

УДК 613.646(470.1/.2)

ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РЕЗЕРВОВ У ВАХТОВИКОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ ЗАПОЛЯРЬЯ

© 2011 г. А. С. Сарычев, А. Б. Гудков

Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

Проведено динамическое обследование нефтяников, работающих в Заполярье при различных типах вахтовой организации труда (ТВОТ) и режимах труда и отдыха.

Для оценки функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у рабочих и особенностей их расходования в динамике вахтового периода применялись стандартные нагрузочные пробы. Установлено, что при использовании экспедиционного ТВОТ функциональные резервы и неэкономичная работа сердечно-сосудистой системы наблюдались в течение вахты у 48,8–68,3 % нефтяников. При экспедиционно-вахтовом ТВОТ доля нефтяников со сниженными функциональными резервами сердечно-сосудистой системы составляла 29,6–39,3 %.

При вахтовом ТВОТ с участием бригад, укомплектованных из рабочих, постоянно проживающих на Крайнем Севере и в районах, к ним приравненных, количество нефтяников со сниженными резервами сердечно-сосудистой системы в течение вахтового периода варьировало от 31,5 до 37,5 %.

Ключевые слова: вахтовый труд, Заполярье, нефтяники, функциональные резервы.

В настоящее время для реализации задачи обеспечения энергетической безопасности России интенсивно формируется новая топливно-энергетическая база, предполагающая освоение нефтегазоносных месторождений в недрах материковой части Заполярья и шельфа северных морей [6, 12].

При разработке месторождений применяются различные типы вахтовой организации труда (ТВОТ): экспедиционные, экспедиционно-вахтовые и вахтовые. Для преодоления неблагоприятно действующих климатогеографических и производственных факторов, которые характеризуют вахтовый труд в Заполярье, организм человека должен обладать широким спектром адаптивных возможностей и значительными функциональными резервами [5, 9].

Работоспособность вахтовиков во многом зависит от компенсаторно-приспособительных возможностей организма, направленных на его уравнивание с внешней средой, и от величины функциональных резервов основных органов и систем. Являясь основной транспортной магистралью энергии, сердечно-сосудистая система признана наиболее чувствительным индикатором адаптационно-приспособительной деятельности целого организма [1, 4]. Достаточно точно позволяет определить резервные возможности человека, степень приспособленности организма к физической работе в новых природно-климатических условиях ответная реакция сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку [2, 7].

Методы

Основу исследования составили выполненные в зимний период в полевых условиях динамические наблюдения за рабочими-нефтяниками, которые трудились в режиме 12-часовых рабочих смен через 12 часов отдыха при длительности вахтового периода 52, 24 и 15 суток с последующим соответствующим протяженности вахтового периода межвахтовым отдыхом по месту жительства. Каждого рабочего обследовали в начале, середине и завершении трудового периода при использовании вахтового, экспедиционно-вахтового и экспедиционного ТВОТ. Все обследованные ($n = 108$) практически здоровые мужчины в возрасте ($39,6 \pm 3,6$) года.

У нефтяников определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС) и артериальное давление по Н. С. Короткову. В дальнейшем рассчитывались пульсовое давление (ПД), ударный объем (УО), удельное периферическое сопротивление (УПС) [10]. В качестве дозированной нагрузки в полевых условиях вахты применялась проба Мартине (20 приседаний за 30 секунд). На основании направленности сдвигов пульса и артериального давления устанавливался тип ответной реакции [11]. Для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы рассчитывался показатель качества реакции (ПКР), кото-

рый представлял отношение разницы между ПД до и после физической нагрузки к разнице пульса до и после выполнения нагрузки. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы оценивалось как хорошее, если ПКР находился в пределах 0,5–1. При неблагоприятной реакции системы кровообращения ПКР отклонялся от нормы в ту или другую сторону [8].

