

## О высокогорных экспедициях Института физиологии им. А. А. Богомольца Академии наук УССР в 1952—1953 гг.

Н. Н. Сиротинин

### Резюме

Летом 1952 и 1953 гг. состоялись высокогорные экспедиции на Эльбрус, организованные Институтом физиологии имени А. А. Богомольца Академии наук УССР. Первые наблюдения были проведены в Киеве (высота 58 м над уровнем моря), затем частично на высоте 500 м. Основные исследования были организованы у подножья Эльбруса на высоте 2000 м; в значительном масштабе они проводились также на высоте 3000, 3800 и 4200 м. Профилактику горной болезни изучал В. В. Туранов на высотах 4800, 5300 и 5596 м (восточная вершина Эльбруса). После примерно месячного пребывания на горных высотах экспедиции вернулись в Киев, где в лабораторных условиях были выполнены заключительные исследования.

Изучение высшей нервной деятельности при помощи речедвигательной и мигательной методик показало, что уже на высоте 2000 м можно отметить нарушение процессов внутреннего торможения. С увеличением высоты эти явления усиливаются, причем начинают нарушаться и раздражительные процессы; появляются также и другие изменения высшей нервной деятельности, в частности, во второй сигнальной системе. Исследования влияния высокогорного климата на лиц юношеского возраста показали, что юноши и девушки более чувствительны к нему, чем взрослые; несмотря на это, они хорошо акклиматизируются. Изучение акклиматизации с помощью оксигемометрии показало, что на высоте 2000 м даже незначительная мышечная нагрузка может снижать уровень насыщения артериальной крови кислородом; при большей нагрузке, несмотря на значительное увеличение легочной вентиляции и учащение пульса, наступает значительное снижение насыщения артериальной крови кислородом. Начиная с 2000 м, во время естественного и медикаментозного сна выявляется периодический тип дыхания. Он усиливается с высотой, что можно наблюдать и у бодрствующих лиц, но в меньшей степени. Умственные упражнения на высотах могут провоцировать этот тип дыхания, повидимому, за счет отрицательной индукции, которая создает торможение, влияющее на характер дыхания.

Первый опыт лечения шизофрении высокогорным климатом дал положительные результаты (более подробное изложение дано в статьях Н. Н. Сиротинина «Патофізіологічні обґрунтування й умови лікування шизофренії високогірним кліматом» и В. П. Протопопова и Н. Н. Сиротинина «Терапевтичний вплив умов високогір'я на психічно хворих», Мед. журн. АН УРСР, 1954, т. XXIV, в. 2, стор. 42 и 47).

Це  
лись п  
АН УР  
розрідж  
Ця пра  
М. М.  
і лабор  
АН СР  
У д

важливі  
рівня к  
високог  
тканини

До  
вах не  
З появ  
необме  
киснем  
палов,  
висвітл  
За доп  
вадити  
так і п

Дл  
когірні  
енергія  
лад —  
акумул  
верхню  
вість і  
кому ч

Ця  
метрич  
затвер  
ніяког  
диції п  
підвищ  
акліма  
вання.

## Досвід високогірних досліджень за допомогою оксигеометра

В. Й. Войткевич

Це повідомлення є частиною комплексних досліджень, які проводились протягом ряду років під керівництвом члена-кореспондента АН УРСР М. М. Сиротиніна у високогірних умовах, по вивченню впливу розрідженого атмосферного повітря на фізіологічні функції організму. Ця праця — перший крок у намічених спільних дослідженнях лабораторії М. М. Сиротиніна (Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця АН УРСР) і лабораторії Є. М. Крепса (Інститут фізіології ім. І. П. Павлова АН СРСР) в галузі високогірної фізіології.

У дослідженні процесів акліматизації організму до висоти істотно важливим є вивчення функції насичення крові киснем, оскільки зміна рівня кисневого насичення крові, що є одним з перших наслідків впливу високогірних умов, може спричинювати зміни інтенсивності процесів тканинного дихання.

