

УДК 612:613.6

ЗМІНА ДЕЯКИХ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ФУНКЦІЙ У АКВАЛАНГІСТІВ-БУРИЛЬНИКІВ

С. О. Гуляр, П. М. Казаков, Ю. М. Барац, В. І. Песок,
А. О. Іванін, В. Г. Руденко

Відділ фізіології праці Донецького інституту гігієни праці і професійних захворювань

Освоєння океану можна розглядати як новий самостійний напрям у загальній трудовій діяльності людини. У зв'язку з цим важливу роль у підводних дослідженнях повинні відігравати фізіологія і гігієна праці, які визначають вплив на організм людини незвичайних умов при трудовій діяльності під водою. Наукова організація праці та її регламентація виявляються неможливими без урахування зрушень, що розвиваються в організмі в процесі трудової діяльності, а також без аналізу умов виробничого середовища, в якому провадиться робота.

Існуючі відомості про проведення геологічних бурильних робіт у підводних умовах дуже обмежені. Монтаж механізмів підводної бурильної установки виконувався акванавтами «Преко́нтиненту-3» на глибині близько 100 м (1965), двома англійськими водолазами на глибині близько 200 м (1967) [12]. Деякі геологічні роботи провадились акванавтами «Сілаб-2» [11]. Зрушення у стані організму людей, які виконували роботи, не були вивчені. Тепер є окремі дослідження, присвячені вивченню стану водолазів і аквалангістів у воді [3, 4, 8, 14, 15]. Однак вони не вирішують багатьох питань фізіології і гігієни праці під водою. Тому виникла необхідність вивчення стану організму при виконанні різних робіт аквалангістами під водою.

Ми вивчали стан фізіологічних функцій (дихання, кровообігу, енерговитрати) у аквалангістів-операторів підводної бурильної установки для складання попередніх рекомендацій про раціональну організацію і регламентацію їх праці.

Бурильна установка знаходилась на глибині 6 м, всі маніпуляції по її обслуговуванню виконувались одним-двома аквалангістами. Температура води на цій глибині коливалась у межах 19—21°С, видимість становила 7—9 м. Температура повітря на поверхні 24—27°С. З бурильною установкою підтримувався двосторонній телефонний зв'язок. Дії бурильників транслювались передавальною телекамерою на пульт управління.

Обслідувано вісім здорових чоловіків віком від 19 до 30 років, які виконували такий комплекс робіт: включення і виключення механізмів, зміна штанг, вилучення проб ґрунту, розчистка майданчика для буріння (відбійним молотком, ломиком), з'єднання і роз'єднання шлангів, труб тощо. У такому обсягу навантаження виконувалось на поверхні і в підводних умовах одними й тими ж особами у різні дні. Під водою аквалангісти були одягнені в гідрокостюми «Садко».

Для оцінки стану фізіологічних функцій у аквалангістів під час трудової діяльності визначали такі параметри: частоту пульсу пальпаторно, частоту дихання, хвилинний об'єм дихання, споживання кисню, виділення вуглекислого газу, енергетичні витрати організму за методом Холдена — Дугласа, температуру порожнини рота ртутним термометром, силу м'язів і час їх витривалості до статичного навантаження за методом Є. В. Подоби (1960). Частоту дихання протягом усього дослідження реєстрували дистанційно на поверхні самописцем Н-372 за допомогою вугільного датчика. Хвилинний об'єм дихання V_m визначали принципіально новим методом. Досліджуваний

дихав через легеневий автомат акваланга, витрачаючи повітря тільки з балона (на суші ніс закривали затискачем). Через фіксовані проміжки часу знімали показання тиску по зразковому манометру. Хвилинний об'єм визначали за формулою:

$$V_M = \frac{(P_1 - P_2) V_0}{t_2 - t_1} \quad \text{де } P_1 - \text{тиск у балоні в момент часу } t_1; P_2 - \text{тиск у балоні в момент часу } t_2; V_0 - \text{об'єм балона в літрах.}$$

Забір проб повітря проводився під водою у спеціально сконструйований гумовий мішок з патрубком, який міг з'єднуватись з легеневим автоматом акваланга і газовою піпеткою.

