барбашова З.И., Тавровская Т.В. и др. Сравнительная оценка механизмов адаптации к гипоксии у горных и равнинных сусликов Северного Кавказа//Экология. – 1976, № 2. – С. 63 – 70.
19. Белошицкий П.В., Данилейко В.И. Первый опыт создания лаборатории на Восточной вершине Эльбруса. – В кн.: Горы и здоровье. – К.: Наук. думка., 1974. – С.7 – 9.
20. Белошицкий П.В., Коротаев М.М., Романов Б.Т. Физиологические методы для оценки степени акклиматизации к гипоксии. – В кн.: Гиперкапния, гипероксия, гипоксия. – Куйбышев, 1974. – С. 137 – 138.
21. Белошицкий П.В., Сиротинин Н.Н. Повышенная резистентность организма как следствие изменений, вызванных адаптацией к гипоксии// 2-й международ. конгр. по патол. физиологии. – Прага, 1975. – С. 373.
22. Білошицький П.В. Можливості і перспективи застосування гіпотермії при освоєнні космічного простору// Фізіол. журн. – 1967. – № 4. – С. 490 – 495.
23. Білошицький П.В. Дослідження в лабораторії космічної фізіології під керівництвом М.М.Сиротині на // Фізіол. журн. – 1996. – 42, № 3-4. – С. 37.
24. Білошицький П.В. Науковий центр на схилах Ельбруса// Науковий світ.-2000. – №5. – С.1 – 3.
25. Білошицький П.В. Адаптація фізіологічна //Енциклопедія сучасної України. – 2002. – Т. 1, А. – С. 180 – 181.
26. Білошицький П.В., Курданов Х.А. Фундаментальні проблеми гіпоксичних станів і їх корекції методами гіпокситерапії//Фізіол. журн. – 1998. – 44, №4. – С. 58 – 59.
27. Білошицький П.В., Онопчук Ю.М., Курданов Х.А., Аралова Н.І. Математична модель надійності функціонування організму за умов гіпоксії// Там же. – № 3. – С.131 – 132.
28. Булатова М.М., Середенко М.М., Білошицький П.В. Тренуюча дія гіпоксії// ASTROECO-2002: Physiology. – Kyiv, 2002. – P. 37 – 38.
29. Войткевич В.И. Хроническая гипоксия. – Л., 1973. – 191 с.
30. Гипоксия / Под ред. Н.Н. Сиротинина. – К., 1949. – 326 с.
31. Горы и здоровье / Под ред. Н.Н. Сиротинина, П.В. Белошицкого). – К., 1974. – 203 с.
32. Гіпоксія, деструктивна та конструктивна дія / За ред. А.З. Колчинської. – К., 1998. – 238 с.
33. Данилейко В.И., Красюк А.Н., Белошицкий П.В. Влияние активной высокогорной акклиматизации на выносливость организма к физическим нагрузкам// Адаптация человека. – Л.: Наука, – 1972. – С. 223 – 241.
34. Дударев В.П. Роль гемоглобина в механизмах адаптации к гипоксии и гипероксии. – К., 1979. – 150 с.
35. Дударев В.П., Белошицкий П.В. Вплив на організм часткової невагомості, що виникає при зануренні у воду// Фізіол. журн. – 1964. – № 4. – С. 445 – 557.
36. Дюговская Л.А., Самбур М.Б., Кизим А.И. и др. Влияние высокогорного климата на состояние гуморального иммунитета у больных поллинозом//Журн. ушных, нос. и горл. болезней. – 1990. – № 1. – С. 38 – 40.

37. Иванов К.П., Кисляков Ю.Я. Энергетические потребности обеспечения головного мозга. – Л., 1979. – 216 с.
38. Использование горного климата с лечебной и профилактической целью / Под ред. М.Н. Якушенко. – Нальчик, 1988. – 138 с.
39. Использование горного климата с лечебной и профилактической целью / Под ред. М.Н. Якушенко. – Нальчик, 1995. – 184 с.
40. Каденюк Л.К., Кордюм В.А., Макаренко Н.В., Белошицкий П.В. К истории космической биологии в Украине// *ASTROECO-2002: Physiology*. – Kyiv, 2002. – 131 – 132.
41. Карнаухов В.Н. Функции каротиноидов в клетках животных. – М., 1973. – 104 с.
42. Катков А.Ю., Белошицкий П.В., Красюк А.Н. и др. Влияние высотной экспресс-тренировки в барокамере на адаптацию человека к условиям высокогорья. – В кн.: Физиология экстремальных состояний и индивидуальная защита человека: Тез. докл. 2-й Всесоюзн. конф. – М., 1986. – С. 271.