До цього часу функція насичення крові киснем у високогірних умовах не досить повно досліджена через відсутність відповідної методики. З появою методики оксигеометрії, тобто безперервного, безкровного і необмежено тривалого вимірювання ступеня насичення артеріальної крові киснем (Крепс, Шипалов і Болотинський, 1951; Крепс, 1952; Крепс, Шипалов, Болотинський і Войткевич, 1953; та ін.) стало можливим глибше висвітлити питання, пов'язані з насиченням артеріальної крові киснем. За допомогою методу оксигеометрії можна без особливих зусиль провадити дослідження в різних умовах, як в стані спокою досліджуваного, так і при виконанні різних навантажень.

Для оксигеометричних досліджень насичення крові киснем у високогірних умовах в експедиційній обстановці, де відсутня електрична енергія, був збудований (інженером А. Г. Крейцером) спеціальний прилад — оксигеометр «Ельбрус», який живиться від сухих батарей або акумулятора. Цей прилад складається з датчика, який надівають на верхню частину вушної раковини; дзеркального гальванометра (чутливість  $10^{-8}$  а) і пульта управління. Вся установка змонтована в невеликому чемодані.

Ця праця має попередній орієнтовний характер, оскільки оксигеометричні дослідження були включені в план експедиції пізно, вже після затвердження всього плану робіт. В нашому розпорядженні не було ніякого підготовчого періоду; ми повинні були включатися в роботу експедиції не спочатку, в Києві, до від'їзду на Кавказ, а безпосередньо біля підніжжя Ельбрусу. Тимчасом нам вдалося здобути деякі дані з питання акліматизації людини до висоти, які є новими і заслуговують опублікування.

**Методика.** Дослідження провадилися на нетренованих чоловіках і жінках різного віку — від 25 до 56 років — і учнях старших класів віком від 12 до 17 років. Більшість досліджуваних перший раз була в горах. За віком досліджувані розподілялись так: від 12 до 17 років — 6 чол., від 25 до 32 — 8 чол., один чоловік 56 років — всього 15 осіб. Усю роботу проведено на Ельбрусі: в Терсколі (2000 м) досліджено 15 чол.; на Новому Кругозорі (3000 м) — 10 чол.; на «Притулку 11» (4200 м) — 8 чол.; у Києві при заключному етапі досліджено 5 чол.

Дослідження провадилися на другу добу перебування даної особи на даній висоті, за винятком 5 юнаків, яких досліджували в Терсколі на 8-у добу. Тривалість перебування досліджуваних на окремих висотах така: у Терсколі 9—12 діб, на Новому Кругозорі — 6—10 діб, на «Притулку 11» — 4 доби.

Всі досліджувані, починаючи з третього дня перебування на висоті, щодня брали участь у тренувальних підйомах і спусках на 200—1000 м. Ці походи тривали щодня від двох до восьми годин з поступовим збільшенням навантаження. У Києві дослідження були проведені через 22—30 днів після спуску з Ельбрусу.

Дослідження провадилися за планом, прийнятим при фізіологічній оцінці зовнішнього дихання в лабораторії Є. М. Крепса. Перше завдання полягало в установленні величини кисневого насичення крові в стані спокою на даній висоті після добової акліматизації до неї. Спочатку доводили артеріалізацію крові до цілкового насичення. Для цього людина дихала протягом 5 хв. чистим киснем через надіту на обличчя дихальну гумову напівмаску, вдихальний клапан якої з'єднувався за допомогою шланга з мішком Дугласа, що весь час наповнювався чистим киснем з балона під невеликим тиском. Під час дихання чистим киснем досліджуваному пропонували зробити кілька глибоких вдихів і встановлювали «зайчик» оксигеометра на 100% кисневого насичення. Потім кисень відключали, і досліджувані, сидячи, дихав навколишнім атмосферним повітрям протягом 20—25 хв. Насичення артеріальної крові киснем зменшувалось і досягало певної постійної величини.