Статистический анализ результатов выполнялся с помощью пакета программ SPSS 13.0. После проверки на правильность распределения (Skewness, Kurtosis, Histogram, Q–Q Plots и по критерию Shapiro-Wilk) сравнение зависимых групп данных (поскольку исследования носили динамический характер), не подчиняющихся закону нормального распределения, проводилось с использованием непараметрического K-Related-Samples Test (t. Friedman) с последующим попарным сравнением с помощью Two-Related-Samples Test (t. Wilcoxon) и теста Exact. Результаты представлялись в виде медианы (Md), 25-го и 75-го перцентилей. Критический уровень значимости (p) в данной работе принимался равным 0,05 [3].

Результаты

При использовании экспедиционного режима труда (формула режима труда и отдыха – РТО 12×12/52+52) на начало рабочего периода было выявлено (58,5 ± 7,3) % лиц от состава вахты (n = 46) с гипотоническим типом реагирования сердечно-сосудистой системы на нагрузку, к середине вахты их число снижалось до (48,8 ± 7,4) %, а после 30–35 суток вновь возрастало, подчиняясь линейной зависимости (y = 4,878x + 48,78; R² = 0,25), до (68,3 ± 6,8) %, что свидетельствует о неэффективной и неэкономичной работе сердечно-сосудистой системы на всем протяжении вахты у значительного числа нефтяников. Прирост числа рабочих с гипо-

тоническим типом реагирования происходил за счет снижения числа нефтяников с нормо- и гипертоническим типом реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку. Нормотоническое реагирование было выявлено в начале вахты у (7,3 ± 3,8) % нефтяников, их количество увеличивалось к середине вахты до (34,1 ± 6,9) % и последовательно уменьшалось к концу до (19,5 ± 5,8) %. Количество лиц с гипертоническим типом реакции было максимальным в начале вахты (34,2 ± 6,9) % и последовательно снижалось по периодам вахты до (12,2 ± 4,8) %.

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы нефтяников по величине ПКР и степени прироста показателей гемодинамики после дозированной нагрузки оценивалось как относительно хорошее (0,83–0,80) до 30–35 суток вахты. После этого величина ПКР прогрессивно снижалась вследствие роста хронотропного компонента на фоне снижения инотропного влияния (рис. 1). Одновременно с увеличением ЧСС статистически значимо снижалась величина УО при нарастающих показателях УПС (p₁₋₂ < 0,001), что создавало более сложные условия в транспортно-демпферном звене системы кровообращения по обеспечению интенсивно работающих органов и тканей кислородом и питательными веществами с 30–35 суток вахты и до завершения.

При экспедиционно-вахтовом режиме труда (формула РТО 12×12/24+24) реакция на дозированную нагрузку у вахтовиков носила несколько иной характер. Количество нефтяников с гипотоническим типом реагирования сердечно-сосудистой системы на стандартную физическую нагрузку составляло более трети от списочного состава смены (n = 30). В начале вахты такой тип реагирования регистрировался у (39,3 ± 8,9) %, а в ее завершении – у (35,7 ± 8,7) % нефтяников с незначительным снижением количества таких реакций до (29,6 ± 7,9) % к 10–12-м суткам вахтового периода. Рост числа нефтяников с нормотоническим типом реагирования на нагрузку с