43. Кислородная недостаточность / Под ред. А.Ф. Марченка, Н.Н. Сиротинина. – К., 1963. – 610 с.
44. Кислородный режим организма / Под ред. Н.В. Лауэр, А.З. Колчинской. – К., 1966. – 378 с.
45. Колчинская А.З. Недостаток кислорода и возраст. – К., 1964. – 336 с.
46. Колчинская А.З. Кислородные режимы организма ребёнка. – К., 1973. – 320 с.
47. Колчинская А.З. Кислород, физическое состояние, работоспособность. – К., 1991. – 206 с.
48. Колчинская А.З., Белошицкий П.В. Н.Н. Сиротинин и его школа / Под ред. Х.А. Курданова. – Нальчик, 1998. – 74 с.
49. Колчинская А.З., Белошицкий П.В., Моногаров В.Д. и др. Физиологическая работоспособность альпинистов в условиях экстремально низкого P_{O_2} во вдыхаемом воздухе// *Физиол. журн.* – 1989. – 35, № 9. – С. 68 – 74.
50. Коваленко Е.А. Черняков И.Н. Кислород тканей при экстремальных факторах полёта. – М., 1972. – 263 с.
51. Коржуев П.А. Эволюция дыхательной функции крови. – М.; Л., 1949. – 182 с.
52. Коржуев П.А. Гемоглобин. Сравнительная физиология и биохимия. – М., 1964. – 286 с.
53. Кочумян А.А. Бронхиальная астма. – Ставрополь, 1974. – 112 с.
54. Крепс Е.М. Оксигеометрия. – Л., 1959. – 222 с.
55. Лауэр Н.В. Питание патофизиології гіпоксичних станів новонароджених. – К., 1959. – 199 с.
56. Ляшко Л.И., Белошицкий П.В., Петунин Ю.И., Якут Л.И. Оценка теплопродукции в условиях измененной газовой среды. – В кн.: Математические проблемы в биологии. – К.: Наук. думка, – 1983. – С.74 – 87.
57. Малкин В.Б., Гиппенрейтер Е.Б. Острая и хроническая гипоксия. – М., 1977. – 319 с.
58. Маньковская И.Н., Вавилова Г.Л., Харламова О.Н. Активность маркерных ферментов клеточных мембран у крыс при адаптации к гипоксической гипоксии // *Укр. биохим. журн.* – 1997. – 69, №2. – С.79 – 87.
59. Матеріали IV конгресу патофізіологів України, присвяченого 100-річчю від дня народження академіка М.М. Сиротиніна. – *Фізіол. журн.* – 1996. – 42, №3 – 4. – 134 с.
60. Меерсон Ф.З. Общий механизм адаптации и профилактики. – М., 1973. – 358 с.
61. Меерсон Ф.З. Адаптация стресс и профилактика. – М., 1981. – 279 с.
62. Меерсон Ф.З., Белошицкий П.В., Воронцова Е.Я. и др. Влияние адаптации к действию непрерывной и периодической гипоксии на резистентность сердца к ишемическим и реперфузионным аритмиям // *Патол. физиология и эксперим. терапия.* – 1989. – №3. – С.48 – 51.
63. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. – М., 1988. – 254 с.
64. Миррахимов М.М., Шогенцукова Е.А.. Лечение бронхиальной астмы горным климатом. – Нальчик, 1975. – 175 с.
65. Молекулярные аспекты адаптации к гипоксии / Под ред. Ф.Н. Серкова, П.В. Белошицкого). – К., 1979. – 266 с.
66. Наumenko И.М., Тучинский Л.И., Белошицкий П.В., Ледовский А.Н. Защита органов дыхания при работе в условиях холода// *Гигиена труда и проф. заболеваний.* – 1989. – № 10. – С. 28 – 34.
67. Онопчук Ю.Н., Белошицкий П.В., Аралова Н.И. К вопросу надежности функционирования систем организма//*Кибернетика и вычислит. техника.* – К., 1999. – 124. – С.11.
68. Разенков И.П. Пищеварение на высотах. – М.- Л., 1945. – 211 с.
69. Рахманов Ю.А., Белошицкий П.В. Вертолет на вершине Эльбруса//*Крылья Родины.* – 1972. – № 2. – С. 19.
70. Резников А.Г., Челнакова И.С., Безверхая Т.П. и др. Функция коры надпочечников и яичников у здоровых и больных железodefицитной анемией жителей аридной зоны при адаптации к условиям гор// *Физиол. журн.* – 1984. – 30, №4. – С. 498 – 502.