Після цього робили кілька функціональних проб. Спочатку стежили за зменшенням кисневого насичення крові під час затримки дихання на фазі глибокого вдиху і на фазі видиху після попередніх чотирьох глибоких вдихів. Через 10—15 хв. після цього дослідження проводили проби з м'язовим навантаженням. Перша проба складалася з 15 поясних нахилів за хвилину. Друга проба (ще через 15—20 хв.) складалася з 10 присідань за хвилину. Як до, так і під час і після м'язової роботи безперервно реєстрували ступінь насичення киснем артеріальної крові, легеневу вентиляцію і записували пневмограму і пульс променевої артерії. Для вимірювання променевої вентиляції видихуване повітря через видихальний клапан пропускали через газовий годинник. Крім того, після 20—30-хвилинного відпочинку від другого м'язового навантаження стежили за насиченням крові киснем і записували пневмограму під час розумової праці. Остання полягала в тому, що протягом однієї хвилини викреслювалась буква «х» з кожного рядка таблиці Анфімова і протягом другої хвилини усно розв'язувалась арифметична задача. Дослідження насичення крові киснем під час різних функціональних проб полегшує оцінку ступеня пристосування організму до нових умов існування у розрідженій атмосфері.

### Результати досліджень

Насичення артеріальної крові киснем на різних висотах при спокійному стані досліджуваних. Величина насичення артеріальної крові киснем в стані спокою на висоті 2000 м (Терскол) в середньому становила 94% (індивідуальні коливання від 91 до 96%), тобто вона дещо нижча від середньої величини кисневого насичення, яка спостерігається в більшості людей на рівні моря — близько 96% (коливання 95—97%). Вимірювання, зроблені в Києві, показали 94—97% насичення (рис. 1).

На висоті 3000 м (Новий Кругозір) середня величина кисневого насичення в стані спокою знижується до 91,5%, і індивідуальні коливання більш значні (від 86 до 95%). Слід відзначити, що найменша величина насичення (86%) спостерігалась у досліджуваній № 10, у якій під час перебування на Новому Кругозорі були ознаки гірської хвороби (біль в ушах, втрата апетиту, загальне збудження з раптовою непритомністю). Вдихання чистого кисню усувало всі симптоми гірської хвороби. Гірська хвороба одразу ж ліквідувалась при спусканні досліджуваної у терскольський табір (2000 м).

На висоті 4200 м («Притулок 11») середній процент кисневого насичення артеріальної крові при спокійному стані досліджуваних ще більше знизився — до 89,5%, індивідуальні коливання — від 85 до 91%.

Такі величини артеріального кисневого насичення в стані спокою при підйомі на різні висоти на другий день пристосування організму до даної висоти.

Для оцінки ступеня пристосованості організму до гірських умов ще більший інтерес становить спостереження за насиченням крові киснем на різних висотах при м'язовій роботі різного ступеня важкості.