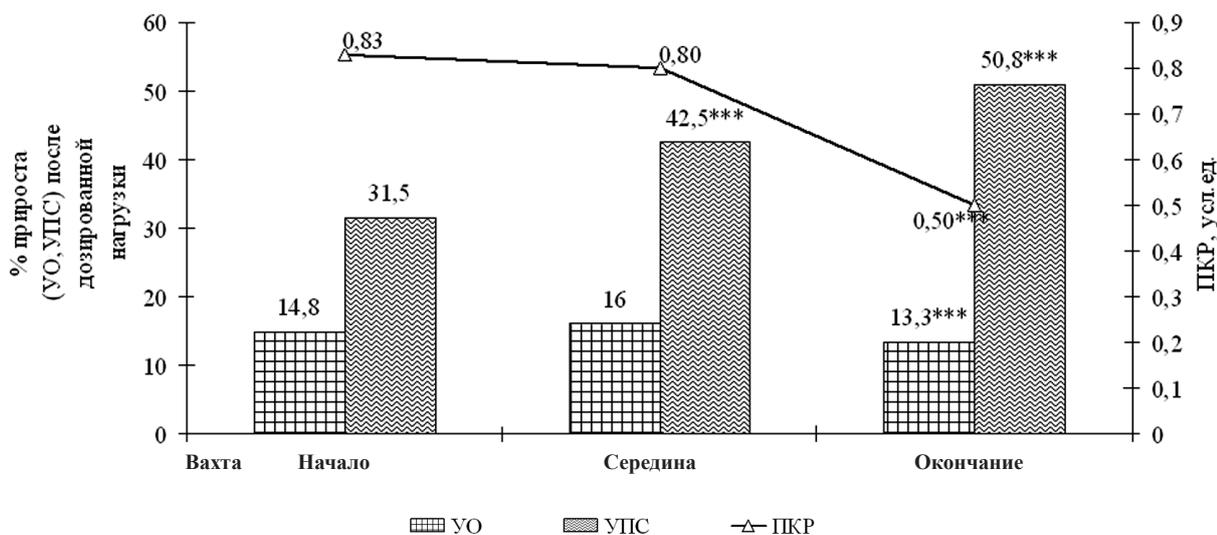


Рис. 1. Изменение параметров гемодинамики на протяжении вахтового периода у нефтяников при использовании экспедиционного ТВОТ в Заполярье

Примечание. *** – статистически значимые различия с началом вахты p<0,001.

($35,7 \pm 8,7$) % в начале вахты до ($60,7 \pm 11,4$) % к ее завершению можно расценить как положительный факт, поскольку такой тип реагирования обеспечивает поддержание необходимого минутного объема крови более экономичными механизмами.

Величина ПКР была существенно ниже значений, характеризующих функциональное состояние сердечно-сосудистой системы как «хорошее», на всем протяжении вахты с максимально низкими значениями к 10–12-м суткам (рис. 2). К этому же периоду УПС достигало самых высоких значений на протяжении вахты при одновременном снижении УО и максимальном приросте ЧСС. Лишь к завершению вахтового периода отмечался незначительный рост величины ПКР ($y = 0,035x + 0,1633$; $R^2 = 0,13$) с 0,10 до 0,30 усл. ед. при слабой тенденции к снижению УПС и приросту УО. Компенсация возрастающих нагрузок в динамике вахты достигалась за счет более выраженного хронотропного эффекта.

При применении вахтового режима труда с формулой РТО $12 \times 12/15 + 15$ установлено, что прирост ЧСС после дозированной нагрузки на всех этапах трудовой деятельности был менее выраженным, чем прирост УО, который регистрировался на максимально высоком уровне в начале вахтового периода (рис. 3). В дальнейшем величина УО имела слабо выраженную ($p_{1-2} = 0,08$) тенденцию к снижению в середине вахты одновременно с незначимым ростом УПС. Величина ПКР у вахтовиков, постоянно проживающих на Крайнем Севере и в районах, к нему приравненных, до 7–8 суток вахты варьировала от 0,48 до 0,50 усл. ед., что соответствует оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы как «хорошее», и лишь после 8–10 суток намечалась слабо выраженная тенденция к снижению этого показателя за счет нарастающей ЧСС.

В начале вахтового периода и его завершении неудовлетворительная реакция сердечно-сосудистой системы на нагрузку (гипотонический и дистонический

тип) выявлялась у ($62,5 \pm 12,1$) % обследованных лиц, причем если в начале вахты эта величина отмечалась у ($25,0 \pm 10,8$) % нефтяников с реагированием по дистоническому типу, то в ее завершении — только у рабочих с гипотоническим типом реагирования. В середине вахтового периода преобладающим был нормотонический тип реагирования, который наблюдался у ($56,3 \pm 12,4$) % нефтяников, гипертонический тип отмечался лишь у ($12,5 \pm 8,2$) %.