Виконання аквалангістами комплексу робіт по обслуговуванню підводної бурильної установки і підводному бурінню, пов'язаних з певними фізичними зусиллями і деяким напруженням діяльності аналізаторних систем організму в умовах більш щільного, ніж повітря, середовища, що має відповідну охолоджувальну дію, гідроневагомості й інших факторів, викликало у них істотні зрушення в показниках усіх функцій організму. Ступінь вираженості цих змін залежав від зовнішніх умов на робочому місці, характеру виконуваних трудових операцій. Зміни різних функцій організму в процесі трудової діяльності були виражені різною мірою. Тому результати досліджень, проведених під водою, викладаються в порівнянні з тим, що спостерігалось при виконанні аквалангістами аналогічної роботи на суші.

Дослідження стану фізіологічних функцій у бурильників перед роботою дозволило встановити, що в осіб, які були одягнені в гідрокостюми, виявилось деяке збільшення показників фізіологічних функцій.

Відомості про величину зрушень різних фізіологічних функцій наведені в табл. 1. Це, як видно, пов'язано з певними фізичними зусиллями, витраченими при одяганні гідрокостюма, впливом «нагрівальної» дії неventedованого підодягового простору гідрокостюма, а також, можливо, зумовлюється емоціональним напруженням, яке має місце перед зануренням у воду та умовнорефлекторною перебудовою всіх функцій до наступного перебування організму у водному середовищі.

Таблиця 1

Показники фізіологічних функцій бурильників перед початком роботи на березі (середні величини)

Показники фізіологічних функцій	У осіб, одягнених в легкий одяг	У осіб, одягнених у гідрокостюми	Приріст в %
Частота пульсу (за хв)	76	92	21,05
Частота дихання (за хв)	15	15	—
Хвилинний об'єм дихання (л)	10,1	15,8	56,44
Споживання кисню (мл/хв)	359,2	599	66,76
Виділення вуглекислоти (мл/хв)	303,3	491	61,89
Енерговитрати (ккал/хв)	1,891	2,880	52,3

Занурення у воду, пересування до місця роботи і перебування у воді у стані відносного спокою на робочому місці у всіх бурильників сприяло розвиткові зрушень у досліджуваних показниках фізіологічних функцій.

Істотні зміни спостерігалися при 20-хвилинній роботі під водою. Характеристика змін досліджуваних функцій в зазначених станах представлена в табл. 2.

Виконання трудових операцій в умовах гідроневагомості характеризувалося деякими особливостями порівняно із звичайними для людини умовами. Значно уповільнювався темп рухів, маніпуляції з інструментами були плавними, неквапливими. Відносно безопорне середовище погіршувало якість виконання окремих робіт, пов'язаних із статичними зусиллями, відзначались різноспрямовані рухи об'єкта

Таблиця 2
Показники фізіологічних функцій бурильників при підводному бурінні (середні величини)

Показники фізіологічних функцій	Відносний спокій		20-ти хвилинне навантаження				Відпочинок після роботи на сьомій та на п'ятнадцятій хвилині											
	у воді		приріст, %	у воді		при- ріст, %	у воді		приріст, %	після виходу на сушу		приріст, %	після виходу на сушу		приріст, %	після роботи на суші		приріст, %
	на суші			на суші			7			7			7			7		
	на суші	у воді	приріст, %	у воді	на суші	у воді	при- ріст, %	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7
Частота дихання (за 1 хв)	15	12	- 20	22	24	+ 9,1	12	9	15	11	+ 25	+ 22,2	15	11	19	15	- 26,7	- 36,4
Хвилинний об'єм ди- хання (л)	15,8	43,4	+ 174,7	32,1	43,6	+ 32,7	35,4	33,6	20,8	17,2	- 41,2	- 48,8	20,8	17,2	16,6	10,2	+ 20,2	+ 40,7
Споживання кисню (мл/хв)	599	1411	+ 135,6	1519	1668	+ 9,8	1122	1323	779	588	- 30,6	- 55,5	779	588	629	464	+ 19,25	+ 21,1
Виділення вуглекис- лоти (мл/хв)	491	996	+ 102,8	1214	1393	+ 14,7	939	911	588	503	- 37,4	- 44,8	588	503	572	329	+ 2,7	+ 34,6
Витрата енергії (ккал/хв)	2,880	6,571	+ 128,1	7,273	8,076	+ 11	5,437	6,166	3,676	2,868	- 32,4	- 53,5	3,676	2,868	2,929	2,401	+ 20,3	+ 14,5
Частота пульсу (уд. за хв)	-	-	-	-	-	-	-	-	81	76	-	-	81	76	90	86	- 11,1	- 13,2
Примітка. Розрахунок приросту на всіх етапах провадився відносно суші (100%), а після роботи у воді відносно води (100%).																		