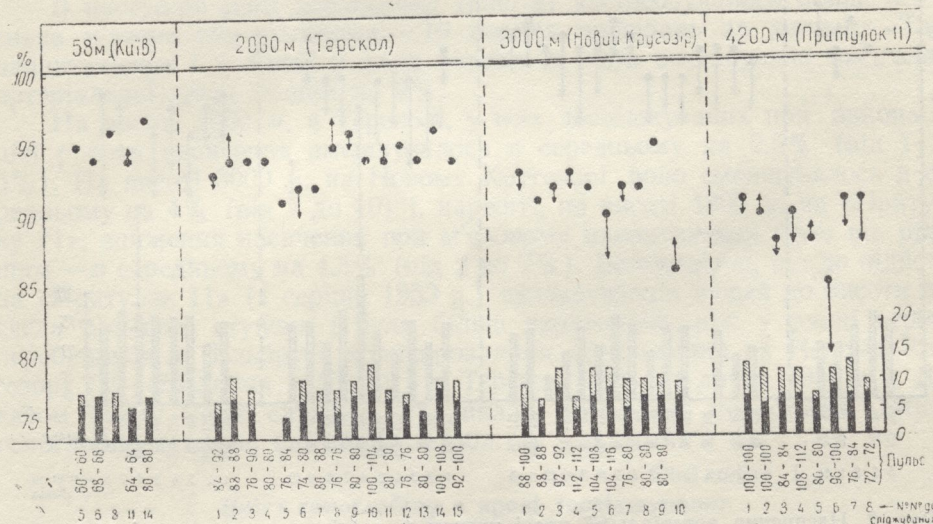


Рис. 1. Насичення артеріальної крові киснем у досліджуваних в стані спокою і під час м'язового навантаження (15 нахилів за хвилину) в умовах різних висот. Кружками позначено насичення артеріальної крові киснем в стані спокою, трикутниками — насичення в кінці м'язового навантаження.

Чорними стовпчиками позначена легенева вентиляція в стані спокою, заштрихованими стовпчиками — збільшення легеневої вентиляції в кінці м'язового навантаження. Числами, що стоять під стовпчиками, позначена кількість ударів пульсу за хвилину: нижніми — в стані спокою, верхніми — в кінці м'язового навантаження. Найнижчий ряд — номери досліджуваних.

Насичення крові киснем при виконанні м'язової роботи на різних висотах. На рис. 1 наведені результати дослідження насичення артеріальної крові киснем при дуже легкому м'язовому навантаженні (15 поясних нахилів за хвилину). У Києві це навантаження (звичайно) ніякого зниження процента насичення киснем артеріальної крові не викликало, і тільки в одному випадку спричинило підвищення на 1%. Все це свідчить про легкість цього навантаження.

В Терсколі (2000 м) під час виконання цього навантаження у 9 чол. з 15 рівень кисневого насичення крові не змінився, у трьох він підвищився на 1—2% і у двох — знизився на 1—2%. Це свідчить, що для більшості досліджуваних навіть в умовах деякого розрідження атмосфери (586 мм рт. ст.) це навантаження не важке, хоча у двох чоловік воно вже викликало зниження насичення крові киснем.

На Новому Кругозорі (3000 м) при цьому навантаженні у чотирьох чоловік з десяти насичення крові киснем не змінилось, у одного підвищилось на 2% і у п'яти чоловік знизилось на 1—3%. Це показує, що зниження напруження кисню у видихуваному повітрі до 520 мм рт. ст.

виявляється вже настільки істотним, що, незважаючи на дію усіх пристосувальних механізмів і насамперед підсилення вентиляції легень (рис. 1), у половини досліджуваних організм виявився неспроможним утримати напруження кисню в артеріальній крові на нормальному рівні при навіть такому незначному навантаженні. На рис. 1 видно, які великі індивідуальні відмінності виявляються між окремими людьми при застосу-