Обсуждение результатов

При анализе результатов динамического исследования функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у вахтовиков Заполярья с помощью дозированных нагрузок в полевых условиях выявлено, что при использовании различных ТВОТ организм как саморегулирующаяся система выбирает наиболее экономичный режим расходования функциональных резервов.

При экспедиционном ТВОТ обеспечение работающих органов и тканей кислородом и энергетическими субстратами на необходимом уровне осуществлялось неэкономичным режимом работы сердечно-сосудистой системы на всем протяжении вахтового периода, поскольку количество рабочих, у которых регистрировался гипотонический тип реагирования на нагрузку, варьировало от 50 до 70 %.

Можно предположить, что межсменный отдых не в полном объеме, но обеспечивал восстановление функционального состояния и резервных возможностей организма работающих к следующей смене до 30–35 суток вахты. Это позволяло сердечно-сосудистой системе достаточно успешно справляться с тяжелыми условиями экспедиционного труда, на что указывает величина ПКР. К завершению вахтового периода (45–52-е сутки) отмечалось значительное снижение функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у вахтовых рабочих ($p < 0,001$).

Более существенное стрессирующее воздействие

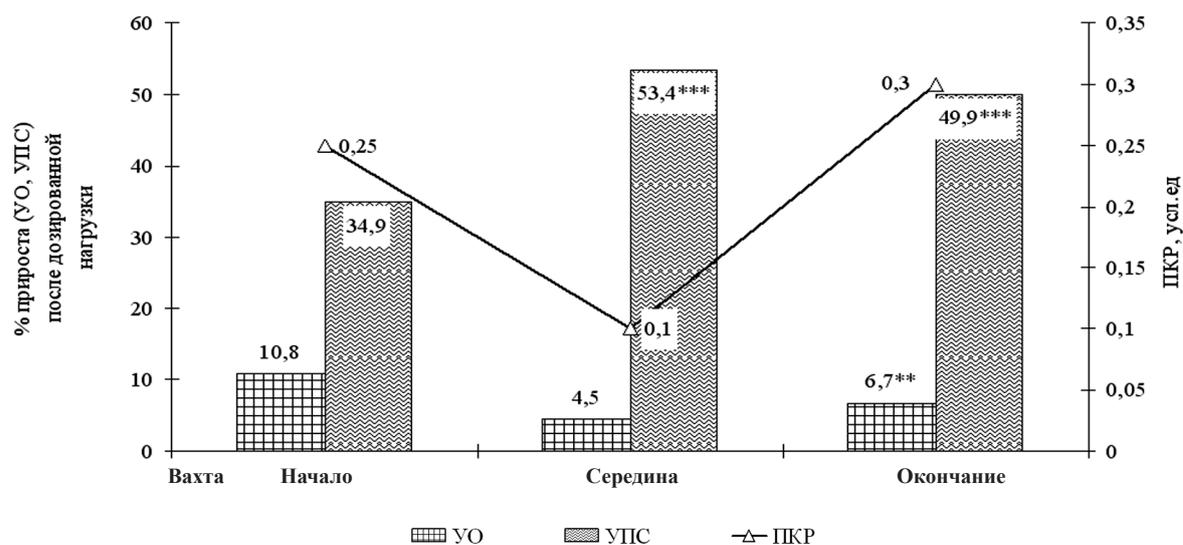


Рис. 2. Параметры сердечно-сосудистой системы у нефтяников при экспедиционно-вахтовом ТВОТ в Заполярье

Примечание. Статистически значимые отличия с началом вахты ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

на работу сердечно-сосудистой системы у нефтяников оказывал экспедиционно-вахтовый ТВОТ, поскольку при нем зарегистрирован минимальный ПКР у рабочих в абсолютном (0,10) выражении. Величина ПКР достигалась за счет прироста ЧСС, а не ПД, при максимально высоких цифрах УПС ($p_{1-2} = 0,001$), что создавало дополнительную нагрузку на мышцу сердца в силу роста сопротивления в транспортно-демпферном звене и, как следствие, интенсивное расходование функциональных резервов к 10–12-м суткам вахты.