Зміна деяких фізіологічних функцій

праці і тіла людини. Одні висотах полегшувалося. Екої, мала місце тенденція також утруднювали перегідрокостюм особливих не завдавав.

Характер дихальних рлангістів при трудовій ді водою в основному відпо одержаним під час роб При значних напруженнях ня ваги, робота свердлом дихання частішало до 25— ну. Глибина дихальних рлася як у більший, так і в хоч спостерігалася тенден шення амплітуди їх при р дою. Характеристика дих ника на етапах експерим ставлена на рисунку.

Спостереження за і досліджуваних показників у період 15-хвилинного від ля роботи під водою на ро показало, що за цей час і гали величин доробочого линний об'єм дихання, кисню, виділення вуглекис говитрати знизились, од лютні показники в два-три вищували доробочий ріве досліджувані проявляли охолодження.

Необхідно спеціальн що наприкінці 15-хвилинн ку під водою споживання бурильників перебувало рівні. Отже, існували пер наростання кисневої заб організмі при наданні бу починку під водою трива

Зміни дихання у робітника Г водного буріння

1 — спокій на суші (четверта хвилинна робочому місці під водою (третя хвилинна); 4—5 — спокій під водою після 15-а хвилини); 6—7 — спокій на суші (перша і 15-а хвилини)

Після виходу з води спостерігалось дальше з дихання і кровообігу (та джувані показники пове ологічних функцій під ч роботу під водою, з по

праці і тіла людини. Однак пересування і виконання робіт на різних висотах полегшувалось. Відзначена нестійкість пози робітника у спокої, мала місце тенденція до «перевертання». Ласті, а іноді і фал, також утруднювали пересування, хоч гідрокостюм особливих незручностей не завдавав.

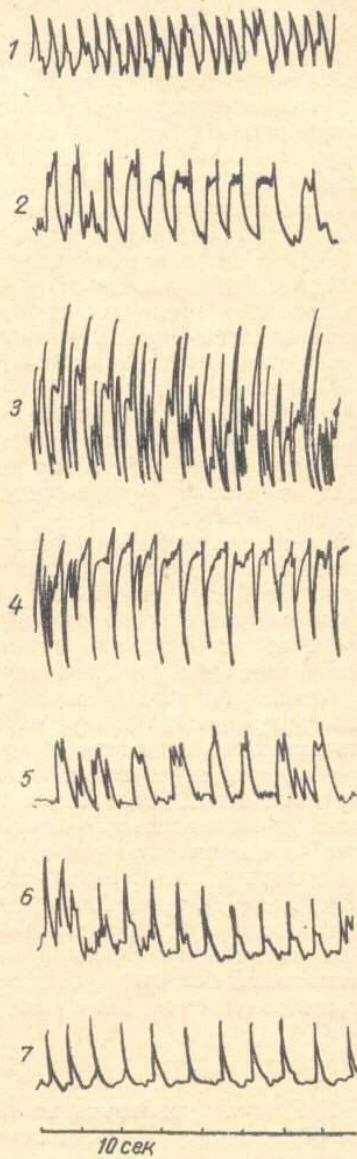
Характер дихальних рухів у аквалангістів при трудовій діяльності під водою в основному відповідав даним, одержаним під час роботи на суші. При значних напруженнях (переміщення ваги, робота свердлом, молотком) дихання частішало до 25—30 за хвилину. Глибина дихальних рухів коливалася як у більший, так і в менший бік, хоч спостерігалася тенденція до зменшення амплітуди їх при роботі під водою. Характеристика дихання бурильника на етапах експерименту представлена на рисунку.

Спостереження за відновленням досліджуваних показників у робітників у період 15-хвилинного відпочинку після роботи під водою на робочому місці показало, що за цей час вони не досягали величин доробочого стану. Хвилинний об'єм дихання, споживання кисню, виділення вуглекислоти і енерговитрати знизились, однак їх абсолютні показники в два-три рази перевищували доробочий рівень. У цей час досліджувані проявляли ознаки переохолодження.