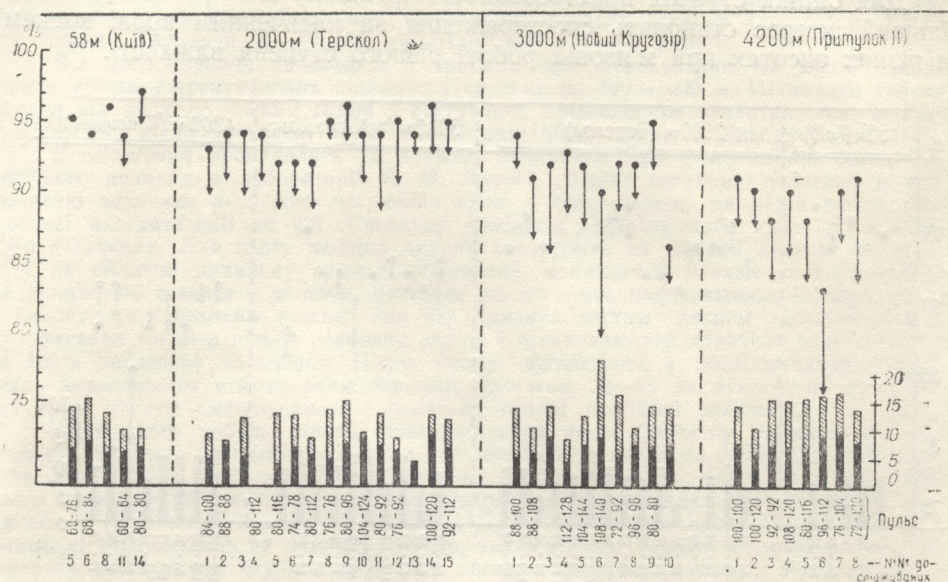


Рис. 2. Насичення артеріальної крові киснем у досліджуваних в стані спокою і під час м'язового навантаження (10 повних присідань за хвилину) в умовах різних висот. Позначення ті самі, що й на рис. 1.

ванні оксигеметричної методики. Зокрема, у досліджуваній № 10 ступінь насичення крові киснем в умовах Нового Кругозора при спокійному стані був найнижчим. Навіть при цьому неважкому навантаженні на даній висоті насичення крові киснем у неї підвищилось на 2%.

Звертає на себе увагу і досліджуваний № 6, найстарший за віком з цієї групи (56 років). Уже в Терсколі при зазначеному навантаженні насичення крові киснем у нього знизилось на 2% при низькому рівні цієї величини в стані спокою (92%). На Новому Кругозорі це зниження було виражене ще різкіше — насичення зменшилось з 90 до 87%.

На «Притулку 11» (4200 м) стан цього досліджуваного ще різкіше відрізнявся від стану його молодших товаришів. У нього спостерігалось найнижче насичення крові киснем при спокійному стані — 85% і максимальне падіння насичення при виконанні 15 нахилів за хвилину (кисневе насичення знизилось до 80%). Очевидно, пристосувальні реакції дихання і кровообігу на «гіпоксичне» середовище і м'язове навантаження у цього досліджуваного недосить ефективні. Слід відзначити, що, на жаль, у наших досліджуваних не провадили клініко-фізіологічних обстежень стану органів дихання і кровообігу.

На «Притулку 11» (4200 м) з восьми чоловік у шести артеріальне насичення знизилось на 1—5%, але в двох воно все ж підвищилось при цьому навантаженні на 1%. Тут привертає до себе увагу досліджувана № 5 — 16-літня дівчина, яка дуже легко переносила висоту. При виконанні цього неважкого м'язового навантаження у неї навіть на «При-

тулку 11» збільшився ступінь насичення крові киснем при дуже незначному підвищенні легеневої вентиляції і при незмінній частоті пульсу.

Результат цієї серії досліджень полягає в тому, що в гірських умовах в розрідженій атмосфері навіть таке незначне м'язове навантаження, як 15 поясних нахилів за хвилину, вже викликає напруження регуляторних пристосувальних механізмів. Незважаючи на значне збільшення легеневої вентиляції, у більшості осіб знижувався рівень насичення артеріальної крові киснем, і тим сильніше і у тим більшій кількості людей, чим більшою була висота.

В наступній серії досліджень (рис. 2) застосовувалось більш інтенсивне м'язове навантаження — 10 повних присідань за хвилину. Таке навантаження і в Києві у двох чоловік з п'яти зменшувало насичення артеріальної крові киснем на 2%.

На висоті 2000 м, в Терсколі, у всіх досліджуваних при виконанні цієї роботи насичення зменшувалось в середньому на 2,5% (від 1 до 5%). На висоті 3000 м, на Новому Кругозорі, воно зменшувалось в середньому на 4% (від 2 до 10) і, нарешті, на висоті 4200 м, на «Притулку 11», зниження насичення при м'язовому навантаженні було ще більшим — в середньому на 4,3% (від 2 до 7%). Безсумнівно, що до підйому на «Притулок 11» (1 серпня 1953 р.) акліматизація людей до висоти досягла більшого ступеня і була більш вираженою, ніж у ранні строки перебування на Ельбрусі, коли провадили дослідження на Новому Кругозорі (22—26 липня 1953 р.) і в Терсколі (12—14 липня 1953 р.). Доказом цьому може служити, наприклад, триваліше наростання вмісту гемоглобіну в крові, що видно з табл. 1.