Известно, что восстановление ЧСС после нагрузки тесно связано с активностью парасимпатического отдела вегетативной нервной системы [14]. Поскольку его низкая активность является фактором риска развития сердечно-сосудистых катастроф [15], вероятно, можно использовать случаи замедленного восстановления у вахтовиков ЧСС (>3 мин) до исходных величин после нагрузки (проба Мартине – Кушелевского) в качестве прогностического маркера подобных состояний, в том числе и при проведении очередных медицинских обследований. Следует заметить, что при экспедиционно-вахтовом ТВОТ в течение рабочего периода у (23,3 ± 6,2) % нефтяников выявлялось замедленное восстановление ЧСС в ответ на стандартную физическую нагрузку. Такая группа рабочих нуждается в повышенном внимании со стороны врачебного персонала, обеспечивающего медицинское сопровождение вахтового периода.

При вахтовом типе организации производства у рабочих выявлено статистически значимое возрастание величины ПД в ответ на нагрузочную пробу к завершению вахты ($p_{2-3} = 0,004$). Прирост ПД после нагрузки составлял от 75,0 до 82,5 мм рт. ст., что, несмотря на короткий период вахты, позволяет отнести данный ТВОТ к напряженным, при котором функциональный отклик сердечно-сосудистой системы неадекватен тяжести выполняемой работы,

а нефтяников с повышенными величинами ПД необходимо выделять в группу, требующую динамического врачебного наблюдения [13, 14].

Таким образом, в результате эколого-физиологических исследований, выполненных в полевых условиях при использовании различных ТВОТ в Заполярье, установлены особенности расходования функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у вахтовиков.

Выводы:

1. При использовании экспедиционного режима труда на начало рабочего периода было выявлено (58,5 ± 7,3) % лиц от состава вахты с гипотоническим типом реагирования сердечно-сосудистой системы на стандартную нагрузку, к середине вахты их число снижалось до (48,8 ± 7,4) %, а после 30–35 суток вновь возрастало до (68,3 ± 6,8) %, что свидетельствует о сниженных функциональных резервах и неэкономичной работе сердечно-сосудистой системы на всем протяжении вахты у значительного количества нефтяников.

2. При экспедиционно-вахтовом ТВОТ доля нефтяников со сниженными функциональными резервами сердечно-сосудистой системы составляла 30–40 %. Так, в начале вахты гипотонический тип реакции на стандартную нагрузку регистрировался у (39,3 ± 8,9) %, а в ее завершении – у (35,7 ± 8,7) % нефтяников с незначительным снижением количества таких реакций до (29,6 ± 7,9) % к 10–12-м суткам вахтового периода. Величина ПКР оценивалась как «неудовлетворительная» на всем протяжении вахты с максимально низкими значениями к 10–12-м суткам.

3. В случаях применения вахтового режима труда с участием бригад, укомплектованных из рабочих, постоянно проживающих на Крайнем Севере и в районах, к ним приравненных, воздействие на сердечно-сосудистую систему и функциональные резервы было