Необхідно спеціально відзначити, що наприкінці 15-хвилинного відпочинку під водою споживання кисню у всіх бурильників перебувало на високому рівні. Отже, існували передумови для наростання кисневої заборгованості в організмі при наданні бурильнику відпочинку під водою тривалістю 15 хв.

Зміни дихання у робітника Г. на етапах підводного буріння.

1 — спокій на суші (четверта хвилиня); 2 — спокій на робочому місці під водою (третя хвилиня); 3 — буріння; 4—5 — спокій під водою після роботи (перша і 15-а хвилини); 6—7 — спокій на суші після виходу з води (перша і 15-а хвилини).



Після виходу з води під час відпочинку на березі у досліджуваних спостерігалось дальше зниження і нормалізація показників газообміну, дихання і кровообігу (табл. 2). Через 15 хв перебування на суші досліджувані показники повернулися до вихідних. Порівнюючи стан фізіологічних функцій під час відпочинку у бурильників, які виконували роботу під водою, з показниками цих же функцій контрольної групи

бурильників, які працювали на суші, можна відзначити, що після роботи під водою більш тривалий час зберігається підвищена витрата енергії. Це, очевидно, пов'язано з додатковою витратою енергії, яка йде на відшкодування тепловитрат організму в період 60-хвилинного перебування у воді.

Характеризуючи терморегуляцію аквалангістів, які працювали під водою, можна відзначити, що у всіх бурильників відзначалось значне зниження температури порожнини рота порівняно з її величиною до початку роботи під водою. До роботи під водою температура під язиком у середньому становила 36,4, а після виконання трудових операцій у воді — 35,5°С. У контрольній групі бурильників, які працювали на суші, температура під язиком після роботи, навпаки, підвищувалась на 0,2°С (до роботи 36,4, після — 36,6°С).

Робота по обслуговуванню бурильної установки як на поверхні, так і під водою викликала у бурильників не тільки зміни вегетативних функцій і терморегуляції, але й зрушення у стані м'язового апарата. Відзначено зменшення м'язової сили на 10—15 кг і витривалості до статичного зусилля на 10—15 сек у більшості робітників.

Характеристика функцій організму, одержана в результаті обслідування бурильників до роботи, дозволяє сказати, що вже у цей період діяльність досліджуваних систем у них здійснювалася на досить високому рівні. Це свідчить про те, що вже перед початком роботи під водою розвивалась умовнорефлекторна перебудова усіх функцій на наступну роботу.

Значення умовно-рефлекторної перебудови функцій організму на високий рівень діяльності, що наближається до робочого, розкрито в працях багатьох радянських і зарубіжних учених [1, 5, 7, 10, 13]. Передробоче посилення фізіологічних процесів є умовнорефлекторною основою перебудови функцій організму, спрямованої на більш сприятливе їх здійснення під час самої роботи.

Аналіз результатів дослідження фізіологічних функцій в умовах водного середовища вказує на виразні зміни з боку всього організму, величина яких залежала від характеру діяльності робітника. У цих умовах навіть перебування у воді приводить до істотних зрушень, трудова діяльність їх посилює, а 15-хвилинний відпочинок у воді не приводить до відновлення показника фізіологічних функцій. Тяжкість підводної праці визначається не тільки ступенем конкретного фізичного навантаження, але й складною умовнорефлекторною діяльністю організму. Крім безпосереднього робочого завдання, бурильники доводиться постійно контролювати положення свого тіла в просторі, стежити за нормальним функціонуванням дихальної апаратури, підстраховувати помічника, орієнтуватись у часі перебування під водою, граничній глибині занурення тощо.

Висновки

1. Робота бурильника на підводній бурильній установці в умовах низької температури навколишнього середовища викликає значні зміни в діяльності серцево-судинної системи, дихального апарата і терморегуляторних механізмів. Виконання її пов'язане з витратами енергії організмом робітників. Трудові операції виявляються більш важкими, ніж аналогічна робота в нормальних умовах на поверхні.

2. Відсутність повного відновлення фізіологічних функцій у бурильників у період регламентованого 15-хвилинного відпочинку пов'язана з важкістю виконуваної роботи в незвичайних для людини умовах водного середовища.