Таблиця 1

Вміст гемоглобіну в крові досліджуваних  
на різних висотах, %

| № досліджуваних  | 2000 м<br>(Терскол)<br>12—14.VII<br>1953 р. | 3000 м<br>(Новий Кругозір)<br>25—27.VII<br>1953 р. | 4200 м<br>(„Притулок 11“)<br>1.VIII 1953 р. |
|------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1                | 83                                          | —                                                  | 87                                          |
| 2                | 79                                          | 83                                                 | 85                                          |
| 3                | 80                                          | —                                                  | 86                                          |
| 4                | 87                                          | 92                                                 | 93                                          |
| 5                | 75                                          | 80                                                 | 87                                          |
| 6                | 92                                          | 92                                                 | 95                                          |
| 7                | 92                                          | 87                                                 | 87                                          |
| 8                | 80                                          | 80                                                 | 82                                          |
| 9                | 70                                          | 79                                                 | —                                           |
| 10               | 75                                          | 85                                                 | —                                           |
| 11               | 85                                          | 80                                                 | —                                           |
| 12               | 81                                          | 90                                                 | —                                           |
| 13               | 90                                          | 92                                                 | —                                           |
| 14               | 72                                          | 85                                                 | —                                           |
| 15               | 94                                          | 100                                                | —                                           |
| Середня величина | 82                                          | 87                                                 | 88                                          |

Щодо окремих осіб, то привертає до себе увагу досліджуваний № 6, у якого спостерігалось максимальне зниження насичення крові при виконанні присідань: на 10% на Новому Кругозорі і на 7% на «Притулку 11». На «Притулку 11» у нього при спокійному стані насичення

було дуже низьким — 83%. Дихання чистим киснем збільшувало насичення на 17%, присідання при швидкому темпі (10 раз за хвилину) викликали зменшення насичення до 76%. Поряд з цими показниками функції зовнішнього дихання у цього досліджуваного на висоті 4200 м спостерігалась особливо різка ейфорія. Незважаючи на те, що м'язова робота приводила у нього до такої сильної гіпоксемії, він ніяк не уникав м'язової роботи і був дуже рухливим і жвавим.

На рис. 2 можна бачити, що вентиляція легень у всіх досліджуваних збільшувалась значно, часто вдвоє, і в більшості випадків різко частішав пульс. Тимчасом насичення крові киснем значно зменшувалось, бо в цій розрідженій атмосфері, де напруження кисню становить тільки 14,3% (Новий Кругозір) і 12,4% («Притулок 11»), гіпервентиляція при підвищеному споживанні кисню уже може дати менший корисний ефект.

Проби з затримкою дихання. Проби з затримкою дихання показують, що насичення артеріальної крові киснем знижується при цьому тим більше (тобто досягає нижчих показників) і тим швидше (тобто по стрімкішій кривій) у всіх досліджуваних, чим більше висота. При затримці дихання на фазі видиху зменшення насичення починається раніш і відбувається швидше, ніж при затримці дихання на фазі вдиху. Всі ці явища пояснюються тим, що на висотах як у вдихуваному й альвеолярному повітрі, так і в артеріальній крові (плазмі) парціальний тиск (напруження) кисню низький. Тканини, відбираючи кисень, ще сильніше збіднюють кров на кисень. До легень у цих умовах венозна кров приходить значно менш насиченою киснем і залишає легені у більшій мірі недонасиченою киснем, ніж на рівні моря. В тканинах теж весь час зберігається той чи інший ступінь кисневого голодування і підвищена потреба на кисень. Природно, що зниження напруження кисню в альвеолярному повітрі і в артеріальній крові повинно вести до прискореного зменшення насичення крові при затримці дихання. Другим фактором, що сприяє такому швидкому зниженню насичення киснем крові на висоті при затримці дихання є S-подібна форма дисоціаційної кривої крові людини. При тому напруженні кисню в крові, яке спостерігається у людей на висоті 3000—4000 м (65—60 мм рт. ст.), дальше навіть незначне зниження напруження кисню у крові супроводжуватиметься істотним зменшенням процента насичення крові киснем.