71. Середенко М.М., В.П. Дударев и др. Механизмы развития и компенсации гемической гипоксии. – К., 1987. – 200 с.
72. Сиротинин Н.Н. Гипоксия и ее значение в патологии// *Гипоксия.* – К., 1949. – С. 19 – 27
73. Сиротинин Н.Н. Эволюция резистентности и реактивности организма. – М., 1981. – 234 с.
74. Сиротинин Н.Н., Белошицкий П.В., Данилейко В.И.

- и др. Высокогорная тренировка спортсменов. – В кн.: Географическая среда и здоровье населения. – Нальчик, 1970. – С.31 – 33.
75. Сиротинин Н.Н., Белошицкий П.В., Данилейко В.И. и др. Использование пребывания в горах для укрепления здоровья трудящихся. – В кн.: Физическая культура в режиме труда и отдыха. – К., 1971. – С.231 – 233.
 76. Сиротинин Н.Н., Данилейко В.И., Мацынин В.В. и др. Влияние акклиматизации к горному климату и адаптации к гипоксии на резистентность организма к экстремальным воздействиям: Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в институтах АН УССР. Физиология человека и животных. К., 1969, вып. 3. – С. 83.
 77. Сиротинин М.М. Життя на висотах і хвороба висоти. – К., 1939. – 225 с.
 78. Слоним А.Д. О физиологических механизмах природных адаптаций животных и человека. – М. – Л., 1964. – 64 с.
 79. Слоним А.Д. Экологическая физиология животных. – М., 1971. – 448 с.
 80. Слоним А.Д. Среда и поведение. – Л., 1976. – 212 с.
 81. Специальная и клиническая физиология гипоксических состояний / Под ред. А.З. Колчинской. – К., 1979. – Т. 1 – 4. – 1101 с.
 82. Уголев А.А., Гибер Л.М., Дрождин О.Л. и др. Влияние сочетанной адаптации к высотной гипоксии и холоду на сократительную функцию сердца и его адренореактивность. – В кн.: Актуальные проблемы общей патологии и патологической физиологии. – М., 1978. – С. 37 – 40.
 83. Ужанский Я.Г. Физиологические механизмы регенерации крови. – М., 1968. – 264 с.
 84. Устинова Е.Е., Салтыкова В.А., Диденко В.В. и др. Влияние адаптации к периодическому и непрерывному действию гипоксии на нарушение электрической стабильности сердца при постинфарктном кардиосклерозе//Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 1988. – **105**, № 5. – С. 533 – 535.
 85. Учёные записки КБГУ / Под ред. В.Ш. Шогеновой, Н.Н. Сиротинина. – Нальчик, 1966. – Вып. 33. – 303 с.
 86. Физиология и патология дыхания, гипоксия и оксигенотерапия / Под ред. А.Ф. Макаrenchенко. – К., 1958. – 477 с.
 87. Astroeko-2002, Physiology (Editor –in-Chief P. Beloshitsky). – Kyiv, 2002. – 175 p.
 88. Beloshitsky P.V. Peculiarities of thermoregulation in the mountains//Medical aspects in mountaineering (proceeding of the UIAA mountain medicine conference). – Prague – 1988. – 2. – P. 9 – 13.
 89. Beloshitsky P. Hypoxic states: classification// High Altitude Med. and Biol. – 2002. – 3, № 1. – P. 128.
 90. Beloshitsky P., Iliin V., Onopchuck Y., Klyuchko O. Estimation of functional state for alpinists// Ibid. – P. 129.
 91. Beloshitsky P.,Pischalenko A. The simultaneous influence on the organism of the high temperature and high altitude// First world congress of high altitude medicine and physiology. – La Paz, Bolivia, 1994. – P.136.
 92. Kolchinskaya A., Beloshitsky P., Radzievsky P. et al. Extremely Low pO₂ in the Inspired Air and Lead Hypoxia Combined Effect on Body Oxygen Regimen and Working Capacity// High – altitude medicine (Proceeding of the 4th Motsumoto international symp. on High-altitude Med. Science). – Matsumoto, Japan, – 1992. – P. 467 – 472.
 93. Serebrovskaya T., Karaban I., Kolesnikova E. et al. Geriatric Men of Altitude: Hypoxic Ventilatory Sensitivity and Blood Dopamine Changes // Respiration. – 2000. – **67**, № 3. – P.253 – 260.

Міжнародний центр астроном. і мед.-еколог. досліджень НАН України та РАН, Терскол, КБР, Росія