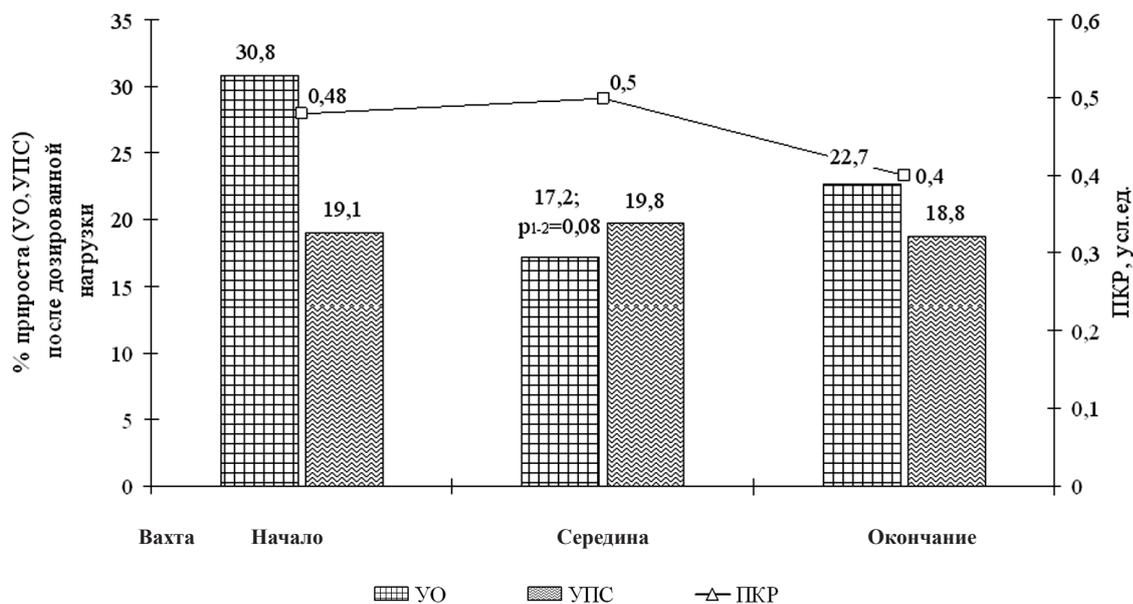


Рис. 3. Вариабельность параметров гемодинамики у нефтяников при вахтовом ТВОТ в Заполярье

менее выражено. Удельный вес нефтяников с гипотоническим типом реагирования в ответ на стандартную физическую нагрузку в течение вахтового периода составлял от 31,5 до 37,5 %, а величина ПКР, отражающая степень сопряженности между хроно- и инотропизмом, варьировала от 0,48 до 0,50, что соответствует оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы как «хорошее».

Список литературы [References]

1. *Agadzhanian N. A.* Stress i teoriya adaptatsii [Stress and adaptation theory]: monografiya. Orenburg: IPK GOU OGU, 2005. 190 s. [in Russian]
2. *Adamovich B. A., Baevskii R. M., Berseneva A. P., Funtova I. I.* Problema avtomatizirovannoi otsenki funktsional'nogo sostoyaniya organizma v kosmonavtike i profilakticheskoi meditsine na sovremennom etape [Problem of automated assessment of body functional state in cosmonautics and preventive medicine at present stage] // *Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina*. 1990. T. 24, N 4. S. 11–18. [in Russian]
3. *Byuyul' A., Tsefel' P.* SPSS: iskusstvo obrabotki [SPSS: art of processing]. SPb.: OOO "DiaSoftYuP", 2005. 608 s. [in Russian]
4. *Gudkov A. B., Tedder Yu. R., Patsevich Yu. L.* Fiziologicheskaya kharakteristika netraditsionnykh rezhimov organizatsii truda v Zapolyar'e [Physiological description of non-traditional regimes of labor organization in Polar region]: monografiya. Arkhangelsk, 1998. 208 s. [in Russian]
5. *Gudkov A. B., Sarychev A. S., Labutin N. Yu.* Reaktsiya kardiorespiratornoi sistemy neftyanikov na ekspeditsionnyi rezhim truda v Zapolyar'e pri razlichnykh rezhimakh truda i otdykha [Reaction of cardiorespiratory system of oil industry workers toward expedition work regime in Polar region in different work and rest regimes] // *Ekologiya cheloveka*. 2005. N 8. S. 43–48. [in Russian]
6. *Dodin D. A.* Problemy ustoichivogo razvitiya Arktiki i puti ikh resheniya [Problems of Arctic sustainable development and ways of solving them] // *Vestnik goskomgeologii RS (Ya)*. 2004. N 1. S. 3–20. [in Russian]
7. *Sravnenie pryamykh i kosvennykh metodov opredeleniya serdechnogo vybrosa krovi KB i AKM [Comparison of direct and indirect methods of cardiac blood output assessment] / V. G. Doroshev [i dr.] // Voenno-meditsinskii zhurnal*. 1981. N 4. S. 21–24. [in Russian]
8. *Kushelevskii B. P., Kushelevskii B. P., Zislin D. M.* K voprosu o metodike opredeleniya i o klinicheskoi otsenke funktsional'noi dostatochnosti serdechno-sosudistoi sistemy, primenitel'no k medotboru v Krasnuyu Armiyu [Method of assessment and clinical assessment of cardiovascular system functional sufficiency in connection with Red Army medical selection] // *Terapevticheskii arkhiv*. 1933. T. 11, N 1–2. S. 40–60. [in Russian]
9. *Kaznacheev V. P.* Sovremennye aspekty adaptatsii [Adaptation modern aspects]. Novosibirsk: Nauka, 1980. 192 s. [in Russian]
10. *Metodika kontrolya za funktsional'nym sostoyaniem moryakov. Diagnosticheskie indeksy i fiziologicheskie nagruzochnye testy: posobie dlya vrachei [Method of control of*