Таблиця 2

Середні величини тривалості затримки дихання, початку зниження насичення артеріальної крові киснем при затримці дихання і насичення артеріальної крові киснем до кінця затримки дихання залежно від висоти над рівнем моря

| Висота над рівнем моря,<br>м            | Тривалість затримки дихання,<br>сек. |    | Початок зменшення насичення,<br>сек. |    | Насичення на кінець затримки дихання, % |    |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|----|--------------------------------------|----|-----------------------------------------|----|
|                                         | 1                                    | 2  | 1                                    | 2  | 1                                       | 2  |
| 58 (Київ) для 5 чол. . . . .            | 59                                   | 41 | 40                                   | 26 | 92                                      | 91 |
| 2000 (Терскол) для 15 чол. . . . .      | 49                                   | 33 | 23                                   | 16 | 90                                      | 90 |
| 3000 (Н. Кругозір) для 13 чол. . . . .  | 39                                   | 28 | 21                                   | 13 | 89                                      | 88 |
| 4200 („Притулок 11“) для 8 чол. . . . . | 34                                   | 24 | 20                                   | 12 | 86                                      | 86 |

Примітка: 1 — при затримці дихання на фазі глибокого вдиху; 2 — при затримці дихання на фазі видиху.

З табл. 2 видно, що тривалість довільної затримки дихання тим менша, чим більша висота, але до моменту закінчення затримки дихання насичення крові киснем знижується тим глибше, чим більша висота, незважаючи на коротший строк затримки дихання. Ці факти дозволяють зробити висновок, що зниження напруження кисню в крові є ведучим стимулом до першого вдиху. До впливу недостачі кисню може приєднатися і нагромадження  $\text{CO}_2$ , яке, проте, на висотах не може бути значним, по-перше, через короткість затримки дихання і, по-друге, через вихідний стан гіпокапнії, зв'язаний з гіпервентиляцією. Можливо, що чутливість нервового регуляторного приладу до нагромадження  $\text{CO}_2$  на висотах в умовах кисневого голодування більша, ніж у звичайних умовах.

Артеріальне кисневе насичення при розумовому навантаженні. Розумове навантаження (викреслювання букви «х» з таблиці Анфімова на протязі однієї хвилини і усне розв'язання арифметичної задачі протягом другої хвилини) майже зовсім не змінювало насичення артеріальної крові киснем. Дихання при цьому часто ставало аритмічним. Сама ж розумова праця відбувалась на висотах менш чітко, ніж на рівні моря або у Києві: з'являлось багато помилок при розв'язанні задач і при викреслюванні букв у таблиці, що, очевидно, є результатом хронічної гіпоксемії і гіпоксії центральної нервової системи.

### Висновки

1. Метод оксигеметрії можна з успіхом застосовувати у високогірних умовах для поглибленого дослідження питань, зв'язаних з насиченням артеріальної крові киснем. Поряд з іншими методами він може бути використаний для вивчення процесів акліматизації людини до високогірного клімату.

2. Величина насичення артеріальної крові киснем у стані спокою на другу добу перебування на висоті 2000 м (Терскол) становила 91—96%, на висоті 3000 м (Новий Кругозір) — 86—95%, на висоті 4200 м («Притулок 11») — 85—91%.

3. Навіть таке незначне м'язове навантаження, як 15 поясних нахилів за хвилину, може знижувати у деяких осіб рівень насичення артеріальної крові киснем на висоті 2000 м, і тим сильніше і тим у більшій кількості людей, чим більша висота, незважаючи на значне посилення легеневої вентиляції.