3. Для полегшення важких умов на робочому місці, зменшення питомої ваги фізичної роботи, надійні засоби захисту (наприклад, пористої гуми, з підігрівом), що зменшують ризик при перебуванні під водою, апаратура, наявність під водою і зв'язку).

1. Витте Н. К.—Тепловодообмен.
2. Гуревич М. І., Головин М. А., Квітницький В. В.—Фізіол. журн.
3. Иванов А., Талышев С. П.—Фізіол. журн.
4. Зальцман Г. Л.—Фізіол. журн.
5. Крестовников А. Н.—В кн.: Крестовников С. Д.—В кн.: Маршак М. Е.—В сб.: Мясников А. П.—Мед. журн.
6. Миллер Дж.—В кн.: Ольянская Р. П.—Космос.
7. Саллен А.—В сб.: Труды месторожд., М., 1967, 100.
8. Divers rack up new 600 ft.
9. Galletti P.—Helv. physiol.
10. Kelland N.—Explorat. R.
11. Russo E., Arienzo E.—

CHANGE OF IN AQUA

S. A. Gulyar, P. M. Kazakov,
Yu. M. Barats, V. I. Pesok,
A. O. Ivanin, V. G. Rudenko

Department of Lab.
and

The state of respiration, blood circulation and muscular apparatus were studied during work and after it.

When working under water the state of the organism depends on the character of work. The work is evaluated as very laborious.

3. Для полегшення праці робітника необхідне створення сприятливих умов на робочому місці, максимальна механізація праці і зменшення питомої ваги фізичної праці. Доцільно застосовувати більш надійні засоби захисту організму від холоду (гідрокостюми з мікропористої гуми, з підігрівом тощо). Необхідно звести до мінімуму ступінь ризику при перебуванні людини під водою (досконалі дихальні апаратура, наявність підводних сховищ, індивідуальних засобів рятування і зв'язку).

Література

1. Витте Н. К.—Тепловой обмен у человека и его гигиенич. знач. К., 1956.
2. Гуревич М. І., Голов Д. О., Ільчевич М. В., Козак В. А., Кондратович М. А., Квітницький М. Є., Мартиненко А. Г., Бра-тусь В. В.—Фізіол. журн. АН УРСР, 1962, 7, 3, 309.
3. Иванов А., Талышев Ф.—Спортсмен-подводник, 1968, 19, 20.
4. Зальцман Г. Л.—Физиол. основы пребывания человека под повыш. давл., Л., 1961.
5. Крестовников А. Н.—Физиол. человека, М., 1954.
6. Куманичкін С. Д.—Военно-мед. журн., 1960, 11, 77.
7. Маршак М. Е.—В сб.: Труды IV Всес. съезда физиологов, 1930, 147.
8. Мясников А. П.—Мед. обеспеч. легководолазов и аквалангистов, Л., 1961.
9. Миллер Дж.—В кн.: Подводная лаборатория «Силаб-2», Л., 1968, 144.
10. Ольянская Р. П.—Кора головного мозга и газообмен, М., 1950.
11. Саллен А.—В сб.: Труды I Междунар. конгр. по разраб. морских нефтяных месторожд., М., 1967, 100.
12. Divers rack up new 600 ft wellhead job—Oil and Gas J., 1967, August, 28.
13. Galletti P.—Helv. physiol et pharmacol., 1959, 17, 1.
14. Kelland N.—Explorat. Rev., 1965, 6, 32.
15. Russo E., Arienzo E.—Folia med., 1960, 43, 11, 1117.

Надійшла до редакції
20.VII 1969 р.

CHANGE OF SOME PHYSIOLOGICAL FUNCTIONS IN AQUALUNG SWIMMERS-DRILLERS

S. A. Gulyar, P. M. Kazakov, Yu. M. Barats, V. I. Pesok,
A. A. Ivanin, V. G. Rudenko

Department of Labour Physiology, Institute of Labour Hygiene
and Professional Diseases, Donetsk

Summary

The state of respiration, blood circulation, thermoregulation, charges of energy and muscular apparatus were studied in eight aqualung swimmers-drillers at the starting period, during work and after it.

When working under water some shifts occur in the organism, the degree of which depends on the character of work and labour conditions. The work of underwater drillers is evaluated as very laborious one.