seamen's functional state. Diagnostic indices and physiological loading tests: guide for physicians] / pod obshch. red. I. L. Myznikova. Murmansk: Izd-vo "Sever", 2008. 128 s. [in Russian]

11. *Motylyanskaya R. E., Erusalimskii L. A.* Vrachebnyi kontrol' pri massovoi fizkul'turno-ozdorovitel'noi rabote [Health care in mass health and fitness work]. M.: FiS, 1980. 95 s. [in Russian]

12. *Energeticheskaya strategiya Rossii v XXI veke [Energetic strategy of Russia in XXI century] // Vestnik RAN*. 1999. T. 69, N 9. S. 771–789. [in Russian]

13. *Anderson R. D., Sizemore B. C., Barrow G. M., Johnson B. D., Bairey Merz C. N., Sopko G., von Mering G. O., Handberg1 E. M., Nichols W. W. and Pepine C. J.* Pulse Pressure and Adverse Outcomes in Women: A Report From the Women's Ischemia Syndrome Evaluation (WISE) // *Am. J. Hypertens*. 2008. Vol. 21. P. 1224–1230.

14. *Cole C. R., Blackstone E. H., Pashkow M. J., Snader C., Lauer M.* Heart-Rate Recovery Immediately after Exercise as a Predictor of Mortality // *N. Engl. J. Med*. 1999. Vol. 341(18). P. 1351–1357.

15. *Gibbons R. J.* Abnormal heart-rate recovery after exercise // *Lancet*. 2002. Vol. 359. P. 1536–1537.

ASSESSMENT OF ROTATION WORKERS' PHYSIOLOGICAL RESERVES IN POLAR CONDITIONS

A. S. Sarychev, A. B. Gudkov

Northern State Medical University, Arkhangelsk

A dynamic examination of oil industry workers in the Polar region in different types of rotational labor organization (TRLO) and work and rest regimes has been carried out. For assessment of functional reserves of the workers' cardiovascular system and peculiarities of their application in dynamics of the rotation period, there were used standard loading tests. It has been established that during application of the expedition TRLO, functional reserves and inefficient work of the cardiovascular system during the rotation shift were observed in 48.8–68.3 % of oil industry workers. During application of the expedition-shift TRLO, 29.6–39.3 % of oil industry workers had low functional reserves of the cardiovascular system. During application of the shift TRLO with participation of brigades manned by workers living in the Far North, the number of workers with low reserves of the cardiovascular system ranged from 31.5 to 37.5 % during the shift period.

Keywords: rotational labor, Polar region, oil industry workers, functional reserves

Контактная информация:

Сарычев Александр Сергеевич — кандидат медицинских наук, доцент кафедры гигиены и медицинской экологии Северного государственного медицинского университета
Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51
Тел. (8182) 28-58-02
E-mail: k69069@yandex.ru