4. М'язове навантаження великої інтенсивності (10 повних присідань за хвилину) знижувало в усіх досліджуваних насичення артеріальної крові киснем, починаючи з висоти 2000 м, і тим сильніше, чим більшою була висота, незважаючи на значне збільшення легеневої вентиляції і у більшості випадків різке почастішання пульсу.

5. При затримці дихання як у фазі глибокого вдиху, так і у фазі видиху кисневе артеріальне насичення у всіх людей зменшується тим більше і тим швидше, чим більша висота. Із збільшенням висоти підйому зменшується також і тривалість затримки дихання.

6. Існують великі індивідуальні відміни між окремими людьми щодо зміни ступеня насичення крові киснем у високогірних умовах.

Таблиця 2

Насичення артеріальної крові киснем у моря

Насичення на кінець затримки дихання, %

| 1  | 2  |
|----|----|
| 92 | 91 |
| 90 | 90 |
| 89 | 88 |
| 86 | 86 |

вдиху; 2 — при

## ЛИТЕРАТУРА

- Крепс Е. М., Природа, № 13, 1952, стр. 75.  
Крепс Е. М., Шипалов М. С., Болотинский Е. А., Бюлл. exper. биол. и мед., т. 32, 1951, стр. 60.  
Крепс Е. М., Шипалов М. С., Болотинский Е. А., Войткевич В. И., Вопросы медицинской химии, т. 5, 1953, стр. 154.  
Институт фізіології ім. І. П. Павлова  
Академії наук СРСР  
і Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця  
Академії наук УРСР

### Опыт высокогорных исследований с помощью оксигеометра

В. И. Войткевич

#### Резюме

До сих пор функция насыщения крови кислородом в высокогорных условиях изучалась недостаточно полно из-за отсутствия соответствующей методики. С появлением методики оксигеометрии, т. е. непрерывного, бескровного и неограниченно длительного измерения степени насыщения артериальной крови кислородом (Крепс, Шипалов и Болотинский, 1951; Крепс, 1952; Крепс, Шипалов, Болотинский и Войткевич, 1953; и др.) стало возможным более глубоко изучить вопросы, связанные с насыщением артериальной крови кислородом. При помощи метода оксигеометрии можно без особого труда проводить исследования в различных условиях как в покое, так и при выполнении всевозможных нагрузок.

Для проведения оксигеометрических исследований насыщения крови кислородом в высокогорных условиях, в экспедиционной обстановке, при отсутствии электрической энергии, был построен (инженером А. Г. Крейцером) специальный прибор — оксигеометр «Эльбрус» с питанием от сухих батарей или аккумулятора. Этот прибор состоит из датчика, надеваемого на верхнюю часть ушной раковины; зеркального гальванометра (чувствительность —  $10^{-8}$  а) и пульта управления. Вся установка смонтирована в небольшом чемодане.

Исследования проводились на нетренированных мужчинах и женщинах разного возраста — от 25 до 56 лет и школьниках старших классов в возрасте от 12 до 17 лет. Большинство исследуемых первый раз находилось в горах. По возрасту испытуемые распределялись следующим образом: от 12 до 17 лет — 6 человек, от 25 до 32 лет — 8 человек, 56 лет — 1, всего 15 человек.

Вся работа проведена на Эльбрусе: в Терсколе (2000 м) исследовано 15 человек; на Новом Кругозоре (3000 м) — 10 человек; на «Приюте 11» (4200 м) — 8 человек; заключительный этап — в Киеве (58 м) — исследовано 5 человек.

Исследования производились по следующему плану, принятому при физиологической оценке внешнего дыхания в лаборатории Е. М. Крепса. Первая задача состояла в установлении величины кислородного насыщения крови в покое на данной высоте после суточной акклиматизации к ней. Сначала доводили артериализацию крови до полного насыщения. Для этого человек в течение пяти минут дышал чистым кислородом через надетую на лицо дыхательную резиновую полумаску, вдыхательный